

L'Economic Complexity per la transizione ecologica: Capabilities tecnologiche e opportunità verdi nelle regioni europee

Angelica Sbardella^{1,2}, Nicolò Barbieri³, Davide Consoli⁴, Lorenzo Napolitano⁵,
Francois Perruchas⁴, Emanuele Pugliese⁵

1. CREF – Centro Ricerche Enrico Fermi, Roma

2. Istituto di Economia, Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa

3. European Commission, Joint Research Centre (JRC), Siviglia

3. INGENIO (CSIC – Universitat Politècnica de València), Valencia

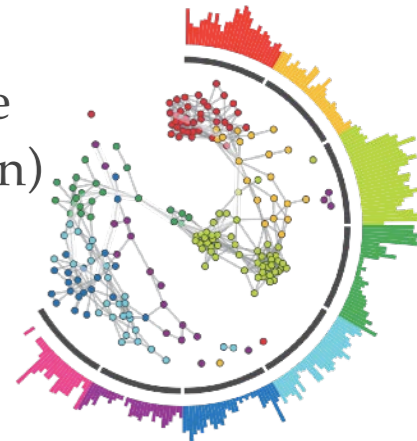
4. Dipartimento di Economia e Management, Università di Ferrara, Ferrara

EFC per l'analisi della transizione ecologica



renew europe.

- **Eu Green Deal & Sustainability Transition** priorità dell'agenda politica dell'UE
 - urgenza e necessità di riconfigurazione radicale dei sistemi di produzione e consumo
 - promozione dell'innovazione, apertura di nuovi mercati, politiche industriali ad hoc
 - importanza di approccio inclusivo, creazione di nuovi posti di lavoro e riduzione disuguaglianze
 - importanza della dimensione geografica (incidenza e capacità di risposta differenziati, co-location)
- **Il cambiamento climatico fenomeno complesso, transizione profondo cambiamento strutturale** → revisione radicale del pensiero economico e del design delle politiche



Economic Complexity per analizzare le Green Technological Capabilities

- **EC propone metodologie empiriche e data-driven per analisi competitività tecnologica verde**
 - identificare i diversi pattern geografici di specializzazione e competizione verde
 - individuare le complementarità tra il *know-how* non-green e quello green
 - indirizzare le politiche industriali verdi nei settori che offrono un maggiore potenziale di diversificazione e crescita nei mercati verdi emergenti

Scopo della ricerca e struttura del seminario

- Introduzione all'approccio *Economic Fitness and Complexity* e al suo utilizzo per studiare la competitività tecnologica verde
- Obiettivo dell'articolo elaborare una panoramica empirica dello sviluppo tecnologico verde nelle regioni europee e della sua interazione con i sistemi di innovazione regionali non verdi con metodologie di *Economic Fitness and Complexity*:
 1. Mappatura della distribuzione geografica delle attività innovative in Europa e profili regionali in termini di capabilities tecnologiche verdi e non verdi: competitività tecnologica verde e non verde tramite indici regionali di *Green Technology Fitness* e *Non-Green Technology Fitness*
 2. Introduzione del *Green Potential of the non-green knowledge space* metrica per identificare il potenziale di innovazione verde regionale in base allo sviluppo tecnologico pre-esistente
 3. Studio dell'interazione tra capabilities tecnologiche verdi e non verdi e se possedere dei vantaggi comparati in specifici domini tecnologici non verdi è associato alla capacità di una regione di sviluppare successivamente tecnologie verdi
 4. Caso studio su competitività tecnologica verde italiana a livello regionale

Economic Complexity

Economic Complexity (EC)

Ampio set di **tecniche data-driven** al confine tra **economia**, **sistemi complessi** e **machine learning** per valutare la complessità di un'economia e possibili potenzialità di sviluppo in specifici settori a livello molto dettagliato

Adottate da **Commissione Europea** e **Banca Mondiale** per valutazioni a livello macro, meso, micro



Ispirazione economia strutturalista (Hirschmann, 1958; Kuznets, 1966; Kaldor, 1967)

+ **evolutiva** (Nelson & Winter, 1982; Dosi, 1994; Teece et al., 1997)

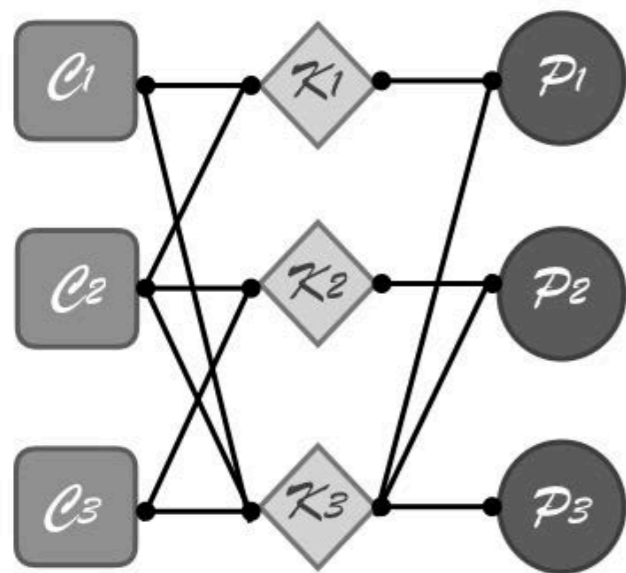
focus su struttura economica e capabilities produttive

- **Si discosta dalle misure aggregate** degli input produttivi e dalle forti assunzioni sul comportamento del sistema
- **Economia processo evolutivo** di ecosistemi globalmente interconnessi
- **Sistemi economici** visti come **complessi**, dinamici e adattivi
- **Crescita processo di cambiamento strutturale** in cui risorse trasferite da attività a bassa ad attività a più alta produttività
- **Visione granulare e strutturale** delle possibilità produttive di un paese (*capabilities*)

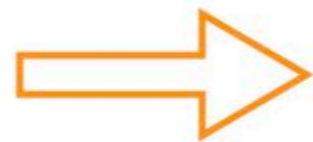
Le capabilities produttive

- **Penrose (1959) + Economia evolutiva:** *capabilities* know-how che permette alle imprese di creare e sviluppare nuovi prodotti e servizi
- **Economic Complexity:** *capabilities* reinterpretate come caratteristiche di paesi / aree geog. (Hausmann 2007, 2009; Sutton, 2012, 2016), insieme di capitale umano e fisico, sistema legale e istituzioni necessarie a un paese per produrre ed esportare in modo competitivo un prodotto
- **Profili di specializzazione riflettono le *capabilities* sottostanti**
- **Diverse dotazioni di *capabilities*** – sapere che cosa un paese è bravo a produrre – cruciale per spiegare le **differenze nelle performance economiche** poiché settori / prodotti diversi comportano diverse *learning opportunities*

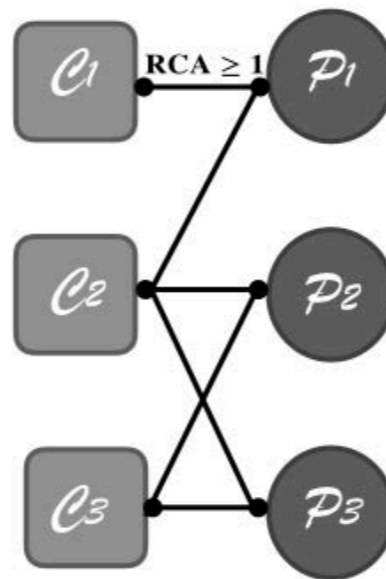
Countries Capabilities Products



Theoretical Model



Countries Products



Empirical Model

- *Capabilities* concettualizzate come livello intermedio tra i paesi e i prodotti che esportano
- Ma non osservabili empiricamente
- Possono essere dedotte dal network paesi-prodotti tramite algoritmi empirici che ne massimizzano il contenuto informativo e condensano l'informazione in indicatori sintetici

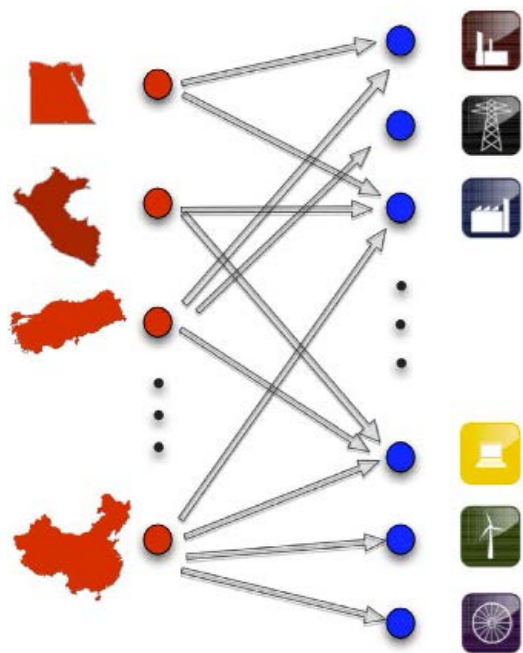
Economic Complexity come misura indiretta delle capabilities produttive

Set tecniche data-driven al confine tra economia e sistemi complessi e il machine learning

Qual è l'effetto della *production complexity* sullo sviluppo e la crescita?

Nuovo approccio strutturale alla crescita economica basato sulle *capabilities produttive*, con forte interesse al forecasting

Country-Exported product Network



- Tacchella *et al.* & Cristelli *et al.* (2012, 2013)

Economic Fitness

proxy competitività industriale di un'economia
alto potere predittivo per crescita PIL



EFC-Fitness &
Complexity

- Zaccaria *et al.* & Pugliese *et al.* (2014, 2019)

Relatedness

probabilità di specializzarsi in nuova linea di produzione
date quelle esistenti
potere predittivo per potenziali ambiti di sviluppo futuro

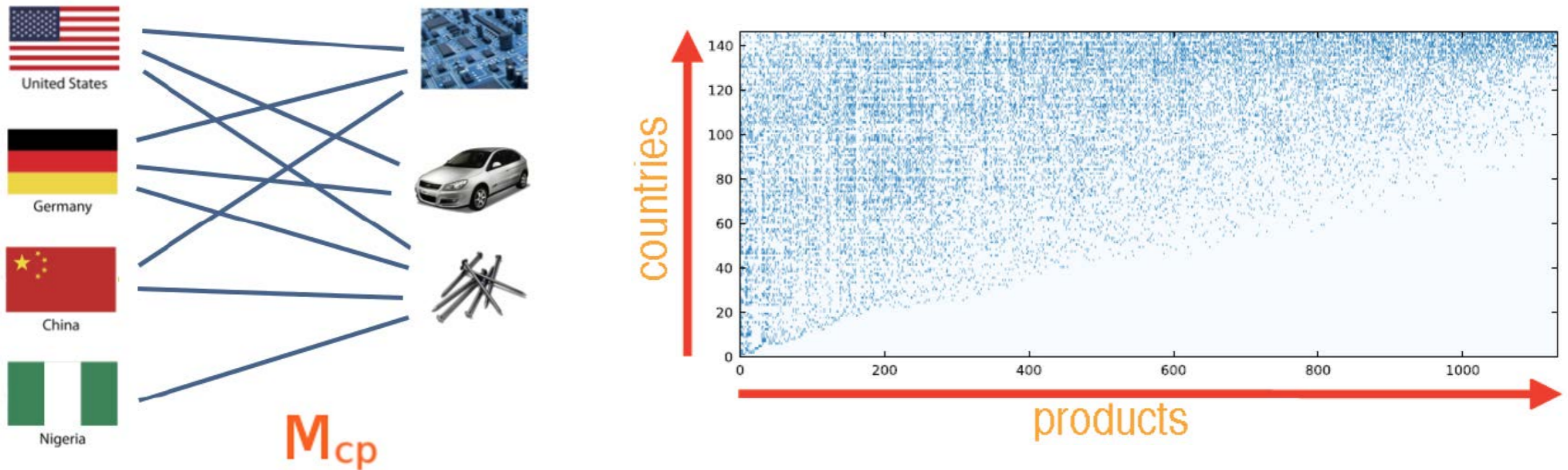


Product progression
& multi-layer
networks

Sviluppo frutto di un processo di apprendimento attraverso il quale si aggiungono nuove capabilities che aprono nuove possibilità produttive

I paesi più diversificati sono i più complessi

Matrice che collega i paesi ai prodotti che esportano forma triangolare



i paesi diversificati sono i più competitivi e i prodotti complessi sono i più difficili da esportare, i paesi meno competitivi esportano solo prodotti poco complessi:
 info non lineare quantificata dalla metrica EFC

FITNESS

$$\tilde{F}_c^{(n)} = \sum_p M_{cp} Q_p^{(n-1)}$$

$$F_c^{(n)} = \frac{\tilde{F}_c^{(n)}}{\langle \tilde{F}_c^{(n)} \rangle_c}$$

COMPLEXITY

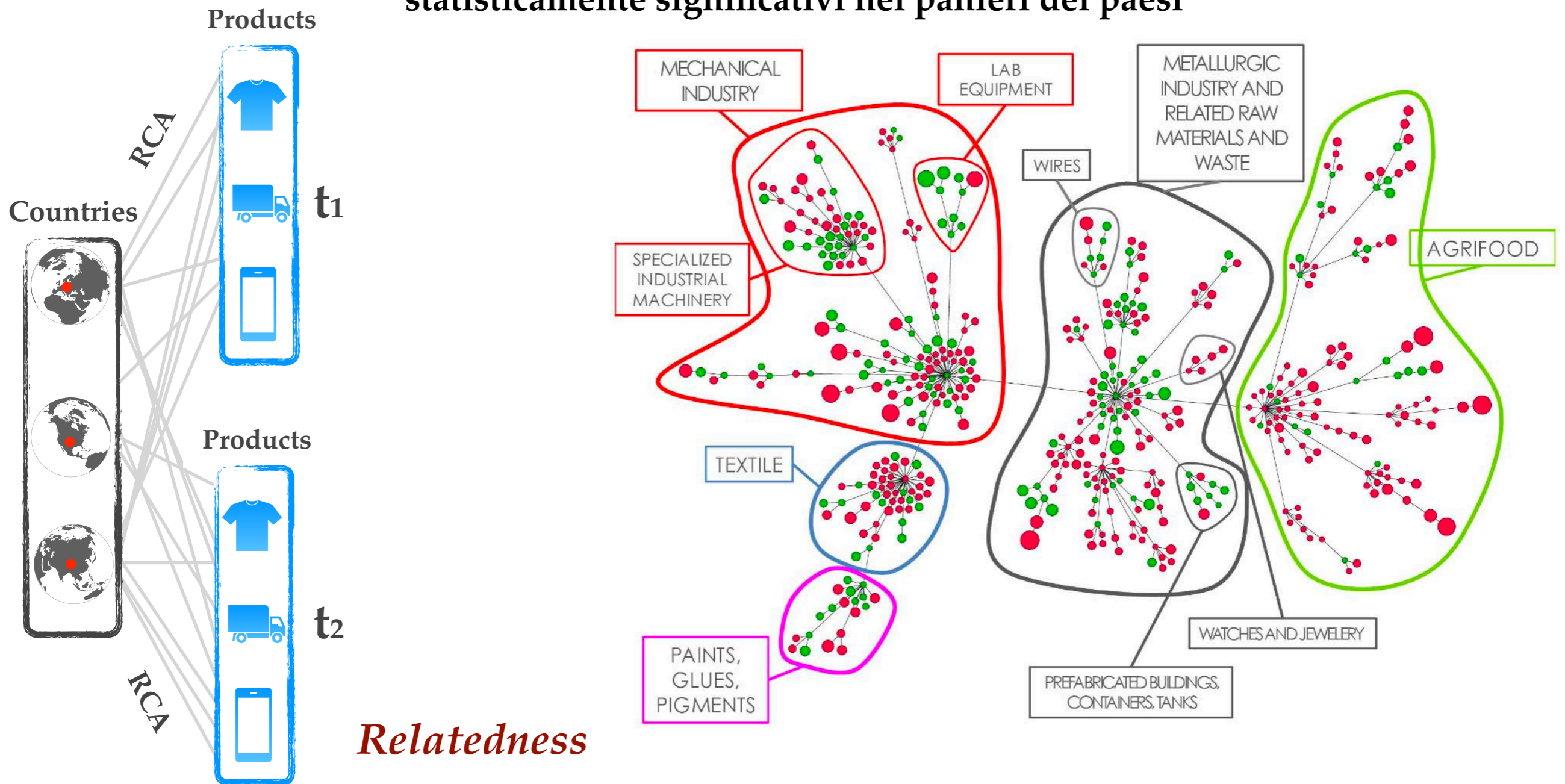
$$\tilde{Q}_p^{(n)} = \frac{1}{\sum_c M_{cp} \frac{1}{F_c^{(n-1)}}}$$

$$Q_p^{(n)} = \frac{\tilde{Q}_p^{(n)}}{\langle \tilde{Q}_p^{(n)} \rangle_p}$$

- La Fitness del paese c (F_c) è la diversificazione pesata dalla complessità dei prodotti in cui il paese ha un vantaggio comparato
- La Complessità del prodotto p (Q_p) è limitata dalla Fitness del suo esportatore meno competitivo

Product Progression Network

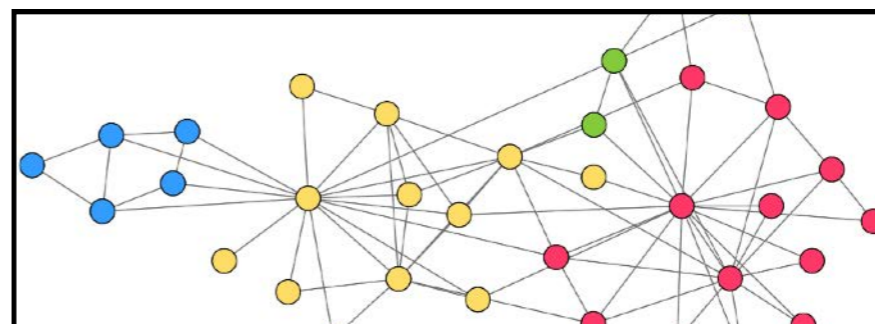
Network che misura la *relatedness* tra prodotti osservando pattern di co-esportazione statisticamente significativi nei panieri dei paesi



- misura statistica della distanza tra il prodotto P1 e il prodotto P2 in un network definito tramite l'osservazione delle loro co-occorrenze empiriche
- probabilità che avere un vantaggio comparato in P1 al tempo t1 porti a un vantaggio comparato in P2 a t2
- prossimità nello spazio \Leftrightarrow simili input sottostanti & alta probabilità di saltare da P1 a un prodotto vicino
- paesi in grado di esportare un prodotto *capabilities* per diversificare in in beni complessi correlati



Dati (locali/nazionali) altamente disaggregati su diversi ambiti di attività economica



EFC, random networks, econometria

Nuove strategie empiriche per analizzare quantitativamente le strutture economiche locali e nazionali guardando alle diverse attività in cui si specializzano

- ▶ Ampliamento del concetto di capability produttiva (scientifica, tecnologica...)
- ▶ Analisi dati su attività brevettuale, produzione scientifica, mercato del lavoro
- ▶ A diverse scale geografiche e diversi livelli di aggregazione delle attività economiche
- ▶ Implicazioni di policy regionali e nazionali

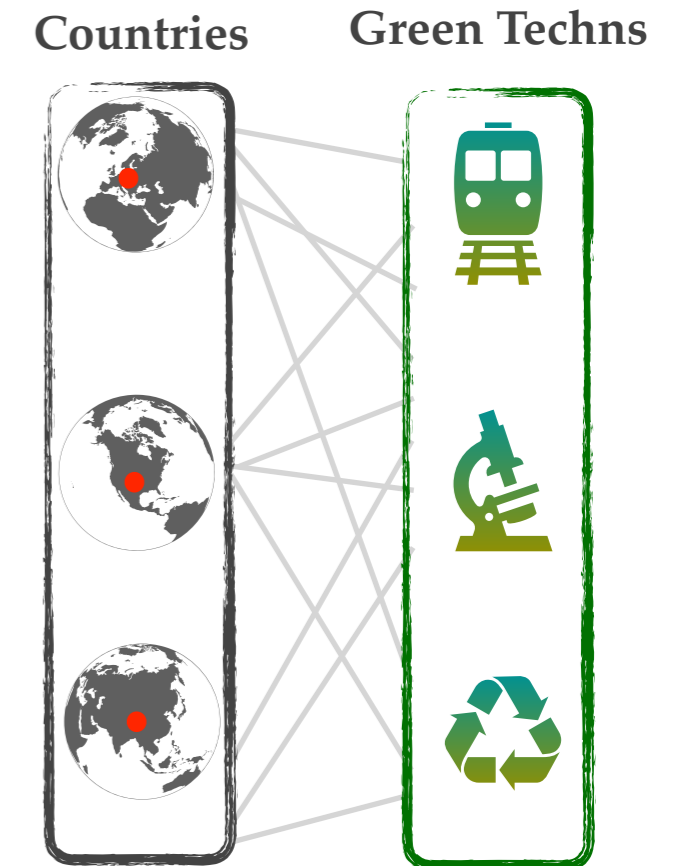
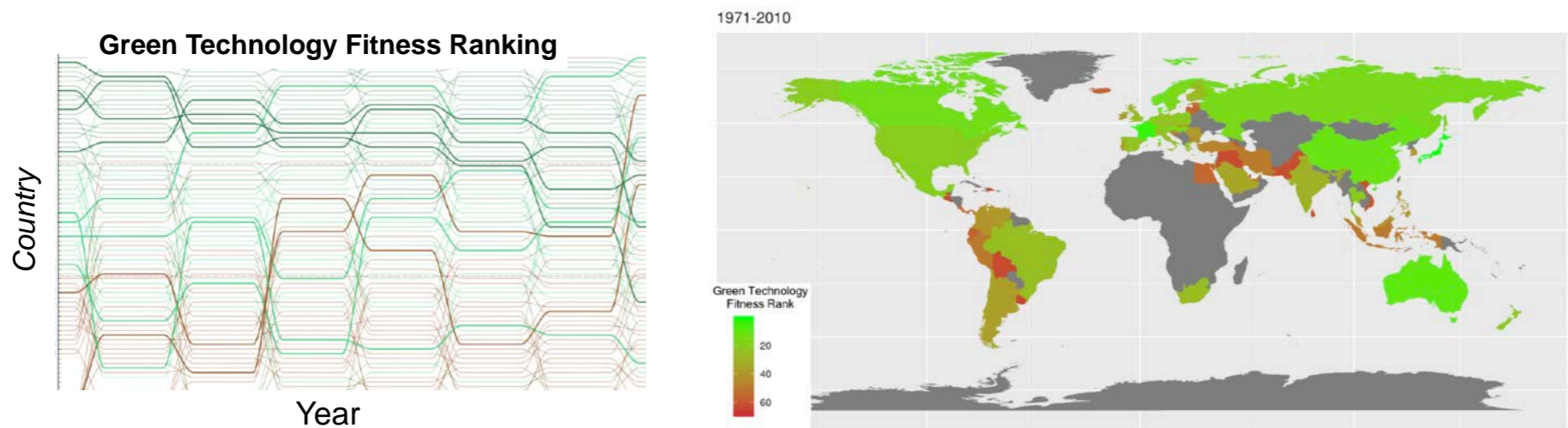
EFC per analizzare le Green Technological Capabilities

- **Green Technology Fitness:** pattern geografici di specializzazione e competizione verde a livello nazionale o regionale
- **Non-Green to Green Technology Space and Green Potential:** individuare le complementarità tra il know-how non-green e quello green
- **Green Technology Space:** indirizzare le politiche industriali verdi nei settori che offrono un maggiore potenziale di diversificazione e crescita nei mercati verdi emergenti

Le misure a livello internazionale

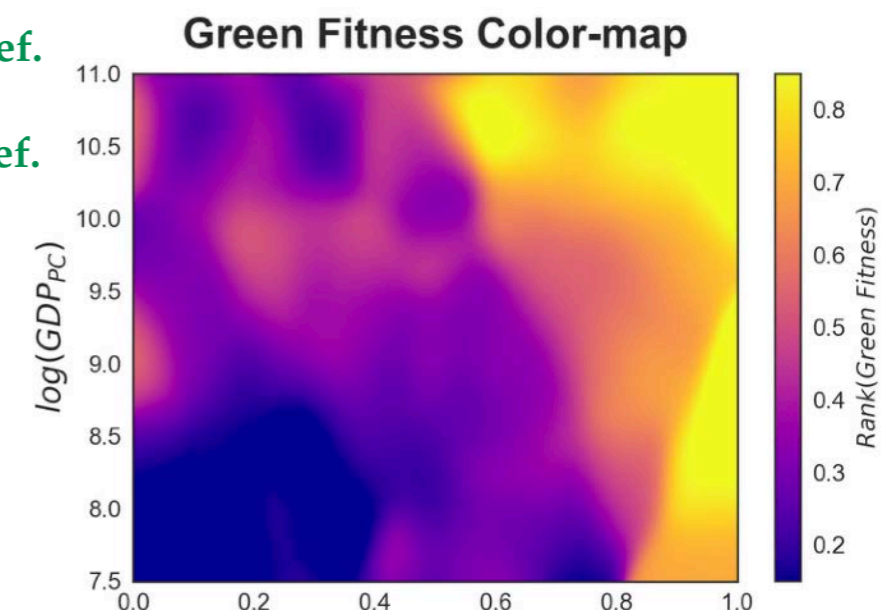
Green Technology Fitness (GTF): una misura per la competitività verde dei sistemi d'innovazione nazionali e locali

- **Green Economic Fitness & Complexity:** matrice paesi-tecnologie verdi triangolare, algoritmo EFC applicato a dati di brevetti verdi (*inventors*) geolocalizzati, link RTA
- **Green Technology Fitness:** *green capabilities* / competitività tecnologica verde dei paesi
- **Complexity of Green Technologies:** sofisticazione tecnologie verdi
- Mappatura nel tempo e nello spazio della competitività dei profili di specializzazione in attività innovative verdi e della loro complessità

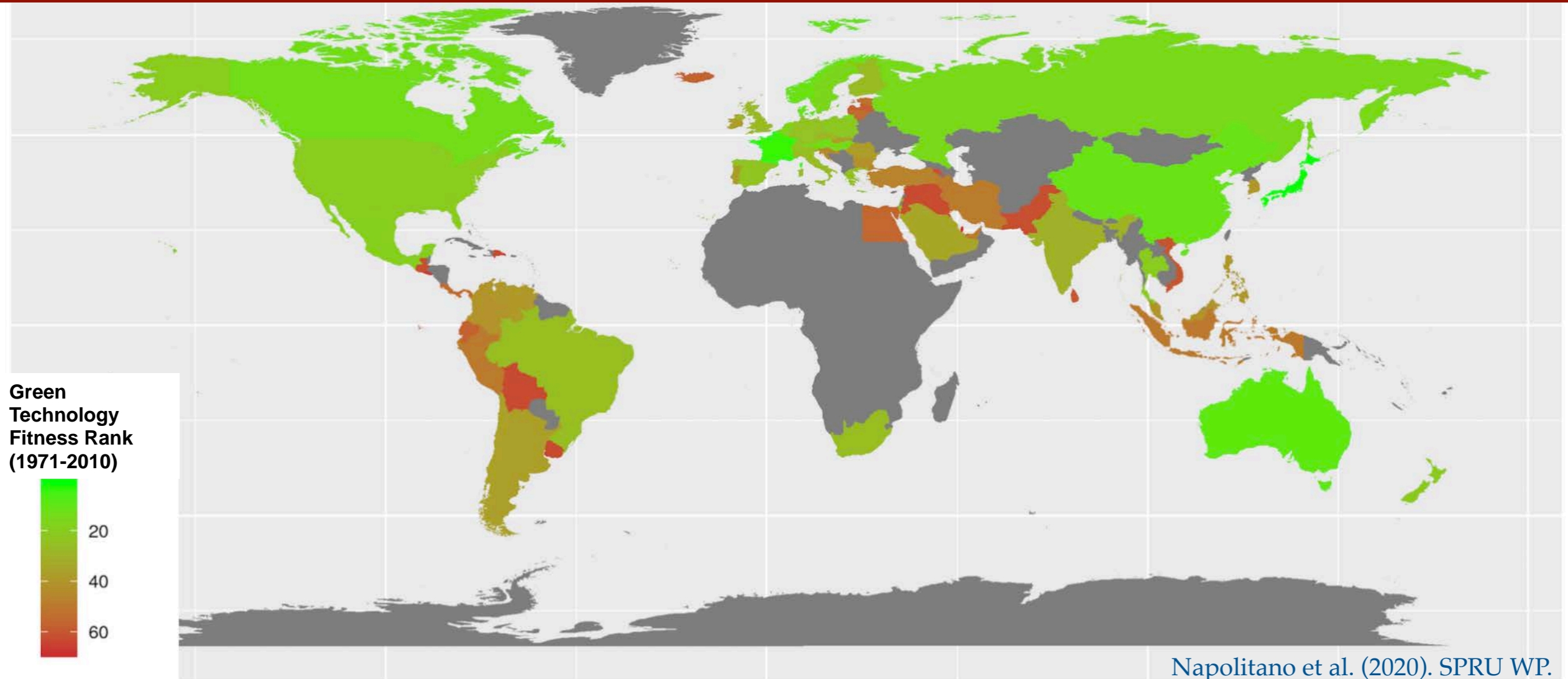


Sbardella et al. (2018). *Entropy*. Sbardella et al. (2020). *European Commission Policy Brief*.
Napolitano et al. (2020). *SPRU WP*. Barbieri et al. (2022). *Journal of Technology Transfer*.
De Cunzio et al. (2022). *Forthcoming*. Sbardella et al. (2022). *European Commission Policy Brief*.

- Analisi del potenziale verde dei paesi e rapporto con capacità innovativa non-verde
- Competitività verde, capabilities produttive, PIL e disuguaglianze di reddito
- Analisi dettagliata delle traiettorie di potenziale sviluppo verde sia a livello di singola tecnologia che di singolo prodotto sulla base delle capabilities pre-esistenti



Green Technology Fitness (GTF): una misura per la competitività verde dei sistemi d'innovazione nazionali e locali



Stable leaders

- Japan
- France
- Germany

Increasing Fitness

- China
- Brazil
- Spain

Decreasing Fitness

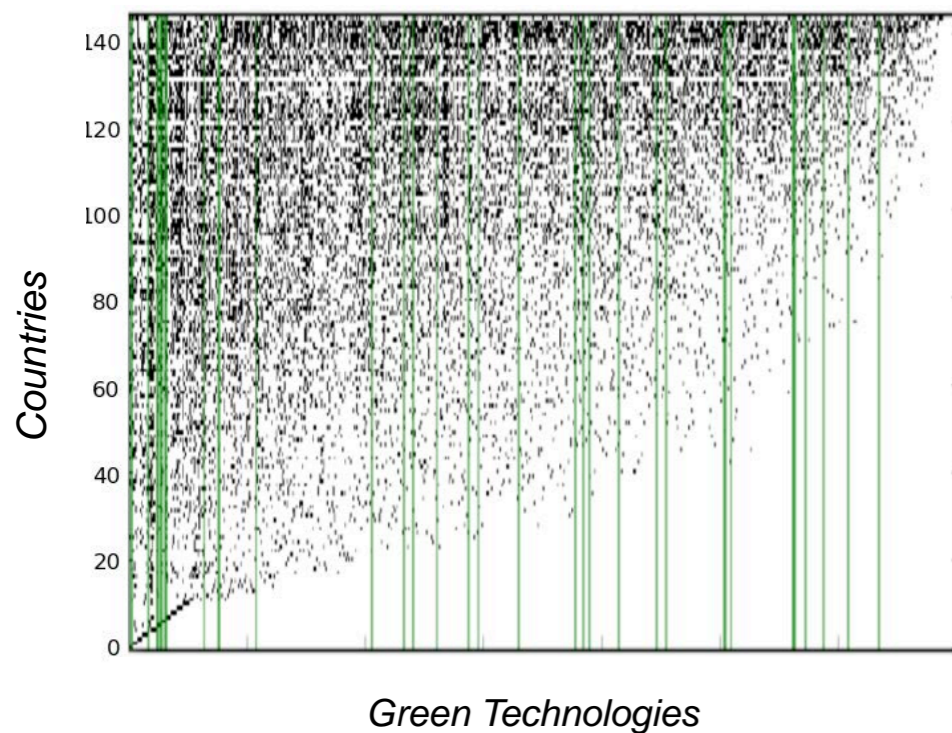
- US
- UK
- Israel/Netherlands

Tendenze di lungo periodo: progressivamente Israele e Stati Uniti iniziano in alto e scendono, mentre la Cina raggiunge il top, continente africano assente (limitazioni dati brevettuali)

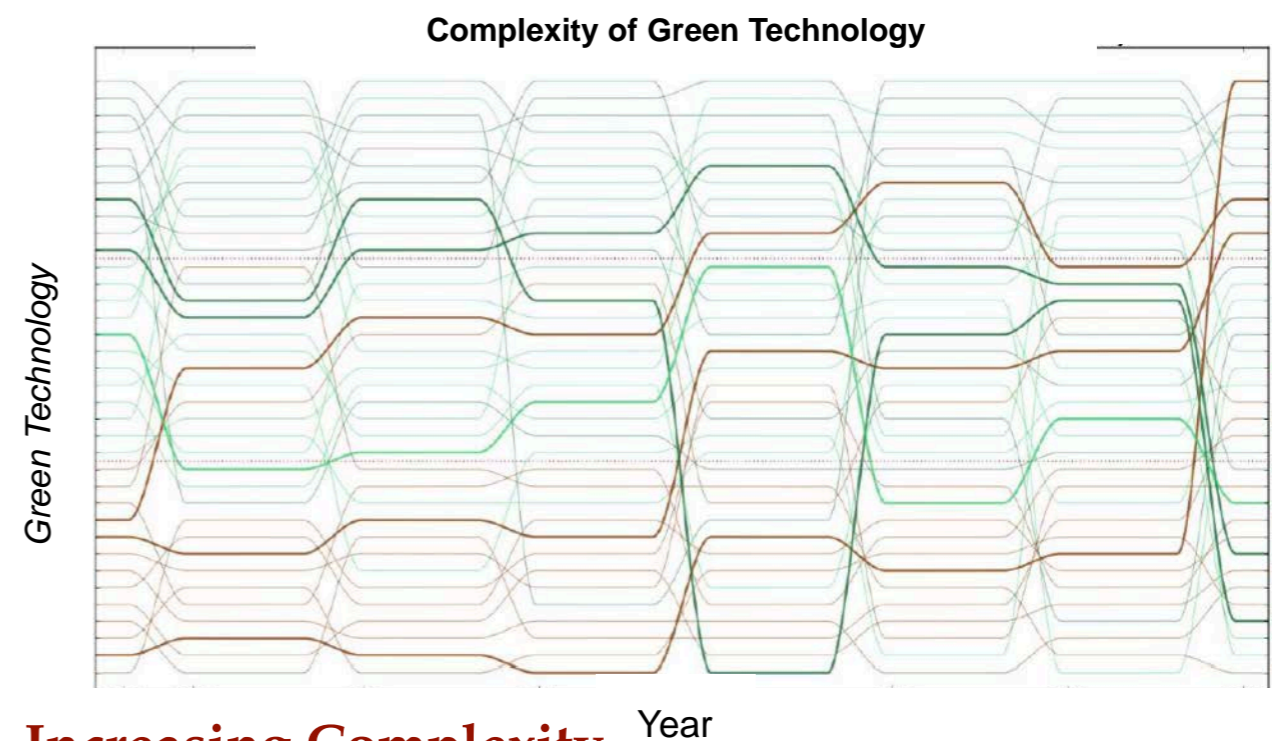
Ranking stabile e variazioni gradual: l'imitazione nei campi maturi può portare a un rapido catch-up, ma l'insieme globale delle capabilities è il risultato di un lungo e graduale processo di accumulazione

Green Technology Complexity: misura per la sofisticazione delle tecnologie verdi

Increasing technology complexity →



- La complessità delle tecnologie verdi:
 - spazia nello spettro della complessità tecnologica
 - riflette il ciclo di vita della tecnologia
 - **established field**: maggiore ubiquità, base di conoscenza matura → top
es. Generazione di energia rinnovabile
 - **early stage field**: maggiore complessità, minore ubiquità → bottom
es. Cattura/smaltimento di gas serra diversi dalla CO₂



Stable leaders

- Enabling Technologies for GHG Mitigation
- Environmental Monitoring
- Rail Transport

Decreasing Complexity

- Supply-Side Technologies for Water Availability (non-monotonic!)
- Enabling Technologies for Greenhouse Gas Mitigation
- Energy generation from fuels of non-fossil origin

Sbardella et al. (2018). Entropy.

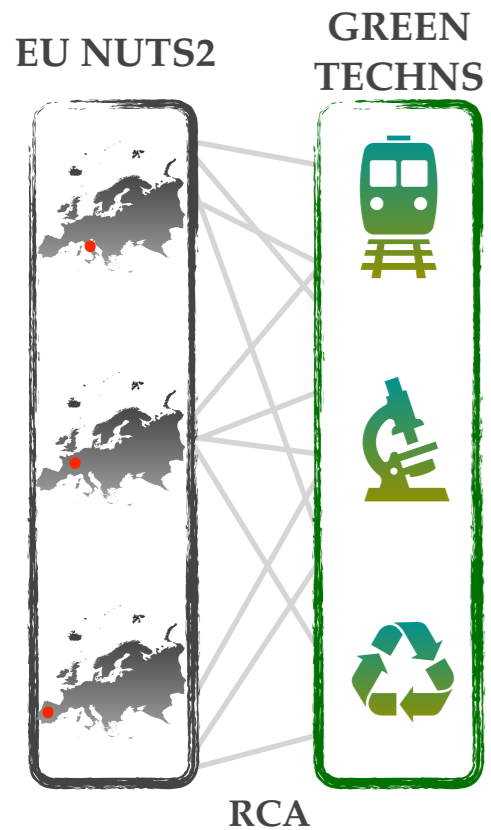
Increasing Complexity

- Road Transport Technologies (non-monotonic!)
- Capture/Disposal of GHG other than CO₂
- Technologies for the processing of minerals (e.g. cement, glass)

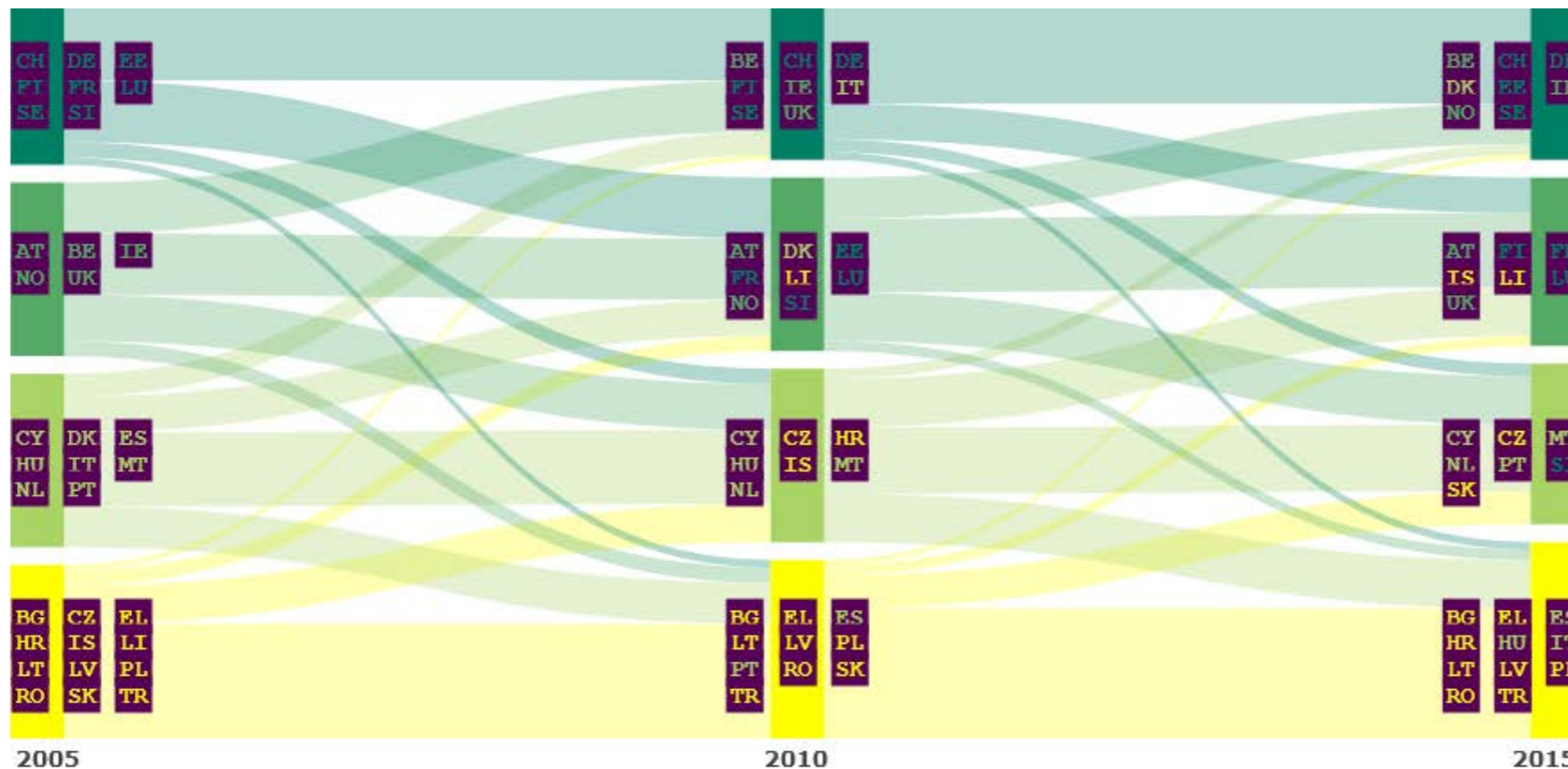
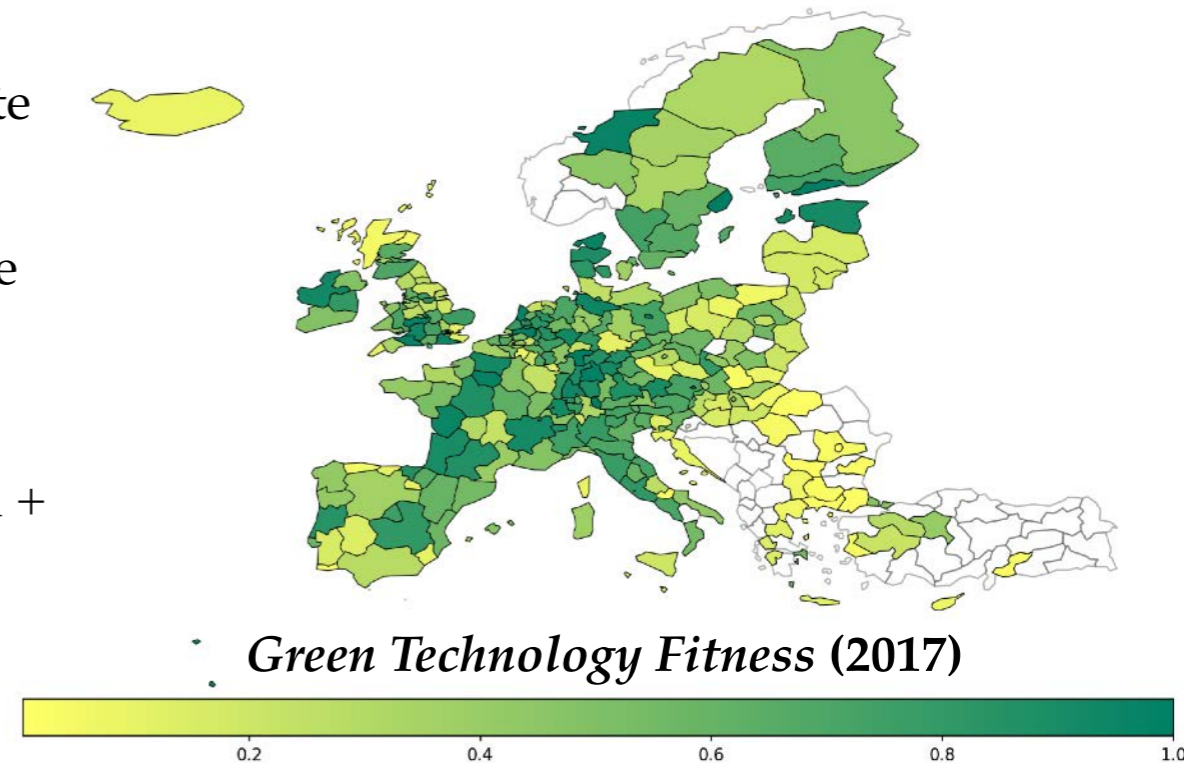
Sbardella et al. (2020). European Commission Policy Brief.

Le regioni europee

La Green Technology Fitness delle regioni europee



- GTF eterogenea tra regioni e relativamente stabile nel tempo
- Dicotomia persistente tra Europa Centrale e dell'Est
- Nucleo persistente di *top competitive innovators*: Germania e Francia dominanti + alcune regioni Olandesi, Italiane e Inglesi
- Bottom persistente con regioni meno competitive in Turchia e Grecia + regioni della Polonia, Bulgaria, Spagna e Norvegia



- Nel 1998, molte regioni non avevano nessuna patent green
- In circa 20 anni quasi tutte le regioni hanno cominciato a brevettare in tecnologie verdi, con casi di catch-up con i leader – es. Świętokrzyskie (PL), Jihozapad (CZ), West Flanders (BE), Gloucestershire, Bristol/Bath (UK)
- Uniche regioni del Sud presenti nella top 10
 - Lombardia
 - Emilia Romagna

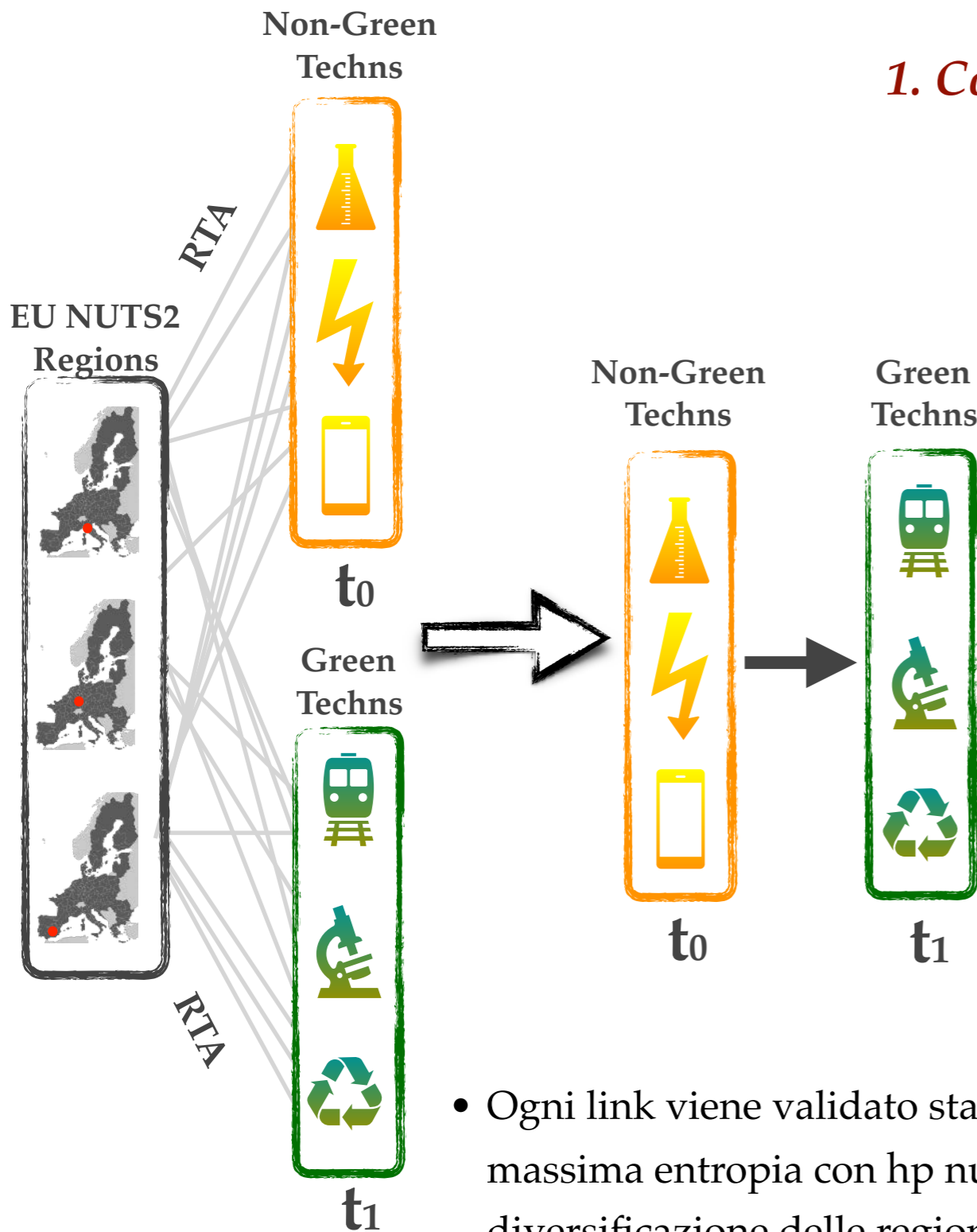
Il Non-Green to Green Technology Space

1. Costruzione del Non-Green to Green Technology Space

- A partire da due network binari che collegano:
 1. le regioni europee con le tecnologie non verdi A-H CPC in cui hanno vantaggio tecnologico comparato (RTA) al tempo t_0
 2. le regioni europee con le tecnologie verdi Y02 in cui hanno vantaggio comparato al tempo t_1
- Sommando sulla dimensione geografica: rete binaria in cui un link viene stabilito se un vantaggio comparato in NGT al tempo t_0 co-occorre con vantaggio comparato in una GT a t_1

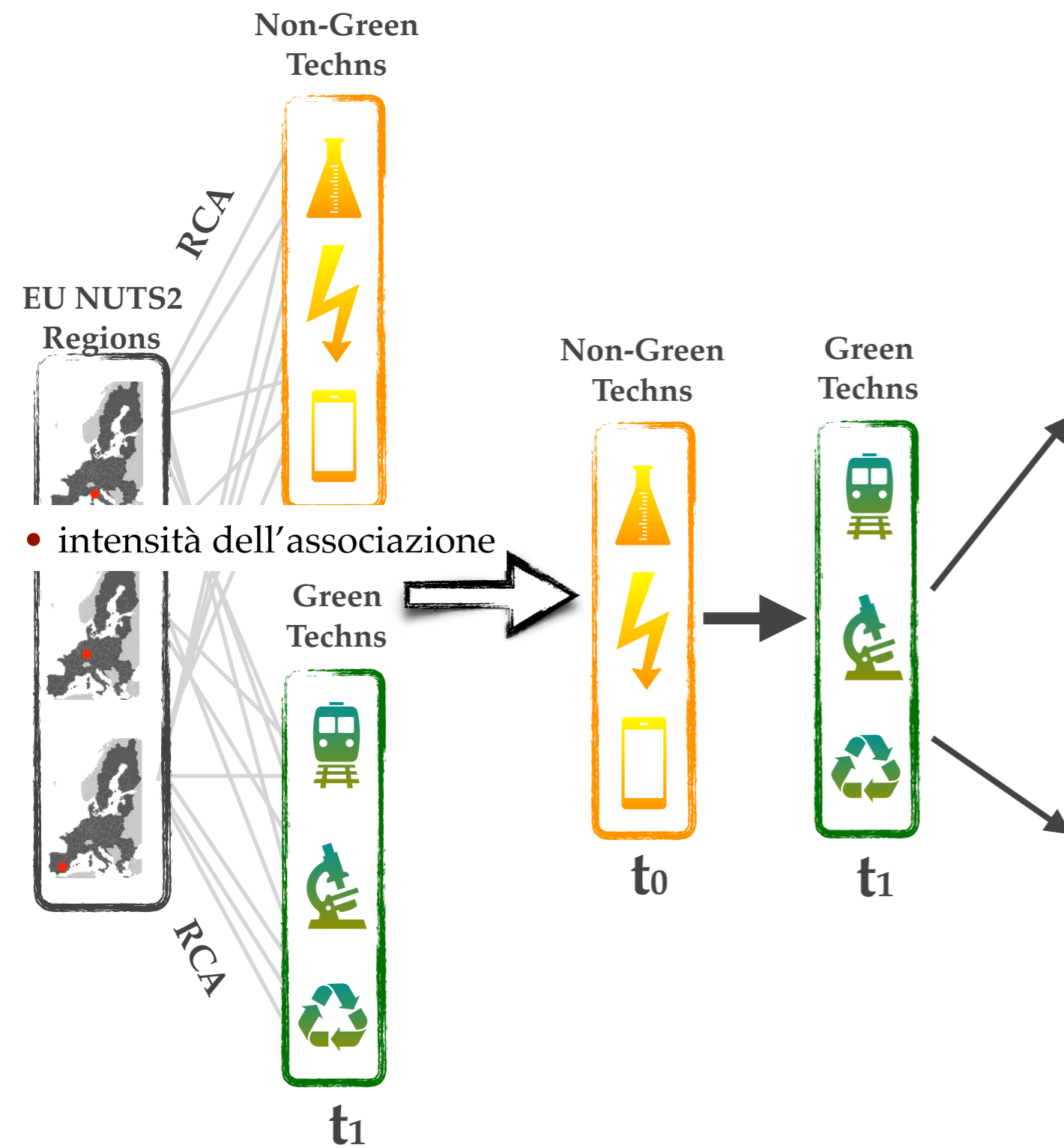
2. Validazione dei link

- Ogni link viene validato statisticamente tramite il *Bipartite Configuration Model*, metodo di massima entropia con h_p nulla che le co-occorrenze siano casuali e determinate solo dalla diversificazione delle regioni e dall'ubiquità delle tecnologie are random
- Ogni link rappresenta la probabilità che un vantaggio comparato in una NGT porti a un successivo vantaggio comparato in una GT



3. Definizione degli indici di Green Potential

- Misure per studiare le combinazioni di know-how non verde che hanno maggiori probabilità di favorire lo sviluppo nel dominio verde la **complementarietà tra capabilities tecnologiche non green e green** nelle regioni europee



- A livello della singola tecnologia

Green Potential of Non-Green Technologies

intensità dell'associazione tra competitività in singole tecnologie non verdi e successiva competitività in tecnologie verdi

somme delle co-occorrenze significative con le tecnologie non verdi nel network

- A livello regionale

Green Potential of EU regions

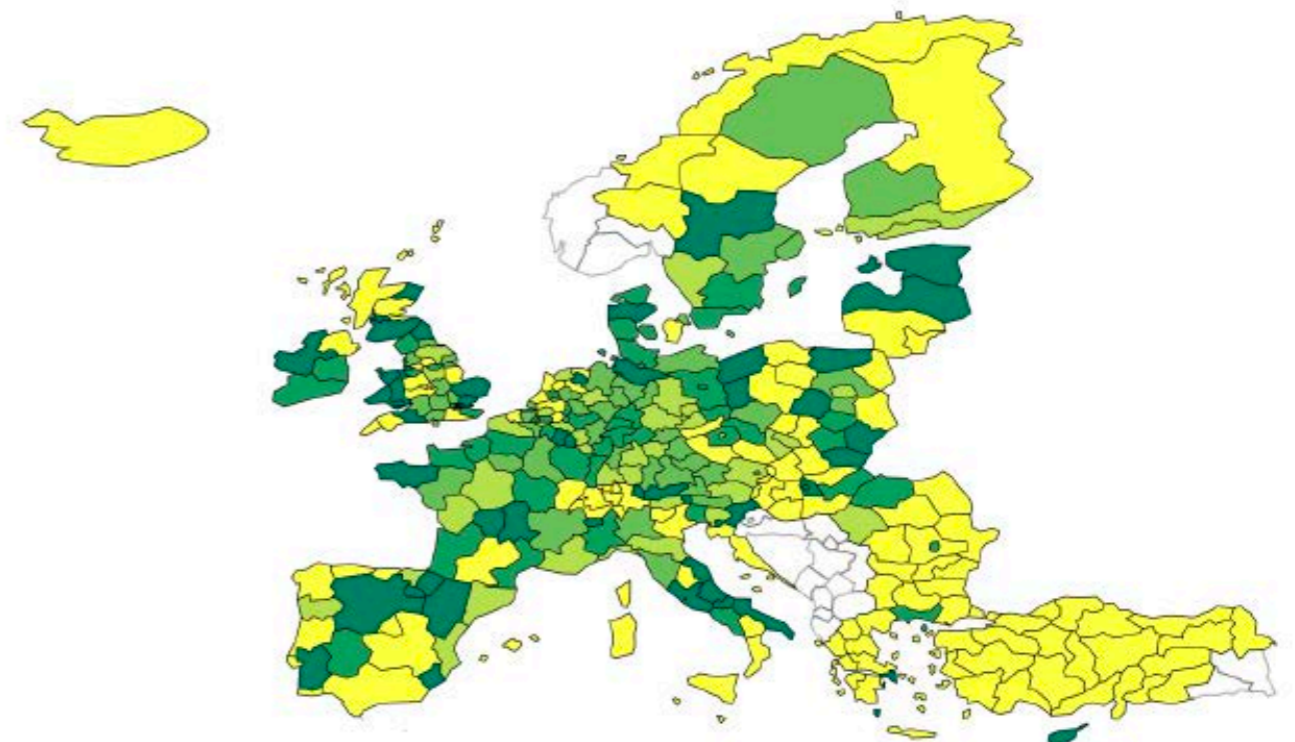
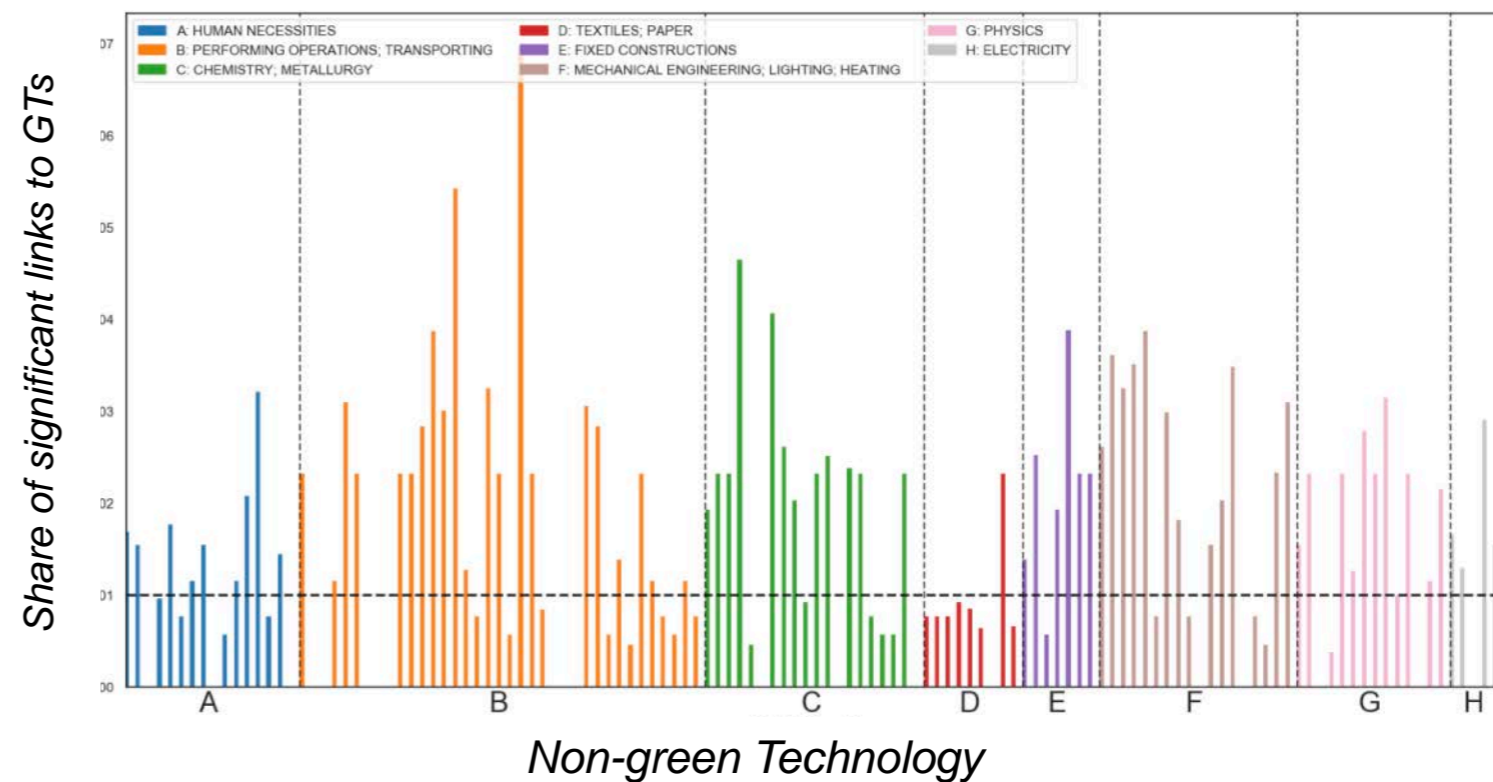
grado di associazione dei portafogli tecnologici regionali con le tecnologie verdi

patent stock in tecnologie non-verdi pesata per il loro green potential

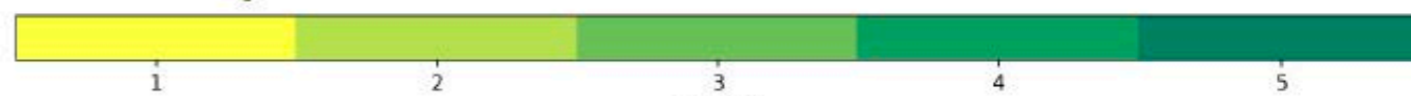
Il potenziale verde dei sistemi regionali di innovazione in Europa

- Interconnessione: ~ 60% delle tecnologie non verdi mostra link significativi (al 99%) con tecnologie verdi
- **Top Green Potential of Non-Green technologies**
 - B – *Performing Operations* (cutting, sewerage, grinding, polishing, working of plastics)
 - F – *Mechanical Engineering* (lighting, heating, fluids and heat pumps, refrigeration/cooling, heating)
 - C – *Chemistry* (organic, cements, ceramics, artificial stones)
 - E – *Fixed Constructions* (windows, doors)
- **Green Potential of NUTS2 EU Regions**
 - *Top* Southern & North Eastern Scotland, Warsaw e altre 4 regioni polacche, Eastern Slovakia, Molise, Murcia e Latvia
 - *Bottom* 27% TR, 13% EL, 8% CH, 7% BG, 4% ES, HU, IT, PL, PT

Green potential of the non-green technologies (t0=2005, t1=2012)

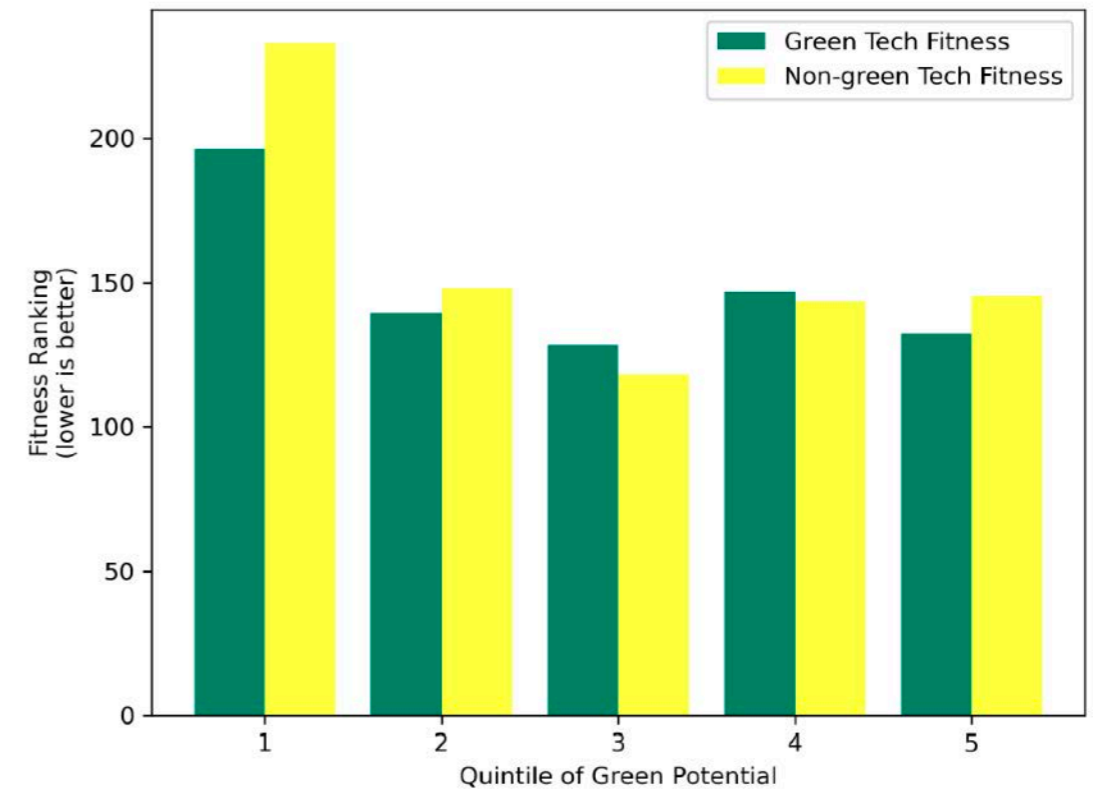
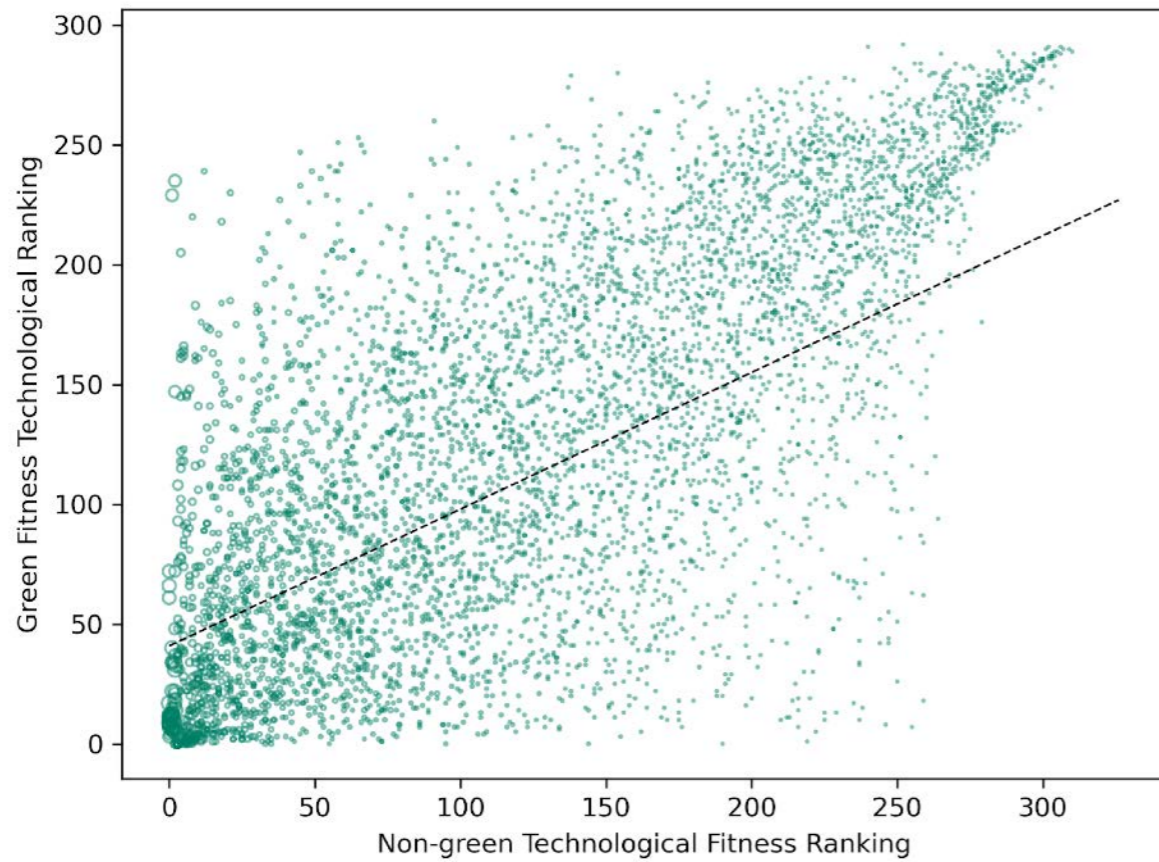


Green Potential of EU NUTS2 Regions (2012 → 2017)



Green Potential, Green Technology Fitness e Non-Green Technology Fitness

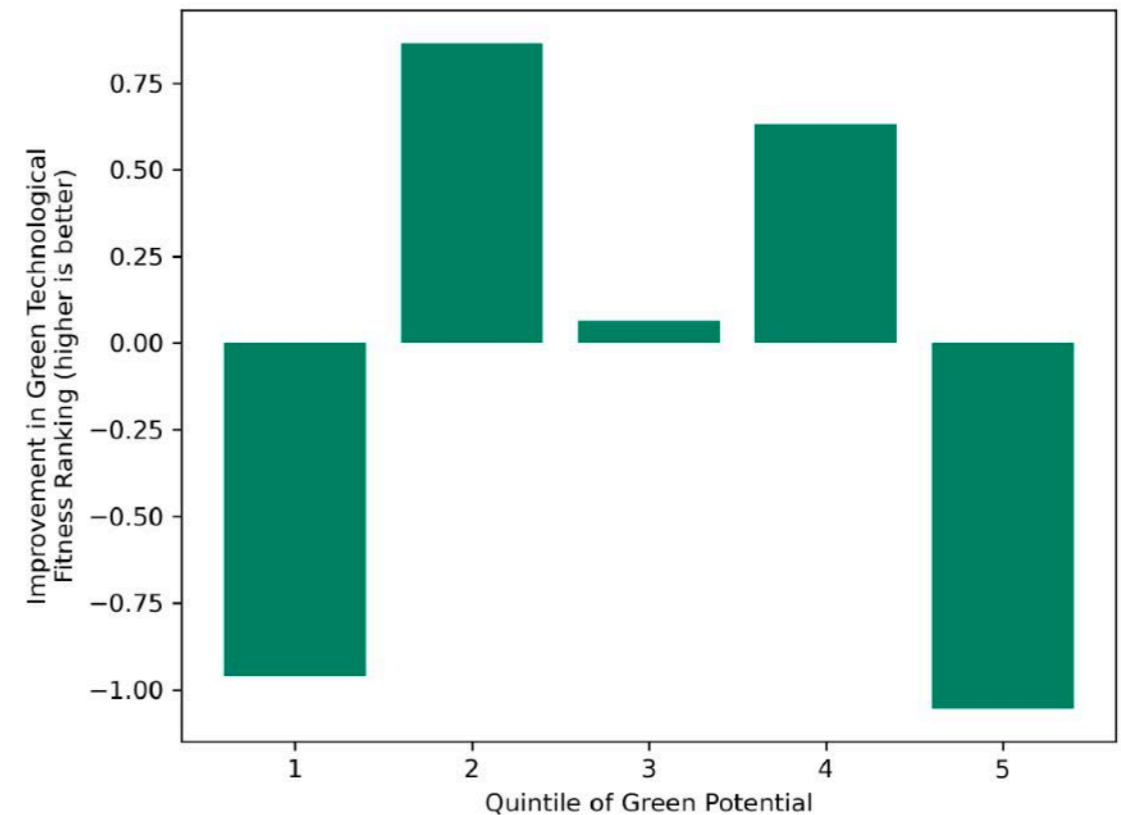
- **Correlazione positiva tra *Non-Green Technology* e *Green Technology Fitness***



- ***Non-Green Technology* e *Green Technology Fitness* in media ranking più alto per regioni nei quintili intermedi di *Green Potential* regionale**

- **Prospettiva dinamica:**

- **regioni nei quintili più bassi e più alti di *Green Potential* perdono posizioni nel ranking di *Green Technology Fitness***
- **quintile intermedio guadagnano posizioni**



Le capabilities tecnologiche non-verdi sono complementari a quelle verdi

- **Complementarietà tra *knowledge capabilities* tecnologiche non green e green** (*positive externalities*) nelle regioni europee e combinazioni di know-how non verde che hanno maggiori probabilità di favorire lo sviluppo nel dominio verde

$$GTF_{i,t} = \alpha + \beta_1 NGTF_{i,t} + \beta_2 Controls_{i,t} + \sigma_i + \tau_t + \phi_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

	Dep Variable: GTF					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
NGTF	0.932** *	0.813***	0.776***	0.776***	0.776***	
	(0.009)	(0.055)	(0.083)	(0.083)	(0.055)	
TotalTech Fitness						0.771***
						(0.081)
Controls	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Fixed Effects	N	Y	Y	Y	Y	Y
Time Dummies	N	Y	Y	Y	Y	Y
Regional Time Trends	N	N	Y	Y	Y	Y
N	2,920	2,920	2,920	2,920	2,920	2,919
R2	0.818	0.824	0.873	0.873	0.873	0.873

Per la regione *i* al tempo *t*

Fixed Effects

- *GTF* *i,t* = Green Technology Fitness
- *NGTF* *i,t* = Green Technology Fitness
- *Controls* *i,t* = volume e dimensione attività brevettuale, PIL, pop.
- σ_i = regional FE
- τ_t = time FE
- $\varphi_{i,t}$ = trend temporali regionali

- Alta correlazione tra competitività in tecnologie non-green (*Technology Fitness*) e green (*Green Technology Fitness*): un aumento dell'1% del NGTF è associato a un aumento dello 0,8-0,9% di GTF
- Sebbene tecnologie verdi e non verdi possono competere se risorse finanziarie limitate, sviluppare tecnologie non verdi complesse richiede know-how, competenze, risorse (umane, finanziarie, tecnologiche, ecc.) utili anche per le tecnologie verdi - e viceversa

Model Specifications

- Column (1): OLS, Columns (2)-(6): regional and time FE
- Columns (1)-(3): total patenting activity, population (log), GDP (log)
- Columns (4)-(5) we also control for: green patenting & non-green patenting, region time trends

Green Potential, Green Technology Fitness e Non-Green Technology Fitness

$$GTF_{i,t} = \alpha + \beta_1 GP_{i,t} + \beta_2 Controls_{i,t} + \sigma_i + \tau_t + \phi_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

$$NGTF_{i,t} = \alpha + \beta_1 GP_{i,t} + \beta_2 Controls_{i,t} + \sigma_i + \tau_t + \phi_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

- $GTF_{i,t}$ = Green Technology Fitness
- $GP_{i,t}$ = Green Potential
- $NGTF_{i,t}$ = Green Technology Fitness
- $Controls_{i,t}$ = volume e dimensione attività brevettuale, PIL, pop.
- σ_i = regional FE
- τ_t = time FE
- $\phi_{i,t}$ = trend temporali specifici per regione

- Relazione tra GP e NGTF non significativa

- Con FE (Col 2-3) e i time trend regionali (Col 4) la relazione tra GP e GTF positiva e significativa

- La presenza di tecnologie con alto green potential non per forza aumenta competitività tecnologica non-green

- Però capabilities tecnologiche verdi dipendono dalla composizione del patent portfolio regionale, se presenti vantaggi tecnologici comparati in tecnologie con maggiore green potential possibilità di maggiore competitività tecnologica verde

	Dep Variable: GTF			Dep Variable: NGTF
	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>GreenPotential</i>	2.274***	1.351*	1.351***	0.278
	(0.664)	(0.714)	(0.419)	(1.228)
<i>Controls</i>	Y	Y	Y	Y
<i>Regional FE</i>	Y	Y	Y	Y
<i>Time Dummies</i>	Y	Y	Y	Y
<i>Regional Time Trends</i>	N	Y	Y	Y
<i>Observations</i>	3,381	3,381	3,381	3,617
<i>R-squared</i>	0.754	0.833	0.833	0.936

Model Specifications

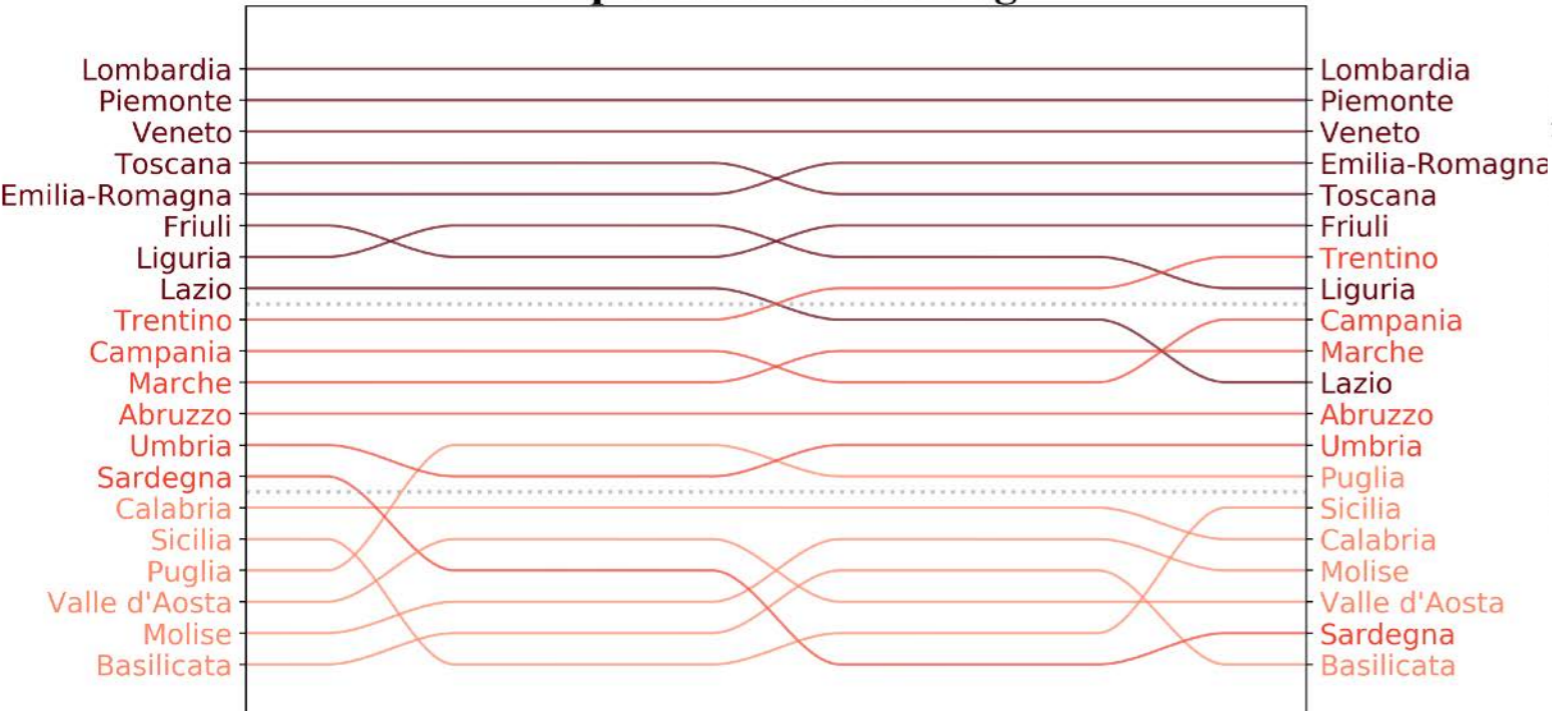
- Columns (2)-(6): regional and time FE
- Columns (2)-(3): total patenting activity, population (log), GDP (log)
- Columns (4)-(5) we also control for: green patenting & non-green patenting, region time trends

Il Posizionamento dell'Italia

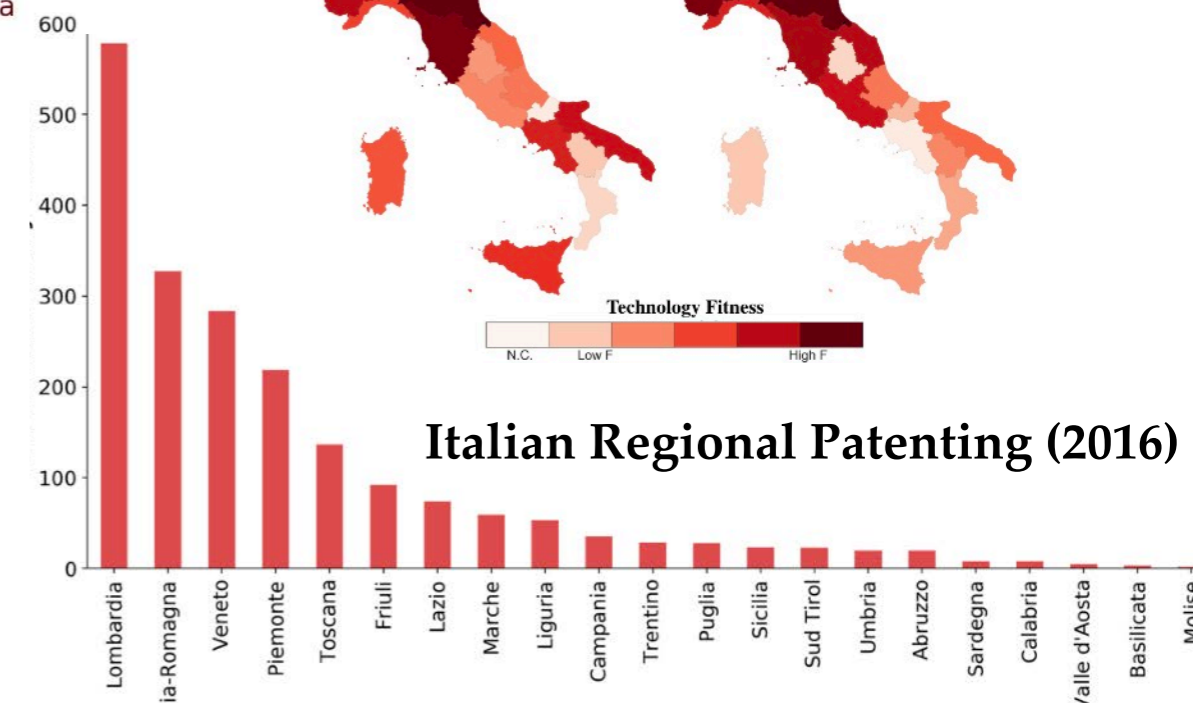
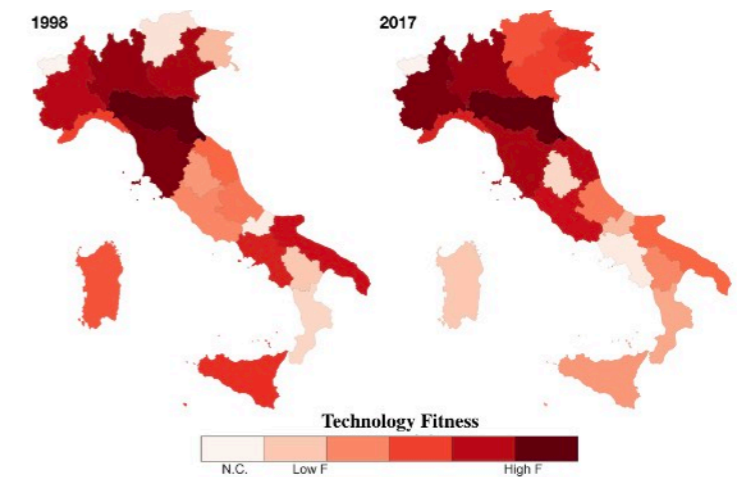
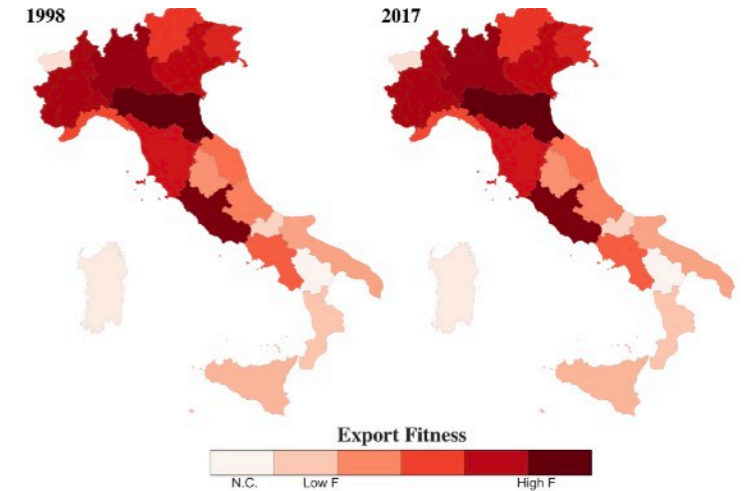
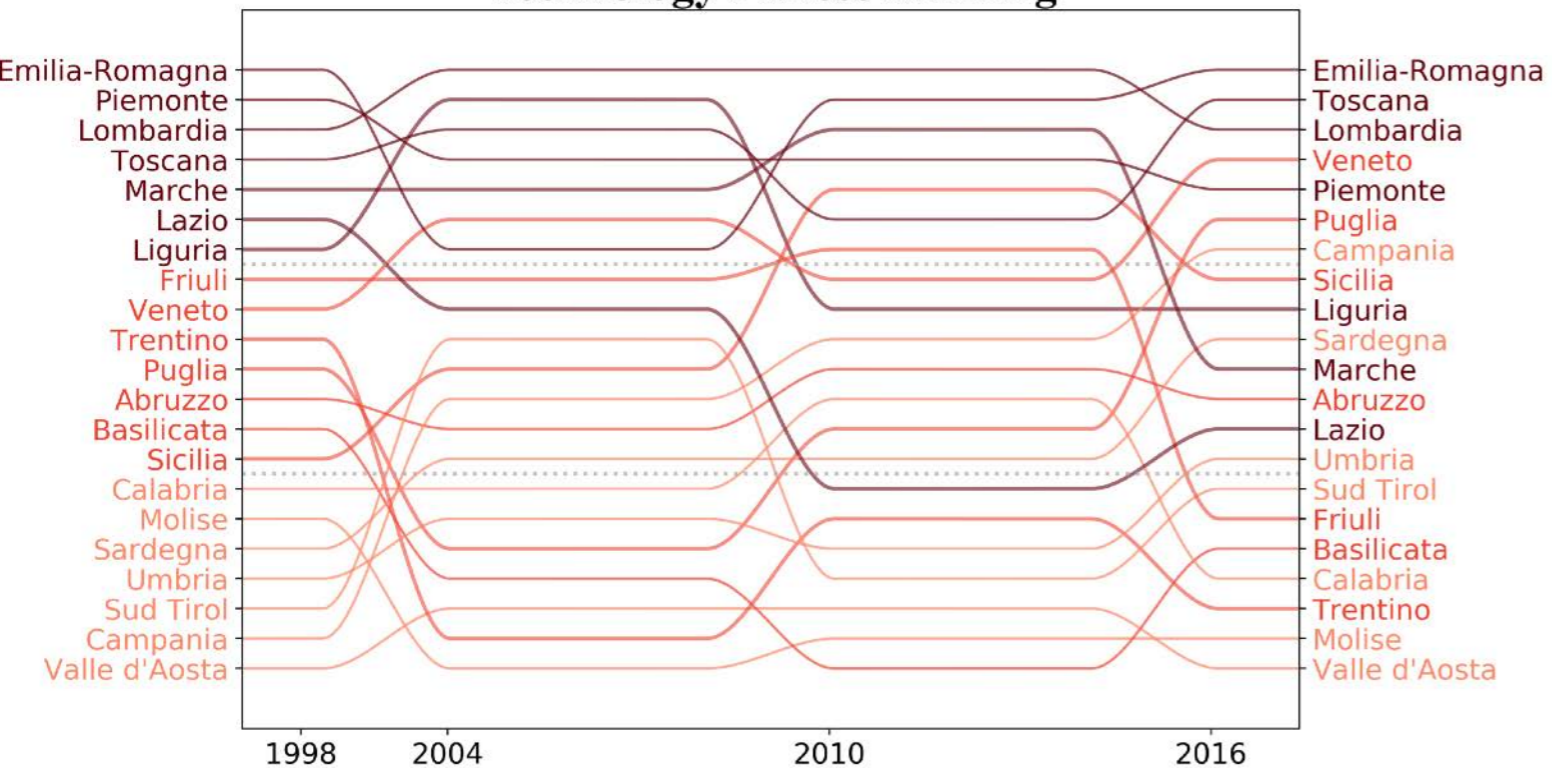
La Fitness tecnologica e produttiva delle regioni italiane

- Approccio strutturale a divario Nord-Sud: relazione tra capabilities produttive, tecnologiche e potenziale di crescita regionale
- Gap regionale capabilities produttive (**Export Fitness**) persistente nel tempo, capabilities tecnologiche (**Technology Fitness**) più dinamiche

Export Fitness Ranking



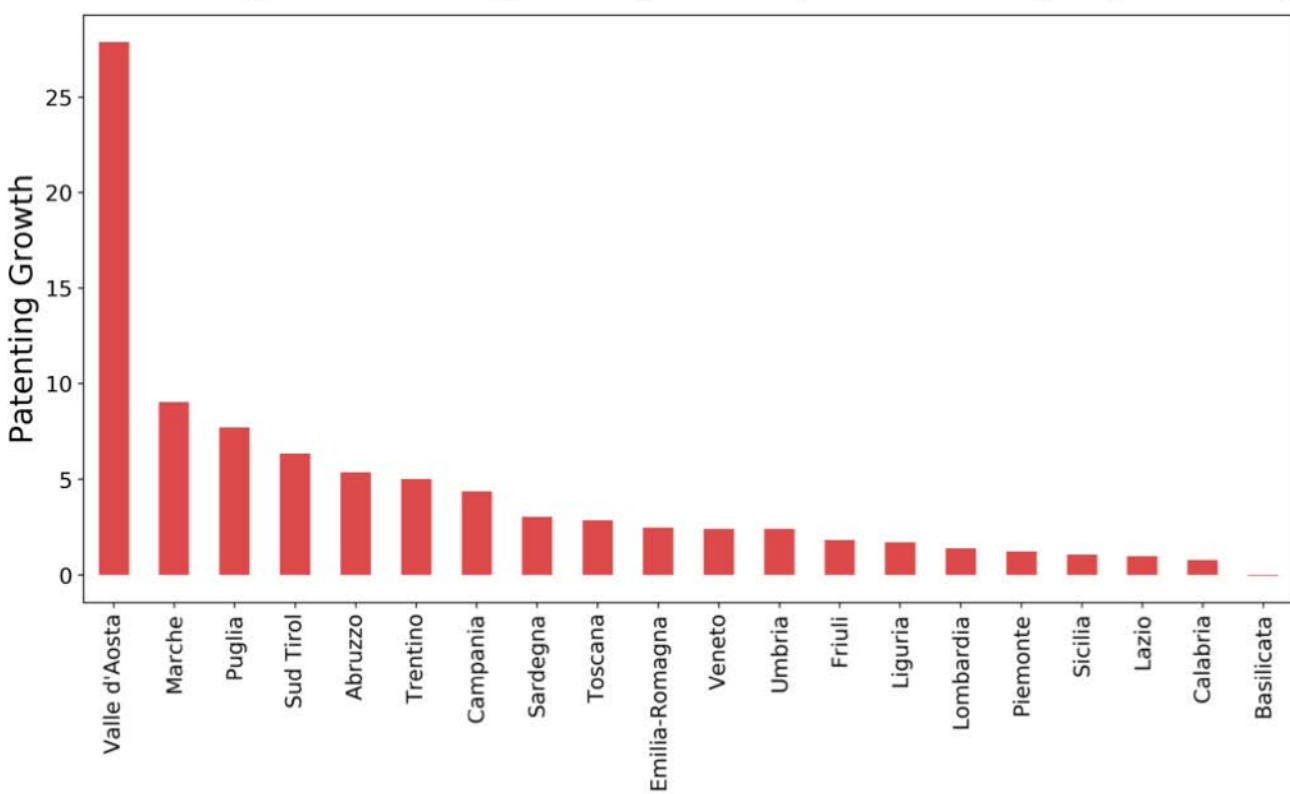
Technology Fitness Ranking



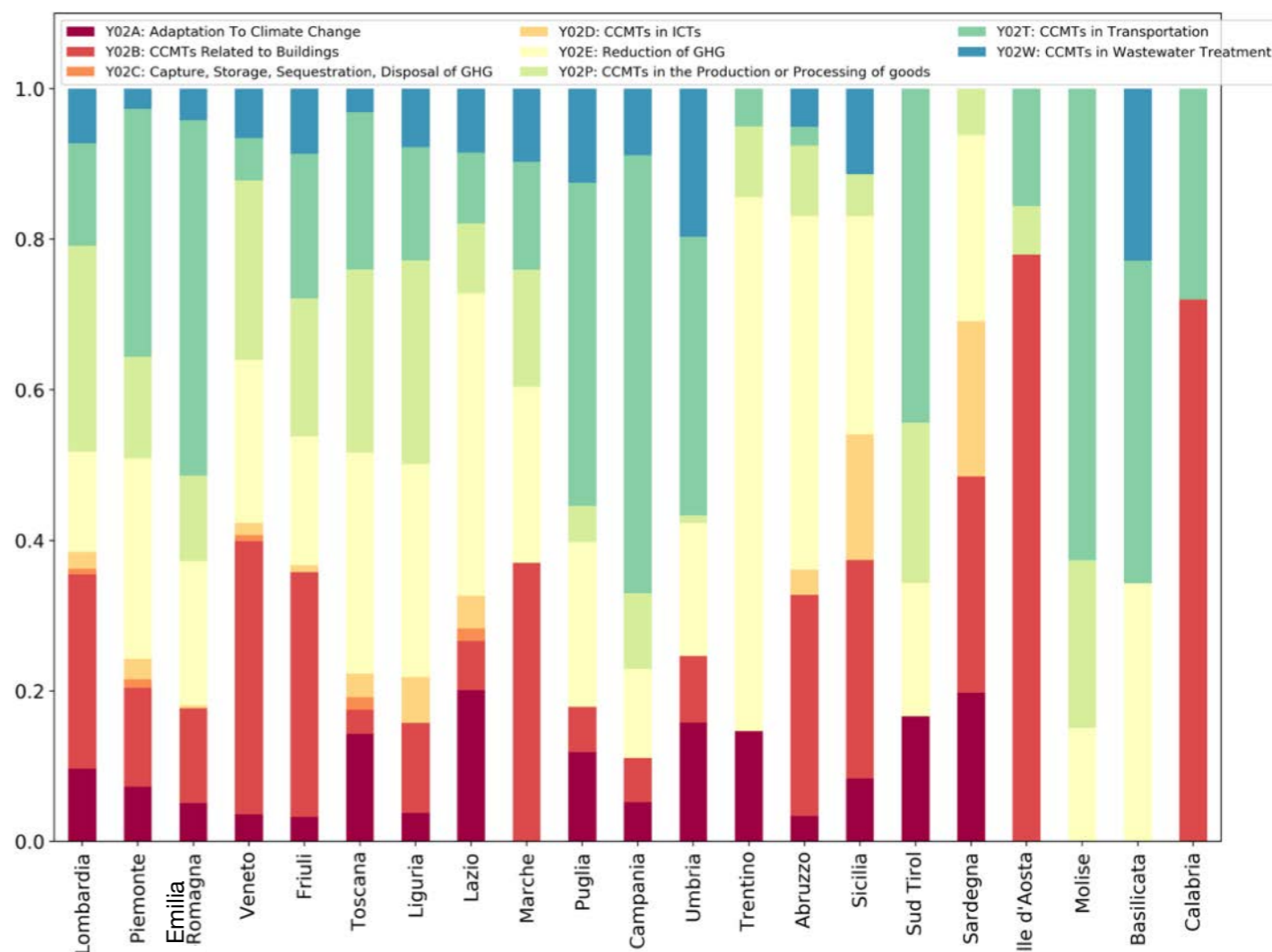
Composizione del portafoglio e crescita brevetti verdi in Italia

- Italia molto sviluppata e diversificata tecnologicamente, ma profonde disparità regionali
- Competitività tecnologica più dinamica, maggiore spazio per il Sud: necessità di puntare a tecnologie in linea con il know-how italiano
- Si può puntare sui settori tecnologici non verdi con maggiore *Green Potential* (complementarietà con green tech): Construction, Chemistry, Electricity e Mechanical Engineering
- **Regioni con maggiore *Green Potential* (2016):** Molise, Lazio, Valle d'Aosta, Abruzzo, Puglia

Italian Regional Patenting Activity Growth, Y02 technologies (1998-2016)

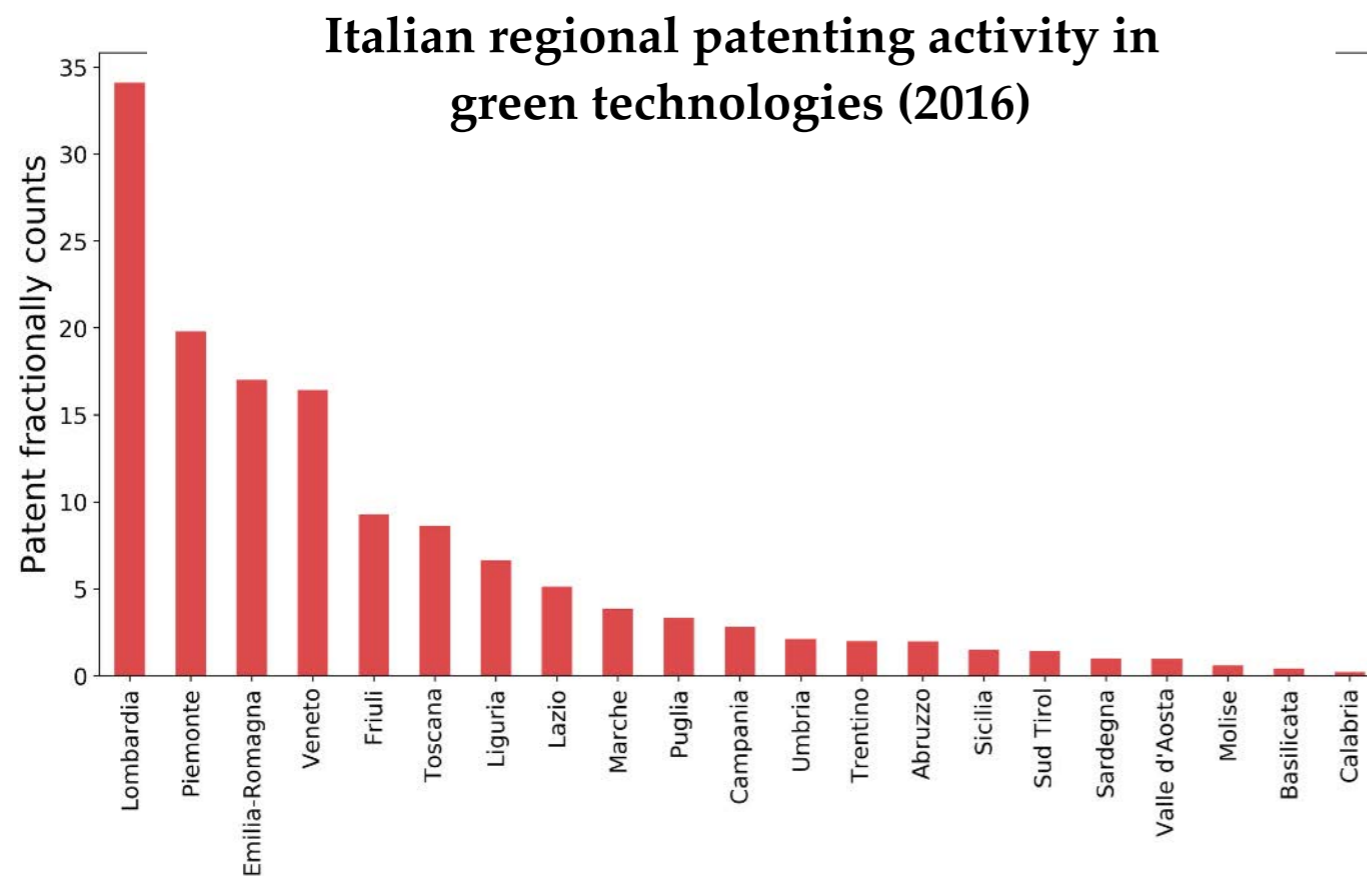


Italian Regional Patenting Activity Composition, Y02 technologies (2016)



- Crescita bassa patenting green (3% nel 1998, 7% nel 2016), ma non distribuito uniformemente sul territorio nazionale
 - > 5%: Valle d'Aosta (+28%), Marche (+9%), Puglia (+7%)
 - 4-5%: Sud Tirolo, Abruzzo, Trentino, Campania
 - +1-2%: Toscana, Emilia-Romagna, Veneto, Lombardia, Piemonte
 - < 1%: Umbria, Sicilia, Lazio, Calabria, Basilicata

L'attività brevettuale verde e la Green Technology Fitness delle regioni italiane



- In termini di volumi Lombardia, Piemonte ed Emilia Romagna e Veneto dominanti
- Ma mentre Lombardia ed Emilia Romagna in modo consistente nel primo quartile EU di GTF Piemonte e Veneto perdita di competitività
- Nonostante volumi più bassi, Toscana e Marche entrano nel primo quartile nel 2016: investimento in tecnologie complesse fa salire la GTF
- Campania stabile nel secondo quartile, entrata di Lazio e Sicilia (sebbene basso volume)
- Con volumi basse e no brevetti in ambiti complessi: Molise, Basilicata, Calabria, Sardegna, Trentino e Umbria ultimo quartile, ma diverso green potential in base a profili di specializzazione tecnologica

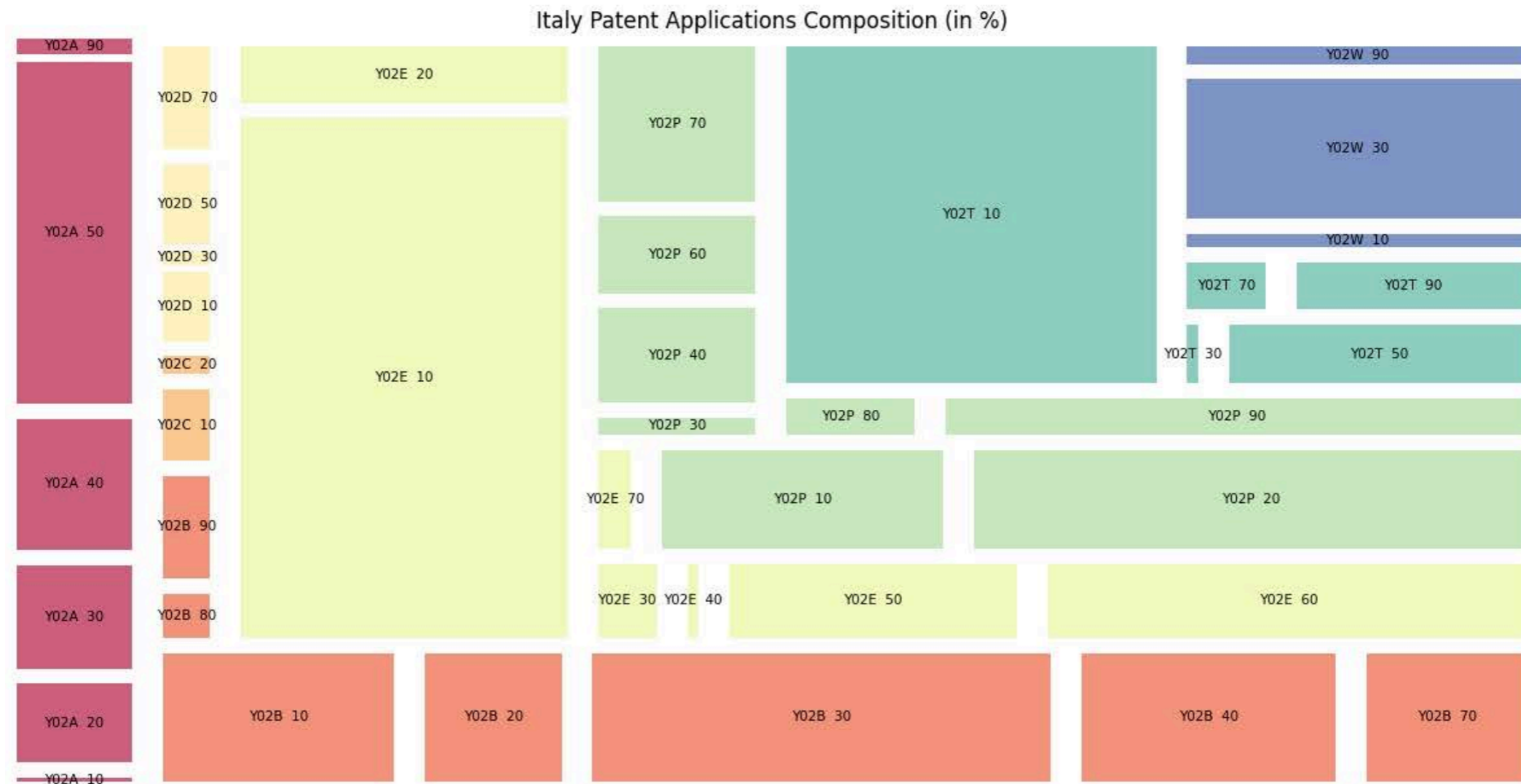
GTF Regioni italiane nel panorama europeo

2000	2016
Lombardia	Lombardia
Emilia-Romagna	Emilia-Romagna
Piemonte	Friuli-Venezia Giulia
Liguria	Toscana
Campania	Marche
Calabria	Piemonte
Veneto	Liguria
Friuli-Venezia Giulia	Campania
Toscana	Sicilia
Molise	Lazio
Basilicata	Abruzzo
Sicilia	Puglia
Sardegna	Sud Tirol
Trentino-Alto Adige	Veneto
Umbria	Molise
Marche	Basilicata
Lazio	Calabria
Abruzzo	Sardegna
Puglia	Trentino-Alto Adige
Sud Tirol	Umbria

1° quartile
 3° quartile
 2° quartile
 4° quartile

Composizione del portafoglio tecnologico verde italiano

- Crescita bassa nel patenting green, ma non distribuito uniformemente tra gli ambiti tecnologici...



9% **Y02A: Technologies for adaptation to climate change**

15% **Y02B: Climate change mitigation technologies in buildings**

0,8% **Y02C: Capture, storage, sequestration or disposal of greenhouse gases [GHG]**

11% **Y02D: Climate change mitigation technologies in information and communication technologies [ICT]**

27% **Y02E: Reduction of greenhouse gases [GHG] emissions, related to energy generation, transmission or distribution**

16% **Y02P: Climate change mitigation technologies in the production or processing of goods**

17% **Y02T: Climate change mitigation technologies related to transportation**

6% **Y02W: Climate change mitigation technologies related to wastewater treatment or waste management**

Y02E – Reduction of Greenhouse Gas in Energy Generation, Transmission, Distribution

Y02E 10 – Energy generation through renewable energy sources

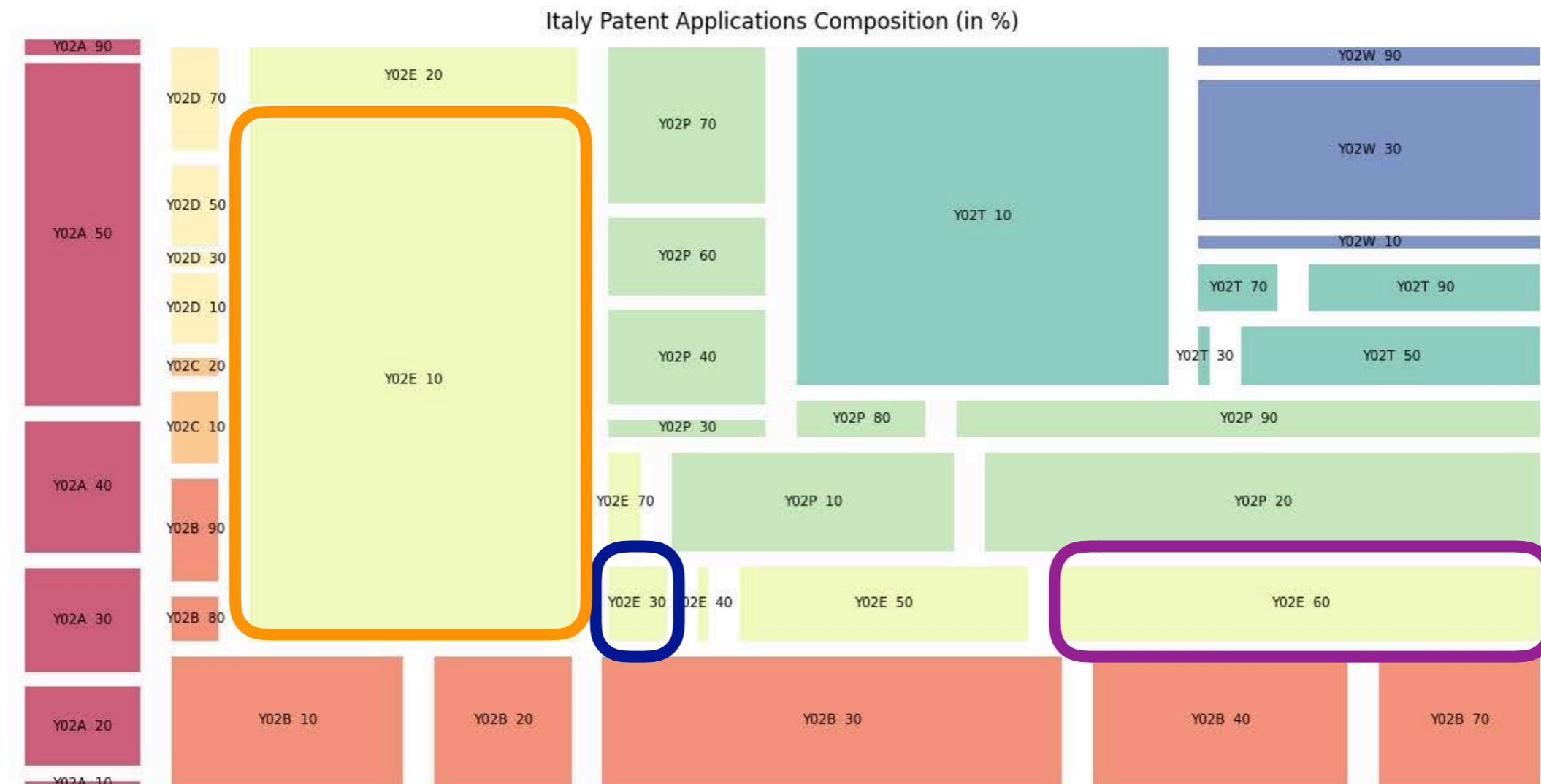
- Complessità 43/43, ↓
- 16,5% sul patenting italiano in Y02
- RCA=1, vantaggio comparato rispetto alle altre economie OECD

Y02E 30 – Energy generation of nuclear origin

- Complessità 23/43, ↓
- 0,7% sul patenting italiano in Y02
- RCA=0, no vantaggio comparato rispetto alle altre economie OECD

Y02E 50 – Technologies for the production of fuel of non-fossil origin

- Complessità 42/43, ↑
- 2,5% sul patenting italiano in Y02
- RCA=1, vantaggio comparato rispetto alle altre economie OECD



Possibilità di specializzazione in ciò che già “sai fare bene”:

entrare nella corsa green puntando a tecnologie mature, in linea con il know-how italiano pre-esistente

Conclusioni

- Valutazione empirica delle *capabilities* tecnologiche verdi delle regioni europee e della loro interazione con i sistemi di innovazione regionali non verdi, identificazione regioni alla frontiera, tramite indici di:
 - **Green Technology Fitness e Technology Fitness**: competitività dei profili di specializzazione tecnologica regionali verdi e non verdi
 - **Green potential of the non-green knowledge space**: individuazione delle tecnologie non verdi più connesse con i sistemi di innovazione verdi e di quali *knowledge space* regionali hanno maggiore potenzialità nel verde
- Grandi disparità regionali: *capabilities* verdi avanzate nell'Europa centrale e occidentale, con Germania leader e Francia a seguire
- Poche regioni in grado di brevettare negli ambiti più complessi, *capabilities* locali essenziali
- Le *green capabilities* complementari al know-how non verde, il catch-up può avvenire puntando alla complementarità o imitazione in campi tecnologici maturi
- Italia:
 - Competitività tecnologica più dinamica di quella produttiva, maggiore spazio per il Sud: necessità di puntare a tecnologie in linea con il know-how italiano, es. rinnovabili vs carbon capture o nucleare
 - Indietro nel verde, ma alcune regioni nel top europeo: nel 1° quartile eccellenti in modo consistente (Lombardia, Emilia Romagna) e in crescita (Marche e Toscana), nel 2° emergenti (Lazio, Campania, Sicilia)
- Importanza di un approccio:
 - **bottom-up** in grado di cogliere elementi dinamici, interazioni, meccanismi di feedback etc
 - **strutturale** in cui profili di specializzazione regionale **per individuare le competenze tecnologiche** vs i volumi di brevetti
 - radicato nella **geografia economica** che veda come diversi territori sono equipaggiati per l'adattamento e la mitigazioni ai cambiamenti climatici
 - rilevante per informare le **politiche industriali regionali** e identificare i *winners & losers* verso cui orientare le politiche di coesione territoriale europee

Prossimi Passi

- *Raw materials for the sustainable transition*: analisi testuale nei brevetti verdi, con focus su materie prime, in particolare minerali (con D. Consoli, F. De Cunzo, F. Perruchas, N. Barbieri)
- *Green Technology- Sectoral Employment network*: Analisi dell'impatto occupazionale di singole tecnologie in singoli settori industriali (con E. Pugliese, L. Napolitano)
- *The feasible possibilities for Italy in the sustainable transition*: Studio dettagliato delle possibilità green dell'Italia (con G. Dosi, A. Roventini, F. Barca, A. Patelli, D. Mazzilli, L. Pietronero)
- *Environmental Scientific Research - Green Technology - Exported Product multi-layer network*: interplay ricerca in materie ambientali ed energetiche con brevetti verdi e produzione, con special focus su disuguaglianze nella ricerca scientifica (con A. Gabrielli, A. Patelli, G. Cimini)
- *Multidimensional Sustainable Growth Forecasting*: previsioni della crescita dei paesi, considerando capabilities produttive, scientifiche, tecnologiche verdi e non verdi (con D. Mazzilli)
- *Green Product Space*: analisi della *relatedness* tra diversi prodotti con ML e metodologie di network, con nuova classificazione prodotti verdi COMTRADE (con A. Zaccaria, G. Albora)

Grazie della vostra attenzione!

angelica.sbardella@cref.it