



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale

A.a. 2020/2021

Sessione di Laurea: Dicembre 2021

**Analisi dell’impatto di fattori economici
e politici sull’elettrificazione e il consumo
di energie rinnovabili**

Relatori:

Carlo Cambini
Chiara Ravetti

Candidato:

Enrico Romar

Indice

1. Introduzione	3
2. Rassegna della letteratura	5
2.1 Introduzione alla rassegna della letteratura.....	5
2.2 Consumo di energia e sviluppo economico	5
2.3 Relazione tra la percentuale di energia rinnovabile e il PIL, il reddito e il benessere economico	7
2.4 Impatto dell'elettricità sul benessere collettivo in zone rurali	10
2.5 Tecnologie per la fornitura di energia rinnovabile in zone rurali	14
2.6 L'importanza della democrazia e delle condizioni governative per i progetti di elettrificazione	16
2.7 Elettrificazione in situazioni di disuguaglianza e conflitti	18
3. Analisi descrittiva dei dati.....	20
3.1 Banche dati utilizzate.....	20
3.2 Variabili e indicatori	20
3.3 Raggruppamento dei paesi.....	24
3.4 Consumo di energia	25
3.5 Consumo di energia rinnovabile	29
3.6 Accesso all'elettricità.....	47
4. Analisi econometrica.....	59
4.1 Introduzione all'analisi econometrica	59
4.2 Variabili	59
4.3 Modelli econometrici.....	61
4.4 Analisi dei risultati.....	63
4.5 Accesso all'elettricità.....	65
4.6 Elettrificazione rurale	70
4.7 Quota di energia rinnovabile consumata.....	75
5. Conclusioni	79
6. Appendice	82
6.1 Appendice A: riassunto della letteratura.....	82
6.2 Appendice B: suddivisione di paesi utilizzate	91
6.3 Appendice C: relazioni tra le variabili dell'analisi econometrica	91
7. Bibliografia	104

1. Introduzione

La presente tesi esamina le relazioni presenti tra l'accesso all'elettricità e fattori economici e politici, come la ricchezza di un Paese, lo sviluppo umano, il livello di democrazia e la presenza di situazioni di conflitto. In aggiunta, si sono studiati gli impatti dei medesimi aspetti sul consumo di energia rinnovabile.

L'energia è il fondamento delle economie moderne e un prerequisito per il benessere delle persone. Il contributo dell'energia al progresso dell'economia di un Paese è noto per svolgere un ruolo cruciale nello sviluppo finanziario, sia in modo diretto che come integrazione di diverse variabili di produzione. L'uso di energia è, inoltre, essenziale per migliorare la qualità della vita, attenuare la povertà, favorire l'istruzione e avere strutture sanitarie adeguate.

L'accesso all'elettricità da parte della popolazione è particolarmente importante per lo sviluppo umano ed è una delle indicazioni più chiare e non distorte dello stato di povertà energetica di un Paese. Per questi motivi l'accesso all'elettricità è sempre più al centro delle preoccupazioni dei governi, soprattutto nei paesi in via di sviluppo. La World Bank stima che il 10% della popolazione mondiale non ha ancora accesso all'elettricitàⁱ. Mentre i paesi ricchi e sviluppati hanno quasi tutti raggiunto l'accesso universale all'elettricità, nei Paesi meno sviluppatiⁱⁱ vi è ancora una grande fetta della popolazione (52%) che non può sfruttare i vantaggi di una infrastruttura elettrica. Se consideriamo solamente la popolazione residente in aree rurali le percentuali della popolazione senza accesso all'elettricità aumentano e si attestano al 17,5% nel mondo e a circa il 56,5% nei Paesi meno sviluppati. L'elettrificazione rurale è un problema complicato per via della bassa redditività dei progetti causata da molteplici fattori, come la bassa densità di popolazione e le famiglie disperse, la scarsità di risorse energetiche, la lontananza dalle principali infrastrutture elettriche, la mancanza di professionalità e l'eccessiva dipendenza dai sussidi. Portare l'elettricità in zone rurali implica investimenti onerosi, recuperabili solamente in tempi lunghi e con benefici incerti; quindi, tipicamente risultano progetti di scarso interesse per gli investitori commerciali.

In aggiunta, la crescita della popolazione, gli sviluppi tecnologici e l'incremento dei commerci internazionali hanno fortemente aumentato la domanda di energia. È

ⁱ World Bank databank, 2019

ⁱⁱ Least developed countries: UN classification

importante che i paesi soddisfino questa crescente domanda ed è essenziale che lo facciano sfruttando fonti di energia rinnovabili e pulite. L'utilizzo di fonti rinnovabili è necessario per un futuro sostenibile, già da molto tempo la crescita demografica, gli aumenti dei consumi, lo sviluppo economico stanno danneggiando il nostro pianeta. L'energia da combustibili fossili, come carbone, petrolio e gas naturale, è l'81% del consumo totale di energiaⁱⁱⁱ. Questa eccessiva dipendenza solleva varie preoccupazioni sul futuro dell'industria energetica, ma anche sulle condizioni socioeconomiche e ambientali globali. Nel corso degli ultimi decenni, però, i governi hanno prestato attenzione alle fonti di energia rinnovabili e gli investimenti nelle tecnologie per le energie rinnovabili che si sono enormemente espansi hanno portato a un rapido calo del costo delle tecnologie per le energie rinnovabili.

Negli anni molteplici studi hanno trattato argomenti simili ma difficilmente giungono a conclusioni unanimi. I risultati cambiano in base alla metodologia applicata, al periodo di tempo preso in considerazione, ai paesi esaminati e alla scelta degli indicatori. Nella presente tesi è stato selezionato come indicatore di consumo di rinnovabili la percentuale di energia rinnovabile sul totale di energia finale consumata, mentre per valutare il livello di elettrificazione di un Paese è stata utilizzata la percentuale di popolazione con accesso all'elettricità. Lo sviluppo economico è stato esaminato attraverso il PIL pro capite e l'Human Development Index, con l'obiettivo di non considerare solamente la ricchezza di un Paese, ma anche aspetti legati allo sviluppo umano come l'istruzione e l'aspettativa di vita.

In seguito alla presentazione della letteratura esistente, verranno descritti gli indicatori e analizzati graficamente i dati, raggruppando i paesi geograficamente, per fasce di reddito, in base al livello di sviluppo umano e per tipologia di regime governativo. Infine, verranno presentati i modelli econometrici scelti ed esposti i risultati dell'analisi dei dati svolta.

ⁱⁱⁱ World Development Indicators, 2018

2. Rassegna della letteratura

2.1 Introduzione alla rassegna della letteratura

Il seguente capitolo prende in esame alcuni studi presenti in letteratura. Per comprendere il ruolo dell'elettricità è necessario partire dall'analisi dei consumi energetici e dalla diffusione delle fonti di energia rinnovabile. Si è cercato di dare una maggiore rilevanza alle regioni rurali del mondo, in quanto sono quelle più indietro in termini di elettrificazione. Nelle ultime due sezioni del capitolo si presentano studi correlati alla relazione tra l'elettrificazione e fattori politici, come la tipologia e la qualità dei regimi, la presenza di conflitti armati e situazioni di disuguaglianza.

La revisione della letteratura è quindi così suddivisa: (i) Consumo di energia e sviluppo economico; (ii) Relazioni tra percentuale di energia rinnovabile e il PIL, il reddito e il benessere economico; (iii) Impatto dell'elettricità sul benessere collettivo in zone rurali; (iv) Tecnologie per la fornitura di energia rinnovabile in zone rurali; L'importanza della democrazia e delle condizioni governative per i progetti di elettrificazione; (v) Elettrificazione in situazioni di disuguaglianza e conflitti.

I contenuti di questo capitolo sono stati riassunti e schematizzati nella Tabella 6.1 in Appendice A: riassunto della letteratura.

2.2 Consumo di energia e sviluppo economico

Il consumo di energia è fondamentale per la crescita e il progresso di qualsiasi economia. Questo influenza direttamente i fattori produttivi, i settori chiave dell'economia e, indirettamente, il benessere delle persone e il tenore di vita.

Tugcu et al. (2012) hanno esaminato le relazioni causali a lungo termine tra il consumo di energia non rinnovabile, il consumo di energia rinnovabile e la crescita economica nei paesi del G7 per il periodo 1980-2009. Hanno scoperto che sia il consumo di energia non rinnovabile che quello di energia rinnovabile influenzano la crescita economica e quindi potrebbero essere adottati contemporaneamente per una crescita più rapida. Narayan e Smyth (2008) confermano questa relazione e dimostrano che nei paesi del G7 l'aumento di un punto percentuale del consumo di energia genera una crescita del PIL reale dello 0,12-0,39%.

La crescita economica guidata dal consumo energetico prevale nei paesi ad alto e medio reddito (Apergis e Tang, 2013) ma vi sono molteplici studi che hanno dimostrato che

questa relazione positiva tra energia e sviluppo economico è presente anche per paesi in via di sviluppo. Lee (2005) ha esaminato il nesso causale tra consumo energetico e PIL in 18 paesi in via di sviluppo nel periodo 1975-2001. I dati dimostrano che sia nel lungo che nel breve periodo vi è una casualità che va dal consumo di energia al PIL, ma non viceversa. Questo risultato indica che il risparmio energetico può nuocere alla crescita economica dei paesi in via di sviluppo, a prescindere dal fatto che sia transitorio o permanente. Kahouli (2017) analizza il rapporto di casualità di breve e lungo periodo tra crescita economica, consumo di energia e sviluppo finanziario nei sei South Mediterranean Countries (Algeria, Egitto, Israele, Libano, Marocco e Tunisia) e i suoi risultati confermano la relazione positiva tra consumo di energia e PIL in Algeria, Israele, Marocco, Tunisia. Per quanto riguarda lo sviluppo finanziario lo studio ha trovato che in Algeria, Libano, Marocco e Tunisia il consumo energetico ha un impatto positivo sullo sviluppo finanziario.

È dimostrato che esiste una causalità unidirezionale che va dalla crescita economica al consumo energetico. Questo significa che quando vi è un aumento delle attività economiche complessive e del valore dei beni e servizi totali le persone hanno più accesso all'energia. Questa casualità è stata dimostrata dallo studio di Mohammadi e Ram (2017) negli Stati Uniti negli ultimi 20 anni e, in modo simile, da Kebede et al. (2010) in 20 paesi dell'Africa subsahariana tra il 1980 e il 2005. I risultati di quest'ultimo studio denotano che per ogni aumento percentuale del PIL la quantità richiesta di energia aumenta dello 0,55%. Inoltre, mostrano come questi paesi siano fortemente dipendenti dal petrolio; infatti, per un aumento di un punto percentuale del prezzo del petrolio la quantità di petrolio richiesta diminuirà solamente dello 0,1%.

Ouedraogo (2013) prende in considerazione l'Human Development Index (HDI). Lo studio, condotto in 15 paesi in via di sviluppo per il periodo 1988-2008, mostra che l'aumento di un punto percentuale del consumo di elettricità aumenta l'HDI dello 0,22. Dall'altra parte, rileva un effetto negativo del consumo di energia sull'HDI: l'aumento di un punto percentuale del consumo energetico pro-capite riduce l'HDI dello 0,8%. Questa affermazione è stata, però, spiegata dall'autore come l'effetto dell'inefficienza dell'approvvigionamento energetico; infatti, l'energia derivante da biomasse tradizionali rappresenta la parte principale del consumo energetico totale nei paesi analizzati e il suo uso ha un forte impatto negativo su molti aspetti dell'HDI, come, per esempio, la salute. L'accesso all'energia oltre a influenzare la crescita economica, ha anche un impatto sul benessere delle persone. Favorisce l'istruzione, l'occupazione, permette di avere

strutture sanitarie adeguate e attenua la povertà del Paese (Ouedraogo, 2013). L'energia è il fondamento delle economie moderne, è un prerequisito essenziale per la crescita economica, per migliorare le condizioni di vita e alleviare la povertà. Pertanto, l'accesso all'energia è considerato un importante obiettivo di sviluppo.

2.3 Relazione tra la percentuale di energia rinnovabile e il PIL, il reddito e il benessere economico

La forte dipendenza del mondo dalle fonti energetiche non rinnovabili genera gravi preoccupazioni e problemi a livello mondiale, tra cui il potenziale esaurimento delle fonti energetiche non rinnovabili, la sicurezza energetica e le questioni ambientali. A causa di queste importanti questioni e preoccupazioni nel corso degli ultimi decenni, i governi hanno prestato molta attenzione alle fonti di energia rinnovabili e gli investimenti nelle tecnologie per le energie rinnovabili, che si sono enormemente espansi negli ultimi 20 anni, hanno portato a un rapido calo del costo delle tecnologie per le energie rinnovabili (Bulut e Inglesi-Lotz, 2019). Lo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili spesso desta preoccupazione a livello mondiale poiché il consumo di energia è considerato fondamentale per la prosperità economica e per il benessere sociale, mentre l'energia rinnovabile è tipicamente vista come essenziale principalmente per combattere il cambiamento climatico. L'instabilità energetica può generare gravi effetti economici, frenare la produzione economica, limitare l'occupazione e impedire il mantenimento degli standard di vita della popolazione (Ouedraogo, 2013). Questo discorso vale ancor di più per le economie fortemente dipendenti dall'utilizzo e dal mercato dell'energia, queste sarebbero fortemente influenzate da variazioni nell'utilizzo energetico (Haseeb et al., 2019).

Diversi studi della letteratura dimostrano che una maggiore quota di energia rinnovabile nel mix energetico di un Paese stimoli il benessere economico, la crescita economica e può avere un impatto positivo sul PIL sia nel lungo periodo che nel breve (Díaz et al., 2019; Ohler e Fetters, 2014; Bhattacharya et al., 2016; Rafindadi e Ozturk, 2017; Fang, 2011; Alper e Oguz, 2016; Aspergis and Danuletiu, 2014). Lo studio di Inglesi-Lotz (2016) prende in esame i 20 Paesi OECD e porta alla luce che l'aumento dell'1% del consumo di energia rinnovabile genera un incremento del PIL dello 0,105% e del PIL pro capite dello 0,100%; mentre un incremento dell'1% della quota di energie rinnovabili nel mix energetico porta un aumento del PIL dello 0,089% e del PIL pro capite dello 0,090%. Inoltre, come sottolineato nello studio di Chica-Olmo et al. (2020),

un maggiore consumo di energie rinnovabili genera un effetto positivo anche sulla crescita economica dei paesi spazialmente vicini. Prendendo in esame 26 paesi europei, hanno trovato che un aumento di un punto percentuale del consumo di energia rinnovabile di un Paese favorisce la crescita del PIL dei paesi limitrofi fino allo 0,054%. In letteratura vi sono diversi studi che prendono in esame anche la situazione nei paesi in via di sviluppo. Lo studio di Haseeb et al. (2019) ha esaminato la relazione tra la percentuale del consumo di energia rinnovabile sul consumo totale e il benessere economico in Malaysia, nel periodo compreso tra il 1980 e il 2016. I risultati confermano che le energie rinnovabili hanno un impatto significativo e positivo sul benessere economico e sullo sviluppo economico della Malaysia a breve e a lungo termine. Shahbaz et al. (2015) hanno esaminato il ruolo del consumo di energia rinnovabile nel miglioramento del benessere economico in Pakistan e risultati dello studio hanno stabilito che il consumo di energia rinnovabile influenza significativamente i progressi finanziari del Pakistan nel lungo termine.

Il recente studio Qudrat-Ullah e Nevo (2021) ha stimato in modo parametrico gli effetti del consumo di energia rinnovabile e della sostenibilità ambientale sulla crescita economica in Africa. Utilizzando dati panel di 37 paesi africani, ha rilevato che l'adozione e lo sviluppo di energie rinnovabili favoriscono la crescita economica in Africa, sia nel lungo periodo che nel breve periodo. Un aumento dell'1% del consumo di energia rinnovabile porta ad aumento della crescita economica dello 0,07% nel breve periodo e dell'1,9% nel lungo. Dall'altra parte questo studio rivela come la sostenibilità ambientale per l'Africa non debba essere una priorità; infatti, il coefficiente di emissione di CO₂ non ha un impatto significativo sullo sviluppo del continente. Dallo studio emerge che in Africa è necessaria una sinergia tra l'adozione di energie rinnovabili e no, poiché la maggior parte delle economie sono ancora in fase di sviluppo e ci vorrà tempo per eliminare completamente l'energia tradizionale. Similmente, Neuhaus (2016) ha cercato di esaminare la natura del rapporto tra consumo di energia rinnovabile e crescita economica in un gruppo di paesi dell'Africa subsahariana nell'arco temporale dal 1990 al 2011. I risultati confermano la relazione statisticamente significativa tra PIL reale e consumo di energia rinnovabile nel lungo periodo. Una significativa relazione a lungo termine tra il consumo di energie rinnovabili e la crescita economica è stata riscontrata anche per i paesi dell'Asia e per la maggior parte dei paesi africani negli studi di Eggoh et al. (2011) e di Ahmed e Shimada (2019). Lin e Moubarak (2014) hanno esaminato la relazione tra l'utilizzo di energie rinnovabili e lo

sviluppo economico in Cina, comprendendo anche variabili irregolari come le emissioni di anidride carbonica e il lavoro. Il loro studio mostra che esiste una causalità polidirezionale a lungo termine tra l'uso di energia rinnovabile e la crescita economica. Hanno anche notato che l'economia in piena espansione della Cina favorisce la crescita del settore delle energie rinnovabili. Al-Mulali et al. (2014) hanno documentato l'effetto del consumo di elettricità rinnovabile e non rinnovabile sulla produzione nei paesi dell'America Latina. La loro analisi empirica ha indicato che l'elettricità rinnovabile è molto più importante dell'elettricità non rinnovabile nel sostenere la crescita economica in questi paesi.

Ergun et al. (2019) hanno studiato la correlazione tra le variabili sociali ed economiche e il consumo di energia rinnovabile per un panel di 21 paesi africani tra il 1990 e il 2013. Dopo aver stimato una regressione generalizzata dei minimi quadrati a effetti casuali, hanno scoperto che i paesi africani con i più alti Human Development Index (HDI) e PIL pro-capite hanno una quota di energia rinnovabile nel mix energetico nazionale inferiore. Ciò potrebbe implicare che il percorso di crescita dei paesi africani non debba includere un consumo significativo di energia rinnovabile, ma probabilmente la causa di questo risultato è la mancanza di conoscenza dei potenziali impatti dell'energia rinnovabile sull'economia complessiva. Armeanu et al. (2017) ritengono che l'uso prolungato da parte dell'Africa delle risorse energetiche convenzionali ed esauribili abbia sollevato una serie di problematiche ambientali e che nel mentre abbia anche ostacolato la crescita economica sostenibile. Hanno notato che per soddisfare una domanda energetica in aumento con una maggiore dipendenza da combustibili fossili genererebbe solamente l'aumento del degrado ambientale, senza soddisfare le crescenti esigenze energetiche dell'Africa.

Lo studio di Shoaib e Ariaratnam (2016) valuta l'impatto economico e sociale dei progetti basati sulle energie rinnovabili (CRE) in due città dell'Afghanistan e nelle relative comunità. I risultati della ricerca forniscono forti indicazioni sul fatto che i progetti relativi alle energie rinnovabili sono correlati al miglioramento delle condizioni economiche delle due città pilota, sia a livello di città che di singole famiglie. Rilevano che i progetti CRE hanno avuto un impatto positivo sulla crescita economica delle imprese e hanno permesso la creazione di nuovi posti di lavoro. In aggiunta ai benefici economici, l'approvvigionamento energetico sostenibile ottenuto grazie ai progetti CRE ha portato anche benefici sociali, generando un miglioramento delle condizioni di vita delle comunità beneficiarie del 46,3%.

Sharif et al. (2019), utilizzando dati panel di 74 paesi tra il 1990 e il 2015, hanno esplorato l'associazione tra le emissioni di CO₂ e il consumo di energia rinnovabile e non rinnovabile. I risultati dimostrano che l'uso di energia non rinnovabile ha un effetto positivo sul degrado ambientale, mentre l'energia rinnovabile ha un impatto negativo, in quanto contribuisce a ridurre al minimo gli inquinanti. Inoltre, lo studio porta alla luce come anche la crescita economica abbia un impatto negativo e significativo sul degrado ecologico. Nel recente studio di Shah et al. (2020) è stato esaminato il ruolo delle emissioni di CO₂, delle energie rinnovabili e della crescita economica nei paesi in via di sviluppo. I loro risultati hanno evidenziato che le emissioni di CO₂ hanno un effetto negativo sulla crescita economica e confermano che le energie rinnovabili hanno una relazione positiva e significativa con il progresso economico. In modo simile Apergis et al. (2011) hanno studiato la dipendenza a lungo termine tra il consumo di energia rinnovabile e il degrado ambientale in 19 economie emergenti e confermano che l'energia rinnovabile permette la riduzione delle emissioni di carbonio nel lungo periodo. I risultati dello studio, tuttavia, non sono riusciti a trovare una relazione significativa tra le energie rinnovabili e le emissioni di carbonio nel breve periodo. Lo studio simile di Azlina et al. (2014) ha esaminato la stessa associazione in Malaysia e i risultati di questi studi hanno rivelato la medesima relazione tra rinnovabili e degrado ambientale.

La causalità reddito-emissioni è stata analizzata nello studio di Dinda e Coondoo (2006), che hanno esaminato dati di 88 Paesi nel periodo 1960-1990. Hanno riscontrato che tra PIL pro capite ed emissioni di CO₂ pro capite vi è una relazione bidirezionale per il gruppo di paesi dell'Africa, per l'America centrale vi è una causalità da reddito a emissioni, mentre per l'Europa la causalità è inversa, da emissioni a reddito

2.4 Impatto dell'elettricità sul benessere collettivo in zone rurali

Molteplici studi hanno cercato di comprendere come l'elettricità contribuisce allo sviluppo rurale e, attraverso analisi di dati, hanno cercato di quantificare l'impatto dell'accesso all'elettricità su variabili economiche e sociali. Interviste, sondaggi e questionari domestici i principali strumenti di raccolta dati e di informazioni sulla situazione socioeconomica della regione, come caratteristiche delle famiglie, redditi, consumi, disponibilità di energia, fonti di energia, allocazione del tempo, ore di lavoro, salari, spese, stato di salute e educazione. Questi dati sono, il più delle volte, raccolti sia a livello individuo sia a livello famiglia o villaggio. Le variabili socioeconomiche

maggiormente prese in considerazione dagli studi sono: il reddito pro capite, il tasso di occupazione e il tempo medio dedicato ad attività lavorative e ad attività domestiche.

L'accesso all'elettricità da parte dei villaggi rurali ha complessivamente un impatto positivo in termini di benefici sociali. Per quanto riguarda i benefici economici, questi si verificano se la fornitura di elettricità genera un abbassamento dei costi dell'energia, aumentando così il surplus del consumatore. I benefici dell'elettrificazione sono più marcati per le famiglie benestanti rispetto a quelle povere, per le quali i costi di connessione e le tariffe possono risultare proibitivi. In media, però, i benefici superano i costi.

Chakravorty et al. (2014), hanno condotto uno studio in zone rurali indiane tra il 1994 e il 2005 e, applicando i metodi dei minimi quadrati e delle variabili strumentali con effetti fissi, hanno trovato che l'aumento del 16% del tasso di elettrificazione ha generato un aumento del reddito non agricolo per adulto del 8,9%, ma con una connessione che porta elettricità di alta qualità, in termini di meno interruzioni e più ore di elettricità al giorno, questa percentuale sale al 28,6%. Nel Bangladesh rurale è stato, invece, condotto lo studio di Khandker et al. (2009), che rileva come connessione a una rete elettrica abbia impatti positivi significativi sul reddito delle famiglie, sulle spese totali sostenute dalle famiglie e sul risultato delle attività educative. Il beneficio sul reddito totale risulta essere tra i 9 e i 30 punti percentuali. Il documento rivela, inoltre, che i benefici dell'elettrificazione sul reddito sono più marcati per le famiglie più ricche rispetto a quelle povere ma, in media, i benefici superano i costi con ampio margine.

Dinkelman (2011) ha studiato l'effetto della elettrificazione rurale sull'occupazione nella provincia del Sudafrica KwaZulu-Natal tra il 1996 e il 2001. Utilizzando dati panel ha stimato l'impatto dell'elettrificazione sui tassi di crescita dell'occupazione, le ore di lavoro, i salari e i redditi. È riuscito a riscontrare un aumento del tasso di occupazione femminile del 9,5% con 15000 donne in più che partecipano alla forza lavoro, mentre non ha riscontrato effetti significativi per il tasso di occupazione maschile. La nuova infrastruttura ha generato, inoltre, un aumento delle ore di lavoro per gli uomini (13 ore a settimana in più) e per le donne (8,9 ore a settimana in più), riducendo i salari femminili (-20%) e aumentando il reddito degli uomini (+16%). Diversi elementi di questo studio suggeriscono che l'elettrificazione domestica aumenta l'occupazione femminile, libera le donne dalla produzione domestica e favorisce il lavoro autonomo e la nascita di microimprese. La maggiore partecipazione delle donne alla forza lavoro del Paese a seguito di un progetto di elettrificazione è stata riscontrata

anche nello studio di Grogan e Sadanand (2013), condotto in Nicaragua tra il 1998 e il 2005. Lo studio dimostra che l'elettricità aumenta la propensione delle donne delle zone rurali a lavorare al di fuori da casa di circa il 23%. Inoltre, l'elettrificazione ha generato l'aumento del tempo medio speso in lavori salariati sia per le donne (+190%) che per gli uomini (+115%) e del tempo medio trascorso in attività domestiche del 130% per le donne e del 105% per gli uomini; mentre la media di ore trascorse in attività agricole risultano ridotte del 82% per le donne e del 53% per gli uomini. I risultati, inoltre, denotano un aumento del tempo libero per gli uomini e suggeriscono ulteriori significativi vantaggi come l'aumento dei redditi delle donne e la riduzione della deforestazione. L'impatto dell'elettrificazione sull'allocazione del tempo in zone rurali è stato studiato anche da Barron e Torero (2014). Prendendo in esame i dati delle famiglie del Nord del El Salvador lungo 5 anni, rilevarono che l'elettrificazione ha generato un aumento della partecipazione delle donne adulte ad attività generatrici di reddito, come attività non agricole (+46%) e commerci domestici (+25%). In aggiunta, poiché i ricavi medi provenienti da queste attività è di circa \$1000 all'anno, sottolinearono come l'aumento del reddito grazie all'elettrificazione sia potenzialmente molto importante. Inoltre, constatarono come l'elettrificazione porti benefici anche all'istruzione giovanile, rilevando un aumento del 78% della partecipazione ad attività educative da parte dei bambini in età scolastica.

Chhay e Yamazaki (2021) hanno portato avanti uno studio sui cambiamenti della struttura occupazionale a seguito della elettrificazione, basandosi su un campione di dati con le caratteristiche della popolazione e informazioni sulle abitazioni e i servizi della Cambogia tra il 1998 e il 2008. Lo studio rileva un allontanamento dei lavoratori dall'agricoltura e un avvicinamento verso il lavoro autonomo non agricolo. L'accesso all'elettricità durante il decennio preso in considerazione ha aumentato la probabilità di lavoro autonomo non agricolo di circa 11 punti percentuali sia per gli uomini che per le donne, mentre l'occupazione nel settore agricolo è diminuita di circa il 20%.

Grimm et al. (2016) raccogliendo informazioni da 300 famiglie campionate casualmente dalle zone rurali del Ruanda, hanno stimato l'effetto dell'accesso a kit Pico-PV sulla vita delle famiglie. Un sistema Pico-PV è un piccolo impianto fotovoltaico utilizzabile principalmente per l'illuminazione e piccoli altri servizi elettrici e i cui principali vantaggi sono la facilità installazione e utilizzo, i bassi costi di investimento e la poca manutenzione richiesta. Lo studio ha rilevato effetti positivi significativi sulla spesa energetica delle famiglie, sulla salute e sull'ambiente. In particolare, il costo per un'ora

di luce si riduce dell'81,5%, mentre la spesa energetica mensile, senza considerare l'energia per cucinare, è di circa il 40% più bassa. I dati mostrano che l'adozione è ostacolata dall'accessibilità e gli studiosi suggeriscono che la politica dovrebbe prendere in considerazione strategie di promozione più dirette, come le sovvenzioni o fonti di finanziamento.

Kirubi et al. (2009) hanno esaminato l'impatto dell'elettrificazione a livello piccole e microimprese. L'accesso all'elettricità consente l'utilizzo di attrezzature e strumenti elettrici anche da parte di piccole e microimprese, con un conseguente significativo miglioramento della produttività per lavoratore (+100-200% a seconda della mansione) e una corrispondente crescita dei livelli di reddito dell'ordine del 20-70%, a seconda del prodotto realizzato. Inoltre, consente e migliora la fornitura di servizi sociali e aziendali a livello di villaggio, come scuole, istituzioni finanziarie e strumenti agricoli. Nel loro studio, condotto in una zona rurale del Kenya, dimostrano che quando le tariffe riflettono i costi e il consumo di energia elettrica è legato a usi produttivi generatori di reddito, allora il recupero dei costi è fattibile. Peters, Vance e Harsdorff (2011) hanno esaminato come indicatore di performance il profitto delle aziende. Hanno utilizzato l'approccio Propensity Score Matching, che permette di confrontare il gruppo a cui è stata fornita l'energia e quello a cui non è stata fornita. In particolare, questo studio divide le imprese manifatturiere in tre gruppi: le imprese collegate alla rete, le imprese non collegate alla rete in una regione in cui l'accesso è possibile e tutte le imprese delle regioni in cui non è ancora giunta la rete elettrica. I dati analizzati provenienti da 276 imprese manifatturiere di zone rurali del Benin includono la situazione socioeconomica generale, il livello delle imprese (stock di capitale, input di lavoro, base clienti, accesso al credito e servizi finanziari), la disponibilità di energia, i principali problemi e il potenziale sviluppo delle imprese a lungo termine. Gli impatti positivi dell'accesso all'elettricità sono stati riscontrati sulle imprese nate dopo l'elettrificazione, in quanto hanno avuto il vantaggio di poter utilizzare apparecchiature elettriche e hanno avuto un migliore accesso al mercato. Non hanno riscontrato significativi miglioramenti nelle prestazioni delle imprese che esistevano già prima dell'elettrificazione e una potenziale spiegazione di questa assenza di impatti è che molte aziende hanno deciso di connettersi alla rete ed eseguire investimenti ingenti nelle apparecchiature elettriche associate senza aver adeguatamente sviluppato un business plan.

2.5 Tecnologie per la fornitura di energia rinnovabile in zone rurali

La fornitura di energia può raggiungere zone rurali o tramite l'espansione della rete di distribuzione dell'energia nazionale già esistente (on grid) oppure tramite un sistema decentralizzato (off grid). La fornitura energetica tramite l'espansione della rete consiste nella costruzione di nuove linee di distribuzione di energia affinché la connessione giunga ai villaggi rurali. L'estensione induce un elevato investimento iniziale per la costruzione della rete e importanti costi di manutenzione. L'efficacia dei costi di questa tipologia di fornitura energetica è correlata alla densità di popolazione e ai tassi di urbanizzazione del Paese, se questi sono bassi, come nelle zone rurali africane e dell'America Latina, l'espansione della rete già esistente non appare una scelta adeguata dal punto di vista economico, a meno che gli investimenti non siano supportati dall'erogazione di congrui sussidi. L'elettrificazione attraverso tecnologie decentralizzate consiste nella generazione di energia direttamente nel singolo villaggio tramite impianti fotovoltaici o mini-reti alimentate da un generatore idroelettrico, eolico o diesel. I sistemi di fornitura energetica decentralizzati hanno il vantaggio di essere situati vicino alla domanda; quindi, i costi di distribuzione e trasmissione sono inferiori rispetto all'estensione della rete. Inoltre, si riscontrano vantaggi nella capacità e qualità della fornitura energetica.

I principali sistemi decentralizzati individuati nella letteratura sono i sistemi solari domestici (SHS) e i sistemi Pico PV. Sono entrambi degli impianti fotovoltaici "ad isola", detti anche "stand alone", ovvero non connessi alla rete di distribuzione e che sfruttano l'energia prodotta e accumulata da un accumulatore di energia situato direttamente sul posto. I kit Pico PV sono piccoli impianti con una potenza di uscita da 1 a 10W, utilizzati principalmente per l'illuminazione e quindi in grado di sostituire candele e lampade a cherosene. A seconda del modello, possono essere aggiunti servizi elettrici aggiuntivi come caricabatterie per telefoni cellulari, alimentazione di radio, piccoli televisori e ventilatori. I sistemi Pico PV offrono una vasta gamma di vantaggi: facile installazione (Plug & Play), facile utilizzo, bassi costi di investimento, poca manutenzione, alta flessibilità di utilizzo. I prezzi sono generalmente all'interno della capacità di pagamento della maggior parte delle popolazioni rurali nei paesi in via di sviluppo. I sistemi SHS sono invece in grado di fornire una potenza di uscita superiore e fornire energia a più famiglie. Possono essere utilizzati sia per l'illuminazione sia per servizi energetici che richiedono un quantitativo importante di potenza, come frigoriferi

e televisori. Inoltre, riducendo al minimo le perdite di conversione, sono molto efficienti dal punto di vista energetico.

Un'ulteriore soluzione per la fornitura di energia in zone rurali sono le smart grid, ovvero la combinazione ibrida di fonti di energia diverse, come solare, eolica, idrica o a batteria. La rete intelligente, a differenza della rete tradizionale che segue un modello di generazione centralizzata di energia che dalle grandi centrali è veicolata nelle reti di trasmissione, prevede la presenza di sistemi di generazione distribuita. Essi sono sistemi di piccola produzione di elettricità da diverse tipologie di fonti rinnovabili, allacciati direttamente alla rete elettrica di distribuzione. Dato che le fonti rinnovabili non sono programmabili, gestire sistemi di generazione distribuita di energia richiede una "intelligenza" che si manifesta nella gestione del sistema elettrico complessivo, in modo da consentirgli di gestire a livello locale eventuali surplus di energia, redistribuendoli in aree vicine e prevenendo o riducendo al minimo una potenziale interruzione. Come dimostrato da Gebrehiwot et al. (2019) un sistema ibrido che combini l'energia solare di un impianto fotovoltaico con fonti di energia complementari, come la generazione di energia eolica o diesel, è un'alternativa che può rendere maggiormente sostenibile e fattibile l'estensione della rete dai punti di vista economico, tecnico ed ambientale, in quanto abbassa il costo unitario della produzione di energia, aumenta l'affidabilità, riduce gli sprechi e diminuisce le emissioni di anidride carbonica.

Juanpera et al. (2020), prendendo in esame un reale caso di studio della Nigeria, hanno studiato quale possa essere la migliore soluzione di approvvigionamento. Hanno preso in considerazione sia criteri economici (costi dell'investimento iniziale, spese di gestione e manutenzione) e aspetti tecnici (autonomia del sistema, affidabilità dell'offerta, la probabilità di guasti) ma hanno ragionato anche sotto la prospettiva ambientale (emissioni di CO₂, impatto visivo e acustico, uso del suolo, produzione di rifiuti) e socio-istituzionale (tariffe finali, allineamento con la strategia del governo), molto rilevanti affinché il progetto sia sostenibile a lungo termine. I risultati dello studio mostrano che i sistemi basati sulla tecnologia solare fotovoltaica sono i più adatti per questa comunità, mentre la fattibilità della connessione alla rete nazionale dipende fortemente dalla dimensione della comunità e dalla distanza dal punto di collegamento alla rete più vicino.

Lo studio di Meles (2020), che ha analizzato l'impatto delle interruzioni elettriche nelle città in via di sviluppo in Etiopia, sottolinea come la connessione all'elettricità non sia sufficiente per uno sviluppo sostenibile. L'affidabilità della fornitura è fondamentale per

godere dei benefici dell'elettrificazione e per rendere sostenibile nei paesi in via di sviluppo la transizione energetica dai combustibili tradizionali ai moderni servizi energetici. Le famiglie urbane dell'Etiopia con connessione elettrica devono sostenere una spesa mensile di 14,8 milioni di dollari per sopperire ai malfunzionamenti della fornitura energetica, quando la loro disponibilità a pagare in aggiunta alla normale bolletta elettrica è di 6,2 milioni di dollari al mese.

Uno dei principali difetti della elettrificazione rurale è l'elevato costo di implementazione. Infatti, portare l'elettricità in zone rurali implica importanti investimenti sia per soluzioni off-grid che per estensioni della rete. Considerando che i consumi della popolazione di queste aree sono limitati e che le politiche tariffarie dovranno essere adeguate ai loro redditi, difficilmente l'investimento può essere recuperato nella sua totalità. Nonostante in un programma di elettrificazione si ricerchi la riduzione dei costi in modo da garantire una redditività anche minima, in generale l'elettrificazione rurale richiede livelli significativi di sovvenzione.

2.6 L'importanza della democrazia e delle condizioni governative per i progetti di elettrificazione

Nonostante l'elettricità sia estremamente importante per le attività economiche e la sua domanda sia elevata e costante, vi è poco incentivo da parte del settore privato a contribuire alla realizzazione di un accesso universale all'elettricità. Inoltre, la costruzione delle infrastrutture di trasmissione e distribuzione su larga scala è un investimento a lungo termine, molto costoso e con benefici incerti, quindi di scarso interesse per gli investitori commerciali (Baskaran et al., 2015; Abbott, 2001). Per questi motivi, l'elettricità è considerato un bene pubblico.

Una delle questioni centrali nella ricerca sui fattori che influenzano la fornitura di beni pubblici, è il modo in cui i regimi politici hanno impatto su questa. Diverse ricerche hanno dimostrato che la democrazia è positivamente correlata con la fornitura di beni pubblici, tra cui l'energia elettrica. Una democrazia caratterizzata da elezioni eque e regolari crea forti incentivi per i leader politici a fornire beni pubblici richiesti dalla popolazione, in quanto la loro fornitura è inclusa nella valutazione dell'operato di questi leader politici fatta dalla popolazione (Deacon, 2009; Lake e Baum, 2001). Nonostante le ragioni teoriche, spesso l'effetto di una istituzione democratica sulla fornitura di elettricità risulta limitato e tra i motivi vi è il fatto che i leader eletti lavorano con orizzonti temporali brevi, mentre la fornitura di beni pubblici e il recupero

dell'investimento sono processi più lunghi della normale durata del mandato di un governo (Aidt, 2016).

Ahlborg et al. (2015), affidandosi a un'analisi di regressione che utilizza un insieme di dati per 44 paesi africani nel periodo 1996-2009, hanno analizzato la correlazione tra il consumo elettrico domestico pro capite, lo status democratico dei paesi e la qualità istituzionale. L'analisi mostra che la presenza di istituzioni democratiche, la qualità delle istituzioni e la produttività dello Stato hanno significative ricadute positive sul consumo di elettricità pro capite delle famiglie. Lo studio di Boräng et al. (2016) analizza la situazione della fornitura di energia elettrica nei piccoli paesi insulari in via di sviluppo (SIDS) e mostra come il tipo di regime e la qualità delle istituzioni esecutive influenzino i prerequisiti del successo dei progetti di elettrificazione. La centralità del ruolo dell'efficacia dei governi nel processo di transizione verso una maggiore elettrificazione è confermata anche da Best e Burke (2017), che hanno preso in esame dati da 135 paesi a basso e medio reddito. L'efficacia del governo risulta importante per molti aspetti legati all'elettrificazione come la capacità, i criteri di accesso, il consumo e le perdite nella trasmissione e distribuzione. Inoltre, un governo maggiormente efficace in un Paese in via di sviluppo condiziona anche gli investimenti privati, in quanto questi paesi sono visti dagli investitori come meno rischiosi. I due studiosi portano come esempi il Kenya e l'Etiopia che, avendo un'efficacia del governo superiore alla media degli altri paesi dell'Africa subsahariana, sono riusciti ad ottenere il sostegno di gruppi privati per incrementare il tasso di accesso all'elettricità.

Dal momento che la corruzione può influenzare il processo di attuazione delle politiche pubbliche, il livello di corruzione nella pubblica amministrazione condiziona l'effetto positivo della democrazia nella fornitura di energia elettrica. Infatti, la democrazia porta a tassi di elettrificazione più elevati solo quando la corruzione è relativamente bassa. In contesti altamente corrotti l'effetto positivo è assente. Diversi studi riguardanti l'elettrificazione rurale identificano la corruzione come una barriera al successo dei progetti di elettrificazione (Sarkodie e Adams 2020; Ahlborg e Hammar 2014; Jones e Thompson 1996; Karekezi e Majoro 2002; Boräng et al., 2016; Estache et al., 2020; Pless e Fell, 2017). In aggiunta, Dal Bò e Rossi (2007), avendo esaminato un campione di paesi dell'America Latina, ritengono che a una maggiore corruzione sia associata anche una minore efficienza delle aziende elettriche.

Lo studio di Stritzke et al. (2021), prendendo in esame l'Uganda e la Zambia, hanno individuato sei indicatori di governance che condizionano l'elettrificazione: rule of law, trasparenza, inclusività, efficienza, responsabilità, reattività (Tabella 2.1).

Tabella 2.1 Contestualizzazione dei sei indicatori di buona governance per l'accesso all'energia di Stritzke et al. (2021)

Rule of law	Esistenza e applicazione coerente di un quadro giuridico chiaro, che consenta al settore privato di investire e operare in progetti di elettrificazione. Una carenza nella rule of law può limitare gli investimenti del settore privato, aumentare i costi dei progetti e i loro tempi di attuazione.
Trasparenza	Divulgazione e accessibilità delle informazioni da parte delle istituzioni di governo ai soggetti direttamente o indirettamente interessati dai processi di governance e dai suoi risultati. La trasparenza è fondamentale per le imprese del settore privato per sviluppare politiche di sviluppo intersettoriali reciprocamente allineate.
Inclusività	Inclusione delle parti interessate nel processo decisionale e il bilanciamento degli interessi del settore pubblico, del settore privato e di coloro che beneficeranno dell'accesso all'elettricità. Consultare e permettere di partecipare in modo inclusivo tutti gli stakeholders è fondamentale per comprendere tutti gli interessi, ricevere il consenso di tutte le parti e attuare strategie adeguate e fattibili.
Efficienza	Efficienza ed efficacia nella definizione e nell'attuazione degli obiettivi dell'elettrificazione.
Responsabilità	Controllo pubblico sulle azioni del governo. Perché la responsabilità sia garantita ogni decisione deve essere attribuibile a un soggetto specifico all'interno del governo nazionale o locale. Inoltre, include la presenza di mandati chiari, monitoraggi e valutazioni. Nel caso dell'accesso all'energia la responsabilità è resa possibile dalla trasparenza dei processi di governance, fornendo alla popolazione beneficiaria conoscenze sufficienti per attribuire i risultati alle azioni.
Reattività	Comprensione, istituzionalizzazione e soddisfacimento delle esigenze delle parti interessate in un lasso di tempo ragionevole. Una governance non reattiva può portare a un'erosione della stabilità politica, dei valori democratici e, nel caso dell'elettrificazione, a un aumento della disuguaglianza in termini di accesso all'energia.

2.7 Elettrificazione in situazioni di disuguaglianza e conflitti

L'accesso all'elettricità in zone rurali è un problema complicato principalmente a causa dei costi elevati delle infrastrutture elettriche, che generano una bassa redditività dei progetti e una fornitura non sempre conveniente per un utente rurale. A queste problematiche si aggiungono la lontananza, l'inaccessibilità, la bassa densità di popolazione, la mancanza di professionalità e l'eccessiva dipendenza dai sussidi, caratterizzanti le zone rurali di qualunque nazione. Per questi motivi, l'accesso

all'elettricità è generalmente condizionato dalla disuguaglianza economica e spaziale. Lo studio di Sarkodie e Adams (2020) ha esaminato il nesso tra l'accesso all'elettricità, la disuguaglianza di reddito e il controllo della corruzione in Sudafrica dal 1990 al 2017. Ha rilevato un effetto positivo dell'aumento dei livelli di reddito sull'accesso all'elettricità e ciò è dovuto al fatto che, sebbene i sistemi energetici decentralizzati siano economicamente sostenibili, il loro costo iniziale risulta oneroso. La corruzione, invece, ostacola l'accesso all'elettricità. Quindi per la crescita economica risulta essenziale l'accesso all'energia per tutti, ma anche una governance e una qualità delle istituzioni adeguate sono fondamentali per garantire l'accessibilità a fonti energetiche sicure, convenienti e sempre disponibili. Molti altri studi hanno discusso i legami tra crescita del reddito delle famiglie e consumo di energia e hanno confermato che l'aumento dei redditi porta ad un aumento del consumo di energia e che la distribuzione disuguale del reddito si riflette sulla distribuzione del consumo di energia tra le diverse classi di reddito (Weiss de Abreu et al., 2021; Cohen et al., 2005).

Korkovelos et al. (2019) hanno analizzato il ruolo dei rischi e dei costi di un conflitto nelle prospettive di elettrificazione in Afghanistan. I risultati indicano che, in termini di costi, il mix ottimale di elettrificazione è molto sensibile al contesto locale. Le popolazioni urbane creerebbero una forte base di consumo di elettricità nonostante gli alti rischi di conflitto. Per le aree periurbane e rurali, i progetti di elettrificazione risultano più sensibili alle variazioni del rischio di conflitti. Inoltre, lo studio esamina le diverse tecnologie per la fornitura di energia al fine di individuare la più opportuna. Per gli insediamenti in prossimità della rete (meno di 50 km), l'estensione della rete è di solito l'opzione meno costosa anche quando il rischio di conflitto è elevato. Nelle zone sensibili ai conflitti e lontane dalla rete è economicamente preferibile una quota maggiore di sistemi stand-alone, in quanto su di questi l'impatto sui costi di un potenziale conflitto è inferiore. Alcuni studi hanno evidenziato che i progetti di sviluppo su larga scala possono esacerbare i conflitti. Dall'altra parte, però, l'impatto sui conflitti dello sviluppo economico generato dall'elettrificazione può essere positivo (Miklian, 2021). Lo studio di Numata et al. (2021), partendo da queste due considerazioni, analizza l'impatto delle diverse opzioni di elettrificazione in Myanmar e trova che la fornitura di energia solare off-grid risulta meno suscettibile ad esacerbare i conflitti rispetto alle grandi centrali elettriche.

3. Analisi descrittiva dei dati

3.1 Banche dati utilizzate

I dati sul consumo di energia devono essere trattati con accortezza, essi provengono da diversi enti e organizzazioni che si occupano della raccolta e della diffusione di queste informazioni. Le diverse fonti di dati spesso raccolgono, organizzano e pubblicano le informazioni in modo differente, con dimensioni e pesi diversi.

La fonte principale da cui sono stati estratti le informazioni è il portale della World Bank. Da questa banca dati sono stati estratti le informazioni relative alle dimensioni economiche dei paesi, la percentuale di popolazione con accesso all'elettricità, la quota di energia rinnovabile rispetto al totale di energia consumata, la produzione di elettricità da fonti rinnovabili, l'indicatore di disuguaglianza di reddito (indice di Gini) e gli indicatori sulla qualità, trasparenza, responsabilità e corruzione nella pubblica amministrazione.

È stata sfruttata anche la BP Statistical Review of World Energy 2021, dalla quale sono stati recuperati dati sul consumo energetico totale e delle diverse fonti di energia.

I dati riguardanti l'Indice di Sviluppo Umano (HDI) sono stati estratti dall'Human Development Report 2020 redatto dal HDRO (Human Development Report Office) United Nations Development Programme, dove sono presenti le statistiche dal 1990 al 2019.

Un'ulteriore fonte di informazioni è stato il Polity5: Regime Authority Characteristics and Transitions Dataset redatto dal Center for Systemic Peace, che annualmente codifica i modelli di autorità democratici e autocratici e i cambiamenti di regime in tutti i paesi indipendenti con una popolazione superiore a 500000. Dal sito del Center for Systemic Peace sono stati estratti anche gli indici annuali di fragilità, efficacia e legittimità degli stati dal 1995 al 2018.

Tutte le banche dati utilizzate nell'analisi forniscono dataset che comprendono tutti i principali paesi del mondo e ricoprono un ampio numero di anni.

3.2 Variabili e indicatori

Il consumo di energia pro-capite è stato estratto dai World Development Indicators del portale della World Bank, che raccoglie informazioni dal 1960 al 2015. Si riferisce all'uso di energia primaria prima della trasformazione in altri combustibili per uso

finale, ed è uguale alla produzione interna più le importazioni e le variazioni delle scorte, meno le esportazioni e i combustibili forniti a navi e aerei impegnati nel trasporto internazionale. È espresso in kg di petrolio equivalente.

Per il consumo di energia rinnovabile è stato utilizzato il dataset del BP Statistical Review 2021, in cui sono presenti dati di 80 paesi dal 1965 al 2020. Le informazioni sono tratte da agenzie statistiche nazionali, organizzazioni internazionali e altre fonti proprietarie. È espresso in Exajoules.

La quota di energia rinnovabile è la percentuale di energia rinnovabile consumata sul totale di energia consumata. Le statistiche su questa variabile sono state prese dal portale della World Bank, che cita tra le fonti il database SE4ALL Global Tracking Framework redatto congiuntamente dalla Banca Mondiale, dall'Agenzia Internazionale per l'Energia e dal Programma di Assistenza per la Gestione del Settore Energetico. Il database presenta dati di 206 paesi dal 1990 al 2018.

L'accesso all'elettricità è la percentuale di popolazione con accesso all'elettricità. I dati, estratti dal portale della World Bank, ricoprono il periodo temporale dal 1990 al 2019. Le informazioni sull'elettrificazione sono state raccolte tramite indagini nazionali, agenzie governative locali e fonti internazionali. Data la scarsa frequenza e la distribuzione regionale di alcune indagini, alcuni paesi presentano lacune nei dati disponibili.

La produzione di elettricità da fonti rinnovabili è la percentuale di elettricità prodotta da fonti di energia rinnovabili sul totale dell'elettricità prodotta. Include le fonti di energia idroelettrica, geotermica, solare, eolica, biomassa e biocarburanti.

L'Human Development Index (HDI) è un indice composito che misura il risultato medio di tre dimensioni fondamentali dello sviluppo umano: l'aspettativa di vita, l'istruzione e il reddito.

L'indice di Gini è utilizzato per misurare la disuguaglianza nella distribuzione del reddito. Valori bassi del coefficiente indicano una distribuzione abbastanza omogenea, ovvero tutti percepiscono un reddito simile; valori alti del coefficiente indicano, invece, una distribuzione più diseguale, cioè un'ampia percentuale del reddito del Paese è in mano a una parte della popolazione mentre l'altra percepisce un reddito molto inferiore.

Il livello di democrazia, estratto dal Polity 5 dataset, è un punteggio da 0 a 10 che combina tre elementi essenziali, interdipendenti. Il primo è la presenza di istituzioni e procedure attraverso le quali i cittadini possano esprimere le proprie preferenze sulle

politiche e sui leader. Il secondo elemento incluso è l'esistenza di vincoli sull'esercizio del potere esecutivo. Infine, l'ultimo elemento è la salvaguardia delle libertà civili di tutti i cittadini nella loro vita quotidiana e nella loro partecipazione politica. In modo simile, con livello di autocrazia si intende un punteggio associato ad ogni Paese in modo da descriverne la mancanza di una competizione politica regolarizzata, la carenza di libertà politica e la limitazione alla partecipazione politica della popolazione. Poi, sottraendo il livello di autocrazia dal livello di democrazia si ottiene un punteggio combinato con scala da -10 (fortemente autocratico) a +10 (fortemente democratico), che permette di esaminare in modo semplificato gli effetti generale dei regimi politici. Quest'ultimo indice è denominato Polity.

L'indice di fragilità di una nazione (SFI) consiste in una valutazione dell'efficienza e della legittimità relative a sicurezza, economia, politica e collettività. Include, quindi, la sicurezza generale, la vulnerabilità a conflitti politici, le repressioni da parte dello stato, la stabilità del governo, l'inclusione della governance, il prodotto interno lordo pro capite, la quota di esportazioni, l'Indice di Sviluppo Umano (HDI) e il tasso di mortalità infantile.

La qualità della pubblica amministrazione valuta in che misura il personale del governo centrale attua la politica del governo e fornisce servizi in modo efficace. L'indice di trasparenza, responsabilità e corruzione nel settore pubblico, invece, valuta la responsabilità in mano al personale esecutivo, l'accesso della società civile alle informazioni sugli affari pubblici e la cattura da parte dello stato di interessi acquisiti.

Nella Tabella 3.1 sottostante sono elencati e schematizzati tutti gli indicatori presi in considerazione nelle prossime analisi dei dati.

Tabella 3.1 Indicatori presi in considerazione per le analisi dei dati

Indicatore	Banca Dati	Paesi	Anni	Unità di misura
PIL pro capite	World Bank	217	1960-2020	US\$ corrente
Consumo di energia pro capite	World Bank	217	1960-2015	Kg di petrolio equivalente pro capite
Consumo di energia pro capite	BP statistical review of world energy 2021	80	1965-2020	Gigajoule
Quota di energia rinnovabile	World Bank	206	1990-2018	Percentuale sul totale di energia finale consumata
Accesso all'elettricità	World Bank	216	1990-2019	Percentuale di popolazione con accesso all'elettricità
Produzione di energia rinnovabile	World Bank	217	1960-2015	Percentuale di elettricità prodotta da fonti rinnovabili sul totale di elettricità prodotta

Indice di Gini	World Bank	185	1980-2019	Da 0 a 100. 0 rappresenta la perfetta uguaglianza nella distribuzione del reddito, 100 la perfetta disuguaglianza
Consumo totale di energia primaria	BP Statistical Review of World Energy 2021	80	1965-2020	Exajoules
Consumo di energia da fonti rinnovabili	BP statistical review of world energy 2021	80	1965-2020	Exajoules
Consumo di energia idroelettrica	BP statistical review of world energy 2021	80	1965-2020	Exajoules
Consumo di energia solare	BP statistical review of world energy 2021	80	1965-2020	Exajoules
Consumo di energia eolica	BP statistical review of world energy 2021	80	1965-2020	Exajoules
Consumo di biofuel	BP statistical review of world energy 2021	24	1990-2020	Petajoules
Indice di Sviluppo Umano (HDI)	Human Development Report 2020	189	1990-2019	Punteggio da 0 a 1
Livello di democrazia	Polity5: Regime Authority Characteristics and Transitions Dataset	195	1800-2020	Punteggio da 0 a 10
Livello di autocrazia	Polity5: Regime Authority Characteristics and Transitions Dataset	195	1800-2020	Punteggio da 0 a 10
Polity: livello di democrazia meno livello di autocrazia	Polity5: Regime Authority Characteristics and Transitions Dataset	195	1800-2020	Punteggio da -10 a +10
Indici di fragilità (SFI)	Center for Systemic Peace	169	1995-2018	Punteggio da 0 a 25. Dal meno fragile al più fragile
Qualità della pubblica amministrazione	World Bank	87	2005-2020	Punteggio da 1 (basso) a 6 (alto)
Indice di trasparenza, responsabilità, corruzione nel settore pubblico	World Bank	87	2005-2020	Punteggio da 1 (basso) a 6 (alto)
Importazioni di energia nette	World Bank	143	1960-2015	Percentuale di energia importata sul totale dell'energia utilizzata
Popolazione rurale	World Bank	215	1960-2020	
Popolazione urbana	World Bank	215	1960-2020	
Percentuale di popolazione rurale	World Bank	215	1960-2020	Percentuale di abitanti di aree rurali sul totale della popolazione
Densità di popolazione	World Bank	217	1961-2020	Popolazione per kmq di terra
Presenza di conflitti armati nel territorio	Conflict Site Dataset, un'estensione del UCDP/PRIО Armed Conflicts Dataset	79	1989-2008	1: Si; 0: No

3.3 Raggruppamento dei paesi

In questa analisi i paesi sono stati raggruppati su base geografica, per fasce di reddito, in base al valore dell'HDI, per tipologia di regime governativo. Inoltre, sono state utilizzate le aggregazioni di paesi presenti nel portale della World Bank: paesi meno sviluppati, paesi in situazioni di conflitto o fragili e nazioni povere pesantemente indebitate.

Le fasce di reddito sono state costruite sulla base del reddito nazionale lordo (RNL) pro capite, ovvero la somma del valore aggiunto dei produttori residenti nel Paese a cui si aggiungono le imposte sui prodotti non incluse nella valutazione della produzione e i proventi netti dei redditi primari dall'estero. La classificazione in base al reddito pro capite adottata dalla Banca Mondiale è la seguente: alto reddito se supera i 12.375\$; reddito medio-alto se compreso tra 3.996\$ e 12.375\$; reddito medio-basso se compreso tra 1.026\$ e 3.996\$; reddito basso se inferiore a 1.026\$.

Per la suddivisione dei paesi in base all'Human Development Index sono state sfruttate le categorie presenti all'interno dell'Human Development Report 2020: 0,800-1.000 HDI molto alto; 0,700-0,799 alto; 0,550-0,690 medio; 0,350-0,549 basso. L'analisi si concentra particolarmente sui paesi con HDI basso, che nel 2019 erano Afghanistan, Benin, Burkina Faso, Burundi, Repubblica Centrafricana, Chad, Congo, Costa d'Avorio, Djibouti, Eritrea, Gambia, Guinea, Guinea-Bissau, Haiti, Lesotho, Liberia, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritania, Mozambico, Niger, Nigeria, Ruanda, Senegal, Sierra Leone, Sud Sudan, Sudan, Tanzania, Togo, Uganda, Yemen.

I paesi meno sviluppati (LCD) sono una lista redatta dalle Nazioni Unite che raggruppa i paesi in via di sviluppo. Secondo la definizione la lista include i paesi che mostrano gli indicatori socioeconomici più bassi, come l'Indice di Sviluppo Umano (HDI), e soddisfano tre criteri: basso reddito (RNL pro capite inferiore a 1025\$); vulnerabilità economica; debolezza delle risorse umane, verificata con gli indicatori di alimentazione, salute, istruzione e alfabetizzazione degli adulti. La vulnerabilità economica è generalmente prodotta dall'instabilità della produzione agricola, dalle esportazioni di beni e servizi, dalla scarsa rilevanza economica delle attività non tradizionali, dalle difficoltà su economie di scala del mercato nazionale o dal ripetersi di disastri naturali, guerre o conflitti interni che causano un massiccio spostamento della popolazione. I paesi compresi in questa lista nel 2020 sono: Afghanistan, Angola, Bangladesh, Benin, Bhutan, Burkina Faso, Burundi, Cambogia, Repubblica Centrafricana, Chad, Comoros, Congo, Djibouti, Eritrea, Etiopia, Gambia, Guinea, Guinea-Bissau, Haiti, Kiribati, Lao

P.D.R., Lesotho, Liberia, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritania, Mozambico, Myanmar, Nepal, Niger, Ruanda, Sao Tome e Principe, Senegal, Sierra leone, Isole Salomone, Somalia, Sud Sudan, Sudan, Tanzania, Timor Est, Togo, Tuvalu, Uganda, Yemen, Zambia.

Le nazioni povere pesantemente indebitate (HIPC) sono un gruppo di 39 paesi in via di sviluppo con elevati livelli di povertà e indebitamento, che possono beneficiare di un'assistenza speciale da parte del Fondo Monetario Internazionale (FMI) e della World Bank.

La classificazione dei paesi in base alle situazioni di fragilità e di conflitto (FCS) aggrega i paesi con elevati livelli di fragilità istituzionale e sociale e paesi colpiti da conflitti violenti, identificati sulla base di un numero minimo di morti legate ai conflitti rispetto alla popolazione totale.

3.4 Consumo di energia

I dati estratti dai World Development Indicators della World Bank sul Consumo energetico (kg di petrolio equivalente pro capite) mostrano come nel 2014 per i paesi ad alto reddito il consumo di energia pro capite sia stato pari a 4745,0 kg, per i paesi a medio-alto reddito 2190,6 kg, per quelli di medio reddito 1386,6 kg e 711,9 kg per i paesi a medio-basso reddito^{iv}. La Figura 3.1 mostra il confronto tra il consumo di energia pro capite nei diversi raggruppamenti in base al reddito. Appare chiaro come il consumo di energia pro capite nelle nazioni ad alto reddito sia estremamente superiore a quella degli altri paesi.

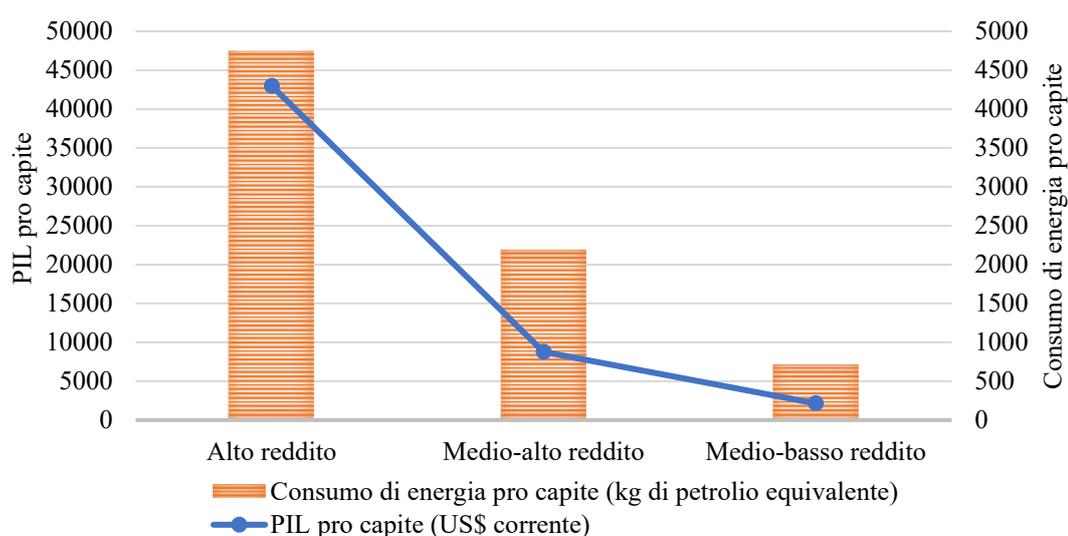


Figura 3.1. Confronto PIL pro capite e consumo di energia pro capite – Anno: 2014^{iv}

^{iv} Nel database del consumo energetico della World Bank non sono presenti dati per i paesi a basso reddito.

Se si osservano gli andamenti nel tempo si può notare che per i paesi ad alto reddito il consumo di energia sia costante da molti anni (Figura 3.2), mentre negli altri paesi il consumo energetico è in continua crescita negli ultimi anni (Figura 3.3).

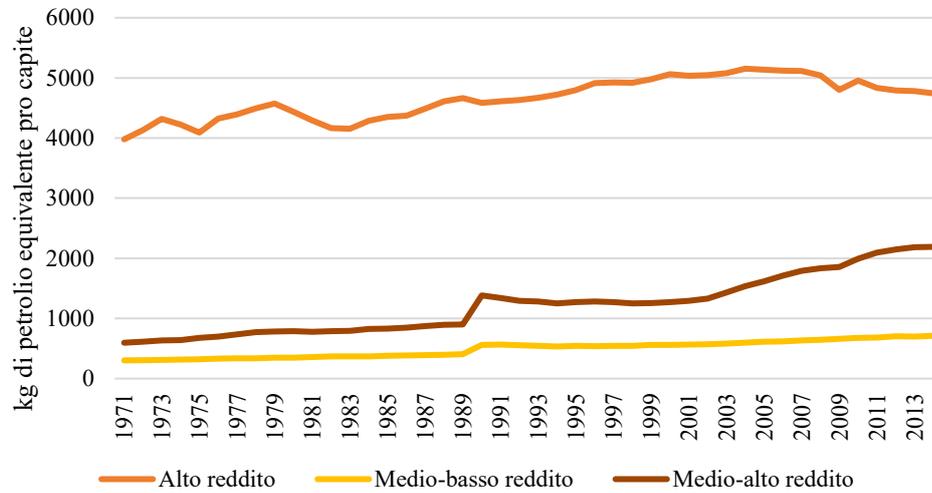


Figura 3.2. Andamento nel tempo del consumo di energia pro capite (kg di petrolio equivalente) dal 1971 al 2014

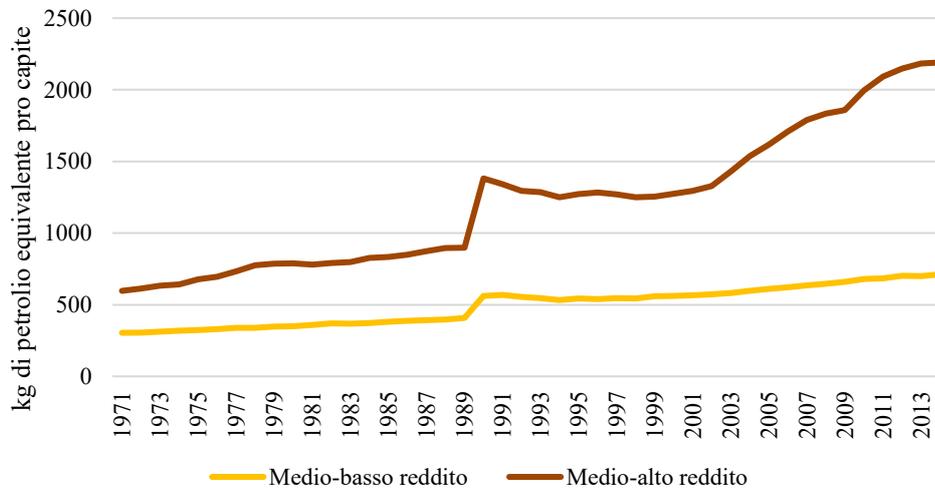


Figura 3.3. Andamento nel tempo del consumo di energia pro capite (kg di petrolio equivalente) dei paesi con medio-alto reddito e medio-basso reddito dal 1971 al 2014.

Analizzando le regioni più povere del mondo, il consumo di energia pro capite dei paesi meno sviluppati (classificazione ONU) risulta essere 340,5 kg di petrolio equivalente nel 2014. Per i paesi poveri fortemente indebitati (HIPC) il consumo energetico pro capite nel 2013 è stato di 440,93 kg; mentre per quanto riguarda i paesi con alti livelli di fragilità o in situazioni di conflitti il consumo di energia pro capite nel 2014 risulta essere stato 619,68 kg. Questi valori appaiono molto bassi se si confrontano con i

consumi energetici dei paesi ad alto reddito (4745 kg nel 2014) o medio reddito (1386,6 kg nel 2014), ma risultano inferiori anche al valore di consumo energetico associato ai paesi con medio-basso reddito, 711,9 kg nel 2014. Se si osservano i grafici dell'andamento del consumo di energia nel tempo (Figura 3.4, Figura 3.5), la situazione appare preoccupante, in quanto per i paesi meno sviluppati e fragili il consumo di energia non appare particolarmente in crescita negli anni. Per i paesi fortemente indebitati, invece, si rileva un significativo andamento crescente del consumo di energia solamente dal 2004.

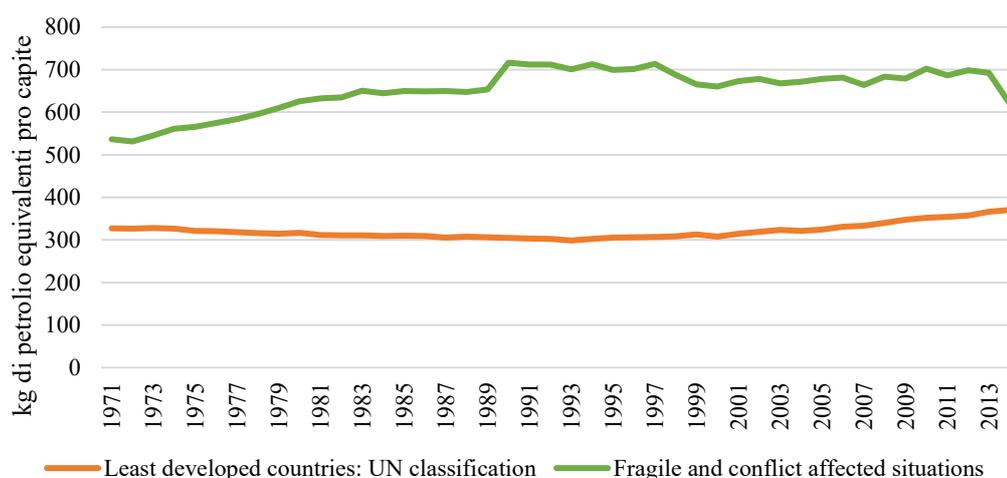


Figura 3.4. Andamento del consumo di energia pro capite (kg di petrolio equivalente) dei paesi meno sviluppati e delle nazioni con alti livelli di fragilità o colpiti da conflitti violenti dal 1971 al 2014

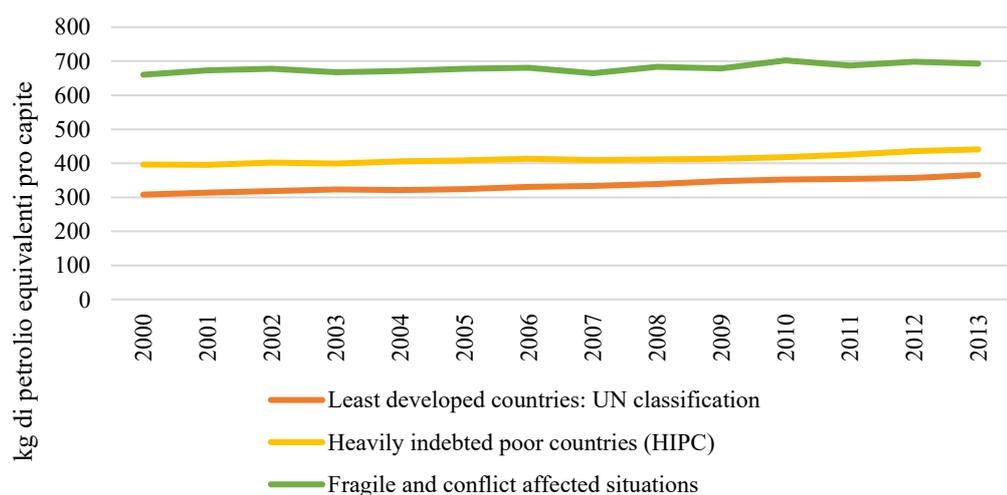


Figura 3.5. Andamento del consumo di energia pro capite (kg di petrolio equivalente) dei paesi fortemente indebitati, degli stati meno sviluppati e delle nazioni con alti livelli di fragilità o colpiti da conflitti violenti dal 2000 al 2013

Per eseguire un'analisi del consumo di energia per regioni geografiche si possono prendere i dati dalla BP Statistical Review of World Energy per il consumo di energia primaria pro capite in gigajoule. I risultati appaiono simili ai precedenti (Figura 3.6, Figura 3.7). Per l'Europa e il Nord America, regioni con un alto PIL pro-capite, il trend del consumo di energia appare costante nel tempo. I grafici delle regioni in forte sviluppo, come Asia, Centro e Sud America e Medio Oriente, mostrano un consumo di energia in estrema crescita. Per l'Africa, regione che include paesi con basso reddito e molte situazioni di conflitto e fragilità, l'andamento del consumo di energia nel tempo non appare in particolare crescita negli ultimi anni.

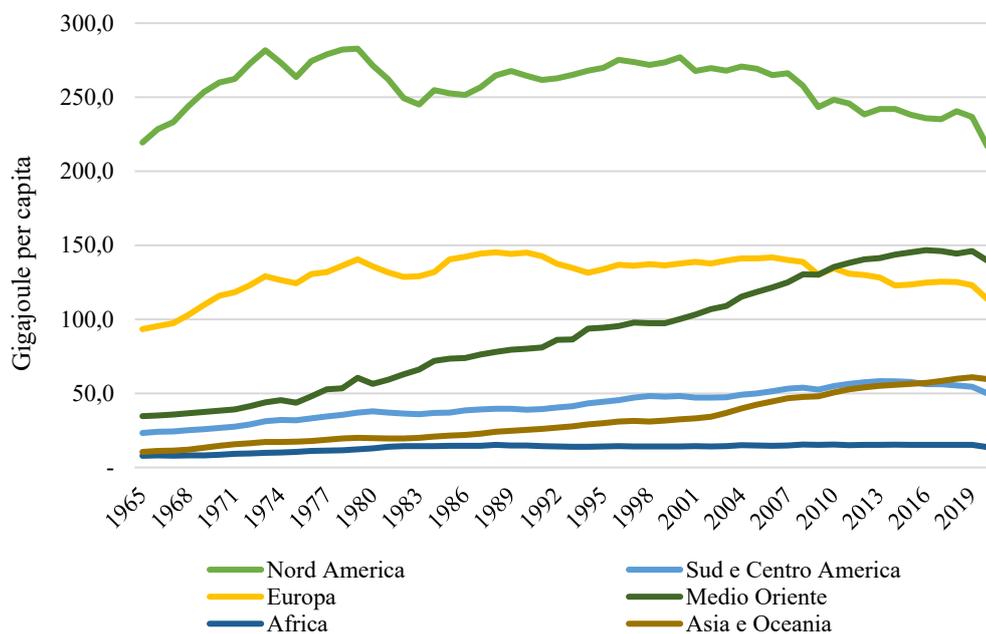


Figura 3.6. Andamento nel tempo del consumo di energia pro capite nelle diverse regioni geografiche dal 1965 al 2020

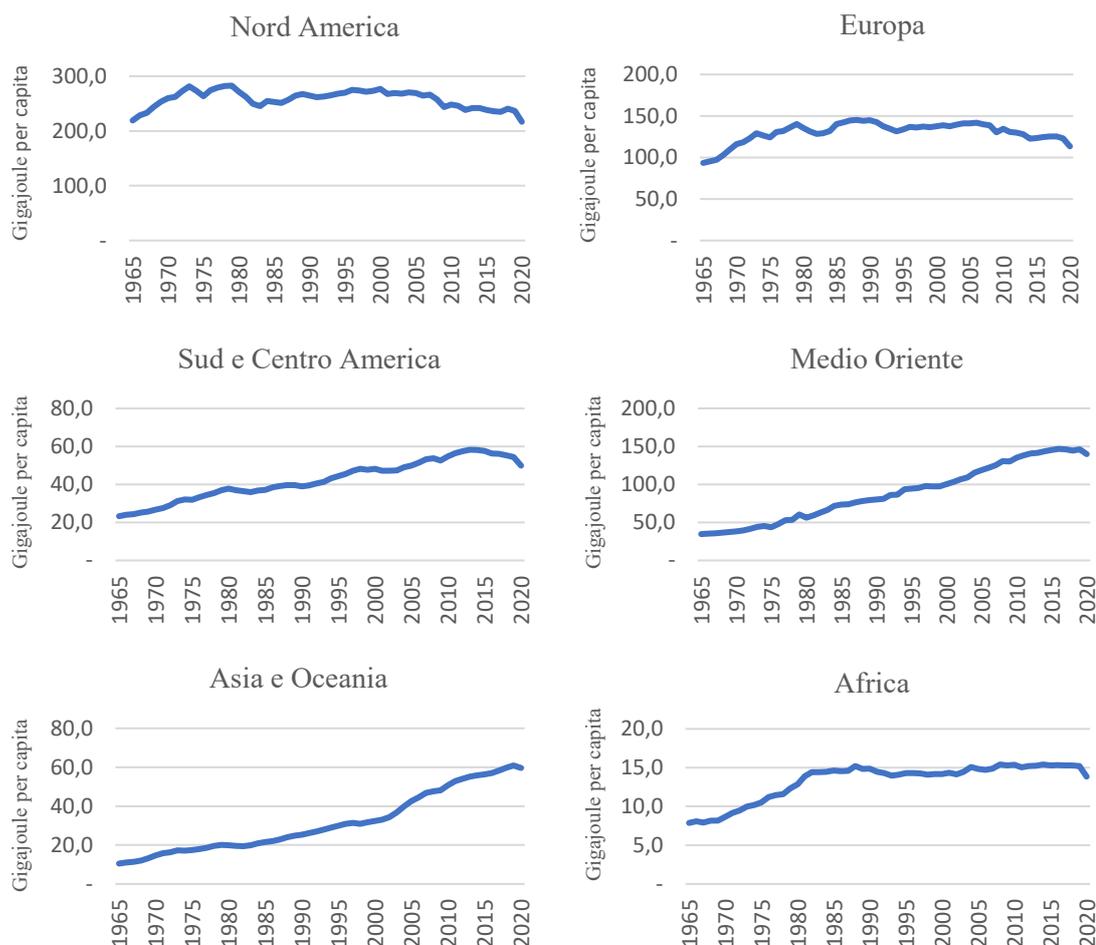


Figura 3.7. Andamento nel tempo del consumo di energia primaria pro capite per aree geografiche dal 1965 al 2020. N.B. l'asse verticale è aggiustato a seconda della regione.

3.5 Consumo di energia rinnovabile

La BP Statistical Review of World Energy fornisce anche informazioni sul consumo di energie rinnovabili del 2020. Eseguendo il rapporto di questi dati con la stima delle popolazioni totali dell'ONU (World Population Prospect) si ottiene il consumo di energia rinnovabile pro capite. Si osserva come le regioni più avanti nella fornitura di energia rinnovabile siano l'Europa e il Nord America, mentre nelle aree meno sviluppate, come l'Africa, l'energia rinnovabile è utilizzata di meno oppure è accessibile a una percentuale inferiore di popolazione (Figura 3.8).

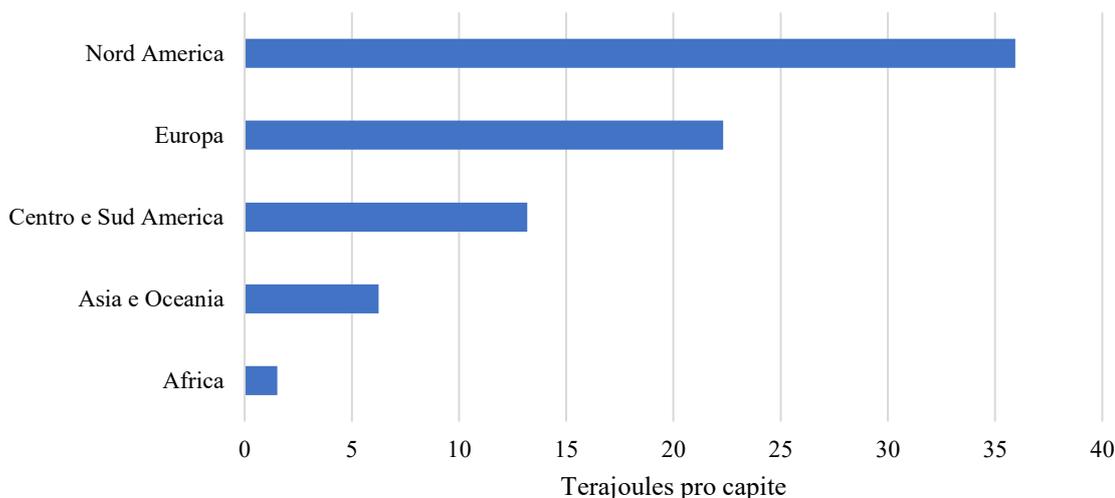


Figura 3.8. Consumo di energia rinnovabile sul totale della popolazione nel 2020

Il tasso di crescita annuale del consumo di energia rinnovabile durante il periodo 2009-2019 è stato del 13,4% mondialmente. Per i paesi dell'Asia e Oceania risulta essere stato del 21,5%, in Africa del 21% e dell'11,1% in Centro e Sud America. Per quanto riguarda il Nord America e l'Europa, il consumo di energia rinnovabile tra il 2009 e il 2019 è aumentato corrispondentemente del 9,6% e del 10,6%. Nel Medio Oriente questo tasso di crescita raggiunge il 43%, però è da sottolineare come questa regione sia economicamente molto legata all'energia proveniente da combustibili fossili e solamente negli ultimi anni si è leggermente aperta alle fonti di energia rinnovabili.

La fonte di energia rinnovabile maggiormente sfruttata risulta essere quella idroelettrica. Questo suo primato si può osservare sia per le regioni più ricche del mondo sia per quelle più povere (Figura 3.9). Secondo i dati della BP Statistical Review, nel 2020 nel mondo sono stati consumati 38,16 exajoules di energia idroelettrica, 14,13 exajoules di energia eolica, 7,60 exajoules di energia solare e 3,76 exajoules di energia prodotta da biocarburanti. Per tutte le altre fonti di energia rinnovabile si è registrato un consumo pari a 6,22 exajoules.

Come si può osservare nella Figura 3.10, mondialmente lo sfruttamento di tutte le fonti di energia rinnovabile è in crescita. Nel periodo 2009-2019 è stato registrato tasso di crescita annuo del 41,4% del consumo di energia solare, del 17,1% di energia eolica, del 6,2% di energia proveniente da biocarburanti, del 2,1% per il consumo di energia idroelettrica e un tasso di crescita annuo del 6,3% per le altre fonti di energia

rinnovabili. La Figura 3.11 mostra come è cambiato negli ultimi 20 anni lo sfruttamento delle fonti di energia rinnovabile. Nel 1990 l'energia idroelettrica era quasi l'unica rinnovabile sfruttata. Negli ultimi anni, però, si è registrata forte crescita dell'utilizzo di altre fonti di energia rinnovabili. L'energia idroelettrica rimane comunque la fonte di energia rinnovabile maggiormente sfruttata (57%), il secondo posto è occupato dall'energia eolica, che rappresenta il 12% della produzione di energia rinnovabile.

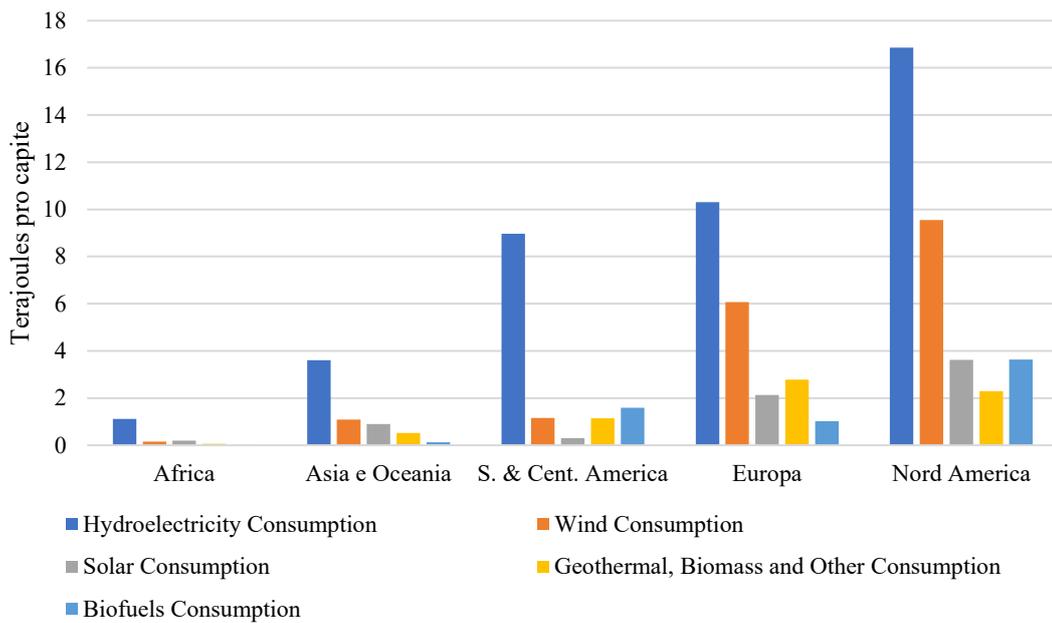


Figura 3.9. Consumo di energia rinnovabile pro capite (terajoule) per aree geografiche nel 2020

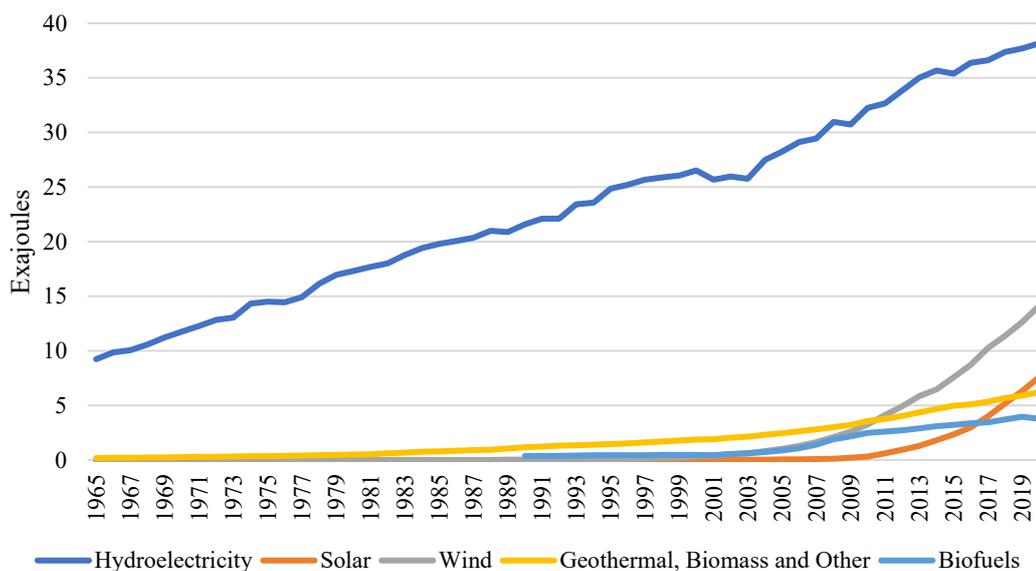


Figura 3.10. Andamento nel tempo del consumo mondiale di energia proveniente dalle diverse fonti rinnovabili dal 1965 al 2020

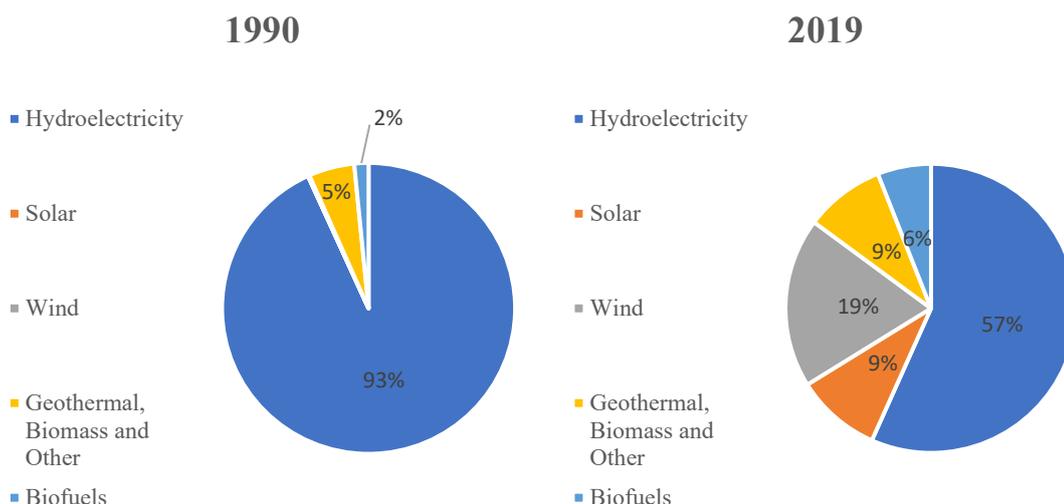


Figura 3.11 Il consumo mondiale di energia rinnovabile proveniente dalle diverse fonti nel 1990 e nel 2019

Osservando i dati sull'elettricità prodotta da fonti di energia rinnovabili, emerge che nel 2015 la percentuale di elettricità prodotta da fonti rinnovabili è stata del 22,66%. Inoltre, come viene sottolineato in Figura 3.12, le nazioni con un livello di reddito inferiore sono coloro che in media forniscono un maggiore quantitativo di elettricità proveniente da fonti di energia rinnovabili. La Figura 3.13 mostra le nazioni con una percentuale di elettricità prodotta da fonti rinnovabili superiore al 75%. Tra loro spiccano paesi ricchi e sviluppati come l'Islanda, la Norvegia, l'Uruguay, la Nuova Zelanda e l'Austria ma anche nazioni con un reddito basso come il Nepal, l'Etiopia, la Repubblica Democratica del Congo, il Mozambico e il Togo.

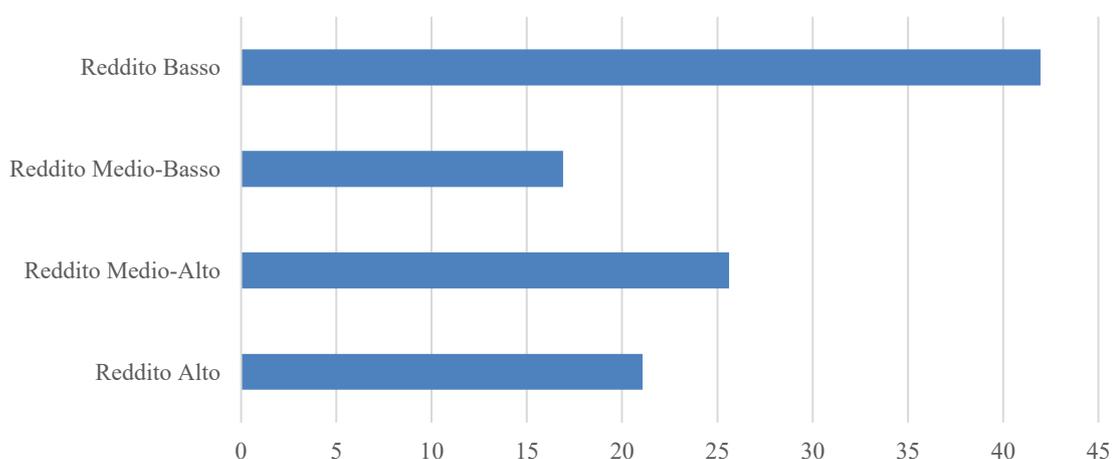


Figura 3.12 Produzione di elettricità da fonti rinnovabili (% sul totale) - Anno: 2015

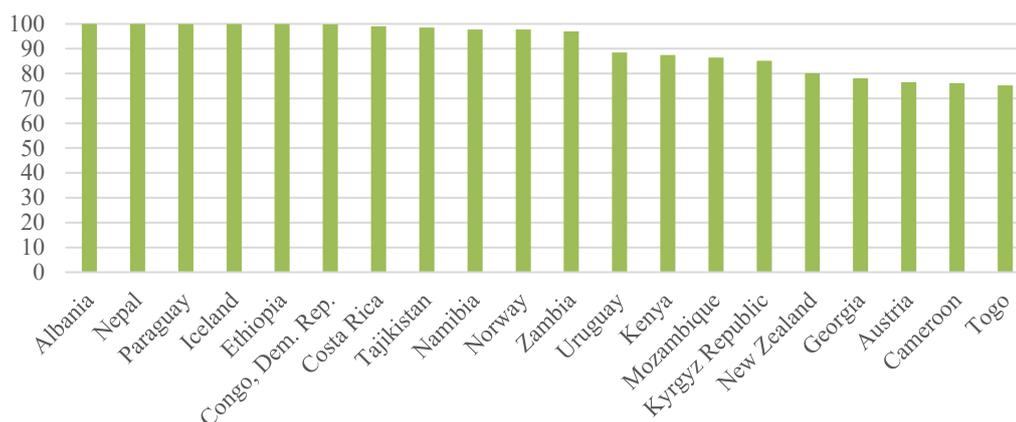


Figura 3.13 Nazioni con una percentuale di elettricità prodotta da fonti rinnovabili superiore al 75%
Anno: 2015

La Figura 3.14 mostra la quota di energia rinnovabile, ovvero la percentuale di consumo di energia rinnovabile sul totale dell'energia consumata, delle diverse regioni del mondo nel 2015. Si può notare come il Medio Oriente abbia una quota di energia rinnovabile minima (1,56%), ma anche come regioni sviluppate e ricche, come il Nord America o i paesi dell'Unione Europea, nel 2015 non avessero superato il 20% di consumo di energia rinnovabile sul totale di energia consumata.

Se si vuole analizzare l'andamento della quota di energia rinnovabile nel tempo, si possono osservare le informazioni fornite dalla World Bank dal 1990 al 2015. Il trend mondiale è in crescita dal 2008 (Figura 3.15). L'aumento del consumo di energia rinnovabile è stato registrato principalmente nei paesi a più alto reddito e in quelli a basso reddito (Figura 3.16). L'andamento nel tempo della quota di energia rinnovabile nei paesi con medio reddito, invece, presenta una leggera diminuzione tra il 1990 e il 2015. Allo stesso modo anche nei paesi meno sviluppati e fortemente indebitati si osserva una leggera diminuzione della quota di energia rinnovabile durante lo stesso periodo di tempo (Figura 3.17). Presumibilmente la quota di energia rinnovabile è diminuita negli ultimi anni poiché questi paesi per aumentare il quantitativo di energia offerta e raggiungere una percentuale superiore di popolazione hanno sfruttato maggiormente le fonti di energia tradizionali a discapito di quelle rinnovabili.

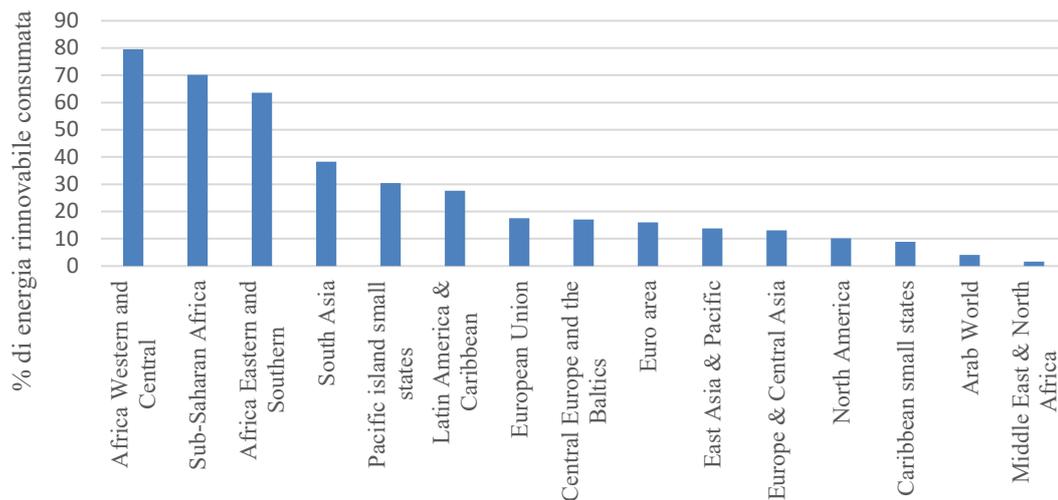


Figura 3.14. Quota di energia rinnovabile (% sul consumo di energia totale) nel 2015

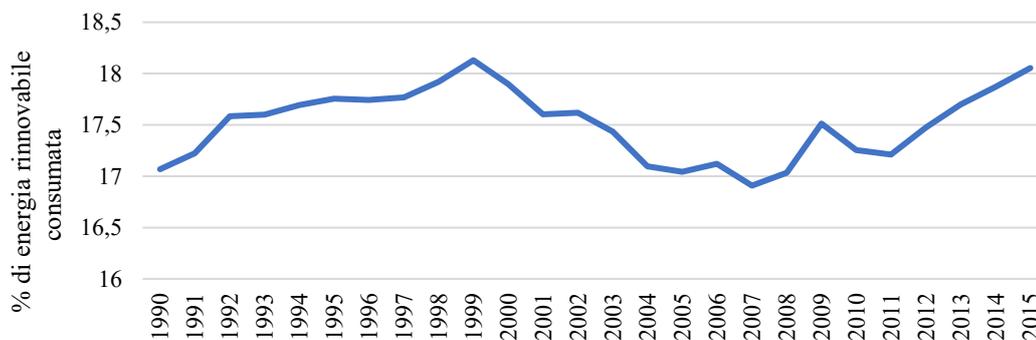


Figura 3.15. Andamento del consumo di energia rinnovabile (% sul totale di energia consumata) nel mondo tra il 1990 e il 2015

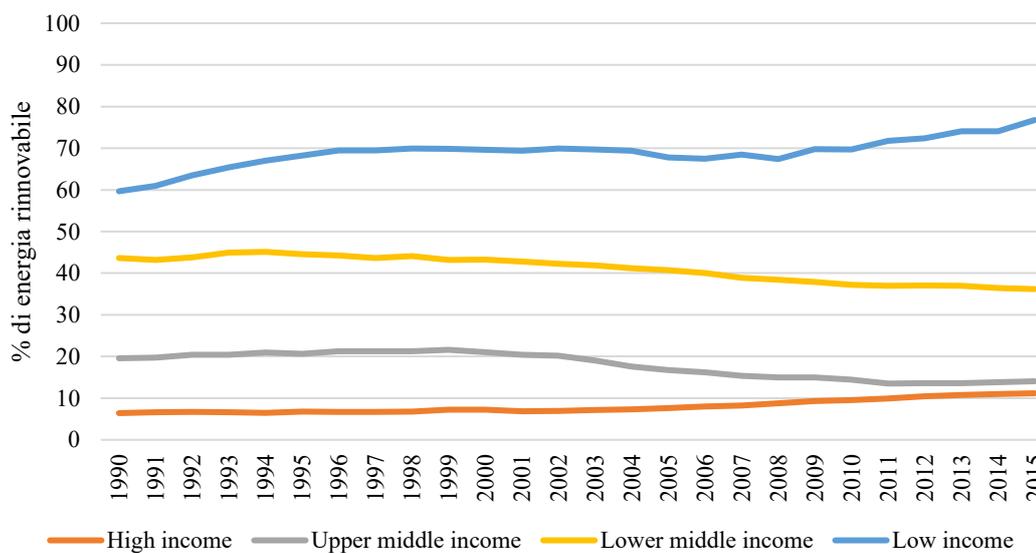


Figura 3.16. Andamento del consumo di energia rinnovabile (% sul totale di energia consumata) tra il 1990 e il 2015

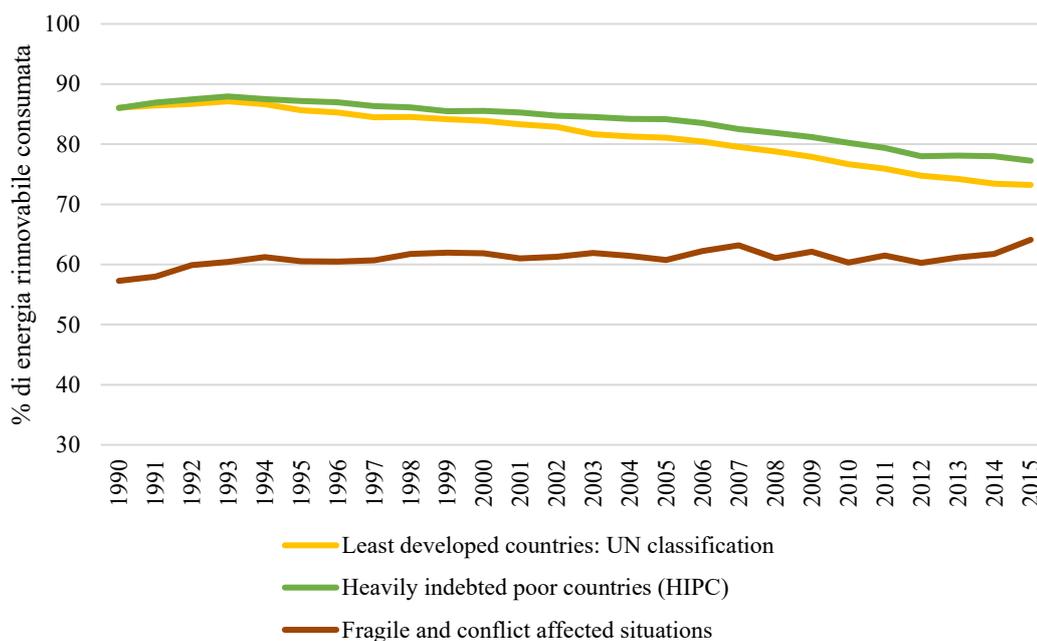


Figura 3.17. Andamento del consumo di energia rinnovabile (% sul totale di energia consumata) nei paesi meno sviluppati (classificazione ONU), nei paesi fragili o in conflitto e nelle nazioni pesantemente indebitate tra il 1990 e il 2015

La media della quota di energia rinnovabile consumata nei paesi con un Human Development Index (HDI) basso (minore di 0,549) nel 2018 è stata pari al 65,5%, mentre per i paesi con HDI molto alto (superiore allo 0,8) risulta il 18,5%. Il grafico in Figura 3.18 mette a confronto l’HDI e la quota di energia rinnovabile in 189 paesi del mondo. Mostra una leggera correlazione negativa tra HDI e percentuale di energia rinnovabile sul totale dell’energia consumata, con la diminuzione del Human Development Index la quota di energia rinnovabile aumenta lievemente. Questo leggero trend risulta più visibile se si osservano i dati del passato, come quelli del 1990, presentati in Figura 3.19.

Questi risultati mostrano come i paesi più sviluppati siano ancora molto dipendenti dalle fonti energetiche tradizionali e, per questo motivo, la quota di energia rinnovabile risulta ancora bassa (Figura 3.20). La situazione nei paesi meno sviluppati (Figura 3.21) appare diversa in quanto, essendo meno raggiungibili dalle fonti di energia tradizionali, fanno spesso più affidamento alle fonti rinnovabili. Confrontando la quota di energia rinnovabile negli anni 1990, 2000, 2010 e 2018 (Figura 3.22) possiamo osservare come i paesi poco sviluppati siano da molti anni caratterizzati da un’alta percentuale di energia rinnovabile sul totale di energia consumata. L’andamento nel tempo del consumo di energia rinnovabile nei paesi con un Indice di Sviluppo Umano basso

appare, però, lievemente in decrescita; infatti, in Figura 3.22 si può notare come questa sia diminuita nel tempo nella maggior parte dei paesi di questa categoria.

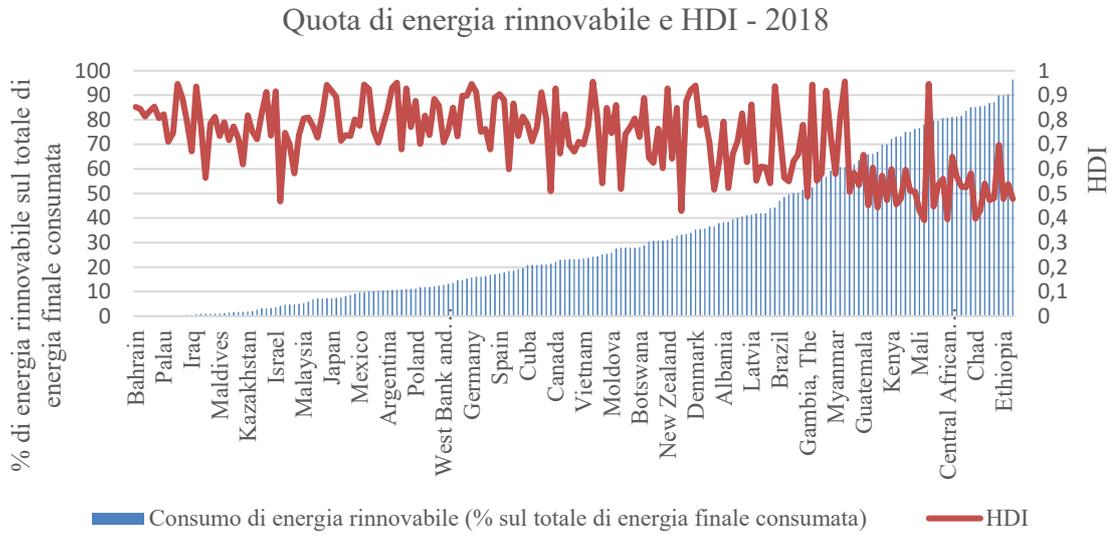


Figura 3.18 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul consumo di energia totale) e Human Development Index (HDI) di 189 paesi nel 2018

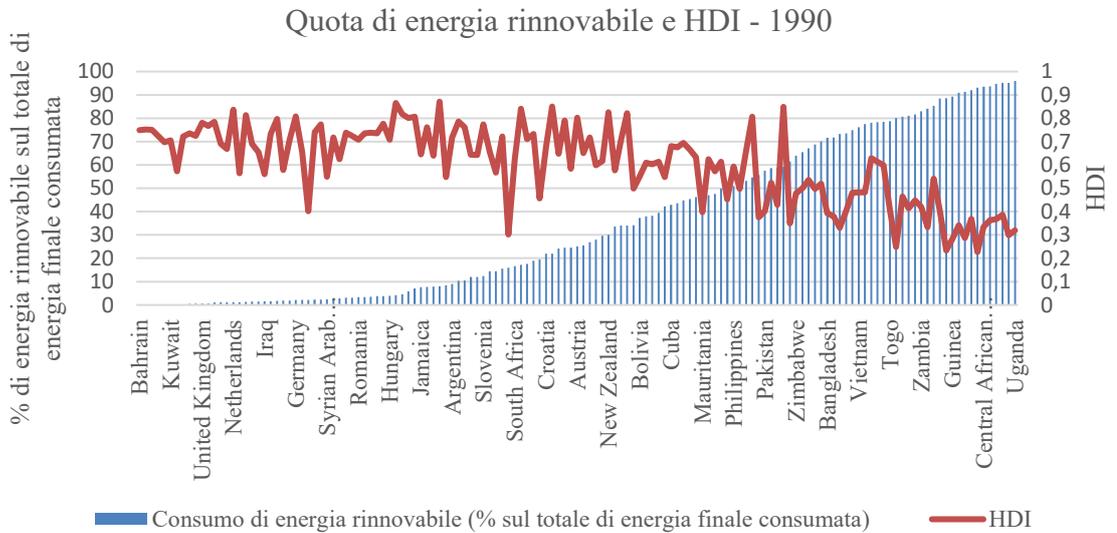


Figura 3.19 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul consumo di energia totale) e Human Development Index (HDI) di 141 paesi nel 1990

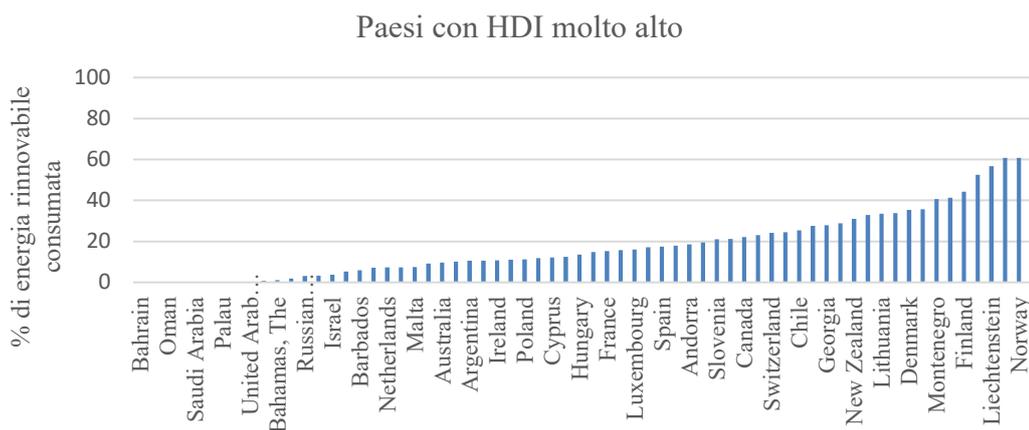


Figura 3.20 Consumo di energia rinnovabile (% sul totale di energia finale consumata) nei paesi con HDI molto alto (>0,8) nel 2018

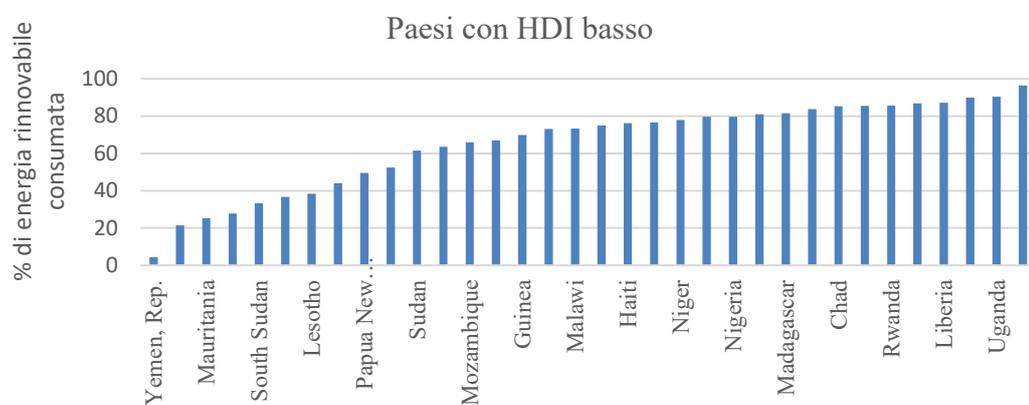


Figura 3.21 Percentuale di energia rinnovabile sul consumo totale di energia finale nei paesi con HDI basso (<0,549) nel 2018

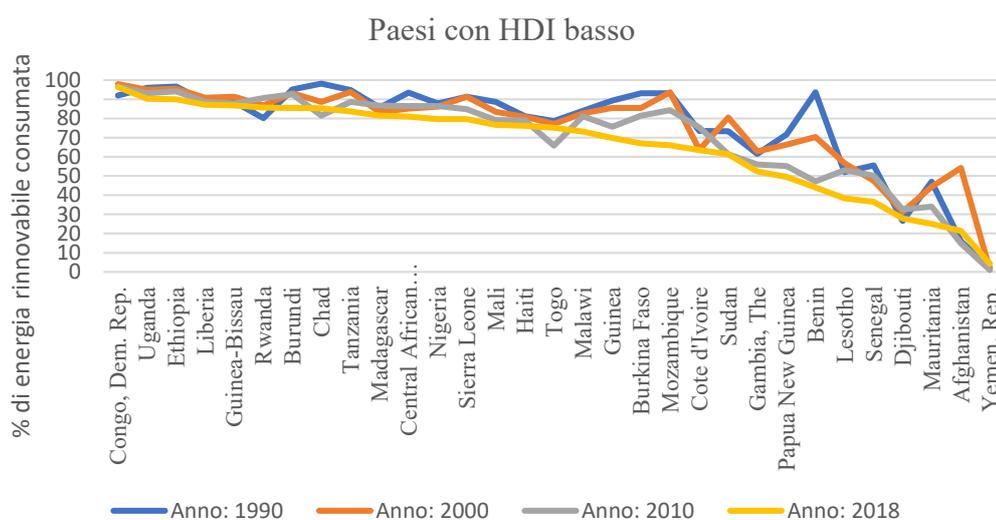


Figura 3.22 Confronto della quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale consumata) tra gli anni 1990, 2000, 2010 e 2018 nei paesi con HDI basso (<0,549) nel 2018

L’Africa subsahariana è la regione che include il numero maggiore di paesi con Human Development Index basso. Prendendo i dati sulle diverse fonti rinnovabile della BP Statistical Review 2021, si può osservare come nel 1965 l’unica fonte di energia rinnovabile era quella idroelettrica e ancora oggi è la principale fonte di energia rinnovabile per l’Africa Subsahariana (Figura 3.23). L’energia proveniente da biomasse ha cominciato ad essere implementata solamente a partire dalla metà degli anni ottanta; mentre, le energie solare ed eolica sono sfruttate dal 2012 (Figura 3.24). Nonostante la quota di energia rinnovabile consumata sia lievemente diminuita negli anni, il consumo e la produzione di energia rinnovabile da tutte le tipologie di fonti è in forte crescita soprattutto negli ultimi anni.

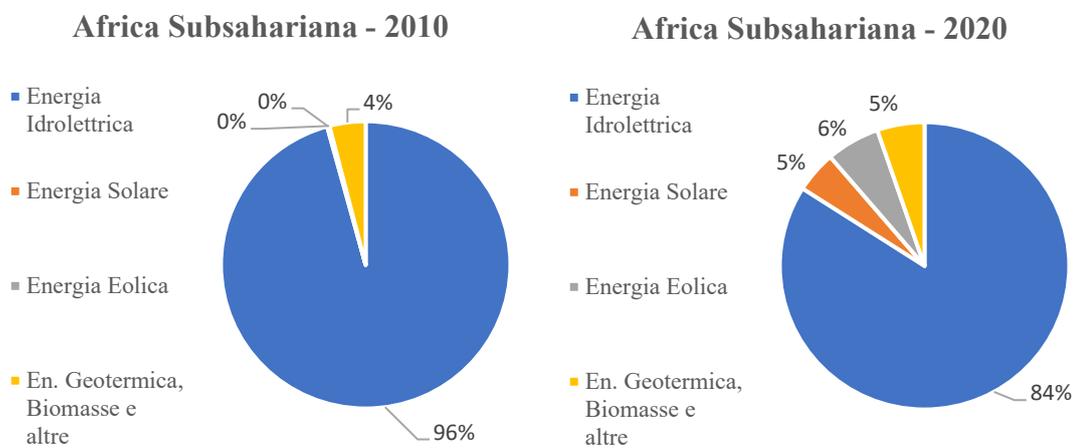


Figura 3.23 Fonti di energia rinnovabile in Africa subsahariana – Anno: 2010 e 2020

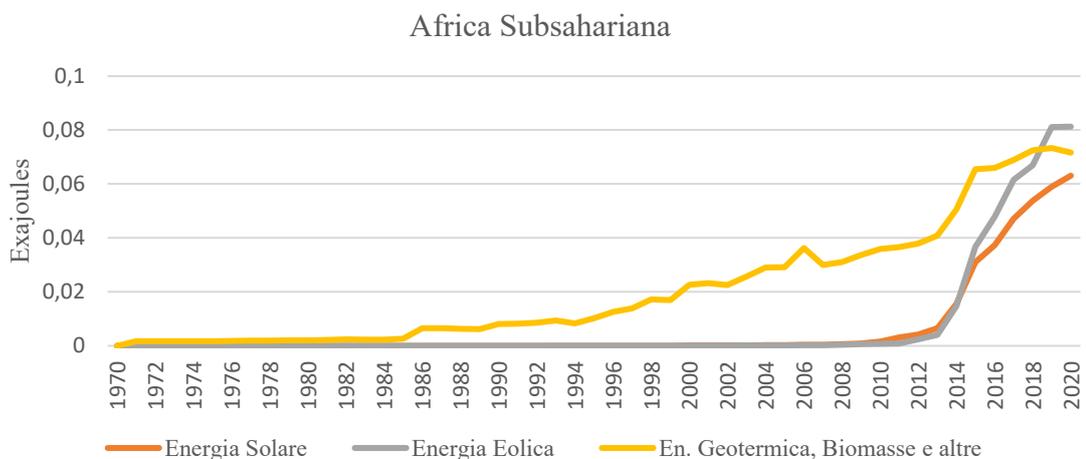


Figura 3.24 Andamento nel tempo (1970-2020) del consumo di energia solare, eolica, geotermica, biomasse e altre nell’Africa Subsahariana

I grafici in Figura 3.25 e Figura 3.26 mostrano la relazione che la percentuale di energia rinnovabile consumata in un Paese ha con il livello di democrazia e con l'indice di fragilità. I paesi maggiormente democratici appaiono come molto dipendenti dalle fonti energetiche tradizionali e molte tra le nazioni considerate più fragili consumano una quota elevata di energia rinnovabile.

Per approfondire questi interessanti risultati si sono suddivisi i paesi in due categorie: paesi molto autocratici con un valore dell'indice polity (livello di democrazia) tra -6 e -10 e paesi molto democratici con un polity tra 6 e 10. Osservando i dati sulla percentuale di energia rinnovabile consumata per queste due categorie di paesi negli anni 1990, 2000, 2010 e 2018 (Figura 3.27, Figura 3.28, Figura 3.29, Figura 3.30, Figura 3.31, Figura 3.32, Figura 3.33, Figura 3.34), emerge che vi sono sempre stati diversi paesi autocratici con una buona quota di energia rinnovabile consumata. Si può, però, anche osservare che la maggior parte dei paesi più autocratici, con polity -10, sono quelli del Medio Oriente che possiedono una percentuale di energia rinnovabile consumata vicina allo 0%, in quanto molto legati alla fornitura di energie non rinnovabili. La quota di energia rinnovabile consumata dei paesi molto democratici non appare particolarmente alta, la maggioranza di questi paesi non giunge al 40% di energia rinnovabile consumata. La Norvegia e l'Uruguay sono i paesi con la valutazione di democrazia massima (+10) con la percentuale di energia rinnovabile consumata più elevata, ma questa si ferma comunque attorno al 60%.

Soffermandoci sui paesi con la quota di energia rinnovabile più elevata (Figura 3.35, Figura 3.36, Figura 3.37, Figura 3.38), ovvero con una percentuale di energia rinnovabile sul totale di energia finale consumata superiore al 75%, notiamo come la maggior parte di questi non presentano un livello di democrazia particolarmente elevato. Confrontando i dati dal 1990 al 2018 emerge però come in passato i paesi che primeggiavano nella percentuale di energia rinnovabile consumata erano prevalentemente quelli più autocratici, mentre negli ultimi anni questa evidenza è venuta a mancare. Infatti, nel 2018 dei 24 paesi con una percentuale di quota di energia rinnovabile superiore al 75%, 9 sono considerabili molto democratici, 8 paesi presentano un livello di democrazia (polity) tra lo 0 e il 5 e 7 tra il -4 e il -1, mentre non vi sono paesi che appartengono alla categoria delle nazioni molto autocratiche.

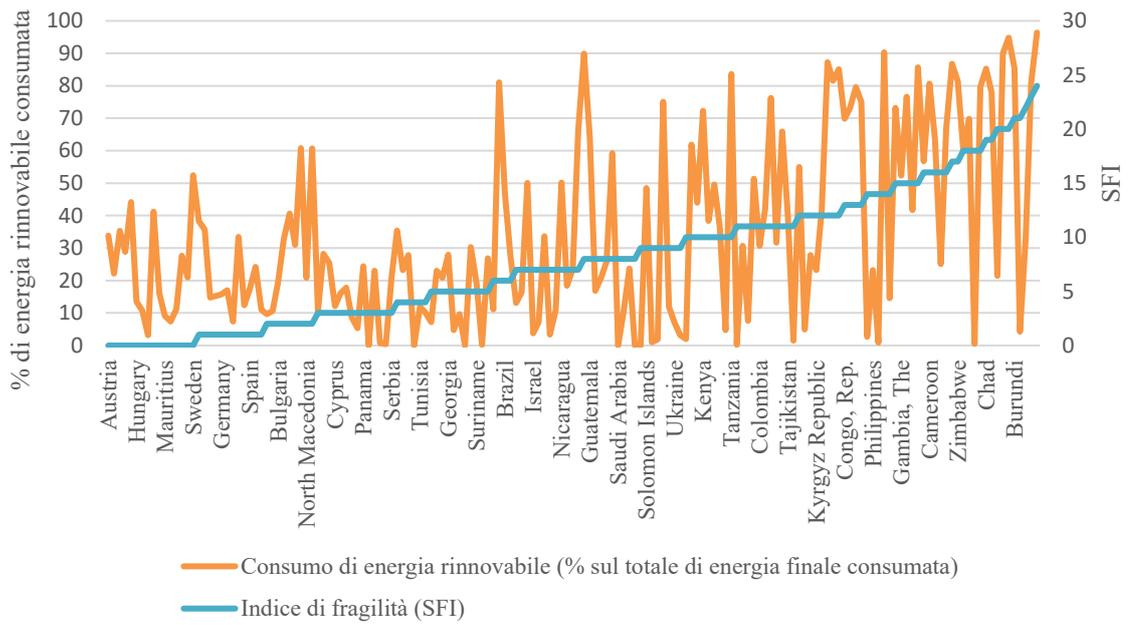


Figura 3.25 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul consumo di energia totale) e Indice di fragilità di 165 stati del mondo – Anno:2018

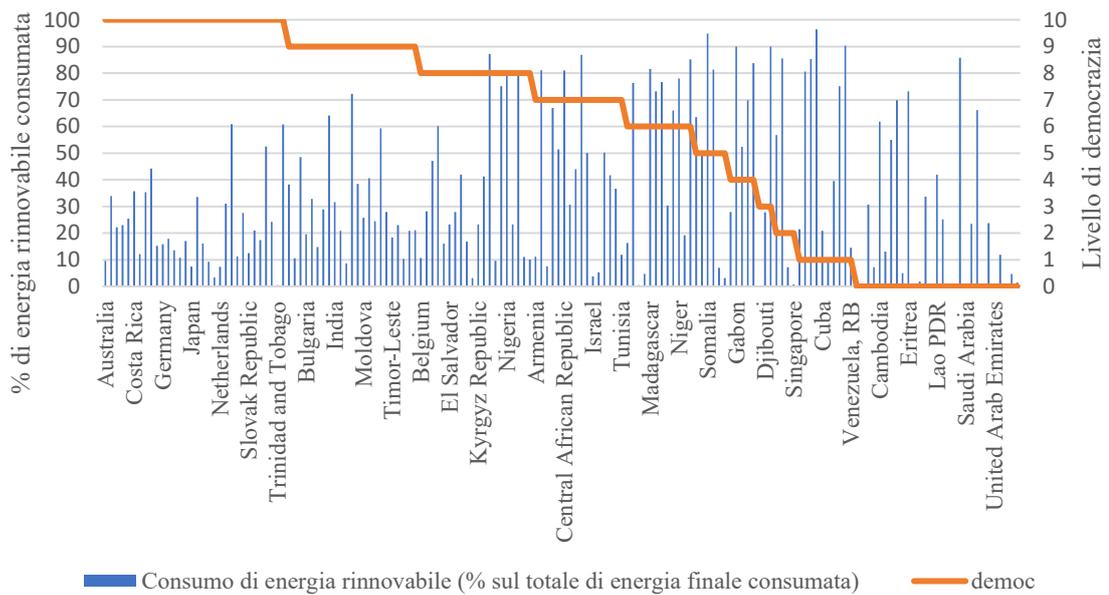


Figura 3.26 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul consumo di energia totale) e Livello di Democrazia per 157 stati nel mondo – Anno: 2015

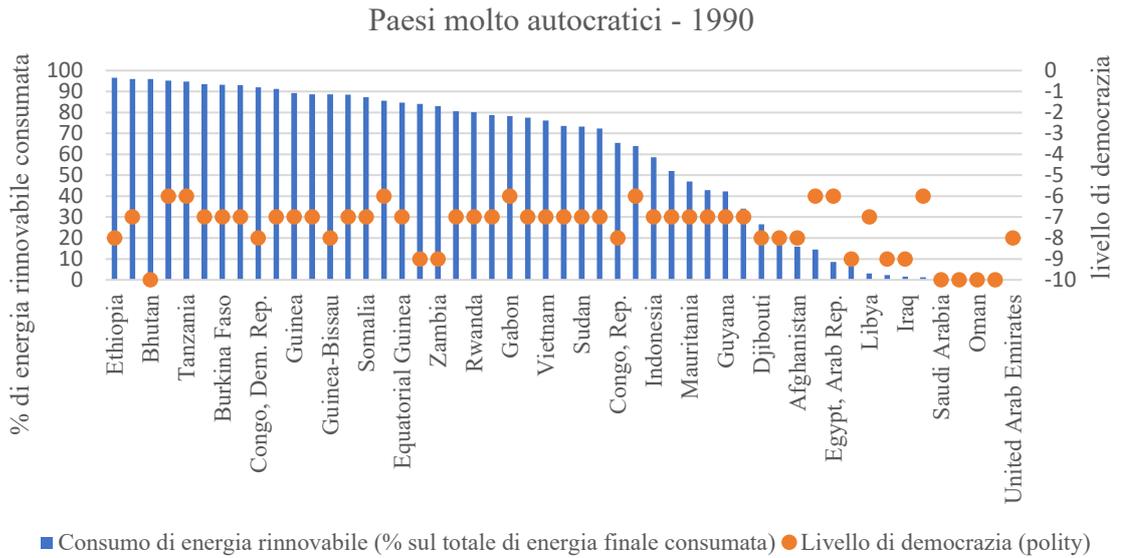


Figura 3.27 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale) nei paesi con un indice polity tra -6 e -10, e perciò considerabili stati molto autocratici – Anno: 1990

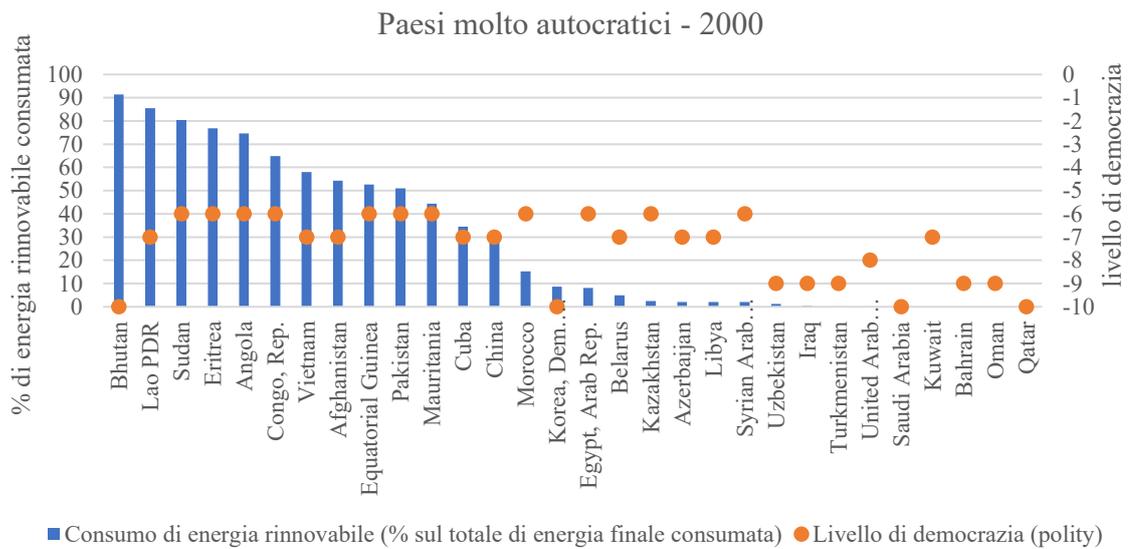


Figura 3.28 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale) nei paesi con un indice polity tra -6 e -10, e perciò considerabili stati molto autocratici – Anno: 2000

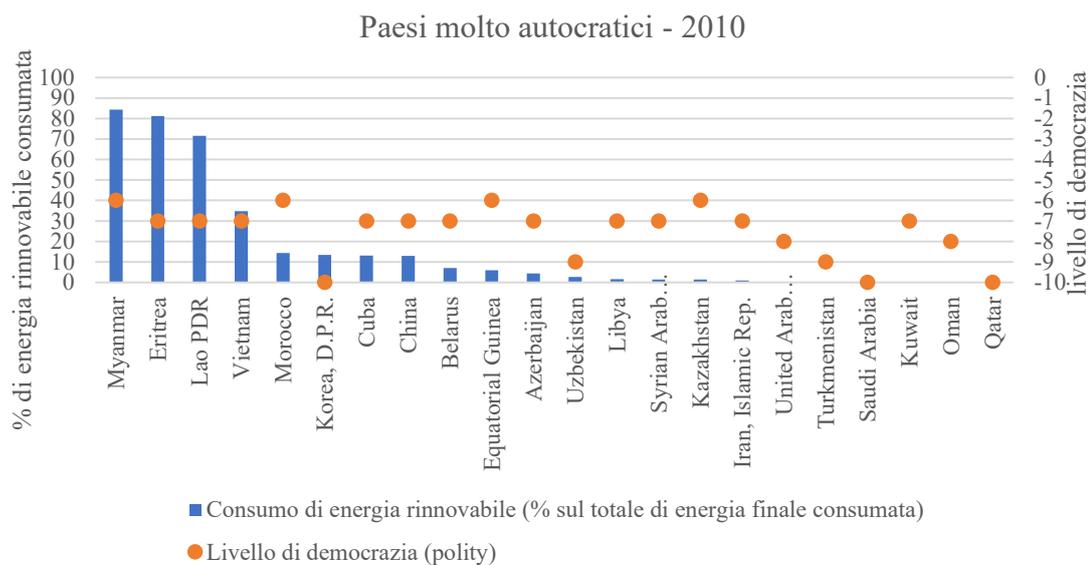


Figura 3.29 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale) nei paesi con un indice polity tra -6 e -10, e perciò considerabili stati molto autocratici – Anno: 2010

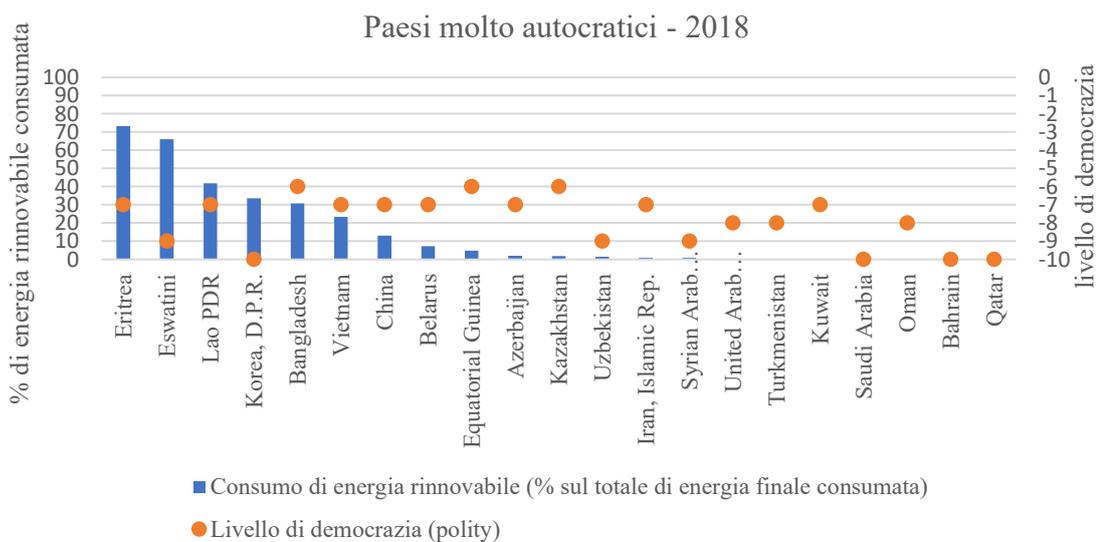


Figura 3.30 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale) nei paesi con un indice polity tra -6 e -10, e perciò considerabili stati molto autocratici – Anno: 2018

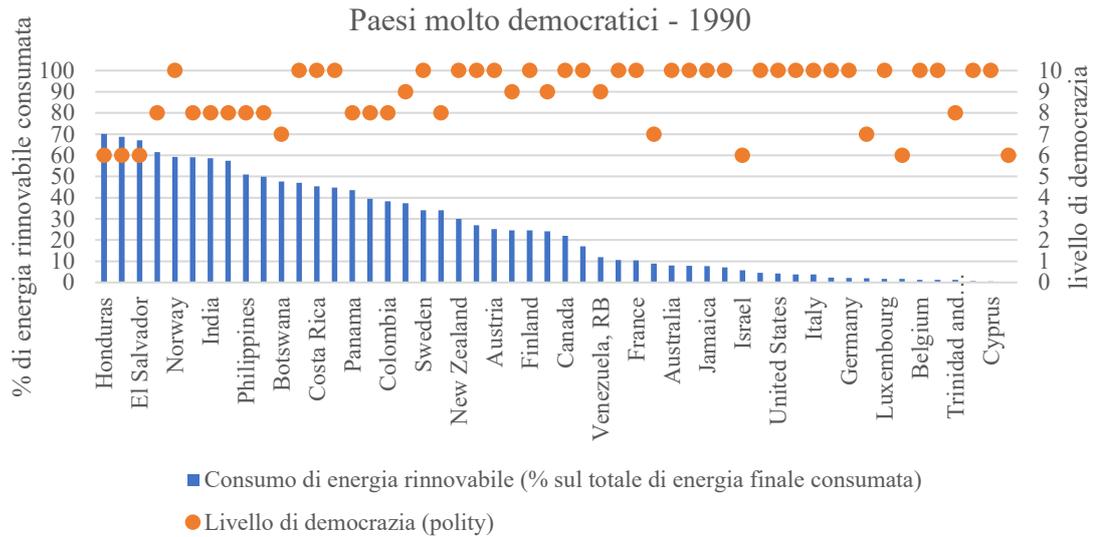


Figura 3.31 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale) nei paesi con un indice polity tra 6 e 10 e perciò considerabili stati molto democratici – Anno: 1990

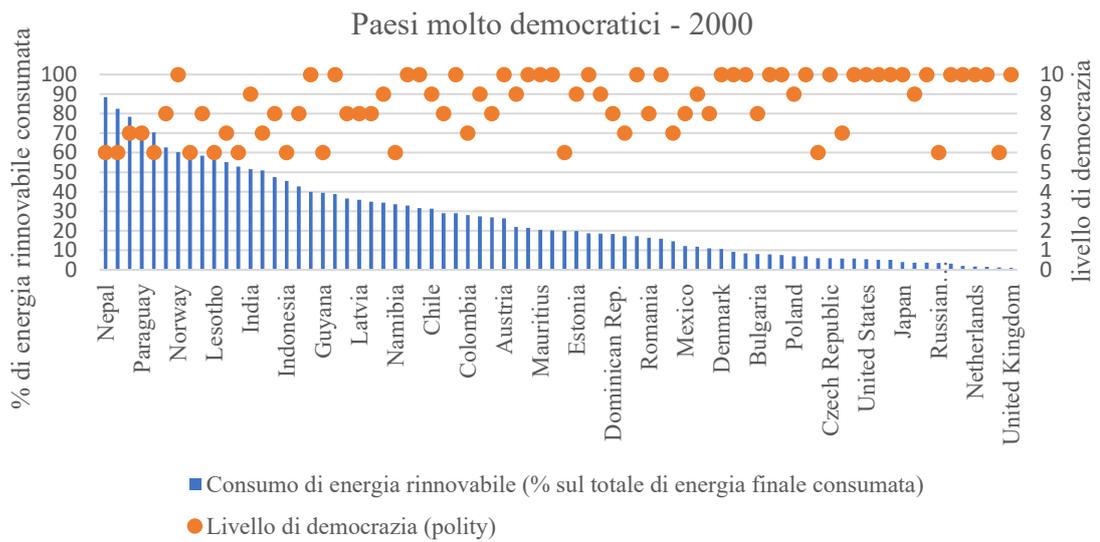


Figura 3.32 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale) nei paesi con un indice polity tra 6 e 10 e perciò considerabili stati molto democratici – Anno: 2000

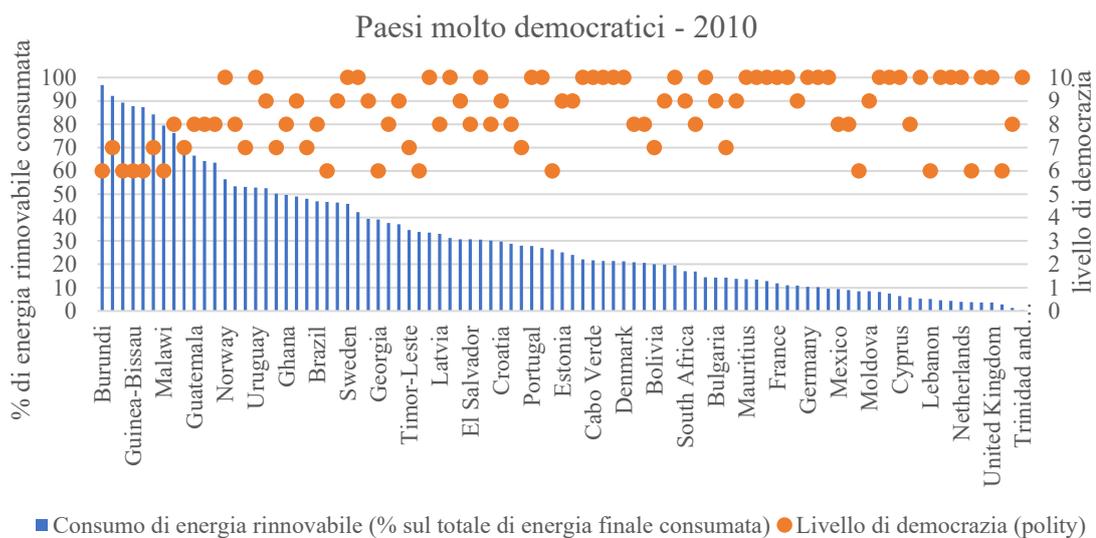


Figura 3.33 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale) nei paesi con un indice polity tra 6 e 10 e perciò considerabili stati molto democratici – Anno: 2010

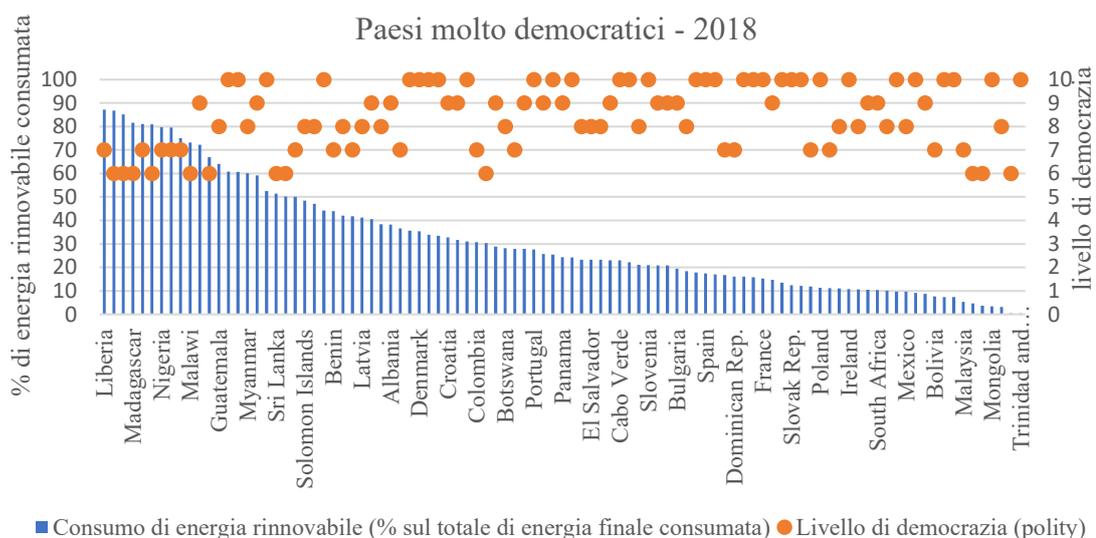


Figura 3.34 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale) nei paesi con un indice polity tra 6 e 10 e perciò considerabili stati molto democratici – Anno: 2018

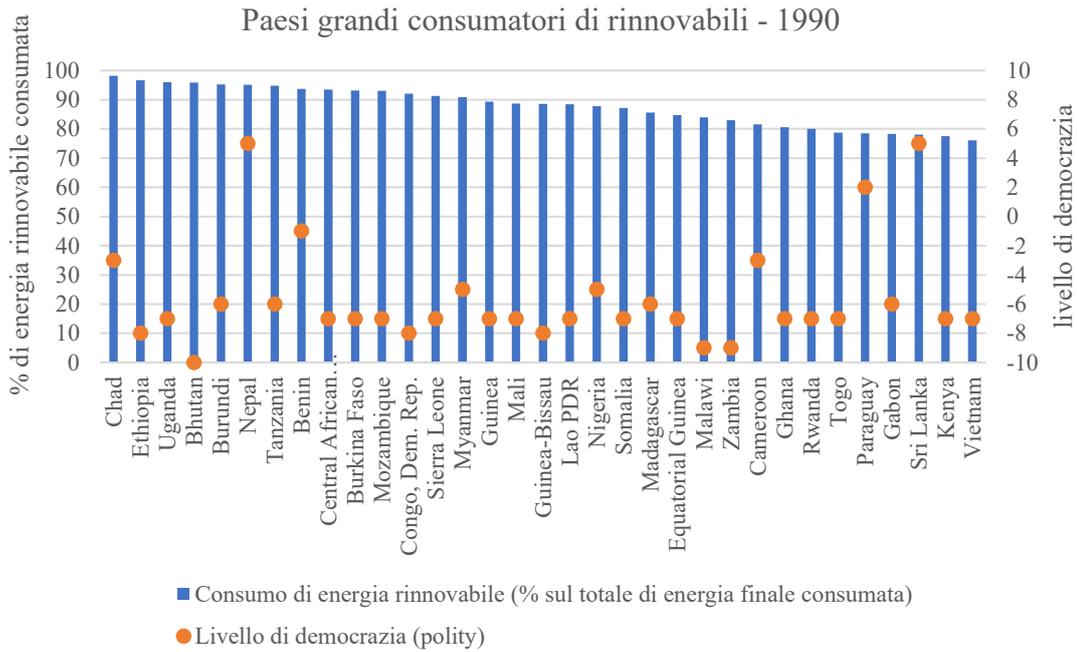


Figura 3.35 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale) e livello di democrazia nei paesi con una quota di energia rinnovabile superiore al 75% - Anno: 1990

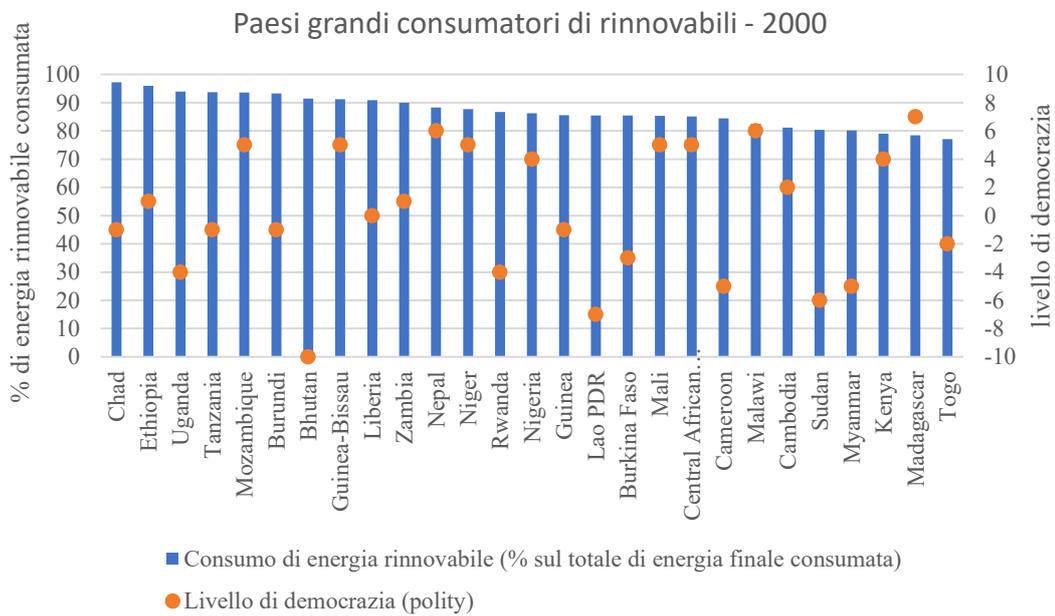


Figura 3.36 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale) e livello di democrazia nei paesi con una quota di energia rinnovabile superiore al 75% - Anno: 2000

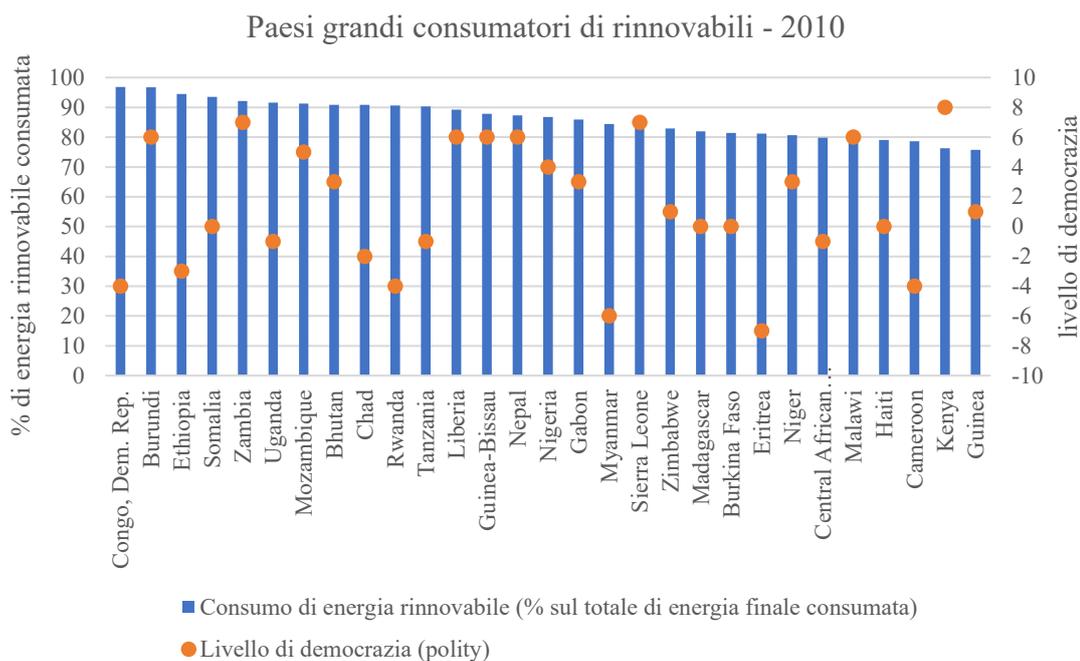


Figura 3.37 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale) e livello di democrazia nei paesi con una quota di energia rinnovabile superiore al 75% - Anno: 2010

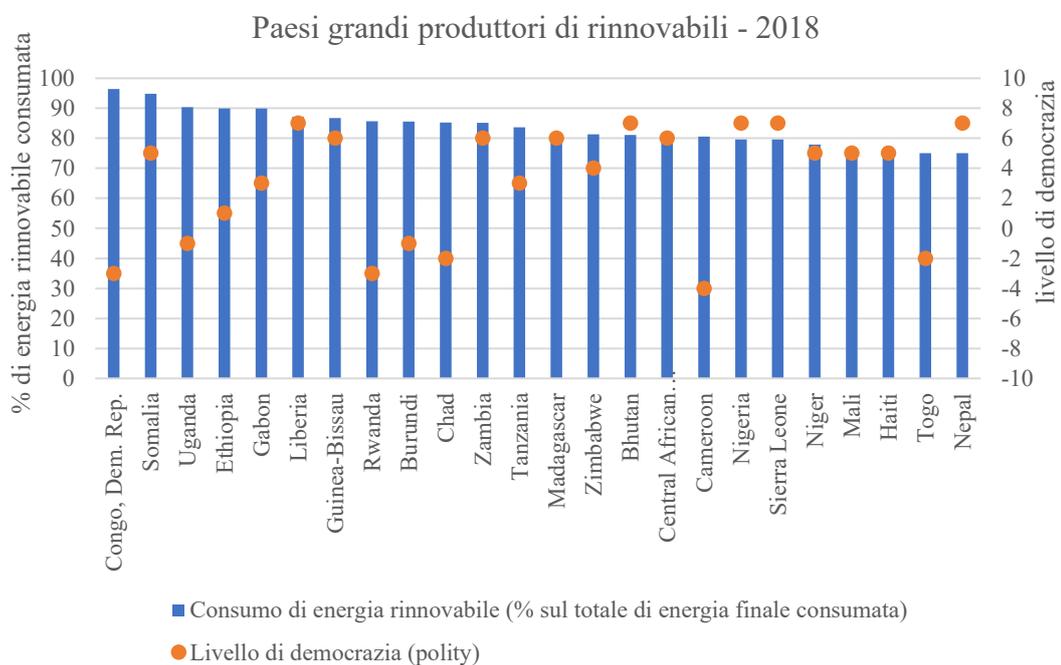


Figura 3.38 Quota di energia rinnovabile consumata (% sul totale di energia finale) e livello di democrazia nei paesi con una quota di energia rinnovabile superiore al 75% - Anno: 2018

3.6 Accesso all'elettricità

Sempre più paesi per sostenere la crescita economica e la prosperità della comunità stanno diventando dipendenti da forniture di elettricità affidabili e sicure. L'accesso all'elettricità è particolarmente importante per lo sviluppo umano, in quanto l'elettricità è indispensabile per alcune attività di base, come l'illuminazione e la refrigerazione, e non può essere facilmente sostituita da altre forme di energia. L'accesso degli individui all'elettricità è una delle indicazioni più chiare e non distorte dello stato di povertà energetica di un Paese ed è sempre più al centro delle preoccupazioni dei governi, soprattutto nei paesi in via di sviluppo.

Il database della World Bank ci fornisce la percentuale di popolazione con accesso all'elettricità per 216 paesi del mondo. Nel 2019 l'elettricità era accessibile al 100% della popolazione dei paesi ad alto reddito, ma solo al 40,9% della popolazione dei paesi a basso reddito. Se si guarda il periodo 2000-2019 (Figura 3.39) vi è stato un importante aumento di questa percentuale in tutti i paesi, ma, in particolare, nei paesi con più basso reddito. Nei paesi a basso reddito dal 2000 al 2019 la percentuale di popolazione con accesso all'elettricità è passata dal 12,9% al 40,9% (Figura 3.40).

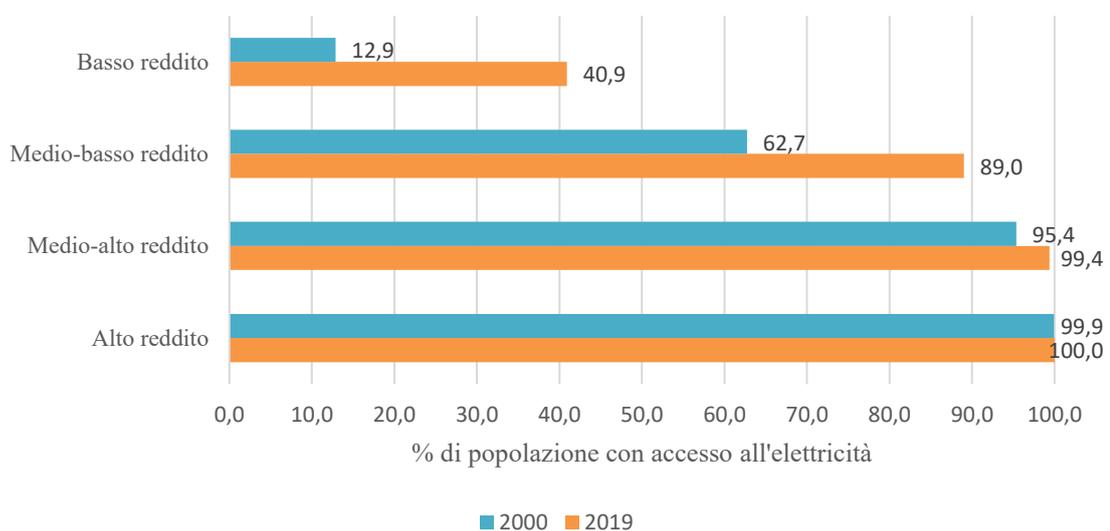


Figura 3.39 Percentuale di popolazione con accesso all'elettricità nel 2000 e nel 2019

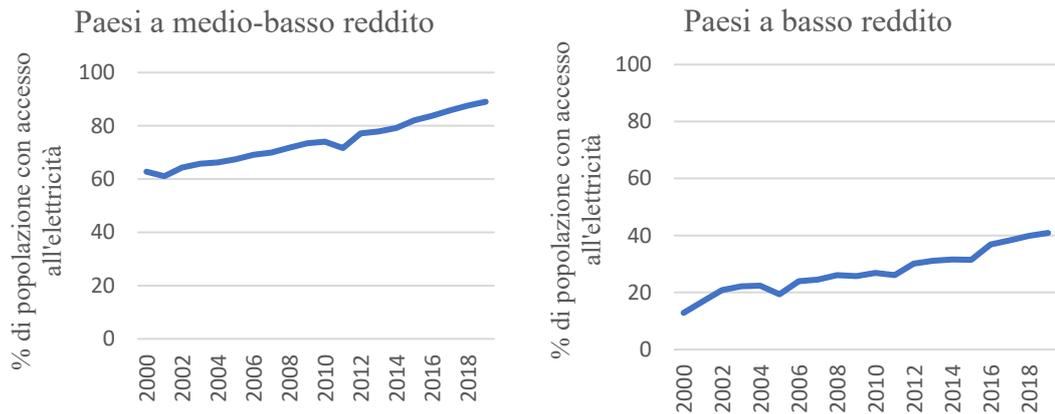


Figura 3.40 Andamento nel tempo (2000-2019) dell'accesso all'elettricità (% della popolazione) nei paesi a medio reddito (a sinistra) e basso reddito (a destra)

Come si può notare dal grafico in Figura 3.41 la regione in cui l'elettricità è meno accessibile alla popolazione è l'Africa Subsahariana. In particolare, sono le zone rurali della regione in cui la connessione elettrica non è ancora giunta (Figura 3.42), nonostante questa regione non sia tra i primi posti né per estensione delle terre rurali né per bassa densità di popolazione (Figura 3.43). Nelle aree urbane dell'Africa Subsahariana l'accesso all'elettricità è garantito a circa il 78% della popolazione, ma se si analizzano le aree rurali questa percentuale si dimezza, infatti solo il 28,1% della popolazione rurale dispone di una connessione alla rete elettrica. Come si può osservare nei grafici in Figura 3.44 e Figura 3.45, l'accesso all'elettricità è comunque in continuo aumento anche in questa regione. La regione dell'Africa Subsahariana dal 2000 al 2019 è passata dal 26,0% della popolazione con accesso all'elettricità al 46,7%. Se si considerano solamente le zone rurali della regione, nel 2000 l'elettricità era accessibile solo per l'11,8% della popolazione rurale, mentre nel 2019 questa percentuale è aumentata al 28,1%.

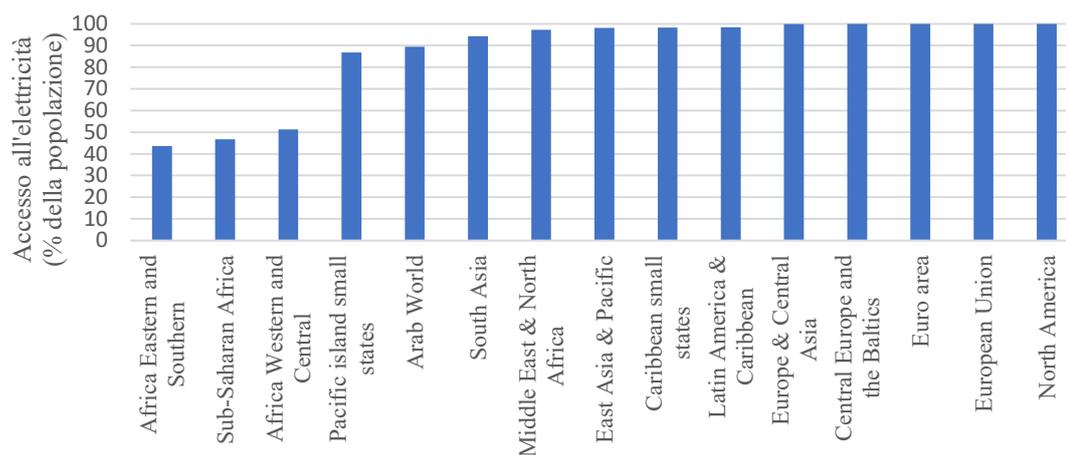


Figura 3.41 Percentuale di popolazione con accesso all'elettricità per regioni geografiche - Anno: 2019

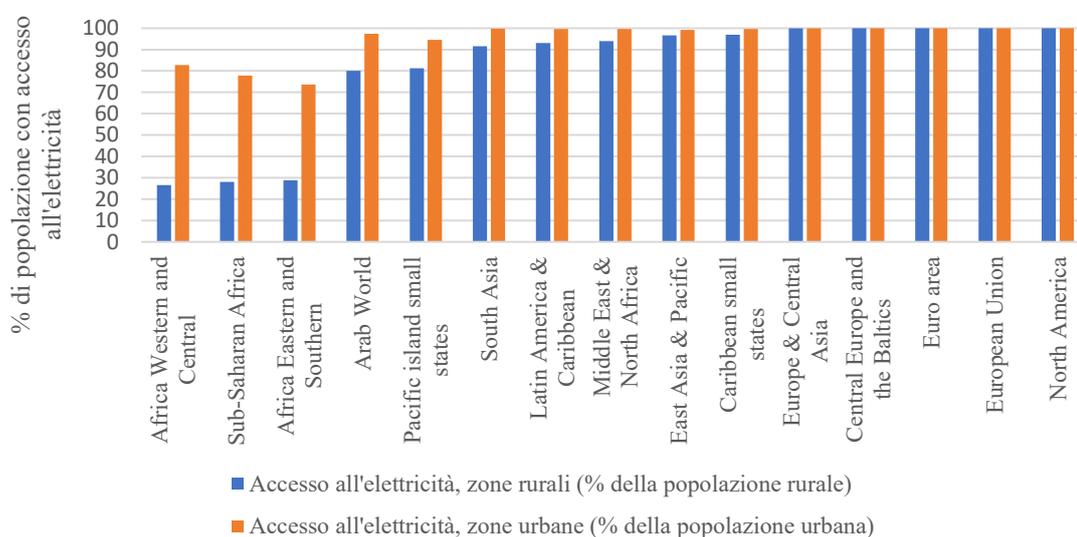


Figura 3.42 Percentuale di popolazione con accesso all'elettricità nelle zone rurali e nelle zone urbane per aree geografiche – Anno: 2019

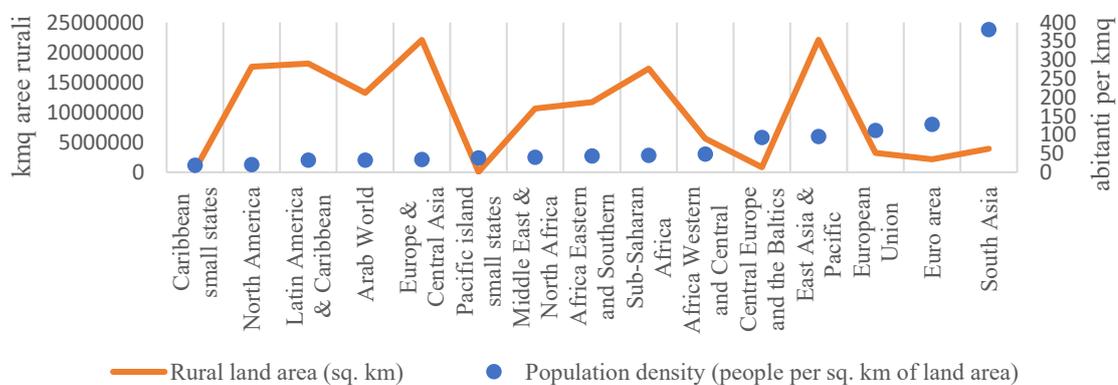


Figura 3.43 Superficie aree rurali (kmq) e densità di popolazione (abitanti per kmq) – Anno: 2019

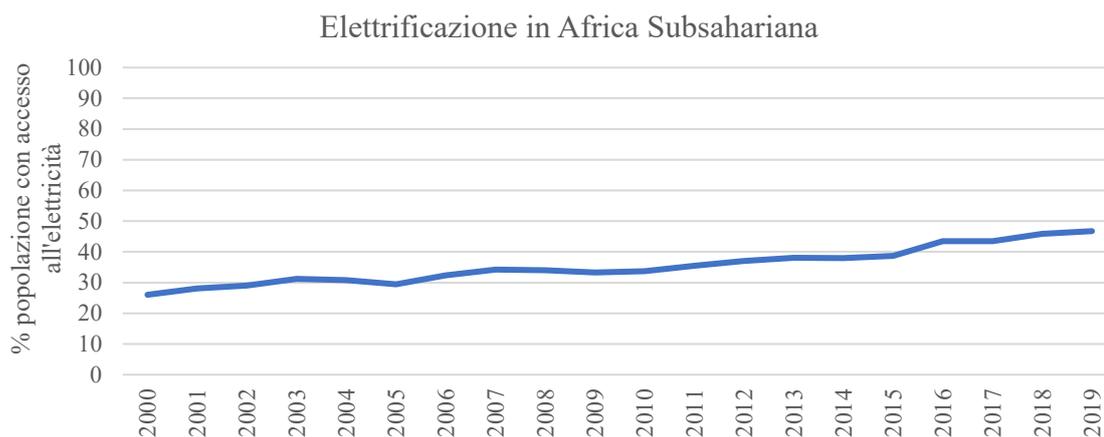


Figura 3.44 Andamento nel tempo (2000-2019) della percentuale di popolazione con accesso all'elettricità nell'Africa Subsahariana

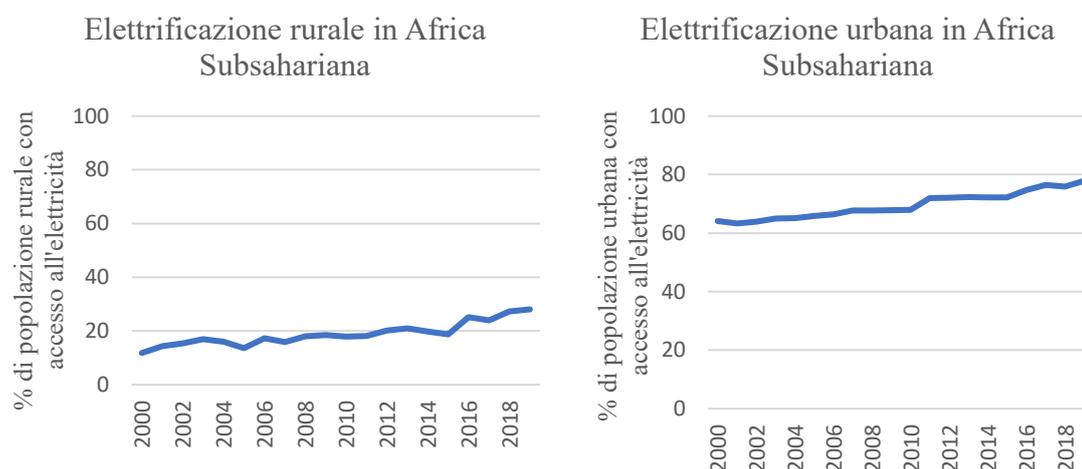


Figura 3.45 Andamento nel tempo (2000-2019) della percentuale di popolazione con accesso all'elettricità nelle aree rurali (a destra) e nelle aree urbane (a sinistra) dell'Africa Subsahariana

Analizzando le informazioni sull'accesso all'elettricità nei singoli paesi e confrontandole con i vari livelli di Indice di Sviluppo Umano (HDI), si riesce a individuare una relazione positiva tra l'HDI e la percentuale di popolazione con accesso all'elettricità. Infatti, come si può osservare in Figura 3.46, i paesi con un HDI alto presentano tutti un accesso all'elettricità vicino al 100%, mentre una percentuale inferiore di popolazione con connessione alla rete elettrica si riscontra principalmente nei paesi meno sviluppati in termini di HDI. Come si può osservare in Figura 3.47, tra i paesi con un Indice di Sviluppo Umano basso solamente l'Afghanistan presenta un accesso all'elettricità superiore al 75%. Osservando l'accesso all'elettricità negli stati

con HDI medio (Figura 3.48), si nota che la maggior parte di questi (il 53%) non supera il 75% di popolazione con accesso all'elettricità.

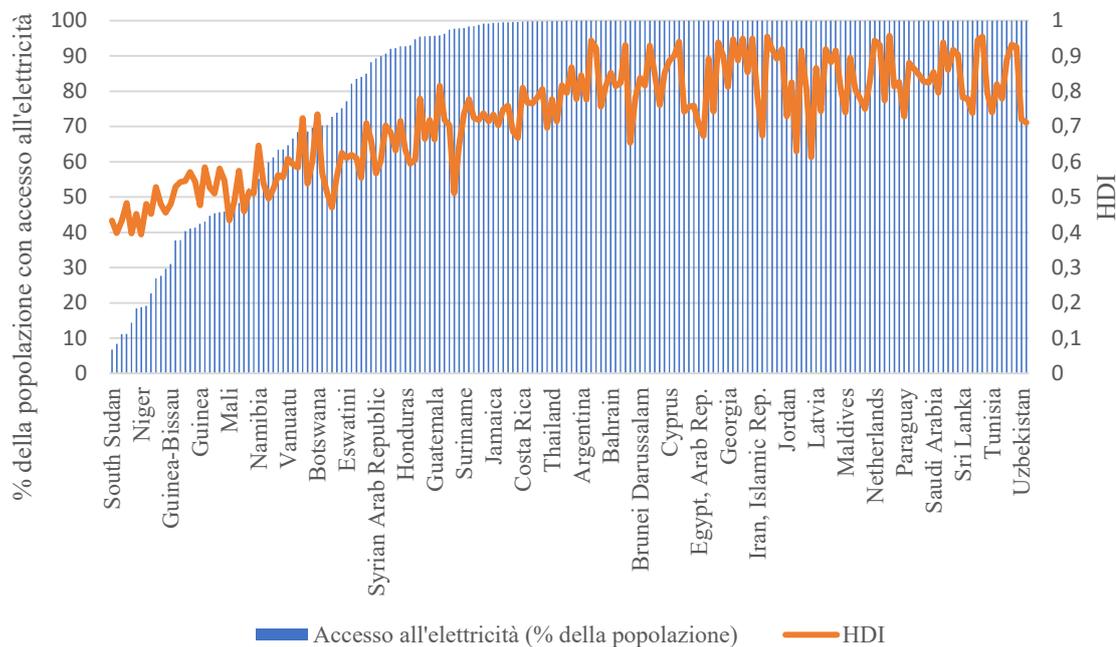


Figura 3.46 Accesso all'elettricità (% della popolazione) e Indice di Sviluppo Umano (HDI) in 188 paesi del mondo – Anno: 2019

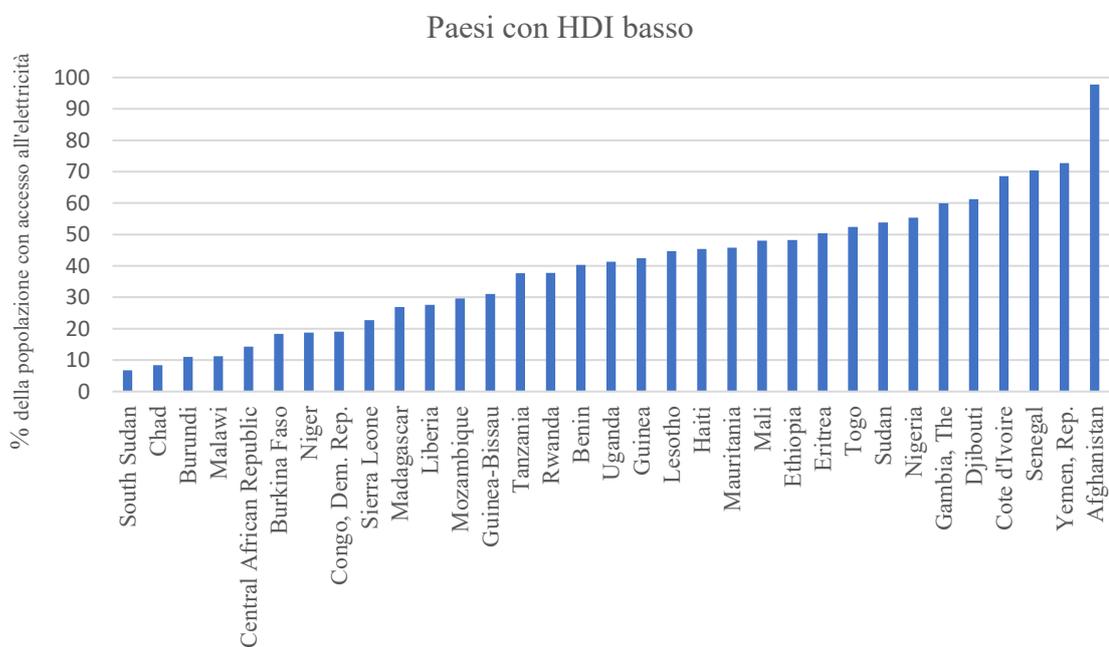


Figura 3.47 Accesso all'elettricità (% della popolazione) nei paesi con un Indice di Sviluppo Umano basso (0,35-0,549) – Anno: 2019

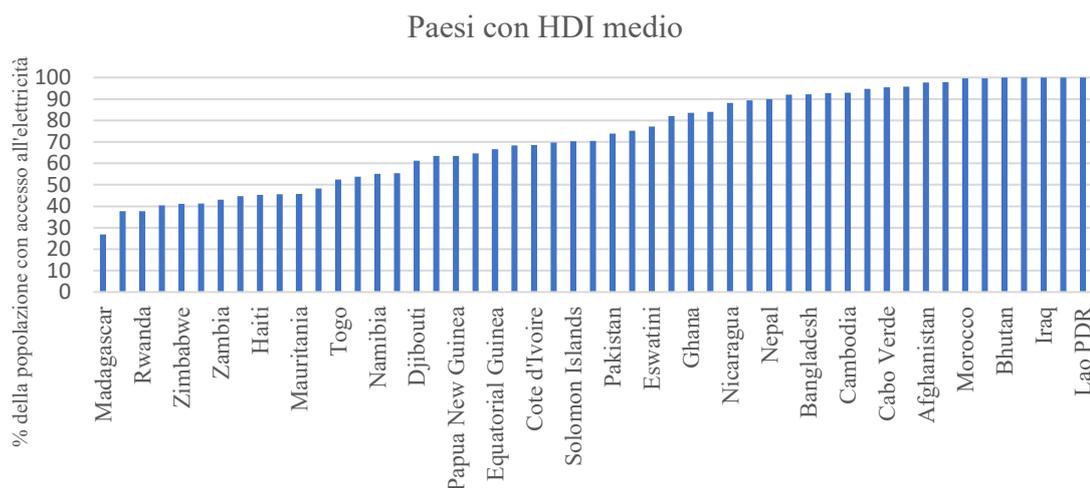


Figura 3.48 Accesso all'elettricità (% della popolazione) nei paesi con un Indice di Sviluppo Umano medio (0,505-0,69) – Anno: 2019

Osservando le statistiche relative all'indice di Gini accessibili sul portale della World Bank (Figura 3.49) si può notare l'effetto positivo della disuguaglianza di reddito sull'accessibilità all'elettricità. I paesi senza una copertura totale dell'infrastruttura elettrica presentano indici di Gini tra i più elevati, ovvero una disuguaglianza di reddito superiore.

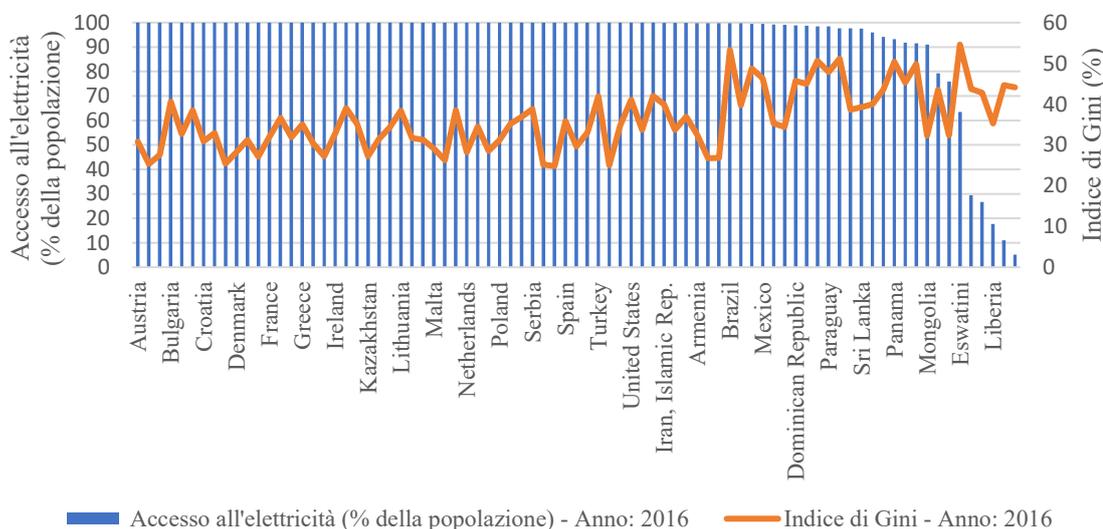


Figura 3.49 Indice di Gini e Accesso all'elettricità (% della popolazione) in 81 paesi – Anno: 2016

Essendo l'elettricità un bene pubblico, le caratteristiche dei regimi politici hanno inevitabilmente un impatto sulla sua fornitura. Nelle figure sottostanti si osserva come che la democrazia sia positivamente correlata con la fornitura di energia elettrica. Tutti i paesi con il massimo livello di democrazia forniscono l'accesso all'elettricità alla

totalità della popolazione. Per quanto riguarda, invece, le nazioni meno democratiche, non si riesce a raggiungere a nessuna evidenza chiara e significativa, in quanto tra questi vi sono paesi con il 100% di popolazione con accesso alla fornitura elettrica, come il Bahrain e il Qatar, ma anche paesi, come la Nord Korea o l'Eritrea, il cui accesso all'elettricità risulta inferiore al 50%.

Il grafico in Figura 3.50 mette in correlazione l'accesso all'elettricità nei vari paesi e la variabile composita Polity, che unisce il livello di democrazia e di autocrazia di un Paese in un unico punteggio compreso tra -10 e 10. Osservandolo si può arrivare alla conclusione che sia i paesi fortemente democratici che quelli fortemente autocratici forniscono l'accesso all'elettricità a un'elevata percentuale di popolazione, mentre i bassi valori di accesso all'elettricità sono associati alle nazioni non pienamente democratiche né autocratiche. Questo risultato viene confermato anche suddividendo i paesi in base al valore del livello di democrazia in quattro categorie: molto autocratici (da 8 a 10), democratici (da 1 a 7), autocratici (da -1 a -7) e molto autocratici (da -7 a -10). Infatti, come mostra il grafico in Figura 3.51, l'88% dei paesi considerabili molto democratici presentano una percentuale di popolazione con accesso all'elettricità del 100% e solamente il 7% di questi paesi possiedono una percentuale di accesso all'elettricità inferiore al 70%. Un discorso simile vale per i paesi dove è presente un regime fortemente autocratico (Figura 3.52), tra questi paesi solamente la Nord Korea presenta una bassa elettrificazione (47%), mentre per i restanti paesi la percentuale di popolazione con accesso all'elettricità si attesta vicina al 100%. I grafici in Figura 3.53 e Figura 3.54 si soffermano sui paesi non totalmente democratici né autocratici, e mostrano come all'interno di queste due categorie vi siano paesi molto diversi tra loro a livello di accesso all'elettricità; infatti, includono paesi con una percentuale di popolazione con accesso all'elettricità molto bassa ma anche stati con il 100% di popolazione con accesso all'elettricità. Prendendo in considerazione solamente i paesi con una percentuale di elettrificazione inferiore al 70% (Figura 3.55), emerge che la maggior parte dei paesi sono democratici ma con livelli di democrazia non massimi (57%) oppure paesi parzialmente autocratici (33%). Solamente la Nord Korea appartiene alla categoria dei paesi molto autocratici, mentre alla categoria degli molto democratici appartengono circa il 10% dei paesi con una bassa elettrificazione. In aggiunta, si può notare che i paesi la cui elettrificazione è ancora a livelli inferiore al 70% sono principalmente stati con reddito basso (50%) o medio-basso (42%) e solamente 4 paesi su 48 appartengono al raggruppamento dei paesi con reddito medio-alto.

Si riscontra, inoltre, una correlazione positiva anche con l'indice di fragilità (Figura 3.56), infatti un governo efficace e legittimato favorisce l'espansione della rete elettrica in modo da raggiungere la totalità della popolazione. Dall'altra parte, i paesi con governi instabili, inefficaci e poco legittimati risultano avere spesso un accesso all'elettricità inferiore alla media mondiale.

Questi risultati confermano come la democrazia caratterizzata da elezioni eque e regolari possa creare incentivi verso il governo in carica a fornire beni pubblici, come la fornitura di elettricità. Questo effetto risulta a volte limitato poiché bisogna considerare altri innumerevoli fattori. Tra questi vi è sicuramente l'orizzonte temporale breve della durata di un governo democratico contrapposto alle lunghe tempistiche necessarie per l'implementazione di infrastrutture elettriche e per il recupero dell'investimento. Inoltre, per l'elettrificazione risultano molto importanti aspetti governativi come l'efficacia del governo, la trasparenza, la presenza di corruzione, la regolamentazione e l'inclusività del processo decisionale, il controllo pubblico sulle azioni governative o la presenza di un quadro giuridico chiaro e coerente. Questi aspetti possono venire a mancare soprattutto in paesi in via di sviluppo, con reddito medio o basso, con governi instabili e un livello di democrazia non elevato. I governi autocratici possono raggiungere alti livelli di elettrificazione in quanto possiedono caratteristiche favoriscono i progetti di elettrificazione come un forte controllo sull'economia, sulla gestione delle infrastrutture e sulla vendita dei beni pubblici e, in aggiunta, avendo questi una durata più elevata possono lavorare più efficientemente alle infrastrutture pubbliche, come quella elettrica.

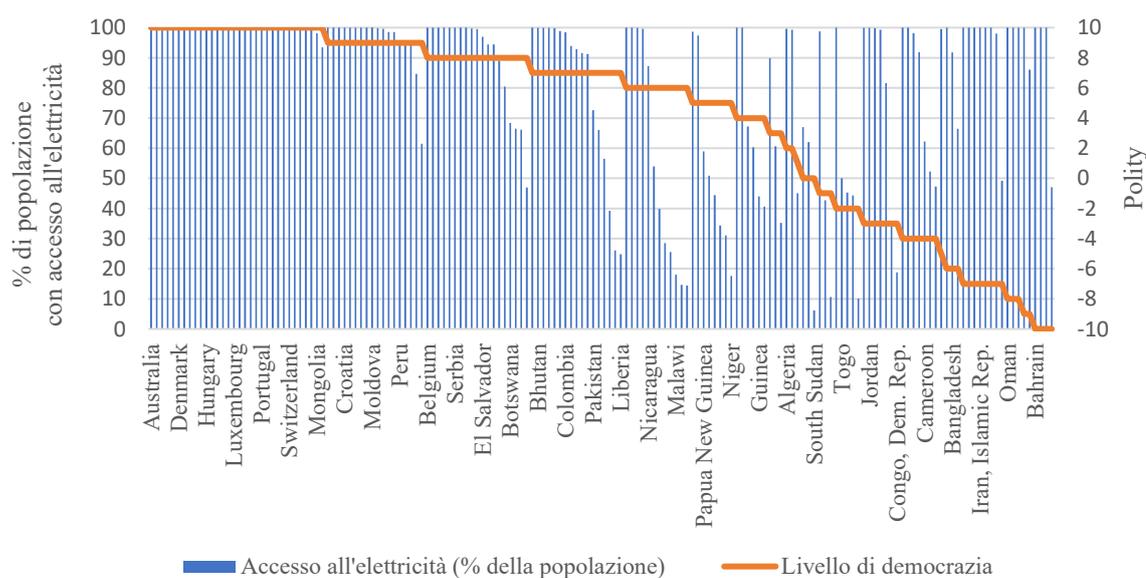


Figura 3.50 Livello di democrazia (polity) e Accesso all'elettricità (% della popolazione) in 162 paesi – Anno: 2018

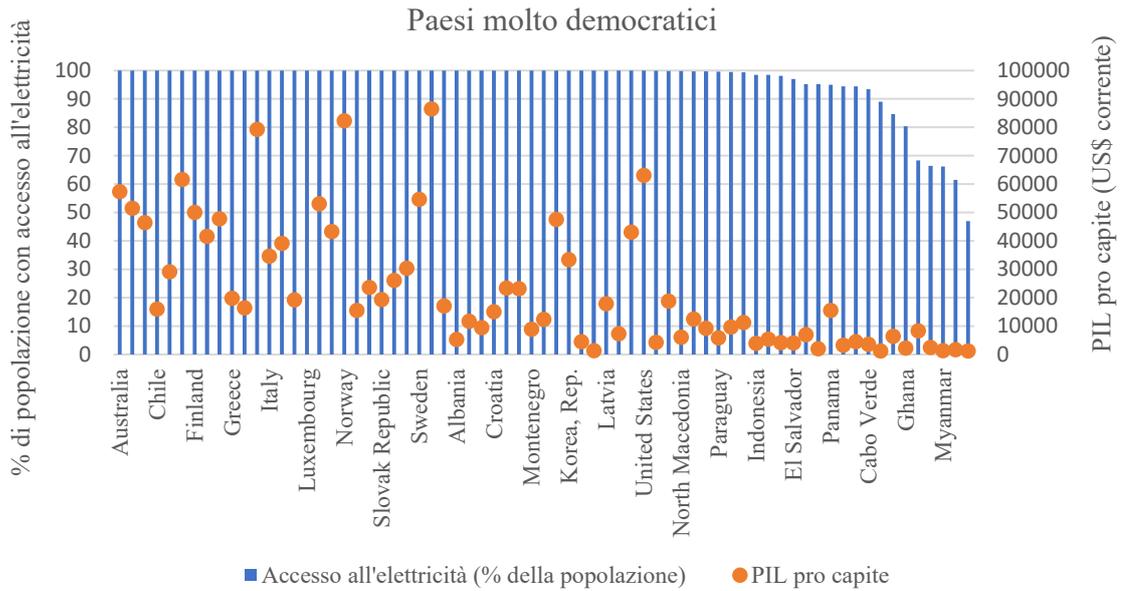


Figura 3.51 Accesso all'elettricità (% della popolazione) e PIL pro capite nei paesi con un livello di democrazia compreso tra 8 e 10 – Anno: 2018

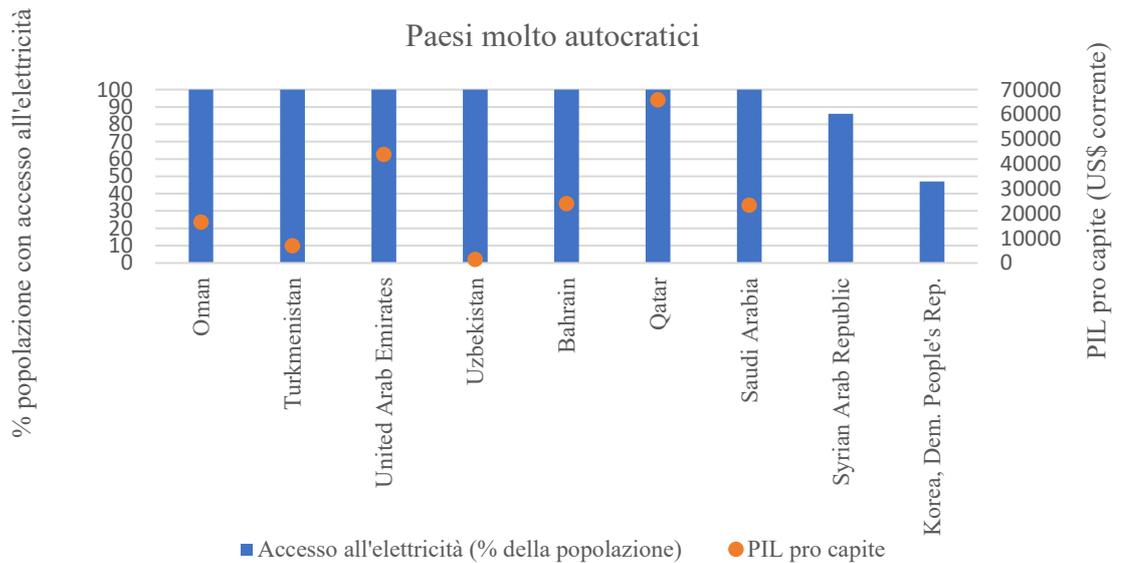


Figura 3.52 Accesso all'elettricità (% della popolazione) e PIL pro capite nei paesi con un livello di democrazia (polity) inferiore a -7 – Anno: 2018

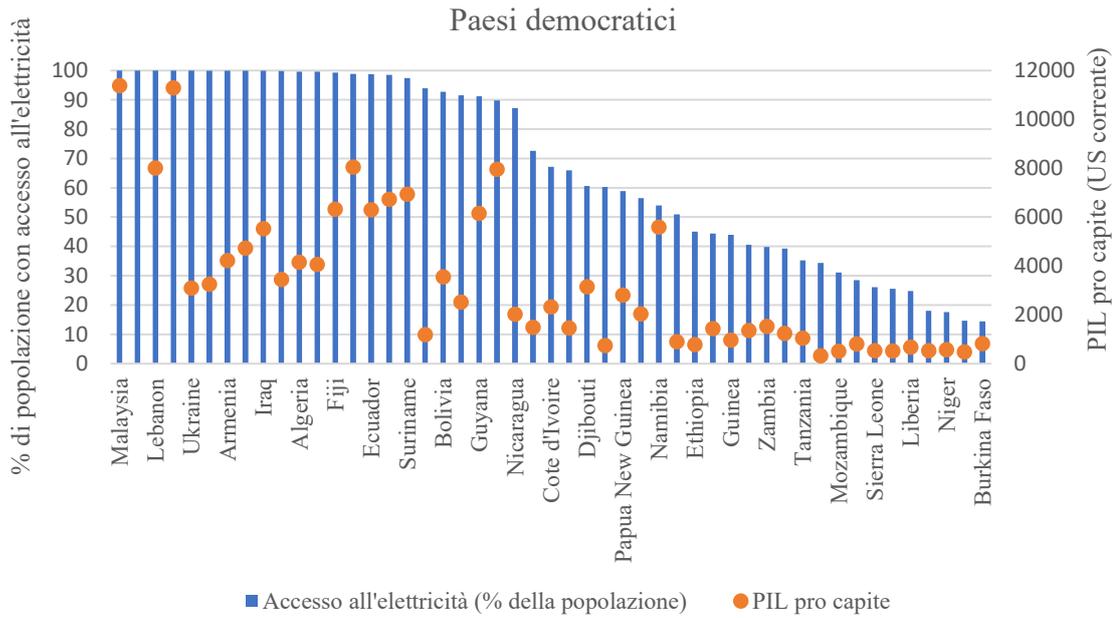


Figura 3.53 Accesso all'elettricità (% della popolazione) e PIL pro capite nei paesi con un livello di democrazia (polity) compreso tra 1 e 7 – Anno: 2018

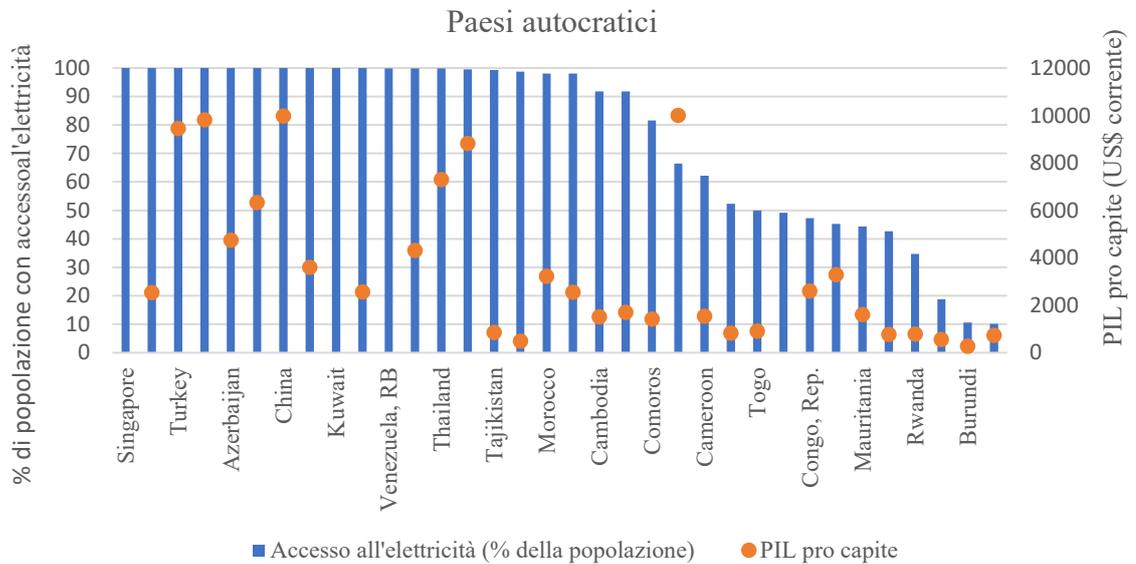


Figura 3.54 Accesso all'elettricità (% della popolazione) e PIL pro capite nei paesi con un livello di democrazia (polity) compreso tra -7 e -1 – Anno: 2018

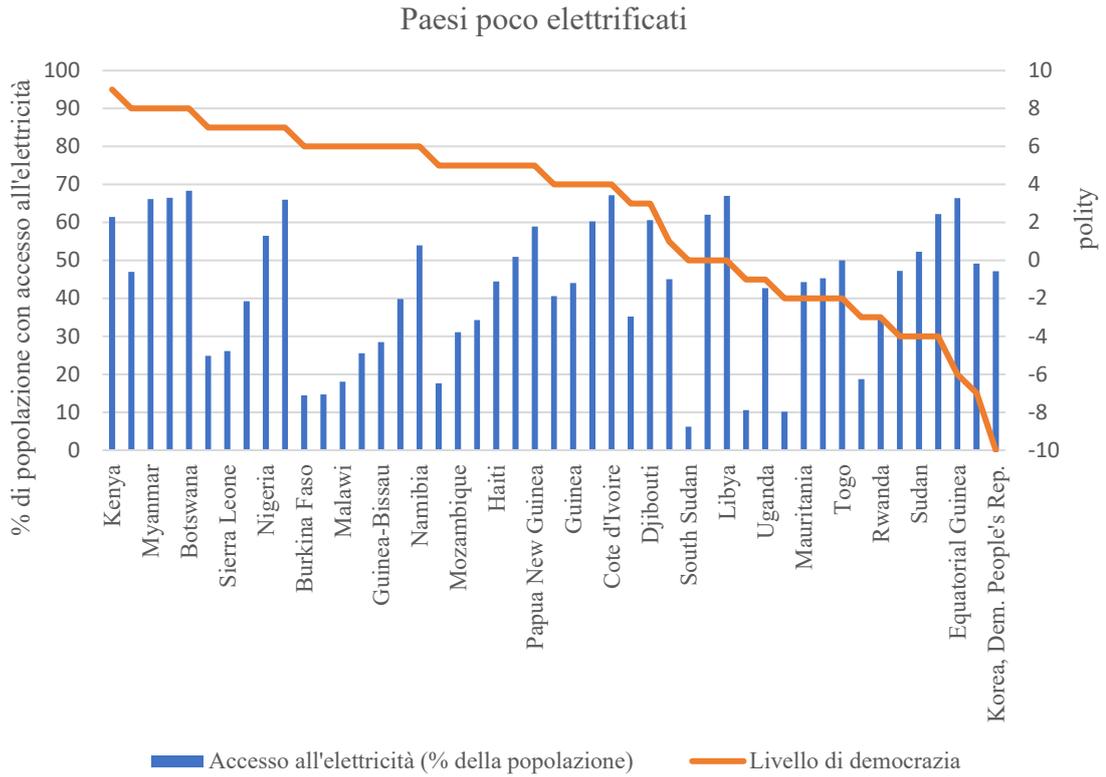


Figura 3.55 Livello di democrazia dei paesi con una percentuale di popolazione con accesso all'elettricità inferiore al 70%

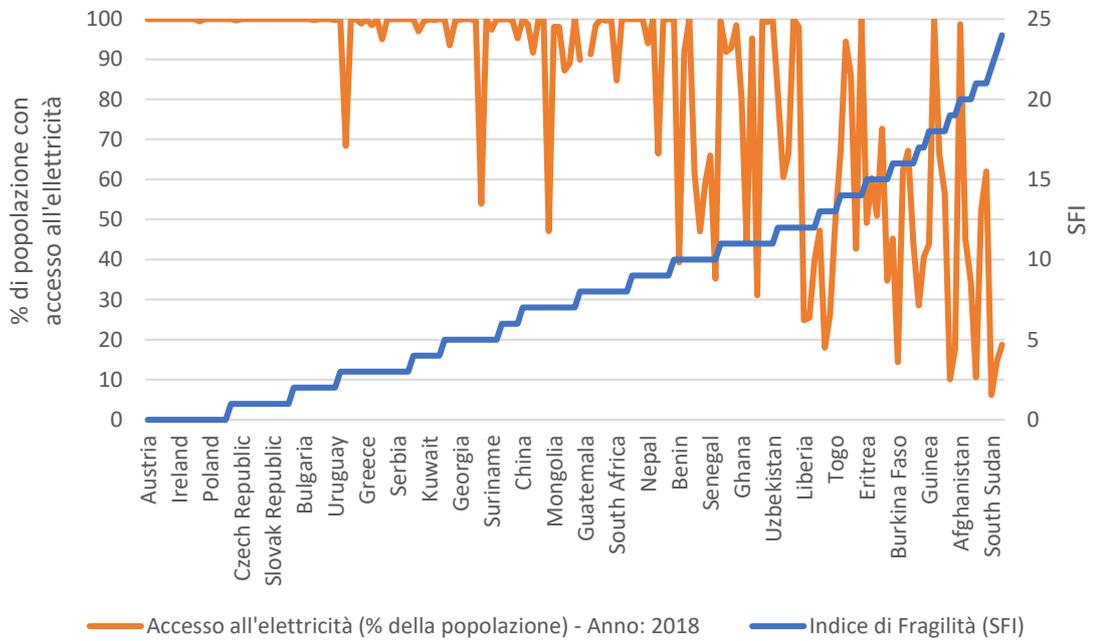


Figura 3.56 Percentuale di popolazione con accesso all'elettricità e Indice di Fragilità delle nazioni (SFI) di 165 paesi – Anno: 2018

Poiché le prestazioni del governo possono influenzare il processo di attuazione delle politiche pubbliche, allora la qualità, la trasparenza e la corruzione della pubblica amministrazione dovrebbero condizionare la fornitura di energia elettrica. Nel grafico in Figura 3.57 si può osservare l'associazione tra la percentuale di popolazione con accesso all'elettricità di un Paese e la sua valutazione della qualità della pubblica amministrazione e della trasparenza, responsabilità e corruzione nel settore pubblico, estratte dal portale della World Bank.

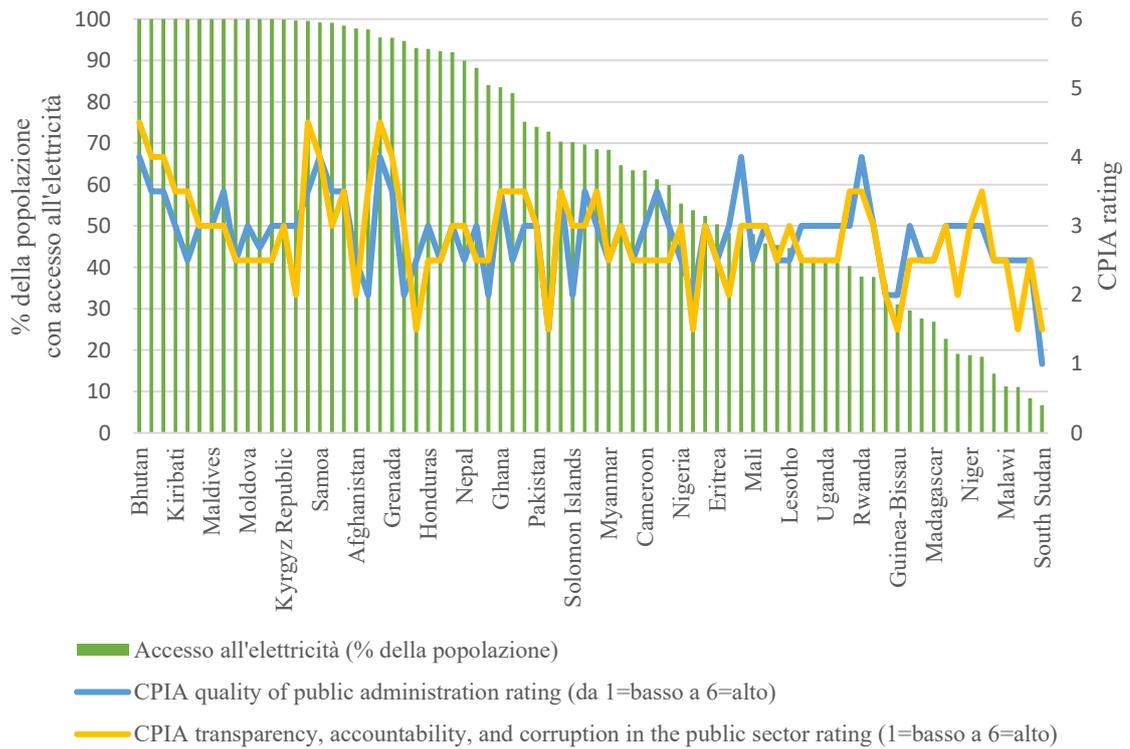


Figura 3.57 Accesso all'elettricità (% della popolazione), Qualità della pubblica amministrazione (0-5) e valutazione della trasparenza, responsabilità, corruzione nella pubblica amministrazione (0-5) di 76 paesi – Anno: 2019

4. Analisi econometrica

4.1 Introduzione all'analisi econometrica

L'intenzione è quella di analizzare come il grado di elettrificazione possa essere condizionato dalla ricchezza del Paese, dal suo sviluppo umano, dal livello di democrazia e dalla presenza di conflitti. Inoltre, si indaga su come il consumo di energie rinnovabili si relazioni con questi medesimi fattori.

Lo studio di queste relazioni è stato condotto attraverso l'analisi di regressione con dati panel a effetti fissi. Questo modello permette il controllo delle variabili omesse nei dati panel nel momento in cui queste variano tra entità (i.e. paesi) ma non nel tempo. La stima ad effetti fissi, utilizzando dati su entità che possiedono osservazioni su più anni, stima gli effetti del cambiamento di una variabile e l'impatto che ha su quelle dipendenti a parità di fattori.

Il modello di regressione utilizzato è descritto con la seguente equazione^v:

$$Y_{it} = \beta_1 X_{1it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (1.1)$$

Dove Y è la variabile dipendente, $i=1, \dots, n$ l'indicatore delle entità (i.e. paesi) e $t=1, \dots, T$ l'indicatore del tempo. X_{kit} è il valore del k -esimo regressore per l'entità i al tempo t . Mentre, ε_{it} è il termine di errore specifico per l'entità i , $\beta_1 \dots \beta_k$ sono i coefficienti dei regressori e α_i indica le intercette specifiche per ciascuna entità. Il termine α_i può essere scomposto in $\alpha_i = \beta_0 + \beta_2 Z_i$ dove Z_i indica una caratteristica inosservata che non varia nel tempo ma cambia da una nazione all'altra.

L'obiettivo del modello è stimare l'effetto delle X su Y , tenendo costanti le variabili inosservate del Paese, cioè Z_i .

4.2 Variabili

Variabili dipendenti:

- Accesso all'elettricità: percentuale della popolazione con accesso all'elettricità. I dati sull'elettrificazione sono stati raccolti dall'industria, da indagini nazionali e da fonti internazionali. (Fonte: World Bank Global Electrification Database; Anni coperti: 1990-2019)

^v Stock, J. H. & Watson M. W. (2003) *Introduction to econometrics*. Pearson Education

- Quota di energia rinnovabile: percentuale di consumo di energie rinnovabili sul totale di energia finale consumata. (Fonte: World Bank, Sustainable Energy for All database; Anni coperti: 1990-2018)
- Accesso all'elettricità in zone rurali: percentuale di popolazione rurale con accesso all'elettricità. Per popolazione rurale si intendono le persone che vivono nelle zone rurali, definite dagli istituti statistici nazionali. (Fonte: World Bank Global Electrification Database; Anni coperti:1990-2019)

Variabili indipendenti:

- PIL pro capite: prodotto interno lordo diviso per la popolazione di metà anno. Il PIL è la somma del valore aggiunto lordo di tutti i produttori residenti nell'economia più eventuali imposte sui prodotti e meno eventuali sovvenzioni non incluse nel valore dei prodotti. È calcolato senza effettuare detrazioni per l'ammortamento di beni fabbricati o per l'esaurimento e il degrado delle risorse naturali. I dati sono in US\$ attuali. (Fonte: World Bank; Anni coperti: 1960-2020)
- Indice di Sviluppo Umano (HDI): un indice composito che misura il risultato medio di tre dimensioni fondamentali dello sviluppo umano: l'aspettativa di vita, l'istruzione e il reddito. (Fonte: Human Development Report 2020; Anni coperti: 1990-2020)
- Livello di democrazia (polity): valutazione del grado di autocrazia e democrazia di una nazione. È un punteggio compreso tra -10 (stato fortemente autocratico) e +10 (stato fortemente democratico). È il risultato della sottrazione del livello di autocrazia (autoc) al livello di democrazia (democ). La variabile indicante il livello di democrazia (democ) è un punteggio che combina le valutazioni di tre elementi caratterizzanti un Paese democratico: la presenza di istituzioni e procedure attraverso le quali i cittadini possano esprimere le proprie preferenze sulle politiche e sui leader; l'esistenza di vincoli sull'esercizio del potere esecutivo; la salvaguardia delle libertà civili di tutti i cittadini nella loro vita quotidiana e nella loro partecipazione politica. La variabile del livello di autocrazia (autoc) valuta, invece, la mancanza di una competizione politica regolarizzata, la carenza di libertà politica e la limitazione alla partecipazione politica della popolazione. (Fonte: Polity5: Regime Authority Characteristics and Transitions Dataset; Anni coperti:1960-2019)

- Presenza di conflitti: variabile binaria che indica la presenza di un conflitto armato in un determinato Paese e anno. (Fonte: Conflict Site Dataset, UCDP/PRIO Armed Conflicts Dataset; Anni coperti:1989-2008)
- Popolazione rurale: percentuale di popolazione rurale sul totale della popolazione. Per popolazione rurale si intendono le persone che vivono nelle zone rurali, definite dagli istituti statistici nazionali. (Fonte: World Bank; Anni coperti: 1960-2020)
- Produzione di elettricità da fonti di energia rinnovabile: percentuale di elettricità prodotta da fonti rinnovabili sul totale dell'elettricità prodotta. Le fonti di energia rinnovabile sono: idroelettrica, geotermica, solare, eolica, biomassa e biocarburanti. (Fonte: World Bank, IEA Statistics; Anni coperti:1960-2015)

4.3 Modelli econometrici

L'analisi è focalizzata sul grado di elettrificazione e sulla quota di energia rinnovabile consumata. Nella prima fase l'obiettivo è quello di analizzare le relazioni che esistono tra il livello di elettrificazione, lo sviluppo economico e fattori politici. Successivamente si indaga su come questi medesimi fattori impattano sui consumi di energia rinnovabile. L'intenzione è quella di individuare quali fattori contribuiscono a una elettrificazione superiore e una maggiore quota di rinnovabili consumate. Si è ritenuto opportuno analizzare lo sviluppo economico attraverso le variabili PIL pro capite e Human Development Index, con l'obiettivo di non considerare solamente la ricchezza di un Paese, ma anche aspetti legati allo sviluppo umano come l'istruzione, la salute e l'aspettativa di vita. In aggiunta, dopo aver individuato le aree rurali come quelle più indietro in termini di percentuale di popolazione con accesso all'elettricità, si è effettuata un'analisi focalizzata sull'elettrificazione rurale.

La scelta del modello a effetti fissi e dati panel e la selezione delle variabili sono state eseguite in linea con le analisi dei dati presenti negli studi analizzati nella revisione della letteratura (Chica-Olmo et al., 2020; Inglesi-Lotz, 2016; Díaz et al., 2019; Ouedraogo, 2013; Ahlborg et al., 2015; Lake & Baum, 2001; Dinkelman, 2011).

I modelli di regressione utilizzati sono i seguenti:

$$\begin{aligned}
 & \text{Accesso all'elettricit\`a}_{it} \\
 & = \beta_1 \text{PIL pro capite}_{it} + \beta_2 \text{Livello di Democrazia}_{it} \\
 & + \beta_3 \text{Presenza di conflitti}_{it} + \beta_4 \text{Human Development Index}_{it} \\
 & + \beta_5 \text{Produzione di elettricit\`a da fonti rinnovabili}_{it} \\
 & + \beta_6 \text{Percentuale di popolazione rurale}_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it}
 \end{aligned}
 \tag{1.2}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Accesso all'elettricit\`a nelle aree rurali}_{it} \\
 & = \beta_1 \text{PIL pro capite}_{it} + \beta_2 \text{Livello di Democrazia}_{it} \\
 & + \beta_3 \text{Presenza di conflitti}_{it} + \beta_4 \text{Human Development Index}_{it} \\
 & + \beta_5 \text{Produzione di elettricit\`a da fonti rinnovabili}_{it} \\
 & + \beta_6 \text{Percentuale di popolazione rurale}_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it}
 \end{aligned}
 \tag{1.3}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Quota di energia rinnovabile consumata}_{it} \\
 & = \beta_1 \text{PIL pro capite}_{it} + \beta_2 \text{Livello di Democrazia}_{it} \\
 & + \beta_3 \text{Presenza di conflitti}_{it} + \beta_4 \text{Human Development Index}_{it} \\
 & + \beta_5 \text{Produzione di elettricit\`a da fonti rinnovabili}_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it}
 \end{aligned}
 \tag{1.4}$$

Si è deciso di eseguire trasformazioni polinomiali logaritmiche per le variabili con valori continui, ovvero PIL pro capite e Human Development Index. In questi casi il modello è nella forma lin-log e quindi una variazione dell'1% di X_i comporta una variazione di $0,01\beta_i$ unità di Y. Per le altre variabili si è optato per un modello lin-lin, in quanto l'accesso all'elettricit\`a, la quota di energia rinnovabile, la produzione da fonti rinnovabile e la popolazione rurale sono valori percentuali, mentre il livello di democrazia e la presenza di conflitti sono corrispondentemente un punteggio che varia da -10 a +10 e una variabile binaria. In questi casi una variazione unitaria di X_i comporta una variazione di β_i unità di Y.

La stima dei modelli è stata eseguita utilizzando il software Stata e sono stati utilizzati errori standard robusti all'eteroschedasticità (xtreg, robust fe). Si rimanda all'Appendice C per la visualizzazione degli output generati, non inseriti nel capitolo 4.4 Analisi dei risultati.

4.4 Analisi dei risultati

Nella fase preliminare all'analisi di regressioni sono state esaminate le matrici di correlazione (Tabella 4.1, Tabella 4.2, Tabella 4.3), nelle quali sono state inserite tutte le variabili coinvolte dei modelli econometrici. Dalla lettura delle matrici di correlazione si rileva una forte e significativa correlazione positiva dell'Indice di Sviluppo Umano (HDI) con le variabili dipendenti correlate all'accesso all'elettricità, rispettivamente dello 0,8918 con la variabile di percentuale di popolazione con accesso all'elettricità, dello 0,8726 con l'accesso all'elettricità nelle zone rurali. Mentre la correlazione tra l'Indice di Sviluppo Umano e il consumo di energia rinnovabile è significativa e negativa (-0,7834). L'Indice di Sviluppo Umano presenta altre correlazioni significative positive, se consideriamo il PIL pro capite e il livello di democrazia, e negative, se guardiamo la presenza di conflitti, la percentuale di popolazione rurale e la produzione di elettricità da fonti rinnovabili.

Emerge, inoltre, delle correlazioni positive e significative dell'accesso all'elettricità, sia in generale che in zone rurali, con il PIL pro capite e il livello di democrazia. Mentre si rilevano correlazioni negative con la presenza di conflitti, la produzione di elettricità da fonti rinnovabili e la percentuale di popolazione rurale. Per quanto riguarda, invece, il consumo di energie rinnovabili, la matrice di correlazione presenta correlazioni positive e significative con la presenza di conflitti (0,1829) e la produzione di elettricità da fonti rinnovabili (0,6753), mentre risultano negativi i coefficienti di correlazione con il PIL pro capite, il livello di democrazia e l'HDI.

Tabella 4.1 Matrice di correlazione delle variabili accesso all'elettricità, pil pro capite (gdppc), livello di democrazia (polity2), presenza di conflitti, Indice di Sviluppo Umano (hdi), produzione di elettricità da fonti rinnovabili e popolazione rurale (2174 osservazioni) (*: coefficienti di correlazioni significativi con il 5% di livello di significatività)

	access~y	gdppc	polity2	conflict	hdi	re~ction	ruralp~c
accesstoel~y	1.0000						
gdppc	0.4554*	1.0000					
polity2	0.2670*	0.2941*	1.0000				
conflict	-0.2052*	-0.1655*	-0.1333*	1.0000			
hdi	0.8918*	0.6874*	0.4167*	-0.2590*	1.0000		
renewablep~n	-0.0411*	-0.0882*	0.1167*	0.0387*	-0.0746*	1.0000	
ruralpopul~c	-0.7708*	-0.5792*	-0.2312*	0.2320*	-0.8110*	0.0658*	1.0000

Tabella 4.2 Matrice di correlazione delle variabili accesso all'elettricità in zone rurali, pil pro capite (gdppc), livello di democrazia (polity2), presenza di conflitti, Indice di Sviluppo Umano (hdi), produzione di elettricità da fonti rinnovabili e popolazione rurale (2174 osservazioni) (*: coefficienti di correlazioni significativi con il 5% di livello di significatività)

	access~l	gdppc	polity2	conflict	hdi	re~ction	ruralp~c
accesstoel~l	1.0000						
gdppc	0.4837*	1.0000					
polity2	0.2712*	0.2916*	1.0000				
conflict	-0.1751*	-0.1587*	-0.1147*	1.0000			
hdi	0.8726*	0.6934*	0.4295*	-0.2357*	1.0000		
renewablep~n	-0.1425*	-0.0988*	0.1265*	0.0584*	-0.1021*	1.0000	
ruralpopul~c	-0.6859*	-0.5717*	-0.2232*	0.2074*	-0.7926*	0.0982*	1.0000

Tabella 4.3 Matrice di correlazione delle variabili percentuale di energia rinnovabile consumata, pil pro capite (gdppc), livello di democrazia (polity2), presenza di conflitti, Indice di Sviluppo Umano (hdi) produzione di elettricità da fonti rinnovabili (2255 osservazioni) (*: coefficienti di correlazioni significativi con il 5% di livello di significatività)

	re~ption	gdppc	polity2	conflict	hdi	re~ction
renewablee~n	1.0000					
gdppc	-0.4124*	1.0000				
polity2	-0.2038*	0.3130*	1.0000			
conflict	0.2136*	-0.1766*	-0.1305*	1.0000		
hdi	-0.7834*	0.6787*	0.4368*	-0.2647*	1.0000	
renewablep~n	0.3733*	-0.0884*	0.1107*	0.0420*	-0.0707*	1.0000

4.5 Accesso all'elettricità

I risultati dell'analisi di regressione rilevano come a livello globale la variazione del 1% del PIL pro-capite genera un aumento della percentuale di popolazione con accesso all'elettricità di 0,074 punti percentuali, con un livello di significatività dello 0,1% (Tabella 4.4). È, inoltre, verificata la correlazione positiva tra la democrazia e l'accesso all'elettricità: se il valore del livello di democrazia (polity) aumenta di una unità, l'accesso all'elettricità aumenta di 0.755 unità. Il modello ha rilevato una relazione negativa e significativa tra accesso all'elettricità e la variabile binaria dei conflitti; la presenza di un conflitto in un territorio ostacola l'accesso all'elettricità da parte della popolazione riducendo questa percentuale di un punto e mezzo. Si rileva anche una significativa relazione tra l'accesso all'elettricità e l'Indice di Sviluppo Umano; infatti, una variazione di un punto percentuale dell'HDI genera un aumento di 0,652 unità della percentuale di popolazione con accesso all'elettricità. Si osserva, inoltre, una piccola relazione negativa con la produzione di elettricità da fonti rinnovabili, l'aumento di un punto della percentuale di elettricità prodotta induce una diminuzione di 0,123 unità dell'accesso all'elettricità. Come era prevedibile, si rileva una relazione negativa con la percentuale di abitanti in zone rurali, in quanto meno raggiungibili dall'infrastruttura elettrica.

Per misurare gli impatti marginali delle variabili indipendenti sulla percentuale di popolazione con accesso all'elettricità, si sono inserite le variabili progressivamente. Con l'inserimento di più variabili nel modello gli effetti riscontrati precedentemente si riducono e molti perdono di significatività (Tabella 4.5). Rimangono significativi gli effetti positivi dell'Human Development Index e quelli negativi della percentuale di popolazione rurale. Mentre la relazione positiva con il PIL pro capite e il livello di democrazia di un Paese perde di significatività quando si inserisce nel modello l'Indice di Sviluppo Umano.

Tabella 4.4 Analisi di regressione ad effetti fissi dell'accesso all'elettricità (% della popolazione con accesso all'elettricità) e PIL pro capite, livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, Human Development Index, produzione di elettricità da fonti rinnovabili, percentuale di popolazione rurale

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Access to electricity					
log(gdppc)	7.40*** (0.88)					
polity		0.75*** (0.21)				
conflict			-1.50* (0.76)			
log(hdi)				65.23*** (6.42)		
Renewable production					-0.12*** (0.02)	
Rural population						-1.30*** (0.15)
Constant	17.62** (7.50)	73.35*** (0.83)	75.10*** (0.11)	106.11*** (2.66)	83.54*** (0.34)	134.51*** (6.13)
Observations	5144	3936	2339	4584	5570	5532
R ²	0.235	0.051	0.005	0.407	0.062	0.311
Adjusted R ²	0.234	0.050	0.005	0.407	0.061	0.311

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 4.5 Analisi di regressione ad effetti fissi dell'accesso all'elettricità (% della popolazione con accesso all'elettricità) e PIL pro capite, livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, Human Development Index, produzione di elettricità da fonti rinnovabili, percentuale di popolazione rurale

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Access to electricity					
log(gdppc)	7.40*** (0.88)	6.99*** (0.97)	3.84*** (0.61)	-0.33 (0.84)	-0.33 (0.82)	-1.13 (0.72)
polity		0.41** (0.20)	0.34** (0.17)	0.15 (0.17)	0.13 (0.17)	0.09 (0.13)
conflict			-1.16 (0.82)	0.08 (0.70)	0.03 (0.70)	-0.38 (0.61)
log(hdi)				43.96*** (9.41)	42.55*** (9.34)	24.82*** (8.26)
Renewable production					-0.07* (0.04)	-0.04 (0.03)
Rural population						-0.98*** (0.20)
Constant	17.62** (7.50)	17.44** (7.77)	42.78*** (4.69)	97.59*** (10.72)	99.03*** (10.44)	139.01*** (11.41)
Observations	5144	3847	2263	2174	2174	2174
R ²	0.235	0.264	0.161	0.304	0.311	0.439
Adjusted R ²	0.234	0.263	0.160	0.302	0.310	0.438

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Le Tabella 4.6 e Tabella 4.9 mostrano i risultati dell'analisi con i paesi raggruppati in base allo sviluppo umano (HDI) e al reddito. Le nazioni con un reddito alto e altamente sviluppate non ci forniscono molte informazioni sull'impatto delle variabili indipendenti sull'accesso all'elettricità, in quanto queste tipologie di paesi sono caratterizzate da una percentuale di popolazione con accesso all'elettricità molto vicina al 100%.

Suddividendo i paesi in base al valore dell'Indice di Sviluppo Umano, si rileva come per i paesi meno sviluppati vi sia un'importante e significativa relazione tra l'accesso all'elettricità ed il PIL pro capite (Tabella 4.6, Tabella 4.7). Inoltre, è interessante osservare come nei paesi con un basso HDI, l'impatto negativo della presenza dei conflitti appaia notevolmente ampliato (Tabella 4.8).

Il raggruppamento in base al reddito coglie come l'accesso all'elettricità nei paesi con un reddito medio siano particolarmente sensibili alla presenza o meno di conflitti armati sul territorio e al livello di sviluppo umano del Paese (Tabella 4.9). Il livello di democrazia presenta una relazione positiva e significativa con l'accesso all'elettricità solamente nei paesi a basso o medio-basso reddito (Tabella 4.10), questa relazione, però, perde di significatività quando si inseriscono tutte le variabili di controllo nel modello.

Tabella 4.6 Analisi di regressione ad effetti fissi dell'accesso all'elettricità (% della popolazione con accesso all'elettricità) e PIL pro capite, livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, Human Development Index, produzione di elettricità da fonti rinnovabili percentuale di popolazione rurale nei paesi suddivisi in base al valore dell'Human Development Index

	(1)	(2)	(3)	(4)
	HDI molto alto	HDI alto	HDI medio	HDI basso
log(gdppc)	-0.10 (0.11)	-0.26 (0.33)	0.14 (1.41)	3.05** (1.24)
polity	-0.01 (0.01)	-0.12* (0.07)	0.12 (0.11)	0.06 (0.15)
conflict	0.02 (0.02)	0.21 (0.18)	0.90 (0.83)	-1.15 (0.87)
log(hdi)	0.80 (0.84)	9.88** (4.86)	20.46 (16.71)	12.07 (10.20)
Renewable production	-0.00 (0.00)	-0.03** (0.01)	-0.06 (0.05)	0.01 (0.04)
Rural population	0.00 (0.00)	-0.24 (0.16)	-1.18*** (0.32)	-1.60*** (0.37)
Constant	101.14*** (1.34)	111.67*** (6.90)	147.97*** (16.44)	130.01*** (25.28)
Observations	502	513	532	627
R ²	0.011	0.204	0.574	0.570
Adjusted R ²	-0.001	0.194	0.569	0.566

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 4.7 Analisi di regressione ad effetti fissi dell'accesso all'elettricità (% della popolazione con accesso all'elettricità) e PIL pro capite nei paesi suddivisi in base al valore dell'Human Development Index

	(1)	(2)	(3)	(4)
	HDI molto alto	HDI alto	HDI medio	HDI basso
log(gdppc)	0.03 (0.03)	1.99*** (0.74)	10.74*** (1.69)	14.01*** (1.37)
Constant	99.58*** (0.35)	80.07*** (6.52)	0.18 (12.88)	-59.11*** (8.86)
Observations	1211	1185	1047	1064
R ²	0.002	0.068	0.316	0.408
Adjusted R ²	0.001	0.067	0.315	0.407

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 4.8 Analisi di regressione ad effetti fissi dell'accesso all'elettricità (% della popolazione con accesso all'elettricità) e la presenza di conflitti nei paesi suddivisi in base al valore dell'Human Development Index

	(1)	(2)	(3)	(4)
	HDI molto alto	HDI alto	HDI medio	HDI basso
conflict	0.00 (0.00)	0.17 (0.12)	0.22 (1.48)	-3.12** (1.55)
Constant	99.88*** (0.00)	98.20*** (0.01)	85.04*** (0.22)	29.46*** (0.39)
Observations	507	538	555	632
R2	0.000	0.001	0.000	0.018
Adjusted R2	-0.002	-0.001	-0.002	0.017

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 4.9 Analisi di regressione ad effetti fissi dell'accesso all'elettricità (% della popolazione con accesso all'elettricità) e PIL pro capite, livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, Human Development Index, produzione di elettricità da fonti rinnovabili, percentuale di popolazione rurale nei paesi suddivisi per reddito

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Reddito alto	Reddito medio-alto	Reddito medio-basso	Reddito basso
log(gdppc)	0.00 (0.00)	-1.61* (0.87)	-0.52 (1.38)	1.33 (1.29)
polity	-0.00 (0.00)	-0.03 (0.06)	-0.01 (0.12)	0.09 (0.14)
conflict	0.00 (0.00)	-0.92*** (0.24)	0.14 (0.55)	-0.63 (1.02)
log(hdi)	0.00 (0.00)	23.08** (8.86)	36.37 (26.60)	12.32 (10.71)
Renewable production	-0.00 (0.00)	-0.03*** (0.01)	-0.06 (0.06)	-0.00 (0.04)
Rural population	-0.00 (0.00)	-0.04 (0.19)	-1.07*** (0.32)	-1.75*** (0.37)
Constant	100.00*** (0.00)	119.78*** (8.24)	150.66*** (17.69)	159.63*** (24.04)
Observations	490	313	587	688
R ²	0.001	0.310	0.528	0.587
Adjusted R ²	-0.011	0.296	0.523	0.583

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 4.10 Analisi di regressione ad effetti fissi dell'accesso all'elettricità (% della popolazione con accesso all'elettricità) e livello di democrazia nei paesi suddivisi per reddito

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Reddito alto	Reddito medio-alto	Reddito medio-basso	Reddito basso
polity	0.02 (0.02)	-0.06 (0.23)	0.54* (0.32)	0.73*** (0.19)
Constant	99.71*** (0.11)	95.32*** (1.05)	76.17*** (1.21)	35.85*** (0.20)
Observations	942	745	1057	997
R^2	0.017	0.002	0.022	0.055
Adjusted R^2	0.016	0.000	0.021	0.054

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

4.6 Elettrificazione rurale

Analizzando l'elettrificazione rurale, ovvero la percentuale di popolazione delle aree rurali con accesso all'elettricità, notiamo come tutti gli effetti riscontrati precedentemente si amplificano (Tabella 4.11, Tabella 4.12). Si nota come l'aumento di un'unità del punteggio polity (livello di democrazia) comporta un aumento di 0,8437 unità della percentuale di popolazione rurale raggiunta dall'infrastruttura elettrica. Questo effetto, però, perde di significatività quando si inseriscono le altre variabili di controllo nel modello (Tabella 4.12). Inoltre, anche in questo caso si rileva come i paesi meno sviluppati in termini di sviluppo umano siano arretrati anche in termini di elettrificazione rurale; infatti il modello rileva una relazione positiva tra l'Human Development Index e l'accesso all'elettricità in zone rurali. In particolare, l'aumento di un punto percentuale dell'Indice di Sviluppo Umano genera un incremento della percentuale di elettrificazione rurale di 0,3355 punti, con tutte le variabili inserite nel modello e un livello di significatività del 5%. L'analisi mostra una relazione negativa e significativa tra l'elettrificazione rurale e la percentuale di abitanti nelle zone rurali del Paese; infatti, con l'aumento della popolazione rurale è prevedibile che un numero superiore di queste persone non sia raggiunta dall'infrastruttura elettrica. In particolare, il modello indica come l'aumento di un'unità della percentuale di popolazione rurale comporti a una diminuzione di 1,1785 unità della percentuale di popolazione rurale con accesso all'elettricità. L'analisi mette in luce una relazione negativa con un livello di significatività del 10% tra l'elettrificazione rurale e la presenza di conflitti nel Paese, questa però perde di significatività se si inseriscono tutte le variabili nel modello. Nonostante nella nostra analisi globale la relazione tra presenza di conflitti e

l'elettrificazione rurale non sia particolarmente significativa, è interessante osservare come, nel passaggio dall'elettrificazione totale all'elettrificazione rurale, il coefficiente di regressione negativo associato ai conflitti sia aumentato, ovvero sembrerebbe che la presenza di un conflitto armato all'interno di un territorio influenzi soprattutto l'accesso all'elettricità nelle zone rurali. Infine, si può osservare una relazione negativa significativa con il PIL pro capite e una non significativa con la percentuale di elettricità rinnovabile nel mix di produzione.

Avendo individuato l'Indice di Sviluppo Umano (HDI) come una delle variabili indipendenti maggiormente significative di questo modello, si sono divisi i paesi nelle quattro categorie in base al valore dell'Human Development Index (vedi capitolo 3.3 Raggruppamento dei paesi). La Tabella 4.13 mostra i diversi coefficienti di regressione. Nei paesi molto sviluppati, la relazione con il livello di democrazia si converte in negativa, ovvero più il Paese è autocratico maggiore sarà la elettrificazione nelle aree rurali del territorio. In aggiunta, per questa tipologia di paesi, anche il coefficiente di relazione associato alla presenza di conflitti presenta un cambiamento del segno, da negativo a positivo. Per paesi poco sviluppati emerge invece una significativa relazione negativa con i conflitti, la presenza di un conflitto all'interno di un territorio genera a diminuzione di 2,58 punti della percentuale di popolazione si zone rurali con accesso all'elettricità.

Tabella 4.11 Analisi di regressione ad effetti fissi dell'accesso all'elettricità in zone rurali (% della popolazione con accesso all'elettricità) e PIL pro capite (gdppc), livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, Human Development Index (hdi), produzione di elettricità da fonti rinnovabili, percentuale di popolazione rurale

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Access to electricity rural					
log(gdppc)	8.78*** (1.14)					
polity		0.84*** (0.31)				
conflict			-1.58* (0.87)			
log(hdi)				77.05*** (9.54)		
Renewable production					-0.16*** (0.03)	
Rural population						-1.51*** (0.19)
Constant	0.97 (9.76)	68.19*** (1.21)	70.73*** (0.11)	105.07*** (3.79)	79.99*** (0.50)	137.96*** (7.80)
Observations	4907	3758	2223	4377	5268	5250
R ²	0.199	0.037	0.003	0.301	0.060	0.247
Adjusted R ²	0.199	0.037	0.003	0.301	0.060	0.247

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 4.12 Analisi di regressione ad effetti fissi dell'accesso all'elettricità in zone rurali (% della popolazione con accesso all'elettricità) e PIL pro capite (gdppc), livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, Human Development Index (hdi), produzione di elettricità da fonti rinnovabili, percentuale di popolazione rurale

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Access to electricity rural					
log(gdppc)	8.78*** (1.14)	8.18*** (1.21)	4.23*** (0.77)	-1.47 (1.21)	-1.37 (1.22)	-1.99* (1.14)
polity		0.44 (0.29)	0.33 (0.25)	0.10 (0.24)	0.08 (0.24)	0.02 (0.18)
conflict			-1.24 (1.01)	-0.32 (0.97)	-0.38 (0.98)	-0.81 (0.87)
log(hdi)				62.10*** (13.96)	58.94*** (14.25)	33.55** (13.63)
Renewable production					-0.10* (0.05)	-0.07 (0.05)
Rural population						-1.18*** (0.24)
Constant	0.97 (9.76)	1.95 (9.98)	34.66*** (6.12)	109.22*** (15.20)	109.93*** (15.23)	152.34*** (15.60)
Observations	4907	3671	2149	2069	2069	2069
R ²	0.199	0.219	0.100	0.208	0.216	0.314
Adjusted R ²	0.199	0.219	0.098	0.206	0.214	0.312

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 4.13 Analisi di regressione ad effetti fissi dell'accesso all'elettricità in zone rurali (% della popolazione con accesso all'elettricità) e PIL pro capite (gdppc), livello di democrazia, presenza di conflitti, Human Development Index (hdi), produzione di elettricità da fonti rinnovabili, percentuale di popolazione rurale nei paesi suddivisi in base al valore di Human Development Index

	(1)	(2)	(3)	(4)
	HDI molto alto	HDI alto	HDI medio	HDI basso
log(gdppc)	-0.49 (0.51)	-1.65 (1.17)	-1.24 (2.39)	1.37 (2.02)
polity	-0.05 (0.05)	-0.26*** (0.09)	0.07 (0.16)	-0.11 (0.23)
conflict	0.08 (0.09)	0.58** (0.29)	1.42 (1.09)	-2.58* (1.46)
log(hdi)	3.80 (3.93)	36.70** (17.18)	63.17** (31.37)	14.17 (18.47)
Renewable production	-0.00 (0.00)	-0.14*** (0.03)	-0.06 (0.10)	0.00 (0.06)
Rural population	0.00 (0.01)	-0.61* (0.35)	-1.41*** (0.35)	-1.31** (0.49)
Constant	105.53*** (6.25)	142.53*** (19.70)	175.74*** (22.58)	109.91*** (31.47)
Observations	502	513	531	523
R ²	0.011	0.230	0.482	0.304
Adjusted R ²	-0.001	0.221	0.476	0.296

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

4.6.1 Elettrificazione rurale in Africa Subsahariana

Come si è sollevato nel capitolo di Analisi descrittiva dei dati, l'Africa Subsahariana è la regione in cui si registrano i valori di popolazione con accesso all'elettricità più bassi. In particolare, l'elettricità è poco accessibile soprattutto alla popolazione residenti nelle aree rurali di questo territorio. Nel 2019 l'accesso all'elettricità nelle zone rurali dell'Africa Subsahariana era garantito solo al 28% della popolazione. In aggiunta, osservando la lista dei paesi dei paesi con un Indice di Sviluppo Umano basso dell'anno 2019 notiamo che il 91% di questi sono nazioni dell'Africa Subsahariana. Un discorso simile vale per il raggruppamento in base al reddito; infatti, dei 22 paesi considerati a reddito basso nel 2019 21 fanno parte dell'Africa Subsahariana. Dei paesi situati a sud del deserto del Sahara, circa il 63% ha un HDI basso, il 27% un HDI medio e solamente il 10% è considerato come una nazione con un Indice di Sviluppo Umano medio-alto. Anche per quanto riguarda il reddito di queste nazioni la situazione appare simile; infatti, il 46% è un Paese a reddito basso e circa il 40% a reddito medio-basso. Per tutti questi motivi si è deciso di eseguire un'analisi del modello (1.3) focalizzata solamente sui paesi dell'Africa Subsahariana.

I risultati mostrano che il PIL pro capite, il livello di democrazia e lo sviluppo umano hanno un impatto positivo sull'elettrificazione rurale di questa regione. Si registrano relazioni negative con la presenza di conflitti, la produzione di elettricità da fonti rinnovabili e la percentuale di popolazione residente in aree rurali (Tabella 4.14). Aggiungendo tutte le variabili di controllo al modello (Tabella 4.15) i coefficienti di regressione che rimangono significativi sono quelli associati al PIL pro capite e alla popolazione rurale. Osservando i dati emerge, infatti, come i paesi subsahariani con una buona elettrificazione rurale siano anche coloro che possiedono una ricchezza economica superiore. Inoltre, confrontando i risultati con quelli associati all'elettrificazione globale, notiamo dei notevoli aumenti degli impatti associati al PIL pro capite e al livello di democrazia.

Tabella 4.14 Analisi di regressione ad effetti fissi dell'accesso all'elettricità in zone rurali (% della popolazione con accesso all'elettricità) e PIL pro capite (gdppc), livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, Human Development Index (hdi), produzione di elettricità da fonti rinnovabili, percentuale di popolazione rurale per i paesi dell'Africa Subsahariana

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Access to electricity rural					
log(gdppc)	11.17*** (2.40)					
polity		1.06*** (0.36)				
conflict			-1.33 (1.06)			
log(hdi)				49.54*** (11.86)		
Renewable production					-0.17*** (0.04)	
Rural population						-1.56*** (0.24)
Constant	-54.89*** (16.75)	17.86*** (0.66)	17.21*** (0.19)	59.18*** (8.64)	26.66*** (1.04)	116.66*** (14.28)
Observations	948	873	469	912	970	962
R^2	0.261	0.075	0.002	0.251	0.102	0.352
Adjusted R^2	0.261	0.074	0.000	0.250	0.101	0.352

Standard errors in parentheses* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 4.15 Analisi di regressione ad effetti fissi dell'accesso all'elettricità in zone rurali (% della popolazione con accesso all'elettricità) e PIL pro capite (gdppc), livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, Human Development Index (hdi), produzione di elettricità da fonti rinnovabili, percentuale di popolazione rurale per i paesi dell'Africa Subsahariana.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Access to electricity rural					
log(gdppc)	11.17*** (2.40)	9.42*** (2.14)	5.96*** (1.45)	6.87** (2.65)	6.75** (2.60)	4.05** (1.81)
polity		0.30 (0.26)	0.30 (0.30)	0.31 (0.35)	0.30 (0.35)	0.14 (0.31)
conflict			-1.48 (1.04)	-0.82 (1.20)	-0.94 (1.17)	-0.53 (1.25)
log(hdi)				-6.50 (14.96)	-8.51 (16.12)	-21.84 (14.71)
Renewable production					-0.06 (0.08)	-0.05 (0.06)
Rural population						-1.49*** (0.29)
Constant	-54.89*** (16.75)	-45.55*** (14.89)	-22.34** (9.51)	-33.85 (28.50)	-32.66 (28.13)	66.93*** (14.19)
Observations	948	855	464	428	428	428
R ²	0.261	0.238	0.153	0.137	0.142	0.311
Adjusted R ²	0.261	0.237	0.147	0.129	0.131	0.301

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

4.7 Quota di energia rinnovabile consumata

Attraverso un'analisi di regressione ad effetti fissi con dati panel, si riscontrano relazioni negative significative tra la quota di energia rinnovabile consumata e il PIL pro capite, il livello di democrazia e lo sviluppo umano (HDI). Questo risultato conferma le evidenze sollevate nel capitolo di analisi descrittiva dei dati, dove è emerso come i paesi caratterizzati da alte percentuali di consumo di energia rinnovabile sul totale di energia consumata siano quelli in via di sviluppo e con un reddito medio o basso. In particolare, questa analisi rileva che l'incremento del'1% del PIL pro-capite genera una diminuzione di 0.03714 punti della percentuale di energia rinnovabile consumata con un livello di significatività dello 0,1%; mentre l'incremento dell'1% dell'Indice di Sviluppo Umano comporta che la quota di energia rinnovabile consumata diminuisca di 0,2417 unità (Tabella 4.16). Se si inseriscono progressivamente tutte le variabili nel modello in modo da misurare gli impatti marginali delle variabili indipendenti sulla variabile dipendente (Tabella 4.17), rimangono significative le relazioni negative con il PIL pro capite e l'Indice di Sviluppo Umano, mentre perde di significatività il coefficiente di regressione associato al livello di democrazia. Si rileva,

poi, una relazione positiva tra la quota di energia rinnovabile consumata e la produzione di elettricità da fonti rinnovabile con un livello di significatività dell'1%. Infatti, come è prevedibile, se un Paese è un gran produttore di energie rinnovabili, sarà anche un grande fruitore.

Tabella 4.16 Analisi di regressione ad effetti fissi del consumo di energia rinnovabile (% di consumo di energie rinnovabili sul totale di energia finale consumata) e PIL pro capite, livello di democrazia, presenza di conflitti, Human Development Index, percentuale di elettricità prodotta da fonti rinnovabili

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Renewable energy consumption				
log(gdppc)	-3.71*** (0.98)				
polity		-0.29*** (0.10)			
conflict			0.75 (0.67)		
log(hdi)				-24.17*** (4.55)	
Renewable production					0.10*** (0.02)
Constant	62.06*** (8.08)	37.55*** (0.31)	37.28*** (0.12)	22.47*** (2.03)	28.56*** (0.38)
Observations	5624	4613	3034	4947	6052
R ²	0.102	0.014	0.001	0.129	0.042
Adjusted R ²	0.102	0.013	0.001	0.129	0.042

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 4.17 Analisi di regressione ad effetti fissi del consumo di energia rinnovabile (% di consumo di energie rinnovabili sul totale di energia finale consumata) e PIL pro capite, livello di democrazia, presenza di conflitti, Human Development Index, percentuale di elettricità prodotta da fonti rinnovabili

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Renewable energy consumption				
log(gdppc)	-3.71*** (0.98)	-4.23*** (1.13)	-4.58*** (1.56)	-1.81* (0.94)	-1.45* (0.84)
polity		-0.05 (0.11)	-0.05 (0.08)	-0.01 (0.08)	0.02 (0.08)
conflict			0.15 (0.65)	0.23 (0.62)	0.21 (0.56)
log(hdi)				-17.07** (8.16)	-13.84* (7.43)
Renewable production					0.23*** (0.03)
Constant	62.06*** (8.08)	70.60** (8.82)	72.95*** (11.94)	41.63*** (10.66)	33.71*** (9.49)
Observations	5624	4454	2867	2660	2660
R ²	0.102	0.154	0.148	0.133	0.226
Adjusted R ²	0.102	0.154	0.147	0.132	0.225

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Raggruppando i paesi in base al loro livello di sviluppo umano (Tabella 4.18), si nota come il PIL pro-capite abbia un impatto negativo significativo soprattutto nei paesi con HDI basso; l'aumento dell'1% del PIL pro-capite genera la diminuzione di 0,0394 unità della percentuale di consumo di energia rinnovabile sul totale di energia totale in questa categoria di paesi. Risultati molto simili a quelli appena descritti si osservano anche se si suddividono i Paesi in base al reddito (Tabella 4.19). Infatti, si riscontra un significativo impatto negativo del PIL pro capite nei paesi con reddito medio-basso e basso.

I paesi molto sviluppati in termini di sviluppo umano sono, invece, caratterizzati da un impatto negativo significativo del livello di democrazia, ovvero se il valore della variabile polity aumenta di una unità allora il valore della quota di energia rinnovabile consumata diminuisce di 0,4738. Un effetto simile si osserva anche per i paesi con un alto livello di reddito, dove si segnala un coefficiente di regressione associato al livello di democrazia pari a -0,6548 (Tabella 4.19).

Tabella 4.18 Analisi di regressione ad effetti fissi del consumo di energia rinnovabile (% di consumo di energie rinnovabili sul totale di energia finale consumata) e PIL pro capite (gdppc), livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, Human Development Index (hdi), percentuale di elettricità prodotta da fonti rinnovabili nei paesi suddivisi in base al valore dell'Human Development Index

	(1)	(2)	(3)	(4)
	HDI molto alto	HDI alto	HDI medio	HDI basso
log(gdppc)	-0.27 (0.47)	-0.12 (0.76)	-1.87 (1.20)	-3.94** (1.49)
polity	-0.47*** (0.16)	-0.00 (0.11)	0.08 (0.13)	0.02 (0.09)
conflict	0.74*** (0.26)	0.32 (0.59)	-2.17** (1.01)	0.91 (0.80)
log(hdi)	24.98*** (5.06)	3.53 (10.22)	-40.67*** (14.07)	-8.95 (8.47)
Renewable production	0.24*** (0.04)	0.23*** (0.05)	0.21*** (0.07)	0.13*** (0.05)
Constant	17.98*** (5.87)	9.97 (9.01)	16.04 (12.76)	83.30*** (14.53)
Observations	502	544	748	866
R ²	0.571	0.173	0.306	0.209
Adjusted R ²	0.566	0.166	0.302	0.205

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 4.19 Analisi di regressione ad effetti fissi del consumo di energia rinnovabile (% di consumo di energie rinnovabili sul totale di energia finale consumata) e PIL pro capite (gdppc), livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, Human Development Index (hdi), percentuale di elettricità prodotta da fonti rinnovabili nei paesi suddivisi per reddito

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Reddito alto	Reddito medio-alto	Reddito medio-basso	Reddito basso
log(gdppc)	-0.02 (0.59)	0.96 (1.18)	-4.89** (2.12)	-2.94** (1.46)
polity	-0.65*** (0.23)	-0.17** (0.08)	0.10 (0.18)	0.02 (0.09)
conflict	1.21*** (0.31)	0.43 (0.30)	-0.28 (0.64)	-0.32 (0.88)
log(hdi)	18.94*** (6.52)	-8.89 (11.24)	1.33 (18.77)	-13.66 (9.28)
Renewable production	0.24*** (0.04)	0.02 (0.10)	0.29*** (0.05)	0.18*** (0.05)
Constant	14.66** (7.15)	6.18 (11.45)	57.38** (23.15)	64.85*** (14.30)
Observations	491	344	737	957
R^2	0.539	0.030	0.181	0.298
Adjusted R^2	0.534	0.015	0.175	0.294

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

5. Conclusioni

Nella presente trattazione è stata effettuata un'analisi sulle relazioni esistenti tra l'elettrificazione e fattori economici e politici, come la ricchezza di un Paese, lo sviluppo umano, il livello di democrazia e la presenza di conflitti armati. Si è poi indagato sugli effetti che questi fattori hanno sul consumo di energia rinnovabile.

L'accesso all'elettricità è essenziale sia per il progresso economico del Paese sia per il benessere della popolazione. È attestato che l'elettrificazione favorisca il tasso di occupazione, i redditi delle famiglie, l'avvicinamento verso lavori autonomi, la partecipazione delle donne ad attività generatrici di reddito e la qualità dell'istruzione giovanile. Inoltre, consente l'utilizzo di attrezzature e strumenti moderni da parte di piccole e microimprese e permette loro un migliore accesso al mercato, una potenziale crescita della produttività e della redditività. I benefici dell'elettrificazione sono più marcati per le comunità più ricche rispetto a quelle povere, per i quali i costi di connessione e le tariffe possono risultare proibitivi. I governi dovrebbero prendere in considerazione strategie di promozione dirette, come sovvenzioni o fonti di finanziamento, per favorire il raggiungimento dell'accesso universale all'elettricità. Per un futuro sostenibile e per limitare il degrado ambientale è essenziale implementare l'offerta di energia in crescita con l'utilizzo di fonti rinnovabili. In aggiunta, una maggiore quota di energie rinnovabili nel mix energetico ha potenziali impatti positivi sull'economia complessiva e sulle condizioni di vita, oltre che sull'ambiente.

Nel presente studio è presente un'analisi descrittiva dei dati, dove emerge che il consumo di energia rinnovabile è in forte crescita negli ultimi 20 anni in ogni regione del mondo. Si evidenzia, inoltre, che una quota elevata di energia rinnovabile nel mix energetico è una caratteristica più dei paesi poveri e in via di sviluppo rispetto alle nazioni ricche molto sviluppate, che risultano ancora fortemente dipendenti da fonti energetiche tradizionali. La percentuale di energia rinnovabile consumata risulta in crescita negli ultimi anni, soprattutto nei paesi a reddito alto, dove sono sempre più comuni politiche atte a favorire l'utilizzo di energia pulita, e nelle nazioni più povere che, essendo meno raggiungibili dalle fonti di energia tradizionali, fanno più affidamento alle fonti rinnovabili. Un accesso all'elettricità limitato, invece, è una problematica principalmente per i paesi poco ricchi e sviluppati. Nonostante nei paesi a basso reddito la percentuale di popolazione con accesso all'elettricità sia passata dal 12,9% al 40,9% negli ultimi 20 anni, questa percentuale

risulta ancora bassa se confrontata con i paesi più ricchi e sviluppati, che permettono l'accesso all'elettricità alla totalità della popolazione.

In seguito, è stata effettuata un'analisi econometrica su 217 paesi nel periodo tra il 1960 e il 2019, utilizzando il metodo della regressione con effetti fissi. Le relazioni sono state studiate considerando come variabili indipendenti il PIL pro capite, l'Indice di Sviluppo Umano, il livello di democrazia, la presenza di conflitti, la produzione di elettricità da fonti rinnovabili e la percentuale di popolazione rurale; mentre come variabili dipendenti sono state scelte la percentuale di popolazione con accesso all'elettricità, la percentuale di popolazione rurale con accesso all'elettricità e la percentuale di energia rinnovabile sul totale di energia finale consumata.

Il primo modello ha permesso di analizzare l'interazione tra elettrificazione e il progresso economico, relazione positiva e confermata anche da molti degli studi presenti in letteratura. I risultati suggeriscono che sia l'incremento del PIL pro capite sia quello dell'Indice di Sviluppo Umano impattano positivamente sull'accesso all'elettricità da parte della popolazione. Gli effetti positivi dell'aumento del PIL pro capite sull'elettrificazione sono più marcati per le regioni meno sviluppate. È interessante, poi, osservare l'interazione tra l'elettrificazione e la presenza di conflitti armati nel territorio. L'analisi ha confermato l'impatto negativo dei conflitti sull'accesso all'energia elettrica e ha mostrato come i paesi poco sviluppati e con un reddito medio-basso o basso siano particolarmente sensibile alla presenza o meno di conflitti. Inoltre, i risultati ottenuti confermano quelli emersi nella letteratura esistente, dove è dimostrato che la democrazia è generalmente positivamente correlata con la fornitura di beni pubblici, tra cui l'energia elettrica. Questo effetto risulta a volte limitato poiché bisogna considerare altri innumerevoli fattori che possono anche permettere a governi più autocratici di raggiungere buoni livelli di elettrificazione

Dall'analisi degli impatti sull'elettrificazione rurale emerge come questa sia più sensibile alla presenza di conflitti, soprattutto se riguarda i paesi poco sviluppati. Lo studio si è, poi, focalizzato sull'Africa subsahariana, in quanto individuata come regione più indietro in termini di elettrificazione rurale. Confrontando i risultati con quelli dell'analisi globale, emerge che per questa regione gli impatti positivi associati al PIL pro capite e al livello di democrazia sono notevolmente più alti. Questi risultati sono in linea con due evidenze emerse nello studio della letteratura esistente, ovvero che la ricchezza economica di un Paese favorisce l'elettrificazione e che la presenza di un governo democratico, efficace, trasparente e reattivo è positivamente correlato con la

fornitura di energia elettrica. Infatti, la costruzione di un'infrastruttura di trasmissione e distribuzione su larga scala è costosa e sono necessari importanti investimenti, ma, essendo una tipologia di investimento di scarso interesse per gli investitori commerciali, l'impegno a fornire energia elettrica alla popolazione deve essere guidato principalmente dalla politica.

Lo studio che ha adottato come variabile dipendente la quota di energia rinnovabile consumata ha rilevato coefficienti di correlazione negativi con il PIL pro capite e lo Human Development Index. Questi risultati sono dovuti al fatto che i paesi più ricchi e sviluppati sono ancora molto caratterizzati da basse percentuali di energia rinnovabile nel mix energetico e da una superiore dipendenza dall'energia proveniente da combustibili fossili.

Analizzando i risultati ottenuti dell'analisi di regressione della presente tesi, si deve tener conto del fatto che i dati utilizzati sono stati estratti da banche dati diverse e si riferiscono ad un campione di Paesi in cui spesso le variabili riportano valori mancanti. Per questo motivo in alcuni casi si sono ottenuti risultati non propriamente coerenti con la letteratura esistente. Ulteriori ricerche potrebbero chiarire meglio le relazioni analizzate in questo studio. Si potrebbero prendere in considerazione aspetti e variabili diverse per definire lo sviluppo e la ricchezza di un Paese, in aggiunta al reddito e allo sviluppo umano; oppure indagare maggiormente sulle politiche economiche che possano favorire gli investimenti nei progetti di elettrificazione.

6. Appendice

6.1 Appendice A: riassunto della letteratura

Tabella 6.1 Confronto dei principali studi presenti in letteratura

Autori, anno e titolo	Periodo analizzato	Paesi analizzati	Risultati principali
Consumo di energia e sviluppo economico			
Tugcu C.T., Ozturk I., Aslan A. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: evidence from G7 countries.	1980-1990	Paesi del G7	Il consumo di energia rinnovabile e non rinnovabile influenza la crescita economica
Narayan, P. K., Smyth, R. (2008). Energy consumption and real GDP in G7 countries: new evidence from panel cointegration with structural breaks.	1972-2002	Paesi del G7	Effetti casuali tra consumo di elettricità e PIL reale. L'aumento di un punto percentuale del consumo di energia genera una crescita del PIL reale dello 0,12-0,39%.
Apergis, N., Tang, C. F. (2013). Is the Energy-Led Growth Hypothesis Valid? New Evidence from a Sample of 85 Countries	1975-2007	85 paesi	La crescita economica guidata dal consumo energetico prevale nei paesi ad alto e medio reddito rispetto ai paesi con reddito inferiore. La motivazione è stata trovata nella forza lavoro e nell'urbanizzazione.
Lee, C. (2005). Energy Consumption and GDP in Developing Countries: A Cointegrated Panel Analysis	1975-2001	18 paesi in via di sviluppo	Sia nel lungo che nel breve periodo vi è una casualità che va dal consumo di energia al PIL, ma non viceversa.
Kahouli, B. (2017). The Short and Long Run Causality Relationship among Economic Growth, Energy Consumption and Financial Development: Evidence from South Mediterranean Countries (SMCs)	1995-2015	Algeria, Egitto, Israele, Libano, Marocco e Tunisia	Relazione positiva tra consumo di energia e PIL in Algeria, Israele, Marocco, Tunisia. Il consumo energetico ha un impatto positivo sullo sviluppo finanziario in Algeria, Libano, Marocco e Tunisia. Per l'Egitto lo sviluppo finanziario ha un impatto negativo sul consumo di energia, mentre l'aumento del PIL ha un impatto negativo sullo sviluppo finanziario.
Mohammadi, H., Ram, R. (2017). Convergence in energy consumption per capita across the US states, 1970–2013: An exploration through selected parametric and non-parametric methods.	1970-2013	Stati Uniti	Causalità unidirezionale che va dalla crescita economica al consumo energetico
Kebede, E., Kagochi J., Jolly C. M. (2010). Energy Consumption and Economic Development in Sub-Sahara Africa	1980-2005	20 paesi dell'Africa subsahariana	Per ogni aumento percentuale del PIL la quantità richiesta di energia aumenta dello 0,55%. Un aumento di un punto percentuale del prezzo del petrolio la quantità di petrolio richiesta diminuirà solamente dello 0,1%, dimostrazione che sono paesi dipendenti dal petrolio.

Ouedraogo, N. S. (2013). Energy Consumption and Human Development: Evidence from a Panel Cointegration and Error Correction Model	1988-2008	15 paesi in via di sviluppo	L'aumento dell'1% del consumo di elettricità genera l'aumento di 0,22 dell'HDI. Dall'altra parte, l'aumento dell'1% del consumo energetico pro-capite riduce l'HDI dello 0,8%. L'accesso all'energia favorisce anche l'istruzione, l'occupazione, la presenza di strutture sanitarie adeguate e attenua la povertà.
---	-----------	-----------------------------	---

Relazione tra la percentuale di energia rinnovabile e il PIL, il reddito e il benessere economico

Bulut, U., Inglesi-Lotz, R. (2019). Which type of energy drove industrial growth in the US from 2000 to 2018?	2000-2018	Stati Uniti	Gli investimenti nelle tecnologie per le energie rinnovabili si sono espansi negli ultimi 20 anni e hanno portato a un rapido calo del costo delle tecnologie per le energie rinnovabili. Sia l'energia non rinnovabile che quella rinnovabile hanno guidato la crescita industriale negli Stati Uniti.
Haseeb, M., Abidin, I.S.Z., Hye, Q.M.A., Hartani, N.H. (2019). The Impact of Renewable Energy on Economic Well-Being of Malaysia: Fresh Evidence from Auto Regressive Distributed Lag Bound Testing Approach	1980-2016	Malesia	Le energie rinnovabili hanno un impatto significativo e positivo sul benessere economico e sullo sviluppo economico della Malesia a breve e a lungo termine
Díaz, A., Marrero, G. A., Puch, L. A., Rodríguez, J. (2019). Economic growth, energy intensity and the energy mix	1960-2010	134 paesi	Il passaggio da combustibili fossili a energie rinnovabili di frontiera (solare, geotermico, eolico, ondoso) ha effetto positivo sul PIL.
Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries	1991-2012	I 38 paesi con il maggiore consumo di energia rinnovabile	Un maggiore consumo di energie rinnovabile porta un aumento del PIL.
Ohler, A., Fetters, I., (2014). The Causal Relationship between Renewable Electricity Generation and GDP Growth: A Study of Energy Sources	1990-2008	20 paesi OECD	Relazione bidirezionale tra PIL reale e generazione di energie rinnovabile. Nel lungo periodo un maggiore impatto positivo sul PIL si registra dove la produzione di elettricità avviene tramite biomasse, rifiuto e idroelettrico
Fang, Y. (2011). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience	1978-2008	Cina	Un aumento dell'1% del consumo di energia rinnovabile aumenta il PIL reale dello 0,120%, il PIL pro capite dello 0,162%, il reddito annuo pro capite delle famiglie rurali dello 0,444% e il reddito annuo pro capite delle famiglie urbane dello 0,368%.
Rafindadi, A. A., Ozturk, I. (2017). Impacts of renewable energy consumption on the German economic growth: Evidence from combined cointegration test	1971-2013	Germania	Il consumo di energie rinnovabili in ha consolidato le prospettive di crescita economica nella misura in cui un aumento dell'1% nel consumo di energia rinnovabile aumenta la crescita economica tedesca dello 0,2194%.

Alper, A., Oguz, O. (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth: Evidence from asymmetric causality	1990-2009	Paesi membri UE	Il consumo di energia rinnovabile ha impatti positivi sulla crescita economica per tutti i paesi esaminati. Ma solo per Bulgaria, Estonia, Polonia e Slovenia è stato riscontrato un impatto statisticamente significativo sulla crescita economica.
Apergis, N., Danuletiu, D. (2014). Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from the Sign of Panel Long-Run Causality	1990-2012	80 paesi	Causalità positiva di lungo periodo dall'energia rinnovabile al PIL reale. L'energia rinnovabile è importante per la crescita economica e, allo stesso modo, la crescita economica incoraggia l'uso di una maggiore energia rinnovabile.
Inglesi-Lotz, R. (2016). The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application	1990-2010	Paesi OECD	Un aumento dell'1% del consumo di energia rinnovabile genera un incremento del PIL dello 0,105% e del PIL pro capite dello 0,100%; mentre un incremento dell'1% della quota di energie rinnovabili nel mix energetico porta un aumento del PIL dello 0,089% e del PIL pro capite dello 0,090%.
Chica-Olmo, J., Sari-Hassoun, J., Moya-Fernández P. (2020). Spatial Relationship between Economic Growth and Renewable Energy Consumption in 26 European Countries.	1991-2015	26 paesi europei	Un aumento di un punto percentuale del consumo di energia rinnovabile di un Paese favorisce la crescita del PIL dei paesi limitrofi fino allo 0,054%.
Qudrat-Ullah, H., Nevo, C.M. (2021) The impact of renewable energy consumption and environmental sustainability on economic growth in Africa	2008-2014	37 paesi africani	Un aumento dell'1% del consumo di energia rinnovabile porta ad aumento della crescita economica dello 0,07% nel breve periodo e dell'1,9% nel lungo. In Africa è necessaria una sinergia tra l'adozione di energie rinnovabili e no, poiché la maggior parte delle economie sono ancora in fase di sviluppo e ci vorrà tempo per eliminare completamente l'energia tradizionale.
Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M., Zaman, K. (2015). Does renewable energy consumption add in economic growth? An application of auto-regressive distributed lag model in Pakistan	1972-2011	Pakistan	Il consumo di energia rinnovabile influenza significativamente i progressi finanziari del Pakistan nel lungo termine.
Neuhaus L. (2016). Examining the renewable energy consumption-economic growth nexus in sub-Saharan African countries	1990-2011	Africa subsahariana	Relazione di lungo periodo statisticamente significativa tra PIL reale e consumo di energia rinnovabile.
Ahmed, M. M., Shimada, K. (2019). The effect of renewable energy consumption on sustainable economic development: evidence from emerging and developing economies	1994-2014	30 paesi emergenti e in via di sviluppo	Significativa relazione a lungo termine tra il consumo di energia rinnovabile e la crescita economica per i paesi selezionati dell'Asia, dell'Asia meridionale, e per la maggior parte dei paesi africani. Per i paesi dell'America Latina e dei Caraibi, la crescita economica dipende dal consumo di energia non rinnovabile.

Eggoh J.C., Bangake C., Rault C. (2011) Energy consumption and economic growth revisited in African countries	1970-2006	21 paesi africani	Esiste una relazione di equilibrio di lungo periodo tra consumo di energia, PIL reale, prezzi, lavoro e capitale per l'intero insieme di paesi e per ciascuna tipologia di paesi. La diminuzione del consumo di energia diminuisce la crescita e viceversa; mentre l'aumento del consumo di energia aumenta la crescita, e viceversa.
Lin, B., Moubarak, M. (2014). Renewable energy consumption – Economic growth nexus for China	1977-2011	Cina	Esiste una causalità polidirezionale a lungo termine tra l'uso di energia rinnovabile e la crescita economica. L'economia in crescita della Cina è propizia per lo sviluppo del settore delle energie rinnovabili, che a sua volta aiuta a stimolare la crescita economica.
Al-Mulali, U., Fereidouni, H. G., Lee, J. Y. (2014). Electricity consumption from renewable and non-renewable sources and economic growth: Evidence from Latin American countries.	1980-2008	America Latina	L'elettricità da fonti rinnovabili è molto più importante dell'elettricità non rinnovabile nel sostenere la crescita economica in questi paesi.
Ergun, S. J., Owusu, P. A., Rivas, M. F. (2019). Determinants of renewable energy consumption in Africa	1990-2013	21 paesi africani	Relazione negativa tra PIL pro capite e quota di energia rinnovabile. I paesi africani con i più alti Human Development Index (HDI) e PIL pro-capite hanno una quota di energia rinnovabile nel mix energetico nazionale inferiore.
Armeanu, D., Vintilă, G., Gherghina, T. (2017). Does Renewable Energy Drive Sustainable Economic Growth? Multivariate Panel Data Evidence for EU-28 Countries	2003-2014	28 paesi europei	Influenza positiva dell'energia rinnovabile sul PIL pro capite. L'energia da biomassa mostra la maggiore influenza sulla crescita economica tra il resto dei tipi di energia rinnovabile. Un aumento dell'1% della produzione primaria di biocombustibili solidi aumenta il PIL pro capite dello 0,16%. I risultati confermano l'influenza positiva della produzione di rinnovabili sulla crescita economica. Un aumento dell'1% nella produzione primaria di energie rinnovabili aumenta il PIL pro capite dello 0,05-0,06%.
Shoaib, A., Ariaratnam, S. (2016) A Study of Socioeconomic Impacts of Renewable Energy Projects in Afghanistan	2002-2014	Afghanistan	I progetti relativi alle energie rinnovabili sono correlati al miglioramento delle condizioni economiche, sia a livello di città che di singole famiglie. I progetti basati sulle energie rinnovabili hanno avuto un impatto positivo sulla crescita economica delle imprese e hanno permesso la creazione di nuovi posti di lavoro. L'approvvigionamento energetico sostenibile ottenuto ha generato un miglioramento delle condizioni di vita (benefici economici e benefici sociali) delle comunità beneficiarie del 46,3%.

Sharif, A., Raza, S. A., Ozturk, I., Afshan, S., (2019). The dynamic relationship of renewable and nonrenewable energy consumption with carbon emission: A global study with the application of heterogeneous panel estimations	1990-2015	74 paesi	L'uso di energia non rinnovabile ha un effetto positivo sul degrado ambientale, mentre l'energia rinnovabile ha un impatto negativo, contribuisce a ridurre al minimo gli inquinanti. Lo studio porta alla luce come anche la crescita economica abbia un impatto negativo significativo sul degrado ecologico.
Shah S.Z., Chughtai S., Simonetti B. (2020). Renewable energy, institutional stability, environment and economic growth nexus of D-8 countries	1990-2016	Paesi membri della D-8 Organization for Economic Cooperation	Le emissioni di CO2 hanno un effetto negativo sulla crescita economica e le energie rinnovabili hanno una relazione positiva e significativa con il progresso economico. Inoltre, i risultati indicano che la stabilità istituzionale è cruciale per stabilire una nazione su basi solide e proteggere la qualità ambientale.
Azlina, A.A., Law, S. H., Nik Mustapha, N. H. (2014), Dynamic linkages among transport energy consumption, income and CO2 emission in Malaysia	1975-2011	Malesia	Applicando un modello multivariato di reddito, consumo di energia nel settore dei trasporti, emissioni di carbonio, cambiamento strutturale nell'economia e consumo di energia rinnovabile, l'evidenza empirica ha confermato che esiste una relazione di lungo periodo tra queste variabili.
Apergis, N., Payne, J. E. (2011). Renewable and non-renewable electricity consumption– growth nexus: evidence from emerging market economies.	1992-2007	19 paesi sviluppati e in via di sviluppo	L'energia rinnovabile permette la riduzione delle emissioni di carbonio nel lungo periodo
Dinda, S., Coondoo D. (2006). Income and Emission: A Panel Data-Based Cointegration Analysis	1960-1990	88 paesi	Relazione bidirezionale tra PIL pro capite ed emissioni di CO2 pro capite per i paesi dell'Africa. Per l'America centrale vi è una casualità da reddito a emissioni; mentre per l'Europa la causalità è inversa, da emissioni a reddito.

Impatto dell'elettricità sul benessere collettivo in zone rurali

Chakravorty U., Pelli M., Ural Marchand B. (2014). Does the quality of electricity matter? Evidence from rural India	1994-2005	India	L'aumento del 16% del tasso di elettrificazione ha generato un aumento del reddito non agricolo per adulto del 8,9%, ma con una connessione che porta elettricità di alta qualità, in termini di meno interruzioni e più ore di elettricità al giorno, la percentuale sale al 28,6%.
Khandker, Shahidur R. & Barnes, Douglas F. & Samad, Hussain A. (2009). Welfare impacts of rural electrification: a case study from Bangladesh.	2004-2005	Bangladesh	Il beneficio sul reddito totale della connessione a una rete elettrica risulta essere tra i 9 e i 30 punti percentuali. I benefici sono più marcati per le famiglie più ricche rispetto a quelle povere ma, in media, i benefici superano i costi con ampio margine

Dinkelman T. (2011). The Effects of Rural Electrification on Employment: New Evidence from South Africa.	1996-2001	Sudafrica	L'elettificazione ha generato un aumento del tasso di occupazione femminile del 9,5%, ha generato un aumento delle ore di lavoro per gli uomini (13 ore a settimana in più) e per le donne (8,9 ore a settimana in più), ha ridotto i salari femminili (-20%) e aumentato il reddito degli uomini (+16%). L'elettificazione domestica libera le donne dalla produzione domestica, favorisce il lavoro autonomo e la nascita di microimprese.
Grogan L., Sadanand A. (2013). Rural Electrification and Employment in Poor Countries: Evidence from Nicaragua	1998-2005	Nicaragua	L'accesso all'elettricità aumenta la propensione delle donne delle zone rurali a lavorare al di fuori da casa di circa il 23%. L'elettificazione ha generato l'aumento del tempo medio speso in lavori salariati sia per le donne (+190%) che per gli uomini (+115%) e del tempo medio trascorso in attività domestiche del 130% per le donne e del 105% per gli uomini. La media di ore trascorse in attività agricole risultano ridotte del 82% per le donne e del 53% per gli uomini.
Barron, M., Torero, M. (2014). Electrification and Time Allocation: Experimental Evidence from Northern El Salvador	2009-2015	El Salvador	L'elettificazione ha generato un aumento della partecipazione delle donne adulte ad attività generatrici di reddito, come attività non agricole (+46%) e commerci domestici (+25%). L'elettificazione porta benefici anche all'istruzione giovanile, rilevando un aumento del 78% della partecipazione ad attività educative da parte dei bambini in età scolastica.
Chhay P., Yamazaki K. (2021) Rural electrification and changes in employment structure in Cambodia	1998-2008	Cambogia	L'accesso all'elettricità ha aumentato la probabilità di lavoro autonomo non agricolo di circa 11 punti percentuali sia per gli uomini che per le donne, mentre l'occupazione nel settore agricolo è diminuita di circa il 20%.
Grimm M., Munyehirwe A., Peters J., Sievert M. (2016) A First Step up the Energy Ladder? Low Cost Solar Kits and Household's Welfare in Rural Rwanda		Ruanda	L'accesso a kit pico-PV da parte delle famiglie ha generato effetti positivi significativi sulla spesa energetica delle famiglie, sulla salute e sull'ambiente. Il costo per un'ora di luce si riduce dell'81,5%, mentre la spesa energetica mensile, senza considerare l'energia per cucinare, è di circa il 40% più bassa
Kirubi C., Jacobson A., Kammen D. M., Mills A. (2009). Community-Based Electric Micro-Grids Can Contribute to Rural Development: Evidence from Kenya	1994-2006	Kenya	L'accesso all'elettricità consente l'utilizzo di attrezzature e strumenti elettrici anche da parte di piccole e microimprese, con un conseguente significativo miglioramento della produttività per lavoratore (+100-200% a seconda della mansione) e una crescita dei livelli di reddito dell'ordine del 20-70%, a seconda del prodotto realizzato. Inoltre, consente e migliora la fornitura di servizi sociali e aziendali a livello di villaggio, come scuole, istituzioni finanziarie e strumenti agricoli.

Peters J., Vance C., Harsdorff M. (2011) Grid Extension in Rural Benin: Micro-Manufacturers and the Electrification Trap	2000-2007	Benin	Impatti positivi dell'accesso all'elettricità sulle imprese nate dopo l'elettrificazione, in quanto hanno avuto il vantaggio di poter utilizzare apparecchiature elettriche e hanno avuto un migliore accesso al mercato. Non hanno riscontrato significativi miglioramenti per le imprese che esistevano già e una potenziale spiegazione è che molte aziende si sono connesse alla rete e hanno eseguito investimenti ingenti nelle apparecchiature elettriche associate senza aver sviluppato un business plan adeguato.
--	-----------	-------	---

Tecnologie per la fornitura di energia rinnovabile in zone rurali

Juanpera, M., Blechinger, P., Ferrer-Martí, L., Hoffmann, M. M., Pastor, R. (2020). Multicriteria-based methodology for the design of rural electrification systems. A case study in Nigeria.	2015-2017	Nigeria	Prendendo in considerazione aspetti economici, tecnici, ambientali e socio-istituzionali i sistemi basati sulla tecnologia solare fotovoltaica sono i più adatti per questa comunità. La fattibilità della connessione alla rete nazionale dipende fortemente dalla dimensione della comunità e dalla distanza dal punto di collegamento alla rete più vicino.
Meles T.H. (2020) Impact of power outages on households in developing countries: Evidence from Ethiopia	2016	Etiopia	L'affidabilità della fornitura è fondamentale per godere dei benefici dell'elettrificazione e per rendere sostenibile nei paesi in via di sviluppo la transizione energetica dai combustibili tradizionali ai moderni servizi energetici. Le famiglie urbane dell'Etiopia con connessione elettrica devono sostenere una mensile di 14,8 milioni di dollari per sopperire ai malfunzionamenti della fornitura energetica, quando la loro disponibilità a pagare in aggiunta alla normale bolletta elettrica è di 6,2 milioni di dollari al mese.

L'importanza della democrazia e delle condizioni governative per i progetti di elettrificazione

Deacon, R. T. (2009). Public good provision under dictatorship and democracy			La democrazia favorisce la fornitura di beni pubblici, come l'elettricità. La distribuzione relativamente equa del potere politico tra i gruppi favorisce la spesa per beni pubblici non esclusivi. Il modello più concentrato di potere politico in una dittatura favorisce la spesa per trasferimenti mirati a gruppi potenti.
Lake, D. A., Baum M. A. (2001). The invisible hand of democracy political control and the provision of public services	1975-1993	Tra i 37 e i 110 paesi, in base alla regressione	I paesi democratici forniscono servizi pubblici di livello superiore rispetto agli stati autocratici, ma ricevono rendite di monopolio inferiori.
Aidt, T. (2016). Power and the Vote: Elections and Electricity in the Developing World. By Brian Min.			Il potere degli incentivi elettorali è capace di plasmare la distribuzione dei beni pubblici. La fornitura di beni pubblici è modellata in modo intricato dalle priorità elettorali. La fornitura di beni pubblici è modellata in modo intricato dalle priorità elettorali.

Ahlborg, H., Boräng F., Jagers, S.C., Söderholm P. (2015). Provision of electricity to African households: The importance of democracy and institutional quality	1996-2009	44 paesi	La presenza di istituzioni democratiche, la qualità delle istituzioni e la produttività dello Stato hanno significative ricadute positive sul consumo di elettricità pro capite delle famiglie
Boräng, F., Jagers, S. C., Povetkina M. (2016). Political determinants of electricity provision in small island developing states.	1996-2009	Piccoli paesi insulari in via di sviluppo (SIDS)	Il tipo di regime e la qualità delle istituzioni esecutive influenzano i prerequisiti del successo dei progetti di elettrificazione.
Best R., Burke P. J. (2017). The Importance of Government Effectiveness for Transitions toward Greater Electrification in Developing Countries	1950-2012	135 paesi a basso e medio reddito	Nei paesi a basso e medio reddito l'efficacia del governo risulta importante per molti aspetti legati all'elettrificazione come la capacità, i criteri di accesso, il consumo e le perdite nella trasmissione e distribuzione. L'efficacia del governo favorisce anche gli investimenti privati.
Dal Bó, E.; Rossi, M. A. (2007) Corruption and inefficiency: Theory and evidence from electricity utilities	1994-2001	America Latina	Correlazione negativa tra corruzione ed efficienza delle aziende elettriche
Stritzke, S., Trotter, P. A., Twesigye, P., (2021). Towards responsive energy governance: Lessons from a holistic analysis of energy access in Uganda and Zambia	2006-2018	Uganda e Zambia	I sei indicatori che condizionano l'elettrificazione sono: rule of law, trasparenza, inclusività, efficienza, responsabilità, reattività
Sarkodie, S. A., Adams, S. (2020). Electricity access and income inequality in South Africa: Evidence from Bayesian and NARDL analyses	1990-2017	Sudafrica	La corruzione ostacola il raggiungimento dell'energia per tutta la popolazione. Una buona governance, politiche giuste e qualità istituzione sono necessari per garantire la sicurezza energetica. Impatto positivo a lungo periodo del livello di reddito sull'accesso all'energia elettrica. Effetto positivo della disuguaglianza di reddito sull'accessibilità all'elettricità
Ahlborg, H., Boräng, F., Jagers, S. C., Söderholm, P. (2015). Provision of electricity to African households: The importance of democracy and institutional quality	1996-2009	44 paesi africani	La democrazia e la qualità istituzionale hanno entrambe significative ricadute positive sul consumo di elettricità pro capite delle famiglie
Estache, A., Goicoechea, A., Trujillo, L. (2009). Utilities reforms and corruption in developing countries	1990-2002	153 paesi in via di sviluppo	La corruzione porta ad aggiustamenti nella quantità, qualità e prezzo dei servizi coerenti con il comportamento di massimizzazione del profitto che ci si aspetterebbe dai monopoli nel settore. Inoltre, lo studio mostra come la privatizzazione e l'introduzione di regolatori indipendenti nel settore dell'energia, non hanno sempre effetti sull'accessibilità economica e sulla qualità dei servizi.
Pless, J., Fell, H. (2017). Bribes, bureaucracies, and blackouts: Towards understanding how corruption at the firm level impacts electricity reliability	2006-2012	118 paesi	La propensione a corrompere per una connessione elettrica è associata a un aumento medio di 14 interruzioni di corrente al mese e una crescita del 22% delle perdite di vendite a causa di interruzioni di corrente. Data l'importanza dell'affidabilità dell'energia elettrica per la crescita economica e lo sviluppo, il miglioramento delle misure di controllo che mirano a ridurre la corruzione per le connessioni elettriche potrebbe contribuire alla crescita e allo sviluppo.

Elettrificazione in situazioni di disuguaglianza e conflitti

S. A. Sarkodie, S. Adams (2020). Electricity access and income inequality in South Africa: Evidence from Bayesian and NARDL analyses	1990-2017	Sudafrica	Effetto positivo dell'aumento dei livelli di reddito sull'accesso all'elettricità e ciò è dovuto al fatto che, sebbene i sistemi energetici decentralizzati siano economicamente sostenibili, il loro costo iniziale risulta oneroso. La corruzione, invece, ostacola l'accesso all'elettricità.
Cohen C., Lenzen M., Schaeffer R. (2005). Energy Requirements of Households in Brazil	1995-1996	Brasile	In media, l'intensità energetica totale consumata dalle famiglie aumenta con il livello di reddito.
Weiss de Abreu, M., Ferreira, D. V., Pereira A. O., Cabral J., Cohen C. (2021). Household energy consumption behaviors in developing countries: A structural decomposition analysis for Brazil	2002-2008	Brasile	La crescita del reddito in Brasile dal 2002 al 2008 ha generato un aumento complessivo del consumo diretto di energia pro capite e un aumento significativo dell'energia incorporata nei beni e servizi consumati dalle famiglie. Il processo di sviluppo socioeconomico ha permesso l'aumento dell'elettrificazione, l'accesso a fonti di cottura più moderne e ai servizi di trasporto pubblico per le famiglie a basso reddito.
Korkovelos A., Mentis D., Bazilian M., Howells M., Saraj A., Fayed Hotaki S., Missfeldt-Ringius F. (2020). Supporting Electrification Policy in Fragile States: A Conflict-Adjusted Geospatial Least Cost Approach for Afghanistan		Afghanistan	Nonostante gli alti rischi di conflitto, le popolazioni urbane creano una forte base di consumo di elettricità. Per le aree periurbane e rurali, i progetti di elettrificazione risultano più sensibili alle variazioni del rischio di conflitti. Per gli insediamenti in prossimità della rete (meno di 50 km), l'estensione della rete è di solito l'opzione meno costosa anche quando il rischio di conflitto è elevato. Nelle zone sensibili ai conflitti e lontane dalla rete è economicamente preferibile una quota maggiore di sistemi stand-alone, in quanto su di questi l'impatto sui costi di un potenziale conflitto è inferiore.
Miklian, J. (2021). Contextualising and theorising economic development, local business and ethnic cleansing in Myanmar	2014-2016	Myanmar	I progetti di sviluppo su larga scala possono esacerbare i conflitti. Dall'altra parte, però, l'impatto sui conflitti dello sviluppo economico generato dall'elettrificazione può essere positivo.
Numata, M., Sugiyama, M., Mogi, G. (2021). Distributed Power Sources to Improve the Decent Living Standard (DLS) in the Ethnic Minority Areas of Myanmar	2018-2019	Myanmar	La fornitura di energia solare off-grid hanno meno probabilità di esacerbare i conflitti rispetto alle centrali elettriche su larga scala. Quest'ultimi storicamente hanno causato molti problemi legati alla giustizia energetica.

6.2 Appendice B: suddivisione di paesi utilizzate

Tabella 6.2 Paesi dell'Africa Subsahariana

ANGOLA	BENIN	BOTSWANA	BURKINA FASO	BURUNDI
CABO VERDE	CAMEROON	CENTRAL AFRICAN REPUBLIC	CHAD	COMOROS
CONGO, DEM. REP.	CONGO, REP.	COTE D'IVOIRE	DJIBUTI	EQUATORIAL GUINEA
ERITREA	ESWATINI	ETHIOPIA	GABON	GAMBIA
GHANA	GUINEA	GUINEA-BISSAU	KENYA	LESOTHO
LESOTHO	LIBERIA	MALAWI	MALI	MAURITANIA
MAURITIUS	MOZAMBIQUE	NAMIBIA	NIGER	NIGERIA
RWANDA	SAO TOME AND PRINCIPE	SENEGAL	SEYCHELLES	SIERRA LEONE
SOMALIA	SOUTH AFRICA	SOUTH SUDAN	SUDAN	TANZANIA
TOGO	UGANDA	ZAMBIA	ZIMBABWE	

6.3 Appendice C: relazioni tra le variabili dell'analisi econometrica

Tabella 6.3 Accesso all'elettricità e PIL pro capite

```

Fixed-effects (within) regression
Group variable: _ISO3N_

R-sq:  within = 0.2346
        between = 0.5725
        overall = 0.5446

Number of obs   =    5144
Number of groups =     211

Obs per group: min =      6
                avg  =    24.4
                max  =     30

F(1,210)       =    69.89
Prob > F       =    0.0000

```

(Std. Err. adjusted for 211 clusters in _ISO3N_)

	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
accesstoel~y						
log_gdppc	7.397151	.8848023	8.36	0.000	5.652918	9.141384
_cons	17.62326	7.501952	2.35	0.020	2.834475	32.41204
sigma_u	22.51154					
sigma_e	6.6250659					
rho	.92029306	(fraction of variance due to u_i)				

Tabella 6.7 Accesso all'elettricità e popolazione rurale

```

Fixed-effects (within) regression          Number of obs   =   5532
Group variable: _ISO3N_                   Number of groups =   214

R-sq:  within = 0.3112                    Obs per group: min =    9
        between = 0.4040                  avg =   25.9
        overall = 0.3990                  max =   30

                                           F(1,213)       =   75.28
corr(u_i, Xb) = -0.5124                   Prob > F        =   0.0000

```

(Std. Err. adjusted for 214 clusters in _ISO3N_)

accesstoelectricity	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
ruralpopulationperc	-1.302879	.1501647	-8.68	0.000	-1.598878	-1.006879
_cons	134.5139	6.134298	21.93	0.000	122.4222	146.6056
sigma_u	26.170913					
sigma_e	6.0806783					
rho	.94878087	(fraction of variance due to u_i)				

Tabella 6.8 Accesso all'elettricità e produzione di elettricità da fonti rinnovabili

```

Fixed-effects (within) regression          Number of obs   =   5570
Group variable: _ISO3N_                   Number of groups =   215

R-sq:  within = 0.0616                    Obs per group: min =    9
        between = 0.0037                  avg =   25.9
        overall = 0.0095                  max =   30

                                           F(1,214)       =   40.63
corr(u_i, Xb) = -0.0257                   Prob > F        =   0.0000

```

(Std. Err. adjusted for 215 clusters in _ISO3N_)

accesstoelectricity	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
renewableproduction	-.1227631	.0192592	-6.37	0.000	-.1607252	-.0848011
_cons	83.53845	.3447325	242.33	0.000	82.85895	84.21796
sigma_u	29.747288					
sigma_e	7.0864903					
rho	.9462974	(fraction of variance due to u_i)				

Tabella 6.9 Accesso all'elettricità e PIL pro capite, Human Development Index, livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, popolazione rurale, produzione di elettricità da fonti rinnovabili

```

Fixed-effects (within) regression                Number of obs   =    2174
Group variable: _ISO3N_                        Number of groups =    155

R-sq:  within = 0.4391                          Obs per group: min =     1
        between = 0.6780                          avg =    14.0
        overall = 0.6976                          max =     19

corr(u_i, Xb) = 0.0259                          F(6,154)        =    16.36
                                                Prob > F         =    0.0000

```

(Std. Err. adjusted for 155 clusters in _ISO3N_)

accesstoelectricity	Robust					
	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
log_gdppc	-1.132391	.7161401	-1.58	0.116	-2.547117	.2823351
log_hdi	24.81789	8.256723	3.01	0.003	8.506829	41.12895
polity2	.0908289	.125631	0.72	0.471	-.1573537	.3390115
conflict	-.3845746	.6135338	-0.63	0.532	-1.596603	.8274542
ruralpopulationperc	-.9805056	.1958949	-5.01	0.000	-1.367494	-.5935175
renewableproduction	-.0402789	.0297742	-1.35	0.178	-.0990976	.0185397
_cons	139.015	11.41453	12.18	0.000	116.4657	161.5642
sigma_u	19.693261					
sigma_e	3.2295461					
rho	.9738108	(fraction of variance due to u_i)				

Tabella 6.10 Accesso all'elettricità e livello di democrazia per i paesi suddivisi per livello di Indice di Sviluppo Umano (HDI)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	HDI_molto_alto	HDI_alto	HDI_medio	HDI_basso
polity	0.03 (0.03)	-0.16 (0.15)	0.53 (0.32)	0.85*** (0.21)
Constant	99.68*** (0.23)	98.33*** (0.59)	81.01*** (1.10)	29.89*** (0.26)
Observations	989	929	879	1018
R ²	0.002	0.016	0.021	0.068
Adjusted R ²	0.001	0.015	0.020	0.067

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 6.11 Accesso all'elettricità e livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, Human Development Index, produzione di elettricità da fonti rinnovabili, popolazione rurale

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Access to electricity				
polity	0.75*** (0.21)	0.44** (0.17)	0.13 (0.17)	0.12 (0.17)	0.07 (0.13)
conflict		-1.15 (0.83)	0.07 (0.70)	0.01 (0.70)	-0.46 (0.62)
log(hdi)			40.94*** (6.25)	39.50*** (6.25)	19.03*** (5.56)
Renewable production				-0.07* (0.04)	-0.04 (0.03)
Rural population (%)					-0.96*** (0.20)
Constant	73.35*** (0.83)	73.30*** (0.71)	93.97*** (3.16)	95.45*** (3.19)	126.80*** (7.45)
Observations	3936	2315	2214	2214	2214
R^2	0.051	0.051	0.291	0.300	0.428
Adjusted R^2	0.050	0.050	0.290	0.298	0.427

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 6.12 Accesso all'elettricità e PIL pro capite (gdppc), livello di democrazia (polity), Human Development Index, produzione di elettricità da fonti rinnovabili, popolazione rurale

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Access to electricity				
log(gdppc)	7.40*** (0.88)	6.99*** (0.97)	-0.38 (1.08)	-0.42 (1.05)	-1.32 (0.90)
polity		0.41** (0.20)	0.07 (0.18)	0.06 (0.17)	0.06 (0.15)
log(hdi)			64.50*** (9.88)	62.90*** (10.09)	48.48*** (9.15)
Renewable production				-0.03* (0.02)	-0.01 (0.02)
Rural population (%)					-0.75*** (0.18)
Constant	17.62** (7.50)	17.44** (7.77)	107.52** (12.47)	108.01** (12.10)	140.68*** (11.90)
Observations	5144	3847	3751	3751	3751
R^2	0.235	0.264	0.420	0.424	0.477
Adjusted R^2	0.234	0.263	0.420	0.423	0.477

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 6.13 Elettrificazione rurale e PIL pro capite

```

Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   4907
Group variable: _ISO3N_                Number of groups =   210

R-sq:  within = 0.1987                  Obs per group: min =    2
        between = 0.5619                  avg =           23.4
        overall = 0.5107                  max =           30

corr(u_i, Xb) = 0.4349                  F(1,209)        =   59.24
                                           Prob > F         =   0.0000
    
```

(Std. Err. adjusted for 210 clusters in _ISO3N_)

accesstoel~1	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
log_gdppc	8.779572	1.140684	7.70	0.000	6.530851	11.02829
_cons	.9737527	9.764016	0.10	0.921	-18.27483	20.22233
sigma_u	27.398539					
sigma_e	8.7561662					
rho	.90733014	(fraction of variance due to u_i)				

Tabella 6.14 Elettrificazione rurale e polity (livello di democrazia)

```

Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   3758
Group variable: _ISO3N_                Number of groups =   165

R-sq:  within = 0.0370                  Obs per group: min =    3
        between = 0.0546                  avg =           22.8
        overall = 0.0569                  max =           29

corr(u_i, Xb) = 0.0956                  F(1,164)        =    7.61
                                           Prob > F         =   0.0065
    
```

(Std. Err. adjusted for 165 clusters in _ISO3N_)

accesstoel~1	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
polity2	.8437797	.3058292	2.76	0.006	.2399094	1.44765
_cons	68.19303	1.213063	56.22	0.000	65.79779	70.58826
sigma_u	37.208712					
sigma_e	9.4207269					
rho	.9397585	(fraction of variance due to u_i)				

Tabella 6.15 Elettrificazione rurale e presenza di conflitti

```

Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   2223
Group variable: _ISO3N_                Number of groups =   159

R-sq:  within = 0.0030                  Obs per group: min =    1
        between = 0.0391                  avg =           14.0
        overall = 0.0296                  max =           19

corr(u_i, Xb) = 0.1600                  F(1,158)        =    3.28
                                           Prob > F         =   0.0721
    
```

(Std. Err. adjusted for 159 clusters in _ISO3N_)

accesstoel~1	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
conflict	-1.583662	.8746098	-1.81	0.072	-3.311097	.1437726
_cons	70.72675	.1140967	619.88	0.000	70.50139	70.9521
sigma_u	39.697988					
sigma_e	5.8896135					
rho	.9784632	(fraction of variance due to u_i)				

Tabella 6.16 Elettrificazione rurale e Human Development Index

```

Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   4377
Group variable: _ISO3N_                Number of groups =   188

R-sq:  within = 0.3010                  Obs per group:  min =    2
        between = 0.8177                  avg =   23.3
        overall = 0.7657                  max =   30

corr(u_i, Xb) = 0.6131                  F(1,187)       =   65.19
                                           Prob > F        =   0.0000
    
```

(Std. Err. adjusted for 188 clusters in _ISO3N_)

accesstoel~1	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
log_hdi	77.053	9.543507	8.07	0.000	58.22623	95.87977
_cons	105.0713	3.786773	27.75	0.000	97.60102	112.5416
sigma_u	20.780737					
sigma_e	8.2247078					
rho	.86456883 (fraction of variance due to u_i)					

Tabella 6.17 Elettrificazione rurale e produzione di elettricità da fonti rinnovabili

```

Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   5268
Group variable: _ISO3N_                Number of groups =   214

R-sq:  within = 0.0605                  Obs per group:  min =    2
        between = 0.0084                  avg =   24.6
        overall = 0.0220                  max =   30

corr(u_i, Xb) = 0.0146                  F(1,213)       =   32.84
                                           Prob > F        =   0.0000
    
```

(Std. Err. adjusted for 214 clusters in _ISO3N_)

accesstoelctrici~1	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
renewableproduction	-.1564741	.0273055	-5.73	0.000	-.2102978	-.1026505
_cons	79.98692	.499027	160.29	0.000	79.00326	80.97059
sigma_u	35.58568					
sigma_e	9.222421					
rho	.93706271 (fraction of variance due to u_i)					

Tabella 6.18 Elettrificazione rurale e popolazione rurale

```

Fixed-effects (within) regression      Number of obs   =   5250
Group variable: _ISO3N_                Number of groups =   213

R-sq:  within = 0.2473                  Obs per group:  min =    2
        between = 0.3403                  avg =   24.6
        overall = 0.3142                  max =   30

corr(u_i, Xb) = -0.5333                 F(1,212)       =   60.74
                                           Prob > F        =   0.0000
    
```

(Std. Err. adjusted for 213 clusters in _ISO3N_)

accesstoelctrici~1	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
ruralpopulationperc	-1.510601	.193828	-7.79	0.000	-1.892678	-1.128524
_cons	137.9588	7.801712	17.68	0.000	122.5799	153.3376
sigma_u	32.928441					
sigma_e	8.2543886					
rho	.9408765 (fraction of variance due to u_i)					

Tabella 6.19 Elettrificazione rurale e PIL pro capite, polity, conflitti, HDI, produzione di elettricità da fonti rinnovabili, popolazione rurale

```

Fixed-effects (within) regression                Number of obs   =   2069
Group variable: _ISO3N_                        Number of groups =   154

R-sq:  within = 0.3145                          Obs per group: min =    1
        between = 0.6124                          avg =   13.4
        overall = 0.5871                          max =   19

                                                F(6,153)       =   12.78
corr(u_i, Xb) = -0.1264                          Prob > F       =   0.0000

                                                (Std. Err. adjusted for 154 clusters in _ISO3N_)

```

accesstoelectrici~1	Robust					[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.	t	P> t			
log_gdppc	-1.986462	1.144798	-1.74	0.085	-4.248114	.2751905	
polity2	.0245179	.1824851	0.13	0.893	-.3359978	.3850336	
conflict	-.8079306	.8703185	-0.93	0.355	-2.527323	.9114621	
log_hdi	33.55069	13.63386	2.46	0.015	6.615777	60.48561	
renewableproduction	-.0688267	.0451259	-1.53	0.129	-.1579769	.0203236	
ruralpopulationperc	-1.178484	.2409249	-4.89	0.000	-1.654453	-.7025151	
_cons	152.3443	15.60372	9.76	0.000	121.5177	183.1708	
sigma_u	24.624872						
sigma_e	4.9325074						
rho	.96142526	(fraction of variance due to u_i)					

Tabella 6.20 Analisi del modello (1.3) con la suddivisione dei paesi in base al reddito. Variabile dipendente: Percentuale di popolazione rurale con accesso all'elettricità. I coefficienti di regressione per i paesi con reddito alto sono stati omessi a causa della collinearità.

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Reddito_alto	Reddito medio-alto	Reddito medio-basso	Reddito_basso
log(gdppc)	0.00 (.)	-7.73** (3.84)	-2.30 (2.05)	-0.34 (1.92)
polity	0.00 (.)	-0.11 (0.20)	-0.10 (0.20)	0.14 (0.20)
conflict	0.00 (.)	-2.81*** (0.90)	0.28 (1.20)	-1.10 (1.69)
log(hdi)	0.00 (.)	99.64** (37.22)	90.19** (39.39)	21.34 (15.42)
Renewable production	0.00 (.)	-0.20*** (0.04)	-0.05 (0.12)	-0.00 (0.05)
Rural population	0.00 (.)	0.15 (0.71)	-1.38*** (0.38)	-1.60*** (0.50)
Constant	100.00 (.)	189.66*** (34.61)	190.40*** (24.05)	156.08*** (34.06)
Observations	490	313	585	585
R ²	.	0.335	0.508	0.450
Adjusted R ²	.	0.322	0.503	0.445

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 6.21 Elettrificazione rurale e livello di democrazia (polity), presenza di conflitti, Human Development Index, produzione di elettricità da fonti rinnovabili, popolazione rurale

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Access to electricity rural				
polity	0.84*** (0.31)	0.44* (0.24)	0.08 (0.24)	0.06 (0.24)	0.01 (0.18)
conflict		-1.29 (0.98)	-0.32 (0.97)	-0.40 (0.97)	-0.85 (0.88)
log(hdi)			51.30*** (8.55)	48.64*** (8.62)	21.19** (8.45)
Renewable production				-0.10** (0.05)	-0.08* (0.04)
Rural population					-1.16*** (0.24)
Constant	68.19*** (1.21)	68.88*** (1.00)	93.08*** (3.83)	95.03*** (4.00)	130.79*** (8.68)
Observations	3758	2199	2109	2109	2109
R ²	0.037	0.026	0.194	0.203	0.303
Adjusted R ²	0.037	0.025	0.193	0.202	0.301

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 6.22 Elettrificazione rurale e PIL pro capite (gdppc), livello di democrazia (polity), Human Development Index, produzione di elettricità da fonti rinnovabili, popolazione rurale

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Access to electricity rural				
log(gdppc)	8.78*** (1.14)	8.18*** (1.21)	0.86 (1.52)	0.89 (1.51)	0.20 (1.40)
polity		0.44 (0.29)	0.07 (0.26)	0.06 (0.26)	0.07 (0.23)
log(hdi)			68.39*** (14.86)	64.33*** (15.66)	43.83*** (16.46)
Renewable production				-0.06** (0.03)	-0.04 (0.02)
Rural population					-0.87*** (0.23)
Constant	0.97 (9.76)	1.95 (9.98)	92.57*** (17.85)	92.21*** (17.84)	125.01*** (16.57)
Observations	4907	3671	3584	3584	3584
R ²	0.199	0.219	0.300	0.308	0.352
Adjusted R ²	0.199	0.219	0.300	0.308	0.351

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 6.26 Quota di energia rinnovabile consumata e Human Development Index

```

Fixed-effects (within) regression                Number of obs   =   4947
Group variable: _ISO3N_                        Number of groups =   189

R-sq:  within = 0.1289                          Obs per group: min =    2
        between = 0.5831                          avg =           26.2
        overall = 0.5472                          max =           29

                                                F(1,188)        =   28.18
corr(u_i, Xb) = 0.6222                          Prob > F         =   0.0000

(Std. Err. adjusted for 189 clusters in _ISO3N_)

```

renewablee~n	Coef.	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
		Std. Err.					
log_hdi	-24.16994	4.55337		-5.31	0.000	-33.15221	-15.18768
_cons	22.46894	2.034908		11.04	0.000	18.45475	26.48312
sigma_u	25.318532						
sigma_e	5.494738						
rho	.95501902	(fraction of variance due to u_i)					

Tabella 6.27 Quota di energia rinnovabile consumata e produzione di elettricità da fonti rinnovabili

```

Fixed-effects (within) regression                Number of obs   =   6052
Group variable: _ISO3N_                        Number of groups =   212

R-sq:  within = 0.0417                          Obs per group: min =   19
        between = 0.1556                          avg =           28.5
        overall = 0.1377                          max =           29

                                                F(1,211)        =   26.29
corr(u_i, Xb) = 0.2889                          Prob > F         =   0.0000

(Std. Err. adjusted for 212 clusters in _ISO3N_)

```

renewableenergyco~n	Coef.	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
		Std. Err.					
renewableproduction	.0976842	.0190507		5.13	0.000	.06013	.1352383
_cons	28.56326	.3759816		75.97	0.000	27.8221	29.30442
sigma_u	29.153658						
sigma_e	6.2823416						
rho	.9556244	(fraction of variance due to u_i)					

Tabella 6.28 Quota di energia rinnovabile consumata e PIL pro capite, livello di democrazia (polity), conflitti, Human Development Index (hdi), produzione di elettricità da fonti rinnovabili

Fixed-effects (within) regression	Number of obs	=	2660
Group variable: _ISO3N_	Number of groups	=	159
R-sq: within = 0.2265	Obs per group: min =		3
between = 0.5449	avg =		16.7
overall = 0.5681	max =		19
	F(5,158)	=	15.99
corr(u_i, Xb) = 0.5505	Prob > F	=	0.0000

(Std. Err. adjusted for 159 clusters in _ISO3N_)

renewableenergyco~n	Robust					
	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
log_gdppc	-1.450088	.8424341	-1.72	0.087	-3.113973 .2137967	
polity2	.0223955	.0772782	0.29	0.772	-.130236 .175027	
conflict	.2056186	.5571547	0.37	0.713	-.8948132 1.30605	
log_hdi	-13.83861	7.431701	-1.86	0.064	-28.5169 .8396865	
renewableproduction	.2274044	.0327426	6.95	0.000	.1627347 .2920742	
_cons	33.71338	9.492537	3.55	0.001	14.96474 52.46201	
sigma_u	25.364493					
sigma_e	4.0681441					
rho	.97492103	(fraction of variance due to u_i)				

Tabella 6.29 Quota di energia rinnovabile consumata e livello di democrazia (polity), conflitti, Human Development Index (hdi), produzione di elettricità da fonti rinnovabili

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Renewable energy consumption	Renewable energy consumption	Renewable energy consumption	Renewable energy consumption
polity	-0.29*** (0.10)	-0.15** (0.08)	-0.01 (0.08)	0.01 (0.08)
conflict		0.53 (0.70)	0.24 (0.61)	0.28 (0.54)
log(hdi)			-22.26*** (6.54)	-17.68*** (5.92)
Renewable production				0.23*** (0.03)
Constant	37.55*** (0.31)	38.03*** (0.25)	24.71*** (3.42)	20.14*** (3.02)
Observations	4613	2989	2724	2724
R ²	0.014	0.006	0.100	0.197
Adjusted R ²	0.013	0.006	0.099	0.196

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 6.30 Quota di energia rinnovabile consumata e PIL pro capite (gdppc), livello di democrazia (polity), Human Development Index (hdi), produzione di elettricità da fonti rinnovabili

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Renewable energy consumption	Renewable energy consumption	Renewable energy consumption	Renewable energy consumption
log(gdppc)	-3.71*** (0.98)	-4.23*** (1.13)	-1.04 (1.01)	-0.85 (0.95)
polity		-0.05 (0.11)	-0.00 (0.11)	0.00 (0.11)
log_hdi			-20.76*** (7.30)	-18.90*** (7.12)
Renewable production				0.05*** (0.02)
Constant	62.06*** (8.08)	70.60*** (8.82)	34.39*** (10.93)	32.27*** (10.23)
Observations	5624	4454	4240	4240
R^2	0.102	0.154	0.156	0.174
Adjusted R^2	0.102	0.154	0.156	0.173

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 6.31 Produzione di elettricità da fonti rinnovabili (% sul totale dell'elettricità prodotta) e PIL pro capite (gdppc), livello di democrazia (polit), presenza di conflitti armati, Human Development Index (hdi)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Renewable production	Renewable production	Renewable production	Renewable production
log(gdppc)	0.08 (0.63)	0.88 (0.87)	-1.97** (0.87)	-1.50* (0.83)
polity		-0.18 (0.16)	-0.16 (0.12)	-0.15 (0.14)
conflict			1.15 (0.86)	0.03 (0.84)
log(hdi)				-14.45** (7.30)
Constant	19.47*** (4.87)	18.55*** (6.37)	43.32*** (6.68)	33.83*** (8.93)
Observations	9842	7630	3018	2673
R^2	0.000	0.002	0.023	0.053
Adjusted R^2	-0.000	0.002	0.022	0.052

Standard errors in parentheses; * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

7. Bibliografia

- Abbott, M. (2001). Is the Security of Electricity Supply a Public Good? *The Electricity Journal*, 14(7), 31–33.
- Ahlborg, H., & Hammar, L. (2014). Drivers and barriers to rural electrification in Tanzania and Mozambique – Grid-extension, off-grid, and renewable energy technologies. *Renewable Energy*, 61, 117–124.
- Ahlborg, H., Boräng, F., Jagers, S. C., & Söderholm, P. (2015). Provision of electricity to African households: The importance of democracy and institutional quality. *Energy Policy*, 87, 125–135.
- Ahmed, M., & Shimada, K. (2019). The Effect of Renewable Energy Consumption on Sustainable Economic Development: Evidence from Emerging and Developing Economies. *Energies*, 12(15), 2954.
- Aidt, T. (2016). Power and the Vote: Elections and Electricity in the Developing World. By Brian Min. Cambridge: Cambridge University Press, 2015. *The Journal of Politics*, 78(4), E38–E39.
- Al-mulali, U., Fereidouni, H. G., & Lee, J. Y. (2014). Electricity consumption from renewable and non-renewable sources and economic growth: Evidence from Latin American countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 290–298.
- Alper, A., & Oguz, O. (2016). The role of renewable energy consumption in economic growth: Evidence from asymmetric causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 953–959.
- Apergis, N. & Danuletiu, D.. (2014). Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from the Sign of Panel Long-Run Causality. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 4. 578-587.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2011). Renewable and non-renewable electricity consumption–growth nexus: Evidence from emerging market economies. *Applied Energy*, 88(12), 5226–5230.
- Apergis, N., & Tang, C. F. (2013). Is the energy-led growth hypothesis valid? New evidence from a sample of 85 countries. *Energy Economics*, 38, 24–31.

- Armeanu, D., Vintilă, G., & Gherghina, T. (2017). Does Renewable Energy Drive Sustainable Economic Growth? Multivariate Panel Data Evidence for EU-28 Countries. *Energies*, *10*(3), 381.
- Azlina, A., Law, S. H., & Nik Mustapha, N. H. (2014). Dynamic linkages among transport energy consumption, income and CO2 emission in Malaysia. *Energy Policy*, *73*, 598–606.
- Barron, M. & Torero, M. (2014). Electrification and Time Allocation: Experimental Evidence from Northern El Salvador. *MPRA Paper 63782, University Library of Munich, Germany*.
- Baskaran, T., Min, B., & Uppal, Y. (2015). Election cycles and electricity provision: Evidence from a quasi-experiment with Indian special elections. *Journal of Public Economics*, *126*, 64–73.
- Best, R., & Burke, P. (2017). The Importance of Government Effectiveness for Transitions toward Greater Electrification in Developing Countries. *Energies*, *10*(9), 1247.
- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, *162*, 733–741.
- Boräng, F., Jagers, S. C., & Povitkina, M. (2016). Political determinants of electricity provision in small island developing states. *Energy Policy*, *98*, 725–734.
- Boräng, F., Jagers, S., & Povitkina, M. (2016). How corruption shapes the relationship between democracy and electrification. *QoG Working Paper Series*, *2016(14)*, 14
- Bulut, U., & Inglesi-Lotz, R. (2019). Which type of energy drove industrial growth in the US from 2000 to 2018? *Energy Reports*, *5*, 425–430.
- Chakravorty, U., Pelli, M., & Ural Marchand, B. P. (2014). Does the Quality of Electricity Matter? Evidence from Rural India. *SSRN Electronic Journal*. Published.
- Chhay, P., & Yamazaki, K. (2021). Rural electrification and changes in employment structure in Cambodia. *World Development*, *137*, 105212.
- Chica-Olmo, J., Sari-Hassoun, S., & Moya-Fernández, P. (2020). Spatial relationship between economic growth and renewable energy consumption in 26 European countries. *Energy Economics*, *92*, 104962.

- Cohen, C., Lenzen, M., & Schaeffer, R. (2005). Energy requirements of households in Brazil. *Energy Policy*, *33*(4), 555–562.
- dal Bó, E., & Rossi, M. A. (2007). Corruption and inefficiency: Theory and evidence from electric utilities. *Journal of Public Economics*, *91*(5–6), 939–962.
- Deacon, R. T. (2009). Public good provision under dictatorship and democracy. *Public Choice*, *139*(1–2), 241–262.
- Díaz, A., Marrero, G. A., Puch, L. A., & Rodríguez, J. (2019). Economic growth, energy intensity and the energy mix. *Energy Economics*, *81*, 1056–1077.
- Dinda, S., & Coondoo, D. (2006). Income and emission: A panel data-based cointegration analysis. *Ecological Economics*, *57*(2), 167–181.
- Dinkelman, T. (2011). The Effects of Rural Electrification on Employment: New Evidence from South Africa. *American Economic Review*, *101*(7), 3078–3108.
- Eggoh, J. C., Bangake, C., & Rault, C. (2011). Energy consumption and economic growth revisited in African countries. *Energy Policy*, *39*(11), 7408–7421.
- Ergun, S. J., Owusu, P. A., & Rivas, M. F. (2019). Determinants of renewable energy consumption in Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*(15), 15390–15405.
- Estache, A., Goicoechea, A., & Trujillo, L. (2009). Utilities reforms and corruption in developing countries. *Utilities Policy*, *17*(2), 191–202.
- Fang, Y. (2011). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: The China experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(9), 5120–5128.
- Gebrehiwot, K., Mondal, M. A. H., Ringler, C., & Gebremeskel, A. G. (2019). Optimization and cost-benefit assessment of hybrid power systems for off-grid rural electrification in Ethiopia. *Energy*, *177*, 234–246.
- Grimm, M., Munyehirwe, A., Peters, J., & Sievert, M. (2016). A First Step up the Energy Ladder? Low Cost Solar Kits and Household's Welfare in Rural Rwanda. *The World Bank Economic Review*, lhw052.
- Grogan, L., & Sadanand, A. (2013). Rural Electrification and Employment in Poor Countries: Evidence from Nicaragua. *World Development*, *43*, 252–265.
- Haseeb, M., Abidin, I.S., Hye, Q.M., & Hartani, N.H. (2019). The Impact of Renewable Energy on Economic Well-Being of Malaysia: Fresh Evidence from Auto Regressive

Distributed Lag Bound Testing Approach. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9, 269-275.

Inglesi-Lotz, R. (2016). The impact of renewable energy consumption to economic growth: A panel data application. *Energy Economics*, 53, 58–63.

Jones, G. J., & Thompson, G. (1996). Renewable energy for African development. *Solar Energy*, 58(1–3), 103–109.

Juanpera, M., Blechinger, P., Ferrer-Martí, L., Hoffmann, M., & Pastor, R. (2020). Multicriteria-based methodology for the design of rural electrification systems. A case study in Nigeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110243.

Kahouli, B. (2017). The short and long run causality relationship among economic growth, energy consumption and financial development: Evidence from South Mediterranean Countries (SMCs). *Energy Economics*, 68, 19–30.

Karekezi, S., & Majoro, L. (2002). Improving modern energy services for Africa's urban poor. *Energy Policy*, 30(11–12), 1015–1028.

Kebede, E., Kagochi, J., & Jolly, C. M. (2010). Energy consumption and economic development in Sub-Sahara Africa. *Energy Economics*, 32(3), 532–537.

Khandker, Shahidur R. & Barnes, Douglas F. & Samad, Hussain A. (2009). Welfare impacts of rural electrification: a case study from Bangladesh. *Policy Research Working Paper Series 4859, The World Bank*.

Kirubi, C., Jacobson, A., Kammen, D. M., & Mills, A. (2009). Community-Based Electric Micro-Grids Can Contribute to Rural Development: Evidence from Kenya. *World Development*, 37(7), 1208–1221.

Korkovelos, A., Mentis, D., Bazilian, M., Howells, M., Saraj, A., Fayez Hotaki, S., & Missfeldt-Ringius, F. (2020). Supporting Electrification Policy in Fragile States: A Conflict-Adjusted Geospatial Least Cost Approach for Afghanistan. *Sustainability*, 12(3), 777.

Lake, D. A., & Baum, M. A. (2001). The Invisible Hand of Democracy. *Comparative Political Studies*, 34(6), 587–621.

Lee, C. C. (2005). Energy consumption and GDP in developing countries: A cointegrated panel analysis. *Energy Economics*, 27(3), 415–427.

Lin, B., & Moubarak, M. (2014). Renewable energy consumption – Economic growth nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 111–117.

- Meles, T. H. (2020). Impact of power outages on households in developing countries: Evidence from Ethiopia. *Energy Economics*, *91*, 104882.
- Miklian, J. (2019). Contextualising and theorising economic development, local business and ethnic cleansing in Myanmar. *Conflict, Security & Development*, *19*(1), 55–78.
- Mohammadi, H., & Ram, R. (2017). Convergence in energy consumption per capita across the US states, 1970–2013: An exploration through selected parametric and non-parametric methods. *Energy Economics*, *62*, 404–410.
- Narayan, P. K., & Smyth, R. (2008). Energy consumption and real GDP in G7 countries: New evidence from panel cointegration with structural breaks. *Energy Economics*, *30*(5), 2331–2341.
- Neuhaus, L. (2016). Examining the renewable energy consumption-economic growth nexus in sub-Saharan African countries. *Honors Program Theses*. 241.
- Numata, M., Sugiyama, M., & Mogi, G. (2021). Distributed Power Sources to Improve the Decent Living Standard (DLS) in the Ethnic Minority Areas of Myanmar. *Sustainability*, *13*(6), 3567.
- Ohler, A., & Fetters, I. (2014). The causal relationship between renewable electricity generation and GDP growth: A study of energy sources. *Energy Economics*, *43*, 125–139.
- Ouedraogo, N. S. (2013). Energy consumption and human development: Evidence from a panel cointegration and error correction model. *Energy*, *63*, 28–41.
- Peters, J., Vance, C., & Harsdorff, M. (2011). Grid Extension in Rural Benin: Micro-Manufacturers and the Electrification Trap. *World Development*, *39*(5), 773–783.
- Pless, J., & Fell, H. (2017). Bribes, bureaucracies, and blackouts: Towards understanding how corruption at the firm level impacts electricity reliability. *Resource and Energy Economics*, *47*, 36–55.
- Qudrat-Ullah, H., & Nevo, C. M. (2021). The impact of renewable energy consumption and environmental sustainability on economic growth in Africa. *Energy Reports*, *7*, 3877–3886.
- Rafindadi, A. A., & Ozturk, I. (2017). Impacts of renewable energy consumption on the German economic growth: Evidence from combined cointegration test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *75*, 1130–1141.

- Sarkodie, S. A., & Adams, S. (2020). Electricity access and income inequality in South Africa: Evidence from Bayesian and NARDL analyses. *Energy Strategy Reviews*, 29, 100480.
- Shah, S. Z. A., Chughtai, S., & Simonetti, B. (2020). Renewable energy, institutional stability, environment and economic growth nexus of D-8 countries. *Energy Strategy Reviews*, 29, 100484.
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M., & Zaman, K. (2015). Does renewable energy consumption add in economic growth? An application of auto-regressive distributed lag model in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 576–585.
- Sharif, A., Raza, S. A., Ozturk, I., & Afshan, S. (2019). The dynamic relationship of renewable and nonrenewable energy consumption with carbon emission: A global study with the application of heterogeneous panel estimations. *Renewable Energy*, 133, 685–691.
- Shoab, A., & Ariaratnam, S. (2016). A Study of Socioeconomic Impacts of Renewable Energy Projects in Afghanistan. *Procedia Engineering*, 145, 995–1003.
- Stock, J. H. & Watson M. W. (2003). Introduction to econometrics. Pearson Education.
- Stritzke, S., Trotter, P. A., & Twesigye, P. (2021). Towards responsive energy governance: Lessons from a holistic analysis of energy access in Uganda and Zambia. *Energy Policy*, 148, 111934.
- Tugcu, C. T., Ozturk, I., & Aslan, A. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: Evidence from G7 countries. *Energy Economics*, 34(6), 1942–1950.
- Weiss De Abreu, M., Ferreira, D. V., Pereira, A. O., Cabral, J., & Cohen, C. (2021). Household energy consumption behaviors in developing countries: A structural decomposition analysis for Brazil. *Energy for Sustainable Development*, 62, 1–15.