



National Biodiversity Protection Index

Indice

1	Introduzione	1
2	Dataset	2
2.1	Stock	2
2.2	Pressure	5
2.3	Response	8
3	Metodologia	12
3.1	Analisi dei dati	12
3.2	Sintesi dell'indice	12
3.3	Penalizzazione dei dati mancanti	13
4	Risultati	16
4.1	Ranking	16
4.2	Confronto Temporale	27
4.3	Analisi dei Drivers	31
5	Conclusioni	36
	Bibliografia	37

1 Introduzione

La biodiversità rappresenta la straordinaria varietà della vita sulla Terra, comprendendo gli organismi viventi, gli ecosistemi di cui fanno parte e le loro interazioni. Essa non si limita a una semplice somma di specie, ma include la complessità delle relazioni tra organismi e ambiente, fondamentali per il mantenimento degli equilibri ecologici. Esempi concreti di questa ricchezza sono le foreste tropicali, che ospitano milioni di specie e regolano il clima globale; le zone umide, essenziali per la purificazione delle acque e la mitigazione dei cambiamenti climatici; gli oceani, che sostengono la pesca e proteggono le coste. Ogni ecosistema, per quanto diverso, contribuisce al benessere umano e rappresenta una risorsa fondamentale per le società globali [1].

Dalla letteratura scientifica emerge un consenso sull'importanza di comprendere e monitorare lo stato della biodiversità, le pressioni che la minacciano e le risposte che si possono adottare per preservarla. Diversi studi suggeriscono che per catturare la complessità di questo fenomeno sia necessario analizzare variabili multiple, come la densità delle specie presenti, la percentuale di specie endemiche, la copertura degli habitat e il grado di frammentazione degli ecosistemi [1, 2]. Allo stesso tempo, fattori come il cambiamento d'uso del suolo, l'intensità delle pressioni antropiche e il consumo di risorse naturali contribuiscono significativamente al declino della biodiversità a livello globale [3].

Le conseguenze della perdita di biodiversità non sono limitate agli ecosistemi, ma si riflettono profondamente sulle economie e sulle società. La dipendenza umana dai servizi ecosistemici è evidente in molti settori: l'agricoltura si basa sugli impollinatori naturali, che stanno declinando rapidamente a causa dell'uso intensivo di pesticidi e della frammentazione degli habitat. La pesca, fonte primaria di sostentamento per milioni di persone, è minacciata dalla sovrapesca e dal degrado degli ecosistemi marini [4]. Questi effetti non solo destabilizzano le economie locali, ma aumentano le disuguaglianze sociali, soprattutto nelle comunità più vulnerabili [2].

A livello globale, la perdita di biodiversità è associata a rischi economici rilevanti, poiché una parte significativa delle attività economiche dipende direttamente o indirettamente dai servizi ecosistemici [1, 5]. La riduzione della produttività agricola, l'incremento dei disastri naturali dovuti alla deforestazione e l'erosione costiera provocata dalla distruzione delle barriere coralline sono solo alcune delle conseguenze che aggravano la fragilità economica di molte nazioni. Oltre agli impatti economici, questa crisi contribuisce a creare instabilità sociale, favorendo conflitti per l'accesso alle risorse e migrazioni forzate [6, 7].

Per affrontare questa complessità, l'indice che proponiamo si pone l'**obiettivo di valutare in modo sistematico e comparabile lo stato della biodiversità, le pressioni esercitate sugli ecosistemi e l'efficacia delle risposte adottate dai diversi Paesi**. Attraverso un approccio integrato e basato su evidenze scientifiche, l'indice consente di comprendere nel dettaglio le dinamiche che influenzano la biodiversità a livello nazionale e globale.

2 Dataset

L'analisi della conservazione e protezione nazionale della biodiversità si basa su un framework concettuale strutturato intorno a tre variabili fondamentali: *Stock*, *Pressure* e *Response*. Queste variabili, sviluppate a partire dalla letteratura scientifica e dai metodi analitici descritti nei lavori di *Reyers et al.* [7] e, successivamente, da *Rudzkiene et al.* [4], permettono di comprendere in modo sistematico lo stato della biodiversità, le minacce che la influenzano e le risposte attivate per tutelarla. Tale approccio garantisce una visione integrata e approfondita, essenziale per interpretare le dinamiche complesse tra ecosistemi, pressioni antropiche e strategie di gestione.

- La variabile **Stock (ST)** si riferisce alla quantità e alla qualità del capitale naturale esistente in un dato contesto geografico. Essa rappresenta lo stato attuale degli ecosistemi e delle loro componenti biotiche, includendo aspetti quali la varietà delle specie, la salute degli habitat e l'integrità ecologica. Le risorse naturali, intese come biodiversità, foreste, acqua dolce e suolo fertile, costituiscono la base per il funzionamento degli ecosistemi e per il supporto alle attività umane.
- La variabile **Pressure (PR)**, invece, cattura le forze di stress esercitate sugli ecosistemi e sulla biodiversità, analizzando i fattori causati dall'attività umana e dai processi naturali che compromettono la stabilità e la resilienza degli habitat. Questi impatti possono derivare da fenomeni quali cambiamenti climatici, inquinamento, urbanizzazione e attività agricole intensive. La misurazione di questa variabile è cruciale per identificare i rischi e le minacce che minano la capacità degli ecosistemi di fornire i loro servizi essenziali.
- La variabile **Response (RE)** valuta le azioni intraprese da governi, istituzioni e altri attori per contrastare le pressioni sulla biodiversità e promuoverne la conservazione. Questa variabile riflette gli sforzi istituzionali, le politiche pubbliche e le risorse allocate a livello nazionale per la protezione ambientale. Essa rappresenta la capacità di un sistema socio-ecologico di adattarsi e rispondere in modo efficace ai cambiamenti e alle sfide che lo interessano.

Le tre variabili, strettamente interconnesse, offrono una prospettiva completa sullo stato della biodiversità e sulle sue dinamiche. Questo approccio sistematico e basato su evidenze consente di individuare priorità e strategie operative per preservare il capitale naturale in modo sostenibile.

2.1 Stock

Per analizzare la ricchezza di biodiversità a livello nazionale, sono stati individuati specifici indicatori capaci di rappresentare la disponibilità di risorse naturali e la diversità biologica degli ecosistemi. Questi indicatori offrono una misura della quantità e varietà di risorse biologiche

presenti, con valori elevati che indicano una maggiore abbondanza e qualità delle risorse naturali disponibili.

Ricchezza di specie

La ricchezza di specie è un parametro fondamentale per valutare la biodiversità, che riflette la varietà di organismi presenti in un territorio e permette di misurare direttamente la complessità e la salute degli ecosistemi.

Questo indicatore è sintetizzato come la media dei due elementi seguenti:

- **Specie endemiche**

La percentuale di specie endemiche misura quante specie presenti in una nazione siano uniche di quel territorio e non si trovino altrove nel mondo. Questo indicatore si calcola analizzando le specie endemiche tramite fonti scientifiche e studi sulla distribuzione geografica, confrontando la loro presenza limitata al paese con il totale delle specie documentate nel territorio nazionale. La rilevanza di questo parametro risiede nella sua capacità di evidenziare l'unicità del patrimonio naturale di una nazione e il valore ecologico dei suoi ecosistemi. Una percentuale elevata di specie endemiche riflette una biodiversità ricca e unica, rappresentando un valore ecologico e territoriale di grande importanza.

- **Mean Species Abundance (MSA)**

Il Mean Species Abundance (MSA), proposto nell'ambito del modello GLOBIO [8], è un indicatore che misura lo stato delle popolazioni di specie in un ecosistema confrontandolo con uno stato di riferimento "naturale". Per stato naturale si intende una condizione in cui l'ecosistema non è stato alterato da attività umane, come l'agricoltura, la deforestazione o l'urbanizzazione. Un valore elevato di MSA indica che le popolazioni di specie presenti sono simili, per numero e distribuzione, a quelle che ci si aspetterebbe in condizioni naturali. Al contrario, un valore basso segnala che molte specie sono scomparse o che le loro popolazioni sono drasticamente ridotte rispetto a quanto sarebbe normale in assenza di interventi umani. Questo parametro aiuta a capire non solo se un ecosistema ospita molte specie, ma anche se le popolazioni sono in equilibrio e ben distribuite nel loro habitat. Il calcolo dell'MSA considera l'impatto di diversi fattori che mettono sotto pressione gli ecosistemi, come i cambiamenti climatici, la frammentazione del territorio e l'inquinamento. Attraverso l'elaborazione di dati scientifici, vengono stabilite relazioni quantitative che descrivono l'effetto di queste pressioni sull'abbondanza delle specie. Queste informazioni sono combinate con dati spaziali, generando mappe che rappresentano l'integrità della biodiversità, con valori che variano da 0 (assenza totale di biodiversità originaria) a 1 (biodiversità intatta). Questo approccio consente di quantificare in modo sintetico l'impatto delle attività umane sugli ecosistemi, fornendo un'indicazione chiara dello stato ecologico di un territorio.

Data Sources

I dati relativi alle specie endemiche, riferiti al 2024, sono tratti da *World Bank Group* [9].

I dati relativi all'indice Mean Species Abundance, riferiti al 2023, sono tratti da *GLOBIO* [10].

Species Habitat Index (SHI)

Il Species Habitat Index misura la percentuale di habitat idoneo per le specie rimasto intatto rispetto al 2001. Questo indicatore fornisce un quadro chiaro dello stato attuale degli ecosistemi, mostrando quanto territorio sia ancora in grado di sostenere la varietà biologica originaria.

L'SHI si basa su un confronto temporale che integra dati relativi alla copertura del suolo e all'uso del territorio, insieme alla distribuzione delle specie. In particolare, vengono analizzati cambiamenti nella struttura e nella funzionalità degli habitat attraverso immagini satellitari, modelli di uso del suolo e dati biologici locali.

L'indicatore, tenendo conto della quantità e della qualità degli habitat rimanenti, fornisce una misura oggettiva del loro ruolo nella conservazione della biodiversità.

Data Sources

I dati relativi allo Species Habitat Index, riferiti al 2024, sono tratti da *EPI* [3].

Aree forestali

La percentuale di aree forestali rappresenta il rapporto tra la superficie forestale di un territorio e l'intera superficie terrestre della nazione. Questo indicatore include terreni coperti da alberi naturali o piantati con un'altezza minima di cinque metri, escludendo quelli presenti in sistemi agricoli.

Questi ecosistemi sono essenziali per il mantenimento della biodiversità, fungendo da habitat per una straordinaria varietà di specie e favorendo la conservazione di equilibri ecologici fondamentali.

Oltre a ospitare una vasta gamma di flora e fauna, le foreste supportano la connettività ecologica, garantendo spazi in cui le specie possono migrare, riprodursi e adattarsi a pressioni ambientali.

Misurare questa percentuale aiuta a comprendere quanto un territorio sia in grado di preservare la propria ricchezza biologica e a individuare le aree critiche per interventi di conservazione. Una copertura forestale elevata non solo riflette una maggiore capacità di sostenere biodiversità, ma costituisce anche un indicatore chiave dello stato di salute generale degli ecosistemi.

Data Sources

I dati relativi alle aree forestali, riferiti al 2021, sono tratti da *Our World In Data* [11].

Risorse rinnovabili di acqua dolce

Le risorse rinnovabili di acqua dolce rappresentano il volume complessivo di acqua generata da fonti interne, come precipitazioni, fiumi e falde acquifere, disponibile in un determinato Paese. Queste risorse costituiscono la base per il sostentamento degli ecosistemi terrestri e acquatici, influenzando direttamente la biodiversità attraverso il supporto di specie, habitat e interi cicli ecologici.

Il calcolo delle risorse rinnovabili di acqua dolce si basa sulla stima delle precipitazioni annue medie, meno l'evaporazione e il deflusso verso Paesi limitrofi, ottenendo una misura della disponibilità interna netta. Questo indicatore riflette la capacità di un territorio di garantire un flusso costante di acqua dolce per soddisfare i bisogni ecologici e biologici, oltre a quelli umani. È particolarmente utile per individuare aree con scarsità idrica che potrebbero mettere a rischio la stabilità degli ecosistemi e, di conseguenza, la ricchezza di biodiversità.

L'acqua dolce è essenziale per la sopravvivenza di specie acquatiche, per il mantenimento degli habitat umidi e per sostenere processi vitali come la rigenerazione delle foreste, la conservazione delle zone umide e la produttività agricola. Una disponibilità elevata di risorse rinnovabili di acqua dolce è un indicatore chiave della capacità di un Paese di mantenere ecosistemi resilienti e biodiversi, mentre valori bassi possono segnalare rischi per la sopravvivenza delle specie e l'equilibrio ecologico.

Data Sources

I dati relativi alle risorse di acqua dolce, riferiti al 2021, sono tratti da *Our World In Data* [12].

2.2 Pressure

Per valutare le minacce che gravano sulla biodiversità a livello nazionale, sono stati identificati specifici indicatori in grado di quantificare l'impatto delle pressioni esercitate sugli ecosistemi. Questi indicatori evidenziano i fattori che contribuiscono significativamente alla perdita di biodiversità, con valori elevati indicativi di un impatto negativo più marcato sugli ecosistemi naturali.

Utilizzo di pesticidi

L'utilizzo di pesticidi misura l'intensità con cui queste sostanze chimiche vengono impiegate in un Paese, rappresentando uno degli indicatori principali per valutare le pressioni esercitate dalle pratiche agricole sull'ambiente. Include tutte le categorie di pesticidi, come erbicidi, insetticidi e fungicidi, utilizzate per proteggere le colture da parassiti e malattie.

Il calcolo si basa sui dati annuali relativi al consumo totale di pesticidi, espresso in tonnellate, e li rapporta alla superficie complessiva del territorio nazionale, espressa in chilometri quadrati. Questa standardizzazione permette di confrontare l'uso di pesticidi tra Paesi di diversa estensione

territoriale, fornendo una misura oggettiva e comparabile dell'intensità di utilizzo.

L'utilizzo intensivo di pesticidi rappresenta una delle principali minacce alla biodiversità. Queste sostanze possono contaminare il suolo, le acque e l'aria, con effetti tossici diretti su molte specie, inclusi impollinatori e organismi benefici per l'agricoltura. Inoltre, contribuiscono alla perdita di habitat e alterano gli equilibri naturali degli ecosistemi, compromettendo la loro capacità di sostenere la vita.

Data Sources

I dati relativi all'utilizzo di pesticidi e alla superficie geografica delle nazioni, riferiti al 2022, sono tratti da *Our World In Data* [13, 14].

Cambiamento climatico

Il cambiamento climatico è un indicatore che misura la variazione della temperatura superficiale media annua in un Paese rispetto ai valori storici di riferimento. Questo parametro fornisce una visione chiara delle alterazioni climatiche locali, permettendo di valutare l'impatto crescente dei cambiamenti globali su scala regionale e nazionale. L'aumento delle temperature, combinato con variazioni nei modelli climatici, rappresenta una pressione crescente sugli ecosistemi naturali.

Il calcolo dell'indicatore si basa su dati raccolti da stazioni meteorologiche nazionali e internazionali, che monitorano le temperature medie annue. Questi valori vengono confrontati con una media storica, generalmente calcolata su un periodo di riferimento pluridecennale, per evidenziare l'entità e la direzione del cambiamento climatico in atto in ciascun Paese.

L'alterazione del clima ha conseguenze profonde sulla biodiversità, imponendo adattamenti rapidi alle specie, spesso compromettendone la sopravvivenza. Tra gli effetti principali si registrano migrazioni verso aree con condizioni più favorevoli, variazioni nei cicli di vita delle specie e perdita di habitat. Gli ecosistemi subiscono destabilizzazioni che riducono la loro capacità di sostenere comunità biologiche diversificate. Questo indicatore è quindi cruciale per misurare la pressione esercitata dai cambiamenti climatici sulla biodiversità e per comprendere le sfide che ecosistemi e specie devono affrontare.

Data Sources

I dati relativi al cambiamento climatico, riferiti al 2024, sono tratti da *FAO* [15].

Specie a rischio

La percentuale di specie a rischio rappresenta la quota di specie che, secondo la classificazione della IUCN Red List [16], sono considerate *Vulnerable*, *Endangered* o *Critically Endangered*, rispetto al totale delle specie valutate. Questo indicatore offre una fotografia sintetica dello stato di vulnerabilità della biodiversità in un territorio, mostrando quante specie sono attualmente

minacciate di estinzione a causa di pressioni ambientali e antropiche.

Il calcolo di questa percentuale si basa sull'elenco ufficiale delle specie valutate dalla IUCN Red List, il più autorevole database globale che documenta lo stato di conservazione delle specie animali e vegetali. Innanzitutto, vengono considerate solo le specie effettivamente valutate dalla IUCN, escludendo quelle per le quali non è stato possibile definire lo stato di conservazione. Tra queste, si identifica la frazione classificata come Vulnerable, Endangered o Critically Endangered, e si calcola la proporzione rispetto al totale delle specie esaminate. Questo metodo garantisce un risultato comparabile e standardizzato tra Paesi, fornendo un quadro chiaro dell'entità delle minacce sulla biodiversità.

L'importanza di questo indicatore è cruciale per comprendere il livello di pressione che grava sugli ecosistemi. Una percentuale elevata di specie a rischio indica non solo una situazione critica per la biodiversità, ma suggerisce anche che il territorio potrebbe essere soggetto a fattori di degrado ambientale come deforestazione, inquinamento, cambiamenti climatici o introduzione di specie invasive. Inoltre, questo dato serve come campanello d'allarme per identificare le specie e gli habitat che richiedono interventi prioritari di conservazione. Fornisce, infine, un quadro utile a misurare il successo o il fallimento delle politiche di tutela ambientale nel tempo.

Data Sources

I dati relativi alle specie a rischio, riferiti al 2023, sono tratti da *IUCN* [17].

Croplands and Buildings Inside Protected Areas (CBPA)

L'indice di Croplands and Buildings Inside Protected Areas misura la percentuale dell'area totale protetta in un Paese che risulta occupata da terreni coltivati ed edifici. Questo indicatore valuta il livello di interferenza umana nelle aree protette, fornendo un parametro chiave per comprendere quanto le attività umane influiscano sulla capacità di queste zone di conservare la biodiversità. La presenza di terreni agricoli e infrastrutture riduce la continuità degli habitat naturali, frammenta gli ecosistemi e limita la capacità delle aree protette di sostenere specie e processi ecologici vitali. Il calcolo di questo indice si basa sull'analisi della sovrapposizione tra le superfici delle aree protette e quelle occupate da coltivazioni o edifici. La superficie totale di queste sovrapposizioni viene poi rapportata all'estensione complessiva delle aree protette, producendo un valore percentuale che misura il livello di utilizzo umano all'interno di queste zone.

Questo indicatore è di fondamentale importanza per comprendere le sfide nella gestione delle aree protette. Una percentuale elevata segnala una pressione significativa da parte delle attività umane, che riduce l'efficacia di queste zone nel preservare gli habitat naturali e le specie. Terreni coltivati ed edifici non solo sottraggono spazio agli ecosistemi naturali, ma possono anche introdurre disturbi, come inquinamento e specie invasive, che compromettono ulteriormente l'equilibrio ecologico.

Data Sources

I dati relativi all'indice Croplands and Buildings Inside Protected Areas, riferiti al 2024, sono tratti da *EPI* [3].

2.3 Response

Per analizzare l'impegno degli Stati nella tutela della biodiversità, sono stati selezionati specifici indicatori che riflettono le azioni adottate e le politiche implementate. Questi indicatori permettono di misurare in modo dettagliato le risposte nazionali alle sfide legate alla conservazione degli ecosistemi, dove valori più elevati indicano un maggiore livello di attenzione ed efficacia negli interventi per la protezione della biodiversità.

Key Biodiversity Area Protection

Il Key Biodiversity Area Protection Index misura il livello di protezione garantito alle Key Biodiversity Areas (KBA), siti di importanza critica per la conservazione della biodiversità globale. Le Key Biodiversity Areas vengono identificate sulla base della presenza di specie, ecosistemi o processi ecologici particolarmente rilevanti, ma non sempre dispongono di uno status legale o di misure di gestione dedicate, distinguendosi così dalle aree protette formalmente istituite.

L'indice è ottenuto tramite media equipesata di due componenti principali:

- **Terrestrial Key Biodiversity Areas**

Misura la percentuale di KBA terrestri che ricadono in aree protette ufficiali, valutando il livello di protezione degli habitat cruciali per specie a rischio e per processi ecologici vitali.

- **Marine Key Biodiversity Areas**

Misura la percentuale di KBA marine protette nella zona economica esclusiva di un Paese, concentrandosi su ecosistemi marini sensibili, come le barriere coralline e le aree di riproduzione per specie vulnerabili.

Questo indicatore è essenziale per monitorare l'efficacia degli sforzi di conservazione globale. Una percentuale elevata segnala un forte impegno nella salvaguardia dei siti prioritari per la biodiversità, mentre un valore basso indica la necessità di azioni mirate per migliorare la protezione di questi habitat critici.

Data Sources

I dati relativi agli indici Terrestrial Key Biodiversity Areas e Marine Key Biodiversity Areas, riferiti al 2024, sono tratti da *EPI* [3].

Tasse ambientali

Le tasse ambientali rappresentano un indicatore della risposta di uno Stato alle sfide ambientali, misurando le entrate derivanti da imposte applicate a settori che influiscono sull'ambiente. Queste tasse si riferiscono a diversi ambiti, tra cui energia, trasporti, emissioni, sostanze inquinanti, gestione dei rifiuti, rumore, acqua, suolo, foreste, biodiversità, fauna e risorse ittiche. L'obiettivo principale è incentivare comportamenti più sostenibili, riducendo gli impatti negativi delle attività umane sugli ecosistemi.

Il calcolo di questo indicatore si basa sui dati relativi alle entrate fiscali raccolti da fonti ufficiali, come ministeri delle finanze o enti di statistica nazionali. Questi dati includono tutte le tasse ambientali applicate a beni e servizi che contribuiscono a danneggiare l'ambiente, sia direttamente che indirettamente. Le entrate vengono poi rapportate al Prodotto Interno Lordo (GDP) nazionale per ottenere un valore standardizzato che consente confronti tra Paesi, indipendentemente dalle loro dimensioni economiche o territoriali.

Questo indicatore fornisce una misura chiara dell'impegno di uno Stato nel promuovere pratiche sostenibili attraverso la leva fiscale, evidenziando quanto i costi ambientali vengano integrati nei prezzi di mercato.

Data Sources

I dati relativi alle tasse ambientali, riferiti al 2022, sono tratti da *OECD* [18].

Efficacia delle Aree Protette (PAE)

L'indice di efficacia delle aree protette (Protected Areas Effectiveness, PAE) mira a valutare in che misura le aree protette di un Paese contribuiscono realmente alla conservazione della biodiversità. Questo indicatore integra informazioni sulla qualità della protezione degli habitat e delle specie con la quantità effettiva di territorio destinato alla protezione, fornendo una misura completa dell'impatto delle aree protette sulla tutela della biodiversità.

È calcolato attraverso la combinazione dei seguenti indicatori:

– Terrestrial protected areas (TPA)

Le Terrestrial Protected Areas rappresentano la percentuale di territorio di un Paese che è legalmente designata come area protetta. Queste aree includono riserve scientifiche, parchi nazionali, riserve naturali e aree per uso sostenibile, ognuna con l'obiettivo di conservare habitat naturali, specie e processi ecologici cruciali. Le TPA riflettono l'impegno di un Paese nella tutela del proprio patrimonio naturale attraverso la protezione legale di specifiche porzioni di territorio. Il calcolo di questo indicatore si basa su dati ufficiali relativi alla superficie delle aree protette, raccolti da enti nazionali e internazionali e confrontati con la superficie totale del Paese. La proporzione risultante, espressa in percentuale, permette di

valutare il grado di protezione territoriale e consente confronti standardizzati tra Paesi con diverse dimensioni geografiche.

– **Protected Area Representativeness (PAR)**

L'indice Protected Area Representativeness misura quanto le aree protette terrestri di un Paese rappresentino la diversità ecologica del territorio, includendo habitat e processi ecologici chiave. Questo indicatore valuta la capacità delle aree protette di coprire in modo adeguato i diversi ecosistemi presenti, garantendo una tutela equilibrata e completa della biodiversità. Il calcolo si basa su un confronto tra la distribuzione ecologica delle aree protette e quella complessiva degli ecosistemi di un Paese. Attraverso dati cartografici e classificazioni ecologiche, l'indice analizza se la rete di aree protette include una rappresentanza sufficiente delle diverse tipologie di habitat presenti nel territorio. Il PAR è fondamentale per verificare che le politiche di conservazione non proteggano solo una porzione limitata di biodiversità, ma garantiscano una salvaguardia equa e bilanciata degli ecosistemi. Un valore elevato indica che la rete di aree protette è rappresentativa della varietà ecologica del Paese, mentre valori bassi suggeriscono la necessità di espandere la protezione per includere ecosistemi meno rappresentati o particolarmente vulnerabili.

– **Species Protection Index (SPI)**

Il Species Protection Index misura il grado di copertura delle aree protette terrestri di un Paese rispetto agli habitat naturali delle sue specie animali e vegetali. A differenza del PAR, che valuta la rappresentatività delle aree protette in termini di ecosistemi e processi ecologici, lo SPI adotta un punto di vista focalizzato sulle specie, analizzando specificamente la protezione offerta agli habitat necessari per la loro sopravvivenza. Il calcolo dello SPI si basa sull'analisi della distribuzione degli habitat naturali delle specie e la loro sovrapposizione con le aree protette. Questa sovrapposizione è espressa come percentuale, indicando quanto gli spazi essenziali per la sopravvivenza delle specie siano effettivamente tutelati. Questo approccio consente di misurare in modo preciso il livello di protezione diretto fornito alla biodiversità di un Paese. Lo SPI fornisce una prospettiva unica per valutare l'efficacia delle politiche di conservazione, mettendo in evidenza quanto le strategie attuali siano in grado di rispondere alle necessità specifiche delle specie. Un indice elevato segnala che gli habitat cruciali sono adeguatamente protetti, mentre valori bassi indicano lacune nella rete di protezione, richiedendo interventi più mirati per ampliare la tutela delle specie e dei loro habitat vitali.

La combinazione è espressa dalla formula:

$$PAE = \frac{PAR + SPI}{2} \cdot TPA.$$

Questa formula utilizza la media equi-pesata tra il PAR e lo SPI, poiché questi indicatori valutano aspetti complementari ma distinti della protezione, il primo focalizzandosi sulla rappresentatività degli ecosistemi, mentre il secondo sulla protezione diretta degli habitat delle specie. La media tra i due offre un'indicazione completa della qualità della protezione. Questo valore è poi moltiplicato per il TPA, che rappresenta la quantità effettiva di territorio destinato alla protezione, combinando così sia la qualità che l'estensione delle aree protette in un'unica misura sintetica.

Data Sources

I dati relativi alle aree protette terrestri, riferiti al 2024, sono tratti da *World Bank Group* [19].

I dati relativi agli indici Protected Area Representativeness e Species Protection Index, riferiti al 2024, sono tratti da *EPI* [3].

3 Metodologia

3.1 Analisi dei dati

Per la creazione di un indice sintetico che analizzi l'impegno delle nazioni nella conservazione e protezione della biodiversità, sono stati considerati 147 Stati, escludendo piccole isole e Stati autonomi. Questa selezione è stata effettuata al fine di garantire una rappresentatività adeguata, evitando che Paesi con caratteristiche peculiari o dimensioni estremamente ridotte influenzino in modo sproporzionato i risultati complessivi.

Gli indicatori descritti nelle sezioni precedenti, utilizzati per la costruzione dell'indice, sono stati sottoposti a un processo di winsorizzazione. Tale metodo statistico consente di attenuare l'impatto dei valori anomali (outlier), che potrebbero alterare i risultati finali. Gli outlier, spesso dovuti a condizioni eccezionali o a errori di misura, vengono sostituiti con soglie predefinite, preservando però l'integrità della distribuzione complessiva dei dati. Questo passaggio è essenziale per garantire la robustezza dell'indice e per ridurre al minimo eventuali distorsioni derivanti da valori estremi.

Successivamente, tutti gli indicatori sono stati scalati su un range standardizzato da 0 a 100. Questo processo ha lo scopo di uniformare le unità di misura degli indicatori, che in origine possono essere espressi in scale molto diverse. La standardizzazione consente di rendere gli indicatori pienamente comparabili, garantendo che ognuno di essi contribuisca in modo proporzionato al calcolo complessivo. Questa trasformazione mantiene le proporzioni relative dei valori originali, adattandoli a una scala comune senza modificarne le relazioni interne.

Per quanto riguarda il calcolo delle variabili aggregate *Stock* (ST), *Pressure* (PR) e *Response* (RE), queste sono state definite come la media equipesata degli indicatori specifici associati a ciascuna di esse, precedentemente descritti in dettaglio. L'uso di una media equipesata riflette l'intenzione metodologica di attribuire pari importanza a tutti gli aspetti rappresentati dagli indicatori inclusi. Tale scelta è motivata dalla necessità di assicurare che ogni sotto-indicatore contribuisca in modo equilibrato al risultato finale, evitando che una singola dimensione prevalga indebitamente sulle altre.

Queste metodologie garantiscono un approccio rigoroso e trasparente alla costruzione dell'indice, assicurando che esso sia robusto, affidabile e comparabile a livello internazionale, in grado di riflettere adeguatamente gli impegni delle nazioni nei diversi ambiti analizzati.

3.2 Sintesi dell'indice

L'indice proposto per valutare la protezione della biodiversità a livello nazionale, denominato ***National Biodiversity Protection Index (NBPI)***, è stato concepito per riflettere l'efficacia complessiva delle azioni intraprese dagli Stati. Si tratta di un adattamento metodologico dell'in-

dice proposto da *Reyers et al.* [7], con un'inversione nella logica di calcolo che mira a valorizzare gli aspetti positivi legati alla conservazione, piuttosto che concentrarsi esclusivamente sui rischi e sulle pressioni. La formulazione di questo indice è costruita attorno alla combinazione delle tre variabili fondamentali *Response* (RE), *Stock* (ST) e *Pressure* (PR), sintetizzate nella relazione

$$NBPI = \frac{RE \times ST}{PR}.$$

Il numeratore dell'indice, dato dal prodotto tra *Response* e *Stock*, rappresenta una misura complessiva che integra l'impegno di un Paese nella protezione della biodiversità con il patrimonio naturale a disposizione. Questa combinazione consente di riflettere l'interazione tra le risorse esistenti e le azioni adottate per conservarle, fornendo una visione d'insieme che considera entrambe le dimensioni in modo equilibrato.

Il denominatore, rappresentato dalla variabile *Pressure*, bilancia il contributo positivo di *Response* e *Stock*, introducendo nel calcolo l'influenza delle pressioni esercitate sugli ecosistemi. Questo approccio consente di valutare quanto l'impegno e la ricchezza naturale siano effettivamente in grado di contrastare le minacce ambientali.

La logica dell'indice è valutare come risorse naturali, politiche di protezione e pressioni ambientali si integrano. Valori elevati del *NBPI* indicano che un Paese è in grado di gestire efficacemente queste componenti, mentre valori bassi suggeriscono che le risorse o gli sforzi di protezione non sono sufficienti a contrastare le minacce ambientali.

Dopo aver calcolato il valore numerico del *NBPI*, le nazioni sono classificate in 19 classi, in analogia con la classificazione del rating ESG proprietario ARCA, che si estende da **AAA** a **CCC**. La categoria **AAA** rappresenta il massimo livello di protezione, indicando i Paesi con un forte impegno nella conservazione e una capacità efficace di contrastare le pressioni ambientali. La categoria **CCC**, al contrario, identifica i Paesi con i livelli più bassi di protezione, dove gli sforzi di conservazione e le risorse disponibili non sono sufficienti a fronteggiare le minacce ambientali. La scala comprende inoltre classi intermedie – **AAA-**, **AA+**, **AA**, **AA-**, **A+**, **A**, **A-**, **BBB+**, **BBB**, **BBB-**, **BB+**, **BB**, **BB-**, **B+**, **B**, **B-**, **CCC+** – che rappresentano una progressione continua dell'efficacia delle politiche di conservazione. Si considera una situazione accettabile per le nazioni a partire dal rating **BBB-** in su, mentre valori inferiori indicano livelli di protezione che richiedono interventi più incisivi per migliorare la salvaguardia della biodiversità.

3.3 Penalizzazione dei dati mancanti

Nel processo di costruzione del National Biodiversity Protection Index (*NBPI*), uno degli aspetti più complessi è rappresentato dalla gestione dei dati mancanti. La biodiversità è un tema ampio e interdisciplinare, e le informazioni che la descrivono provengono spesso da fonti eterogenee, con standard di raccolta dati diversi e livelli di completezza variabili. Ciò comporta che, per molti indicatori fondamentali, non tutte le nazioni dispongano di dati completi o aggiornati. Questo

potrebbe costituire un ostacolo significativo per una valutazione globale equa e rappresentativa. Tuttavia, escludere le nazioni con dati mancanti non sarebbe praticabile, in quanto ridurrebbe drasticamente il numero di paesi analizzati, compromettendo la validità complessiva dell'indice e la sua capacità di fornire una visione comparativa globale. Per affrontare questo problema, è stato adottato un approccio basato su un sistema di penalizzazione che consente di includere tutte le nazioni nel calcolo, tenendo conto delle lacune informative in modo proporzionale.

La penalizzazione viene applicata **prima della fase di sintetizzazione dell'indice complessivo**. Le penalità sono calcolate e integrate nei valori iniziali delle tre variabili (*Stock*, *Pressure* e *Response*) in modo da riflettere l'impatto delle lacune informative già a livello delle singole componenti. Solo dopo questa correzione, i valori delle variabili vengono combinati per costruire il *NBPI*, garantendo trasparenza ed equità nel confronto tra nazioni.

La penalizzazione applicata è direttamente legata alla disponibilità effettiva dei dati per ciascun indicatore, in modo che la penalità sia maggiore quando i dati sono più incompleti, ma mai eccessiva, soprattutto nei casi in cui le lacune siano diffuse a livello globale. Questo approccio evita sia una sovrastima che una sottovalutazione dell'impatto delle lacune. Il calcolo della penalità inizia a livello di singolo indicatore. Se per un determinato indicatore un paese dispone dei dati, la penalità è **nulla**. Al contrario, se il dato è mancante, la penalità è calcolata come:

$$\text{Penalità}_{\text{indicatore}} = \frac{\text{Nazioni con dati disponibili}}{\text{Totale delle nazioni}}.$$

Questa formula riflette il grado di disponibilità globale dell'indicatore: più è alta la proporzione di paesi con dati disponibili, maggiore sarà la penalità per i paesi con lacune. Di conseguenza, gli indicatori con una scarsa copertura globale avranno un impatto minore nel processo di penalizzazione.

Una volta calcolate le penalità per tutti gli indicatori, queste vengono aggregate per ciascuna delle tre variabili principali dell'indice: *Stock*, *Pressure* e *Response*. La penalità complessiva di una variabile è definita come la media delle penalità dei suoi indicatori:

$$\text{Penalità}_{\text{variabile}} = \frac{\sum_i \text{Penalità}_{\text{indicatore}_i}}{\# \text{indicatori}}.$$

L'effetto della penalità sul valore finale di ciascuna variabile varia in base alla sua natura. Per le variabili *Stock* e *Response*, dove valori più elevati indicano condizioni migliori per la biodiversità, la penalità riduce proporzionalmente il punteggio finale:

$$\text{Valore}_{\text{finale}} = \text{Valore}_{\text{originale}} \times (1 - \text{Penalità}_{\text{variabile}}).$$

Al contrario, per la variabile *Pressure*, che misura le pressioni negative sulla biodiversità, la penalità agisce in modo opposto, incrementando il valore finale per enfatizzare il rischio associato

all'incompletezza dei dati:

$$\text{Valore}_{\text{finale}} = \text{Valore}_{\text{originale}} \times (1 + \text{Penalità}_{\text{variabile}}).$$

Questo sistema garantisce che tutte le nazioni vengano incluse nel calcolo dell'indice, preservando la capacità di effettuare un'analisi globale. Inoltre, il metodo penalizza proporzionalmente le lacune informative, rendendole visibili e integrandole direttamente nei risultati, senza distorcere il significato complessivo dell'indice. Infine, il sistema premia implicitamente i paesi che dispongono di dati più completi e affidabili, incentivando una maggiore trasparenza e una migliore raccolta delle informazioni ambientali.

4 Risultati

4.1 Ranking

In questo capitolo vengono presentati i risultati dell'analisi condotta, con l'obiettivo di valutare l'impegno delle nazioni nella conservazione della biodiversità attraverso il National Biodiversity Protection Index (*NBPI*).

Partiamo dall'analisi delle tre variabili fondamentali – *Stock*, *Pressure* e *Response* – che contribuiscono alla costruzione dell'indice. Queste variabili sono rappresentate mediante mappe tematiche che permettono di visualizzare la distribuzione geografica dei valori: colori chiari indicano valori bassi e colori scuri valori elevati, offrendo una rappresentazione immediata delle differenze tra le nazioni.

La prima variabile, *Stock*, misura la ricchezza biologica intrinseca di ciascun paese, basata su fattori come la biodiversità delle specie e l'estensione degli ecosistemi naturali. I risultati mostrano valori particolarmente elevati in paesi come l'Australia, grazie alla sua vasta gamma di habitat unici e al numero significativo di specie endemiche, e il Brasile, caratterizzato dalla foresta amazzonica e dal suo ruolo come uno dei maggiori hotspot di biodiversità mondiale. Anche il Congo e la Papua Nuova Guinea emergono come nazioni con un'elevata ricchezza biologica, sostenuta dalle loro estese foreste tropicali. Al contrario, paesi come l'Arabia Saudita e i Paesi Bassi mostrano valori più bassi, riflettendo un paesaggio più antropizzato e una biodiversità intrinsecamente inferiore.

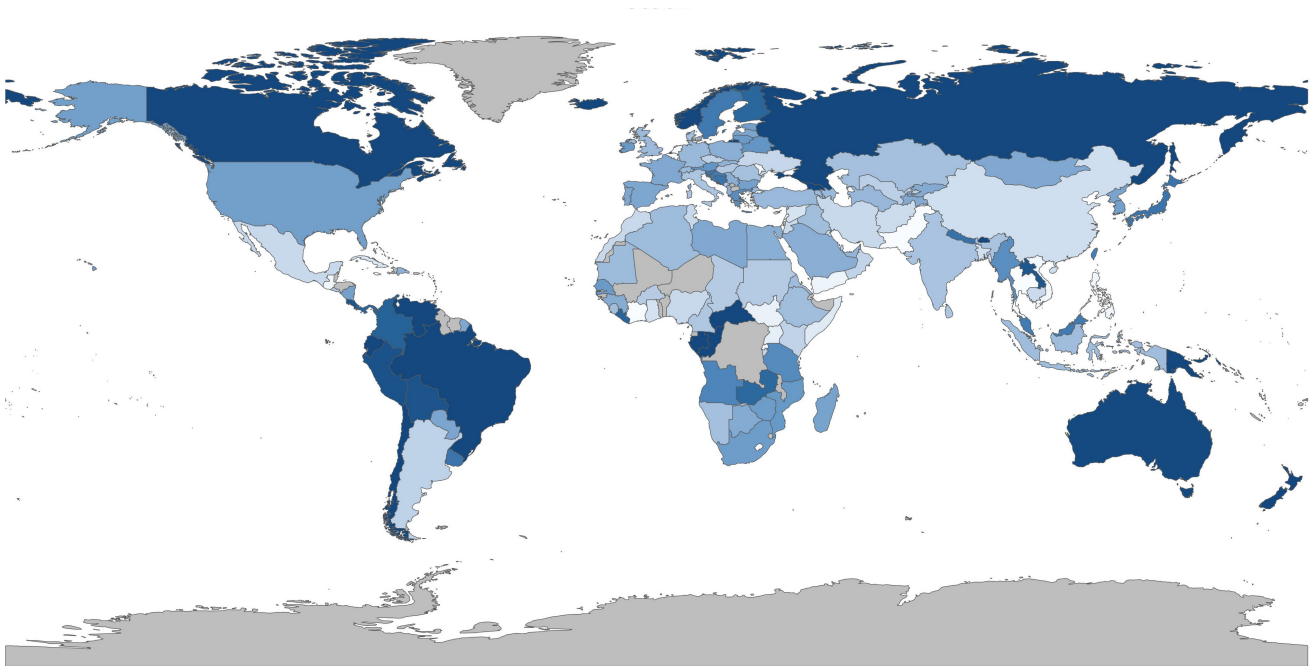


Figura 4.1: Mappa della variabile *Stock*: le zone più scure indicano valori più elevati, le zone più chiare valori più bassi.

La seconda variabile, *Pressure*, riflette l'intensità delle pressioni antropiche e naturali sugli ecosistemi, come l'espansione agricola, la deforestazione, l'urbanizzazione e l'inquinamento. I paesi con valori più elevati includono l'Indonesia e l'India, dove la rapida crescita demografica e lo sviluppo economico hanno avuto un impatto significativo sugli ecosistemi naturali. Anche il Vietnam e il Messico rientrano tra le nazioni con alti livelli di pressione, dovuti a una combinazione di sfruttamento delle risorse naturali e perdita di habitat. Di contro, paesi come la Norvegia e il Canada presentano valori più bassi, grazie alla loro bassa densità di popolazione, alla gestione sostenibile delle risorse e a un maggiore equilibrio tra sviluppo e conservazione.

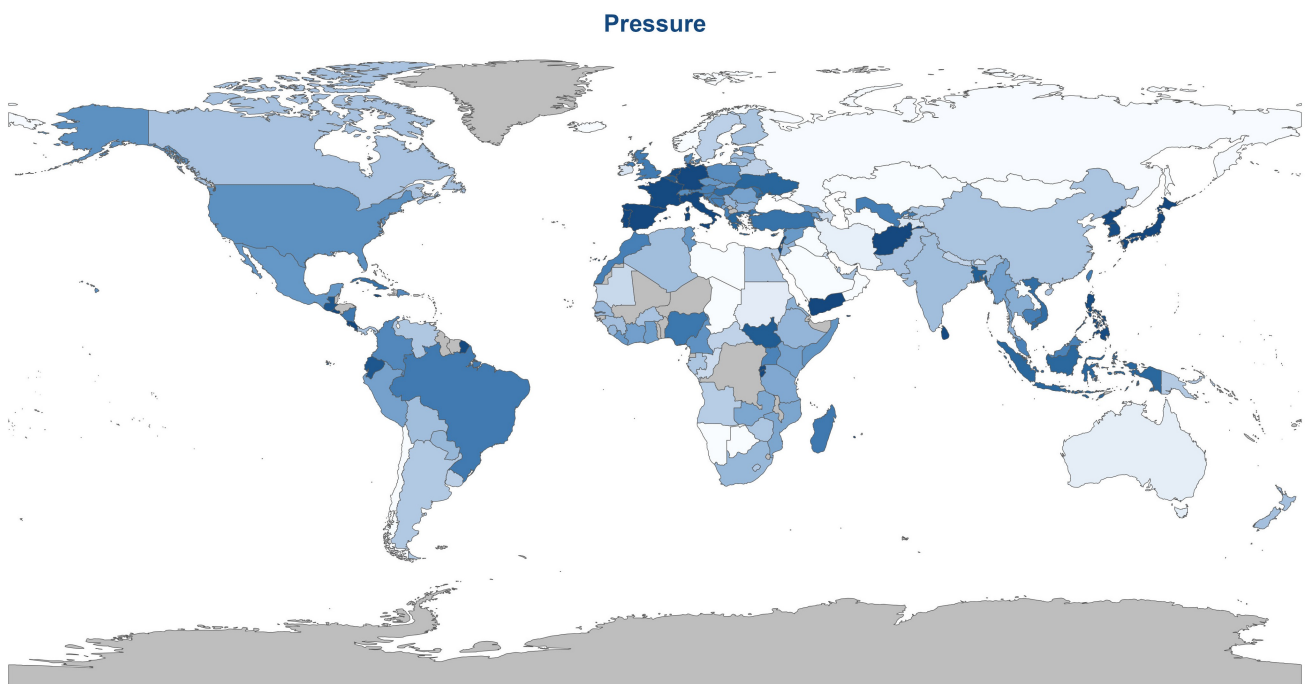


Figura 4.2: Mappa della variabile *Pressure*: le zone più scure indicano valori più elevati, le zone più chiare valori più bassi.

Infine, la variabile *Response* analizza l'efficacia delle politiche e delle azioni intraprese per la protezione della biodiversità. I risultati evidenziano valori alti in paesi come la Germania e il Costa Rica, che si distinguono per l'implementazione di politiche ambientali avanzate e per l'investimento in aree protette e progetti di conservazione. Anche il Botswana e la Finlandia emergono come esempi di nazioni che hanno intrapreso misure significative per preservare i loro ecosistemi. Al contrario, paesi come il Sudan e il Myanmar mostrano valori più bassi, riflettendo una capacità limitata di affrontare le sfide della conservazione a causa di risorse finanziarie e istituzionali insufficienti.

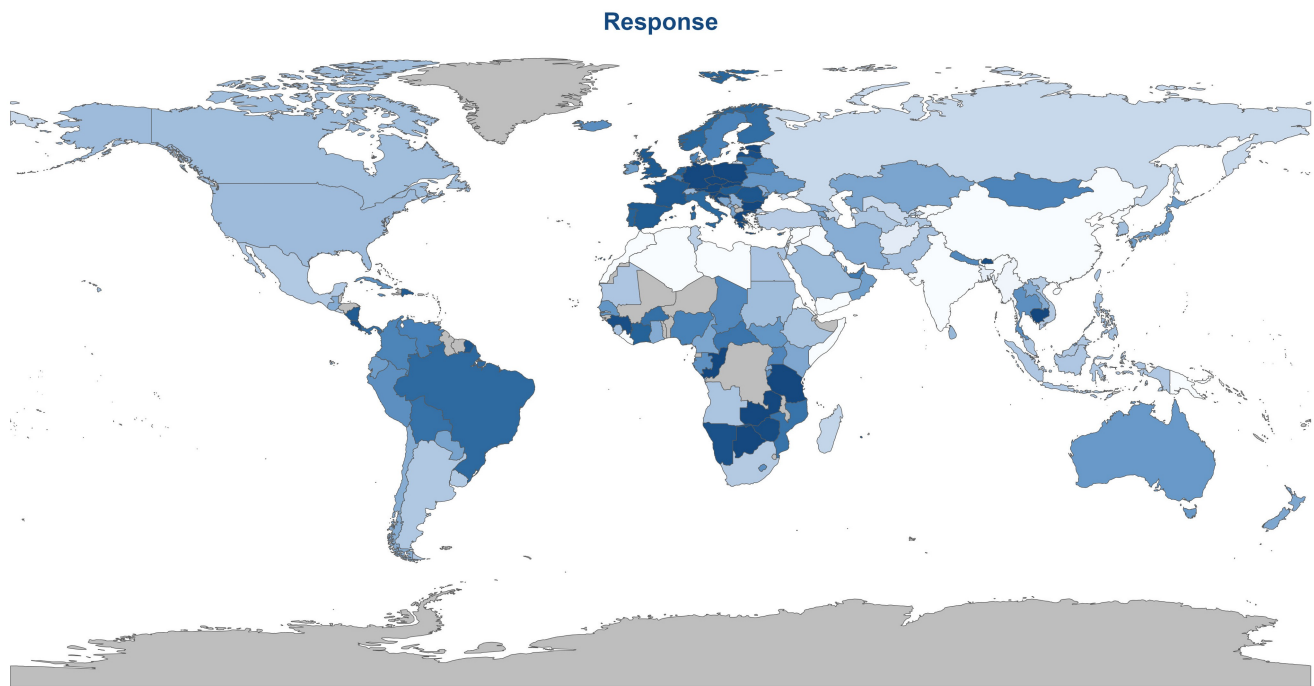


Figura 4.3: Mappa della variabile *Response*: le zone più scure indicano valori più elevati, le zone più chiare valori più bassi.

Presentiamo ora i risultati relativi alla classificazione globale delle nazioni secondo il *NBPI*. Questa analisi è articolata in due rappresentazioni fondamentali: una mappa mondiale (Figura 4.4) e una tabella dettagliata (Tabella 4.1). La mappa evidenzia visivamente la suddivisione delle nazioni nelle 19 classi di protezione – da AAA a CCC – utilizzando colori distinti per ciascuna classe, fornendo una visione immediata della distribuzione geografica delle performance. La tabella, invece, riporta un elenco ordinato delle nazioni in base al punteggio *NBPI*, organizzate per classe, consentendo un confronto diretto e dettagliato tra i paesi.

Dai risultati emerge una chiara correlazione tra i fattori ecologici, economici e politici che influenzano l'impegno e l'efficacia delle nazioni nella protezione della biodiversità. Le nazioni appartenenti alla classe AAA, come il Botswana e la Norvegia, si distinguono per l'elevata integrità dei loro ecosistemi e per politiche di conservazione avanzate, spesso accompagnate da un forte impegno istituzionale, dimostrando un equilibrio tra basse pressioni antropiche e una vasta copertura di aree protette.

Le nazioni nella classe AA+, come la Slovenia e la Tanzania, continuano a mostrare buoni risultati nella protezione della biodiversità, con politiche di conservazione solide e un bilancio favorevole tra le esigenze economiche e le risorse naturali da tutelare.

I Paesi appartenenti ai gruppi A+ e A, come la Nuova Zelanda, il Perù e la Germania, rappresentano paesi che, pur ottenendo rilevanti progressi in termini di conservazione, hanno bisogno di miglioramenti in alcune aree, come la gestione e l'allocazione delle risorse naturali.

Gli Stati classificati nella classe BBB+, tra cui la Danimarca e il Giappone, presentano una situazione più eterogenea, in cui gli sforzi di protezione sono influenzati da pressioni esterne e interne,

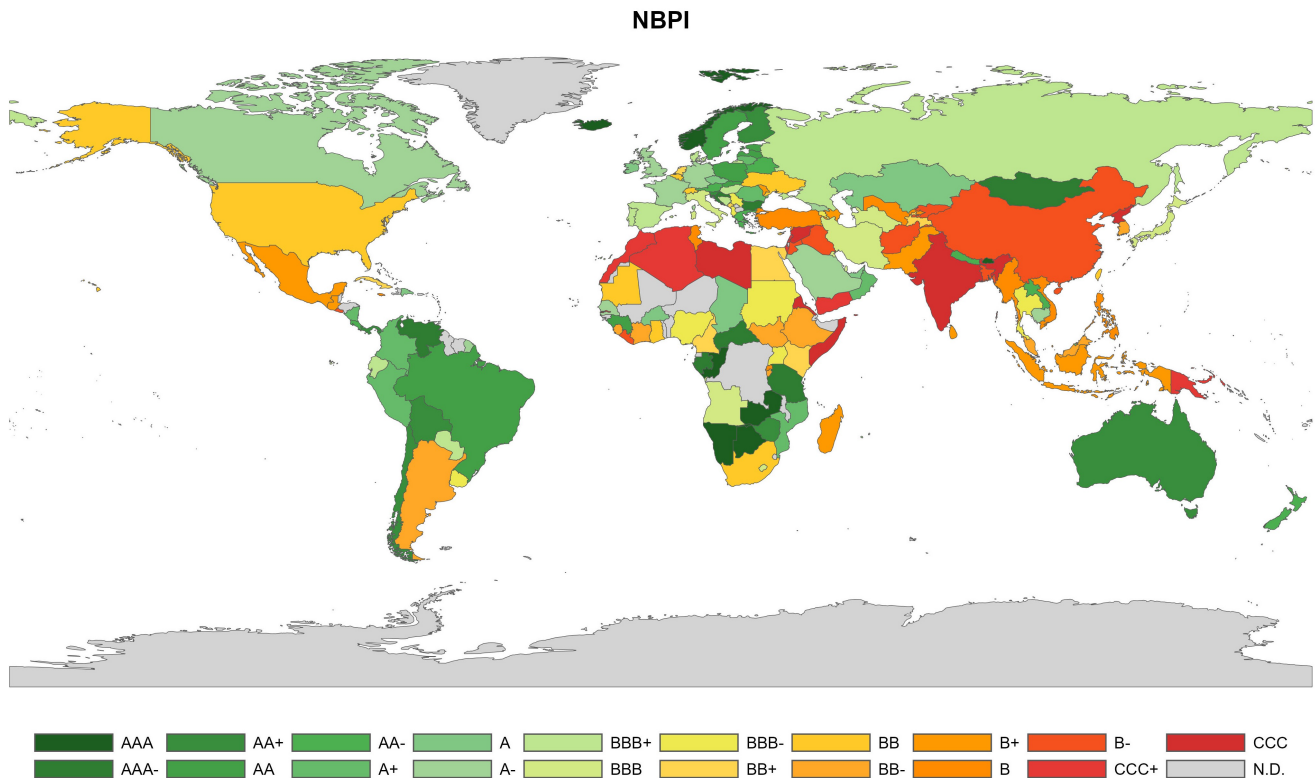


Figura 4.4: Mappa dell'indice *NBPI* suddiviso per classi.

pur mantenendo un impegno concreto nella salvaguardia degli ecosistemi.

Le nazioni nella classe BBB, come l'Italia e l'Arabia Saudita, evidenziano sfide legate a elevati livelli di pressione ambientale, pur cercando di conciliare le esigenze di sviluppo con la tutela della biodiversità. Le nazioni classificate nella classe BBB-, tra cui l'Albania, gli Stati Uniti e l'Uganda, manifestano difficoltà nella gestione delle pressioni antropiche, nonostante un impegno significativo per la protezione degli ecosistemi.

Le categorie BB+ e BB includono nazioni come il Sudafrica, l'Argentina e il Belgio, che affrontano difficoltà nella gestione della biodiversità, con sforzi di tutela spesso limitati da risorse finanziarie o da politiche di conservazione non pienamente efficaci.

Infine, le classi da B- a CCC, con paesi come l'India, la Cina e il Marocco, illustrano le nazioni con maggiori difficoltà strutturali, in cui la rapida crescita demografica, la scarsità di risorse e l'inefficacia delle politiche di protezione rappresentano sfide critiche per la salvaguardia della biodiversità.

Questa classificazione globale offre una rappresentazione chiara delle differenze tra le nazioni in termini di protezione della biodiversità, mettendo in luce le aree di eccellenza così come le criticità. I risultati evidenziano come le performance siano influenzate da una combinazione di fattori ecologici, economici e istituzionali.

WORLD					
Country		Class	Country		Class
1	Bhutan	AAA	30	Greece	AA -
2	Congo	AAA	31	New Zealand	AA -
3	Botswana	AAA	32	Laos	AA -
4	Iceland	AAA	33	Austria	AA -
5	Norway	AAA	34	Costa Rica	AA -
6	Namibia	AAA	35	Belarus	AA -
7	Zambia	AAA	36	Lithuania	A +
8	Central African Republic	AAA -	37	Brunei	A +
9	Gabon	AAA -	38	Peru	A +
10	Venezuela	AAA -	39	Mozambique	A +
11	Bulgaria	AAA -	40	Colombia	A +
12	Croatia	AAA -	41	Romania	A +
13	Mongolia	AAA -	42	Oman	A +
14	Tanzania	AAA -	43	Nicaragua	A +
15	Slovenia	AA +	44	United Arab Emirates	A
16	Bolivia	AA +	45	Dominican Republic	A
17	Finland	AA +	46	Luxembourg	A
18	Panama	AA +	47	Chad	A
19	Zimbabwe	AA +	48	Ireland	A
20	Australia	AA +	49	Czech Republic	A
21	Chile	AA +	50	Burkina Faso	A
22	Estonia	AA	51	Kazakhstan	A
23	Slovakia	AA	52	United Kingdom	A -
24	Poland	AA	53	Germany	A -
25	Latvia	AA	54	Cambodia	A -
26	Brazil	AA	55	Georgia	A -
27	Guinea	AA	56	Senegal	A -
28	Sweden	AA	57	France	A -
29	Nepal	AA -	58	Canada	A -

Tabella 4.1: Classifica globale secondo il *NBPI*.

WORLD						
Country			Class	Country		Class
59	Saudi Arabia		A -	88	Netherlands	BB +
60	Ecuador		BBB +	89	Kenya	BB +
61	Portugal		BBB +	90	Egypt	BB +
62	Hungary		BBB +	91	Cuba	BB +
63	Paraguay		BBB +	92	United States	BB
64	Spain		BBB +	93	Mauritania	BB
65	Russia		BBB +	94	Ukraine	BB
66	Bosnia and Herzegovina		BBB +	95	Switzerland	BB
67	Denmark		BBB +	96	Belgium	BB
68	Qatar		BBB	97	Ghana	BB
69	Japan		BBB	98	Taiwan	BB
70	Turkmenistan		BBB	99	South Africa	BB
71	Lesotho		BBB	100	Burundi	BB -
72	Iran		BBB	101	Sierra Leone	BB -
73	Kuwait		BBB	102	Malaysia	BB -
74	Italy		BBB	103	South Sudan	BB -
75	Angola		BBB	104	Ethiopia	BB -
76	Nigeria		BBB -	105	Ivory Coast	BB -
77	Serbia		BBB -	106	Argentina	BB -
78	Armenia		BBB -	107	South Korea	BB -
79	Uruguay		BBB -	108	Sri Lanka	B +
80	Albania		BBB -	109	Azerbaijan	B +
81	Uganda		BBB -	110	Guatemala	B +
82	Thailand		BBB -	111	Moldova	B +
83	Sudan		BBB -	112	Pakistan	B +
84	Cyprus		BB +	113	Indonesia	B +
85	Montenegro		BB +	114	Mexico	B +
86	Cameroon		BB +	115	Madagascar	B +
87	Tajikistan		BB +	116	Turkey	B

Tabella 4.2: Classifica globale secondo il *NBPI*.

WORLD					
Country		Class	Country		Class
117	Jamaica	B	133	Algeria	CCC +
118	Tunisia	B	134	Yemen	CCC +
119	Philippines	B	135	Israel	CCC +
120	Vietnam	B	136	Morocco	CCC +
121	Uzbekistan	B	137	Papua New Guinea	CCC +
122	Rwanda	B	138	Singapore	CCC +
123	Myanmar	B	139	Lebanon	CCC +
124	El Salvador	B -	140	India	CCC
125	Kyrgyzstan	B -	141	Libya	CCC
126	Liberia	B -	142	Malta	CCC
127	Jordan	B -	143	Bahrain	CCC
128	Bangladesh	B -	144	North Korea	CCC
129	China	B -	145	Eritrea	CCC
130	Iraq	B -	146	Syria	CCC
131	Afghanistan	B -	147	Somalia	CCC
132	Gambia	CCC +			

Tabella 4.3: Classifica globale secondo il *NBPI*.

Per evidenziare i trend regionali, i risultati dell'analisi sono stati suddivisi anche per continenti, organizzando le nazioni in base alla loro classe di protezione. Questa suddivisione mette in evidenza differenze significative nelle dinamiche di conservazione della biodiversità.

Nei paesi africani, grazie alla ricchezza naturale e a ecosistemi ancora relativamente intatti, si registrano spesso risultati eccellenti, con numerose nazioni collocate tra le migliori classi. Tuttavia, in alcune realtà emergono sfide legate a risorse economiche limitate e a infrastrutture istituzionali meno sviluppate, che comportano prestazioni inferiori al potenziale ambientale, portando molte nazioni a classificarsi nelle categorie di protezione più basse.

AFRICA							
Country		Class	Rank	Country		Class	Rank
1	Congo	AAA	2	21	Egypt	BB +	90
2	Botswana	AAA	3	22	Mauritania	BB	93
3	Namibia	AAA	6	23	Ghana	BB	97
4	Zambia	AAA	7	24	South Africa	BB	99
5	Central African Republic	AAA -	8	25	Burundi	BB -	100
6	Gabon	AAA -	9	26	Sierra Leone	BB -	101
7	Tanzania	AAA -	14	27	South Sudan	BB -	103
8	Zimbabwe	AA +	19	28	Ethiopia	BB -	104
9	Guinea	AA	27	29	Ivory Coast	BB -	105
10	Mozambique	A +	39	30	Madagascar	B +	115
11	Chad	A	47	31	Tunisia	B	118
12	Burkina Faso	A	50	32	Rwanda	B	122
13	Senegal	A -	56	33	Liberia	B -	126
14	Lesotho	BBB	71	34	Gambia	CCC +	132
15	Angola	BBB	75	35	Algeria	CCC +	133
16	Nigeria	BBB -	76	36	Morocco	CCC +	136
17	Uganda	BBB -	81	37	Libya	CCC	141
18	Sudan	BBB -	83	38	Eritrea	CCC	145
19	Cameroon	BB +	86	39	Somalia	CCC	147
20	Kenya	BB +	89				

Tabella 4.4: Nazioni africane classificate secondo il NBPI.

In Europa, la combinazione di solide politiche di conservazione e una gestione strutturata degli ecosistemi permette a molte nazioni di ottenere buoni risultati, nonostante la pressione legata all'antropizzazione di alcune aree.

EUROPE							
Country		Class	Rank	Country		Class	Rank
1	Iceland	AAA	4	20	United Kingdom	A -	52
2	Norway	AAA	5	21	Germany	A -	53
3	Bulgaria	AAA -	11	22	France	A -	57
4	Croatia	AAA -	12	23	Portugal	BBB +	61
5	Slovenia	AA +	15	24	Hungary	BBB +	62
6	Finland	AA +	17	25	Spain	BBB +	64
7	Estonia	AA	22	26	Russia	BBB +	65
8	Slovakia	AA	23	27	Bosnia and Herzegovina	BBB +	66
9	Poland	AA	24	28	Denmark	BBB +	67
10	Latvia	AA	25	29	Italy	BBB	74
11	Sweden	AA	28	30	Serbia	BBB -	77
12	Greece	AA -	30	31	Albania	BBB -	80
13	Austria	AA -	33	32	Montenegro	BB +	85
14	Belarus	AA -	35	33	Netherlands	BB +	88
15	Lithuania	A +	36	34	Ukraine	BB	94
16	Romania	A +	41	35	Switzerland	BB	95
17	Luxembourg	A	46	36	Belgium	BB	96
18	Ireland	A	48	37	Moldova	B +	111
19	Czech Republic	A	49	38	Malta	CCC	142

Tabella 4.5: Nazioni europee classificate secondo il NBPI.

L'Asia, invece, evidenzia un forte contrasto tra paesi che hanno preservato ecosistemi montani o insulari e altre nazioni che affrontano gravi difficoltà a causa di un'alta crescita demografica e infrastrutture di conservazione insufficienti.

<i>ASIA</i>						
Country		Class	Rank	Country		Class Rank
1	Bhutan	AAA	1	24	Sri Lanka	B + 108
2	Mongolia	AAA -	13	25	Azerbaijan	B + 109
3	Nepal	AA -	29	26	Pakistan	B + 112
4	Laos	AA -	32	27	Indonesia	B + 113
5	Brunei	A +	37	28	Turkey	B 116
6	Oman	A +	42	29	Philippines	B 119
7	United Arab Emirates	A	44	30	Vietnam	B 120
8	Kazakhstan	A	51	31	Uzbekistan	B 121
9	Cambodia	A -	54	32	Myanmar	B 123
10	Georgia	A -	55	33	Kyrgyzstan	B - 125
11	Saudi Arabia	A -	59	34	Jordan	B - 127
12	Qatar	BBB	68	35	Bangladesh	B - 128
13	Japan	BBB	69	36	China	B - 129
14	Turkmenistan	BBB	70	37	Iraq	B - 130
15	Iran	BBB	72	38	Afghanistan	B - 131
16	Kuwait	BBB	73	39	Yemen	CCC + 134
17	Armenia	BBB -	78	40	Israel	CCC + 135
18	Thailand	BBB -	82	41	Singapore	CCC + 138
19	Cyprus	BB +	84	42	Lebanon	CCC + 139
20	Tajikistan	BB +	87	43	India	CCC 140
21	Taiwan	BB	98	44	Bahrain	CCC 143
22	Malaysia	BB -	102	45	North Korea	CCC 144
23	South Korea	BB -	107	46	Syria	CCC 146

Tabella 4.6: Nazioni asiatiche classificate secondo il *NBPI*.

Nelle Americhe, la presenza di ecosistemi ricchi, come le foreste tropicali, consente ad alcune nazioni di eccellere, mentre altre soffrono l'impatto delle alte pressioni antropiche, dovute a deforestazione e sviluppo urbano intensivo.

<i>AMERICAS</i>						
Country		Class	Rank	Country		Class Rank
1	Venezuela	AAA -	10	12	Ecuador	BBB + 60
2	Bolivia	AA +	16	13	Paraguay	BBB + 63
3	Panama	AA +	18	14	Uruguay	BBB - 79
4	Chile	AA +	21	15	Cuba	BB + 91
5	Brazil	AA	26	16	United States	BB 92
6	Costa Rica	AA -	34	17	Argentina	B + 106
7	Peru	A +	38	18	Guatemala	B + 110
8	Colombia	A +	40	19	Mexico	B + 114
9	Nicaragua	A +	43	20	Jamaica	B 117
10	Dominican Republic	A	45	21	El Salvador	B - 124
11	Canada	A -	58			

Tabella 4.7: Nazioni americane classificate secondo il *NBPI*.

Infine, in Oceania, si osserva una chiara disparità tra nazioni con politiche di gestione avanzate e altre che lottano per proteggere i loro ecosistemi naturali a causa di risorse limitate.

Questi risultati offrono una panoramica delle differenze regionali, sottolineando l'importanza di adattare le strategie di conservazione alle specificità locali.

<i>OCEANIA</i>			
Country		Class	Rank
1	Australia	AA +	20
2	New Zealand	A +	31
3	Papua New Guinea	CCC +	137

Tabella 4.8: Nazioni oceaniche classificate secondo il *NBPI*.

4.2 Confronto Temporale

In questa sezione vengono analizzate le variazioni dei rating *NBPI* per ciascun paese nel periodo 2020–2024. L’obiettivo del confronto temporale è individuare traiettorie di stabilità o mutamento nel livello di rischio a livello geografico, e comprenderne le dinamiche sottostanti. Le tabelle a griglia riportano, per ciascun continente, l’evoluzione annuale dei rating *NBPI*, permettendo di rilevare variazioni di notch (ovvero passaggi da una classe di rating a un’altra) che possono riflettere mutamenti strutturali, shock esogeni o miglioramenti progressivi nella gestione delle pressioni ambientali.

Nei casi di variazioni più marcate, il cambiamento è spesso legato a scostamenti significativi in una delle tre componenti dell’indice, oppure alla temporanea indisponibilità di dati chiave, che può influire sensibilmente sul punteggio finale.

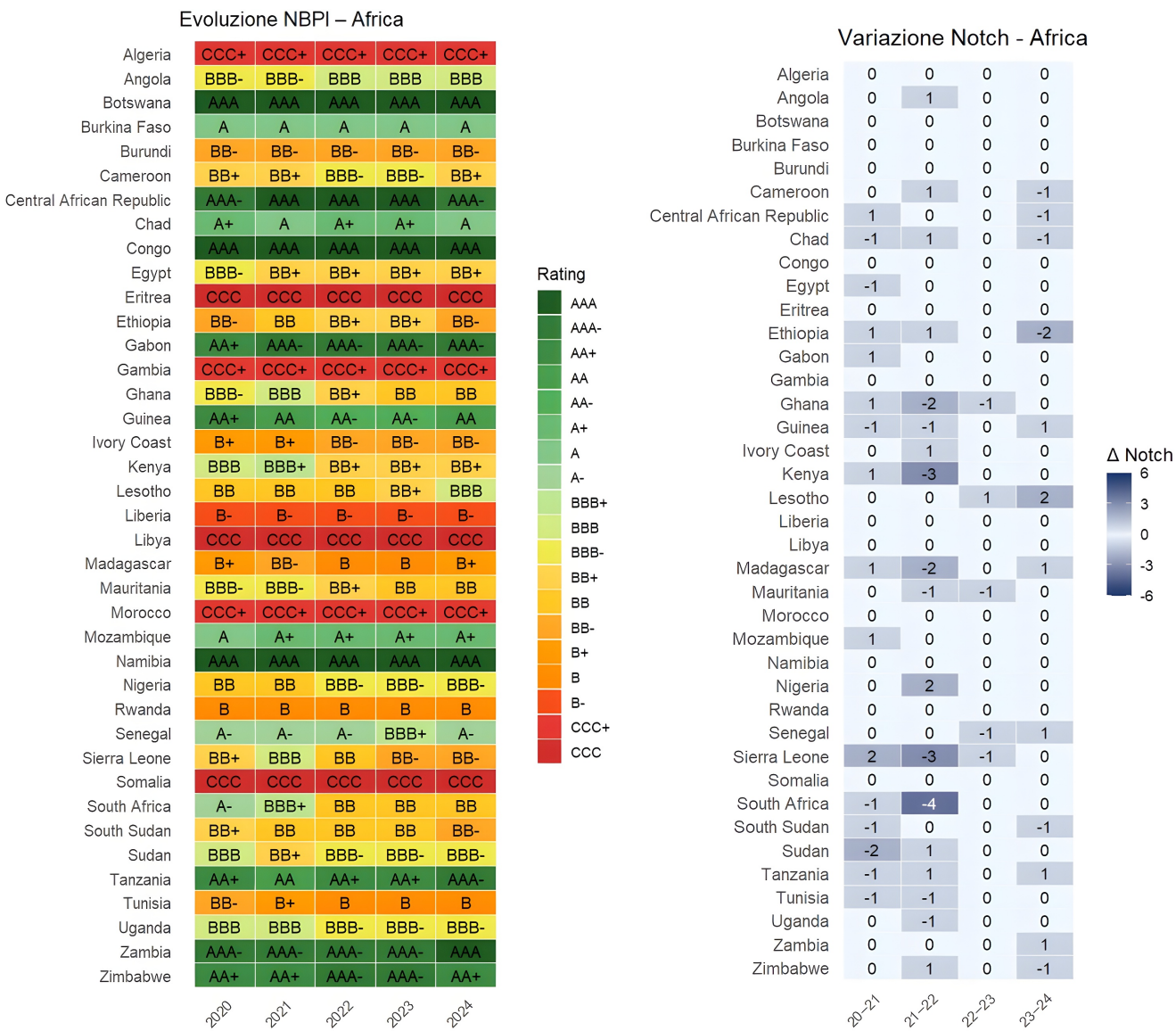


Figura 4.5: Serie Temporale NBPI - AFRICA.

Il confronto temporale fornisce quindi una chiave interpretativa essenziale per distinguere tra paesi resilienti, in miglioramento o in deterioramento negli ultimi cinque anni.

Il continente africano presenta la maggiore variabilità nei rating *NBPI* nel periodo 2020–2024 (Figura 4.5). Le fluttuazioni di notch, distribuite in entrambe le direzioni, riflettono una marcata eterogeneità tra i paesi. Spiccano in particolare Kenya e Sudafrica, che registrano le variazioni più ampie del periodo: in entrambi i casi, il calo è riconducibile a una riduzione della componente *Response*, dovuta alla temporanea assenza del dato relativo alle tasse ambientali, che ha inciso negativamente sul punteggio complessivo.

La maggior parte dei paesi europei mostra un’elevata stabilità nei rating *NBPI* lungo l’intero periodo analizzato (Figura 4.6). Ciò riflette la solidità dei sistemi istituzionali, la presenza di politiche ambientali consolidate e una generale capacità di gestione delle pressioni strutturali. Le poche variazioni di notch osservate riguardano un numero limitato di paesi, in particolare nell’Europa orientale e meridionale, e risultano circoscritte nel tempo, senza configurare tendenze persistenti o diffuse a livello regionale.

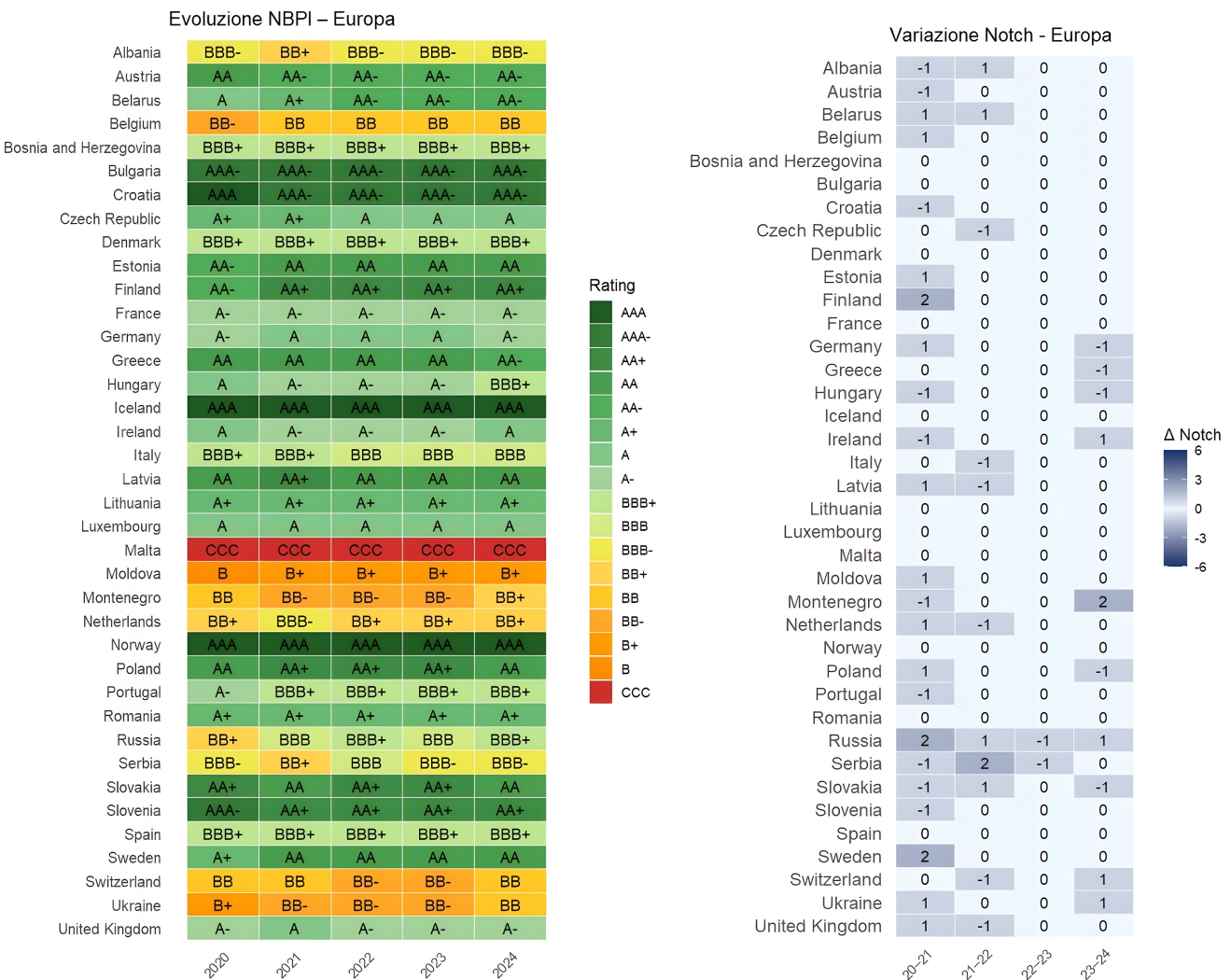


Figura 4.6: Serie Temporale *NBPI* - EUROPA.

Il panorama asiatico è caratterizzato da un'elevata eterogeneità nei rating *NBPI* nel periodo osservato (Figura 4.7). Mentre economie avanzate come Giappone e Corea del Sud mantengono una sostanziale stabilità, paesi emergenti del Sud-Est asiatico e dell'Asia centrale registrano variazioni di notch più frequenti. Un caso emblematico è quello dell'Oman, che mostra un netto miglioramento dovuto all'aumento del contributo della componente *Response*, in particolare per l'inclusione di nuove aree chiave per la biodiversità (KBA) nelle politiche di protezione ambientale.

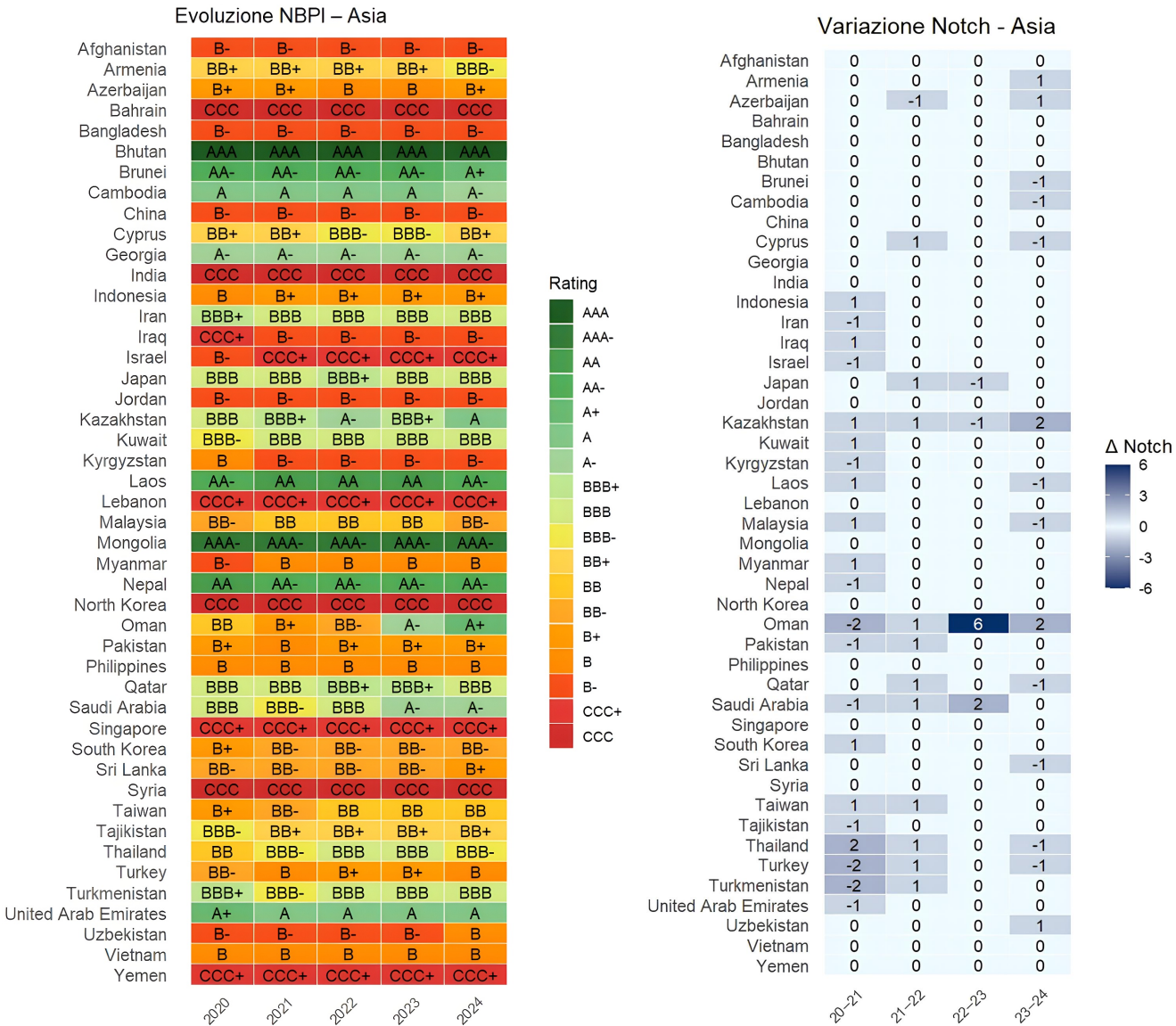


Figura 4.7: Serie Temporale *NBPI* - ASIA.

I rating *NBPI* nelle Americhe evidenziano una dinamica intermedia (Figura 4.8): nella maggior parte dei casi, si osserva una stabilità relativa, con variazioni contenute e discontinue. Le lievi oscillazioni di notch registrate in America Latina riflettono vulnerabilità strutturali legate alla gestione delle risorse, alla deforestazione e all'instabilità istituzionale, mentre i paesi del Nord America mantengono valori elevati e stabili, supportati da robusti sistemi regolatori e capacità di intervento ambientale.

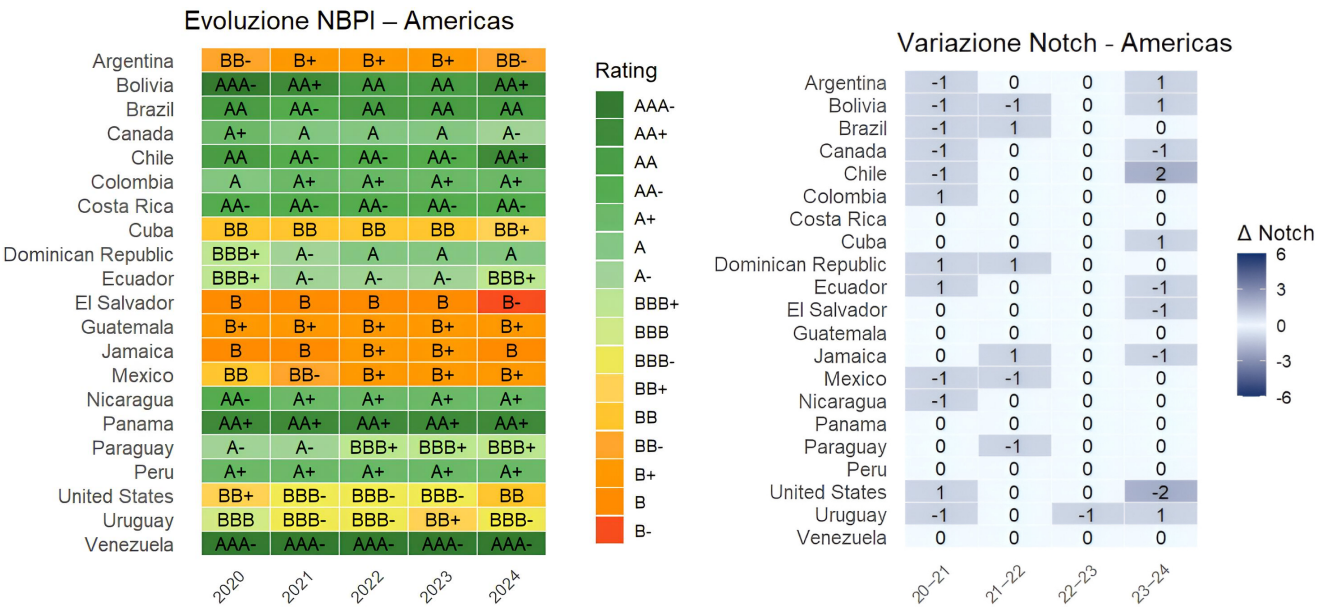


Figura 4.8: Serie Temporale NBPI - AMERICA.

La regione oceanica mostra un'elevata stabilità dei rating NBPI, con valori medio-alti costanti nel tempo (Figura 4.9). Questo riflette la solidità istituzionale di paesi come Australia e Nuova Zelanda e l'efficacia delle politiche ambientali adottate. Le lievi variazioni rilevate sono occasionali e non indicano trend strutturali.

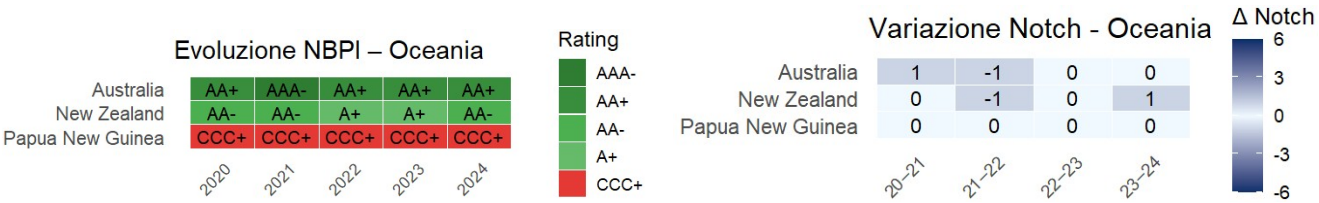


Figura 4.9: Serie Temporale NBPI - OCEANIA.

4.3 Analisi dei Drivers

In questa sezione vengono analizzate le tre componenti fondamentali che determinano il valore dell'indice *NBPI*. L'obiettivo è verificare se ciascuna variabile presenti un'associazione strutturale con il punteggio finale dell'indice e in che misura ne influenzi l'andamento. È inoltre utile comprendere se i paesi mostrino un profilo bilanciato, oppure se l'indice sia trainato in prevalenza da una singola dimensione.

Le componenti sono state concepite per agire in modo complementare, e non come fattori alternativi o predominanti. Un modello equilibrato dovrebbe valorizzare i contesti in cui coesistono una dotazione ecologica solida, bassi livelli di pressione e una risposta istituzionale efficace. I grafici di dispersione e i risultati delle regressioni lineari forniscono indicazioni utili per interpretare il peso effettivo di ciascun driver.



Figura 4.10: Relazione tra la variabile *Stock* e *NBPI*.

La componente *Stock* presenta una correlazione positiva con il *NBPI* (62%), confermata da una certa tendenza crescente nel grafico (Figura 4.10). Tuttavia, il modello di regressione lineare mostra un R^2 corretto pari a 38%, segno che questa variabile spiega solo parzialmente la varianza dell'indice. Inoltre, si osservano diversi casi in cui paesi con livelli simili di *Stock* ottengono rating divergenti. Questo suggerisce che la dotazione naturale, pur influente, non rappresenta un fattore determinante in assenza di condizioni di contesto favorevoli. *Stock* contribuisce dunque all'indice, ma il suo effetto risulta variabile e fortemente condizionato dall'interazione con le altre

dimensioni.

La variabile *Pressure* mostra una correlazione negativa moderata con il *NBPI* (-42%), coerente con l'interpretazione di un indicatore di rischio (Figura 4.11), dal momento che questa componente compare al denominatore nella formula dell'indice. La dispersione osservata nei dati suggerisce che, sebbene *Pressure* incida negativamente sul punteggio, il suo effetto possa essere compensato dalla presenza di una buona governance o da condizioni ambientali di partenza relativamente favorevoli. Questo comportamento è confermato anche da una regressione non lineare, in cui si utilizza l'inverso della variabile ($1/Pressure$) per rifletterne il ruolo strutturale nel modello: il risultato restituisce un R^2 corretto pari al 19% , confermando una capacità esplicativa limitata. La componente risulta dunque rilevante, ma non sufficiente a determinare l'andamento dell'indice in modo isolato.

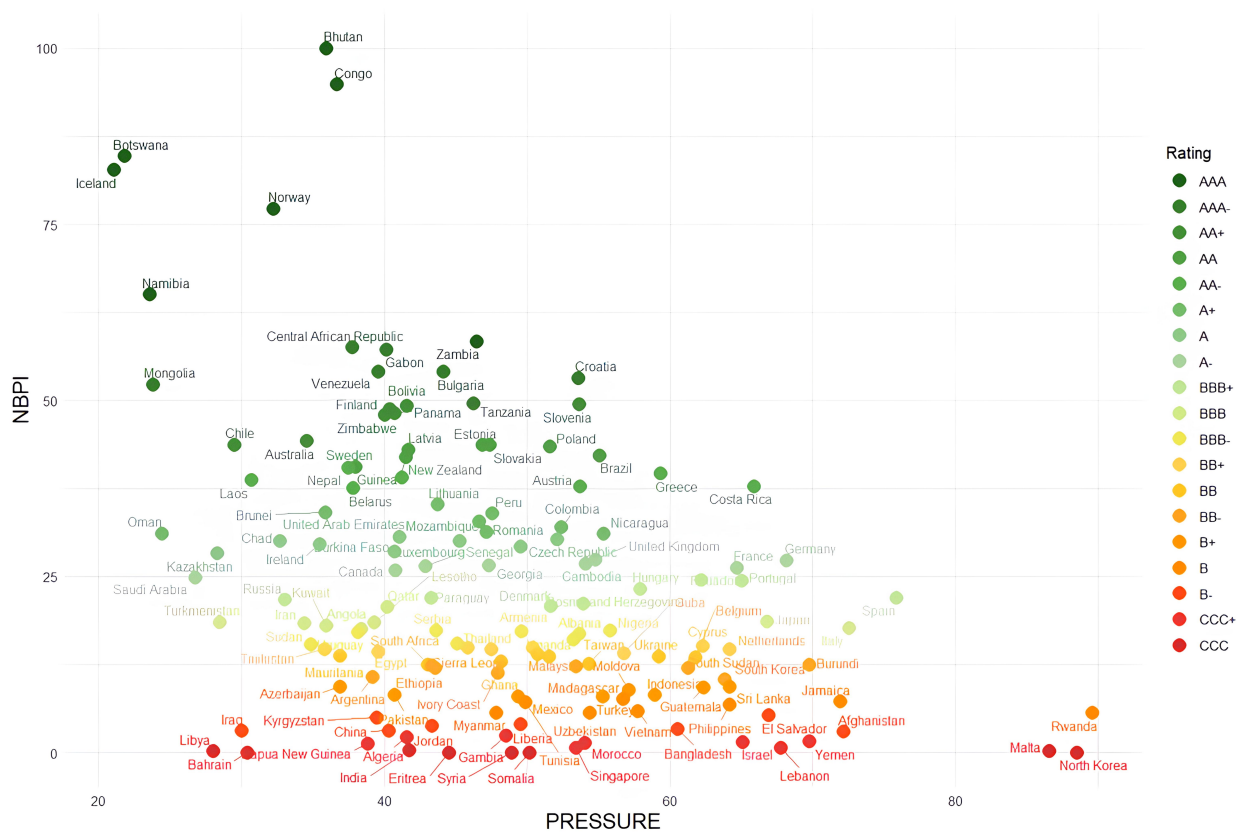


Figura 4.11: Relazione tra la variabile *Pressure* e *NBPI*.

Response è la variabile che evidenzia il legame più forte e regolare con l'indice *NBPI*, con una correlazione pari al 72% e un R^2 corretto di 51% derivante da regressione lineare. Il grafico (Figura 4.12) mostra una chiara tendenza crescente: i paesi con alti livelli di *Response* ottengono sistematicamente punteggi *NBPI* più elevati. Questo comportamento è in linea con la logica del modello, che attribuisce un peso rilevante alla capacità istituzionale di gestione del rischio ambientale. Dal punto di vista formale, questo effetto lineare è coerente con la struttura dell'indice, in cui *Response* compare direttamente al numeratore e amplifica proporzionalmente il punteggio

finale. *Response* si configura quindi come il principale driver dell'indice, pur all'interno di un impianto metodologico che valorizza l'equilibrio tra le componenti.

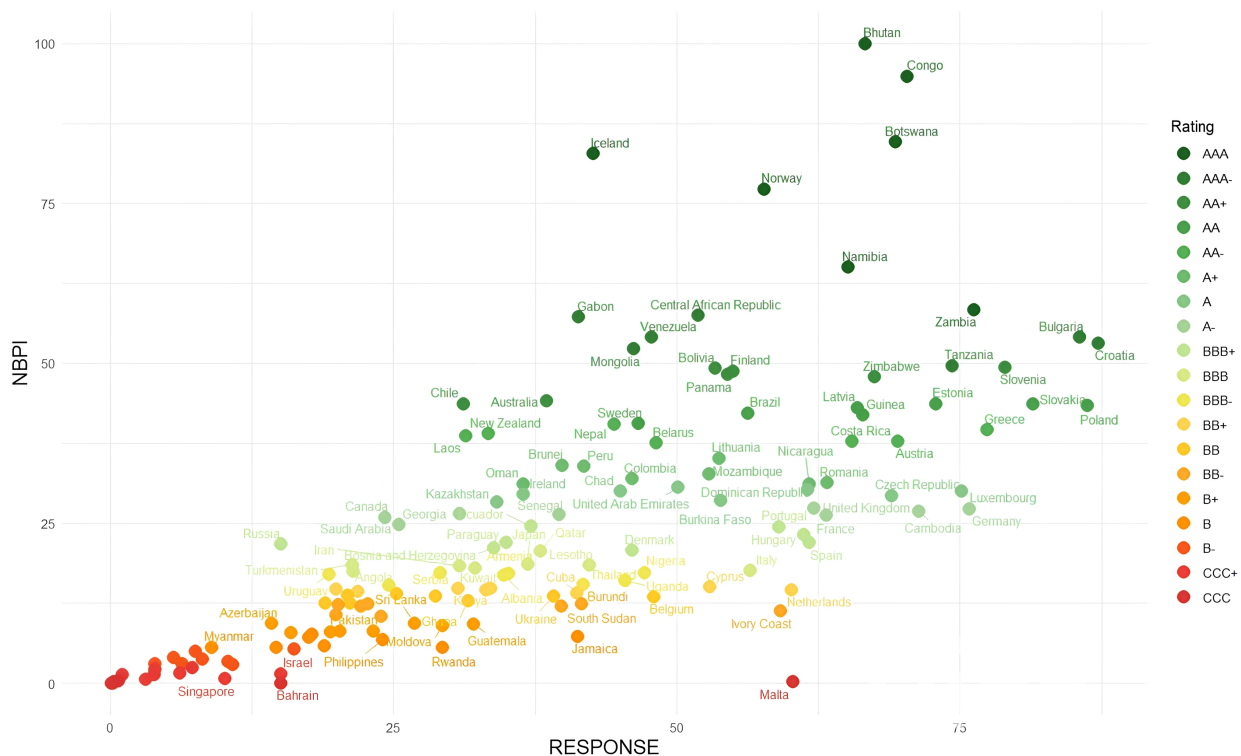


Figura 4.12: Relazione tra la variabile *Response* e *NBPI*.

Nel complesso, l'analisi conferma la validità dell'approccio composito adottato per il calcolo del *NBPI*. Ciascuna componente contribuisce in modo differenziato al punteggio finale: *Response* emerge come il principale driver, mentre *Stock* e *Pressure* forniscono un'informazione complementare sul contesto ecologico e le vulnerabilità ambientali.

Osservando la relazione tra la variabile *Stock* e il rapporto *Response/Pressure* (Figura 4.13) si nota una distribuzione piuttosto dispersa, anche se alcuni casi si collocano nettamente al di sopra della soglia unitaria del rapporto. Quando *Response/Pressure* supera 1, la capacità di risposta è proporzionalmente maggiore rispetto alle pressioni subite, indicando un livello di protezione potenzialmente adeguato. Dal grafico emergono quindi situazioni opposte: Paesi con un capitale naturale relativamente limitato che riescono comunque a garantire una protezione efficace, e nazioni ricche di biodiversità che invece non accompagnano questa dotazione con adeguate politiche, lasciando le proprie risorse esposte a rischio. La forte eterogeneità osservata è confermata dal valore di R^2 corretto (circa 7%), che mostra l'assenza di una relazione lineare forte e sottolinea come *Stock* e *Response* mantengano una propria indipendenza.

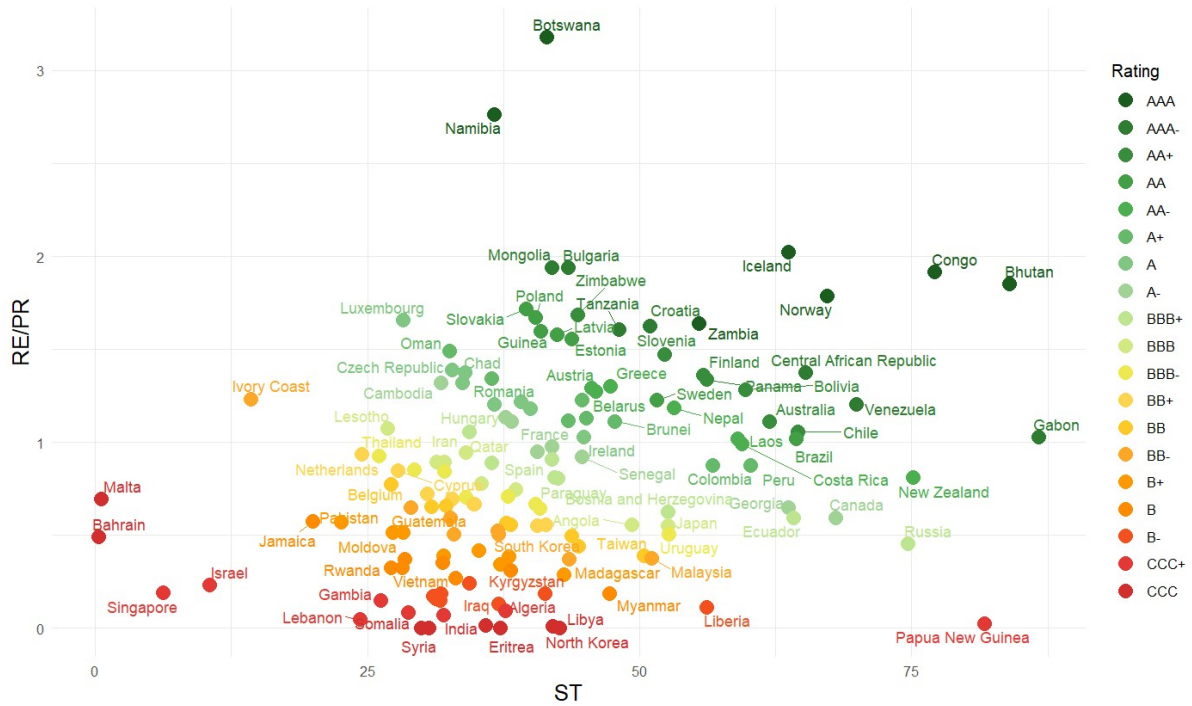


Figura 4.13: Relazione tra la variabile *Stock* e il rapporto *Response/Pressure*.

Il grafico che mette in relazione *Response* e il rapporto *Stock/Pressure* (Figura 4.14) presenta invece una dispersione ancora più marcata, senza alcuna tendenza visibile. A differenza del caso precedente, il rapporto *Stock/Pressure* non ha un significato univoco come misura di efficacia: un valore elevato può indicare sia una reale resilienza ecologica, sia semplicemente un basso livello di pressione che non corrisponde a un impegno istituzionale maggiore. Di conseguenza, i valori di *Response* risultano distribuiti senza alcuna coerenza apparente, e il modello lineare restituisce un R^2 corretto prossimo allo zero. Si conferma così che la capacità istituzionale di risposta non dipende meccanicamente dal rapporto tra dotazione ecologica e pressioni ambientali. L'evidenza complessiva suggerisce che Paesi con condizioni ambientali sfavorevoli possano comunque attuare politiche ambiziose di tutela, mentre altri con abbondanti risorse naturali non riescano a valorizzarle. In questo senso, i grafici dimostrano come le tre componenti dell'indice – *Stock*, *Pressure* e *Response* – vadano considerate congiuntamente, poiché solo la loro combinazione consente di cogliere la complessità delle strategie nazionali di conservazione.

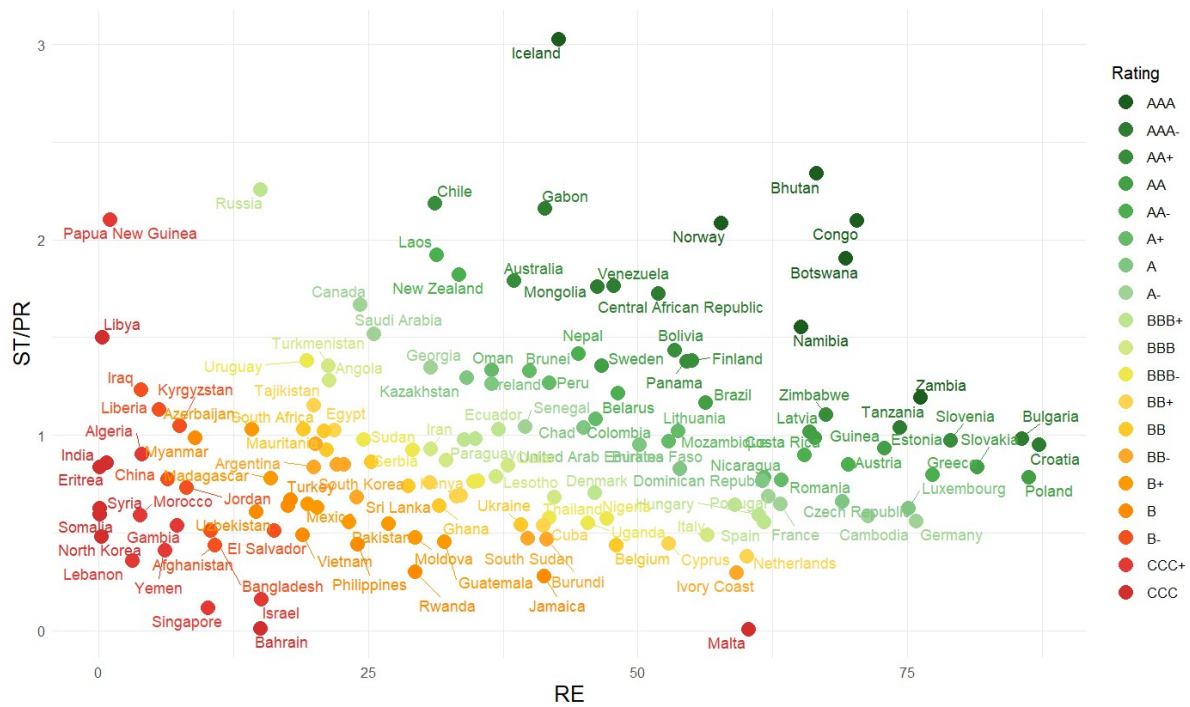


Figura 4.14: Relazione tra la variabile *Response* e il rapporto *Stock/Pressure*.

5 Conclusioni

Questo lavoro ha avuto come obiettivo la costruzione di un indice sintetico volto a classificare i paesi in base al loro impegno nella tutela della biodiversità, adottando una prospettiva che superi la semplice osservazione dello stato ecologico. Valutare la biodiversità come patrimonio naturale è fondamentale, ma non sufficiente: ciò che distingue le traiettorie di rischio è il modo in cui le nazioni rispondono, gestiscono e investono nella conservazione. L'indice *NBPI* nasce con l'intento di catturare questo impegno, combinando tre dimensioni complementari: la dotazione naturale (*Stock*), le pressioni esercitate sul capitale ecologico (*Pressure*) e la risposta istituzionale e normativa (*Response*).

La struttura dell'indice è pensata per premiare i contesti in cui esiste un equilibrio tra abbondanza biologica, controllo dei fattori di rischio e governance ambientale efficace. Il risultato è una metrica comparabile tra paesi, espressa sia in valori numerici sia in classi di rating, che consente di leggere il profilo di rischio in chiave integrata.

Dal punto di vista metodologico, ciascuna componente dell'indice è stata costruita aggregando sotto-indicatori provenienti da fonti statistiche e banche dati internazionali, combinati mediante una media pesata per rappresentare in modo coerente le tre dimensioni concettuali. In caso di assenza parziale di dati, è stato applicato un meccanismo di penalizzazione controllata, che consente di mantenere i paesi nel campione evitando distorsioni eccessive ma riflettendo l'incompletezza informativa. Il punteggio finale dell'indice è stato poi tradotto in una scala di rating composta da 19 classi, con valori che vanno da *AAA* (massimo livello di protezione della biodiversità) a *CCC* (livello minimo), per facilitare la lettura e il confronto tra paesi.

L'analisi dei risultati per l'anno 2024 evidenzia come le performance migliori siano associate a nazioni con solidi sistemi istituzionali e politiche ambientali mature — come quelli del Nord Europa — mentre le posizioni più critiche si registrano dove manca una risposta efficace, anche a fronte di una buona dotazione naturale.

L'analisi temporale condotta sul periodo 2020–2024 ha mostrato una prevalente stabilità, ma anche variazioni rilevanti in specifici casi. Le oscillazioni più marcate sono attribuibili a fluttuazioni nelle componenti, talvolta dovute alla reale evoluzione delle politiche ambientali, altre volte legate alla disponibilità o assenza di dati, come avvenuto per Kenya e Sudafrica. In questi paesi, la scomparsa del dato sulle tasse ambientali ha comportato un netto peggioramento del punteggio. Le analisi statistiche confermano che *Response* è la componente con il legame più stabile e coerente con l'indice, come auspicato dalla logica costruttiva del *NBPI*. *Stock* e *Pressure* forniscono informazioni preziose, ma il loro effetto risulta più variabile e dipendente dalle condizioni di contesto. Complessivamente, il *NBPI* si dimostra uno strumento utile per leggere in chiave comparativa l'impegno dei paesi nella tutela della biodiversità, integrando misure ambientali e istituzionali in un'unica visione.

Bibliografia

- [1] “Assessing biodiversity related financial risks: Navigating the landscape of existing approaches”. In: *OECD ENVIRONMENT POLICY PAPER* 36 (2023).
- [2] “Alla ricerca di una nuova simbiosi con la natura. La nostra strategia per la biodiversità”. In: *CANDRIAM. Comunicazione di marketing* (Ottobre 2024).
- [3] EPI. *2024 Environmental Performance Index*. URL: <https://epi.yale.edu/downloads>.
- [4] V. Rudzkiene, I. Lazdinis e V. Azbainis. “Biodiversity Risk Assessment of Protected Ecosystems”. In: *Environmental Research Engineering and Management* 65 (2013).
- [5] “Mapping the unseen: Unveiling nature and biodiversity data for sovereigns”. In: *AXA Climate* (October 2024).
- [6] “MSCI ESG Government Ratings Methodology”. In: *MSCI ESG Research LLC* (July 2024).
- [7] B. Reyers et al. “National biodiversity risk assessment: a composite multivariate and index approach”. In: *Biodiversity and Conservation* 7 (1998), pp. 945–965.
- [8] Rob Alkemade et al. “GLOBIO3: A Framework to Investigate Options for Reducing Global Terrestrial Biodiversity Loss”. In: *Ecosystems* 12.3 (2009), pp. 374–390.
- [9] World Bank Group. *National level species data*. URL: <https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0066034/Global-Biodiversity-Data>.
- [10] GLOBIO. *Kok et al.* URL: <https://www.globio.info/globio-data-downloads>.
- [11] Our World In Data. *Share of land covered by forest*. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/forest-area-as-share-of-land-area?tab=table>.
- [12] Our World In Data. *Renewable freshwater resources per capita*. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/renewable-water-resources-per-capita?tab=table>.
- [13] Our World In Data. *Total pesticide use*. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/pesticide-use-tonnes?tab=table>.
- [14] Our World In Data. *Land area in square kilometres*. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/land-area-km>.
- [15] FAO. *Temperature change on land*. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/ET>.
- [16] IUCN. *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1*. Seconda. Gland, Svizzera e Cambridge, Regno Unito: IUCN, 2024.
- [17] IUCN. *National Red List*. URL: <https://www.nationalredlist.org/assessments?>.
- [18] OECD. *Environmental tax*. URL: <https://www.oecd.org/en/data/indicators/environmental-tax.html>.
- [19] World Bank Group. *Terrestrial protected areas*. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/ER.LND.PTLD.ZS>.