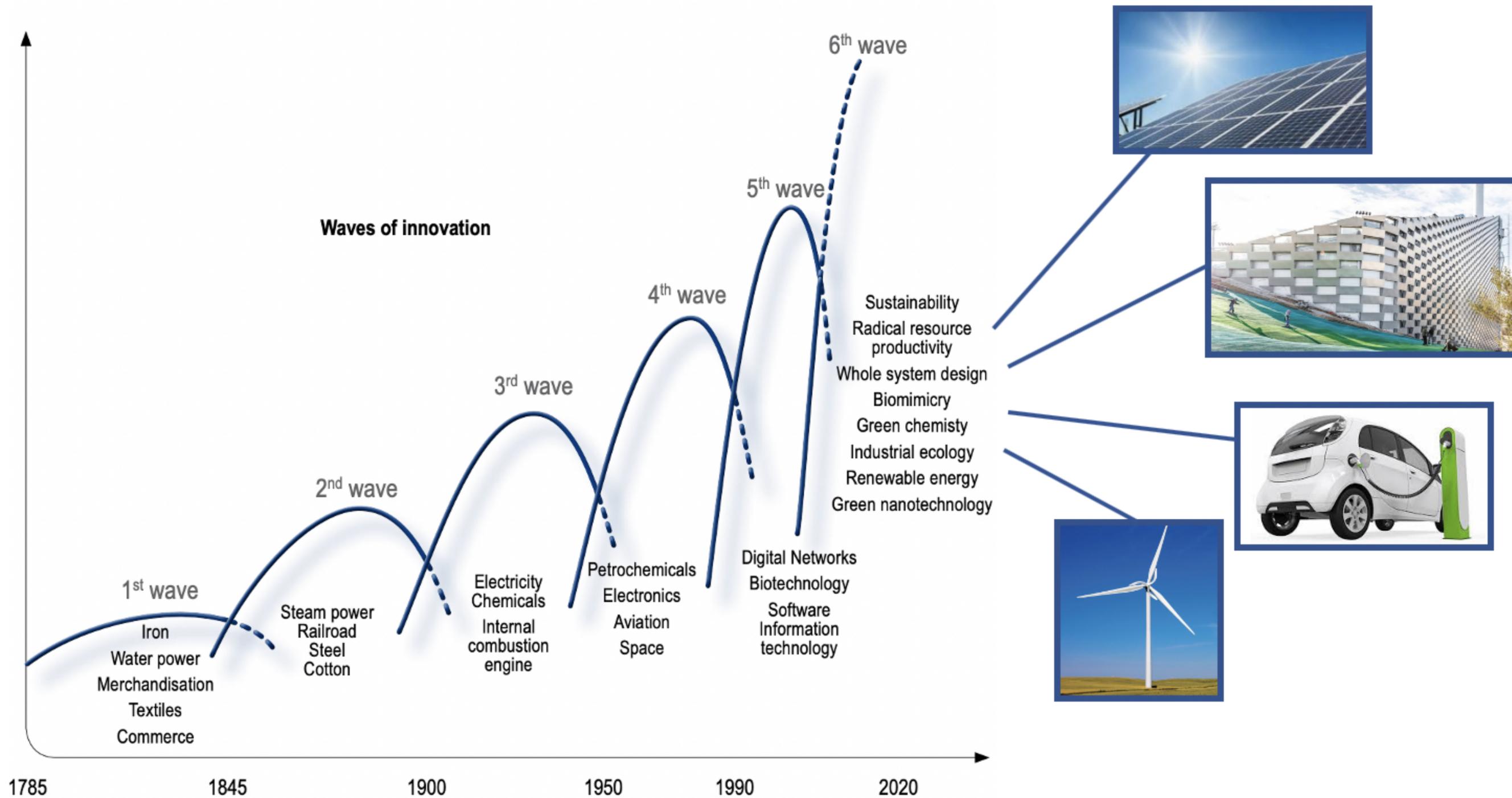


Politiche Economiche per l'Ambiente e la Sostenibilità

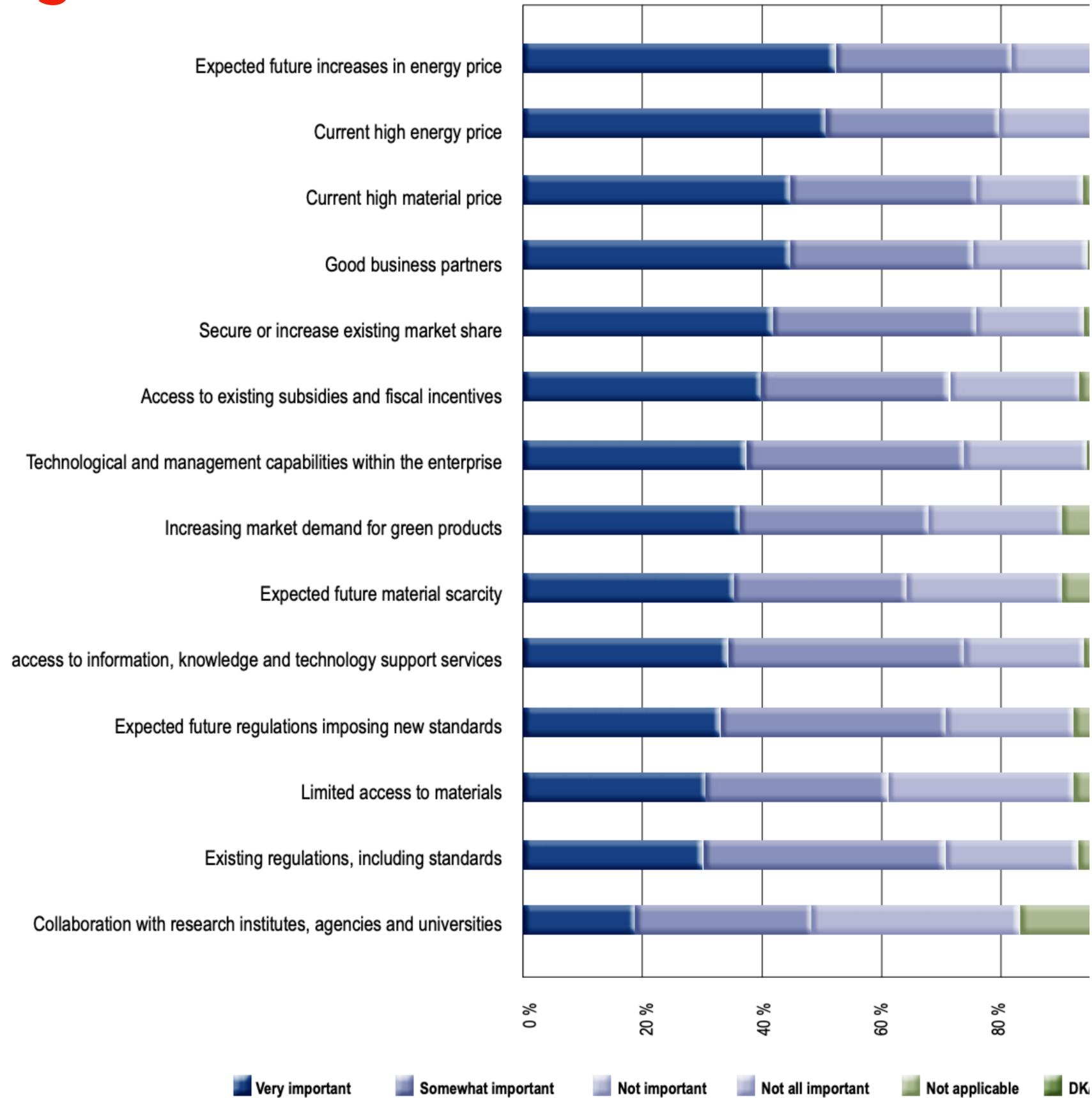
Lezione 5

Waves of innovation

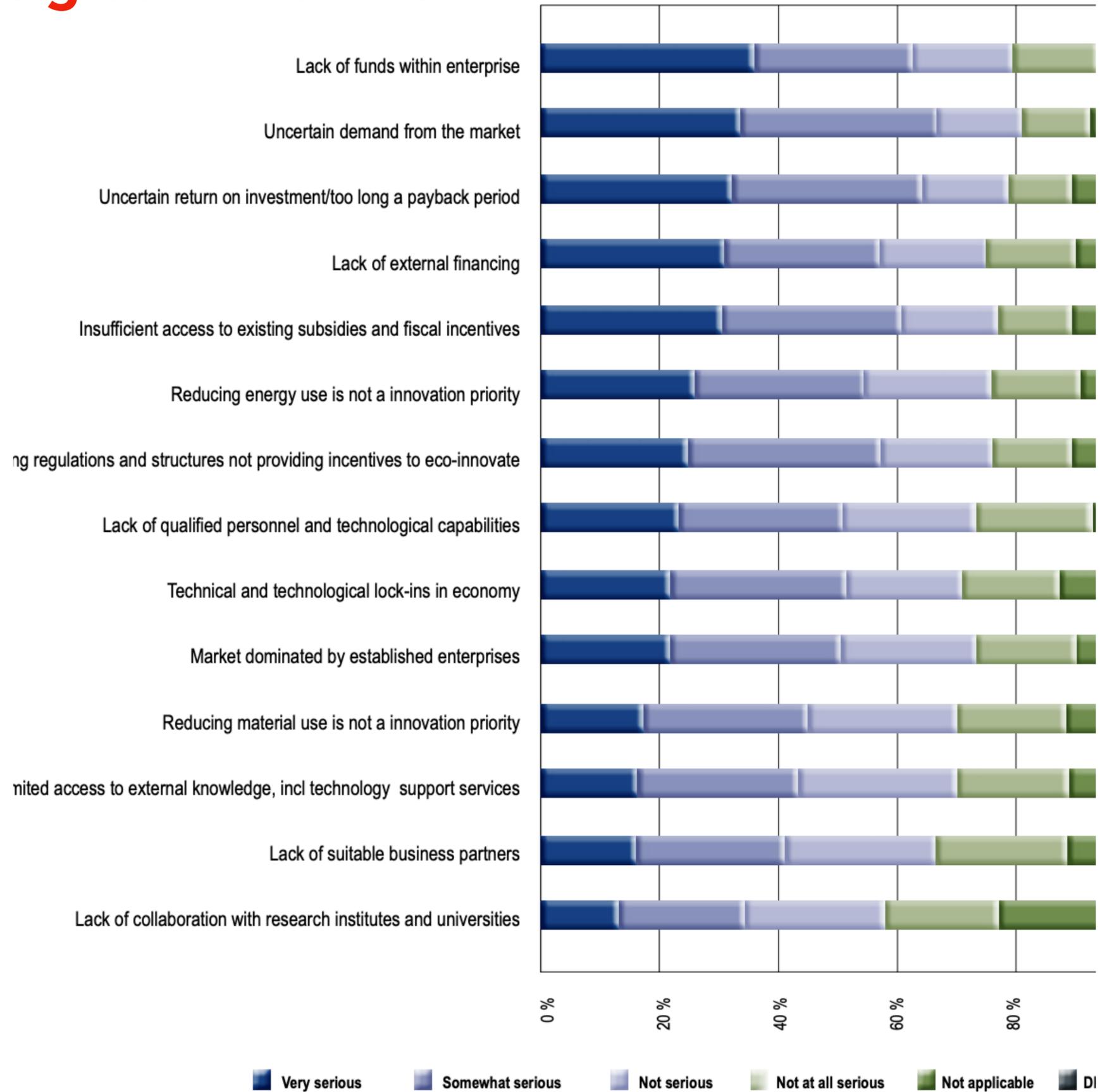
Waves of innovation: 1785 to 2020



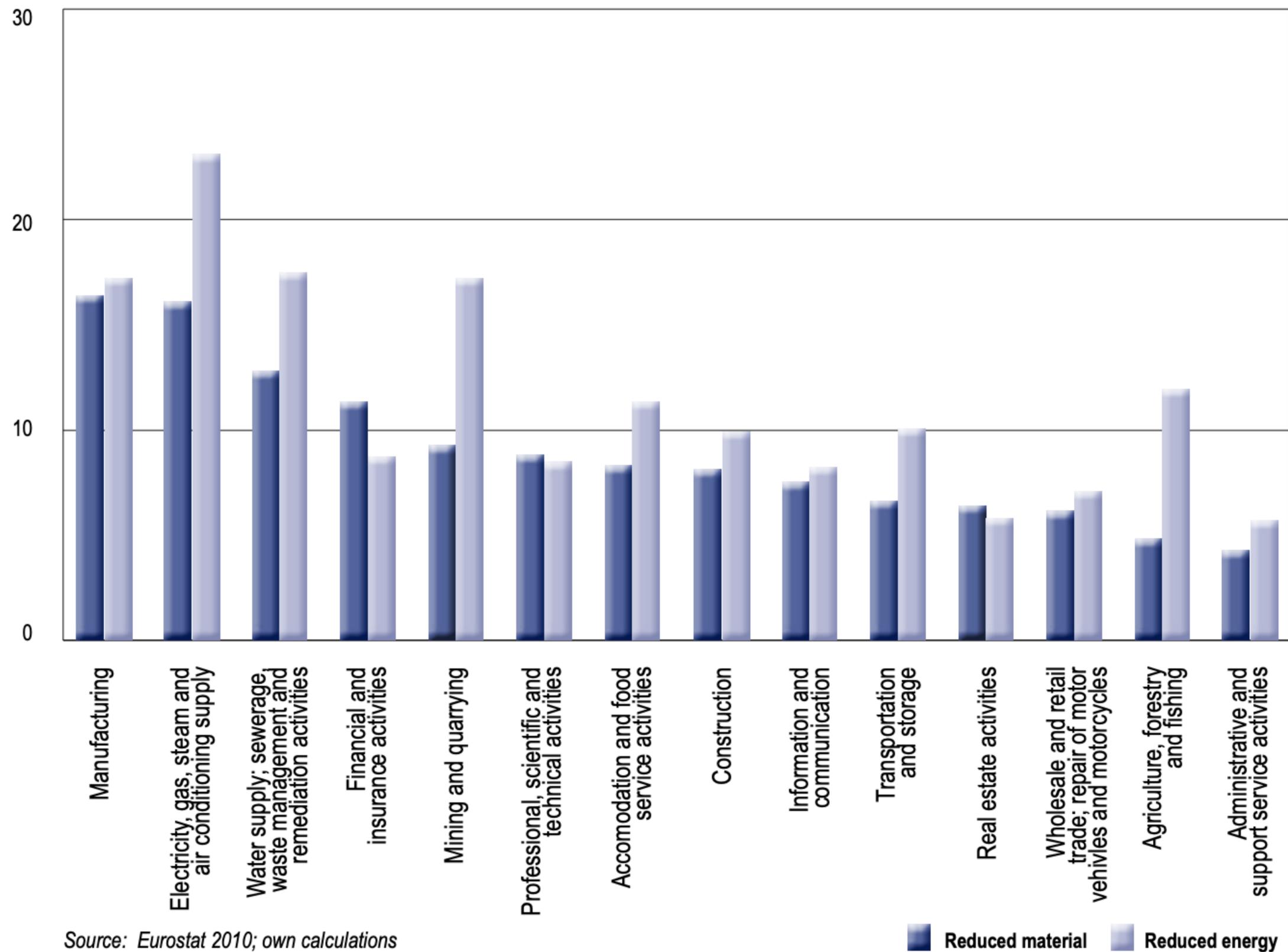
Main drivers of green innovation



Main barriers to green innovation

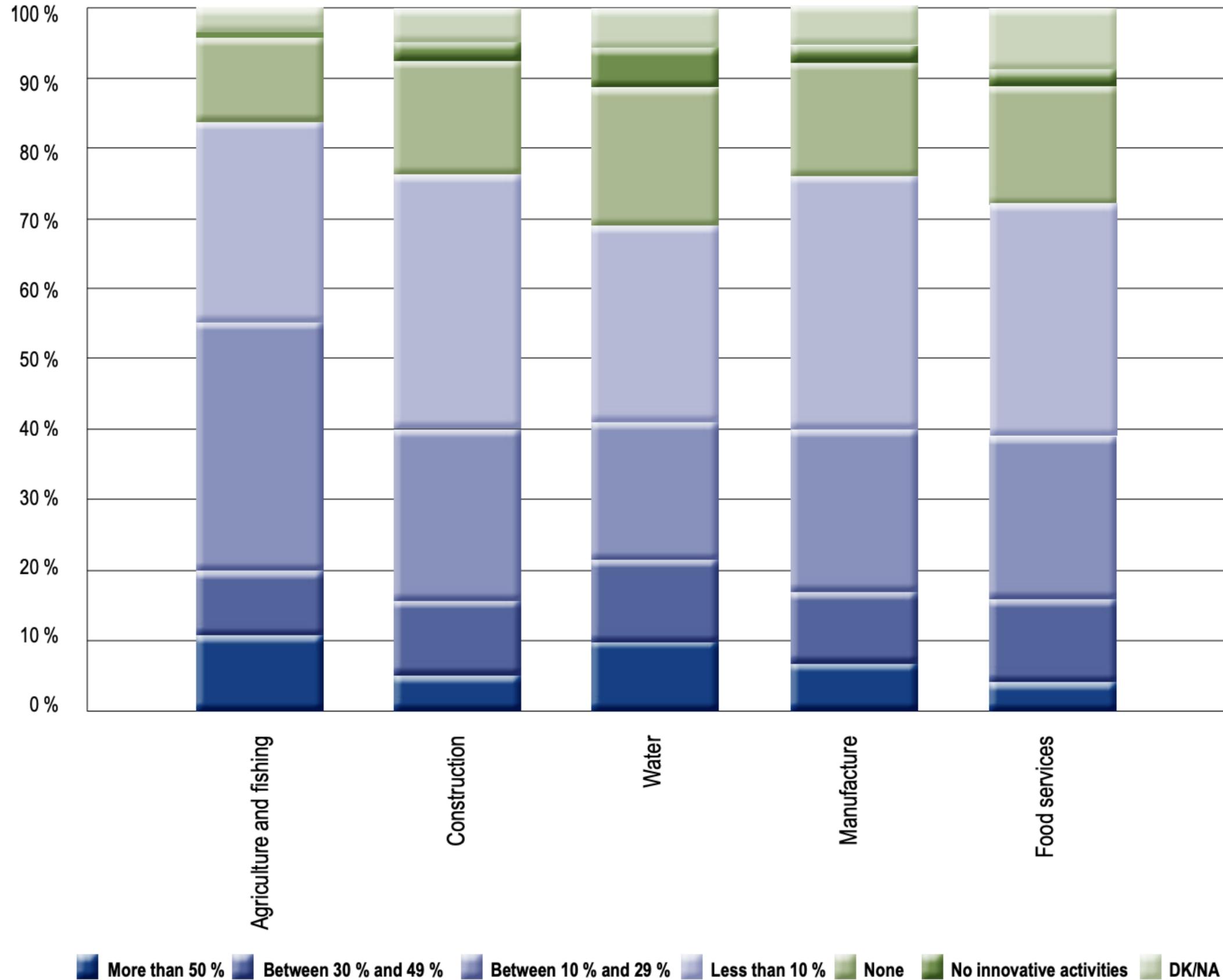


Sectoral distribution of green innovation

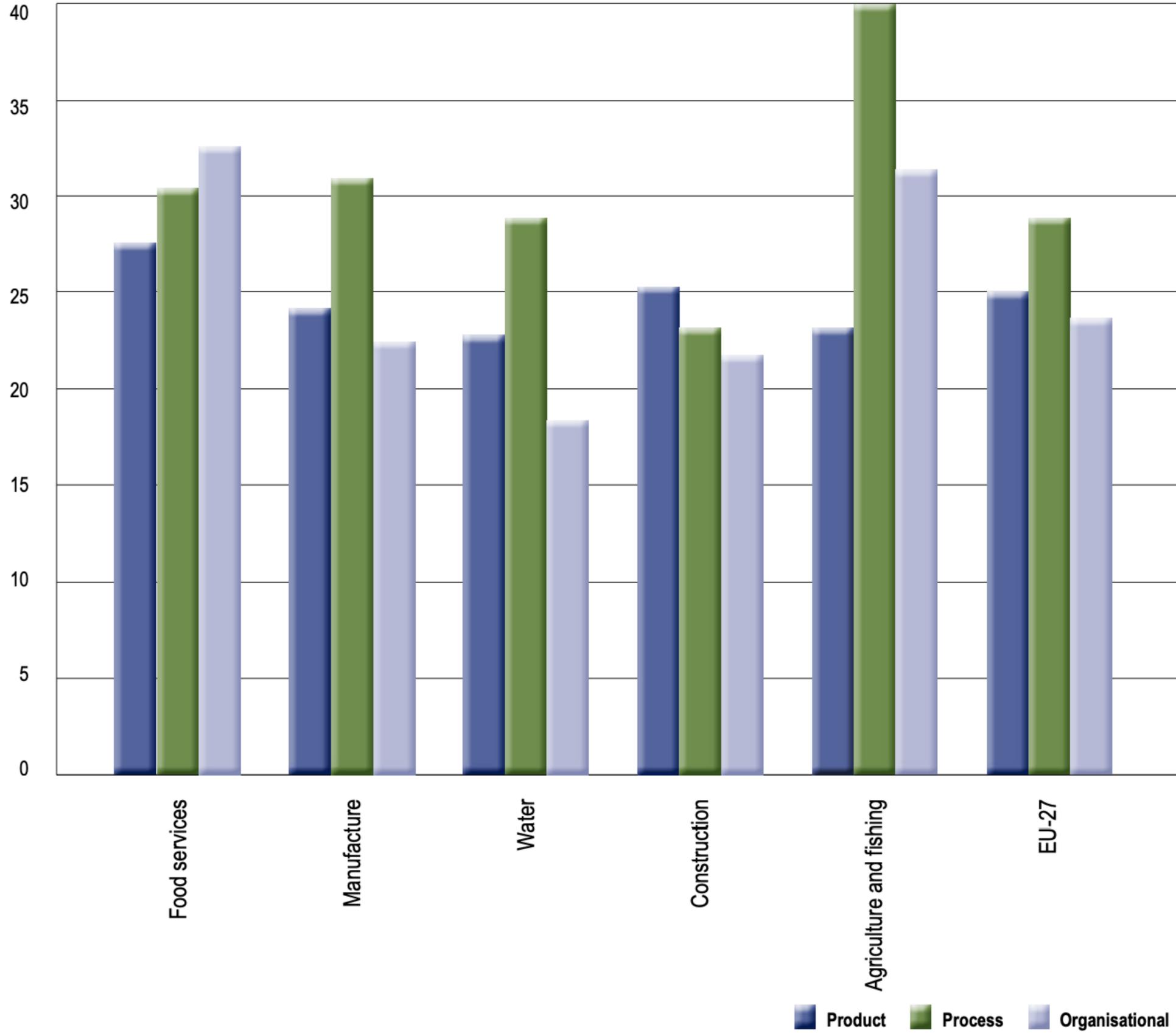


Source: Eurostat 2010; own calculations

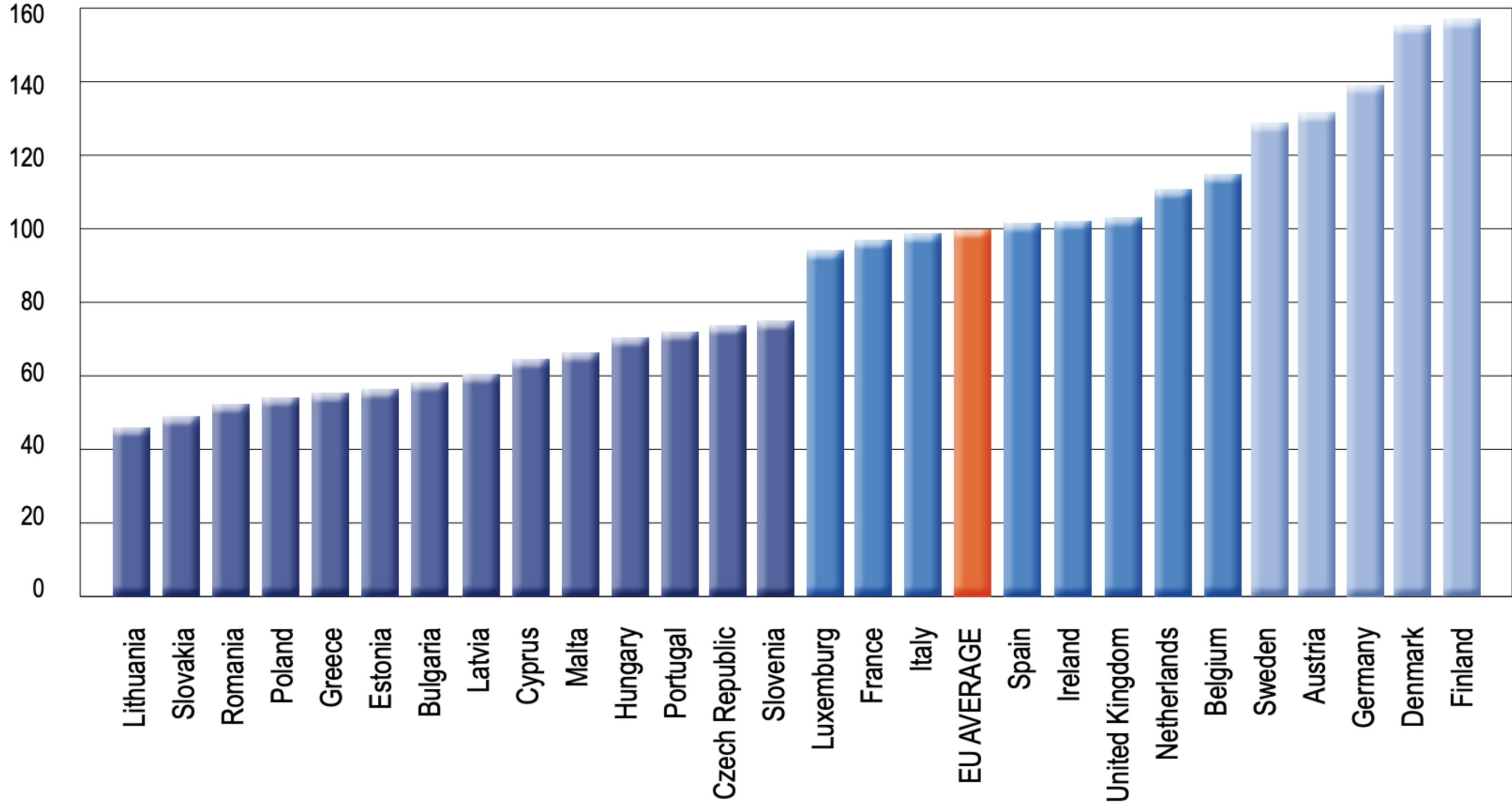
Size of investments per sector



Types of innovation

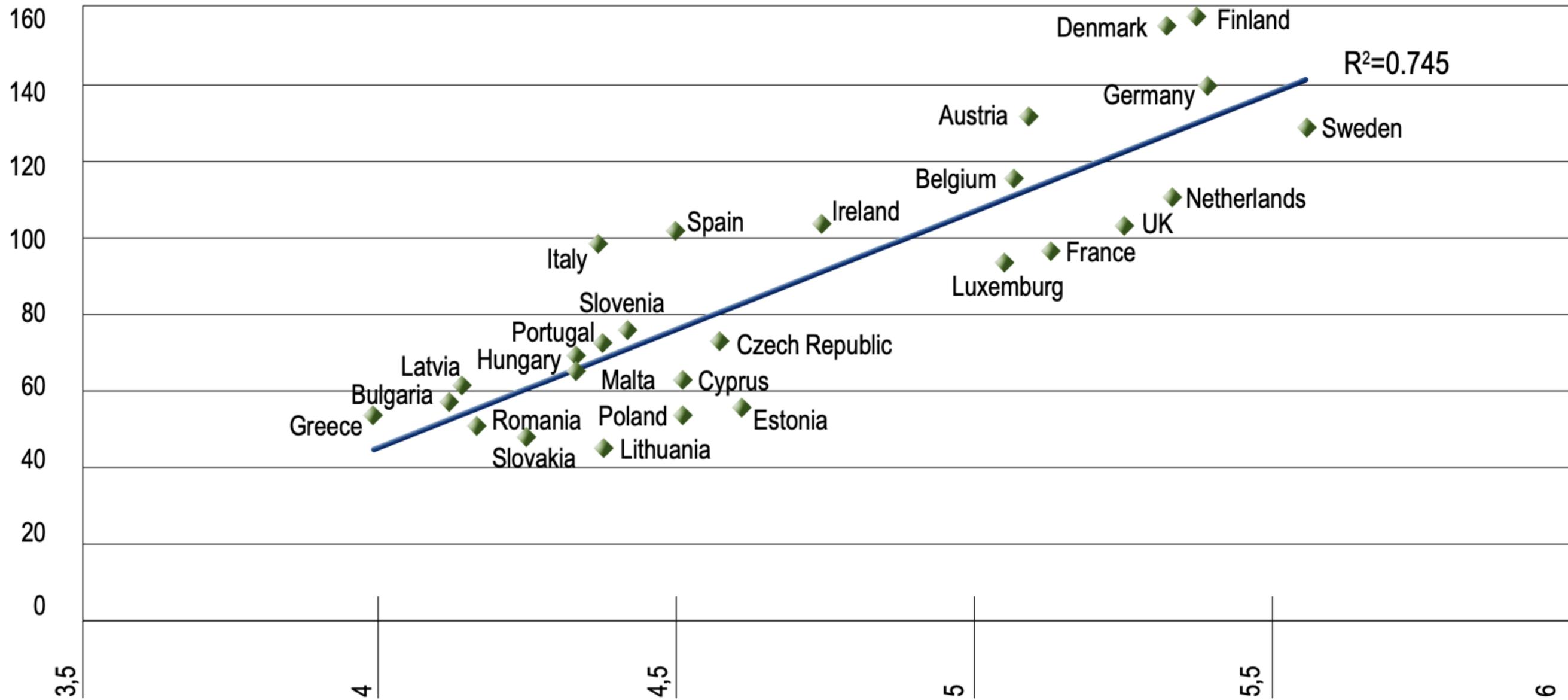


EU-27 Eco-Innovation Scoreboard: composite index



Green innovations and competitiveness

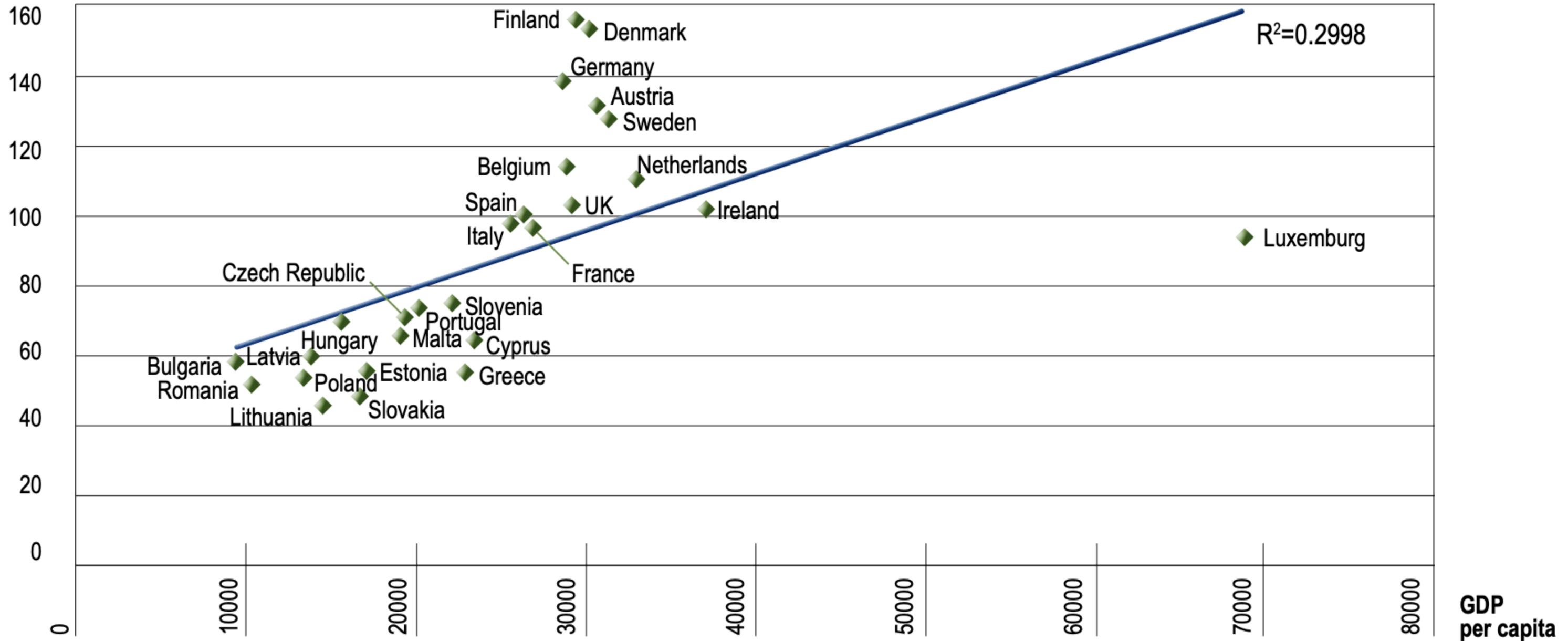
Composite EI index



Global Competitiveness Index 2010/2011, Score-Value

Green innovations and growth

Composite EI index



Come procederemo

- L'analisi economica, da sola, non ci consente di rispondere a queste domande in modo esaustivo nè tantomeno di prevedere il futuro con esattezza, ma può aiutarci a capire i meccanismi economici che guidano i processi di innovazione e trasformazione industriale
- In un'ottica di analisi **positiva**, questo ci è utile per comprendere e descrivere la natura e la dinamica dei fenomeni economici
- In un'ottica di analisi **normativa**, la comprensione del funzionamento dei fenomeni economici ci consente di governarne l'evoluzione *attraverso la politica economica*

Come procederemo

- Tradizionalmente, l'innovazione tecnologica è considerata *solo* come il “motore” della crescita economica (economia industriale “classica”)
- Oggi, innovare *per* crescere non è più soddisfacente
 - le conoscenze tecnologiche ci consentono di coniugare crescita economica e sostenibilità ambientale, attraverso l'**innovazione ambientale**: ma sarà sufficiente?
- Quali sono i *drivers* dell'innovazione ambientale? Quando un'impresa ha incentivo a *produrre* l'innovazione e quando ad *adottarla*? Le innovazioni verdi sono *economicamente desiderabili*? Il mercato può fare tutto da solo? (C'è una mano invisibile)? E quando è necessario l'intervento pubblico? In che forma?
→ Cercheremo di rispondere a queste e altre domande

Crescita 1

- L'innovazione tecnologica è uno dei principali motori della crescita economica
 - l'innovazione tecnologica consente di estrarre maggior valore dalla manipolazione degli input (perchè riduce i costi di produzione e/o alimenta una maggiore disponibilità a pagare del consumatore)
 - ciò si traduce in maggiori profitti per le imprese, (possibilmente) maggiori investimenti ed espansione economica
- La relazione tra crescita economica (e tra lo stadio di sviluppo economico) e la qualità ambientale è invece più complessa
- Analogamente, anche la relazione tra innovazione e qualità ambientale è complessa e non può essere semplificata con una stilizzazione universalmente valida qualunque sia tipo di innovazione e il contesto istituzionale

Crescita 2

- Gli economisti classici (Smith, Ricardo, Malthus, Mill) ritenevano che il meccanismo della crescita fosse basato sul maggiore risparmio, maggiore investimento e dunque maggiore **accumulazione** (o “scala della produzione”, cioè aumento quantitativo degli input utilizzati nella produzione e maggiore output)
- Solo a partire dagli anni '50, l'innovazione tecnologica è stata ritenuta essere il motore principale della crescita
- L'approccio basato sulla cosiddetta “**contabilità della crescita**” (vd Abramovitz, AER 1956) ha permesso di svelare che l'accumulazione spiega solo una minima parte della crescita economica di lungo periodo ($< 5\%$), il resto è dovuto al **progresso tecnologico**

Crescita 3

- Misurare il progresso tecnologico non è semplice
 - secondo un'accezione estesa, la tecnologia è il complesso delle conoscenze umane incorporate nei processi e nei prodotti
 - il progresso tecnologico è il riflesso del *miglioramento* di tali conoscenze (NB. la definizione di innovazione in senso industriale che useremo più avanti è più ristretta)
- La tecnologia di un'impresa (e l'avanzamento di tale tecnologia) può essere scomposta in due segmenti
 - 1. una componente **comune** a tutte le imprese
 - 2. una componente **idiosincronica** specifica della singola impresa (questa è chiamata **Total Factor Productivity - TFP** o “residuo di Solow” e misura la “differenza tecnologica” tra un'impresa e le altre; qui, “tecnologia” è nella sua accezione più estesa, che include anche la qualità del *management*, l'efficienza organizzativa, la capacità di aumentare il proprio potere di mercato e il *mark-up*, ecc.)

Crescita 3

- Semplificando, il procedimento per ottenere la TFP si basa sullo stimare i parametri della regressione

$$Y_{it} = \alpha + \beta_K K_{it} + \beta_L L_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

- la (1) è una **funzione di produzione**
 - dove Y = output, K = capitale, L = lavoro, β_K = coefficiente del capitale, β_L = coefficiente del lavoro, e ε = TFP
 - Y_{it} , K_{it} , L_{it} e ε_{it} sono specifiche per impresa-tempo
 - la combinazione dei parametri $[\alpha, \beta_K, \beta_L]$ riflette la dimensione della tecnologia comune a tutte le imprese
- L'intuizione dietro la nozione di TFP è che un'impresa che dispone di una tecnologia migliore delle altre dovrebbe essere in grado di estrarre maggior valore dagli input impiegati rispetto alle imprese in tutto il resto uguali ad essa (cioè le imprese che si trovano sulla stessa funzione di produzione, definita da $[\alpha, \beta_K, \beta_L]$)

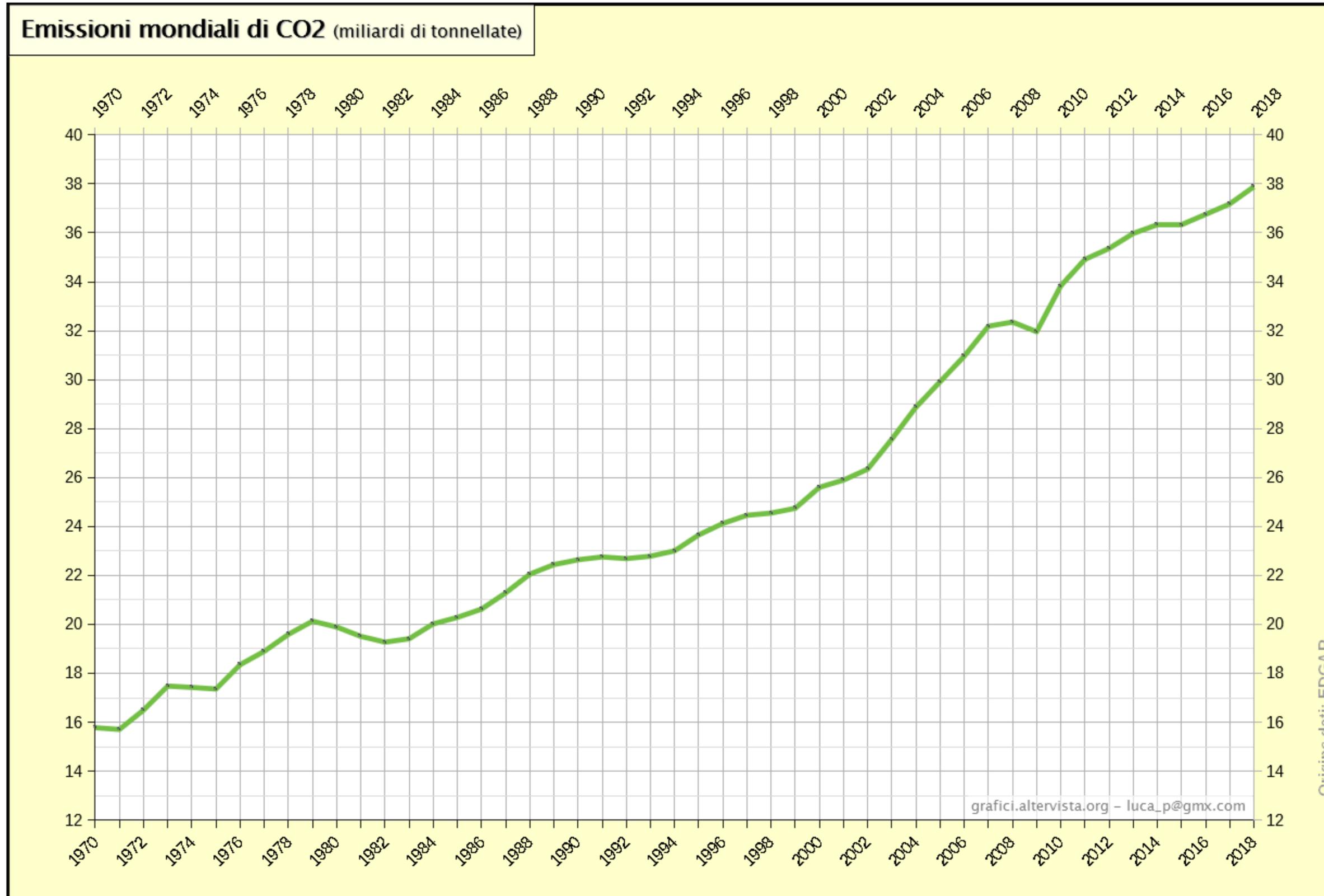
Crescita 4

- Il **progresso tecnologico** di un'impresa può essere dovuto
 - all'introduzione da parte dell'impresa di una nuova tecnologia di processo o di prodotto, di cui le altre imprese non dispongono (aumenta la TFP dell'impresa)
 - all'introduzione di una nuova tecnologia da parte di tutte le imprese (la funzione di produzione trasla o ruota verso l'alto) → “progresso tecnologico generalizzato”
- La **crescita economica** dipende
 - dal progresso tecnologico generalizzato
 - dall'accumulazione degli input (movimento di tutte o alcune imprese *lungo* la stessa funzione di produzione, a tecnologia invariata)
→ aumenta la “scala della produzione” (NB. nell'aggregato, l'accumulazione può anche essere dovuta all'aumento aggregato degli input utilizzati, perchè aumenta il numero totale di imprese/unità produttive, a parità di tecnologia e di dimensione di impresa, cioè aumenta la scala della produzione *aggregata* e non la scala della produzione *di impresa*)

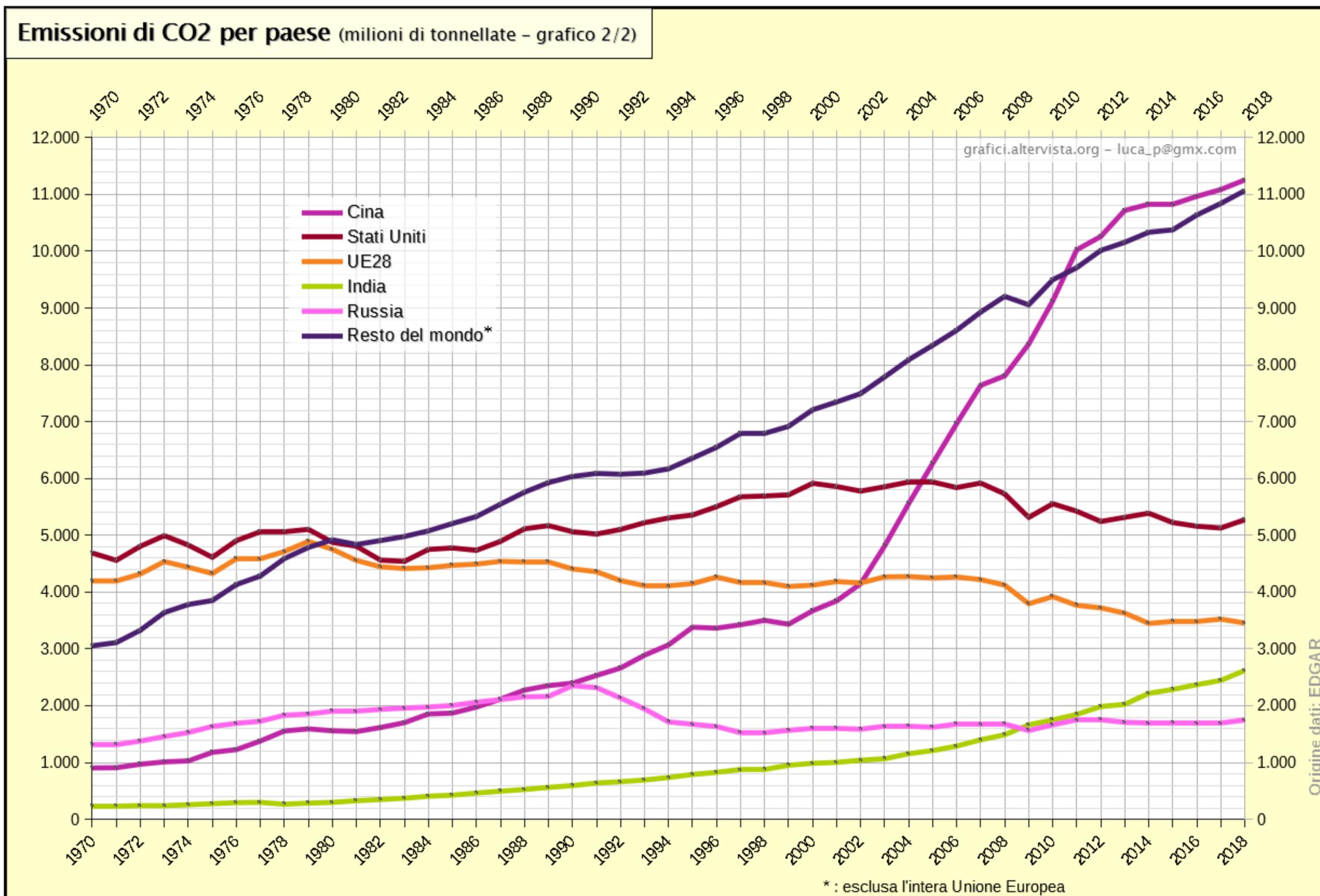
Crescita e ambiente

- I dati aggregati sulle emissioni di CO₂ a livello globale suggeriscono che, nel lungo periodo, la crescita è positivamente correlata con le **emissioni di CO₂ totali** (vd grafici di seguito)
- Tuttavia, le emissioni di **CO₂ pro-capite** non sono aumentate in modo altrettanto significativo
- Inoltre, dietro ai dati globali, i Paesi mostrano profili diversi
 - alcuni hanno visto *diminuire* le emissioni di CO₂ pro-capite nel tempo e *aumentare* le emissioni totali (es. USA)
 - altri hanno visto *aumentare* sia le emissioni di CO₂ pro-capite sia le emissioni totali (es. Cina)
 - altri ancora hanno visto *diminuire* sia le emissioni di CO₂ pro-capite sia le emissioni totali (es. Germania)

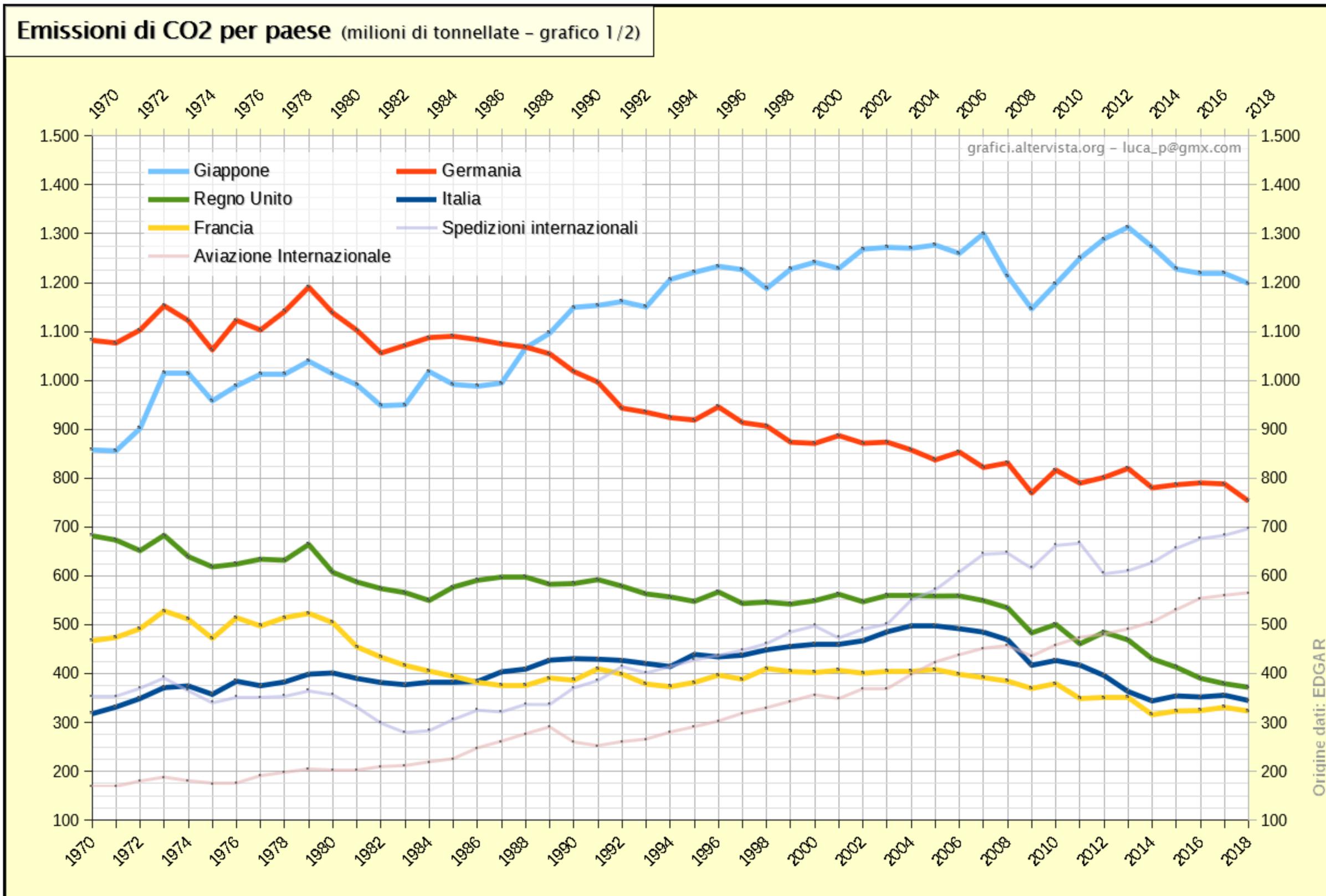
Crescita e ambiente



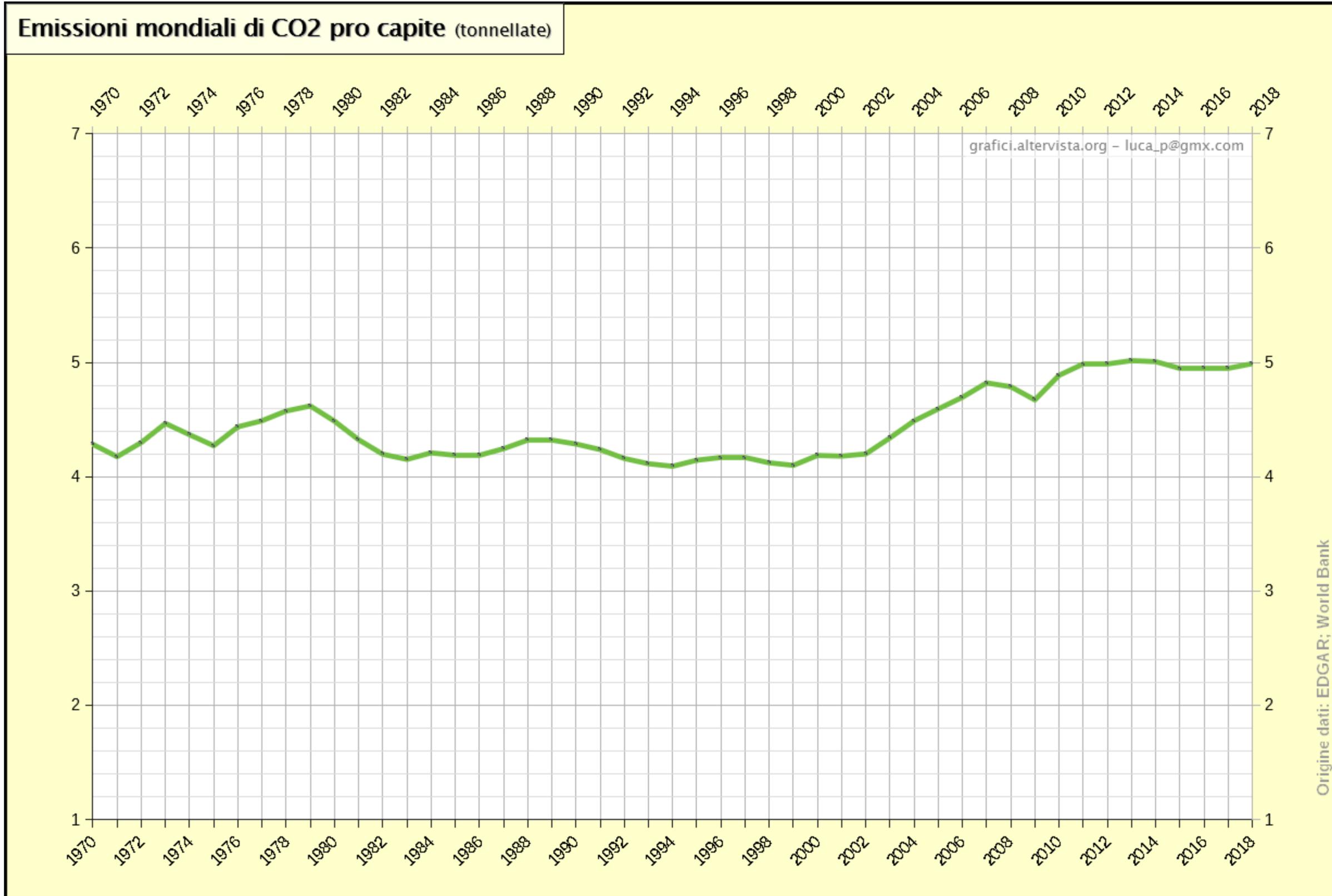
Crescita e ambiente



Crescita e ambiente



Crescita e ambiente

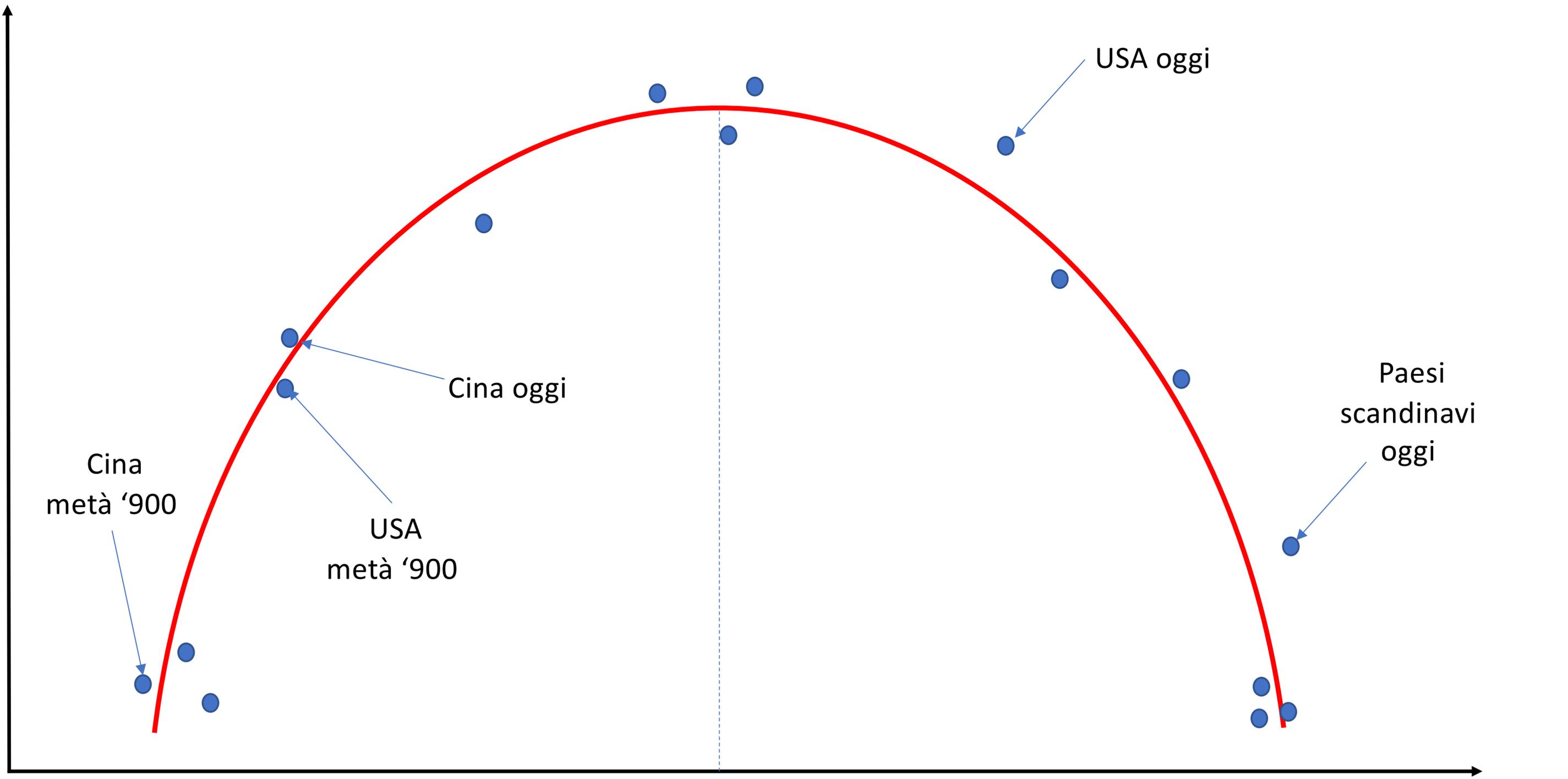


La curva di Kuznets ambientale

- Qual'è la relazione tra crescita (e sviluppo tecnologico) e ambiente?
- La **curva di Kuznets ambientale (EKC)** è una possibile rappresentazione della relazione tra stadio di sviluppo economico e tecnologico e qualità ambientale (introdotta da Grossman e Krueger (1991 NBER) e resa popolare dal *World Development Report 1992*)
- La EKC è essenzialmente una relazione empirica (cioè non è il risultato predittivo di un modello teorico) e descrive un processo a U-rovesciata, secondo cui il degrado della qualità ambientale è correlato prima positivamente e poi negativamente con gli stadi della crescita economica.

La curva di Kuznets ambientale

CO₂ / popolazione



USA oggi

Cina oggi

Cina
metà '900

USA
metà '900

Paesi
scandinavi
oggi

Livello "soglia" di
GDP / popolazione

GDP / popolazione

Spiegazioni della curva di Kuznetz ambientale

- Tradizionalmente, la relazione a U-rovesciata viene giustificata teoricamente sulla base dei seguenti fattori economici
 - **effetto scala** (accumulazione): a tecnologia invariata, l'espansione economica determina un aumento *monotonico* delle emissioni inquinanti (questo spiega il tratto crescente della curva)
 - **effetto “output mix”**: negli stadi più avanzati dello sviluppo, i sistemi economici si specializzano nei servizi a discapito delle industrie pesanti (più inquinanti)
 - **effetto “input mix”**: negli stadi più avanzati dello sviluppo, gli input più inquinanti (es. carbone) sono sostituiti con input meno inquinanti (es. energia da fonti rinnovabili) perchè gli input inquinanti provengono tipicamente da fonti esauribili e il loro prezzo relativo cresce in ragione nel progressivo esaurimento
 - **effetto progresso tecnologico generalizzato**: negli stadi più avanzati dello sviluppo, il miglioramento della tecnologia consente
 - di aumentare l'output per unità di input (input e output espressi in termini *quantitativi* o in *valore*) (**effetto efficienza economica**)
 - di ridurre l'inquinamento per unità di input (**effetto efficienza ambientale**)
 - (NB. non è detto che il progresso tecnologico abbia tali effetti)

Il ruolo dell'innovazione

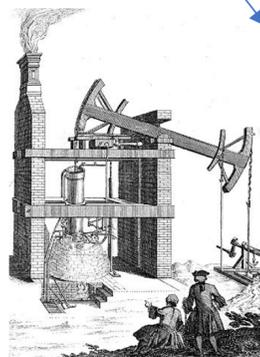
- E' la coesistenza dell'**accumulazione** e degli altri effetti a determinare la forma a U-rovesciata della EKC
 - se ci fosse solo l'effetto scala (accumulazione), della EKC rimarrebbe solo il tratto crescente determinato dalla persistenza di un differenziale di accumulazione tra paesi
- In particolare, gli effetti “efficienza economica” e “efficienza ambientale” sono *deboli* a livelli iniziali di sviluppo e *forti* a livelli avanzati di sviluppo; poichè l'effetto scala (accumulazione) è crescente, esso domina fino a un certo livello soglia di sviluppo e non domina oltre tale soglia

Innovazione e ambiente

CO₂ / popolazione



Stadio iniziale di sviluppo:
poca accumulazione e innovazioni con scarsa efficienza economica e nessuna efficienza ambientale



Accumulazione alta e effetto efficienza (economica e ambientale) delle innovazioni debole

Accumulazione molto alta e effetto efficienza (economica e ambientale) delle innovazioni forte



GDP / popolazione

Sviluppo tecnologico

L'effetto accumulazione domina

L'effetto progresso tecnologico domina

Innovazione e ambiente

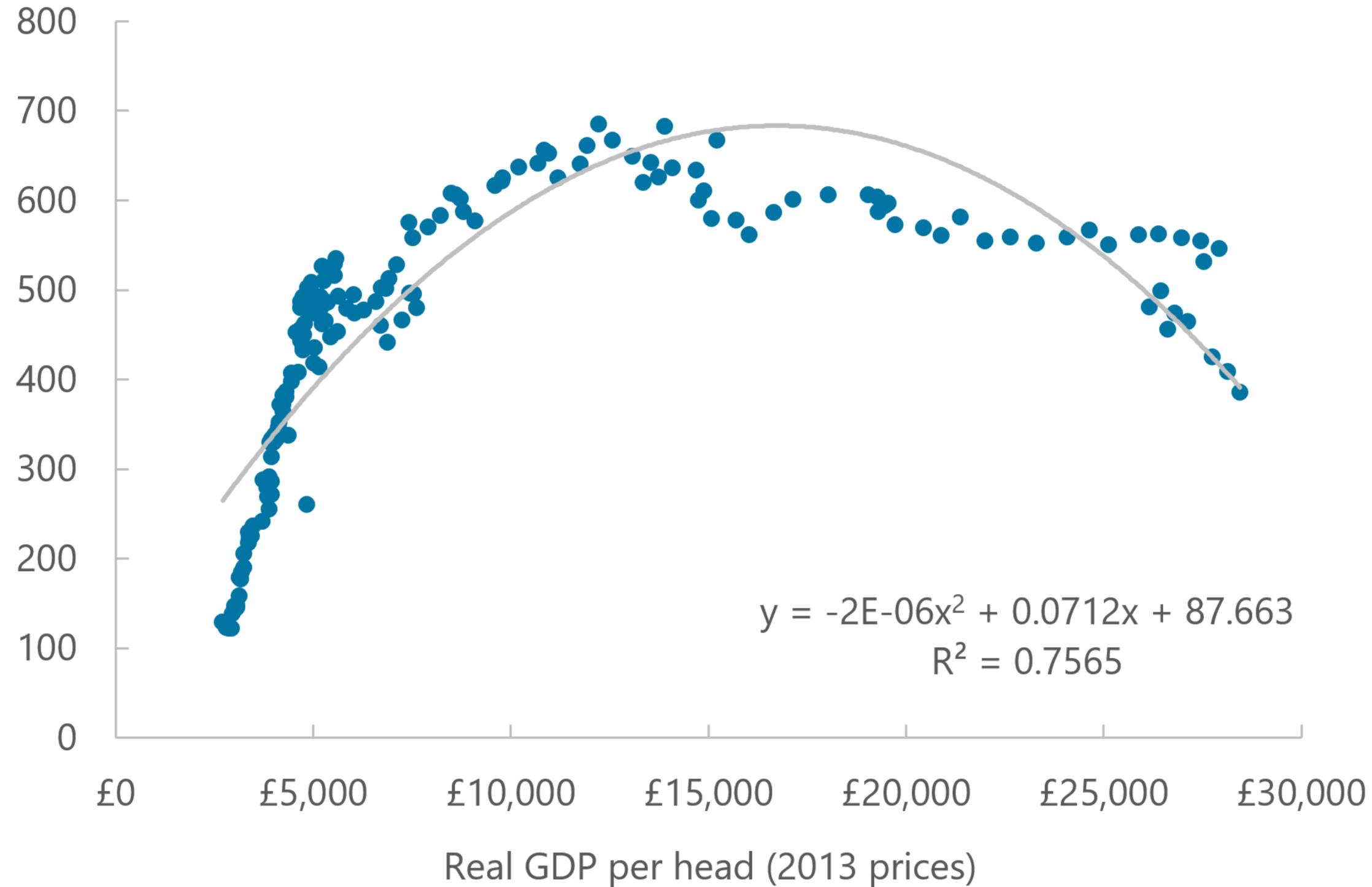
- La EKC “classica” ha implicazioni di policy diverse a seconda della lettura che se ne fa
 - l’innovazione con efficienza ambientale nasce solo a stadi avanzati dello sviluppo perchè è essenzialmente *profit reducing* (generalmente non è associata ad un effetto efficienza economica) e i “bisogni” ambientali sono secondari rispetto ai bisogni economici: solo le istituzioni (es. regolamentazione ambientale) possono governare l’introduzione delle innovazioni ambientali, che le imprese non hanno invece incentivo a introdurre (l’introduzione delle innovazioni ambientali è **non-deterministica**)
→ le politiche ambientali sono *molto* importanti
 - l’innovazione con efficienza ambientale è *profit augmenting* (generalmente è associata ad un effetto efficienza economica), ma le conoscenze tecnologiche consentono di coniugare sostenibilità ambientale dell’innovazione (effetto efficienza ambientale) e effetto efficienza economica solo quando lo sviluppo è ad uno stadio avanzato (l’introduzione delle innovazioni ambientali è **deterministica**)
→ le politiche ambientali sono *meno* importanti (ma non ingiustificate: vd problema del sotto-investimento in innovazione ambientali più avanti)

Innovazione e ambiente

- La lettura riconducibile a Nordhaus (1994, 2007) afferma che è necessario solo un intervento moderato e temporaneo (visione “ottimistica”)
 - la regolamentazione ottimale richiede solo marginali correzioni nel trend di crescita, perchè la crescita economica è di per sè compatibile con la sostenibilità ambientale (l'introduzione di innovazioni ambientali è deterministica)
- Una visione “meno ottimistica” è quella riconducibile al “Rapporto Stern” (2006)
 - affinché la crescita sia compatibile con la sostenibilità ambientale, la regolamentazione ottimale si deve basare su interventi permanenti e costosi (l'introduzione di innovazioni ambientali è non-deterministica, ma l'intervento pubblico può essere efficace)
- La visione “pessimistica” (*Greenpeace view*) afferma che la crescita economica è sempre incompatibile con la sostenibilità ambientale
 - è negata una qualunque validità della EKC e si afferma che la sostenibilità ambientale richiede un contenimento dell'espansione economica
 - l'intervento pubblico di tipo solamente correttivo è desiderabile ma di efficacia marginale

EKC evidenza empirica

Co2 Emissions (Million tonnes)



Critiche teoriche 1

- Arrow et al. (1995 Science): i sostenitori della EKC “classica” assumono che l’inquinamento non abbia effetti di *feedback* sulla produzione; il reddito è cioè una variabile *esogena* e non viene considerata la possibilità che il peggioramento progressivo della qualità ambientale possa ridurre la crescita (es. a causa dell’esaurimento delle risorse non rinnovabili) → la possibilità, cioè, che ci sia un vincolo ambientale alla crescita economica
- Lo sviluppo economico potrebbe essere associato alla riduzione di alcuni inquinanti e all’aumento di altri: **modifica del mix di inquinanti** (es. riduzione di anidride solforosa e ossidi di azoto ma aumento di diossido di carbonio e rifiuti solidi); lo sforzo tecnologico per ridurre certi inquinanti potrebbe tradursi nell’aumento di altri (potrebbe non essere tecnicamente possibile eliminare l’immissione di *ogni* tipo di inquinante nell’ambiente)

Critiche teoriche 2

- La EKC “classica” implica che si raggiunga uno *steady state* di sfruttamento ambientale **sostenibile** in presenza di crescita economica *positiva*
 - a stadi molto avanzati di sviluppo l’inquinamento si azzerà e la crescita economica diventa compatibile con la preservazione della qualità ambientale
- E’ invece ragionevole immaginare che i processi di recupero e di riciclo non potranno mai essere completi (c’è sempre una quota di risorse non rinnovabili che viene utilizzata nei processi produttivi e una quota di scorie non riciclabili immessa nell’ambiente)
 - il progressivo peggioramento della qualità ambientale non può essere eliminato in presenza di crescita economica (può solo essere rallentato)

Critiche teoriche 3

- *Pollution Haven Hypothesis* (Cole, 2003): la forma a U-rovesciata della EKC potrebbe essere il risultato della globalizzazione del commercio piuttosto che il risultato della *relazione causale* tra sviluppo economico e inquinamento: i paesi sviluppati delocalizzano le attività inquinanti nei paesi in via di sviluppo per sfruttare manodopera a basso costo e regolamentazioni blande
 - la teoria di Heckscher-Ohlin del commercio internazionale suggerisce che i paesi si specializzano sulla base dell'abbondanza relativa dei fattori della produzione (nei paesi in via di sviluppo: lavoro e risorse naturali)
 - il fatto che i paesi in via di sviluppo abbiano regolamentazioni ambientali più blande accelera questo processo di specializzazione
 - anche qualora i paesi in via di sviluppo volessero attuare le stesse regolamentazioni ambientali dei paesi sviluppati, non potrebbero delocalizzare all'estero, e si trovano dunque *locked-in* in un "equilibrio di specializzazione" secondo cui i paesi sviluppati possono permettersi bassi livelli di inquinamento a discapito dei paesi meno sviluppati
 - la EKC non sarebbe dunque il risultato di una relazione causale *generale* secondo cui, a stadi avanzati, lo sviluppo economico riduce *causalmente* l'inquinamento

Oltre la EKC

- Varianti della (3) sono analizzate da
 - Antweiler et al. (2001 AER): si introduce nella (3) il ruolo del commercio internazionale e è aggiunta una variabile di controllo per il rapporto capitale/lavoro, inoltre il modello è costruito in modo da consentire una stima delle elasticità degli effetti
 - Cole and Elliott (2003 JEEM): estensione della (3) a diversi tipi di inquinamento
- Nel complesso, i risultati di questi studi suggeriscono che
 - la magnitudine dell'effetto scala è economicamente rilevante (con segno *positivo*)
 - la magnitudine dell'effetto progresso tecnologico generalizzato è economicamente rilevante (con segno *negativo*), in particolare l'effetto efficienza ambientale è relativamente più importante dell'effetto efficienza economica
 - l'effetto output mix e l'effetto input mix hanno rilevanza marginale, come anche l'effetto del commercio internazionale; in particolare, l'effetto output mix e l'effetto del commercio internazionale hanno segno *positivo* (!)

Riassumendo

- Non esiste una relazione causale *generalizzabile* tra crescita economica e qualità ambientale (cioè la crescita economica —es. aumento reddito pro-capite— non ha *di per sé* un effetto sull'inquinamento)
- Alla crescita economica corrisponde una riduzione dell'inquinamento *solo* se essa è accompagnata dallo **sviluppo tecnologico generalizzato**
- Lo sviluppo tecnologico consente di dominare l'effetto ambientale negativo dell'**accumulazione** grazie all'**effetto efficienza economica** (riduzione dell'uso di input a parità di output) e all'**effetto efficienza ambientale** (riduzione di inquinamento a parità di input)
- L'innovazione è quindi *cruciale* per coniugare crescita economica e sostenibilità ambientale (ma un livello minimo di inquinamento potrebbe essere *ineliminabile*)
- Il ruolo delle politiche ambientali dipende dagli *effetti economici* dell'innovazione con efficienza ambientale (cioè dal fatto che essa sia o no *profit augmenting*): ciò cambia infatti l'incentivo *privato* a investire in innovazione “ambientale” (vd estesamente avanti)

Riferimenti bibliografici

- Abramovitz, M. (1956) Resource and Output Trends in the United States Since 1870. *American Economic Review*, 46: 5-23.
- Antweiler, W., Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2001) Is free trade good for the environment. *American Economic Review*, 91: 877-908.
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., Jansson, B.-O., Levin, S., Maler, K.-G., Perrings, C. A., & Pimentel, D. (1995) Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Science*: 268, 520-521.
- Cole, M. A. (2003). Development, trade and the environment: how robust is the environmental Kuznets curve? *Environment and Development Economics*, 8: 557-580.
- Cole, M. A., Elliott, R. J. (2003). Determining the trade-environment composition effect: The role of capital, labor and environmental regulations. *Journal of Environmental Economics and Management*, 46: 363-383.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991) Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement. National Bureau of Economic Research, Working Paper 3914, NBER, Cambridge MA.
- Nordhaus, W.D. (1994) *Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*. Cambridge, MA: MIT Press.

Riferimenti bibliografici

- Nordhaus, W.D. (2007) A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change. *Journal of Economic Literature* 45(3): 686-702.
- Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992) Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Crosscountry Evidence. Background Paper for the World Development Report 1992. The World Bank: Washington, DC.
- Stern, D. I. (2002). Explaining changes in global sulfur emissions: An econometric decomposition approach. *Ecological Economics*, 42: 201-220.
- Stern, D. I. (2004) The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32: 1419-1439.
- Stern, D. I., Common, M. S., & Barbier, E. B. (1996) Economic growth and environmental degradation: The environmental Kuznets curve and sustainable development. *World Development*, 24: 1151-1160.
- Stern, N. (2006) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. LSE.
- Suri, V., & Chapman, D. (1998). Economic growth, trade and the energy: Implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25: 195-208.
- World Development Report (1992) *Development and the Environment*. New York: Oxford University Press.