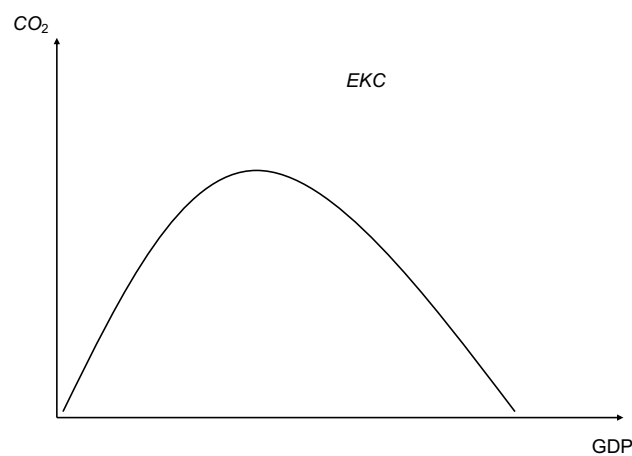


Le stime della relazione tra inquinamento e crescita economica:

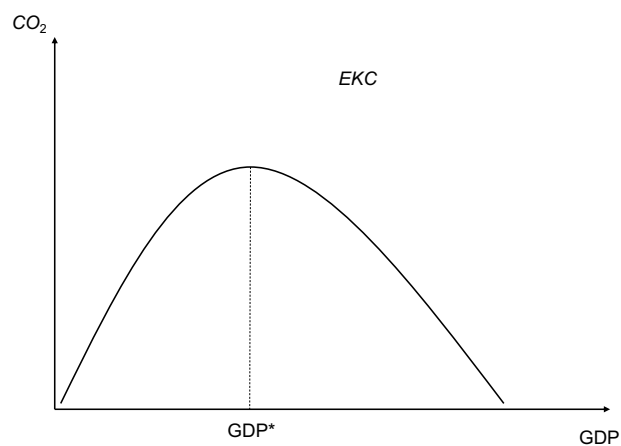
La curva di Kuznets ambientale e le varianti empiriche

Vogliamo studiare l'evidenza empirica di due particolari relazioni, che legano l'evoluzione dell'inquinamento (indicato per noi dalla variabile CO_2) alla variabile del reddito pro-capite di un paese, che ne misura anche il livello di crescita economica, ossia per noi la variabile GDP.

La prima ipotesi che studiamo è la cosiddetta “curva di Kuznets ambientale” (seguendo l'acronimo inglese, EKC), secondo la quale: il legame tra CO_2 e GDP segue un andamento a campana

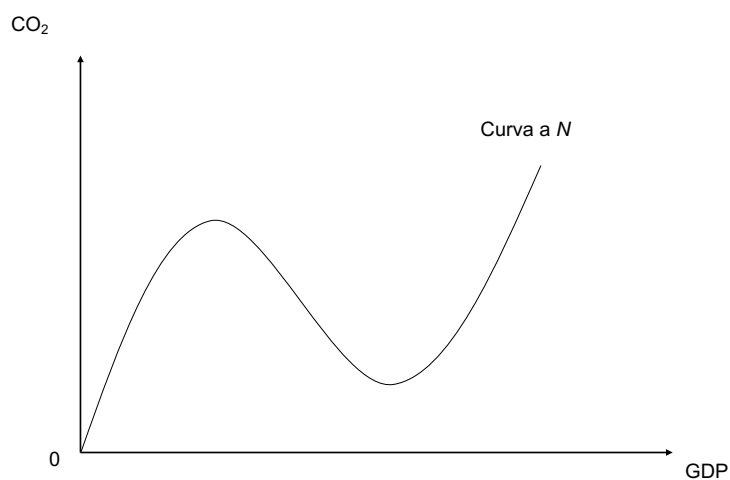


Dal quale si può evincere che, in una fase iniziale dello sviluppo economico di un paese (a bassi livelli di GDP) anche l'inquinamento cresce, ma che esiste un punto di svolta del GDP, nella figura qua sotto GDP^* , superato il quale il volume dell'inquinamento prodotto inizia a diminuire. Questo livello di GDP^* prende il nome di “punto di svolta”, o nella terminologia inglese di “turning point”.

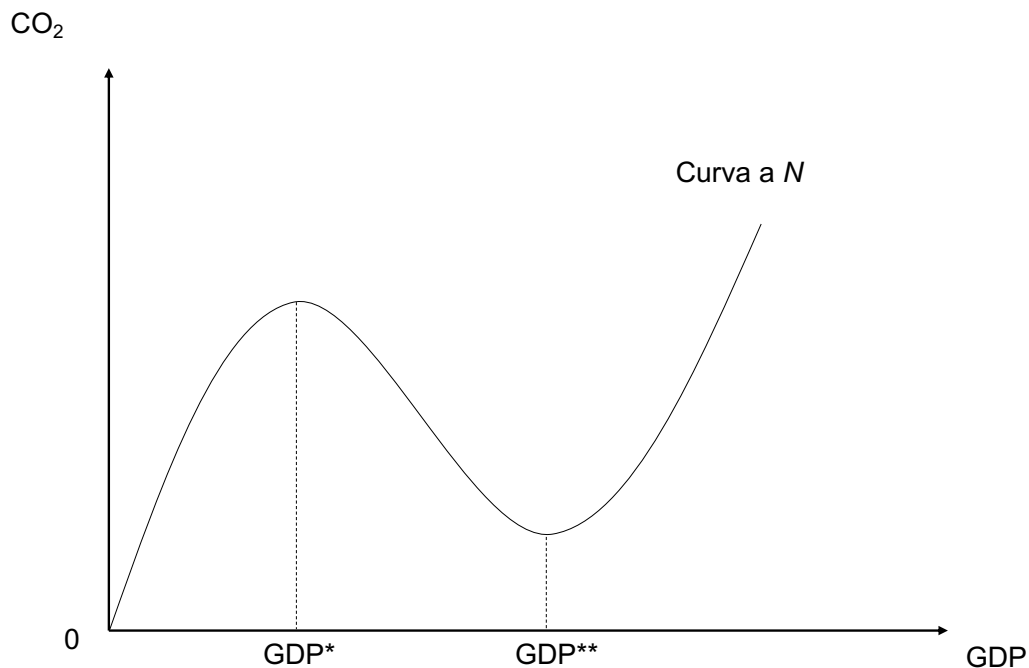


Ciò è dovuto al fatto che, una volta raggiunto un dato livello di benessere, la società più sviluppata inizierà a sentire più stringente la problematica ambientale, e manifesterà l'esigenza di riconvertire i processi produttivi in un'ottica più sostenibile, ad esempio, con l'introduzione di tecnologie più pulite (*green economy*), che abbattano i livelli di CO_2 .

Esiste però uno scenario alternativo a quello appena considerato. Esso prende il nome di “curva a N”:



secondo il quale l'ipotesi definita dalla EKC è ritenuta valida, ma non per sempre; esiste infatti un altro punto di svolta del GDP (un secondo turning point, GDP^{**}), superato il quale per continuare a crescere sarà necessario dover utilizzare nuovamente tecnologie inquinanti, e la CO_2 ricomincia ad esibire un andamento crescente, disegnando appunto un percorso a N .



Il nostro compito è verificare empiricamente quale scenario è seguito da un paese analizzato. Si tratta cioè di verificare se investire sulla crescita del GDP possa essere utile in termini di politica economica per spingere la società ad adottare comportamenti virtuosi (che riducano la CO_2 , nell'ottica dell'ipotesi EKC), o se – viceversa – questo possa essere solo un effetto momentaneo, che porta poi ad una fase finale di risalita della CO_2 (come nello scenario della curva a N).

Matematicamente, la EKC descrive una parabola con concavità rivolta verso il basso.

Ciò significa che possiamo definire una generica equazione di una funzione quadratica

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 GDP + \beta_2 GDP^2$$

Dove il termine al quadrato (GDP^2) è necessario per dar luogo alla forma parabolica.

Affinché però la nostra parabola abbia la concavità rivolta verso il basso, richiesta dalla EKC, sarà necessario che il coefficiente del termine GDP^2 abbia segno negativo.

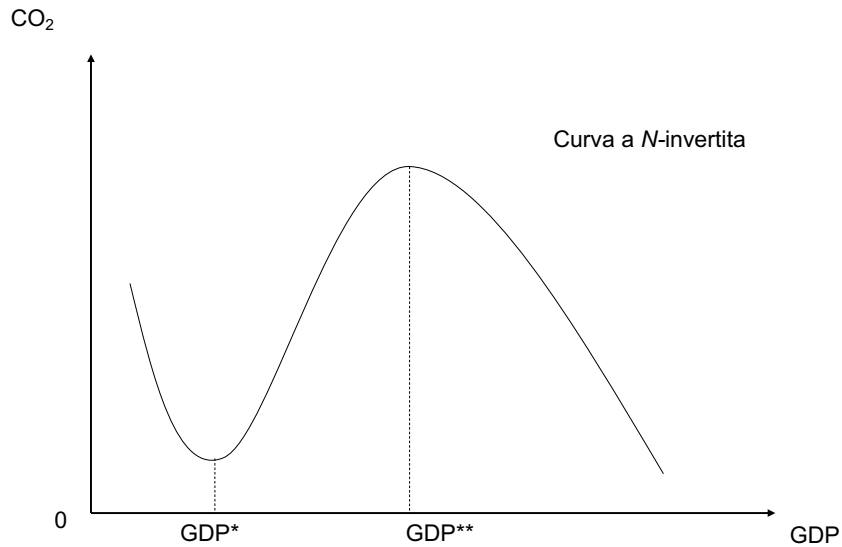
Ovvero: $\beta_2 < 0$.

Se invece vogliamo testare la presenza della curva a N , questa volta abbiamo bisogno di un'altra relazione matematica, che descriva quell'andamento. Si tratta ora di una relazione cubica, dove ora comparirà in aggiunta la variabile GDP^3 . Pertanto:

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 GDP + \beta_2 GDP^2 + \beta_3 GDP^3$$

dove dobbiamo ora considerare il segno del coefficiente β_3 per capire l'esatto andamento della curva cubica. Se, infatti, $\beta_3 > 0$, allora abbiamo la curva a N vista sopra.

Ma se $\beta_3 < 0$, allora il grafico cambia andamento



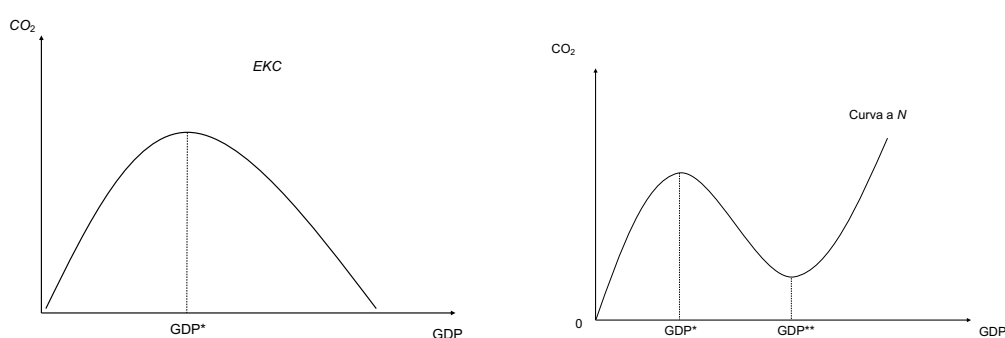
Dando ora luogo alla cosiddetta curva a “*N* invertita”, che – come vediamo – ci riporta a uno scenario in cui, nel lungo periodo, all’aumentare del GDP, la CO₂ si riduce. Possiamo quindi concludere che: anche la curva a “*N* invertita” (inverted-*N*, in inglese) supporta l’ipotesi descritta dalla EKC.

Dobbiamo precisare che la letteratura economica analizza però una versione più complessa e approfondita della teoria sopra esposta, e si spinge a considerare il legame tra CO₂ e GDP come influenzato anche da altre variabili. Una di queste, che a noi interessa osservare, è la variabile “arrivi turistici” (nei dataset indicata solitamente con TA). Ciò che vogliamo osservare è cioè l’effetto che la variabile turistica può provocare sullo scenario descritto dalla EKC o dalla curva a *N*.

L’idea è questa: l’aumento del GDP, che provocherà l’effetto sulla CO₂, può essere indotto dall’arrivo di nuovi turisti nel paese analizzato?

Se questo si verifica, assumeremo che la nostra ipotesi di studio (EKC o curva a N) sia **indotta** dalla variabile TA. Se, invece, dimostriamo che la variabile turistica non influenza il GDP, allora diremo che l'ipotesi studiata (EKC o curva a N) sia di tipo strutturale (che non necessita cioè dell'aggiunta di altre variabili esplicative).

Come abbiamo potuto notare, la caratteristica degli scenari che studiamo consiste nella possibile presenza di punti di svolta, che matematicamente costituiscono dei punti di massimo o di minimo.



Possiamo facilmente capire che mentre nella EKC il punto di svolta è UNO, nella curva a N (così come nella N invertita) i punti di svolta sono DUE.

Dal calcolo matematico degli estremi delle funzioni è possibile ricavare due formule, che ci permettono di ottenere il valore del GDP associato ai punti di svolta (turning points) nei due diversi scenari.

a) Nella EKC:

$$GDP^* = -\frac{\beta_1}{\beta_2}$$

b) Nella curva a N :

$$GDP^* = \frac{-\beta_2 - \sqrt{\beta_2^2 - 3\beta_1\beta_3}}{3\beta_3}$$

$$GDP^{**} = \frac{-\beta_2 + \sqrt{\beta_2^2 - 3\beta_1\beta_3}}{3\beta_3}$$

Queste due formule le ritroveremo successivamente nell'applicazione su STATA.

Il nostro compito è collocare i dati a disposizione per il paese analizzato nei grafici degli scenari analizzati, e capire dove ci troviamo, rispetto ai punti di svolta, nel processo evolutivo del legame tra CO₂ e GDP.

In particolare, il calcolo dei valori dei turning points è associato al concetto di “plausibilità economica” (*economic feasibility*). Ciò significa che solo valori in scala con quelli presenti nel dataset fornito possono essere plausibili (accettabili) economicamente. Ad esempio, se nei nostri dati i valori del GDP vanno dai 1000\$ pro capite nel 1980 ai 25000\$ pro capite nel 2000, e noi otteniamo un valore del turning point nella stima della curva EKC pari a 600.000\$, allora diremo che questo valore risulterà non plausibile economicamente, perché è praticamente impossibile che in un orizzonte temporale significativo il GDP di un paese passi dai 25000\$ a testa ai 600.000\$ a testa. In sostanza, i numeri ottenuti devono essere ragionevolmente raggiungibili, in uno scenario economicamente accettabile. All'opposto, un valore del turning point di 30.000\$ pro capite è da considerarsi plausibile, e cioè raggiungibile. La nostra analisi su STATA deve permetterci nel suo insieme di aiutarci a fare un'analisi previsionale del tempo necessario per raggiungere quel punto di svolta che abbiamo trovato nel nostro scenario.

Come accennato in precedenza, l'analisi che noi conduciamo, relativamente alla curva EKC o alla curva a N , può consistere nello studio dell'ipotesi *strutturale*, caratterizzata cioè della semplice relazione tra CO_2 e GDP, oppure nello studio dell'ipotesi indotta, in cui cioè oltre alle variabili CO_2 e GDP ne vengano considerate anche altre.

Ad esempio, se volessimo studiare gli effetti provocati sull'ipotesi EKC dovuti alla variabile arrivi turistici (TA), allora la nostra equazione da stimare diventa:

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 GDP + \beta_2 GDP^2 + \gamma_1 TA$$

Invece, se vogliamo studiare gli effetti provocati sull'ipotesi di curva a N dovuti sempre alla variabile arrivi turistici (TA), allora la nostra equazione da stimare diventa:

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 GDP + \beta_2 GDP^2 + \beta_3 GDP^3 + \gamma_1 TA$$

Ricordiamo però che il processo di induzione richiede l'analisi della sequenza:

prima TA deve influenzare GDP, così che poi GDP possa influenzare CO_2 .

In sostanza, il prerequisito per l'inserimento della variabile TA nell'equazione da stimare richiede dapprima la stima di quest'altra equazione:

$$GDP = \delta_0 + \delta_1 TA$$

Che deve essere validata statisticamente. Deve cioè essere **statisticamente significativa**.

In altre parole, al coefficiente δ_1 deve essere associato un valore della t di Student maggiore, in valore assoluto, del valore critico pari a 1.96.

Come vedremo nel dettaglio delle stime che da ora in poi condurremo, dobbiamo tenere a mente questo valore critico. Cioè, *la stima di un'ipotesi sarà valida statisticamente se il coefficiente della variabile che analizziamo avrà associato un valore della t di Student maggiore, in valore assoluto, del valore critico pari a 1.96.*

Perciò, la prima cosa che dobbiamo osservare in una stima è se il coefficiente richiesto dall'ipotesi studiata rispetti la condizione: $|t| > 1.96$. Il che significa che dovrà essere $t < -1.96$, oppure $t > 1.96$.

Nel caso in cui dovesse verificarsi che $|t| < 1.96$, allora è come se il coefficiente della variabile studiata fosse **statisticamente nullo**, e quindi la nostra ipotesi non si può verificare.

Ovviamente, nulla vieta di inserire anche altre variabili nell'equazione da stimare come possibili induttori. A titolo di esempio, possiamo immaginare di voler introdurre la variabile "Energy Use" (EU).

Le nostre due equazioni da stimare diventerebbero allora:

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 GDP + \beta_2 GDP^2 + \gamma_1 TA + \gamma_2 EU \quad (EKC)$$

oppure

$$CO_2 = \beta_0 + \beta_1 GDP + \beta_2 GDP^2 + \beta_3 GDP^3 + \gamma_1 TA + \gamma_2 EU \quad (N)$$

Ma allora dovremo chiederci quale sia la migliore variabile di induzione tra TA e EU .