

**LEZIONI**

**DI**

**GESTIONE**

**RICERCA & SVILUPPO**

**Febbraio 2002**

**Angelo BONOMI**

# PARTE I

## BASI TEORICHE

### 1. DEFINIZIONE DI RICERCA & SVILUPPO

Correntemente per Ricerca & Sviluppo (R&S) si intende un'attività tipicamente industriale che permette di sviluppare, attraverso studi e ricerche, un'innovazione tecnologica. Nella Pag. 3 abbiamo riportato alcune definizioni correnti della R&S che possiamo trovare nel campo del management e su una moderna enciclopedia.

Definendo la tecnologia come una sequenza di operazioni, caratterizzate ciascuna da un insieme di istruzioni, la R&S può essere considerata come un'attività di combinazione di operazioni e sintonizzazione di istruzioni che portano, attraverso un percorso esplorativo nel Paesaggio Tecnologico, verso ricette di produzione ottimali che rendono competitiva la tecnologia sviluppata. Una definizione di R&S basata sul concetto di Paesaggio Tecnologico è anch'essa riportata alla Pag. 3.

La visione convenzionale ed anche più diffusa della R&S, corrisponde a quella di un processo che avviene in più fasi a partire da ricerche scientifiche di base, eventualmente orientate verso conoscenze utili per le applicazioni studiate, verso lo sviluppo industriale dell'innovazione. Questa visione, nata negli anni 70 è fatta risalire correntemente a un rapporto dell'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Europeo (OCSE) di quel tempo sulla misura delle attività scientifiche e tecniche. La R&S è vista in questo modello come un processo lineare che avviene essenzialmente in tre fasi, la prima corrispondente a ricerche scientifiche di base, eventualmente orientate verso possibili applicazioni, seguita da una fase di ricerca applicata, ora chiamata in Europa più modernamente ricerca industriale, e infine da una fase di sviluppo industriale chiamata anche sviluppo precompetitivo. La Fig. 1 riporta schematicamente queste fasi del Processo di R&S secondo l'OCSE. Alla fine della fase di sviluppo industriale o precompetitivo l'innovazione tecnologica è industrializzata attraverso un'attività che non è più considerata in generale R&S. L'attività di ricerca applicata e sviluppo industriale precompetitivo è chiamata sovente in Europa, in inglese, Research and Technological Development (RTD) ovvero Ricerca e Sviluppo Tecnologico (RST).

La visione convenzionale dell'OCSE della R&S come processo lineare dalla ricerca di base allo sviluppo industriale si presta a un certo numero di critiche che si possono riassumere in tre punti principali:

- *La non linearità del processo di R&S.* Molto sovente il processo di R&S è abbandonato in una delle sue fasi o continua ma con obiettivi di innovazione differenti da quelli iniziali. In altri casi il processo è ripreso dopo un certo tempo, che può essere anche molto lungo, in una o qualsiasi delle fasi di sviluppo, dalla stessa organizzazione o da altre organizzazioni che effettuano la R&S, continuando con gli stessi obiettivi od obiettivi differenti riguardo l'innovazione da sviluppare.
- *L'utilità della ricerca scientifica in ogni fase dello sviluppo dell'innovazione.* Anche se inizialmente la ricerca scientifica è molto importante per l'avvio della ricerca applicata, la sua utilità si può manifestare anche durante le fasi di ricerca applicata e sviluppo industriale.

## DEFINIZIONE DI RICERCA & SVILUPPO

*J.H. Dumbleton “Management of High Technology Research and Development” (1986)*

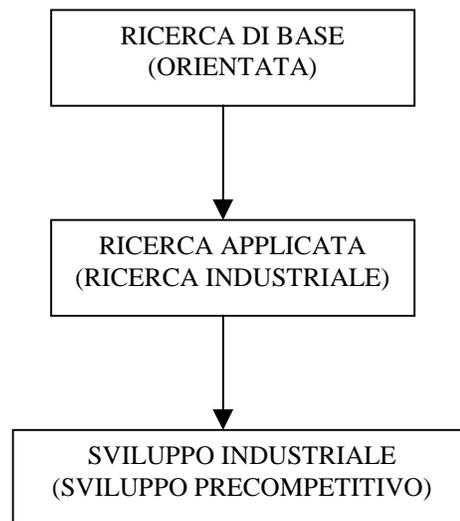
Sebbene non esclusivamente confinata nell'industria, la Ricerca & Sviluppo può essere vista come il metodo principale con il quale un'azienda promuove una crescita attraverso l'innovazione tecnologica

*Enciclopedia Generale De Agostini (1988)*

Attività finalizzata alla messa a punto di miglioramenti o innovazioni nei prodotti di un'impresa e nella soluzione di problemi tecnici relativi alla produzione di questi prodotti nuovi o migliorati. La ricerca può implicare un certo numero di attività di ricerca di base e non solamente di ricerca applicata.

*Definizione dal concetto di Paesaggio Tecnologico*

Attività finalizzata allo sviluppo di una nuova tecnologia efficiente sulla base di combinazioni di operazioni e sintonizzazione di istruzioni nel quadro di un percorso esplorativo nel Paesaggio Tecnologico alla ricerca di un massimo di efficienza per la nuova tecnologia, esplorazione che avviene in parte casualmente ed in parte aiutata dalle conoscenze scientifiche.



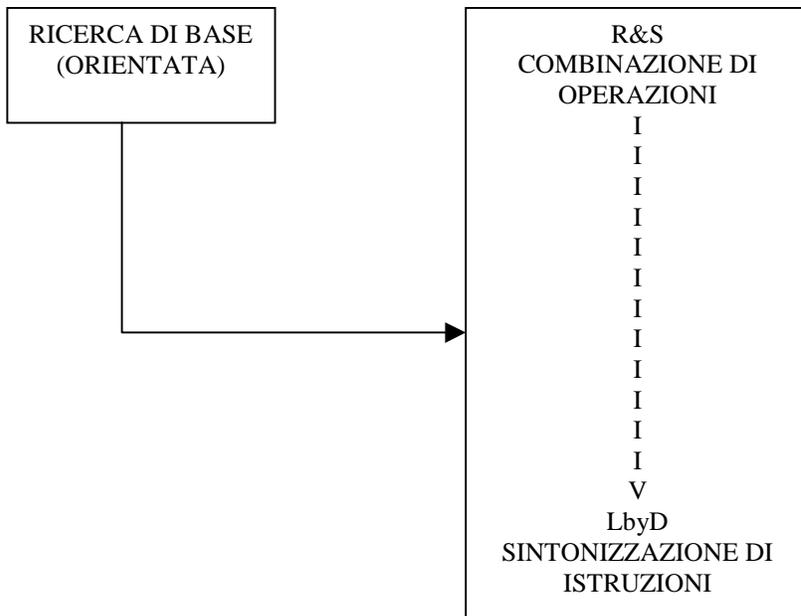
**Fig. 1. Modello OCSE della Ricerca & Sviluppo**

- *La differenza del tipo di obiettivi tra la ricerca scientifica e la ricerca applicata.* Anche se spesso la ricerca applicata usa strumenti e approcci che sono gli stessi usati per la ricerca scientifica, il tipo di obiettivo dell'attività sono differenti, nel primo caso si ha come obiettivo lo sviluppo di una tecnologia efficiente da un punto di vista tecnico ed economico, nella seconda si cerca di sviluppare soprattutto conoscenze scientifiche utili a spiegare fenomeni che interessano eventualmente la tecnologia in sviluppo. La differenza negli obiettivi ha come conseguenza una differenza nei metodi di gestione da utilizzare per la ricerca applicata rispetto a quelli usati per la ricerca scientifica e quindi in definitiva una differenza di tipo di attività nel processo descritto dall'OCSE.

La visione del processo di R&S nel quadro del concetto di Paesaggio Tecnologico supera le incongruenze citate sopra e fornisce un modello generale che è in grado di spiegare molti aspetti di questo processo. Prima di tutto il processo di R&S viene incorporato nel processo più generale dell'Innovazione Tecnologica che include anche la fase di industrializzazione dell'innovazione attraverso la ricerca di una ricetta di produzione ottimale con un lavoro di Learning by Doing (LbyD) sull'impianto, mentre resta esclusa la fase di ricerca di base o ricerca orientata come attività della R&S in quanto solo fornitrice di conoscenze scientifiche ma non di tecnologia vista come insieme di ricette di produzione ottimali che rappresentano l'obiettivo dell'attività di innovazione tecnologica. Questa attività inizia con la ricerca di combinazioni di operazioni ottimali per la tecnologia innovante tipica dell'attività di R&S per terminare con un lavoro finale di esplorazione nel Paesaggio Tecnologico alla ricerca della ricetta ottimale, lavoro tipico di LbyD nella fase di industrializzazione dell'innovazione. Lo schema di questa nuova visione dell'innovazione tecnologica è riportata nella Fig. 2.

Il modello così concepito riesce a spiegare facilmente la variabilità del processo di innovazione che può interrompersi, ripartire e cambiare di obiettivo nel tempo ma sempre nel quadro della ricerca delle condizioni ottimali di uso di una nuova tecnologia attraverso, a seconda dello stato di avanzamento dell'innovazione, una combinazione di operazioni ovvero sintonizzazione di istruzioni. Il tutto aiutato, in questo percorso esplorativo del Paesaggio Tecnologico della tecnologia studiata, dalle conoscenze scientifiche e da esplorazioni casuali aiutate dall'esperienza. In questo quadro *la ricerca scientifica di base orientata può essere vista come un'attività di ricerca di conoscenze scientifiche utili per l'esplorazione del Paesaggio Tecnologico dell'innovazione studiata.*

E' da notare che storicamente lo sviluppo della tecnologia, e quindi dell'innovazione tecnologica, è avvenuta essenzialmente attraverso l'esperienza e l'esplorazione casuale del Paesaggio Tecnologico. L'avvento della Scienza e delle conoscenze scientifiche ha quindi permesso di migliorare grandemente l'efficienza dell'esplorazione del Paesaggio Tecnologico verso una ricetta ottimale indicando la direzione in cui sia più probabile trovare le condizioni ricercate. *La grande efficacia delle conoscenze scientifiche nell'esplorazione del Paesaggio Tecnologico, rispetto all'esplorazione casuale suggerita dall'esperienza, ha permesso l'enorme sviluppo tecnologico che osserviamo nell'attività umana da quando è nata la Scienza.*



**Fig. 2. Modello di innovazione del Paesaggio Tecnologico**

## 2. IL PROCESSO DI INNOVAZIONE TECNOLOGICA

Una volta definita la natura dell'Innovazione Tecnologica è possibile vedere più da vicino il processo e trarre utili indicazioni per quanto riguarda la R&S. Essenzialmente il modello di Innovazione Tecnologica presentato si basa su due principi che sono alla base della definizione di Tecnologia e cioè:

1. Tutte le tecnologie possono essere descritte attraverso una sequenza di operazioni ciascuna definita da un insieme di istruzioni possibili
2. Le tecnologie costituiscono un ecosistema nel quale si sviluppano e si estinguono competendo o cooperando tra di loro

Consideriamo ora l'insieme  $O$  comprendente tutte le innumerevoli operazioni  $o_i$  che sono alla base delle varie possibili combinazioni che costituiscono le tecnologie, avremo:

$$O = \{o_1, o_2, \dots o_i \dots\} \quad (1)$$

Poiché una tecnologia è costituita da una sequenza di operazioni avremo anche un insieme  $T$  costituito da tutte le possibili tecnologie  $\tau$  costituite da tutte le possibili combinazioni di operazioni  $o$  dell'insieme  $O$ :

$$T = \{\tau_1, \tau_2, \dots \tau_i \dots\} \quad (2)$$

Poiché le tecnologie sono costituite da sequenze di operazioni tra gli insiemi  $O$  e  $T$  esisterà una corrispondenza univoca dei vari elementi che può essere espressa da:

$$O \mathfrak{R} T \quad (3)$$

in cui necessariamente il numero di elementi di  $T$  è molto maggiore di quello degli elementi di  $O$ :

$$\#T \gg \#O \quad (4)$$

Dalla definizione di tecnologia sappiamo inoltre che l'insieme  $T$  può essere diviso in tre sottoinsiemi complementari  $S$ ,  $U$  e  $V$  che rappresentano rispettivamente l'insieme delle tecnologie possibili non ancora utilizzate e sconosciute, l'insieme delle tecnologie in uso e l'insieme delle vecchie tecnologie abbandonate.

Consideriamo ora a un certo istante  $t$  un insieme  $N_t$  costituito dalle tecnologie in sviluppo ma non ancora in uso e quindi oggetto dell'attività di R&S per l'innovazione tecnologica. All'istante successivo  $t + \Delta t$  il numero degli elementi dell'insieme  $N$  potrà variare diventando l'insieme  $N_{t+\Delta t}$  poiché vi sarà un certo numero di tecnologie  $N_A$  in sviluppo che sono abbandonate, un certo numero di tecnologie  $N_U$  che entrano in uso e un certo numero di nuove tecnologie  $N_S$  di cui si inizia lo sviluppo. Avremo allora che nel lasso di tempo  $\Delta t$ :

$$\#N_{t+\Delta t} - \#N_t = \Delta N = N_S - N_A - N_U \quad (6)$$

Occorre notare che le tecnologie che entrano a far parte dell'attività di R&S non sono necessariamente nuove combinazioni di operazioni appartenenti all'insieme  $S$  ma possono anche essere tecnologie in

uso dell'insieme U o tecnologie abbandonate dell'insieme V che vengono riprese studiando nuove configurazioni di ricette alla ricerca di una maggiore efficienza tecnologica. Le tecnologie che fanno parte dell'attività di R&S possono quindi provenire da tutto l'insieme T delle tecnologie.

Un valore positivo di  $\Delta N$  dell'equazione (6) corrisponderà ad un aumento dell'attività di R&S e sarà possibile se il numero  $N_S$  delle tecnologie che vengono sottoposte a studio è superiore alla somma del numero di tecnologie  $N_A$  di cui si abbandona lo studio e di quello delle tecnologie  $N_U$  che entrano in uso. Possiamo quindi definire il parametro dato dal rapporto  $N_U/N_A$  che rappresenta una misura dell'efficienza dell'attività di R&S:

$$\eta_{R\&S} = N_U/N_A \quad (7)$$

Se ora consideriamo l'insieme delle tecnologie in sviluppo dell'insieme  $N_t$  all'istante t possiamo osservare che non tutte sono allo stesso stadio di sviluppo e solo quelle che avranno completato questo sviluppo potranno entrare a far parte delle tecnologie utilizzate mentre altre saranno abbandonate e questo a qualsiasi stadio del loro sviluppo. *Ora l'esperienza mostra che il numero  $N_A$  di tecnologie in sviluppo che sono poi abbandonate nel lasso di tempo  $\Delta t$  è molto maggiore di quello delle tecnologie che entrano in uso e questo numero è tanto più grande quanto più basso è il loro corrispondente grado di sviluppo.* Per queste ragioni in generale  $N_A$  è molto maggiore di  $N_U$  e quindi l'efficienza  $\eta_{R\&S}$  ben inferiore all'unità.

Consideriamo adesso il numero delle tecnologie  $N_U$  che entrano in uso nel lasso di tempo  $\Delta t$  e quindi entrano a far parte dell'insieme U e indichiamo con  $U_A$  il numero di tecnologie che sono abbandonate nello stesso lasso di tempo, si avrà un forte sviluppo tecnologico se  $N_U$  è molto maggiore di  $U_A$ . Poiché il forte sviluppo tecnologico è un fatto storicamente accertato avremo per quanto detto prima:

$$N_A \gg N_U \gg U_A \quad (8)$$

Quanto sopra è un'indicazione di *quanto sia grande lo sforzo di R&S che occorre fare e quanto numerose sono le tecnologie studiate e poi abbandonate per poter generare un numero sufficiente di nuove tecnologie utilizzabili per assicurare il grande sviluppo tecnologico a cui noi assistiamo nella nostra epoca.*

### **3. L'ATTIVITA' DI RICERCA & SVILUPPO**

L'esistenza di un'attività di R&S porta a considerare la possibilità di una misura di questa attività e della sua efficienza non a livello globale, come fatto precedentemente, ma a livello aziendale. Mentre per la tecnologia è possibile effettuare misure di attività ed efficienza in base alla quantità di prodotti o servizi forniti e al loro costo, nel caso della R&S la situazione è molto più complessa poiché è molto più difficile valutare univocamente costi e ricavi per lo sviluppo di una nuova tecnologia corrispondente ad un'attività che, per sua natura, è complessa ed ha forti interazioni e sovrapposizioni con altre attività aziendali in un quadro difficilmente separabile sul piano tecnico ed economico. Occorre notare poi che oltre l'efficienza dell'attività di R&S in un'azienda esiste anche un'effettività della stessa attività. Se l'efficienza della R&S misura in un certo senso il successo tecnico dell'attività, l'effettività misura l'aderenza che i risultati tecnologici ottenuti hanno con le strategie e gli obiettivi aziendali. Alcune volte succede infatti che risultati tecnologici di sviluppo sicuramente interessanti

vengono ottenuti dalla R&S ma questi si mostrano poco aderenti alle strategie e agli obiettivi che si prefigge l'azienda. Se quindi risulta difficile definire una misura dell'attività e dell'efficienza della R&S a livello aziendale possiamo però fare una serie di considerazioni sui processi che avvengono durante l'attività di R&S.

Consideriamo l'attività di R&S che, come abbiamo visto in precedenza, può consistere all'inizio nella ricerca di una combinazione di operazioni soddisfacente che deve poi essere sviluppata sintonizzando in maniera ottimale le istruzioni di ogni operazione. Come dalla definizione di ricetta di produzione una tecnologia qualsiasi  $\Omega$  può essere rappresentata da un insieme di N operazioni  $\omega$  e cioè:

$$\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_i \dots \omega_N\} \quad (9)$$

Per quanto detto possiamo affermare inoltre che  $\Omega \equiv \tau$  dell'insieme T delle tecnologie mentre  $\omega \equiv o$  dell'insieme O delle operazioni che abbiamo discusso precedentemente. Consideriamo ora di voler esaminare, nel quadro di un'attività di R&S, varie possibili combinazioni di operazioni in vista di sviluppare una nuova tecnologia esaminando quindi le possibili tecnologie:

$$\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3, \dots$$

Ognuna di queste tecnologie sarà caratterizzata normalmente da un differente numero e/o tipo di operazioni e quindi da un suo specifico Paesaggio Tecnologico:

$$L_1, L_2, L_3, \dots$$

Il lavoro di R&S a questo punto è essenzialmente costituito dallo svolgimento di una selezione della combinazione di operazioni che sembra la più appropriata. Per far questo i Paesaggi Tecnologici  $L_1, L_2, L_3, \dots$  vengono esaminati con un'esplorazione limitata delle ricette e delle efficienze corrispondenti in maniera di scegliere la combinazione che appare la migliore. Evidentemente in questa fase non si effettuano in genere esplorazioni spinte dei vari Paesaggi Tecnologici e questo spiega come in alcuni casi tecnologie abbandonate vengono poi qualche volta riconsiderate ed esplorate più a fondo trovando alla fine ricette abbastanza efficienti da renderle utilizzabili. In linea di principio l'esame delle varie combinazioni porta a una selezione o una preselezione di tecnologie che, dopo un'ulteriore più profonda esplorazione del loro Paesaggio Tecnologico, porta alla scelta definitiva della tecnologia da sviluppare. In molti casi lo sviluppo della tecnologia scelta comporta un paragone di efficienza con una tecnologia già in uso. Chiamiamo  $\Omega_A$  la tecnologia già in uso ed  $\Omega_B$  la nuova tecnologia che si vuole sviluppare in competizione con  $\Omega_A$ . Per la definizione di tecnologia dell'equazione (9) avremo:

$$\Omega_A = \{\omega_1^A, \omega_2^A, \dots, \omega_i^A \dots \omega_N^A\} \quad (10)$$

caratterizzata da N operazioni e:

$$\Omega_B = \{\omega_1^B, \omega_2^B, \dots, \omega_i^B \dots \omega_M^B\} \quad (11)$$

caratterizzata da M operazioni. Ognuna di queste due tecnologie avrà il suo Paesaggio Tecnologico caratteristico. Ora le tecnologie  $\Omega_A$  e  $\Omega_B$  possono avere o no delle operazioni comuni e questo porta ad alcune considerazioni interessanti che possono essere fatte attraverso il rispettivo coefficiente  $e$  di

intranalità che determina la correlazione dei paesaggi, l'esistenza di più o meno numerosi ottimi locali e la loro efficienza relativa. Queste considerazioni sono riportate qui di seguito per i vari casi possibili:

**CASO 1:  $\Omega_A \equiv \Omega_B$**

In questo caso le operazioni di  $\Omega_A$  coincidono con quelle di  $\Omega_B$  ed il lavoro di R&S possibile riguarda la ricerca di nuove ricette di produzione ottimali nello stesso paesaggio poiché i due Paesaggi Tecnologici coincidono riferendosi a una stessa sequenza di operazioni.

**CASO 2:  $\Omega_A \subset \Omega_B$**

In questo caso la tecnologia  $\Omega_A$  è costituita da un insieme di operazioni che esistono anche nella tecnologia  $\Omega_B$ , ovvero la nuova tecnologia è costituita da un'estensione del numero di operazioni rispetto a quella in uso. Questa presenza di ulteriori operazioni può probabilmente portare a una maggiore interazione tra queste con un aumento del coefficiente e rispetto a quello della tecnologia in uso e quindi a un Paesaggio Tecnologico per la nuova tecnologia caratterizzato da minore correlazione, un numero più elevato di ottimi locali ed un'efficienza relativa degli ottimi più uniforme.

**CASO 3:  $\Omega_A \supset \Omega_B$**

In questo caso la tecnologia  $\Omega_B$  è costituita da un insieme di operazioni uguali a quelle che esistono anche nella tecnologia  $\Omega_A$  ma in numero inferiore, ovvero la nuova tecnologia è costituita da un insieme ridotto delle operazioni costituenti la tecnologia già in uso. Questa riduzione del numero di operazioni può probabilmente portare a una minore interazione tra le varie operazioni con diminuzione del coefficiente e rispetto a quello della tecnologia in uso e quindi a un Paesaggio Tecnologico per la nuova tecnologia caratterizzato da maggiore correlazione, un numero meno elevato di ottimi locali ed un'efficienza relativa degli ottimi meno uniforme.

**CASO 4:  $\Omega_A \cap \Omega_B$**

In questo caso la tecnologia  $\Omega_B$  e la tecnologia  $\Omega_A$  hanno in comune un certo numero di operazioni, ovvero la nuova tecnologia è costituita per una parte di operazioni della tecnologia in uso e per una parte di nuove operazioni. Poiché non si conosce in generale a priori l'influenza delle nuove operazioni su quelle già in uso il coefficiente e del paesaggio della nuova tecnologia può a seconda dei casi aumentare o diminuire rispetto a quello della tecnologia in uso con le conseguenze del caso.

**CASO 5:  $\Omega_A \neq \Omega_B$**

In questo caso la nuova tecnologia e quella in uso non hanno in comune nessuna operazione e quindi nessuna interazione dell'una può essere riconsiderata per l'altra e le due tecnologie sono, dal punto di vista del coefficiente  $e$ , totalmente indipendenti.

Bisogna notare che i casi 2 e 3, e in misura minore il caso 4, si possono presentare non solo all'inizio dell'attività di R&S quando si deve selezionare la tecnologia da sviluppare, ma anche in seguito, quando l'aggiunta di ulteriori operazioni o l'eliminazione di operazioni superflue per la tecnologia in studio appare utile per lo sviluppo di una tecnologia efficiente.

Il lavoro di selezione, caratterizzato da un'esplorazione limitata del Paesaggio Tecnologico delle varie tecnologie considerate e quindi il lavoro di esplorazione più approfondito fatto nel Paesaggio Tecnologico della tecnologia selezionata per lo sviluppo costituisce l'essenziale dell'attività di R&S. Questo lavoro di esplorazione è svolto essenzialmente scegliendo un percorso e quindi un salto da una

posizione all'altra del paesaggio che presumibilmente porta verso una ricetta di produzione più efficiente. La scelta di questo salto è condizionata essenzialmente da due fattori:

*Le conoscenze scientifiche* che permettono di fare previsioni su quale direzione bisogna muoversi per avere una maggiore probabilità di trovare una posizione ottimale di efficienza.

*L'esplorazione casuale* che permette di trovare casualmente direzioni ottimali da un certo punto di partenza del paesaggio

Questi due tipi di fattori sono generalmente utilizzati contemporaneamente nel lavoro di R&S anche se le conoscenze scientifiche prevalgono come indicazione all'inizio dello sviluppo di una tecnologia mentre l'esplorazione casuale prevale verso la fine dello sviluppo dell'innovazione tecnologica quando il lavoro di LbyD sull'impianto va alla ricerca delle condizioni ottimali di produzione.

Una considerazione importante riguarda infine il fatto seguente. Quando si inizia lo sviluppo di una nuova tecnologia ci si trova di fronte a un Paesaggio Tecnologico pressoché sconosciuto che deve essere esplorato usando le conoscenze scientifiche disponibili e l'esperienza proveniente dalle esplorazioni casuali passate. Il ritrovamento di una situazione ottimale non significa necessariamente che essa sia la sola o la più efficiente. Il fatto che l'efficienza di una ricetta di produzione sia influenzata in maniera più o meno estesa dalle interazioni tra le varie operazioni che, cambiando le istruzioni di una possa avvenire una variazione di efficienza di un'altra e quindi una variazione dell'efficienza totale, porta all'esistenza di più valori ottimali di efficienza nel paesaggio. Questi valori ottimali sono tanto più numerosi e le loro efficienze relative tanto più simili se le interazioni tra le varie operazioni sono molto estese. Al contrario, se le interazioni tra le varie operazioni sono limitate, i valori ottimali del paesaggio sono limitati e tendono a raggrupparsi (formazione di "cluster") ed ad assumere valori differenziati. Una conoscenza dell'esistenza di interazioni più o meno numerose tra le operazioni di una tecnologia in sviluppo in termini di efficienza può dare indicazioni sulla strategia più pagante una volta raggiunto un valore ottimale che è presumibilmente solo locale. Infatti si può avere:

- Se le interazioni previste tra le operazioni sono probabilmente numerose è abbastanza inutile continuare in maniera estensiva le esplorazioni poiché è probabile che troveremo molti altri punti ottimali ma con efficienze abbastanza simili a quella di partenza
- Se le interazioni previste tra le operazioni sono probabilmente limitate è utile continuare a fondo l'esplorazione del "cluster" alla ricerca di un eventuale punto ottimale di maggiore efficienza

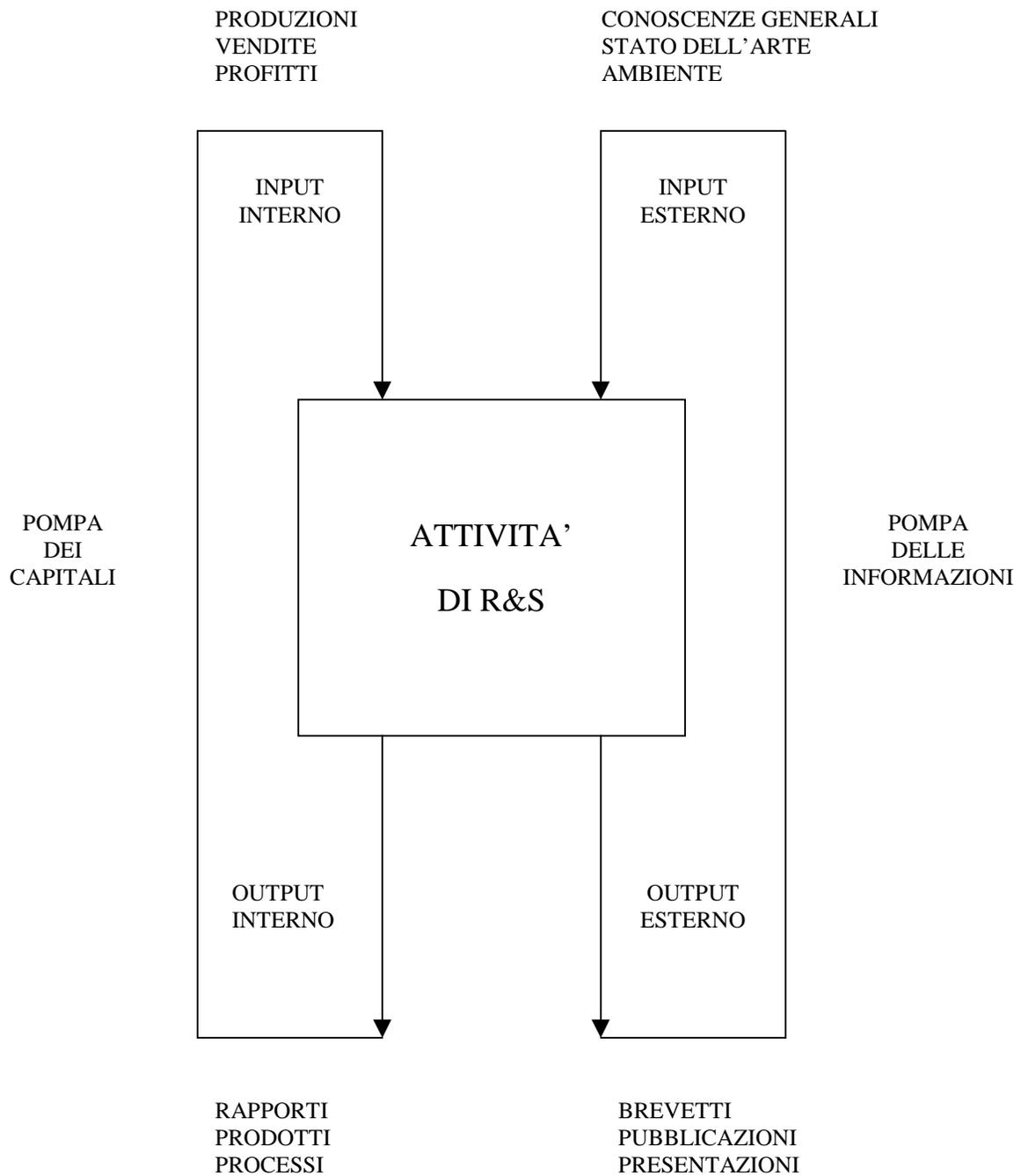
Un altro aspetto sulle strategie perseguibile alla ricerca di valori ottimali di efficienza riguarda la distanza a cui è utile ricercare una nuova ricetta per avere più probabilità di trovare situazioni migliori di quelle di partenza. L'esperienza e studi effettuati su calcolatore con modelli che simulano questa ricerca hanno dimostrato che:

- Se l'efficienza relativa del punto di partenza è bassa conviene ricercare i punti ottimali a distanze elevate nel paesaggio
- Se l'efficienza relativa del punto di partenza è alta conviene ricercare i punti ottimali a distanze vicine nel paesaggio

Un'ultima considerazione che deve essere tenuta presente nell'esplorazione dei Paesaggi Tecnologici riguarda la loro dinamica. Un Paesaggio Tecnologico di una tecnologia è collegato ad altri paesaggi

corrispondenti ad altre tecnologie dell'ecosistema. In particolare è collegato a quello di tecnologie che possono essere sia in uso che a nuove diverse tecnologie in sviluppo. Sia le tecnologie in uso che quelle in sviluppo possono, attraverso un lavoro di R&S o LbyD, trovare ricette di produzione più efficienti. Le posizioni relative delle varie ricette in uso o in studio nei loro rispettivi paesaggi possono quindi variare nel tempo modificando i valori relativi delle efficienze delle ricette di produzione che competono tra di loro. Una visione globale dell'ecosistema tecnologico per quanto riguarda la competizione tra le varie tecnologie è molto importante per la valutazione e la programmazione del lavoro di R&S durante lo sviluppo di un'innovazione tecnologica.

Concludendo bisogna considerare che l'attività di R&S dipende largamente anche da fattori ambientali e di conoscenza esterni all'azienda ed è interessante notare che un'attività efficiente di R&S dipenda sia da fattori interni all'azienda, essenzialmente costituiti da capitali, che da fattori esterni all'azienda, essenzialmente costituiti da informazioni. Dal punto di vista interno l'input di capitali reso possibile dalle attività di produzione, vendita e dei profitti che ne derivano per l'azienda permettono di ottenere, attraverso l'attività di R&S, un output di rapporti, prodotti e processi utili per l'attività di produzione e vendita. Dal punto di vista esterno l'input di informazioni provenienti da conoscenze generali, dallo stato dell'arte e dall'ambiente generale in cui opera l'azienda permettono, attraverso l'attività di R&S, di ottenere un output di brevetti, pubblicazioni e presentazioni utili a mantenere elevato il livello di disponibilità d'informazione nell'ambiente esterno all'azienda. Questa situazione può essere rappresentata dalla cosiddetta doppia pompa dell'attività di R&S riportata schematicamente nella Fig. 3. Il buon funzionamento di ambedue le pompe di capitali e informazioni è essenziale per condurre un'attività continuativa di R&S con successo.



**Fig. 3. La doppia pompa dell'attività di R&S**

# PARTE II

## APPLICAZIONI

### 1. ASPETTI GENERALI DELLA RICERCA & SVILUPPO

Il problema della gestione della R&S è complesso quanto lo è questa attività e si può dividere in tre tipi distinti di problematiche di gestione:

- La gestione della R&S a livello dell'impresa industriale
- La gestione della R&S nelle organizzazioni che vendono la R&S come servizio
- La gestione della R&S nelle organizzazioni che finanziano e orientano esternamente la R&S

Ognuna di questi tipi di gestione deve affrontare problemi specifici molto importanti e noi ci occuperemo essenzialmente della gestione della R&S a livello dell'impresa industriale. Problematiche di vendita della R&S e di finanziamento di questa all'interno di un'impresa esistono ma sono sottoposte a precise condizioni dettate dalla strategia aziendale e dall'effettività della attività di R&S rispetto agli obiettivi aziendali.

La gestione dell'attività di R&S avviene in generale sotto forma di progetto ed è questa forma di gestione che si adatta meglio alla complessità e variabilità di questa attività. Come tutti i progetti anche quello di R&S è sottoposto a vari fattori che ne influenzano il successo. Studi effettuati in questo campo hanno dato indicazioni interessanti che possiamo riassumere nei punti seguenti:

#### *Fattori favorevoli al successo di un progetto di R&S*

- Presenza di personalità autorevoli che avvallano il progetto
- Presenza di personale molto valido per la realizzazione del progetto
- Identificazione chiara dei bisogni e degli obiettivi del progetto
- Buona conoscenza dell'utilità potenziale della tecnologia sviluppata
- Buona cooperazione e comunicazione all'interno del progetto e con altre entità aziendali
- Disponibilità di risorse per la R&S
- Aiuti finanziari esterni all'azienda

#### *Fattori sfavorevoli al successo di un progetto di R&S*

- Insufficiente sviluppo della tecnologia al momento in cui si decide di industrializzarla
- Assenza del mercato o del bisogno per la tecnologia sviluppata
- Valore dell'innovazione non riconosciuto dall'azienda
- Mancanza di risorse per la R&S
- Cattiva cooperazione e comunicazione all'interno del progetto e con altre entità aziendali

Nel quadro della gestione della tecnologia sappiamo che l'attività della R&S ha alternative strategiche come l'acquisizione o imitazione di una nuova tecnologia esterna all'azienda, ovvero l'acquisto di un'azienda che possiede la nuova tecnologia o più semplicemente la realizzazione di accordi per la distribuzione di un nuovo prodotto. Anche quando si decide di affrontare un cambiamento tecnologico

attraverso l'attività di R&S si hanno varie possibili scelte strategiche che si possono riassumere in tre punti:

- Condurre il progetto di R&S all'interno dell'azienda
- Condurre il progetto di R&S all'esterno dell'azienda in un'organizzazione in grado di svolgerlo
- Condurre il progetto di R&S in forma cooperativa con altre aziende al proprio interno o all'esterno in altre aziende od organizzazioni in grado di svolgerlo

Ognuna di queste scelte ha i suoi vantaggi e le sue limitazioni e la scelta dipende dalle caratteristiche specifiche del progetto considerato che possiamo riassumere qui di seguito:

#### *Progetto di R&S interno all'azienda*

Questo è un caso tipico di progetti innovativi che possono favorire una strategia competitiva sui mercati e necessita naturalmente dell'esistenza all'interno dell'impresa di un servizio di R&S in grado di svolgere efficacemente il progetto.

#### *Progetto di R&S esterno all'azienda*

Si può ricorrere a questa scelta quando si vuole perseguire una strategia competitiva su un'innovazione pur non avendo disponibile un servizio di R&S all'interno dell'azienda in grado di svolgere il progetto. Sovente succede anche il caso in cui sia l'organizzazione che svolge la R&S a proporre l'innovazione e la conduzione del progetto questo eventualmente anche in presenza di un servizio di R&S all'interno dell'azienda.

#### *Progetto di R&S cooperativo*

Questo tipo di progetto è interessante soprattutto per la riduzione del costo aziendale della R&S ottenibile ripartendo il costo totale del progetto tra le varie aziende che cooperano. La cooperazione può essere di vario tipo:

- Cooperazione orizzontale tra aziende che hanno lo stesso tipo di produzione
- Cooperazione verticale tra aziende fornitrici o clienti rispetto all'azienda di riferimento
- Cooperazione mista verticale e orizzontale

Questi progetti non sono normalmente svolti per perseguire strategie aziendali molto competitive, anche se la cooperazione verticale può in qualche misura permetterselo, ma possono riguardare il bisogno di nuove tecnologie dovuto a nuove normative, alla possibilità di cooperare con aziende a monte o a valle del ciclo di produzione o ancora per progetti che si limitano a una fase precompetitiva sviluppando una tecnologia limitatamente ai suoi aspetti di base e lasciando poi a ciascuna azienda partecipante di sviluppare i propri prodotti innovativi sulla base della tecnologia comune studiata.

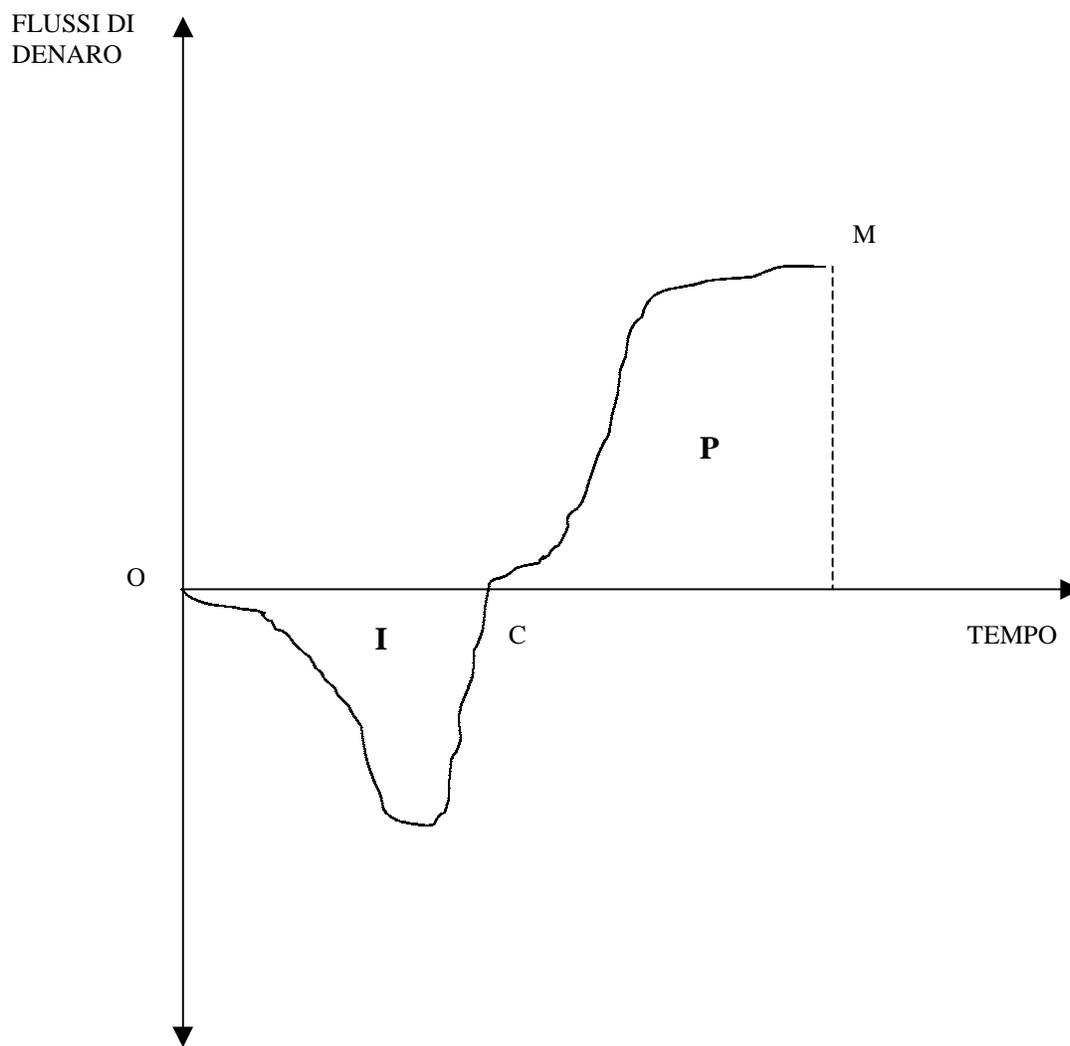
La posizione dell'attività di R&S in una struttura aziendale è molto variabile. Un servizio di R&S può dipendere direttamente dai gradi più alti della direzione ovvero essere un semplice servizio dipendente dalla produzione, non esistono regole che indicano posizioni ottimali di questo servizio in una struttura aziendale, tutto dipende molto dalle strategie seguite dall'azienda e dalla sua cultura. Questo vale per le aziende di una certa dimensione che possono permettersi un servizio di R&S, nel caso delle piccole aziende l'attività di R&S, quando esiste, è generalmente seguita dall'imprenditore per la grande importanza strategica che questa può avere per la piccola impresa.

Un aspetto dell'attività di R&S che rende difficile la sua gestione in un'azienda è l'incertezza che accompagna sempre un progetto di questo tipo. Bisogna qui ben distinguere l'incertezza, che esprime la mancanza della possibilità di prevedere il successo o meno di un progetto, dal rischio che esprime invece la possibilità di stimare un valore di probabilità di successo. *In un certo senso il lavoro di un progetto di R&S consiste nella trasformazione dell'incertezza iniziale in un rischio finale valutabile per l'innovazione e che permetta di decidere se industrializzarla o abbandonarla.* L'incertezza nel successo di un progetto di R&S si traduce anche in un'incertezza finanziaria legata ai fondi che devono essere messi a disposizione per il progetto. Un altro aspetto finanziario che rende difficile la gestione aziendale della R&S è il diverso periodo di ritorno di investimento della R&S rispetto ad altre attività aziendali. Nella produzione il ciclo tra gli acquisti di materie prime e gli incassi della vendita dei prodotti è normalmente di pochi mesi e il bilancio annuale d'impresa permette di valutare la maggior parte delle attività svolte da questa. Nel caso della R&S un anno è in genere un periodo troppo breve per avere un ritorno di investimento. La maggior parte dei progetti di R&S necessita di un periodo tra 2 e 5 anni per poter avere i primi ritorni di investimento e un numero più o meno lungo di anni ulteriori per ripagare il totale dell'investimento fatto ed ottenere un margine di profitto che sarà funzione della vita del prodotto.

Nella Fig. 4. abbiamo riportato indicativamente un tipico andamento dei flussi di cassa dall'inizio di un progetto di R&S di successo fino al momento della maturità del prodotto sviluppato. All'inizio del progetto in cui si svolge ricerca applicata gli esborsi di denaro non sono molto elevati ma lo divengono sempre più man mano che l'innovazione è sviluppata con la realizzazione di impianti pilota e dell'impianto di produzione e costi legati a studi di mercato o altro. Arrivati al punto C inizia la commercializzazione del prodotto e i flussi di denaro diventano positivi attraverso i profitti realizzati con le vendite che aumentano con lo sviluppo del mercato per poi flettere raggiungendo il punto M di maturità del prodotto. Dal punto di vista finanziario, *perché il progetto di R&S sia considerato di successo, occorre che il totale dei profitti avuti, rappresentati dall'area P del grafico, possano compensare non solo gli investimenti fatti, rappresentati dall'area I, ma diano anche un margine di profitto che sia competitivo con quello che si avrebbe potuto avere con altri investimenti di diverso tipo che l'azienda avrebbe potuto fare nello stesso periodo.*

Il fatto che il successo di un progetto di R&S sia accompagnato, soprattutto all'inizio, da una grande incertezza non significa che statisticamente non ci sia un buon numero di successi, altrimenti lo sviluppo tecnologico non sarebbe mai potuto divenire la forza trainante dell'economia come invece è dimostrato storicamente. In effetti, come abbiamo visto precedentemente nella parte teorica dedicata alla R&S, il numero di progetti abbandonati  $N_A$  è sì molto più grande del numero  $N_U$  dei progetti industrializzati ma la maggior parte dei progetti di R&S sono abbandonati, come abbiamo visto, nella loro fase iniziale di sviluppo, con costi di investimento limitati, mentre il profitto dei progetti industrializzati è mediamente molto alto compensando le perdite degli insuccessi e creando la ricchezza economica originata dallo sviluppo tecnologico.

L'incertezza dei progetti di R&S e l'aspetto statistico legato al loro successo crea importanti differenze nei problemi gestionali della R&S tra la grande e la piccola impresa. Mentre la grande impresa ha la possibilità di gestire numerosi progetti di R&S e contare su un certo successo su base anche statistica. La piccola impresa può gestire solo un piccolo numero di progetti di R&S e non può contare sulla statistica per il loro successo. In questa ottica la selezione e la decisione di perseguire un progetto di R&S si presenta in maniera piuttosto differente tra la grande impresa e la piccola impresa.



**Fig. 4. Ciclo di vita di un'innovazione e flussi finanziari**

## 2. GENERAZIONE DEI PROGETTI DI R&S

Si può affermare che la generazione di idee innovanti che sono all'origine di progetti di R&S risulta dalla combinazione di opportunità e creatività personale. La riflessione su delle opportunità combinata con le proprie conoscenze che porta all'idea creativa dell'innovazione è un tipico processo di emergenza di ordine dal caos. Le opportunità che innescano il processo di riflessione possono venire da molte direzioni che nella maggior parte dei casi derivano da:

- esigenze del mercato che possono suggerire soprattutto nuovi prodotti trainanti (market pull)
- possibilità tecnologiche che possono suggerire nuovi prodotti o processi (technology push)
- studi di tendenza tecnologica che possono identificare nuovi bisogni (technology trends)

Vediamo ora di esaminare più da vicino questi fattori importanti per il processo di generazione dei progetti di R&S.

### *Creatività*

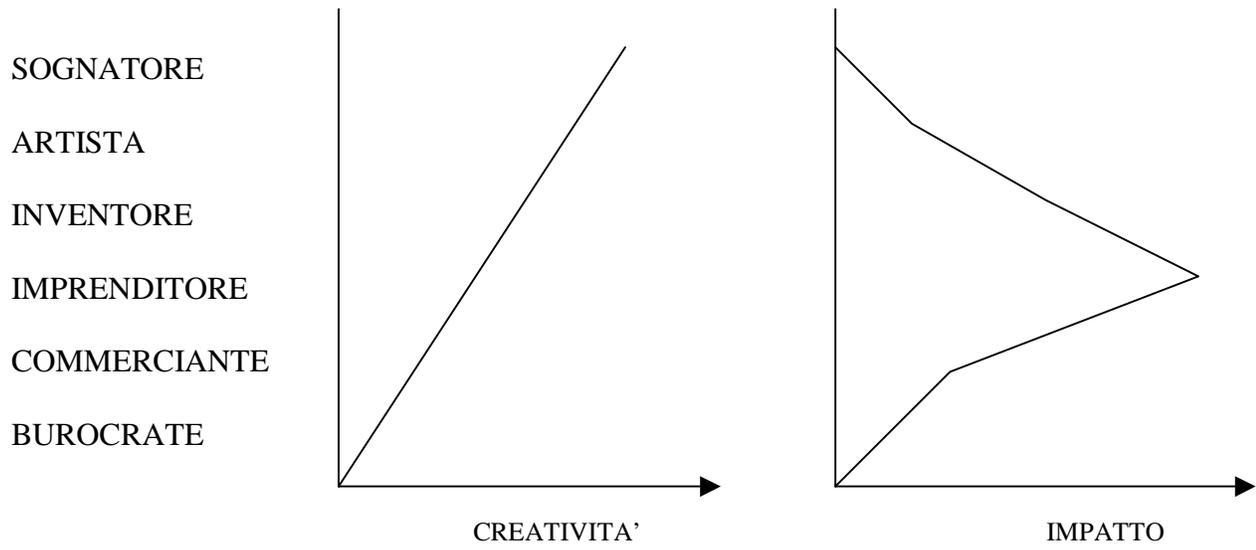
La creatività è un aspetto dell'attività umana che ha una grande importanza per quanto riguarda l'innovazione tecnologica. Senza entrare nella discussione degli aspetti psicologici di questa caratteristica della mente umana è interessante esaminare come questo fattore si distribuisca tra i vari tipi di attività umane e quali effetti ne risultino nel campo della tecnologia e della società in generale. Questi aspetti della creatività sono riportati indicativamente nella Fig. 5. Possiamo vedere come la creatività sia massima nel sognatore e nell'artista, minima nel burocrate ma è nell'attività imprenditoriale che essa può avere il massimo di impatto nel campo della tecnologia e della società. Questo fatto può provocare sovente un tipico effetto di dissociazione tra il creatore dell'idea innovante o inventore e lo sviluppatore che porta l'idea al successo economico. L'inventore in molti casi tende in effetti a voler gestire tutto il processo di sviluppo ritenendosi, come padre dell'idea, automaticamente in diritto e in grado di svilupparla. Nella realtà lo sviluppo di un'innovazione fino al suo successo industriale richiede vari tipi di professionalità che non sempre sono possedute dall'inventore. Questo fatto porta in molti casi all'insuccesso del progetto di R&S dovuto all'incapacità dell'inventore di utilizzare le dovute competenze o di cedere la gestione del progetto a figure professionali più adatte a continuare l'attività di sviluppo.

La creatività nell'ambito della R&S di un'azienda può essere favorita o scoraggiata a seconda del clima e dell'organizzazione esistente all'interno. La creatività è favorita da:

- alta motivazione del personale di R&S
- management partecipativo nell'azienda
- buona flessibilità organizzativa e manageriale

Occorre ricordare che le idee innovanti possono nascere nel personale di tutti i livelli aziendali e che è opportuno per un'azienda di poter considerare e, se di interesse, portare avanti tutte le idee innovanti indipendentemente dal loro livello di origine. I fattori sfavorevoli alla creatività sono:

- management altamente direttivo
- rigidità gerarchiche nell'organizzazione aziendale
- eccessi burocratici



**Fig. 5. Creatività e impatto tecnologico sulla società per diverse attività umane**

Esistono molti metodi per migliorare la creatività aziendale, uno dei più semplici e diffusi è chiamato “brain storming” che descriviamo brevemente. Si riunisce un gruppo di persone dell’ordine di una decina a cui si sottopone un’opportunità di mercato, un problema tecnico, ecc. Ognuna di queste persone scrive una o più proposte o soluzioni al quesito dato. E’ molto importante che l’elaborazione delle proposte avvenga nella più grande libertà, in maniera acritica, ritenendo di interesse anche quelle proposte che apparentemente sembrano assurde. In questa fase del brain storming si cerca infatti di sviluppare una situazione di proposte la più caotica possibile. Tutte le proposte sono poi esaminate assieme e si cerca, attraverso un processo di associazione di idee, di far emergere, dal caos delle proposte, qualche idea che appare molto valida e che meriterà un’attenzione ulteriore.

#### *Traino del mercato (Market pull)*

L’attività di marketing o anche di vendita è ricca di possibilità di generazione di nuove idee, sia di miglioramento di prodotti esistenti che di nuovi prodotti che poi devono essere esaminate dalla R&S in vista di sviluppare una tecnologia efficace per la produzione. Questa generazione di idee innovanti dal mercato è chiamata in inglese “market pull” per indicare l’effetto di traino del mercato sulla tecnologia e costituisce la sorgente più importante di progetti di R&S stimata da studi statistici attorno al 60-70% del totale dei progetti. Nella maggior parte dei casi le idee innovanti riguardano nuovi prodotti e in minor misura miglioramenti che coinvolgono semplicemente le tecnologie di produzione. L’innovazione di prodotto è poi in generale una realizzazione che ha risvolti economici molto spesso più importanti che non l’innovazione di processo e in definitiva il “market pull”, visto anche il gran numero di progetti che genera, può considerarsi l’attività più importante per la generazione di progetti di R&S. In definitiva la generazione di innovazioni dal “market pull” è vantaggiosa soprattutto nel corto termine ma può essere messa fuori gioco sul lungo termine da cambiamenti fondamentali nelle tecnologie

#### *Spinta della tecnologia (Technology push)*

Le attività di R&S e di produzione possono anch’esse generare idee innovanti che riguardano in generale miglioramenti di processo o nuovi processi ma anche nuovi prodotti nati da nuove possibilità tecniche disponibili e che devono essere verificati sul mercato. Questa attività di generazione di progetti di R&S è chiamata in inglese “technology push” per indicare la spinta che le nuove tecnologie possono dare ai mercati. In termini di numero di progetti di R&S queste opportunità coprono circa il 20-30% del totale dei progetti, tuttavia, in certi settori e in periodi di tempo particolari in cui esistono condizioni supercritiche, che descriveremo più avanti, il “technology push” può essere prevalente nella generazione di progetti di R&S con l’apparizione di nuovi prodotti e nuovi mercati per questi prodotti. Nella maggior parte dei casi il “technology push” riguarda miglioramenti di processi o nuovi processi di produzione e non ha l’impatto economico così elevato come può essere quello di un nuovo prodotto. I rischi della R&S del “technology push” sui processi può tuttavia essere minore e questo rappresenta sovente il campo di innovazione delle piccole imprese che non possono permettersi i rischi e gli investimenti elevati che accompagnano lo sviluppo di nuovi prodotti. In linea generale la limitazione principale della generazione di idee dal “technology push” risiede nel rischio di non poter soddisfare i mercati.

#### *Studi di tendenza tecnologica (Technology trends)*

Questo modo di generare nuovi progetti di R&S è soprattutto praticato dalle grandi imprese che possono permettersi i costi di questi studi. Gli studi sul “technology trend” possono essere molto generali e considerare i grandi orientamenti dello sviluppo tecnologico ma più concretamente sono gli studi specifici di settore che permettono di generare precisi progetti di R&S. Questi studi possono essere di grande interesse anche per la piccola impresa che però in generale non ha da sola i mezzi per

affrontarli. Una possibilità interessante per realizzarli è costituita dagli studi di gruppo detti “multiclienti”, finanziati da imprese di uno stesso settore, e che permettono di dividere i costi degli studi per il numero di partecipanti rendendo i costi accettabili anche dalla piccola impresa. Tuttavia il lancio di uno studio di questo tipo non può avvenire da parte di una singola piccola impresa promotrice ma piuttosto da un’organizzazione esterna in grado eventualmente anche di condurre lo studio. Occorre segnalare che anche le grandi imprese ricorrono a questo tipo di studi multiclienti che sono in genere promossi da grandi organizzazioni specializzate nell’esecuzione di questo tipo di studi.

Questo metodo di generazione di idee non ha in le limitazioni dei casi precedenti tuttavia in alcuni casi l’identificazione delle tendenze si mostra troppo generale per definire progetti di R&S precisi.

Uno studio di “technology trends” in un particolare settore tecnologico si compone in genere di una serie di fasi collegate fra di loro che portano all’identificazione di potenziali innovazioni tecnologiche di interesse e che sono presentate brevemente qui di seguito:

- *Stato dell’arte*: all’inizio dello studio è importante avere una visione approfondita della situazione delle tecnologie del settore e degli studi scientifici e tecnici condotti in questo campo. Oltre alla raccolta di documentazione si ricorre generalmente anche ad indagini su banche dati per avere ulteriori articoli scientifici e tecnici del settore. Alcune banche dati forniscono informazioni anche sull’andamento del business del settore (accordi tra imprese o investimenti produttivi in corso, ecc.). Per la ricerca si ricorre generalmente a reti informatiche che permettono l’accesso diretto a numerose banche dati. In Europa ad esempio è molto utilizzata la EINS (European Information Network Service) per questo scopo.
- *Metodo Delfi*: Parallelamente alla determinazione dello stato dell’arte si conduce una serie di interviste con esperti del settore per avere ulteriore informazioni ed opinioni sul settore in studio. Anche l’uso di questionari può essere molto utile in questa fase.
- *Esame delle informazioni*: le informazioni raccolte con le banche dati, il metodo Delfi e altro sono esaminate e confrontate tra di loro. L’obiettivo è di riuscire in una specie di fertilizzazione incrociata delle informazioni, in inglese “cross fertilisation”, la quale è in grado di far emergere dalla massa delle informazioni raccolte i punti chiave della situazione del settore e la sua tendenza evolutiva. Questo lavoro di “cross fertilisation” permette poi l’identificazione di potenziali innovazioni che interessano il settore e che possono poi essere ulteriormente, studiate, valutate ed eventualmente selezionate per infine generare dei progetti di R&S riguardanti il settore esaminato

Questo metodo di generazione di progetti di ricerca, nonostante la sua efficacia, non è per varie ragioni molto utilizzato e copre approssimativamente il 5-10% del totale dei progetti di R&S generati.

In conclusione per una generazione efficace di buoni progetti di R&S è necessario che in azienda si instauri un clima adatto alla creatività e alla motivazione del personale coinvolto nell’attività di R&S. La possibilità di avere idee innovanti provenienti dal market pull o dal technology push deve far riscontro in azienda alla volontà di sfruttarle. In questo quadro la comunicazione efficace e la collaborazione tra i vari servizi aziendali di vendita, marketing, produzione e R&S è essenziale per il successo del progetto generato. La possibilità di condurre studi tecnologici sull’identificazione di innovazioni di potenziale interesse deve anch’essa essere considerata partecipando eventualmente a studi multiclienti settoriali che possono interessare l’azienda.

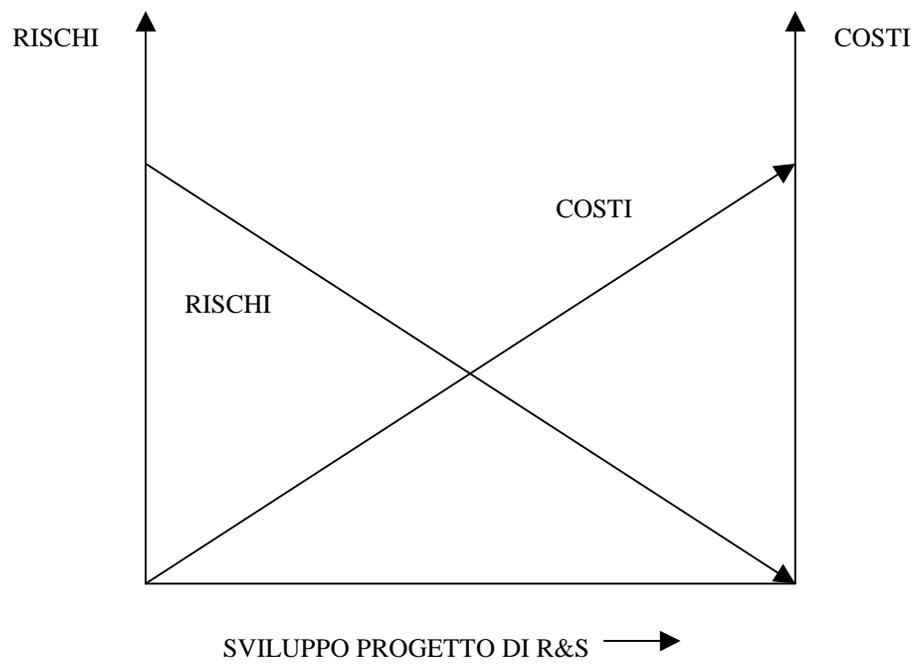
### 3. VALUTAZIONE E SELEZIONE DEI PROGETTI DI R&S

Abbiamo già visto nella parte teorica l'importanza che assume la selezione delle possibili tecnologie da sviluppare nel quadro di un'innovazione, lo stesso problema di valutazione e selezione si pone anche per lo sviluppo di progetti di R&S che devono essere sottoposti ad esame per una scelta che sia aderente agli obiettivi e strategie aziendali e compatibile con i budget disponibili per la R&S.

Nella misura possibile la selezione e valutazione di un progetto di R&S avviene su basi di studi preliminari ricorrendo ad esperienze solo in seconda battuta quando non è possibile discriminare altrimenti. Occorre notare che nel caso di progetti nella loro fase iniziale è molto difficile effettuare valutazioni e selezioni per mancanza di dati ed informazioni essenziali ed una certa quantità di denaro è indispensabile per condurre studi ed esperienze preliminari che permettano una prima valutazione (seed money). In conclusione la valutazione è quindi un'operazione preliminare che permette poi di fare una selezione.

Il problema centrale della valutazione e selezione dei progetti di R&S risiede nell'incertezza e rischio che accompagnano questi progetti. Come abbiamo già potuto discutere nella parte teorica dedicata alla R&S, sappiamo che in generale il rischio di abbandono di una tecnologia in sviluppo, e quindi di un progetto di R&S, è tanto maggiore quanto meno avanzato è il progetto. D'altra parte i costi del progetto sono contenuti nelle fasi di ricerca applicata ma diventano sempre più importanti durante lo sviluppo con la realizzazione di impianti pilota o prototipi e quindi nella realizzazione del primo impianto industriale. Nella Fig. 6. abbiamo riportato molto schematicamente l'evoluzione del costo e del rischio di insuccesso durante lo sviluppo di un progetto di R&S. Come si può vedere, il rischio diminuisce mentre i costi aumentano con il progredire del progetto. Questa evoluzione invertita per i due fattori di rischio e costo rende difficile le valutazioni soprattutto nelle fasi intermedie del progetto dove i costi aumentano e i rischi di insuccesso restano relativamente alti. D'altra parte non bisogna trascurare il problema della valutazione e selezione iniziale, dove è vero che i budget dei costi sono bassi, ma dove un errore di valutazione e quindi di selezione può far perdere tempo in un progetto di R&S che dovrà poi essere abbandonato dando eventualmente vantaggi di tempo ad altri progetti di R&S della concorrenza con un conseguente futuro scontro sul mercato in condizioni sfavorevoli. In conclusione si può affermare che la particolare natura di un progetto di R&S rende necessaria una valutazione continua del progetto. In pratica vengono fatte valutazioni ai vari stadi di sviluppo tecnico (milestone) e durante le transizioni importanti come per la decisione di costruire impianti pilota o prototipi o per procedere all'industrializzazione come vedremo discutendo della gestione di un progetto di R&S.

Come abbiamo visto presentando gli aspetti generali della R&S, il ciclo di un nuovo prodotto presenta all'inizio esborsi di denaro per il suo sviluppo e in seguito incassi di denaro in forma di profitti delle vendite fino al periodo in cui il prodotto resterà sul mercato come nella Fig. 4. Perché il ciclo sia economicamente interessante per l'azienda occorre che la totalità dei profitti di vendita sia superiore agli esborsi ed il margine sia comparabile o superiore a quanto realizzabile attraverso un investimento alternativo dell'azienda nello stesso periodo di tempo considerato. Nella valutazione di un progetto di R&S occorre quindi effettuare una previsione di quanto potrà costare lo sviluppo dell'innovazione e quanto potranno essere i futuri profitti generati dall'innovazione che potranno essere legati al mercato del nuovo prodotto o semplicemente a una riduzione dei costi di produzione per il miglioramento o l'uso di un nuovo processo. In pratica occorre prevedere l'evoluzione dei flussi di denaro come rappresentata dal grafico della Fig. 4. Si noti infine che all'incertezza dei costi dello sviluppo così calcolati si aggiunge poi l'incertezza riguardo al successo tecnico dell'innovazione e del mercato del prodotto.



**Fig. 6. Evoluzione dei rischi e dei costi nello sviluppo di un progetto di R&S**

Infatti, per quanto riguarda il mercato e indipendentemente dalle previsioni economiche e dai rischi di insuccesso tecnico, il prodotto, al momento della sua entrata sul mercato, può trovarsi in concorrenza con altri nuovi prodotti o vecchi prodotti migliorati con i quali si può sviluppare una competizione con un esito incerto.

In conclusione la valutazione di un progetto di R&S presenta quattro aspetti distinti che riguardano:

- La valutazione tecnica
- La valutazione di mercato
- La valutazione economica
- La valutazione ambientale

Queste quattro valutazioni non sono naturalmente indipendenti tra di loro poiché ad esempio i risultati tecnici influenzano direttamente l'economia di produzione e la posizione del prodotto sul mercato, mentre la valutazione del mercato influenza l'economia delle vendite e le esigenze di natura tecnica che devono essere rispettate dal prodotto. I vari tipi di valutazione di un progetto di R&S devono quindi essere necessariamente integrati.

#### *Valutazione tecnica*

La valutazione tecnica di un progetto di R&S consiste essenzialmente in una previsione del raggiungimento di certi risultati tecnici accompagnati da una previsione di costi per raggiungerli (budget del progetto) utilizzabili per la valutazione economica. Come abbiamo già potuto vedere discutendo gli aspetti generali della R&S questa valutazione è spesso accompagnata da grande incertezza. Un approccio possibile per questa valutazione parte dal concetto di tecnologia come insieme di operazioni ciascuna caratterizzata da un insieme di istruzioni. Ora noi sappiamo che spesso le operazioni della nuova tecnologia sono state usate anche in altre tecnologie conosciute per le quali esiste in generale una certa esperienza passata che può essere utilizzata per la valutazione. Questo approccio è utile ma non necessariamente sufficiente poiché le istruzioni per le operazioni della nuova tecnologia possono essere molto differenti da quelle usate nelle vecchie tecnologie e questo è un primo punto che deve essere considerato nella valutazione delle possibilità di successo. Un altro aspetto molto importante riguarda le interazioni tra le diverse operazioni nella nuova tecnologia che sono in linea di principio differenti da quelle esistenti nelle operazioni appartenenti a vecchie tecnologie e il cui insieme di operazioni è in generale differente da quello della nuova tecnologia. La valutazione del successo tecnico di una nuova tecnologia si basa quindi su :

- suddivisione della tecnologia in operazioni ed istruzioni
- storiche delle operazioni usate in altre tecnologie e considerate per la nuova
- influenza delle differenze tra le istruzioni usate nelle varie operazioni rispetto a quelle previste nella nuova tecnologia
- possibili nuove interazioni tra le varie operazioni della nuova tecnologia

Questo approccio pur nei suoi limiti rimane interessante per una valutazione tecnica al di là della semplice valutazione empirica basata sulla sensibilità dei ricercatori che conducono il progetto.

#### *Valutazione di mercato*

A parte le incertezze che si possono avere durante lo sviluppo di un progetto di R&S riguardo gli aspetti tecnici e i costi di produzione, per la valutazione del mercato di un nuovo prodotto si possono

utilizzare i vari metodi del marketing che non è nostro compito illustrare. Un aspetto importante però da considerare riguardo al mercato è la differenza temporale esistente tra il momento in cui si effettua la valutazione e il momento in cui si prevede il lancio del prodotto. Occorre infatti considerare il possibile panorama della competizione che potrà apparire sul mercato al momento del lancio del nuovo prodotto e dovuta sia a vecchi prodotti migliorati che a nuovi prodotti sviluppati dalla concorrenza. Un altro aspetto importante del mercato da considerare riguarda la possibilità di formazione di un fenomeno di lock-in tra i prodotti in concorrenza sul mercato.

#### *Valutazione economica*

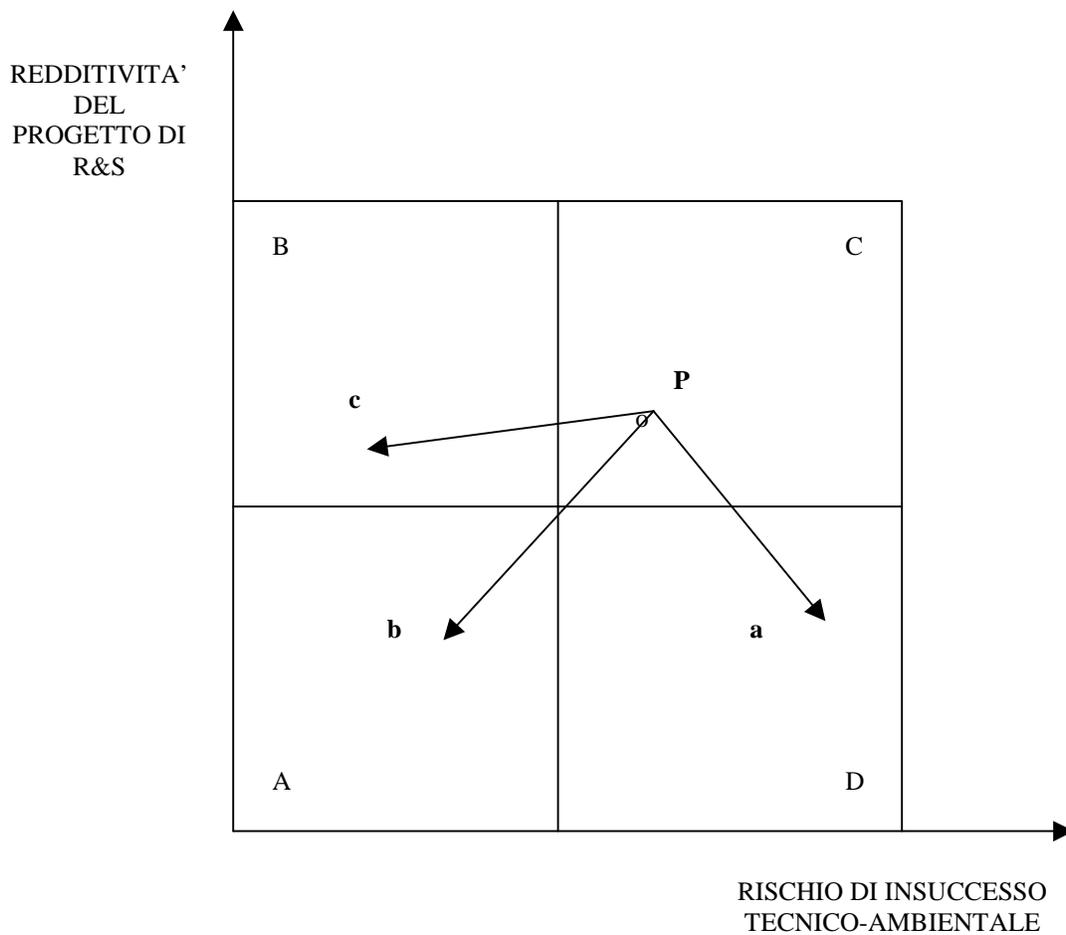
La valutazione economica di un progetto di R&S, al di là dei rischi associati alla tecnologia ed al mercato, è in generale condotta considerando il budget o i costi dello sviluppo dell'innovazione alla stregua di un qualsiasi investimento a medio termine determinandone quindi la redditività. Un problema che si presenta sovente nelle fasi iniziali dei progetti di R&S è la mancanza di dati ragionevolmente prevedibili necessari per i calcoli economici. In questo caso di norma si possono utilizzare dati che sono in realtà degli obiettivi per la R&S di quel progetto. I metodi finanziari applicabili, sono numerosi e più o meno sofisticati ai quali si accompagnano metodi decisionali e analisi di rischio più o meno complessi che non è nostro compito descrivere in questo contesto. La loro scelta può dipendere anche dal tipo di investimento alternativo al progetto che si vuole considerare per la valutazione. Uno dei parametri più usati nel calcolo della redditività di un progetto di R&S è sicuramente quello del Valore Attuale Netto (VAN) e del periodo di Ritorno di Investimento (RDI) che rappresenta il numero di anni necessari affinché i profitti futuri dell'innovazione compensino gli investimenti fatti. In linea generale un buon progetto di R&S non supera i due anni di RDI mentre è considerato poco redditizio un progetto che necessita di 5 o più anni di RDI.

#### *Valutazione ambientale*

La valutazione ambientale di un progetto di R&S riguarda essenzialmente il possibile impatto ambientale che può essere provocato dalla tecnologia in sviluppo e che deve essere confrontato con le norme di protezione dell'ambiente e la loro possibile evoluzione. Molto importante risulta anche il grado di accettabilità ambientale della tecnologia in sviluppo che è essenzialmente legato alla percezione ambientale della popolazione in cui si prevede di utilizzare la nuova tecnologia.

Come abbiamo già visto le valutazioni tecniche, ambientali, economiche e di mercato di un progetto di R&S sono fortemente interdipendenti rendendo indispensabile considerarle per una valutazione globale del progetto. A questo scopo sono state sviluppate varie metodologie. I sistemi più semplici si basano su valutazioni di tipo economico più o meno sofisticate, spesso basate sul calcolo del RDI, e che considerano allo stesso tempo dei fattori probabilistici soggettivi riguardo al successo tecnico e di mercato del nuovo prodotto. Ne risulta in questo caso una selezione basata in genere su una classificazione secondo un certo ordine dei progetti la cui posizione dipende più dalla sensibilità della persona che esegue questo compito che dall'eventuale indice numerico calcolato per il progetto. Altre metodologie, come quella detta del Diamante di Merrifield, tiene conto di un totale di 12 fattori collegati al progetto di cui 6 in relazione con l'importanza del business generato dal progetto e 6 in relazione con l'effettività del progetto e con le potenzialità e le strategie perseguite dall'azienda. Una critica generale che si può fare ai vari metodi proposti è che sono troppo dipendenti dalla sensibilità personale del valutatore ovvero inutilmente sofisticati visto il grado di elevata incertezza che comunque accompagna un progetto di R&S soprattutto agli inizi. Noi descriveremo qui di seguito un metodo di valutazione globale di progetti di R&S relativamente semplice che tiene conto del percorso nei Paesaggi Tecnologici delle innovazioni in sviluppo e del rischio di insuccesso sia dal punto di vista tecnico che ambientale.

Consideriamo la valutazione di un Progetto di R&S nella sua fase iniziale da un punto di vista del Paesaggio Tecnologico della nuova tecnologia in sviluppo. Il punto di partenza nel paesaggio è molto probabilmente caratterizzato da una bassa efficienza vista la situazione preliminare delle ricerche. Il problema della valutazione non è tanto quello di situare il punto di partenza quanto di prevedere la possibilità di effettuare un percorso esplorativo che permetta di raggiungere un punto di alta efficienza tenendo conto che tanto più lungo sarà il percorso tanto più costosa sarà la ricerca, inoltre, l'efficienza del punto trovato dovrà essere sufficientemente elevata da poter affrontare la competizione sul mercato con le altre tecnologie alternative. Consideriamo ora di valutare da una parte l'aspetto economico e di mercato, ad esempio calcolando un valore di redditività (espressa ad esempio come inverso del RDI) che tenga conto anche dei rischi del mercato, e dall'altra parte un indice di rischio di insuccesso tecnologico e ambientale determinato attraverso un esame delle operazioni e istruzioni della tecnologia sviluppata come descritto precedentemente. In questo caso un progetto di R&S può essere rappresentato da un punto in un piano, che possiamo chiamare piano di rappresentazione dei progetti di R&S, come riportato alla Fig. 7.



**Fig.7. Rappresentazione di un progetto di R&S**

Il piano della Fig.7 può essere diviso in quattro quadranti A, B, C, D che rappresentano quattro aree caratterizzate da:

**Quadrante A:** area con basso rischio di insuccesso e bassa redditività

**Quadrante B:** area con basso rischio di insuccesso e alta redditività

**Quadrante C:** area con alto rischio di insuccesso e alta redditività

**Quadrante D:** area con alto rischio di insuccesso e bassa redditività

Volendo procedere a una selezione di progetti si può caratterizzarli con la loro posizione sul piano, e quindi nel quadrante corrispondente, il che permette di fare le considerazioni seguenti:

**Quadrante A:** questo quadrante comprende progetti di R&S caratterizzati da basso rischio di insuccesso ma anche bassa redditività. Si tratta in generale di progetti R&S legati a miglioramenti di processo e collegati ad innovazioni già in stato avanzato di sviluppo. In generale in questa zona la redditività è troppo bassa per accettare progetti di innovazione di prodotto.

**Quadrante B:** questo quadrante comprende progetti di R&S caratterizzati da basso rischio di insuccesso e alta redditività e che quindi sono nelle condizioni migliori per la loro accettabilità. Questa posizione è però piuttosto rara per progetti che sono all'inizio del loro sviluppo.

**Quadrante C:** questo quadrante comprende progetti di R&S caratterizzati da alto rischio di insuccesso ma alta redditività. In questa situazione si ritrova la maggior parte dei progetti di R&S agli inizi del loro sviluppo e che possono essere considerati accettabili.

**Quadrante D:** questo quadrante comprende progetti di R&S caratterizzati da alto rischio di insuccesso e bassa redditività. Si tratta di progetti di R&S tipicamente da scartare.

Come si può vedere il posizionamento di una serie di progetti di R&S sul piano permette di fare delle selezioni premiando i progetti caratterizzati il più possibile da basso rischio di insuccesso ed alta redditività e che possono essere finanziati dal budget disponibile per la R&S.

Consideriamo ora un tipico progetto di R&S agli inizi e rappresentato nel grafico della Fig.7 dal punto P. Come nella maggior parte dei progetti di R&S poco avanzati esso promette una buona redditività ma ha ancora un elevato rischio di insuccesso tecnico-ambientale. L'avanzamento del progetto porterà, attraverso le varie valutazioni, ad uno spostamento delle sue posizioni tipicamente rappresentate dai vettori **a**, **b** e **c**. che corrispondono alle possibili evoluzioni seguenti:

**Caso a:** in questa situazione il lavoro sul progetto ha mostrato probabili riduzioni della redditività prevedibile accompagnata da rischi più elevati di insuccesso. Si tratta tipicamente di un progetto da abbandonare.

**Caso b:** in questa situazione il lavoro sul progetto ha potuto ridurre il rischio di insuccesso ma ha rivelato una redditività più bassa di quella stimata all'inizio. In questo caso occorre verificare se il nuovo valore di redditività prospettata è compatibile con gli aspetti economici e di mercato del nuovo prodotto.

**Caso c:** in questa situazione il lavoro sul progetto ha potuto ridurre i rischi di insuccesso e mantenere o meglio, in alcuni casi, aumentare la redditività prevista per l'innovazione. Si tratta tipicamente di una situazione di successo per il progetto.

#### 4. GESTIONE DI UN PROGETTO DI R&S

Abbiamo già citato come l'attività di R&S si possa svolgere nella maniera più efficace sotto forma di progetto. Da questo punto di vista la gestione di un progetto di R&S non è essenzialmente differente dalla gestione di qualsiasi altro tipo di progetto anche se presenta alcuni aspetti peculiari. In linea generale la gestione di un progetto è divisa in una sequenza di varie fasi come: pianificazione, organizzazione, implementazione, controllo e presentazione dei risultati o in qualche caso, abbastanza frequente per la R&S, una riprogrammazione e quindi nuovo inizio del ciclo a partire dalla pianificazione. Questo schema di fasi è riportato nella Fig. 8. considerando un progetto di R&S nel quadro dell'attività di un'impresa con una direzione aziendale che decide del suo inizio e della eventuale continuazione.

Non è nostro compito procedere a una presentazione dettagliata delle tecniche generali di gestione di progetto, tuttavia vogliamo sottolineare alcuni aspetti particolari dell'attività di R&S che possono influenzare la gestione del progetto. Ricordiamo anzitutto una definizione di progetto particolarmente valida nel caso della R&S e cioè:

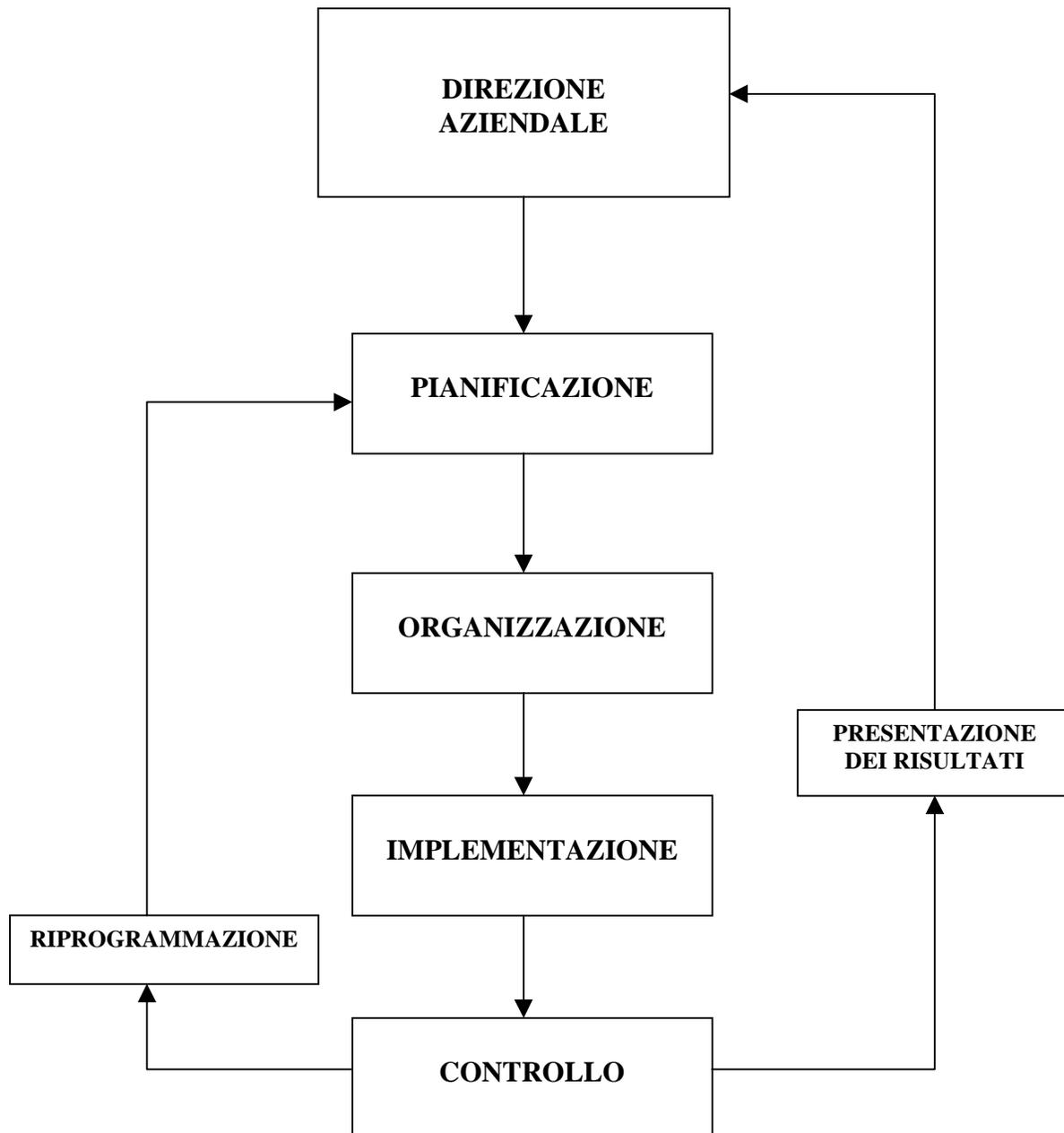
*Un progetto è un'impresa unica non ripetibile intrapresa per ottenere risultati pianificati entro limiti di tempo e di budget disponibili.*

La missione della gestione di un progetto è quindi quella dirigerlo in maniera di assicurare la qualità dei suoi risultati e la loro aderenza agli obiettivi del progetto entro i limiti di tempo e budget disponibili.

In linea generale l'inizio di un progetto di R&S è deciso dalla direzione aziendale sulla base di una valutazione ed eventualmente una selezione di proposte di sviluppo di innovazioni che contengono una descrizione della natura dell'innovazione e delle sue potenzialità tecniche, economiche e di mercato e dell'accettabilità ambientale della nuova tecnologia come abbiamo visto precedentemente riguardo alla generazione, valutazione e selezione di un progetto di R&S. Una pianificazione preliminare del progetto è quindi in generale indispensabile per stabilire i suoi tempi e budget e deve essere inclusa nella proposta per la presa di decisione da parte della direzione aziendale. Questa opera di pianificazione è ripresa poi nel dettaglio una volta approvato il progetto seguita quindi dalle altre fasi di esecuzione del progetto.

##### *Pianificazione*

La pianificazione di un progetto di R&S sia nel quadro dell'elaborazione di una proposta che per l'inizio del progetto è una fase molto importante e con aspetti peculiari. Un progetto di R&S si distingue da altri progetti, come ad esempio la costruzione di un edificio, per la presenza, soprattutto all'inizio, di un elevato grado di incertezza. Non dimentichiamo che l'attività di R&S è rappresentata da un percorso esplorativo in un Paesaggio Tecnologico di cui normalmente non conosciamo l'andamento. E' buona norma in questi casi dividere il lavoro da fare in tappe le più piccole possibili alla fine delle quali è possibile fare una valutazione del progetto e decidere della sua continuazione. In alcuni casi è utile prevedere nel quadro del progetto la possibilità di riprogrammare dopo controllo il lavoro anche più volte prima di dichiarare concluso il progetto e presentare i risultati alla direzione. Un altro aspetto importante della pianificazione della R&S è nelle priorità di studio delle varie operazioni che costituiscono la tecnologia in sviluppo. Infatti è buona norma affrontare dapprima le operazioni che appaiono più difficili e critiche per la tecnologia per verificare il più presto possibile l'eventuale fattibilità dell'innovazione.



**Fig. 8. Le funzioni della gestione di un progetto di R&S**

Lo scopo di questo tipo di pianificazione per tappe di dimensione ridotte e di scelta prioritaria di studio dei punti più critici ha come scopo di ridurre i rischi finanziari del progetto che, nel caso in cui i risultati siano insoddisfacenti, può così essere abbandonato rapidamente con costi contenuti.

Per quanto riguarda la pianificazione di dettaglio un progetto di R&S non si differenzia da altri progetti e si possono usare vari metodi come i cronogrammi (diagrammi di Gantt), il metodo PERT per la pianificazione dei compiti e il metodo CPM per la stima dei costi

### *Organizzazione*

Organizzare un progetto di R&S significa stabilire le relazioni di lavoro e le comunicazioni per il progetto e presuppone la disponibilità del personale necessario al progetto. La forma dell'organizzazione riflette la disciplina con la quale il progetto è diretto. La struttura dell'organizzazione riflette gli strumenti con i quali si soddisfano le esigenze del progetto. La scelta del personale per il progetto è un aspetto importante per il successo della R&S. E' importante di avere disponibile personale competente e motivato per il lavoro da fare poiché in nessun altro caso come la R&S la mancanza di questi requisiti, anche in misura parziale, porta con alta probabilità a risultati negativi. Infine si noti che l'attribuzione di un compito necessita anche contemporaneamente l'assegnazione di responsabilità e di mezzi per la sua esecuzione.

### *Implementazione*

L'implementazione rappresenta nel lavoro di gestione di un progetto di R&S l'attività di assistenza al progetto che permette a questo di svolgersi normalmente. Si tratta generalmente della fase temporale più lunga del progetto. Come abbiamo già visto discutendo gli aspetti generali della R&S e della creatività è molto importante che il personale che lavora sul progetto sia altamente motivato e che la gestione del progetto avvenga in maniera partecipativa evitando metodi eccessivamente gerarchici e burocraticamente formali. In effetti il bisogno di creatività non termina con la generazione dell'idea innovante ma continua lungo tutto il progetto di R&S alla ricerca delle migliori soluzioni per la combinazione delle operazioni e la sintonizzazione delle istruzioni necessarie per il successo dell'innovazione.

### *Controllo*

Nella fase di controllo del progetto si esaminano essenzialmente i risultati ottenuti rispetto agli obiettivi, al tempo ed al budget del progetto. Nel caso della R&S non è sufficiente esaminare i risultati tecnici ottenuti, aspetto efficientistico del progetto, ma anche l'effettività dei risultati e cioè la loro aderenza agli obiettivi e alle strategie generali dell'azienda. La valutazione del lavoro del personale del progetto deve essere fatta sui risultati ottenuti e non sul potenziale dei risultati ottenibili.

### *Riprogrammazione*

Nel quadro del controllo di un progetto di R&S può essere prevista la possibilità di riprogrammare l'attività alla ricerca di risultati migliori tenendo conto che questa riprogrammazione non sarebbe stata possibile all'inizio del progetto senza conoscere i primi risultati. Questo ciclo può essere eventualmente ripetuto più volte prima della conclusione dei lavori e passaggio alla fase di presentazione dei risultati. Se un progetto è stato suddiviso in più fasi si eseguirà un controllo alla fine di ogni fase ed avendo disponibile ulteriore tempo e budget si potrà, se i risultati lo giustificano, procedere alla pianificazione dell'ulteriore fase, altrimenti si procederà alla presentazione dei risultati.

### *Presentazione dei risultati*

La presentazione dei risultati di un progetto di R&S rappresenta un momento molto critico poiché è in generale sulla base di questa presentazione che vengono prese decisioni sulla continuazione dello sviluppo o industrializzazione dell'innovazione. In generale la presentazione dei risultati avviene attraverso la realizzazione di un rapporto scritto accompagnato da una presentazione orale ed eventualmente da prodotti o prototipi realizzati durante il progetto. Il punto più critico sia per la

presentazione scritta che per quella orale dei risultati e conclusioni di un progetto di R&S risiede nella differenza del campo di esperienza e conoscenza che esiste tra il personale che ha condotto il progetto e le persone della direzione aziendale che devono valutarlo. Questi due campi di esperienza e conoscenza hanno generalmente una zona comune. E' importante che la presentazione scritta od orale avvenga utilizzando espressioni che appartengono il più possibile a questa zona comune per ottenere il massimo di efficacia nella comprensione di quanto è presentato e quindi assicurando che le decisioni che potranno essere prese lo siano su una reale base obiettiva di giudizio dei risultati ottenuti dalla R&S.

## 5. INDUSTRIALIZZAZIONE DELL'INNOVAZIONE TECNOLOGICA

L'industrializzazione dell'innovazione tecnologica risultante da un'attività di R&S rappresenta la fase di transizione tra R&S e produzione. In questa fase si assiste a una sovrapposizione della parte finale di un progetto di R&S, che deve assicurare l'avviamento industriale dell'innovazione, con il compito non facile per la produzione che deve acquisire un know how e assicurare condizioni di produzione efficienti.

Dal punto di vista finanziario l'industrializzazione rappresenta un punto cruciale poiché accanto a investimenti di una certa importanza necessari per una produzione industriale esiste un certo grado di rischio riguardo alla parte tecnica ed eventuali incertezze riguardo al mercato. Se dal punto di vista del mercato si possono utilizzare opportune strategie per assicurarne il successo, per la parte tecnica l'intervento possibile è in genere limitato dal lavoro di LbyD che è possibile fare per risolvere eventuali problemi tecnici che possono sorgere a livello industriale. La valutazione dei risultati dell'attività di R&S necessaria per prendere una decisione riguardo all'industrializzazione dell'innovazione deve quindi essere molto attenta vista l'importanza che questa decisione riveste per l'azienda. Al momento venuto di fare una valutazione se industrializzare o no un'innovazione si hanno in generale a disposizione molti dati di natura tecnica, ambientale, economica e di mercato. Il marketing avrà seguito ad esempio passo per passo lo sviluppo del prodotto, studiato il mercato e suggerito le modifiche più interessanti da fare sul prodotto per renderlo il più competitivo possibile. Con dati meno incerti sulle possibili vendite e sulle possibili condizioni di produzione i conti economici possono diventare più sicuri e la valutazione può al limite essere fatta come una qualsiasi valutazione tecnologica di un processo industriale. Ciononostante nella decisione per un'industrializzazione resta comunque sempre una zona grigia di incertezza più o meno ampia dovuta al fatto che il paesaggio tecnologico nel quale si è operata una certa ottimizzazione delle condizioni di produzione o costruzione a livello di impianto pilota o prototipo può essere alquanto differente da quello corrispondente all'uso industriale sia perché i fattori di produzione che determinano l'efficienza cambiano di valore o addirittura perché alcuni non hanno potuto essere presi in considerazione. *Questo fatto rende necessario un nuovo lavoro di ottimizzazione della tecnologia sul piano industriale.* Un altro aspetto riguarda il fatto che difficilmente l'impianto industriale progettato potrà avere quella flessibilità di modifica delle istruzioni utilizzabili per ottimizzare il processo come si può avere nell'attività di R&S. *Questo fatto si traduce nella considerazione che un processo è industrializzabile con successo se l'insieme delle istruzioni ottimali trovate dalla R&S riescono a sviluppare un progetto di impianto industriale in cui i limiti di variazione delle istruzioni possibili, permessi dalla sua ingegneria, comprendano istruzioni sufficientemente efficienti per la conduzione del processo a livello industriale.* Il realizzarsi di queste condizioni non è banale poiché, come abbiamo visto precedentemente, è difficile che nel quadro della R&S si possano studiare delle condizioni di lavoro esattamente identiche a quelle che invece si avranno sull'impianto industriale con la conseguenza che il Paesaggio Tecnologico esplorato durante l'attività di R&S risulti poi differente da quello che caratterizza le condizioni di utilizzazione industriale della tecnologia.

Quindi non si può completamente escludere il caso in cui le differenti condizioni di lavoro e i limiti alla variabilità delle istruzioni dell'impianto industriale impediscano il raggiungimento di condizioni ottimali. E' importante allora domandarsi se il lavoro di esplorazione del Paesaggio Tecnologico ovvero se il progetto di R&S sia stato portato sufficiente avanti e che quindi l'innovazione sia veramente matura per l'industrializzazione. Questo problema è piuttosto importante, spesso, sulla spinta ad esempio della direzione aziendale che vuole una conclusione rapida del lavoro di R&S per iniziare il più presto possibile lo sfruttamento della tecnologia, innovazioni non mature vengono industrializzate traducendosi in un insuccesso. Se all'interno di un'azienda questo comporta importanti perdite di tempo e denaro, nel caso di innovazioni destinate alla vendita di tecnologia la situazione diventa oltremodo drammatica poiché il fallimento di un primo impianto dimostrativo decreta in generale l'invendibilità della tecnologia.

Concludendo il successo dell'industrializzazione di un'innovazione è favorito da:

- Uno sviluppo sufficientemente maturo dell'innovazione
- Una valutazione effettiva dell'innovazione
- Una buona collaborazione tra R&S e produzione

Il successo di industrializzazione di un'innovazione è invece sfavorito da:

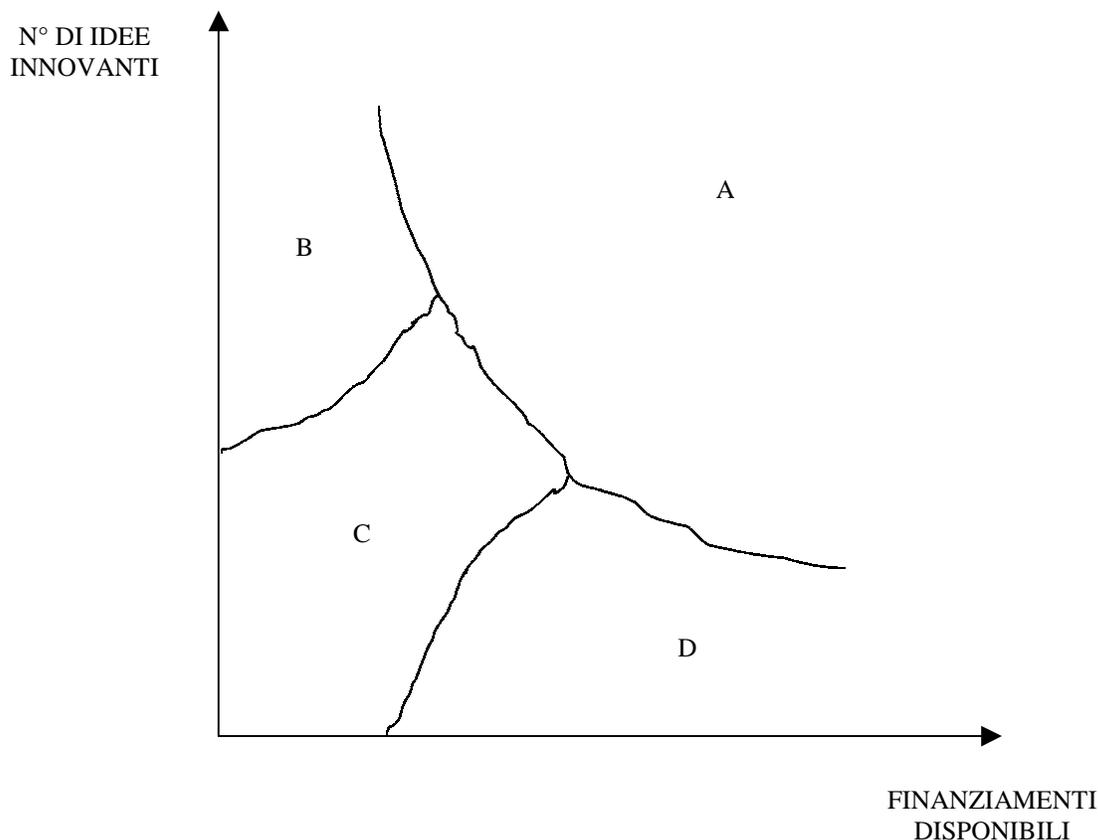
- Uno sviluppo insufficiente dell'attività di R&S
- Una cattiva ingegneria del processo
- Un cattivo lavoro di valutazione
- Insufficiente collaborazione tra R&S e produzione

## **6. FINANZIAMENTO DELLA R&S**

Il finanziamento della R&S è un aspetto molto importante di questa attività in considerazione dell'incertezza dei risultati e allo stesso tempo dell'importanza strategica delle innovazioni tecnologiche per un'azienda. Occorre subito chiarire che i costi investiti nello sviluppo di un'innovazione in un'azienda non si limitano al lavoro di R&S. A parte gli investimenti necessari per gli impianti di produzione, l'azienda deve affrontare eventuali costi di studi di tendenza tecnologica e soprattutto studi di mercato, che per buona norma accompagnano il lavoro di sviluppo lungo tutto il suo cammino, e come pure costi di commercializzazione iniziale spesso importanti. L'esperienza mostra che spesso questi costi possono essere dello stesso ordine di grandezza dei costi veri e propri di R&S. Se poi il prodotto è destinato al pubblico, e necessita di spese pubblicitarie e di promozione per il suo lancio, i costi esterni alla R&S diventano estremamente importanti e non è raro che il costo di R&S rappresenti meno del 10% del costo totale per lo sviluppo e lancio del prodotto.

Un altro aspetto che riguarda il finanziamento della R&S è la questione di quanto efficace possano essere gli investimenti in R&S riguardo al successo ottenibile per le innovazioni studiate, cioè, in altre parole, se ad un aumento di finanziamenti disponibili, e quindi di numero di progetti di R&S finanziabili, corrisponda anche un aumento proporzionale del numero di innovazioni di successo. La questione non è banale poiché è facilmente riscontrabile nella realtà che non esiste una relazione lineare tra il volume dei finanziamenti messi a disposizione ed il numero di innovazioni di successo ottenute. Nella realtà i processi innovativi si possono influenzare tra di loro attraverso lo scambio di

informazioni sulle varie operazioni ed istruzioni che compongono le tecnologie in sviluppo attraverso processi diretti all'interno di un'azienda o esterni come si visto nella rappresentazione della doppia pompa di capitali interni e informazioni esterne per la R&S presentata nella Fig. 3. Il flusso di informazioni permette di ridurre i tempi e i costi di esplorazione dei Paesaggi Tecnologici per trovare condizioni ottimali e può inoltre far nascere ulteriori innovazioni e applicazioni tecnologiche. Questo fatto fa sì che in presenza di un sufficiente numero di progetti di R&S che interagiscono tra di loro si possono formare condizioni di autocatalisi che portano alla generazione di innovazioni in grande numero e a costi più bassi assistendo così a un forte sviluppo tecnologico. Questa situazione può essere convenientemente rappresentata nel diagramma della Fig. 9 in cui su un asse si riporta il numero di idee innovanti e sull'altro i finanziamenti disponibili per queste idee. Lo spazio di questo diagramma può essere diviso in una zona A al di sopra di una curva che la delimita e che può essere chiamata curva della criticità dei finanziamenti della R&S. Nella zona A si ha un numero di idee innovanti e finanziamenti sufficienti per creare le condizioni supercritiche di autocatalisi che portano al forte sviluppo tecnologico, in condizioni di "technology push", descritto precedentemente. Al di sotto della curva si trova invece una zona subcritica che può a sua volta essere divisa in tre aree B, C e D.



**Fig. 9. Criticità dei finanziamenti disponibili per la R&S**

La zona B corrisponde a una situazione con molte idee innovanti ma pochi finanziamenti disponibili. In questo caso è probabile che il finanziamento di progetti di R&S in queste condizioni porti a molti casi di insuccesso per mancanza di fondi sufficienti per lo sviluppo. La zona C è caratterizzata da pochi fondi disponibili e poche idee innovanti. In questa situazione si ha a un numero limitato di progetti sul cui successo vige la più grande incertezza. Infine, la zona D è caratterizzata da fondi disponibili importanti ma poche idee innovanti. Il finanziamento dei progetti di R&S in questo caso resta sottoposto all'incertezza sul successo già segnalata per la zona C, inoltre, se i fondi importanti disponibili sono ripartiti per i pochi progetti disponibili si rischia di avere costi della R&S inutilmente elevati. Un'ultima osservazione riguarda la posizione della curva delimitante la zona supercritica da quella subcritica, essa dipende infatti dall'efficienza con cui il sistema è in grado di condurre l'attività di R&S. Più il sistema è efficiente più la curva si avvicina agli assi del grafico e più facilmente si possono raggiungere condizioni supercritiche.

Per quanto riguarda l'origine possibile dei finanziamenti per la R&S possiamo considerare naturalmente prima di tutto l'autofinanziamento. Tuttavia il rischio e l'incertezza che accompagna l'attività di R&S fa sì che spesso venga considerata la possibilità di finanziamenti esterni, in particolare di origine pubblica, che giustamente vengono resi disponibili per aiutare questo tipo di attività che ha in generale una ricaduta su tutta l'economia di un paese. I possibili finanziamenti esterni all'azienda sono i seguenti:

#### *Prestito bancario*

Il ricorso al prestito bancario può costituire un primo mezzo di finanziamento esterno. Tuttavia il rischio associato alla R&S e il ritorno finanziario generalmente a medio termine non lo rendono particolarmente adatto se non per innovazioni limitate con basso rischio tecnico e commerciale. In effetti, per una ricerca efficace di finanziamenti per la R&S, *occorre se possibile trovare una controparte finanziaria che accetta di assumere dei rischi nella misura più vicina a quelli che sono accettati dall'azienda*, il che non è il caso per il prestito bancario.

#### *Capitale rischio*

Questo metodo di finanziamento è interessante nel caso di strategie aziendali molto innovanti con rapidi ritorni di investimento. In Europa come negli USA esistono numerose società finanziarie pubbliche e private che finanziano con capitale a rischio. Benché la maggioranza di questi finanziamenti sono destinati a progetti in fase di industrializzazione, una parte minore di questi finanziamenti è tuttavia disponibile per progetti di R&S in fase iniziale (Capital seed). Il finanziamento è fatto in generale con un aumento di capitale o la creazione di una società specifica per lo sviluppo e sfruttamento dell'innovazione. La gestione di questo tipo di finanziamento è alquanto delicata per l'equilibrio che occorre tenere con i soci e per il bisogno che si può avere di nuovi capitali per realizzare l'industrializzazione e la commercializzazione dell'innovazione. Un altro momento delicato riguarda l'uscita del capitale rischio dalla società una volta realizzati gli obiettivi di redditività dell'innovazione.

#### *Aiuti pubblici*

L'aiuto pubblico all'innovazione può avvenire sotto forma di prestito o sovvenzione. Il prestito ha generalmente agevolazioni sul tasso di interesse che può essere anche nullo e in molti casi non necessita di garanzie. La forma più interessante è comunque quella del prestito senza interessi rimborsabile solo in caso di successo. Un punto delicato consiste qui nella definizione di successo e del piano di restituzione del prestito che può presentare problemi in caso di ritardi nell'industrializzazione e commercializzazione dell'innovazione. La sovvenzione, che in generale è a fondo perduto, è

naturalmente una forma ancora più interessante del prestito non essendo legata al successo dell'innovazione. Essa può avere l'inconveniente di essere limitata nel suo montante ed è normalmente accompagnata dalla richiesta di un impegno da parte dell'azienda di mettere a disposizione una somma per il progetto spesso equivalente al montante della sovvenzione.

### *Cooperazione*

Una forma interessante di finanziamento indiretto di un'innovazione è la collaborazione ovvero il co-sviluppo dell'innovazione nel quadro di un gruppo di imprese che compartecipano alle spese ed ai risultati del progetto. Questo può essere condotto all'interno del gruppo di imprese o da un'organizzazione esterna in grado di svolgerlo e che eventualmente ha avuto anche l'iniziativa di lanciarlo (progetto multicliente). Questo tipo di cooperazione, che abbiamo già discusso precedentemente descrivendo gli aspetti generali della R&S, permette di ridurre notevolmente i costi della R&S per ciascuna impresa ed è in particolare interessante per le piccole imprese. La gestione di questo tipo di progetto è tuttavia abbastanza delicata e richiede metodi sperimentati di management partecipativo, il che consiglia in generale una gestione del progetto esterna al gruppo di imprese o la costituzione addirittura di una società di sviluppo dell'innovazione ad hoc. Per mancanza di risorse umane spesso la piccola impresa ha difficoltà a internalizzare i risultati della cooperazione in maniera rapida e produttiva. Risulta quindi utile strutturare il progetto di R&S cooperativo in maniera di tener conto di questi problemi, ad esempio prevedendo che del personale delle aziende partecipanti passi del tempo in altre aziende o in laboratori coinvolti nel progetto per migliorare l'efficacia del trasferimento di tecnologia e adattare l'innovazione alla situazione specifica dell'azienda.