

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI ECONOMIA "GIORGIO FUÀ"

Corso di Laurea triennale in Economia e Commercio

LA CURVA DI KUZNETS AMBIENTALE E IL MODELLO DI CRESCITA CINESE: UN'ANALISI DEL RAPPORTO TRA SVILUPPO ECONOMICO E DEGRADO AMBIENTALE.
THE ENVIRONMENTAL KUZNETS CURVE AND THE CHINESE GROWTH MODEL: AN ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN ECONOMIC DEVELOPMENT AND ENVIRONMENTAL DEGRADATION.

Relatore: Rapporto Finale di:

Prof. Barbara Ermini Morroni Mattia

Anno Accademico 2025/2026

INTRODUZIONE

Uno dei nodi irrisolti del pensiero economico contemporaneo riguarda la possibilità di conciliare la crescita economica con la tutela dell'ambiente. Per gran parte della storia dello sviluppo industriale, i due obiettivi sono apparsi in conflitto: si riteneva che un livello di benessere materiale elevato fosse raggiungibile solo a costo di un degrado ambientale altrettanto elevato. Questa problematica ha assunto un rilievo crescente con il passare degli anni, spingendo economisti e policy maker a interrogarsi su come rendere compatibili obiettivi economici e obiettivi ambientali, anziché trattarli come termini di un compromesso impossibile.

È in questo contesto che si colloca la Curva di Kuznets Ambientale (Environmental Kuznets Curve, EKC), lo strumento teorico attorno al quale è costruita questa tesi e che verrà illustrato nel dettaglio nel primo capitolo.

La tesi utilizza la EKC come una chiave di lettura per analizzare un caso di studio concreto, uno strumento la cui validità, come si vedrà, non è affatto scontata né uniforme e che va sottoposto a verifica empirica piuttosto che assunto come valido a prescindere

Il caso scelto per questa verifica è quello della Repubblica Popolare Cinese per due motivazioni principali. In primo luogo, poiché rappresenta un caso estremo sotto il profilo della velocità: la Cina ha infatti condensato un percorso di sviluppo analogo a quello dei paesi occidentali in poco più di quattro decenni, offrendo la possibilità di osservare dinamiche che altrove si sono dispiegate su archi temporali molto più lunghi.

La seconda motivazione della scelta è un elemento distintivo del modello cinese che lo differenzia dai paesi che hanno ispirato la formulazione della EKC: lo

stretto legame tra economia e politica che caratterizza il sistema cinese, il quale ha permesso a Pechino di intervenire sulla propria traiettoria ambientale in modo diretto e centralizzato anziché limitarsi ad accompagnare passivamente le dinamiche di mercato. Questo legame, che nel concreto va dalla pianificazione quinquennale agli incentivi rivolti ai funzionari locali fino al sostegno pubblico all'industria delle rinnovabili, costituisce uno degli elementi centrali dell'analisi

Considerate queste premesse, la tesi si propone di verificare in che misura l'esperienza cinese confermi, contraddica o arricchisca l'ipotesi della Curva di Kuznets Ambientale, articolando l'analisi in tre passaggi. Il primo capitolo ricostruisce i fondamenti teorici della EKC, illustrando il suo funzionamento e le principali critiche provenienti dalla letteratura a riguardo.

Il secondo capitolo ricostruisce le riforme verdi adottate dal governo cinese nel corso degli ultimi decenni, mettendo in luce come economia e politica si siano intrecciate nella costruzione di un percorso di riduzione dell'inquinamento.

Il terzo capitolo, infine, sottopone a una verifica empirica il caso cinese, esaminando la letteratura scientifica che ha applicato l'ipotesi EKC ai dati cinesi e distinguendo tra inquinanti locali e globali, valutando in che misura le evidenze raccolte confermino l'esistenza di un effettivo punto di svolta nella traiettoria ambientale del paese.

CAPITOLO 1

LA CURVA DI KUZNETS AMBIENTALE

Il clima terrestre è soggetto a fluttuazioni stagionali, decadali e secolari che dipendono da cause naturali come l'orbita terreste, la radiazione solare, la circolazione degli oceani e le eruzioni vulcaniche. Nel corso degli ultimi anni, tuttavia, mutamenti più profondi e rapidi del sistema climatico sono stati determinati dall'uomo principalmente tramite la crescente emissione di gas serra in atmosfera, legata alla costante crescita economica ricercata dal sistema capitalistico. Il primo volume dell'ultimo rapporto Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) del 2021[1] conferma che il clima terrestre si sta riscaldando a causa di queste emissioni (la temperatura media sulla superficie terrestre del periodo 2001-2020 maggiore di circa 1°C rispetto al 1850-1900) e che l'influenza umana sul sistema climatico è inequivocabile. I cambiamenti climatici comportano, secondo Il Millennium Ecosystem Assessment del 2005, non solo un riscaldamento del clima globale ma anche fenomeni atmosferici più violenti, aumento della siccità, riscaldamento e innalzamento degli oceani, perdita di specie, mancanza di cibo, maggiori rischi per la salute, povertà e migrazioni.

1 Questo documento, pubblicato dall'organismo delle Nazioni Unite, è un rapporto scientifico internazionale volto a valutare lo stato delle conoscenze sul cambiamento climatico e le conseguenze dei mutamenti degli ecosistemi sul benessere umano.

Il cambiamento climatico rappresenta quindi la sfida geopolitica, economica e sociale più complessa e urgente del XXI secolo visto che non si tratta più di una minaccia futura o di una proiezione confinata ai modelli matematici degli scienziati, bensì di una realtà concreta che sta già cambiando le condizioni di vita sul pianeta. Bilanciarla con la crescita economica è necessario, dato che è proprio quest'ultima a generare il cambiamento climatico.

Negli ultimi anni gli effetti ambientali della crescita economica hanno ricevuto crescente attenzione da parte degli economisti. Un aspetto particolare è stato oggetto di studio: il legame dell'ambiente con la crescita/sviluppo economico.
Esso ha suscitato molte discussioni nell'ultimo decennio portando alla generazione di due visioni distinte riguardanti questo rapporto tra fenomeni: una pessimistica supportata dal rapporto "*The Limits to Growth*" del 1972 commissionato dal Club di Roma[2] secondo cui il sistema globale avrebbe raggiunto i limiti di capacità della Terra, portando a un declino improvviso della popolazione e della capacità industriale ed una ottimistica guidata dagli studi di Grossman e Krueger degli anni '90 che ipotizzavano una relazione ad "U rovesciata" tra PIL pro capite e degrado ambientale. Più specificatamente, i fautori

2 Il Club di Roma è un'organizzazione internazionale informale fondata nel 1968 che riunisce studiosi, scienziati, economisti e decisori pubblici impegnati nell'analisi delle principali sfide globali di lungo periodo. Il rapporto *The Limits to Growth* fu realizzato da Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jørgen Randers e William W. Behrens III (1972).

della visione pessimistica affermano che la crescita economica è destinata inevitabilmente a compromettere la qualità ambientale e a distruggere non solo le risorse naturali esauribili, ma anche quelle rigenerabili. Al contrario, i sostenitori di una visione ottimistica del rapporto tra crescita e ambiente, sviluppata successivamente nella letteratura sulla Environmental Kuznets Curve, in particolare nei lavori di Grossman e Krueger (1991, 1995), ritengono che la sostenibilità sia un obiettivo realizzabile. Secondo questa prospettiva, nelle fasi iniziali dello sviluppo economico alla crescita del PIL pro-capite corrisponde un maggior degrado ambientale con il procedere della crescita economica, all'aumento del PIL pro-capite finirà per corrispondere una riduzione di tale degrado. In particolare, seguendo questo approccio, si ritiene che tra indicatori di degrado ambientale e livello del PIL pro capite possa stabilirsi una relazione simile a quella rilevata verso la metà degli anni Cinquanta del secolo passato dal premio Nobel per l'economia Simon Kuznets tra indicatori di disuguaglianza nella distribuzione del reddito e livello del reddito pro capite. In particolare, Kuznets trovò che esiste una relazione a forma di U rovesciata tra reddito pro capite e disuguaglianza di reddito che rivela una distribuzione ineguale del reddito nelle prime fasi della crescita del reddito per poi spostarsi verso un’equa distribuzione del reddito all’aumentare del reddito pro capite nelle fasi successive della crescita economica. Secondo questa interpretazione del rapporto tra crescita economica e ambiente, all'aumentare del reddito pro capite, il degrado ambientale dovrebbe

inizialmente crescere e successivamente diminuire. L'implicazione empirica di questa ipotesi è l'esistenza di una relazione ad U rovesciata tra degrado ambientale e PIL pro capite: la pressione ambientale aumenterebbe più rapidamente del reddito nelle prime fasi dello sviluppo, per poi rallentare e ridursi relativamente alla crescita del PIL al raggiungimento di livelli di reddito più elevati**.**

L'idea di un andamento di questo tipo dei fattori in ottica ambientale fu ampiamente influenzata dalla filosofia dei principali economisti degli anni Novanta tra i quali troviamo Wilfred Beckerman, il più noto critico del rapporto "*The Limits to Growth*" il cui motto era: "*too poor to be green*", sostenendo dunque che: "ci sono prove evidenti che, sebbene la crescita economica di solito porti al deterioramento ambientale nelle prime fasi del processo, alla fine, il modo migliore e probabilmente l'unico per raggiungere un ambiente dignitoso in cui vivere nella maggior parte dei paesi è diventare ricchi" (Beckerman, 1992).

Secondo l'ipotesi della Curva di Kuznets Ambientale (Environmental Kuznets Curve, EKC), l'andamento della relazione tra crescita economica e degrado ambientale è determinato da diversi fattori. Il primo è il cosiddetto effetto scala. All'aumentare della scala del processo economico, la pressione sull'ambiente aumenta e quindi vi è da aspettarsi una relazione positiva tra degrado ambientale e crescita economica. L'effetto scala sarebbe dominante nelle prime fasi del processo di sviluppo. Vi è poi da considerare un effetto di composizione della

struttura produttiva. Nelle prime fasi dello sviluppo, quando la composizione della produzione si modifica a sfavore dell'agricoltura e a favore dell'industria, questo effetto determina una relazione positiva tra degrado ambientale e crescita economica; tuttavia, quando lo sviluppo procede e diventa maturo, si ha un passaggio dalla produzione industriale a quella postindustriale o dei servizi avanzati, che è caratterizzata da una minor pressione sull'ambiente. L'effetto di composizione sarebbe quindi in armonia con la forma della curva di Kuznets ambientale. Infine, vi è l'effetto della tecnologia, che dipende dalle caratteristiche del progresso tecnologico. Anche questo effetto, che peraltro è fortemente collegato a quello di composizione, influenza la forma ad U rovesciata della curva di Kuznets ambientale. Infatti, nelle prime fasi dello sviluppo il progresso tecnologico spinge verso processi fortemente inquinanti**.**

Con il procedere dello sviluppo e soprattutto con il passaggio alla fase postindustriale dello sviluppo stesso, divengono dominanti nuove tecnologie **c**he esercitano minore pressione sull'ambiente grazie a processi produttivi più efficienti che permettono di ottenere lo stesso output con meno risorse ed energia**.**

Inoltre, la curva è caratterizzata da altri due effetti, vale a dire l'effetto politica e l'effetto reddito. L'effetto politica consiste in una maggiore preoccupazione pubblica per l'ambiente, che porta a rigorosi requisiti normativi nel momento in cui gli individui richiedono condizioni di vita migliori a discapito di aumenti ulteriori del proprio reddito. Allo stesso tempo, l'effetto reddito consiste

nell’aumento del reddito che porta ad un aumento della disponibilità a pagare per attuare politiche rispettose dell’ambiente.

I meccanismi appena illustrati possono essere ulteriormente chiariti considerando l'evoluzione dello sviluppo economico. A tal fine, la letteratura distingue generalmente tre fasi, ciascuna caratterizzata da differenti livelli di reddito, struttura produttiva e pressione ambientale: (i) l'economia preindustriale, caratterizzata principalmente dal settore primario e da bassi livelli di reddito; (ii) l'economia industriale, costituita dalla prevalenza del: (i) l'economia preindustriale, caratterizzata principalmente dal settore primario e da bassi livelli di reddito; (ii) l'economia industriale, costituita dalla prevalenza del settore secondario e associata a livelli di reddito intermedi; e (iii) l'economia postindustriale, trainata dal settore terziario e dai servizi avanzati e associata a livelli di reddito più elevati.

Nell’economia preindustriale, l’attività economica è limitata e si traduce in un’abbondanza di risorse naturali e in una ridotta formazione di rifiuti. In questa fase, l’uso di tecnologia inquinante, la mancanza di consapevolezza ambientale e la priorità data alla crescita economica determinano un crescente degrado ambientale.

L’economia industriale è caratterizzata da risorse naturali che stanno iniziando a esaurirsi e da un crescente accumulo di rifiuti a causa dell’industrializzazione. In

questa fase si verifica una relazione positiva tra crescita economica e degrado ambientale, che si verifica prima del raggiungimento della svolta.
La terza fase dello sviluppo economico è caratterizzata da un cambiamento strutturale nell'economia, passando a industrie ad alta intensità di informazione e tecnologia e a un'economia diretta ai servizi. Questo cambiamento è legato al rafforzamento delle normative ambientali, all'uso di tecnologie più pulite ed efficienti e al rafforzamento della consapevolezza ambientale, con conseguente mitigazione del degrado ambientale. In questa fase si verifica una relazione negativa tra crescita economica e deterioramento ambientale.

Ad oggi, la EKC è un metodo largamente impiegato per analizzare le prestazioni ambientali delle economie a seguito della rapida crescita e sviluppo delle economie e della tecnologia nonché della crescente complessità delle questioni legate al degrado ambientale. Tuttavia, si nota un'assenza di consenso rispetto alla sua efficacia in termini assoluti, così come una certa sensibilità della stima della EKC rispetto a tutti gli elementi che vengono incorporati nel processo di analisi. La selezione degli indicatori, del paese o dei paesi, del periodo temporale, della metodologia e delle variabili aggiuntive è fortemente impattante sul risultato che si va ad ottenere poiché la modifica anche di una sola componente della specificazione empirica del modello di analisi può condurre a risultati differenti, confermando o meno l'ipotesi della EKC oppure modificandone la forma stimata.

Particolarmente rilevante è inoltre la scelta del periodo temporale di analisi, poiché la validazione dell'ipotesi della EKC può dipendere dall'orizzonte temporale considerato. Un'analisi di breve periodo potrebbe infatti non cogliere gli aggiustamenti strutturali sottostanti alla relazione tra crescita economica e degrado ambientale, che potrebbero manifestarsi pienamente solo nel lungo periodo.

Dal punto di vista concettuale, la EKC viene criticata perché si concentra solo sulla produzione interna, trascurando l'evoluzione dei consumi e l'impatto ambientale dei beni importati. Se la domanda di beni inquinanti persiste anche a redditi elevati, i paesi sviluppati finiscono per importarli dai paesi in via di sviluppo, vanificando i benefici del progresso tecnologico e mettendo in discussione uno degli assunti di base del modello, ovvero che il comportamento dei consumatori cambi con la crescita del reddito.

Un problema strettamente collegato è quello della delocalizzazione industriale: un'economia può apparire "verde", con PIL in crescita ed emissioni in calo, semplicemente perché ha spostato le proprie industrie inquinanti in altri paesi con normative ambientali meno rigide, creando così un'illusione di efficienza che non riflette un reale miglioramento tecnologico.

Un'ulteriore criticità riguarda la presunta reversibilità del danno ambientale: si dubita che i danni provocati nelle prime fasi della crescita economica, come l'inquinamento da sostanze cancerogene o quello legato all'industrializzazione,

possano davvero essere riparati nelle fasi successive, come invece presuppone l'ipotesi EKC.

Resta inoltre incerto se il progresso tecnologico possa davvero tenere il passo con il ritmo del degrado ambientale e garantire, da solo, la fase discendente della curva. La letteratura di matrice ecologico-economica, come delineato da Unruh (2000), non supporta questa tesi e sottolinea come l'innovazione tecnologica non sia un processo esogeno e neutrale, bensì fortemente condizionato da dinamiche istituzionali (*path dependency, lock-in* tecnologico). Ne consegue che il progresso tecnologico costituisce una condizione necessaria ma non sufficiente, dovendo necessariamente essere accompagnato da politiche pubbliche mirate affinché possa effettivamente tradursi nella fase discendente della curva.

Infine, si mette in discussione l'efficienza paretiana del percorso di crescita proposto dalla EKC: il modello "cresci ora, ripulisci dopo" è altamente intensivo nell'uso di risorse, e risulta quindi inefficiente rispetto a un percorso alternativo che tuteli l'ambiente fin dalle prime fasi di sviluppo. Le stime derivanti dal Rapporto Stern (2006) indicano infatti che un simile approccio comporterebbe una perdita di PIL globale limitata, intorno all'1%, contro il 5-20% di perdita che si stima derivi invece dall'assenza di attenzione ambientale

CAPITOLO 2

LA CINA COME CASO DI STUDIO

Come discusso nel capitolo precedente, l'ipotesi dell'efficacia assoluta della EKC non è priva di limiti teorici ed empirici: la letteratura ha evidenziato risultati eterogenei a seconda dell'inquinante considerato, del periodo temporale analizzato e del contesto istituzionale dei paesi oggetto di studio. Proprio per questa eterogeneità, l'applicazione del modello a casi nazionali specifici risulta particolarmente utile per verificarne la validità empirica e per comprendere quali fattori strutturali ne condizionino l'effettiva realizzazione.

In questo contesto, la Cina costituisce un caso di studio di straordinario interesse. Negli ultimi quattro decenni il paese ha attraversato un processo di crescita economica senza precedenti per intensità e velocità, passando da un'economia prevalentemente agricola a una delle principali potenze industriali e manifatturiere a livello mondiale. Questo sviluppo, trainato da un modello a forte intensità energetica e da una rapida urbanizzazione, ha comportato un incremento significativo delle emissioni inquinanti, del consumo di risorse naturali e della pressione sugli ecosistemi, collocando la Cina tra i principali responsabili delle emissioni globali di CO_2. Secondo report degli ultimi anni, infatti, la Cina rimane

di gran lunga il primo emettitore mondiale, con 12,5 miliardi di tonnellate di CO_2 equivalente, pari al 30,5% del totale globale.

Allo stesso tempo, a partire dalla seconda metà degli anni Duemila, il governo cinese ha progressivamente introdotto politiche ambientali sempre più stringenti: dai piani quinquennali orientati alla "civiltà ecologica" agli investimenti massicci in energie rinnovabili che sembrano segnalare un tentativo di disaccoppiamento tra crescita economica e degrado ambientale. Questa evoluzione rende il caso cinese un banco di prova particolarmente significativo per verificare se, e in che misura, la traiettoria di sviluppo del paese sia riconducibile al modello teorico della ECK.

Il presente lavoro si propone dunque di esaminare il rapporto tra crescita economica e degrado ambientale in Cina alla luce della letteratura sulla Curva di Kuznets Ambientale, discutendo se l'evoluzione osservata nel paese risulti coerente con le implicazioni della EKC e mettendo in evidenza il ruolo del contesto istituzionale, politico ed economico. In particolare, il lavoro si concentra sul dibattito relativo al possibile raggiungimento del punto di svolta teorizzato dal modello e sui fattori – quali le politiche pubbliche, la struttura produttiva e l'apertura commerciale – che la letteratura individua come determinanti di tale traiettoria.

Negli ultimi quattro decenni la Repubblica Popolare Cinese ha attraversato una trasformazione economica senza precedenti nella storia moderna, passando da un'economia pianificata e prevalentemente agricola a una delle due principali potenze economiche mondiali. Questo processo di crescita, se da un lato ha determinato un miglioramento straordinario delle condizioni di vita di centinaia di milioni di persone, dall'altro ha comportato un costo ambientale altrettanto rilevante, che ha posto la Cina al centro del dibattito internazionale su sviluppo economico e sostenibilità.

Il punto di svolta della storia economica cinese contemporanea è comunemente individuato nel 1978, anno in cui Deng Xiaoping avviò il programma di "riforme e apertura" (*gaige kaifang*). L'abbandono progressivo della pianificazione centralizzata, l'introduzione di meccanismi di mercato, la decollettivizzazione dell'agricoltura e la creazione delle prime Zone Economiche Speciali (Shenzhen, Zhuhai, Shantou, Xiamen) posero le basi per un modello di crescita trainato dalle esportazioni e dagli investimenti in capitale fisso.

Tra il 1978 e il 2001 il PIL cinese crebbe a tassi medi annui prossimi al 9-10%, sostenuto da un massiccio processo di industrializzazione, dall'inurbamento della forza lavoro rurale e da una politica di attrazione degli investimenti diretti esteri. Questo modello, incentrato su manifattura a basso valore aggiunto e ad alta intensità energetica, generò i primi segnali di deterioramento ambientale, in

particolare nelle aree costiere e nei bacini industriali del nord-est. L'adesione della Cina all'Organizzazione Mondiale del Commercio nel 2001 segnò l'inizio di una fase di crescita ancora più intensa, caratterizzata dall'integrazione del paese nelle catene del valore globali e da una progressiva affermazione come "fabbrica del mondo". In questo periodo la crescita del PIL si accompagnò a un'espansione altrettanto rapida dei consumi energetici, in larga parte basati sul carbone, e a un peggioramento marcato degli indicatori di inquinamento atmosferico, idrico e del suolo. Il picco di questa fase intensiva si può collocare simbolicamente attorno al 2007-2008, anno in cui la Cina superò gli Stati Uniti come primo emettitore mondiale di anidride carbonica.

Si passa dunque, seguendo l'andamento teorizzato da Grossman e Krueger, da un'economia preindustriale caratterizzata da un'abbondanza di risorse naturali e una ridotta formazione di rifiuti ad una economia industriale caratterizzata da una maggiore pressione sull'ambiente a causa dell'industrializzazione. In questa fase, infatti, si verifica una relazione positiva tra crescita economica e degrado ambientale tipica della fase ascendente della curva prima del punto di svolta dominata dall' effetto scala.

A partire dai primi anni 2010 il governo cinese ha progressivamente ridefinito il proprio paradigma di sviluppo, introducendo il concetto di "nuova normalità" (*xin changtai*): un modello di crescita più moderato ma qualitativamente superiore, orientato ai consumi interni, ai servizi e all'innovazione tecnologica, in luogo della crescita quantitativa trainata da investimenti ed esportazioni a basso valore aggiunto.

In questa fase compaiono per la prima volta in modo sistematico obiettivi ambientali all'interno della pianificazione economica quinquennale, con l'introduzione di indicatori vincolanti su intensità energetica, intensità di carbonio e riduzione degli inquinanti atmosferici. Il rallentamento fisiologico della crescita, scesa da tassi a doppia cifra a valori compresi tra il 6% e il 7% annuo, si accompagna dunque a un cambiamento strutturale del modello produttivo. Nel corso degli anni 2020 la crescita cinese ha continuato a rallentare ulteriormente a causa sia di fattori di ciclici (crisi del settore immobiliare, invecchiamento demografico, tensioni commerciali internazionali) sia della transizione verso un modello meno dipendente dagli investimenti infrastrutturali. Sempre in questi anni la Cina ha assunto un ruolo di primo piano nella produzione mondiale di tecnologie per le energie rinnovabili (pannelli fotovoltaici, turbine eoliche, batterie per veicoli elettrici), diventando contemporaneamente il maggiore emettitore di gas serra e il maggiore investitore mondiale in capacità rinnovabile.

Il governo cinese ha inoltre fissato in questi anni due obiettivi di riferimento per la politica climatica: il raggiungimento del picco delle emissioni di CO2 entro il 2030 e la neutralità carbonica entro il 2060.

Un elemento centrale che emerge dall'analisi del caso cinese, soprattutto negli anni 2010, è il peso determinante delle politiche pubbliche nel plasmare la forma della curva. L' andamento della EKC cinese appare fortemente guidata dall'alto tramite diverse politiche volte alla riduzione delle emissioni.

La prima politica di pianificazione ambientale cinese può essere fatta risalire all'11° piano quinquennale (2006-2010), quando per la prima volta la riduzione dell'intensità energetica venne inserita tra gli obiettivi vincolanti della programmazione economica nazionale. Il 12° piano quinquennale (2011-2015) ampliò ulteriormente questo approccio, portando la quota di indicatori legati a risorse e ambiente dal 27,2% al 33,3% del totale degli obiettivi di piano e fissando, per la prima volta, obiettivi specifici di riduzione dell'intensità di carbonio (-17%) accanto a quelli di intensità energetica (-16%), oltre a un aumento della quota di fonti non fossili nel mix energetico primario, fissata all'11,4%.

Con il 13° e soprattutto il 14° piano quinquennale (2021-2025) questo impianto si è consolidato: quest'ultimo ha fissato una riduzione vincolante del 13,5% dell'intensità energetica e del 18% dell'intensità di carbonio per unità di PIL, insieme a target non vincolanti sulla quota di fonti non fossili (target al 20%, dal 15,9% del 2020) e a obiettivi su qualità dell'aria e copertura forestale.

Solo con il 14° piano compare per la prima volta, seppur senza una cifra esplicita nel testo, l'idea di un futuro "tetto" assoluto alle emissioni di CO2, successivamente precisata dalla politica di "doppio controllo del carbonio" varata nel 2024.

Va peraltro segnalato che il 14° piano non ha raggiunto pienamente i propri obiettivi: la riduzione dell'intensità di carbonio nel periodo 2021-2025 si è attestata attorno al 12%, contro il target del 18%, un risultato che le autorità cinesi hanno attribuito alla pandemia di Covid-19, a eventi climatici estremi e alle tensioni commerciali internazionali. Questa differenza è un dato rilevante per l'analisi della EKC applicata alla Cina, poiché mostra come il ritmo di miglioramento degli indicatori ambientali non sia lineare e sicuro, ma dipenda dalla effettiva capacità di attuazione delle politiche.

Il 15° piano quinquennale, presentato nel marzo 2026, ha in parte preso atto di questo problema riducendo in modo prudente, l'obiettivo di riduzione dell'intensità di carbonio al 2030 dal 18% al 17%, introducendo inoltre per la prima volta indicatori vincolanti specifici anche a livello settoriale e proponendo

meccanismi di compensazione tra le regioni che trasferiscono industrie ad alta intensità emissiva e quelle che le ricevono.

Accanto ai target di intensità, dal 2016 la Cina ha introdotto il meccanismo del "doppio controllo" (*dual control*) dell'energia, che combina un limite all'intensità energetica con un limite al consumo energetico assoluto a livello provinciale. Questo strumento tratta il consumo energetico come intermediario delle emissioni di carbonio ed è stato concepito come un meccanismo di responsabilizzazione diretta dei governi locali, i cui risultati su energia e carbonio vengono utilizzati come criterio di valutazione della performance dei funzionari provinciali. Il carattere "vincolante" attribuito a questi indicatori per i dirigenti locali costituisce un elemento cruciale per comprendere l'eterogeneità territoriale cinese: dove l'incentivo politico-burocratico è stato applicato con maggiore rigore, le province hanno mostrato una più rapida convergenza verso il punto di svolta della curva.

Un ulteriore strumento di politica pubblica rilevante è rappresentato dal sistema nazionale di scambio delle quote di emissione (*Emissions Trading Scheme*, ETS), avviato in forma sperimentale in otto province e città pilota tra il 2011 e il 2016 e trasformato in mercato nazionale nel luglio 2021, inizialmente limitato al settore elettrico. Al debutto, il mercato cinese è divenuto il più grande sistema di scambio di emissioni al mondo per volume di CO2 coperto.

Le valutazioni empiriche sull'efficacia di questo strumento nella fase iniziale sono relativamente eterogenee. Qin et al. (2025), nel loro studio basato su dati a livello di impresa, rilevano che il sistema nazionale di scambio delle quote di emissione ha contribuito a migliorare l'efficienza energetica delle imprese soggette alla regolamentazione. Altri lavori basati su tecniche di analisi applicate a dati provinciali, confermano una riduzione significativa delle emissioni nel settore elettrico, ma segnalano come tale effetto sia risultato più marcato nelle province che avevano già partecipato ai programmi pilota regionali, mentre nelle regioni prive di questa esperienza pregressa l'impatto è stato più limitato.

Nonostante ciò, un'analisi più recente basata sull'andamento dei prezzi del carbonio conclude che, pur in presenza di prezzi contenuti, il mercato abbia comunque prodotto una riduzione significativa delle emissioni senza penalizzare la crescita del PIL pro capite. Il governo cinese ha peraltro annunciato l'intenzione di ampliare progressivamente la copertura settoriale del mercato e di passare, entro il 2027, da un sistema basato sull'intensità delle emissioni a un sistema basato su un tetto assoluto, un'evoluzione che segnerebbe un grande salto qualitativo rispetto alla situazione attuale.

Un possibile interrogativo, considerando l'andamento della curva EKC, è se le politiche ambientali adottate dal governo cinese abbiano effettivamente anticipato il punto di svolta della curva rispetto a quanto ci si sarebbe attesi sulla base della sola crescita del reddito pro capite, oppure se si siano limitate ad accompagnare

una dinamica che si sarebbe comunque manifestata per effetto spontaneo dello sviluppo economico. La risposta, sulla base della letteratura è articolata e va distinta a seconda della tipologia di inquinante considerata.

Per gli inquinanti atmosferici locali come SO2 e particolato, scarichi idrici, domanda chimica di ossigeno (COD), azoto ammoniacale e rifiuti solidi l'evidenza di un'anticipazione indotta dalla politica è la più solida. Si è presentato dallo studio di Wang et al. (2020) un calo del particolato fine nelle principali città cinesi tra il 2013 e il 2017 attribuibile in misura sostanziale al piano d'azione sull'inquinamento atmosferico varato nello stesso 2013, un intervento mirato e a effetto relativamente rapido. Un'analisi sulle province del bacino dello Yangtze mostra inoltre come le regioni sottoposte a maggiore pressione regolatoria abbiano superato il proprio punto di svolta per le emissioni di SO2 già a metà degli anni duemila, mentre altre meno regolate o meno sviluppate non lo avessero ancora raggiunto vent'anni dopo. In questo caso il punto di svolta non è quindi l'esito naturale del raggiungimento di una soglia di reddito ma una discontinuità impressa dall'intervento normativo dal quale dipende fortemente.

Per le emissioni di CO2 il quadro è differente, ma le evidenze più recenti suggeriscono un'anticipazione, seppur meno netta rispetto agli inquinanti locali.

Un primo elemento riguarda la distinzione tra intensità ed emissioni assolute. Uno studio di *decoupling* del 2022 mostra che l'intensità di carbonio cinese (emissioni

per unità di PIL) ha iniziato a ridursi già dalla metà degli anni duemila, un disaccoppiamento relativo che tuttavia non ha impedito, per quasi vent'anni, una crescita continua delle emissioni in termini assoluti, dal momento che il tasso di crescita del PIL ha costantemente superato quello di riduzione dell'intensità. In questo senso, fino a tempi recenti, la politica cinese aveva rallentato la curva delle emissioni rispetto a uno scenario di *laissez-faire* del passato ma senza riuscire ad anticiparne un'effettiva discesa assoluta.

Un secondo elemento, più recente e di segno diverso, riguarda l'evoluzione registrata a partire dal 2024 nello studio di Myllyvirta (2026) basato su dati ufficiali di produzione e consumo di combustibili, indica che le emissioni cinesi di CO2 sono rimaste sostanzialmente stabili o in lieve calo per un periodo prolungato (quasi due anni a cavallo tra il 2024 e il 2025) nonostante una crescita del PIL cinese ancora superiore al 4-5% annuo. Questo andamento, definito da alcuni osservatori come il più lungo periodo di stabilizzazione delle emissioni non riconducibile a una recessione economica, è stato trainato in misura determinante dalla rapidissima espansione della capacità di generazione elettrica da fonti solari, eoliche e nucleari, sufficiente a coprire l'intera crescita della domanda elettrica, oltre che dalla diffusione dei veicoli elettrici, che ha ridotto le emissioni del settore dei trasporti.

Se questa tendenza dovesse consolidarsi, la Cina potrebbe raggiungere il picco delle proprie emissioni di CO2 in anticipo rispetto all'obiettivo ufficiale "prima

del 2030", un esito spiegabile piu con l'effetto di politiche industriali ed energetiche mirate rispetto che al raggiungimento di una soglia di reddito pro capite visto che il punto di svolta "naturale" della CO2 cinese a un livello di PIL pro-capite sarebbe 4 volte e mezzo superiore a quello attuale.

CAPITOLO 3

EVIDENZE EMPIRICHE

Il capitolo precedente ha mostrato come la traiettoria ambientale cinese non possa essere ricondotta a un meccanismo puramente spontaneo legato alla crescita del reddito pro capite, ma debba essere letta alla luce di un'azione pubblica progressivamente più stringente, capace in alcuni casi di anticipare il punto di svolta della curva rispetto a quanto un modello EKC basato sul solo mercato avrebbe previsto. Tale anticipazione, tuttavia, non si è manifestata in modo uniforme: mentre per gli inquinanti atmosferici locali le politiche hanno prodotto risultati relativamente rapidi e ben documentati, per le emissioni di anidride carbonica l'effetto delle politiche pubbliche è apparso più lento a manifestarsi, e solo negli anni più recenti si sono osservati segnali di una possibile modifica dell'andamento.

Questa asimmetria non è casuale, ma riflette la differenza della natura fisica dei due tipi di inquinamento. Gli inquinanti locali come anidride solforosa, ossidi di azoto, particolato sono inquinanti di flusso il cui impatto si esaurisce in tempi brevi e nello spazio circoscritto in cui vengono emessi: un intervento normativo mirato può quindi produrre effetti visibili e misurabili nel giro di pochi anni. La

CO_2, al contrario, è in larga parte un inquinante di stock a impatto globale, il cui effetto climatico dipende dall'accumulo in atmosfera nel lungo periodo, indipendentemente dal luogo di emissione: una politica efficace sulla CO_2 richiede pertanto una trasformazione strutturale del sistema energetico e produttivo, i cui risultati emergono con tempi più lunghi e con un grado di incertezza maggiore rispetto agli interventi su un singolo inquinante locale.

È proprio a questa differenza che il presente capitolo intende dedicarsi, spostando il piano di analisi dal ruolo delle politiche pubbliche, già discusso nel capitolo 2, alla verifica empirica dell'ipotesi EKC nel caso cinese. L'obiettivo è esaminare in modo sistematico la letteratura scientifica che ha testato la Curva di Kuznets Ambientale in Cina, distinguendo esplicitamente gli studi condotti sugli inquinanti locali da quelli condotti sulla CO_2, al fine di verificare se, e in che misura, le due categorie di inquinanti restituiscano evidenze empiriche coerenti tra loro o, al contrario, mostrino risultati diversi in termini di forma della curva e localizzazione del punto di svolta. Tale confronto consentirà di precisare, su basi empiriche, la conclusione già anticipata nei capitoli precedenti: che la validità della EKC in Cina non è un dato unico e generale, ma varia sistematicamente a seconda della natura dell'inquinante analizzato.

Considerando la letteratura EKC su scala internazionale viene evidenziato come curve a U rovesciata emergano in modo ricorrente per gli inquinanti locali, mentre gli indicatori a impatto globale, in primis la CO2, mostrino punti di svolta instabili o del tutto assenti in assenza di un intervento politico esplicito. Osservando il caso cinese, grazie a decine di studi pubblicati su riviste internazionali, si giunge tuttavia a una conclusione parzialmente diversa: la validità dell'ipotesi EKC risulterebbe confermata più spesso che smentita e una quota maggiore degli studi disponibili confermerebbe l'ipotesi utilizzando come input l'inquinamento globale (come la CO2) piuttosto che l'inquinamento locale. La stessa letteratura cinese rileva inoltre che gli studi condotti su dati provinciali o cittadini tendono a confermare la EKC più spesso di quelli condotti su dati nazionali aggregati. Questo risultato ricavato da un articolo di Mahmood et al. (2023) e all'apparenza in contraddizione con il quadro teorico generale, va letto con cautela: gli autori stessi lo attribuiscono a differenze metodologiche, di periodo campionario e di selezione del campione tra i singoli lavori, più che a una reale maggiore "reattività" della CO2 al reddito.

Il confronto che segue, basato su singoli studi con dati e tecniche esplicitati, consente di andare più nel dettaglio dove le due categorie di inquinanti effettivamente convergano o divergano.

Gli inquinanti locali

Gli studi sugli inquinanti locali cinesi coprono un ventaglio piuttosto ampio di indicatori (non solo SO2 e particolato, ma anche scarichi idrici, domanda chimica di ossigeno (COD), azoto ammoniacale e rifiuti solidi) e restituiscono un'evidenza più solida rispetto alla CO2 ma sempre con eccezioni rilevanti.

Uno studio sulla fascia economica del fiume Yangtze, condotto su undici province nel periodo 1997-2017 rileva che le emissioni complessive di SO2 sono prima cresciute e poi diminuite, ma con punti di svolta fortemente differenziati su base provinciale con alcune regioni che hanno invertito la tendenza già nel 2005-2006 mentre altre solo nel 2011 o nel 2015 e con una forma della curva che, in otto province su undici, risulta non una semplice U rovesciata bensì a N, segno di una possibile ripresa delle emissioni dopo la prima fase di riduzione.

Un secondo studio condotto da Jiang et al. (2020) sull'insieme delle trenta province cinesi e concentrato sul ruolo della spesa pubblica per la protezione ambientale, conferma l'esistenza di una relazione a U rovesciata tra SO2 e reddito a livello aggregato, ma mostra come solo nove province, otto orientali più la Mongolia Interna, avessero effettivamente superato il punto di svolta stimato, mentre le restanti ventuno si trovassero ancora nella fase ascendente della curva; lo stesso lavoro, estendendo l'analisi alla domanda chimica di ossigeno e all'azoto ammoniacale negli scarichi idrici, individua per questi ultimi due indicatori una

relazione non più a U rovesciata ma a N, con un secondo tratto crescente della curva a livelli di reddito più elevati.

Un'analisi condotta da Kim et al. (2018) con tecniche di regressione geograficamente ponderata su ventinove province cinesi nel periodo 1994-2010, relativa a SO2, scarichi idrici e rifiuti solidi, conferma l'esistenza di una marcata eterogeneità spaziale nella forma della curva, mostrando come il modello ponderato geograficamente spieghi la relazione reddito-inquinamento in modo significativamente più accurato rispetto a un modello a coefficienti costanti applicato all'intero paese, a riprova del fatto che una singola curva nazionale rischia di mascherare dinamiche regionali profondamente diverse.

Un ulteriore studio condotto da Tan et al. (2015) sulle 46 città pilota cinesi nel periodo 1993-2012, riferito a sette tipologie di inquinamento industriale (scarichi idrici, COD, gas di scarico, SO2, fuliggine, polveri e rifiuti solidi) rilevate in termini di intensità per unità di PIL piuttosto che in valore assoluto, individua una dinamica in due fasi: una prima riduzione rapida dell'intensità inquinante seguita da una stabilizzazione a tassi di riduzione più contenuti, proponendo una variante del modello EKC basata sull'intensità più che sul livello assoluto delle emissioni.

Non tutti gli studi a scala sub-nazionale confermano tuttavia l'ipotesi EKC per gli inquinanti locali: un'analisi di Fan (2013) sui rifiuti industriali della sola provincia del Sichuan, condotta sul periodo 1985-2010, rileva una relazione a U o a N

rovesciata piuttosto che la classica U rovesciata, concludendo che l'ipotesi EKC risulterebbe invalidata in quel contesto specifico. Analogamente, un confronto tra le tre macroregioni cinesi (est, centro, ovest) relativo alle cosiddette "tre emissioni inquinanti" (gas di scarico, scarichi idrici, residui solidi) segnala che, all'epoca dello studio, nessuna delle tre macroregioni aveva ancora raggiunto il punto di svolta della curva, mentre a livello di singole città — Pechino e Shanghai in particolare — l'indicatore aveva già superato il punto di svolta e mostrava un trend discendente; nella provincia dell'Anhui, inoltre, la stessa curva assumeva contemporaneamente caratteristiche sia a U sia a U rovesciata a seconda dell'indicatore considerato. Un'analisi più recente pubblicata da Zhang et al. (2025) sugli scarichi idrici industriali e civili in trenta province cinesi nel periodo 2001-2020 conferma l'andamento atteso dalla EKC per la domanda chimica di ossigeno e per l'azoto ammoniacale, imputando la progressiva riduzione del divario tra province più e meno sviluppate soprattutto all'adeguamento della struttura industriale, alla produzione più pulita e al miglioramento delle tecnologie di trattamento delle acque reflue, più che al solo effetto del reddito.

Nel loro insieme, questi studi mostrano che anche per gli inquinanti locali, i quali solitamente sono considerati più favorevole alla conferma della EKC, l'evidenza empirica cinese è tutt'altro che uniforme: la forma a U rovesciata prevale, ma convive con relazioni a N e con una marcata eterogeneità territoriale, che vede le

aree urbane più sviluppate della costa orientale sistematicamente in anticipo rispetto alle regioni centro-occidentali.

La CO2

Per le emissioni di CO2 il quadro empirico appare ancora più incerto e frammentato.

Lo studio di Wang et al. (2018) condotto sulle trenta province cinesi nel periodo 1995-2015 stima una relazione a U rovesciata tra CO2 pro capite e PIL pro capite in diciotto province su trenta, ma con un punto di svolta calcolato a circa 4,5 volte il livello di reddito pro capite effettivamente osservato nel campione: un dato che, pur confermando formalmente l'ipotesi EKC, ne ridimensiona fortemente la rilevanza pratica nel breve-medio periodo. Un'analisi spaziale condotta da Feng et al. (2023) sul periodo 1997-2017, che distingue tra effetto diretto (crescita locale) ed effetto indiretto (crescita delle province limitrofe), rileva che la curva EKC "diretta" ha una forma pressoché lineare, mentre la curva “totale” assume una forma a S allungata, con un punto di svolta complessivo anticipato rispetto a quello della EKC convenzionale basata sul solo reddito locale, a segnalare come la crescita economica delle province vicine possa influenzare le emissioni in modo differente, e in parte opposto rispetto alla crescita locale stessa.

Studi basati su tecniche di cointegrazione e su modelli ARDL applicati a serie storiche nazionali più lunghe come quello di Zhang (2021), non confermano la classica forma a U rovesciata per la CO2 cinese, individuando piuttosto una relazione a N: dopo una prima fase di riduzione della crescita delle emissioni, si osserverebbe una successiva ripresa, incompatibile con l'idea di un miglioramento

strutturale e definitivo. Una rassegna degli studi come quello condotto da Zhang (2021), già citato in precedenza, conferma questa ambiguità segnalando come alcuni lavori non trovino alcun punto di svolta significativo per le emissioni di CO2 cinesi, mentre altri tra cui lo studio di Ahmad, Jabeen e Wu (2021), applicando tecniche di cointegrazione a un campione di cinque province nord-occidentali nel periodo 1995-2017, rilevino un'eterogeneità significativa nella validità dell'ipotesi EKC tra le diverse province analizzate, andando in alcuni casi a confermarla. Anche gli studi sul consumo energetico ed elettrico (Li et al, 2020), strettamente connesso alle emissioni di CO2, sono risultati non sempre coerenti con la forma a U rovesciata: un'analisi sul consumo di energia ed elettricità a livello nazionale individua, infatti, una relazione "a N rovesciata", diversa sia dalla U rovesciata classica sia dalla relazione a N riscontrata in altri lavori sulla CO2, a conferma della discontinuità anche tra indicatori energetici tra loro strettamente correlati

CONCLUSIONI

Questa tesi è partita da un interrogativo di fondo: se e come sviluppo economico e tutela ambientale possano conciliarsi, utilizzando la Curva di Kuznets Ambientale come strumento analitico e la Cina come caso di studio.

L'analisi condotta nei capitoli precedenti consente ora di trarre due conclusioni principali: il ruolo determinante delle politiche pubbliche nel definire la traiettoria ambientale cinese e la necessità di distinguere tra categorie di inquinanti per comprendere i risultati degli studi in cui la EKC viene applicata al caso cinese.

Il primo risultato che emerge con chiarezza dall'intera tesi è infatti che la traiettoria ambientale cinese non può essere spiegata come l'esito di un meccanismo di mercato spontaneo, legato alla sola crescita del reddito pro capite. Ovunque la EKC abbia trovato conferma empirica nel caso cinese, tale conferma è apparsa accompagnata e in larga misura determinata da un'azione pubblica esplicita.

In nessuno dei casi analizzati nella tesi il miglioramento degli indicatori ambientali è riconducibile a un semplice superamento di soglia di reddito: tramite scelte politiche, infatti, il miglioramento degli indicatori è stato spesso anticipato rispetto a quanto la sola dinamica del reddito avrebbe prodotto.

Questo risultato suggerisce che la EKC non vada interpretata come una legge economica di validità generale, bensì come un possibile esito, la cui realizzazione dipende dalla capacità e dalla volontà delle istituzioni di orientare il modello di crescita economica.

Il secondo risultato riguarda la necessità di non trattare l'inquinamento come una categoria unica. La tesi ha mostrato come il caso cinese si comporti in modo diverso a seconda che si consideri un inquinante locale o un inquinante globale come la CO2.

Per i primi, la letteratura empirica converge, anche se con qualche eccezione, su una relazione a U rovesciata in linea con la EKC, con punti di svolta già raggiunti nelle aree più sviluppate della costa orientale e riconducibili in larga parte a interventi normativi.

Per la CO2, al contrario, l'evidenza empirica è assai più frammentata: la forma a U rovesciata compete con relazioni a N o con l'assenza di un punto di svolta significativo, e quando la curva è confermata, il punto di svolta stimato si colloca spesso a livelli di reddito molto superiori a quelli attuali. Questa asimmetria è un elemento essenziale poiché essa riflette la differenza sostanziale nella natura fisica del danno ambientale: di flusso e locale nel primo caso, di stock e globale nel secondo che si traduce in tempi di intervento, strumenti da utilizzare ed esiti empirici diversi.

Nel complesso, questa tesi ha mostrato che il caso cinese non offre una risposta unica alla domanda se la crescita economica sia compatibile con la tutela dell'ambiente, ma un risultato più articolato e più utile cioè che la compatibilità tra i due obiettivi è il risultato di scelte politiche mirate, la cui efficacia va misurata separatamente per ciascuna tipologia di inquinante, senza generalizzazioni che rischiano di confondere successi regionali e solo per alcuni inquinanti locali con una transizione ambientale ancora incompleta, soprattutto nel caso cinese.

Riferimenti Bibliografici e Sitografia

Ahmad M., Jabeen G., & Wu Y. (2021). Heterogeneity of pollution haven/halo hypothesis and Environmental Kuznets Curve hypothesis across development levels of Chinese provinces. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124898.

Beckerman W. (1992). Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment? *World Development*, 20(4), 481–496.

Energy Institute (2026). "China" In *Statistical Review of World Energy 2026* (75th ed.). Londra: Energy Institute.

Chuanqui Fan. (2013) *An Empirical Study of the Environmental Kuznets Curve in Sichuan Province, China*. Environment and Pollution, CCSE.

Feng L., Shang S., Gao X., An S., & Han X. (2023). CO2 emissions are first aggravated and then alleviated with economic growth in China: A new multidimensional EKC analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(13), 37516–37534

Grossman G. M., & Krueger A. B. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*. NBER Working Paper No. 3914, National Bureau of Economic Research.

Grossman G. M., & Krueger A. B., (1995). "Economic Growth and the Environment." *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353–377

Guo H., Zhou F., Zhang Y., & Yang Z. (2022). Quantitative analysis of sulfur dioxide emissions in the Yangtze River Economic Belt from 1997 to 2017, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10770

Han Y., Liu Y., & Liu X. (2022). Decoupling re-analysis of CO2 emissions and economic growth from two dimensions. *Frontiers in Energy Research*, 10, 896529

Jiang L., Zhou H., & He S. (2020). The role of governments in mitigating SO2 pollution in China: a perspective of fiscal expenditure. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 33951–33964

Kim Y., Tanaka K., & Ge C. (2018). Estimating the provincial environmental Kuznets curve in China: a geographically weighted regression approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 32, 2147–2163

Li S., Shi J., & Wu Q. (2020). Environmental Kuznets curve: Empirical relationship between energy consumption and economic growth in upper-middle-income regions of China. *International journal of environmental research and public health*, *17*(19), 6971.

Lyu C. (2025). China's carbon market lowers power emissions significantly in pilot areas but not elsewhere. *Social Sciences*, 14(4), 433–439

Mahmood H., Furqan M., Hassan M. S., & Rej S. (2023). The environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis in China: A review. *Sustainability*, 15(7), 6110

Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., & Behrens W. W. III (1972). *The Limits to Growth*. New York: Universe Books.

Myllyvirta L. (2026, 12 febbraio). *Analysis: China's CO2 emissions have now been 'flat or falling' for 21 months*. Carbon Brief.

Qin Z., Ruan J., Yu H., Li J., Lyu C., Cai B., & Tang L. (2025). The effectiveness of China's national emissions trading scheme in mitigating firm emissions. *Energy Economics*, 108829.

Stern N. (2006), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press / HM Treasury, London

Tan Q., Wen Z., & Chen J. (2015). The relationships between industrial pollution intensity and economic growth based on intensity environment Kuznets curve: study on China's pilot cities. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, *22*(3), 231-241.

Unruh G. C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy policy*, *28*(12), 817-830.

Wang Y., Gao W., Wang S., Song T., Gong Z., Ji D., Wang L., Liu Z., Tang G., Huo Y., Zhang Y. (2020). Contrasting trends of PM2.5 and surface-ozone concentrations in China from 2013 to 2017. *National Science Review*, 7(8), 1331–1339.

Wang F., Wang P., Dong L., Fu S., & Xue H. (2018). Are there Environmental Kuznets Curves for China province-level CO2 emissions? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 170, 032007

Wu X., Qiu W., & Guo S. (2024). Assessing the effectiveness of emissions trading schemes: evidence from China. *Climate Policy*, 24(4), 545–557

Zeraibi A., Balsalobre-Lorente D., & Shehzad K. (2021). Testing the environmental Kuznets curve hypotheses in Chinese provinces: A nexus between regional government expenditures and environmental quality. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9667

Zhang C., Liu Y., Lan L., You Y., & Ye Y. (2025). Influencing effects and spatiotemporal differentiation of pollutant discharge from industrial wastewater and domestic sewage in China. *Frontiers in Environmental Science*, 13, 1576420

Zhang J. (2021). Environmental Kuznets Curve Hypothesis on CO2 Emissions: Evidence for China. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(3), 93.