

# Capitolo XII

## Progresso tecnologico e crescita

# Progresso tecnologico e tasso di crescita

L'accumulazione di capitale da sola non è sufficiente per sostenere la crescita

Per una crescita continua è fondamentale il progresso tecnologico

Bisogna pertanto introdurre il progresso tecnologico nel modello sul tasso di risparmio

Il progresso tecnologico può manifestarsi in diversi modi:

- generare più produzione a parità di capitale e lavoro
- consentire una produzione di migliore qualità
- portare alla realizzazione di nuovi prodotti
- ampliare la gamma dei prodotti disponibili

# Progresso tecnologico e funzione di produzione

Possiamo considerare il progresso tecnologico come un fattore che aumenta la produzione a parità di fattori produttivi impiegati

**Stato della tecnologia:** variabile che indica quanto prodotto può essere ottenuto dal capitale e dal lavoro in un dato periodo di tempo

Indicando tale variabile con  $A$ , possiamo riscrivere la funzione di produzione:

$$Y = F(K, N, A)$$
$$(+, +, +)$$

# Progresso tecnologico e funzione di produzione

La funzione di produzione può essere riscritta in forma compatta per facilitare l'analisi:

$$Y = F(K, AN)$$

La produzione dipende dunque dal capitale e dal lavoro moltiplicato per lo stato della tecnologia\*

Possiamo quindi pensare al progresso tecnologico in due modi equivalenti:

- il progresso tecnologico riduce il numero di lavoratori necessari per ottenere una data quantità di prodotto (un valore doppio di  $A$  produce la stessa quantità di prodotto con la metà dei lavoratori)
- il progresso tecnologico aumenta il prodotto ottenibile con un dato numero di lavoratori

# Progresso tecnologico e funzione di produzione

Anche in presenza di progresso tecnologico, è ragionevole mantenere le stesse assunzioni sui rendimenti di scala costanti

Pertanto, con un dato stato della tecnologia A, raddoppiare sia la quantità di capitale K sia la quantità di lavoro N consentirà di ottenere una quantità doppia di prodotto

$$F(2K, 2AN) = 2Y$$

Più in generale:

$$F(xK, xAN) = xY$$

Vale inoltre l'assunzione che entrambi i fattori, capitale e lavoro effettivo, abbiano rendimenti decrescenti\*

# Progresso tecnologico e funzione di produzione

$$F(xK, xAN) = xY$$

Per ottenere la relazione tra prodotto e capitale per unità di lavoro effettivo\*, poniamo  $x = 1/AN$

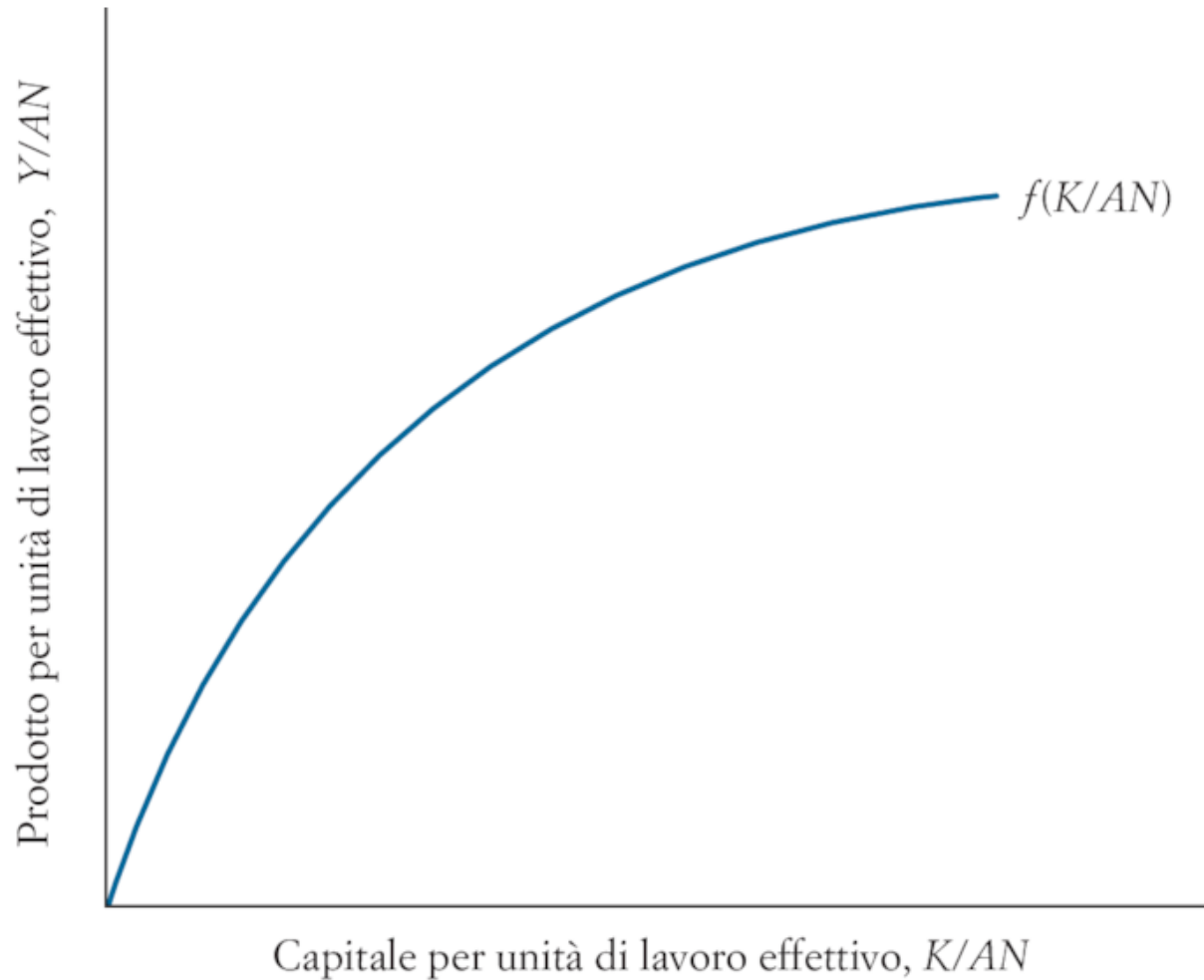
$$\frac{Y}{AN} = F\left(\frac{K}{AN}, 1\right)$$

Oppure, per semplificare l'analisi

$$\frac{Y}{AN} = f\left(\frac{K}{AN}\right)$$

Il prodotto per unità di lavoro effettivo è una funzione del capitale per unità di lavoro effettivo

# Progresso tecnologico e funzione di produzione



# Interazione tra produzione e capitale

Manteniamo le stesse ipotesi dell'analisi effettuata in assenza di progresso tecnologico

L'investimento è ancora:  $I = S = sY$

Dividendo per il lavoro effettivo  $AN$ , otteniamo:

$$\frac{I}{AN} = s \left( \frac{Y}{AN} \right)$$

Poiché  $Y/AN = f(K/AN)$ , allora la relazione tra investimento per unità di lavoro effettivo e capitale per unità di lavoro effettiva sarà:

$$\frac{I}{AN} = sf \left( \frac{K}{AN} \right)$$



# Interazione tra produzione e capitale

Qual è il livello di investimento che mantiene costante un dato livello di capitale per unità di lavoro effettivo?

In assenza di progresso tecnologico, per far rimanere il capitale costante è necessario che l'investimento sia uguale al deprezzamento dello stock esistente di capitale

In presenza di progresso tecnologico, il numero di unità di lavoro effettivo  $AN$  aumenta nel tempo

Pertanto, per mantenere lo stesso rapporto capitale/lavoro effettivo  $K/AN$  è necessario un aumento dello stock di capitale  $K$  proporzionale all'aumento delle unità di lavoro effettivo  $AN$

# Interazione tra produzione e capitale

Per ottenere tale risultato procediamo in tal modo:

$\delta$  = tasso di deprezzamento del capitale

$g_A$  = tasso di progresso tecnologico

$g_N$  = tasso di crescita della popolazione

Se ipotizziamo che il rapporto tra popolazione e occupazione sia costante nel tempo, allora  $g_N$  corrisponde anche al tasso di crescita dei lavoratori N

Il tasso di crescita del lavoro in unità effettive AN sarà uguale a:

$$g_A + g_N$$

Ad esempio, se il numero dei lavoratori cresce dell'1% all'anno e il tasso di progresso tecnologico è del 2% all'anno, allora il tasso di crescita delle unità di lavoro effettivo è uguale al 3% annuo

# Interazione tra produzione e capitale

Di conseguenza, il livello di investimento necessario per mantenere un dato livello di capitale per unità di lavoro effettivo è dato da:

$$I = \delta K + (g_A + g_N)K$$

o ugualmente:

$$I = (\delta + g_A + g_N)K$$

Pertanto, per mantenere costante lo stock di capitale serve un investimento pari a  $\delta K$

Se il tasso di deprezzamento è pari al 10%, allora solo per mantenere costante lo stock di capitale, l'investimento deve essere uguale al 10% del capitale esistente

# Interazione tra produzione e capitale

È un ammontare addizionale pari a  $(g_A + g_N)K$  è necessario affinché il capitale cresca allo stesso tasso di crescita del lavoro effettivo

Se il lavoro effettivo cresce del 3% all'anno, allora per mantenere lo stesso livello di capitale per unità di lavoro effettivo, il capitale deve anch'esso crescere del 3% all'anno

Combinando il tutto, se  $\delta = 10\%$  e  $g_A + g_N = 3\%$ , allora l'investimento dovrà essere pari al 13% dello stock di capitale

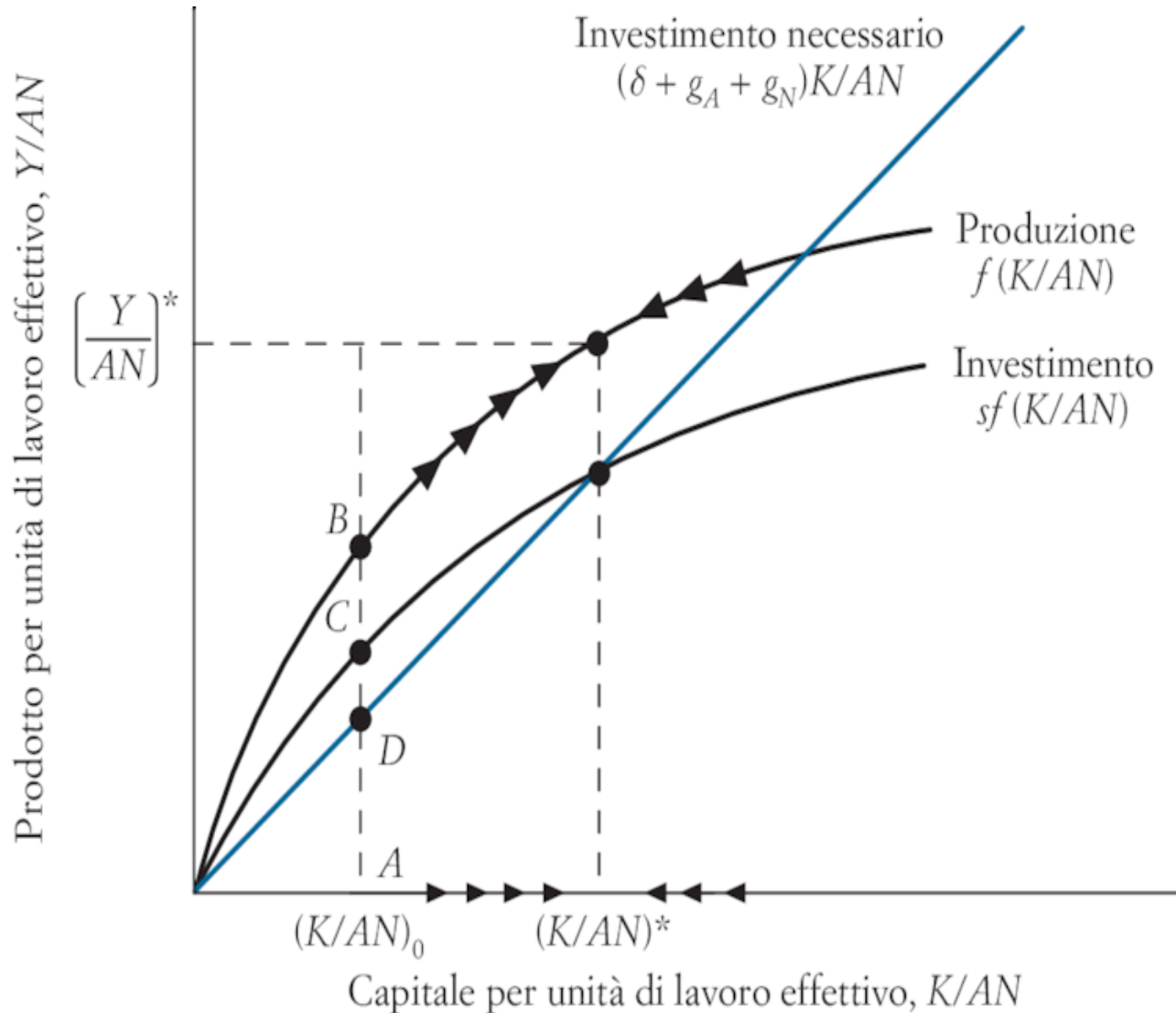
# Interazione tra produzione e capitale

Per determinare la quantità di investimento per unità di lavoro effettivo necessario a mantenere un livello costante di capitale per unità di lavoro effettivo, bisogna dividere  $I = (\delta + g_A + g_N)K$  per  $1/AN$

In tal modo otteniamo:

$$I/AN = (\delta + g_A + g_N)K/AN$$

# Interazione tra produzione e capitale



# Dinamica di capitale e produzione

Nel grafico, per un livello di capitale per unità di lavoro effettivo pari a  $(K/AN_0)$ , il prodotto per unità di lavoro effettivo è pari alla distanza AB

L'investimento per unità di lavoro effettivo è dato da AC

L'ammontare di investimento richiesto per mantenere quel livello di capitale per unità di lavoro effettivo è pari ad AD

Poiché l'investimento eccede quanto richiesto per mantenere costante il livello di capitale per unità di lavoro effettivo,  $K/AN$  aumenta

Pertanto, partendo da  $(K/AN_0)$ , l'economia si muove verso destra, con un livello crescente di capitale per unità di lavoro effettivo

Questo processo continua fino a quando l'investimento è esattamente sufficiente a mantenere costante il livello di capitale per unità di lavoro effettivo, cioè fino al livello  $(K/AN)^*$

# Dinamica di capitale e produzione

In stato stazionario, il capitale e il prodotto per unità di lavoro effettivo sono costanti e pari rispettivamente a  $(K/AN)^*$  e  $(Y/AN)^*$

Se  $Y/AN$  è costante, significa che  $Y$  deve crescere allo stesso tasso di  $AN$ , cioè al tasso  $g_A + g_N$

Pertanto, in stato stazionario il tasso di crescita della produzione è uguale al tasso di progresso tecnologico ( $g_A$ ) più il tasso di crescita della popolazione ( $g_N$ )

Di conseguenza, il tasso di crescita della produzione non dipende dal tasso di risparmio



# Dinamica di capitale e produzione

Poiché la produzione, il capitale e il lavoro effettivo in stato stazionario crescono tutti allo stesso tasso ( $g_A + g_N$ ), lo stato stazionario di questa economia è definito **stato di crescita bilanciata**

Sul sentiero di crescita bilanciata (ossia in stato stazionario o nel lungo periodo):

- il capitale per unità di lavoro effettivo e il prodotto per unità di lavoro effettivo sono costanti
- il capitale per lavoratore e il prodotto per lavoratore crescono al tasso di progresso tecnologico  $g_A$
- il lavoro cresce al tasso di crescita demografica  $g_N$
- il capitale e la produzione crescono ad un tasso pari alla somma del tasso di incremento demografico e del tasso di progresso tecnologico ( $g_A + g_N$ )

# Dinamica di capitale e produzione

**TAB. 12.1.** *Le proprietà della crescita bilanciata*

Tasso di crescita di:

---

1.	Capitale per unità di lavoro effettivo	0
2.	Prodotto per unità di lavoro effettivo	0
3.	Capitale per lavoratore	$g_A$
4.	Prodotto per lavoratore	$g_A$
5.	Lavoro	$g_N$
6.	Capitale	$g_A + g_N$
7.	Produzione	$g_A + g_N$

---

# Effetti del tasso di risparmio

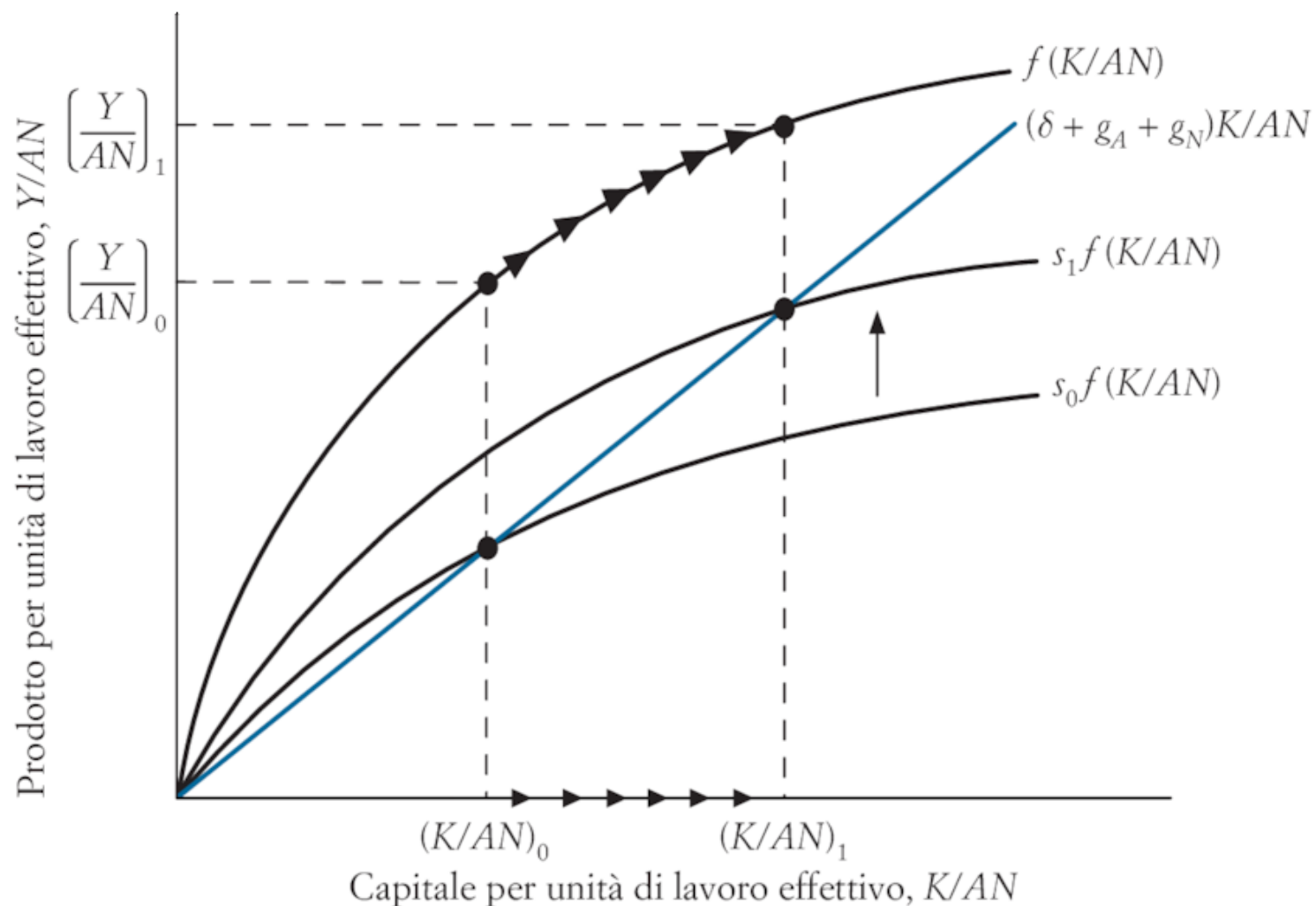
In stato stazionario il tasso di crescita della produzione dipende *soltanto* dal tasso di crescita demografica e dal tasso di progresso tecnologico

Le variazioni del tasso di risparmio non influenzano il *tasso di crescita* di stato stazionario, ma il *livello* di prodotto per unità di lavoro effettivo

Nel grafico, l'aumento del tasso di risparmio sposta la curva dell'investimento da  $s_0f(K/AN)$  a  $s_1f(K/AN)$

Di conseguenza, in stato stazionario, il livello di capitale effettivo aumenta da  $(K/AN)_0$  a  $(K/AN)_1$  a cui corrisponde un incremento del livello di prodotto per unità di lavoro effettivo da  $(Y/AN)_0$  a  $(Y/AN)_1$

# Effetti del tasso di risparmio



# Effetti del tasso di risparmio

In seguito all'aumento del tasso di risparmio, il capitale e il prodotto per unità di lavoro effettivo aumentano per qualche tempo prima di convergere al loro nuovo livello

Nel grafico, l'economia si trova inizialmente sul sentiero di crescita bilanciata AA

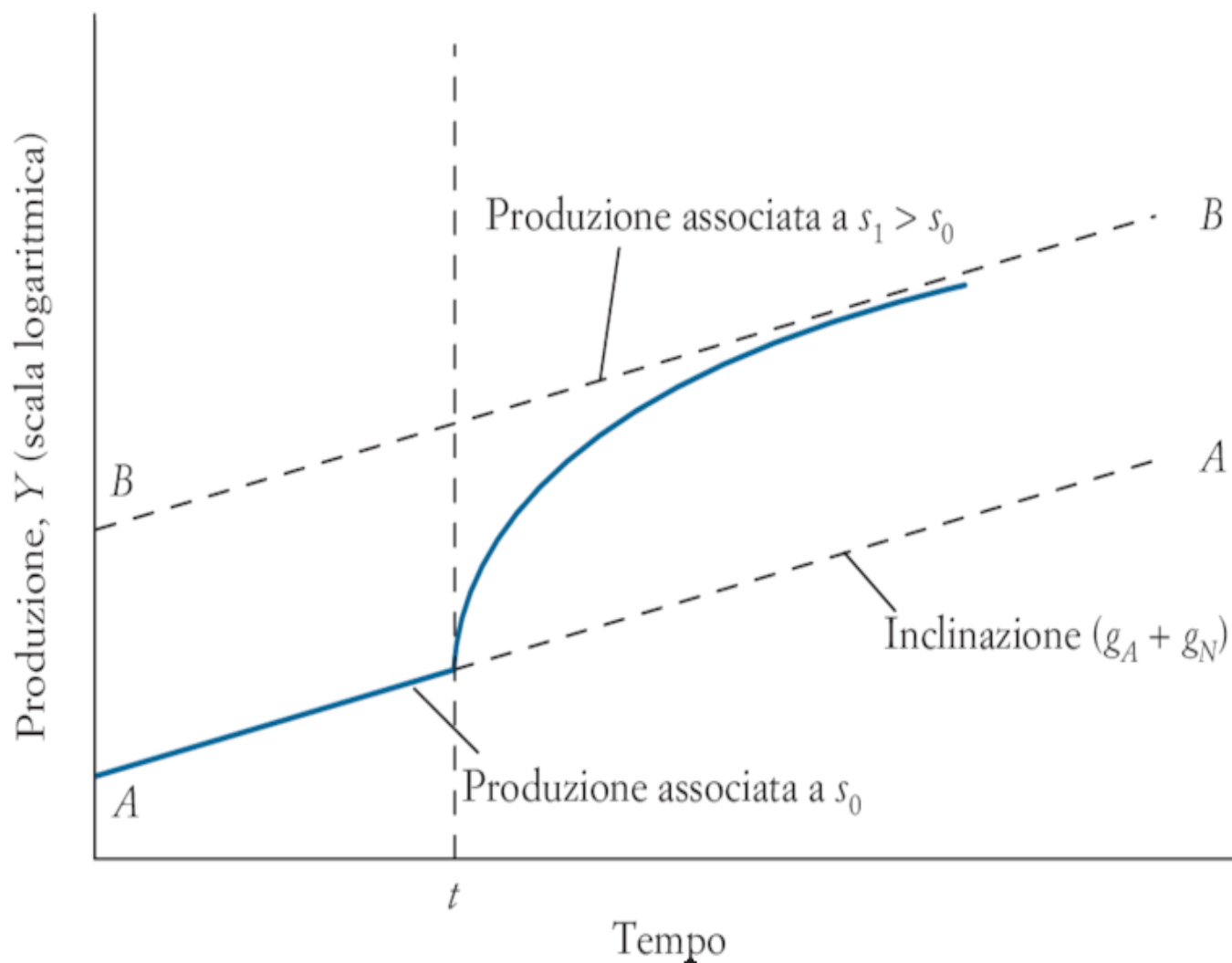
Il capitale e il prodotto crescono al tasso  $(g_A + g_N)$

In seguito all'aumento di risparmio al tempo  $t$ , il prodotto e il capitale crescono più rapidamente per un certo periodo di tempo

Alla fine, il capitale e il prodotto raggiungono un livello maggiore di quello che avrebbero avuto senza l'aumento del tasso di risparmio, ma il loro tasso di crescita rimane comunque  $(g_A + g_N)$

Nel nuovo stato stazionario, l'economia cresce allo stesso tasso\*, ma su un sentiero di crescita più elevato BB

# Effetti del tasso di risparmio



# Le determinanti del progresso tecnologico

La maggior parte del progresso tecnologico è il risultato dell'attività di ricerca e sviluppo (R&S) svolta dalle imprese

Le imprese investono in R&S per gli stessi motivi per cui acquistano nuovi macchinari e impianti: per aumentare i propri profitti attesi

I livelli di spesa in R&S dipendono da:

- la fertilità del processo di ricerca (il modo in cui il livello di spesa in R&S si traduce in nuove idee e nuovi prodotti/nuove tecnologie produttive)
- l'appropriabilità dei risultati della ricerca (la misura in cui le imprese possono beneficiare dei risultati della loro R&S)

# La fertilità del processo di ricerca

La fertilità della ricerca dipende dall'interazione tra *ricerca di base* (ricerca di principi e risultati generali) e *ricerca applicata* (l'applicazione di questi risultati ad usi specifici e allo sviluppo di nuovi prodotti)

La ricerca di base non conduce di per sé al progresso tecnologico, ma è determinante per il successo di quella applicata

Alcuni Paesi hanno più successo nella ricerca di base, altri nella ricerca applicata

Ciò è dovuto a differenze nei sistemi scolastici: alcuni Paesi prediligono una formazione orientata al ragionamento astratto (che sviluppa pertanto la ricerca di base), mentre altri Paesi prediligono una formazione imprenditoriale (che sviluppa invece la ricerca applicata)



# L'appropriabilità dei risultati della ricerca

Se le imprese non riescono ad appropriarsi dei profitti generati dai propri nuovi prodotti, gli investimenti in ricerca e sviluppo diminuiranno e il progresso tecnologico subirà un rallentamento

L'appropriabilità dipende da:

- la natura del processo di ricerca (ad esempio, se si ritiene che la scoperta di un nuovo prodotto aprirà la strada in breve tempo alla scoperta di molti altri prodotti migliori, non conviene innovare per primi; pertanto un alto grado di fertilità della ricerca potrebbe disincentivare le imprese ad investire in R&S)
- il grado di protezione accordata ai nuovi prodotti dalla legislazione sui brevetti\* (bisogna bilanciare la protezione delle nuove scoperte con la possibilità di utilizzare tali nuove scoperte)

# Innovazione versus imitazione

La R&S non è tuttavia l'unico fattore di crescita

Bisogna distinguere tra *crescita per innovazione* e *crescita per imitazione*

Per sostenere la crescita economica, i paesi avanzati (ovvero quei Paesi che hanno raggiunto la *frontiera tecnologica*) devono necessariamente innovare (e ciò richiede grandi investimenti in R&S)

I Paesi più poveri (che sono ancora lontani dalla frontiera tecnologica) possono invece limitarsi ad imitare per crescere (ad esempio la Cina)

La differenza fra innovazione e imitazione spiega pertanto perché alcuni Paesi tecnologicamente meno avanzati abbiano una legislazione scarsa sui brevetti

Infatti, poiché in tali Paesi le scoperte sono poche, non conviene essere troppo rigidi sulla protezione della proprietà intellettuale; in tal modo è possibile sfruttare i benefici derivanti dall'imitazione della tecnologia importata senza dover pagare i diritti alle imprese estere che l'hanno sviluppata

# Istituzione, progresso tecnologico e crescita

La crescita economica è inoltre determinata dalla qualità delle istituzioni dei vari Paesi

Per gli economisti con il termine istituzioni ci si riferisce principalmente alla protezione del diritto di proprietà

Se i diritti di proprietà sono fortemente tutelati, le imprese saranno maggiormente incentivate ad investire in capitale e tecnologia

Il motivo per cui i Paesi poveri non riescono ad uscire dalla situazione di povertà risiede principalmente nel fatto che non riescono a predisporre delle buone istituzioni

# Istituzione, progresso tecnologico e crescita

In concreto, protezione dei diritti di proprietà significa:

- un buon sistema politico (lo Stato non può espropriare arbitrariamente le proprietà dei cittadini)
- un buon sistema giudiziario (le cause devono essere risolte rapidamente ed equamente)
- leggi contro l'insider trading\* (per evitare che gli investitori perdano fiducia nel mercato azionario limitando così le risorse alle imprese)
- leggi che proteggano (temporaneamente) i brevetti
- valide leggi antitrust (che impediscano il monopolio, in modo così da far entrare nel mercato eventuali imprenditori più efficienti e innovativi)