

**GESTIONE DELLE TECNOLOGIE AMBIENTALI  
PER SCARICHI INDUSTRIALI ED EMISSIONI NOCIVE**

**LEZIONE 3**

**Angelo Bonomi**

# COSA E' LA TECNOLOGIA

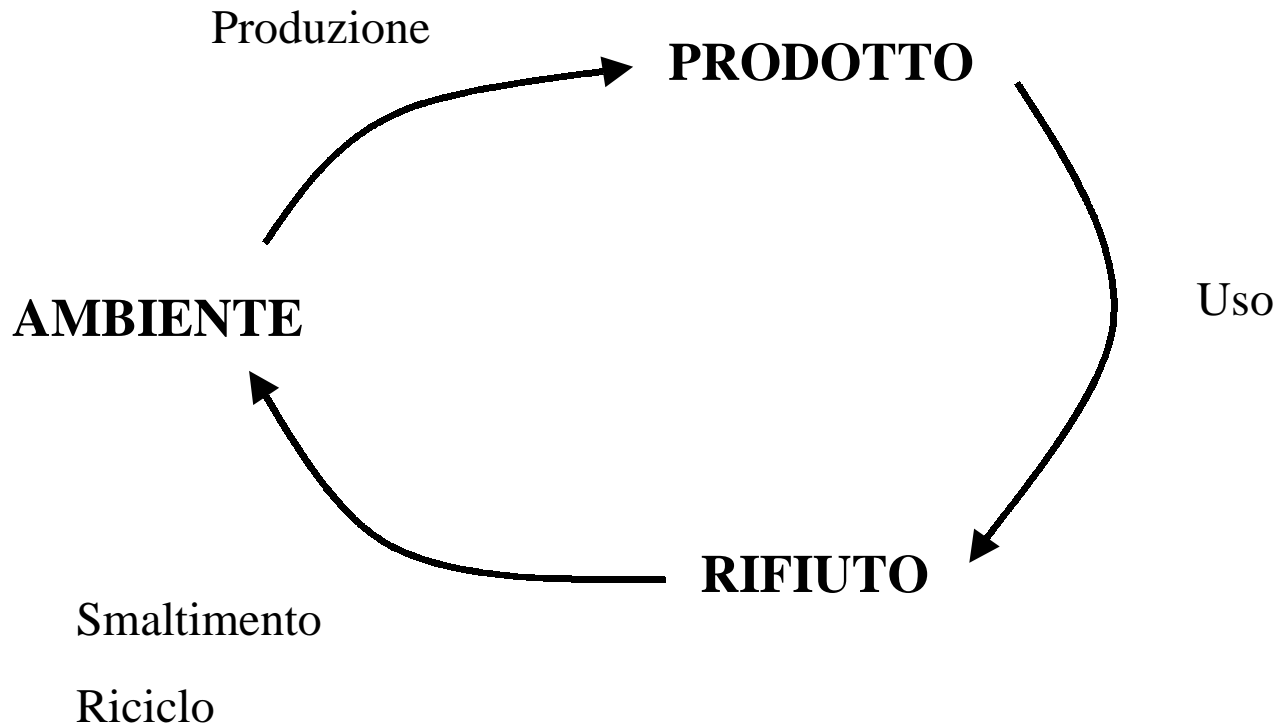
Con il nome di tecnologia si indicano cose con vari significati come una tecnologia specifica, l'insieme delle tecnologie o anche l'attività di utilizzazione di una tecnologia.

Per l'approccio che svilupperemo per la gestione delle tecnologie ambientali è utile considerare la tecnologia come un *processo* caratterizzato da *un'attività tecnologica*.

L'attività tecnologica è tipicamente caratterizzata dalla fabbricazione di un *prodotto o artefatto*, dal suo uso al fine di soddisfare un *servizio* e infine dall'eliminazione del prodotto usato come *rifiuto*

L'attività tecnologica può quindi essere inquadrata come un ciclo

# CICLO DELL'ATTIVITA' TECNOLOGICA



# CICLO DI VITA

Il processo che a partire delle risorse materiali ed energetiche dell'ambiente permette di fabbricare il prodotto, usarlo e infine eliminarlo come rifiuto viene chiamato ciclo di vita di un prodotto.

Il processo, in tutte le sue fasi scambia materia ed energia con l'ambiente e il suo scopo è di fornire essenzialmente un servizio all'umanità.

L'analisi energetica e materiale del ciclo di vita di un prodotto è chiamata Life Cycle Assessment (LCA) ed è alla base di un ben conosciuto sistema integrale di valutazione ambientale di un prodotto

# L'ECOSISTEMA TECNOLOGICO

Le attività tecnologiche, ovvero le tecnologie, non agiscono isolate ma sono collegate tra di loro sia attraverso una collaborazione ovvero una competizione e costituiscono un vero e proprio ecosistema tecnologico in evoluzione.

Ad esempio l'automobile ha soppiantato il cavallo nel trasporto umano e questo ha fatto scomparire tecnologie associate come quella del maniscalco o della stazione di posta.

D'altra parte lo sviluppo della tecnologia dell'automobile ha fatto nascere tecnologie come quella della produzione della benzina o delle stazioni di servizio.

# COME SI PUO' DESCRIVERE UNA TECNOLOGIA

Una tecnologia può essere descritta come prodotto o artefatto ovvero come processo.

La descrizione come artefatto comporta l'identificazione dei vari elementi che la compongono. Ad esempio un'automobile può essere suddivisa in elementi come il motore, le sospensioni, i freni, ecc.

La descrizione come processo considera invece la tecnologia come un insieme strutturato nel tempo di operazioni ed istruzioni.

Per la gestione delle tecnologie ambientali è più utile considerare la tecnologia come processo

# COSA E' UN'OPERAZIONE TECNOLOGICA

Una tecnologia può essere vista come composta da un insieme di operazioni come ad esempio:

*riscaldare, raffreddare, comprimere, allungare, caricare un condensatore elettrico, usare una resistenza elettrica, trasportare, distillare, ecc.*

Le operazioni di una tecnologia possono essere organizzate in maniera gerarchica in cui un'operazione principale risulta composta da un insieme di operazioni secondarie che a loro volta possono essere composte da sub-operazioni e così via. Il dettaglio con cui si vuole descrivere una tecnologia dipende quindi dalla scelta delle operazioni prese in considerazione e che costituiscono il *modello* più o meno dettagliato della tecnologia.

# **COSA SONO LE ISTRUZIONI DI UNA TECNOLOGIA**

Le operazioni di una tecnologia possono essere caratterizzate da una o più istruzioni come ad esempio:

*temperatura, tempo, velocità, distanza, forza, pressione, valori di capacità o resistenza elettrica, portata, composizione chimica, concentrazione, ecc.*

Ogni istruzione è inoltre caratterizzata da un certo numero di valori che costituiscono la sua grandezza fisica e che prendiamo in considerazione per la tecnologia in esame.

Le istruzioni possono essere anche semplicemente delle scelte come ad esempio in un'operazione di trasporto usare un nastro trasportatore o un veicolo.

I valori o le scelte di un'istruzione sono sempre discreti.



# COME SI RAPPRESENTA UNA TECNOLOGIA

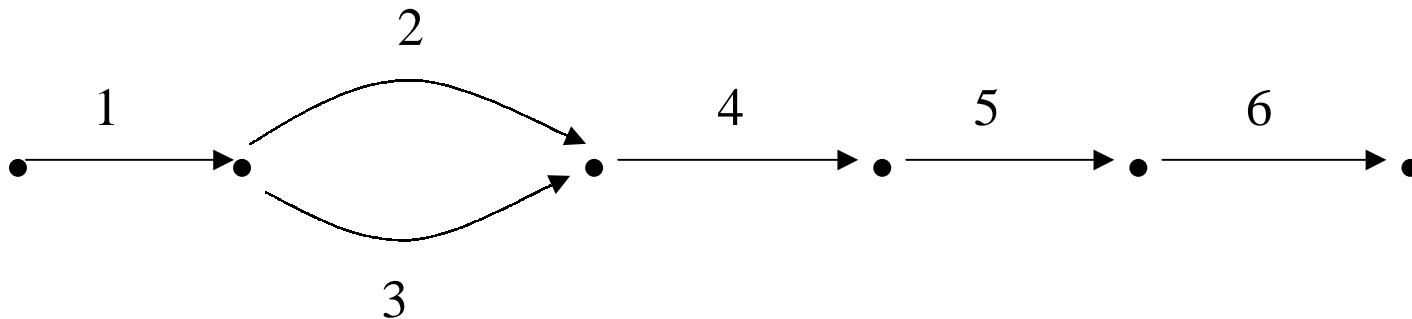
Una tecnologia è costituita da un insieme di operazioni strutturate nel tempo. Le operazioni possono essere in sequenza ma alcune anche svolte contemporaneamente.

La miglior maniera di rappresentare una tecnologia attraverso le sue operazioni è quella di un *grafo* in cui i *nodi* sono costituiti dall'inizio e/o fine delle operazioni e gli *archi* dalle stesse operazioni.

Questa rappresentazione è del tutto analoga a quella usata dal metodo PERT per descrivere le attività di un progetto e usata per la sua gestione.

# ESEMPIO: LA PREPARAZIONE DEL TE

1. Versare l'acqua nel bollitore
2. Portare l'acqua ad ebollizione
3. Mettere il te nella teiera
4. Versare l'acqua bollente nella teiera
5. Lasciare il te in infusione
6. Servire il te



# COSA E' UNA RICETTA TECNOLOGICA

Una tecnologia è composta da un insieme di operazioni ciascuna caratterizzata da una o più istruzioni che a loro volta possono assumere svariati valori o scelte. Per usare una tecnologia dobbiamo necessariamente fissare un valore o scelta per ogni istruzione. L'insieme di valori o scelte che si adoperano si chiama *ricetta tecnologica*.

Poiché esistono numerosi valori o scelte possibili per ogni istruzione, esisterà, in generale anche un gran numero di possibili ricette per una tecnologia, numero che si può calcolare considerando tutte le possibili combinazioni di valori o scelte previste nel modello di tecnologia preso in considerazione.

# COSA E' LO SPAZIO TECNOLOGICO

Una tecnologia può quindi essere rappresentata da un insieme di ricette che risultano dalla combinazione di tutti i valori o scelte che possono assumere le istruzioni. Esisteranno naturalmente ricette che si differenziano per uno o pochi valori ovvero altre che sono invece molto differenti. Da un punto di vista matematico è possibile stabilire una distanza tra le varie ricette in maniera che le ricette simili si trovino vicino mentre quelle differenti si trovano lontano. Questa distanza, che è misurata sulla base della somiglianza è chiamata *distanza di Hamming*. Conoscendo poi le varie distanze tra le ricette è possibile immaginare uno spazio costituito da un insieme di punti, ciascuno corrispondente a una ricetta, e posti alle varie distanze a seconda della loro somiglianza. Questo spazio è chiamato *spazio tecnologico*.

# EFFICIENZA DI UNA TECNOLOGIA

L'efficienza di una tecnologia è un concetto complesso che non è definibile in assoluto ma piuttosto in termini relativi e si parla allora ad esempio di efficienza economica, in generale espressa in termini di costo di uso della tecnologia, ma anche di efficienza tecnica che può essere di vario tipo a seconda dell'aspetto tecnologico che si vuole prendere in considerazione. Ad esempio possiamo avere un'efficienza energetica in termini di consumo (o produzione) di energia di una determinata tecnologia. Possiamo avere anche efficienze tecniche relative all'ambiente rappresentate ad esempio dal tasso di abbattimento di un inquinante, ecc.

Importante nella gestione di una tecnologia è la relazione che esiste tra l'efficienza tecnica e quella economica, ovvero il costo, al fine di scegliere le condizioni ottimali di funzionamento della tecnologia

# COSA E' IL PAESAGGIO TECNOLOGICO

Poiché una tecnologia è attuata attraverso l'uso di una sua ricetta, l'efficienza di una tecnologia dipenderà dalla ricetta adottata.

Abbiamo visto che è possibile avere un gran numero di ricette di una tecnologia, risultato delle combinazioni possibili tra i vari valori o scelte delle istruzioni, e rappresentare queste ricette come punti di uno spazio tecnologico costruito sulla base della distanza di Hamming tra le ricette.

Ogni ricetta sarà caratterizzata da una sua specifica efficienza e se noi associamo ad ogni punto dello spazio tecnologico il valore corrispondente di efficienza abbiamo allora il cosiddetto *paesaggio tecnologico*.

Nel paesaggio tecnologico esisteranno molte ricette con efficienza molto bassa e altre con efficienza ottimale. Si può dimostrare che raramente un paesaggio tecnologico possiede un solo valore ottimale di efficienza e molto spesso invece possiede numerosi ottimi locali con valori di efficienza più o meno differenziati.

# EFFICIENZA DI UN'OPERAZIONE TECNOLOGICA

E' possibile definire un'efficienza non solo di una tecnologia, o meglio di una specifica ricetta tecnologica, ma anche di ogni operazione che compone una tecnologia una volta stabilito il valore o la scelta di quella particolare operazione. E' così possibile stabilire ad esempio un'efficienza economica di un'operazione attraverso ad esempio il suo costo. La stessa cosa vale per le efficienze tecniche le quali possono anche essere nulle, o addirittura negative per una specifica operazione. Ad esempio considerando una tecnologia di produzione di energia, solo una o poche operazioni produrranno energia mentre le altre consumeranno energia. La stessa cosa vale per le efficienze tecniche ambientali come l'abbattimento di inquinanti per le quali avremo nel processo operazioni che producono, invece che abbattere inquinanti, altre che non producono ne abbattono inquinati, e infine operazioni che abbattono gli inquinanti.

E' importante che le efficienze delle operazioni siano definite in maniera che la loro somma costituisca l'efficienza della tecnologia considerata. Ad esempio l'efficienza economica, vista come costo, deve essere definita in maniera che la somma dei costi delle varie operazioni dia il costo totale della tecnologia.

# INTRANALITA' DI UNA TECNOLOGICA

L'*intranalità* di una tecnologia rappresenta il fenomeno per cui l'uso di valori o scelte specifiche per un'operazione influenza non solo l'efficienza della stessa operazione ma anche quella di una o più altre operazioni e infine l'efficienza globale della ricetta tecnologica. L'*intranalità* regola quindi le interazioni che possono esistere tra le istruzioni delle varie operazioni di una tecnologia e ne determina l'efficienza. Ad esempio, nella preparazione del tè, se io scelgo un riscaldamento minore dell'acqua non portandola all'ebollizione, influenzerò l'efficienza dell'infusione nella teiera.

Si può dimostrare che, se l'efficienza delle operazioni è determinata solo dalle istruzioni delle stesse operazioni (*intranalità* nulla), il paesaggio tecnologico possiede un solo optimum di efficienza. Se al contrario esiste un'*intranalità* esisterà più di un optimum e il numero degli optimum sarà tanto più numeroso quanto più è elevata l'*intranalità*.



# ESTERNALITA' DI UNA TECNOLOGICA

L'efficienza delle operazioni e quindi di una tecnologia non dipende in generale solo dai valori o scelte fatte per le istruzioni ma può dipendere anche da fattori esterni come ad esempio: la qualità delle materie prime, il tipo di semilavorati o di pezzi da trattare, l'esistenza di sistemi di certificazione di prodotto differenti a seconda dei mercati di esportazione, la variazione di norme ambientali, ecc. L'influenza di queste variabili esterne sull'efficienza delle operazioni e quindi della tecnologia è detta *esternalità* della tecnologia. Le variabili esterne si possono raggruppare in configurazioni e, per una data tecnologia, è possibile stabilire un insieme di configurazioni esterne che possono influenzarla. Ad ogni configurazione esterna corrisponderà uno specifico paesaggio tecnologico e una tecnologia potrà avere un numero di paesaggi tecnologici differenti pari al numero di configurazioni esterne che sono prese in considerazione.

# **COSA E' L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA**

L'innovazione tecnologica è un processo che può essere caratterizzato sia da un miglioramento di una stessa tecnologia o da un suo cambiamento che la portano verso una situazione di efficienza più elevata da un punto di vista economico o tecnico.

L'innovazione tecnologica più semplice può essere costituita dalla ricerca di una ricetta più efficiente che migliora il costo di una produzione mentre quelle più complesse possono riguardare lo sviluppo di un prodotto completamente nuovo che soppianta il vecchio (ad esempio nella riproduzione musicale il CD, basato su tecnologie laser, che ha fatto scomparire il disco di vinile, basato su tecnologie meccaniche).

Il processo di innovazione tecnologica può essere visto come composto da due attività principali separate dalla fase di industrializzazione: la prima è quella della Ricerca & Sviluppo (R & S) che dopo industrializzazione diventa di Learning by Doing (LbyD)

# SCHEMA DEL PROCESSO DI INNOVAZIONE TECNOLOGICA



# COSA E' LO SPAZIO DELLE TECNOLOGIE

L'innovazione tecnologica è un processo di ricerca di insiemi di operazioni ed istruzioni ottimali per una tecnologia. Se noi consideriamo una famiglia di tecnologie atte per un servizio specifico, ad esempio la scrittura, conoscendo tutte le operazioni che si possono adoperare per realizzare questo tipo di tecnologie, è possibile, con una matrice, descrivere tutte le possibili rappresentazioni in forma di grafo di tutte le tecnologie possibili che si possono immaginare dall'insieme delle operazioni considerate e, sulla base della somiglianza delle matrici, stabilire una distanza di Hamming tra le varie tecnologie. Anche qui rappresentando ogni tecnologia con un punto a distanza più o meno grande dalle altre a seconda della somiglianza potremo definire uno spazio che comprende tutte le tecnologie della famiglia considerata e che si chiama *spazio delle tecnologie*

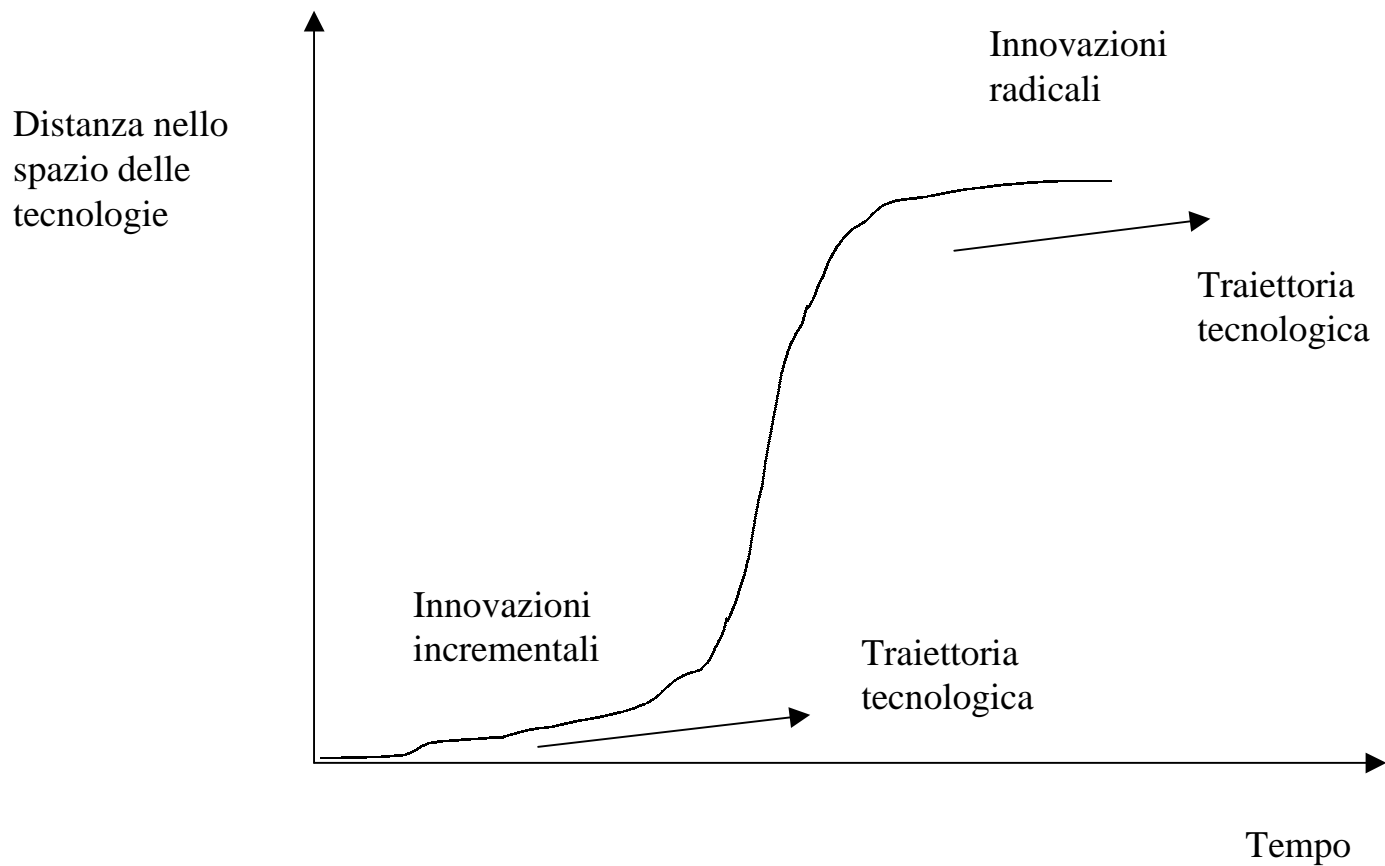
# INNOVAZIONI INCREMENTALI E RADICALI

Nello spazio delle tecnologie di una certa famiglia, ad esempio per la scrittura, esisteranno tecnologie vicine che hanno molte operazioni in comune e altre lontane con poche operazioni comuni. Ad esempio la tecnologia per scrivere costituita dalla macchina da scrivere meccanica è abbastanza vicina a quella della macchina da scrivere elettrica ma piuttosto lontana dal sistema in uso attualmente costituito dal computer e stampante. Sono poi esistiti dei sistemi intermedi di videoscrittura costituiti da una macchina da scrivere con un computer dedicato incorporato e uno schermo.

Le innovazioni che non cambiano in maniera molto profonda le operazioni di una tecnologia vengono chiamate *innovazioni incrementali* come nel caso della macchina da scrivere elettrica rispetto a quella meccanica.

Le innovazioni che invece cambiano in maniera estesa le operazioni sono chiamate *innovazioni radicali* come il sistema computer/stampante rispetto alle macchine da scrivere

# RAPPRESENTAZIONE DELL'EVOLUZIONE TECNOLOGICA



# EVOLUZIONE TECNOLOGICA

Tipicamente l'evoluzione tecnologica di un settore industriale legato a un particolare servizio procede attraverso innovazioni incrementali nello spazio delle tecnologie lungo quella che viene chiamata la sua traiettoria tecnologica.

Nel tempo può però apparire un'innovazione radicale, caratterizzata da operazioni tecnologicamente molto differenti che sposta l'attività tecnologica del settore in un'altra zona dello spazio.

L'innovazione radicale è piuttosto rara tuttavia importante poiché la sua azione è dirompente e distrugge mercati consolidati di prodotti convenzionali e attività industriali che non sono riuscite ad acquisire le necessarie e molto differenti competenze che caratterizzano le nuove operazioni tecnologiche dell'innovazione.