

POLITECNICO
DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale e della Produzione Industriale

Tesi di Laurea Magistrale

Shock energetici e adozione dei veicoli elettrici: evidenze dalla guerra tra Russia e Ucraina

Relatore
Prof. Francesco Luigi Milone

Candidato
Andrea Casciaro

Anno Accademico 2025-2026

Ringraziamenti

Un ringraziamento va al Professor Francesco Luigi Milone per la disponibilità dimostrata, per la supervisione del lavoro e per i preziosi suggerimenti forniti nel corso della realizzazione della tesi.
Ringrazio anche la mia famiglia e i miei amici, che sono sempre al mio fianco e mi supportano ogni giorno.
Una dedica in particolare va a mia zia Irene, che mi ha sempre voluto bene come a un figlio, e che sta passando un altro momento difficile. Ti voglio bene e sei sempre nei miei pensieri.
Infine, grazie ad Asya: sei la luce delle mie giornate, con te la mia vita è migliore. Grazie per avermi accompagnato in questo viaggio, questo è il primo passo verso il futuro e verso il resto della nostra vita insieme.

Sommario

La guerra tra Russia e Ucraina, iniziata nel febbraio 2022, ha prodotto uno shock di natura economica ed energetica particolarmente rilevante per le Nazioni europee, modificando gli equilibri del mercato energetico e incidendo sui prezzi dei combustibili e dell'energia. Il presente lavoro analizza se e in che misura tale shock abbia influenzato l'adozione di veicoli elettrici in Europa, concentrandosi sulle differenze nell'esposizione delle singole Nazioni al conflitto e alle sue conseguenze economiche ed energetiche.

L'analisi si basa su un dataset costituito da dati mensili relativi alle immatricolazioni di veicoli elettrici, integrati con informazioni di natura economica, demografica, energetica e geografica. Per identificare l'effetto causale dello shock viene utilizzato il metodo Difference-in-Differences, considerando marzo 2022 come momento di inizio del periodo successivo al trattamento. La principale difficoltà dell'analisi consiste nella definizione dell'esposizione al trattamento: a questo scopo vengono costruite diverse misure, basate sulla dipendenza energetica dall'estero, sulla quota di consumo di combustibili fossili, sulla distanza geografica dalla zona del conflitto e sui flussi di importazione ed esportazione di combustibili.

Nel complesso, l'evidenza suggerisce che lo shock associato alla guerra abbia avuto effetti eterogenei sull'adozione dei veicoli elettrici, con una particolare rilevanza della prossimità geografica al conflitto e della vulnerabilità energetica delle singole Nazioni. I risultati sono compatibili con l'ipotesi secondo cui l'aumento dei costi energetici e la riduzione del potere d'acquisto abbiano modificato le scelte dei consumatori, favorendo in alcuni mercati il mantenimento di veicoli con motore termico. Allo stesso tempo, la sensibilità dei risultati alla definizione del trattamento e alla forma funzionale evidenzia la necessità di interpretare le stime con cautela.

Parole chiave: guerra Russia-Ucraina; veicoli elettrici; transizione energetica; Difference-in-Differences; dipendenza energetica; shock energetico.

Indice

1 Introduzione 3

2 Rassegna della letteratura 7

3 Il conflitto russo-ucraino 11

4 Dataset e metodi econometrici utilizzati 15
- 4.1 Fonti e variabili . . . 15
- 4.2 Dati mancanti e pulizia . . . 17
- 4.3 Metodi econometrici . . . 17
  - 4.3.1 Net Energy Import . . . 18
  - 4.3.2 Dipendenza energetica da combustibili fossili . . . 21
  - 4.3.3 Distanza dalla zona del conflitto . . . 24
  - 4.3.4 Import/Export di combustibili fossili . . . 27
  - 4.3.5 Esposizione energetica . . . 30
  - 4.3.6 Esposizione composita . . . 33
  - 4.3.7 Tabella riassuntiva delle misure di trattamento . . . 36

5 Risultati 39
- 5.1 Net Energy Import . . . 39
- 5.2 Dipendenza energetica da combustibili fossili . . . 42
- 5.3 Distanza dalla zona del conflitto . . . 45
- 5.4 Import/Export di combustibili . . . 48
- 5.5 Esposizione energetica . . . 51
- 5.6 Esposizione composita . . . 54
- 5.7 Controlli di robustezza . . . 57
  - 5.7.1 Verifica dell'assunzione dei trend paralleli . . . 57
  - 5.7.2 Endogeneità del controllo sul numero di punti di ricarica . . . 60
  - 5.7.3 Indice alternativo del prezzo del carbone . . . 61
  - 5.7.4 Misura di esposizione composita con posizione relativa . . . 63
  - 5.7.5 Misura di esposizione energetica con le importazioni nette . . . 65
- 5.8 Riassunto dei risultati . . . 67

6 Conclusioni 69

Capitolo 1

Introduzione

La transizione verso forme di mobilità più sostenibili rappresenta uno degli elementi centrali del processo di decarbonizzazione delle economie europee. In questo contesto, la diffusione dei veicoli elettrici assume un ruolo particolarmente rilevante, ma il suo andamento può essere influenzato non soltanto dalle caratteristiche proprie del mercato automobilistico, dalle politiche pubbliche e dallo sviluppo dell'infrastruttura di ricarica, ma anche da shock esterni in grado di modificare le condizioni economiche ed energetiche nelle quali avvengono le decisioni di acquisto dei consumatori. Il presente lavoro analizza uno di questi eventi, studiando se e in che misura lo shock associato alla guerra tra Russia e Ucraina abbia influenzato l'adozione dei veicoli elettrici nelle Nazioni europee.

L'invasione russa dell'Ucraina, iniziata nel febbraio 2022, ha rappresentato uno dei principali shock geopolitici ed economici degli ultimi anni. Le conseguenze del conflitto si sono estese ben oltre le Nazioni direttamente coinvolte, producendo interruzioni e riallocazioni dei flussi commerciali, forti variazioni dei prezzi delle materie prime e dell'energia, pressioni inflazionistiche e conseguenze sull'attività economica. Tali effetti sono stati particolarmente rilevanti in Europa, a causa dei legami energetici esistenti con la Russia prima del conflitto. Allo stesso tempo, la loro intensità è risultata eterogenea tra le diverse economie, in funzione della dipendenza energetica, della struttura produttiva e commerciale e della capacità di sostituire le forniture provenienti dalla Russia. Questa eterogeneità rende il conflitto un contesto particolarmente interessante per analizzare come uno shock geopolitico ed energetico possa trasmettersi a un mercato, come quello dei veicoli elettrici, strettamente collegato al più ampio processo di transizione energetica.

L'effetto atteso dello shock sull'adozione dei veicoli elettrici non è, peraltro, necessariamente univoco. Da un lato, l'aumento dei prezzi dei combustibili tradizionali potrebbe rendere relativamente più conveniente l'utilizzo di un veicolo elettrico e accelerarne la diffusione. Dall'altro, l'aumento del prezzo dell'energia elettrica, le pressioni inflazionistiche e la conseguente riduzione del potere d'acquisto possono rendere più difficile sostenere il maggiore costo iniziale generalmente associato all'acquisto di un veicolo elettrico. A questi meccanismi di breve periodo si affiancano possibili effetti di medio e lungo periodo: la necessità di ridurre la dipendenza dalle forniture russe ha infatti favorito la diversificazione delle fonti e dei fornitori energetici e può contribuire ad accelerare alcuni processi di transizione energetica. Determinare empiricamente quale di questi meccanismi abbia

prevalso costituisce quindi una questione rilevante sia per comprendere le conseguenze economiche del conflitto sia, più in generale, per valutare la capacità della transizione verso la mobilità elettrica di reagire a shock geopolitici ed energetici.

Questo lavoro si colloca all'intersezione di diversi filoni della letteratura. Un primo insieme di studi analizza gli effetti degli shock energetici e delle variazioni inattese di offerta e prezzi delle materie prime sull'attività economica. La letteratura evidenzia come gli effetti di tali shock possano dipendere in maniera sostanziale dalla struttura e dalla vulnerabilità energetica delle economie che li subiscono. Studi più recenti analizzano direttamente il conflitto russo-ucraino, mostrando effetti sui prezzi delle commodity, sull'inflazione e sul PIL e sottolineando come le conseguenze siano state differenti in funzione della dipendenza energetica, dei legami commerciali e della prossimità alle Nazioni coinvolte. Un secondo filone riguarda invece i fattori che determinano la diffusione dei veicoli elettrici e, più in generale, lo sviluppo di mercati caratterizzati dalla presenza di complementarità ed effetti di rete.

Dal punto di vista empirico, l'analisi utilizza un dataset panel a livello Nazione-mese, costruito integrando dati sulle immatricolazioni di veicoli elettrici con informazioni economiche, demografiche, energetiche e geografiche. Il periodo analizzato si estende da gennaio 2020 a luglio 2024, con il mese di marzo 2022 che viene identificato come l'inizio del periodo successivo allo shock. Per stimarne l'effetto viene utilizzato un approccio Difference-in-Differences, confrontando l'evoluzione dell'adozione dei veicoli elettrici tra Nazioni maggiormente e meno esposte al conflitto prima e dopo il suo inizio. Le regressioni includono effetti fissi per Nazione e periodo e considerano diverse definizioni della variabile dipendente, in modo da analizzare le immatricolazioni in termini assoluti e relativi.

Una delle principali difficoltà metodologiche consiste nella definizione dell'esposizione al trattamento. Non essendo possibile distinguere semplicemente tra Nazioni interessate e non interessate dalla guerra, sono costruite diverse misure con l'obiettivo di rappresentare differenti canali attraverso i quali lo shock può essersi trasmesso alle economie europee. In particolare, vengono considerate la dipendenza energetica dall'estero attraverso il Net Energy Import, la quota di consumo energetico riconducibile ai combustibili fossili, la distanza geografica dalla zona del conflitto e i flussi netti di importazione ed esportazione di combustibili fossili. A queste misure si aggiunge un indice di esposizione energetica, che combina la struttura energetica preesistente delle Nazioni con gli aumenti dei prezzi internazionali di gas, petrolio e carbone, e infine una misura di esposizione composita, ottenuta combinando la dimensione energetica con quella geografica. Quest'ultima consente di attribuire lo stesso peso alle due componenti dopo la loro standardizzazione e di rappresentare con un unico indice due differenti dimensioni della vulnerabilità allo shock.

I risultati mostrano un quadro eterogeneo e dipendente dalla definizione dell'esposizione utilizzata. L'evidenza più netta emerge dalla distanza dalla zona del conflitto, per la quale i coefficienti associati all'interazione tra periodo successivo alla guerra e appartenenza al gruppo trattato risultano statisticamente significativi in tutte le specificazioni considerate. I risultati relativi all'esposizione energetica e, soprattutto, all'esposizione composita forniscono ulteriore evidenza di un andamento relativamente meno favorevole dell'adozione dei veicoli elettrici nelle Nazioni maggiormente esposte per alcune delle

variabili dipendenti considerate. Nel caso dell'esposizione composita, ad esempio, emergono effetti negativi e statisticamente significativi sulle immatricolazioni normalizzate, sulla quota di immatricolazioni elettriche e sulle immatricolazioni rapportate allo stock di veicoli. Al contrario, altre misure di trattamento producono risultati più deboli o non statisticamente significativi: la sola dipendenza dal consumo di combustibili fossili, ad esempio, non genera coefficienti significativi nelle specificazioni senza controlli. Nel complesso, i risultati sono quindi compatibili con l'ipotesi che lo shock abbia prodotto effetti differenti tra le economie europee e che, nelle Nazioni maggiormente vulnerabili, l'aumento dei costi energetici e la riduzione del potere d'acquisto possano aver contribuito a rallentare alcune dimensioni dell'adozione dei veicoli elettrici. La sensibilità delle stime alla misura di trattamento e alla forma funzionale adottata richiede tuttavia cautela nell'interpretazione e non permette di ricondurre gli effetti della guerra a un unico meccanismo.

Il resto del lavoro è organizzato come segue:

- il capitolo 2 presenta la rassegna della letteratura rilevante per l'analisi;
- il capitolo 3 approfondisce il contesto della guerra tra Russia e Ucraina, descrivendone le principali conseguenze economiche ed energetiche per l'Europa e i canali attraverso i quali lo shock può essersi trasmesso alle diverse Nazioni;
- il capitolo 4 descrive il dataset, le fonti e il processo di pulizia dei dati e introduce la metodologia econometrica; particolare attenzione è dedicata alla costruzione delle diverse misure di trattamento;
- il capitolo 5 presenta i risultati delle analisi Difference-in-Differences per ciascuna definizione dell'esposizione e ne valuta la robustezza attraverso alcune specificazioni alternative;
- infine, il capitolo 6 riassume le principali evidenze emerse, ne discute le implicazioni e i limiti e individua possibili sviluppi futuri dell'analisi.

Capitolo 2

Rassegna della letteratura

L'ispirazione per questo studio è nata dalla lettura di Dutta & Vasudeva (2025), in cui gli autori analizzano l'effetto degli eventi climatici estremi sull'adozione dei veicoli elettrici, trovando un'influenza positiva e significativa nel caso degli eventi climatici relativi al caldo estremo, come le ondate di calore. Un effetto non significativo è riportato, invece, per quanto riguarda gli eventi estremi legati al freddo. Nel proseguimento dell'articolo, questo risultato è utilizzato come punto di partenza per valutare gli effetti sull'ingresso delle imprese in nuovi mercati, sui cambiamenti nel loro portafoglio di prodotti e sugli investimenti nei settori legati ai complementi (come l'infrastruttura di ricarica o la produzione delle batterie). In questo studio ci si concentrerà sulla valutazione dell'effetto dello shock, mantenendo gli altri argomenti come possibili sviluppi futuri.

La costruzione delle misure di trattamento, invece, è basata sul lavoro di Autor et al. (2013), che esplora la sovrapposizione geografica tra shock relativi al cambiamento tecnologico e all'espansione del commercio internazionale negli USA. L'esposizione al trattamento dei diversi mercati locali del lavoro è misurata con la percentuale di task "routine" per i lavoratori (ad esempio, attività di contabilità, lavoro amministrativo d'ufficio e attività ripetitive di produzione e monitoraggio), e con la variazione delle importazioni provenienti dalla Cina, normalizzate per il numero totale di lavoratori.

Il lavoro di Milone et al. (2026) è stato utilizzato come riferimento per il funzionamento del mercato dei veicoli elettrici e i parametri che ne influenzano le vendite. L'articolo esamina, in particolare, l'interdipendenza tra l'adozione dei veicoli elettrici e la presenza dell'infrastruttura di ricarica sul territorio italiano, analizzato a livello dei Mercati Locali del Lavoro; gli autori utilizzano l'approccio dei mercati (o piattaforme) multilato, valutando l'entità delle esternalità di rete incrociate, che risultano positive in entrambe le direzioni, con un'intensità maggiore dai veicoli verso l'infrastruttura di ricarica. Gli autori, inoltre, esaminano l'eterogeneità locale delle esternalità incrociate, utilizzando algoritmi di supervised machine learning, e trovando che esiste una forte dipendenza dalle caratteristiche del relativo mercato locale del lavoro, identificando quali siano le cause che determinano queste differenze.

Negli ultimi tempi, con l'espansione del fenomeno dei veicoli elettrici, molti autori si sono interrogati sui fattori che possono influenzarne la diffusione. Come Milone et al. (2026), altri hanno analizzato la relazione con l'infrastruttura di ricarica, come Illmann &

Kluge (2020), che utilizzano dati raccolti dal 2012 al 2017 in Germania, trovando evidenza di una relazione positiva nel lungo periodo, ma di entità ancora poco rilevante. È stato esaminato anche l'effetto sulle vendite degli incentivi pubblici: Wee et al. (2018) stimano l'efficacia delle politiche di incentivo (differenziandole in base alla possibilità di essere quantificate in termini di valore economico) sull'adozione dei veicoli elettrici, utilizzando dati raccolti negli Stati Uniti, nel periodo 2010-2015; He et al. (2023), invece, studiano l'impatto dei crediti fiscali sulle vendite di veicoli PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicles) e non negli Stati Uniti, nel periodo 2011-2013, sfruttando l'introduzione di incentivi in Sud Carolina e Oregon, e utilizzando come controfattuale il Colorado. Entrambi gli studi trovano un riscontro positivo sull'effetto delle policy introdotte.

Il mercato dei veicoli elettrici può essere assimilato a una piattaforma multilato, in cui possono essere identificati almeno tre partecipanti principali: i consumatori, le aziende produttrici di veicoli elettrici e le aziende produttrici dell'infrastruttura di ricarica. Rysman (2007) effettua questo tipo di operazione: l'autore studia il mercato delle carte di credito negli Stati Uniti, usando dati del periodo 1998-2001, assimilandolo a una piattaforma a due lati. L'articolo mostra le preferenze dei consumatori verso l'utilizzo di un approccio single-homing o multi-homing e stabilisce una correlazione tra l'utilizzo da parte dei consumatori e l'accettazione da parte dei negozianti. Per una panoramica generale sulla teoria relativa al tema delle piattaforme, dei principali aspetti economici correlati e delle implicazioni dal punto di vista dell'antitrust e delle regolazioni, si fa riferimento al lavoro di Rysman (2009). Sanchez-Cartas & León (2021), invece, organizzano gli ultimi 20 anni di ricerca sulle piattaforme multilato, concentrandosi in particolare su 3 elementi essenziali: effetti di rete, struttura di prezzo e diritti di controllo.

Per quanto riguarda gli effetti di rete, Rysman (2004) stima l'entità degli effetti di rete nel mercato delle Pagine Gialle, stimando l'impatto di tre attori contemporaneamente, cioè l'editore, i consumatori e gli inserzionisti. Chu & Manchanda (2015), invece, quantificano le esternalità di rete dirette e incrociate nella piattaforma C2C Taobao.com, tenendo in considerazione anche fattori non relativi alla rete, come il prezzo del prodotto, la varietà dei prodotti offerti e la qualità del compratore. Infine, Hinz et al. (2020) investigano le condizioni per cui la stima di esternalità di rete dirette e incrociate dovrebbe distinguere tra l'impatto (positivo) sul numero di nuovi clienti di una piattaforma di aste online e quello (negativo) sul numero dei clienti già esistenti, che potrebbero decidere di uscire dalla piattaforma a causa dell'aumento di competizione.

Un altro importante filone della letteratura è quello relativo allo sviluppo e alla diffusione di una nuova piattaforma, con argomenti e risultati che sono validi anche nel caso del mercato dei veicoli elettrici. Cullen & Farronato (2021) studiano i fattori di crescita dei mercati peer-to-peer, concentrandosi sul classico problema chicken-egg e sulla questione dell'entrata in luoghi geograficamente lontani, utilizzando dati raccolti dalla piattaforma Taskrabbit negli USA. Stourm & Albuquerque (2024), invece, analizzano la diffusione spazio-temporale di una piattaforma di car-sharing in Francia, con un modello che tiene conto delle asimmetrie informative e degli effetti di rete, considerando che questi possono esistere anche in luoghi distanti nello spazio, data la mobilità del consumatore.

I seguenti articoli utilizzano tutti il metodo Difference-in-Differences, applicandolo all'introduzione di policy relative alla piattaforma Airbnb. Nonostante la diversità del

tema, questi esempi sono stati utilizzati come guida nell'applicazione del metodo: anche in questo lavoro si vuole studiare l'effetto di uno shock su un mercato assimilabile a una piattaforma multilato. Koster et al. (2021) studiano l'impatto di una policy restrittiva sugli affitti a breve termine, applicata in alcune città della contea di Los Angeles, usando dati sulle prenotazioni di Airbnb nel periodo 2014-2018; Bibler et al. (2022) studiano l'impatto dell'introduzione di una policy relativa all'obbligo di registrazione per gli host nelle città di San Francisco (dicembre 2016) e Chicago (settembre 2017), studiandone anche l'effetto sul numero di pignoramenti causati da ritardi nei pagamenti; Bekkerman et al. (2023) investigano l'effetto causale dell'introduzione di Airbnb sulla quantità e il tipo di investimenti in abitazioni residenziali, utilizzando un dataset di permessi residenziali rilasciati in 20 città degli USA dal 2008 al 2019, e dati di Airbnb nello stesso periodo; Chen et al. (2023) studiano le differenze fra host professionali e non su Airbnb, concentrandosi sull'introduzione di una policy di aprile 2016 in alcuni stati degli USA che limita il numero di proprietà per singolo host (i dati utilizzati sono relativi a 10 città nel periodo ottobre 2014-luglio 2017); Gauß et al. (2024) esaminano l'impatto delle politiche di regolazione che implementano un limite massimo di giorni agli affitti a breve termine su vari attori, basandosi su dati di Airbnb in Germania nel periodo 2015-2019.

Un altro tema indispensabile da analizzare per questo studio sono le ripercussioni macroeconomiche causate dai conflitti e dagli shock sulle forniture di materie prime (come, in questo caso, i combustibili fossili). Il principale riferimento è il lavoro di Novta & Pugacheva (2021), che analizza gli effetti dei conflitti su PIL, consumi, commercio e altre variabili macroeconomiche, mostrando che i costi economici possono essere persistenti, anche oltre la distruzione fisica direttamente causata dalla guerra. Un risultato particolarmente interessante è la riduzione del 58% delle esportazioni a 10 anni dal conflitto: nonostante questo lasso di tempo non sia ancora trascorso per la guerra tra Russia e Ucraina, questo dato indica che l'ipotesi riguardante la diminuzione delle esportazioni di combustibili fossili è valida. Uno dei riferimenti classici sul passaggio da uno shock nell'offerta di petrolio alle conseguenze macroeconomiche è lo studio di Kilian (2008): l'autore mostra che gli shock esogeni alla produzione di petrolio provocano una riduzione temporanea della crescita del PIL e un aumento dell'inflazione, anche se la risposta varia tra Nazioni: per alcuni degli shock petroliferi esaminati non c'è evidenza di un impatto sostanziale, per altri si registra un rallentamento della crescita per alcune delle Nazioni esaminate. Känzig (2021), invece, non si limita ad analizzare solamente lo shock effettivo dell'offerta, ma anche le aspettative sulle sue variazioni future, sfruttando le notizie sugli annunci dell'OPEC. L'autore trova che una notizia negativa sull'offerta di petrolio aumenta immediatamente il prezzo del petrolio e successivamente riduce l'attività economica, aumentando prezzi e aspettative di inflazione: non è, quindi, necessario che una riduzione dell'offerta si materializzi completamente affinché si verifichino effetti macroeconomici. Un altro riferimento importante sullo stesso meccanismo è il lavoro di Baumeister & Peersman (2013), in cui gli autori mostrano che la risposta dell'economia agli shock petroliferi è cambiata nel tempo: uno stesso shock di produzione può generare effetti differenti sui prezzi e sull'attività economica a seconda del periodo storico. Dunque, questo indica che l'impatto di uno shock sulle materie prime dipende dalla struttura energetica e dalla vulnerabilità dell'economia che lo subisce.

Infine, lavori come Aizenman et al. (2024) analizzano gli effetti dello specifico conflitto tra Russia e Ucraina: in questo caso, gli effetti della guerra sui mercati delle commodity agricole ed energetiche. Si trovano, ad esempio, evidenze di effetti sul prezzo del grano, del mais e soprattutto del gas naturale in Europa, con la registrazione di un aumento di prezzo circa del 7,5% per quest'ultimo. Altri mercati, come quelli asiatici e nordamericani, sono meno influenzati dal conflitto, data la regionalità del commercio di gas naturale. Rojas-Romagosa (2024), similmente, analizza le interruzioni delle forniture di gas naturale russo verso l'Europa. I risultati mostrano che le Nazioni maggiormente dipendenti dal gas russo subiscono perdite di PIL maggiori; inoltre, il consumo di combustibili fossili in Europa è diminuito, insieme alla dipendenza energetica dalle importazioni di gas naturale proveniente dalla Russia, anche se la maggior parte di questi consumi sarà sostituita da altri fornitori. Anche Tong (2024) analizza 86 diverse economie e trova che la guerra ha prodotto una combinazione di riduzione del PIL, aumento dell'inflazione e forte aumento dei prezzi di energia, alimentari e metalli. L'effetto è eterogeneo in funzione dei pattern commerciali e della dipendenza energetica delle Nazioni, con effetti differenti in funzione dell'esposizione allo shock: importatori energetici e Nazioni che condividono un confine o legami commerciali e militari con Russia e Ucraina sono stati maggiormente colpiti da questi effetti.

Capitolo 3

Il conflitto russo-ucraino

L'invasione russa dell'Ucraina, iniziata nel febbraio 2022, ha rappresentato uno dei principali shock geopolitici ed economici degli ultimi anni. Sebbene il conflitto sia geograficamente concentrato nell'Europa orientale, le sue conseguenze economiche hanno assunto una dimensione internazionale, interessando i mercati dell'energia e delle materie prime, il commercio internazionale, l'inflazione e l'attività economica. La rilevanza macroeconomica del conflitto deriva, infatti, non soltanto dalla distruzione direttamente associata alle operazioni militari, ma anche dalla posizione di Russia e Ucraina all'interno dei mercati internazionali. In particolare, prima dell'inizio del conflitto la Russia rappresentava un importante esportatore di combustibili fossili, mentre entrambe le Nazioni rivestivano un ruolo significativo nell'offerta globale di alcune materie prime agricole e industriali.

Un primo canale di trasmissione dello shock è stato quindi rappresentato dalla riduzione e dalla riallocazione dei flussi commerciali. A seguito dell'invasione, diverse Nazioni hanno introdotto sanzioni commerciali e finanziarie nei confronti della Russia, mentre le autorità russe hanno adottato misure di ritorsione e ridotto progressivamente le esportazioni verso alcune Nazioni europee. Il settore energetico ha assunto particolare rilevanza, soprattutto per quanto riguarda il gas naturale. L'elevata dipendenza di numerose economie europee dalle importazioni russe ha infatti fatto sì che la riduzione delle forniture costituisse uno shock di offerta con conseguenze differenti a seconda della struttura energetica e commerciale delle singole Nazioni. Come sottolinea Rojas-Romagosa (2024), la dipendenza europea dal gas russo ha rappresentato una fonte di vulnerabilità significativa, soprattutto considerando la minore sostituibilità del gas naturale rispetto al petrolio, dovuta alla necessità di infrastrutture specifiche per il trasporto tramite gasdotto o per l'importazione di LNG.

Il ruolo dell'energia è particolarmente importante perché uno shock alle forniture di una materia prima essenziale può trasmettersi all'intera economia attraverso i prezzi e i costi di produzione. Il gas naturale costituisce infatti un input diretto per numerosi settori produttivi e, indirettamente, influenza il costo dell'elettricità e di altri beni e servizi. L'aumento dei prezzi energetici può pertanto determinare contemporaneamente una riduzione dell'offerta aggregata e una diminuzione del reddito reale delle famiglie. In questo senso, Tong (2024) identifica il conflitto russo-ucraino come uno shock di offerta di natura contrattiva: gli shock associati alla guerra sono seguiti da una diminuzione

del PIL e da un aumento delle aspettative di inflazione e dei prezzi delle commodity. L'autore evidenzia inoltre una significativa eterogeneità degli effetti, con conseguenze più marcate per le Nazioni caratterizzate da una maggiore dipendenza energetica o da legami commerciali e geografici più stretti con Russia e Ucraina.

L'evoluzione dei mercati delle materie prime conferma la rilevanza di questo meccanismo. Aizenman et al. (2024) mostrano che gli shock derivanti dall'invasione russa hanno avuto effetti significativi sui mercati delle commodity. In particolare, gli autori stimano un aumento di circa il 7,5% del prezzo del gas naturale europeo in risposta allo shock geopolitico, mentre gli effetti risultano più contenuti sui mercati statunitensi e asiatici. Vengono inoltre rilevati aumenti dei prezzi di alcune commodity agricole, come grano e mais. La maggiore sensibilità del mercato europeo del gas viene ricondotta alla struttura regionale di questo mercato e alla rilevanza delle forniture russe per l'Europa.

L'aumento dei prezzi energetici ha rappresentato quindi un importante canale di trasmissione dall'ambito geopolitico a quello macroeconomico. Da un lato, l'aumento dei costi degli input energetici ha esercitato pressione sui costi di produzione delle imprese; dall'altro, l'aumento dei prezzi pagati dalle famiglie ha determinato una riduzione del loro reddito reale. L'effetto complessivo è stato pertanto caratterizzato dalla combinazione di maggiore inflazione e minore attività economica. La letteratura empirica sul conflitto russo-ucraino conferma questo meccanismo: Tong (2024) rileva infatti un aumento persistente dei prezzi di energia, alimentari e metalli, accompagnato da un peggioramento delle condizioni macroeconomiche e da un incremento dello stress finanziario internazionale. Gli effetti non sono tuttavia risultati uniformi tra le Nazioni europee. La diversa esposizione allo shock energetico ha costituito un elemento determinante nella dimensione delle conseguenze economiche. Prima della guerra, infatti, alcune Nazioni presentavano una dipendenza molto maggiore dalle importazioni di gas naturale russo rispetto ad altri. Le analisi dell'autore mostrano che, in uno scenario di completa interruzione delle forniture russe, le aree dell'Europa centrale e orientale maggiormente dipendenti avrebbero potuto subire carenze di gas pari a una quota molto elevata del consumo nazionale e perdite di PIL significativamente superiori rispetto al resto d'Europa. È importante sottolineare, tuttavia, che queste stime rappresentano scenari controfattuali e non devono essere interpretate direttamente come una misura ex post dell'effetto effettivamente osservato. La dimensione dello shock dipende infatti dalla possibilità di sostituire le forniture russe, dall'integrazione dei mercati energetici e dalla capacità di modificare consumi e produzione.

Un elemento fondamentale per comprendere l'evoluzione dello shock è quindi la capacità di sostituzione delle importazioni energetiche. Nel breve periodo, la sostituzione del gas russo risultava particolarmente complessa a causa delle caratteristiche fisiche e infrastrutturali del mercato. Nel medio periodo, tuttavia, l'Europa ha potuto aumentare le importazioni di LNG e quelle provenienti da altri fornitori. Rojas-Romagosa (2024) mostra che, nello scenario di completa interruzione del commercio energetico tra Russia e Unione Europea, la maggior parte delle importazioni precedentemente provenienti dalla Russia verrebbe sostituita da forniture provenienti da altre Nazioni, tra cui Norvegia, Stati Uniti, Qatar e Algeria. Tale processo ridurrebbe la dipendenza diretta dalla Russia,

senza tuttavia eliminare completamente la dipendenza europea dalle importazioni energetiche dall'estero. La stessa analisi evidenzia una distinzione importante tra gli effetti di breve e di medio periodo. Nel breve periodo, l'interruzione delle forniture russe ha contribuito a determinare prezzi energetici molto elevati e perdite economiche significative nelle Nazioni maggiormente esposte. Nel medio periodo, la sostituzione dei fornitori e l'espansione delle importazioni di LNG attenuano invece parte degli effetti.

Lo shock ha avuto inoltre conseguenze sulla sicurezza energetica e sulla struttura del sistema energetico europeo. La necessità di ridurre la dipendenza dalle importazioni russe ha accelerato il processo di diversificazione delle fonti e dei fornitori e, parallelamente, ha contribuito alla riduzione del consumo di combustibili fossili in Europa. Secondo Rojas-Romagosa (2024), il processo di sostituzione delle forniture russe può condurre nel medio periodo a una modifica del mix di generazione elettrica e a una riduzione delle emissioni europee. Questo risultato evidenzia una possibile conseguenza di lungo periodo dello shock: un evento inizialmente associato a una maggiore vulnerabilità energetica può, attraverso la necessità di diversificazione, incentivare investimenti in fonti alternative e accelerare alcuni processi di transizione energetica, come ad esempio la diffusione dei veicoli elettrici.

Nel complesso, la letteratura suggerisce quindi che la guerra russo-ucraina debba essere interpretata come uno shock geopolitico con molteplici canali di trasmissione macroeconomica. Il conflitto ha prodotto interruzioni e riallocazioni dei flussi commerciali, aumenti dei prezzi delle materie prime, pressioni inflazionistiche e una riduzione dell'attività economica. Tuttavia, la dimensione di tali effetti è risultata fortemente eterogenea, in funzione della dipendenza energetica, della struttura produttiva, dei legami commerciali e della possibilità di sostituire rapidamente le forniture provenienti dalla Russia. Questa eterogeneità è particolarmente rilevante ai fini dell'analisi empirica, poiché implica che l'esposizione alla guerra non possa essere rappresentata adeguatamente attraverso una semplice variabile binaria che distingua tra Nazioni coinvolte e non coinvolte nel conflitto. In questo senso, la letteratura offre una motivazione per adottare misure differenziate dell'esposizione allo shock. La dipendenza energetica, la quota di consumo di combustibili fossili, la struttura dei flussi commerciali e la distanza geografica dal conflitto rappresentano dimensioni differenti della vulnerabilità di una Nazione. L'approccio adottato nel presente lavoro si inserisce in questo filone, analizzando se la diversa esposizione delle Nazioni europee allo shock associato alla guerra abbia prodotto effetti eterogenei sull'adozione dei veicoli elettrici.

Capitolo 4

Dataset e metodi econometrici utilizzati

In questo capitolo saranno descritti il contenuto e la provenienza dei dati raccolti, oltre ai metodi econometrici utilizzati nell'analisi.

Il contesto empirico di questo studio è il mercato europeo dei veicoli elettrici, nel periodo intorno all'invasione da parte della Russia in Ucraina, avvenuta il 24 febbraio 2022. Per poter meglio evidenziare l'effetto dello shock, i dati raccolti e utilizzati sono aggregati a livello Nazione-mese, e appartengono all'intervallo temporale che inizia da gennaio 2020 e termina a luglio 2024. Sono rappresentate le 27 Nazioni appartenenti all'Unione Europea, più altre 6 Nazioni europee che non ne fanno parte (Islanda, Liechtenstein, Norvegia, Regno Unito, Svizzera e Turchia). Le singole fonti e le variabili saranno descritte nella sezione 4.1.

4.1 Fonti e variabili

I dati utilizzati in questo studio sono stati raccolti da molteplici fonti; la principale è rappresentata dallo European Alternative Fuels Observatory (EAFO), da cui sono stati estratti i dati relativi alle vendite di veicoli elettrici e alla presenza dell'infrastruttura di ricarica. In particolare, le variabili provenienti da questa fonte sono:

- il numero di immatricolazioni di auto elettriche in ogni Nazione, a livello mensile;
- la quota di immatricolazioni di auto elettriche sul totale delle immatricolazioni nella Nazione, a livello mensile (questo dato è disponibile solo per le 27 Nazioni appartenenti all'Unione Europea);
- il numero di punti di ricarica (includendo sia la versione a corrente alternata che quella a corrente continua) presente sul territorio di ogni Nazione, a livello trimestrale nel periodo da gennaio 2020 a dicembre 2022 (in questo caso, il dato relativo al trimestre è stato assegnato, identico, ad ognuno dei mesi che ne fanno parte) e a livello mensile da gennaio 2023 a luglio 2024.

Per ovviare alla mancanza del dato sulla quota di immatricolazioni per alcune Nazioni incluse nel dataset, è stata definita un'altra misura affine: il rapporto tra il numero di immatricolazioni di auto elettriche e il numero totale di veicoli circolanti (moltiplicato per 1000), indipendentemente dal tipo di alimentazione, nel mese e nella Nazione di riferimento. Queste due misure sono simili, contenendo entrambe dati in forma percentuale, ma varia il dato a denominatore del rapporto: nel primo caso, anch'esso è un flusso, ovvero il numero totale delle immatricolazioni di veicoli avvenute nel periodo e nella Nazione di riferimento; nel secondo caso, il denominatore contiene una misura dello stock di veicoli presenti. La fonte per questo dato è l'Eurostat, che fornisce informazioni su ognuna delle 33 Nazioni oggetto di questo studio, ma a livello annuale. Come nel caso precedente, il valore relativo al singolo anno è stato assegnato ad ogni mese che ne fa parte. Nelle analisi svolte sono state utilizzate entrambe le misure, tenendo conto della mancanza di alcuni dati nel primo caso.

Altre informazioni relative agli indicatori di sviluppo sono state raccolte dal database World Development Indicators reso disponibile dalla World Bank, per essere utilizzate come variabili di controllo o per effettuare operazioni di normalizzazione di altre variabili. In particolare, sono state estratte, per ogni Nazione, le seguenti variabili:

- il PIL pro capite, espresso in dollari internazionali a parità di potere d'acquisto (PPP) costanti del 2021;
- la superficie terrestre, espressa in chilometri quadrati, al netto delle acque interne;
- la superficie totale, espressa in chilometri quadrati, comprensiva delle acque interne;
- il numero di abitanti;
- la densità di popolazione, espressa in abitanti per chilometro quadrato di superficie terrestre;
- la proporzione di popolazione urbana, espressa in percentuale sul numero totale di abitanti.

Ognuno di questi indicatori è disponibile solo con una granularità annuale; dunque, come nei casi precedenti, ogni valore è stato propagato ai 12 mesi relativi.

Infine, gli ultimi dati raccolti sono legati alla costruzione delle misure di trattamento, che saranno meglio definite nella sezione 4.3. Questi dati sono riferiti alle 33 Nazioni incluse nello studio nel 2019, anno immediatamente precedente all'intervallo di tempo definito all'inizio del capitolo 4, in modo da essere rappresentativi delle caratteristiche delle Nazioni, ma allo stesso tempo evitando possibili correlazioni con il resto dei dati utilizzati nelle analisi. I dati raccolti possono essere categorizzati in tre diversi gruppi, in base alla provenienza e al contenuto, e contengono, per ogni Nazione nel 2019, le seguenti informazioni:

- la distanza dalla zona del conflitto, ponderata per la distribuzione della popolazione (fare riferimento alla sezione 4.3.3 per una descrizione più dettagliata), espressa in chilometri (fonte: database GeoDist, CEPII);

- il Net Energy Import, espresso in percentuale sull'uso di energia (fonte: database World Development Indicators, World Bank);
- il consumo, espresso in TWh, di petrolio, carbone, gas naturale, biocarburanti, energia nucleare, idroelettrica, eolica e solare, altre fonti rinnovabili (incluse energia termica e biomasse) (fonte: Our World in Data, University of Oxford);
- l'import e l'export, espressi in PJ, di carbone e simili, petrolio e simili, gas naturale, elettricità, energia termica, energia nucleare, derivati del petrolio, rinnovabili e rifiuti, e import/export totali (fonte: World Energy Balances Highlights, International Energy Agency);
- l'andamento del prezzo globale dei diversi combustibili fossili, espresso in dollari (fonte: Commodities Price Data, World Bank).

4.2 Dati mancanti e pulizia

Il lavoro di raccolta dei dati da molteplici fonti ha inevitabilmente generato alcuni problemi di completezza del dataset. In questa sezione sono descritte le mancanze riscontrate e le eventuali azioni intraprese per risolvere il problema. In particolare, risultano mancanti:

- il dato sullo stock di veicoli per il Regno Unito nel 2020; in modo da evitare di perdere 12 mesi di dati per questa Nazione, il dato mancante è stato sostituito con un'interpolazione fra i dati relativi al 2018 e al 2021 (anche il dato sul 2019 non è presente nel database dell'Eurostat);
- il dato sul PIL del Liechtenstein;
- i dati su superficie terrestre, superficie totale (e quindi densità di popolazione) nel 2024; data la stabilità di queste misure, i dati sono stati sostituiti con quelli relativi al 2023;
- il dato sulla distanza dalla zona del conflitto del Liechtenstein;
- i dati sul Net Energy Import di Cipro, Islanda e Liechtenstein;
- i dati sul mix energetico di Liechtenstein e Malta;
- i dati su import/export di combustibili di Bulgaria, Croazia, Cipro, Liechtenstein, Malta, Romania.

4.3 Metodi econometrici

Per analizzare nel modo migliore l'effetto dello shock sull'adozione dei veicoli elettrici, l'analisi econometrica è basata sul metodo Difference-in-Differences. Il giorno preciso dell'inizio dell'invasione è il 24 febbraio 2022: dunque, la variabile *post* assume valore 1 a partire da marzo 2022. Più complicata è la gestione della variabile *treated*: la difficoltà di

questo studio è proprio nella definizione della misura di trattamento. In questa sezione è descritto questo processo, con i diversi casi esaminati, avendo prima analizzato i dati singolarmente, per poi combinarli in una misura unica.

4.3.1 Net Energy Import

La prima misura di trattamento è stata costruita utilizzando unicamente i dati relativi al Net Energy Import, ovvero le importazioni nette di energia, calcolate come differenza tra le importazioni e le esportazioni, ed espresse come percentuale sul consumo energetico totale. Questa variabile misura la dipendenza energetica di ogni Nazione dall'estero: valori positivi indicano che la Nazione è un importatore netto di energia, mentre valori negativi indicano che è un esportatore netto. Dunque, questa misura può essere utile per identificare le Nazioni che hanno subito maggiormente gli effetti dell'evento. Le statistiche descrittive sono riassunte nella tabella 4.1.

Tabella 4.1. Statistiche descrittive della variabile sul Net Energy Import.

Statistic	**Value**
Observations	30
Mean	51.2
Standard Deviation	141.0
Median	63.6
Skewness	-2.8
Kurtosis	17.7
Minimum	-597.0
Maximum	424.2

Le tre Nazioni il cui dato risulta mancante, come descritto nella sezione 4.2, sono Cipro, Islanda e Liechtenstein. Le Nazioni con il valore minimo (Norvegia) e il valore massimo (Malta) rappresentano due outlier: il resto dei valori è compreso tra 5% e 110%. L'unico esportatore netto è, quindi, la Norvegia: per questo non è stato possibile categorizzare le Nazioni in esportatori e importatori netti. Le figure seguenti contengono l'istogramma della distribuzione, rispettivamente, con tutti i valori (figura 4.1) ed escludendo gli outlier (figura 4.2). La tabella 4.2, invece, contiene una lista delle Nazioni in ordine crescente, secondo i valori della variabile relativa al Net Energy Import.

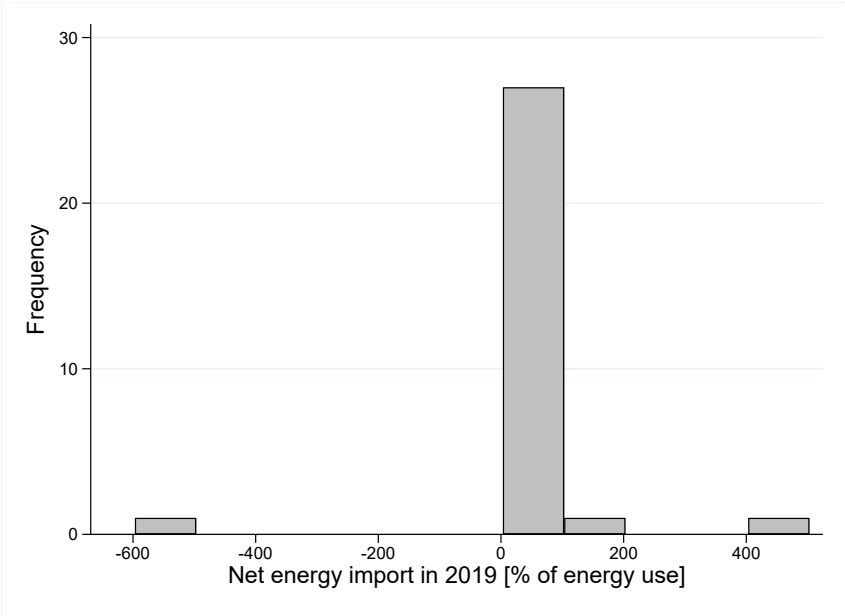


Figura 4.1. Distribuzione della variabile relativa al Net Energy Import.

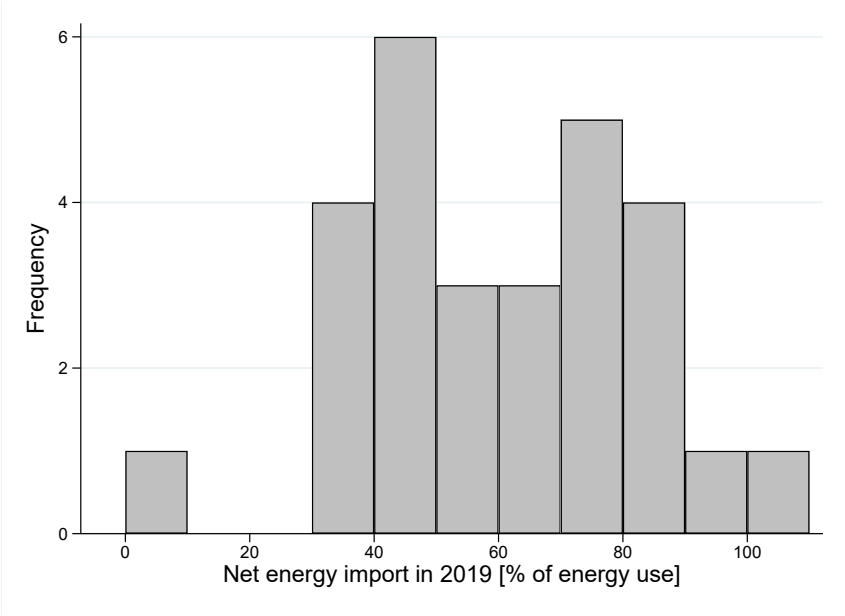


Figura 4.2. Distribuzione della variabile relativa al Net Energy Import, escludendo gli outlier.

Tabella 4.2. Valori ordinati della variabile relativa al Net Energy Import per Nazione.

#	**Country**	**Net Energy Import** [%]
1	Norway	−597.0
2	Estonia	5.1
3	Romania	30.4
4	Sweden	32.0
5	United Kingdom	36.5
6	Bulgaria	39.3
7	Czech Republic	41.0
8	Denmark	43.8
9	Finland	44.4
10	Poland	45.9
11	Latvia	48.4
12	France	49.7
13	Slovenia	52.8
14	Switzerland	55.4
15	Croatia	57.8
16	Slovakia	69.5
17	Hungary	69.8
18	Germany	69.9
19	Turkey	72.2
20	Austria	74.5
21	Ireland	75.4
22	Netherlands	78.3
23	Lithuania	79.1
24	Italy	82.2
25	Spain	82.9
26	Portugal	84.4
27	Greece	87.5
28	Belgium	90.9
29	Luxembourg	109.5
30	Malta	424.2

Osservando i singoli valori, si può notare come ci sia un divario tra la Croazia (posizione 15, valore 57.8%) e la Slovacchia (posizione 16, valore 69.5%). Dato che questo divario divide le Nazioni nella tabella esattamente a metà, come prima analisi è stato deciso di costituire il gruppo trattato con le 15 Nazioni con un valore superiore al 58%, e il gruppo di controllo con le restanti 15. I modelli di regressione con questa misura di trattamento e i relativi risultati sono discussi nella sezione 5.1.

4.3.2 Dipendenza energetica da combustibili fossili

La seconda misura di trattamento è stata costruita utilizzando unicamente i dati relativi al mix energetico delle singole Nazioni, ovvero la proporzione del consumo nazionale per ogni diversa fonte di energia. In particolare, è stata analizzata la dipendenza energetica di ogni Nazione dai combustibili fossili, calcolando la proporzione del consumo di carbone, petrolio e gas naturale sul consumo totale. Le esportazioni di questi tre tipi di combustibili dalle zone coinvolte nella guerra (principalmente dalla Russia) verso il resto dell'Europa sono drasticamente diminuite dallo scoppio del conflitto, dunque questa misura potrebbe essere utile ad identificare quali Nazioni abbiano subito maggiormente gli effetti dell'evento. Le statistiche descrittive della variabile, in forma percentuale, sono riassunte nella tabella 4.3.

Tabella 4.3. Statistiche descrittive della variabile relativa al consumo di combustibili fossili.

Statistic	**Value**
Observations	31
Mean	74.6
Standard Deviation	18.7
Median	79.3
Skewness	-1.2
Kurtosis	3.7
Minimum	27.0
Maximum	96.2

Le due Nazioni il cui dato risulta mancante, come descritto nella sezione 4.2, sono Liechtenstein e Malta. La figura 4.3 contiene l'istogramma della distribuzione di questa variabile. La tabella 4.4, invece, contiene una lista delle Nazioni in ordine crescente, secondo i valori della variabile relativa al consumo di combustibili fossili.

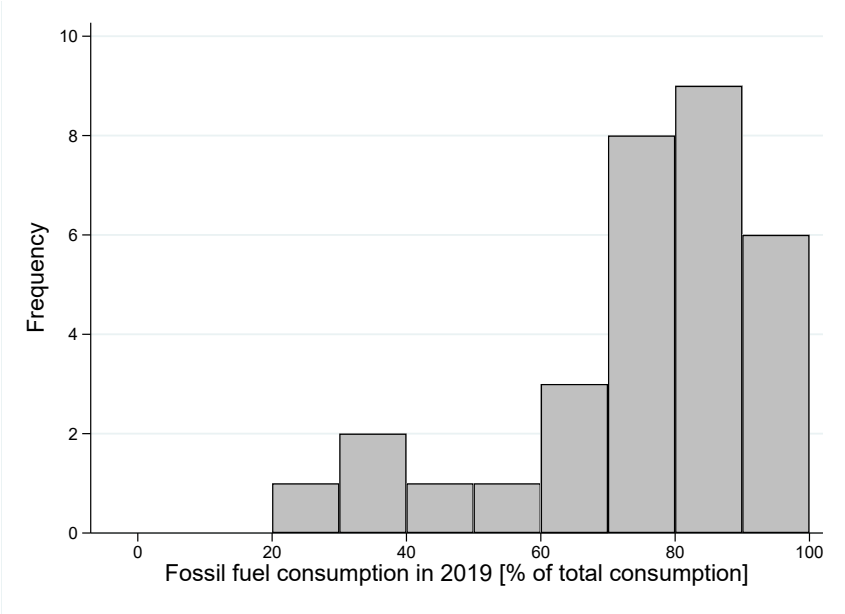


Figura 4.3. Distribuzione della variabile relativa al consumo di combustibili fossili.

Tabella 4.4. Valori ordinati della variabile relativa al consumo di combustibili fossili per Nazione

#	**Country**	**Fossil Fuel Consumption** [%]
1	Iceland	27.0
2	Sweden	31.4
3	Norway	33.3
4	Switzerland	49.2
5	France	52.1
6	Finland	60.9
7	Slovenia	65.0
8	Austria	68.2
9	Slovakia	70.8
10	Bulgaria	72.0
11	Spain	74.6
12	Romania	75.7
13	Denmark	76.5
14	Portugal	77.6
15	Croatia	79.3
16	Belgium	79.3
17	Czech Republic	80.2
18	Germany	80.6
19	Hungary	81.7
20	United Kingdom	82.4
21	Turkey	83.4
22	Ireland	83.8
23	Latvia	85.6
24	Italy	86.4
25	Greece	86.9
26	Lithuania	91.7
27	Luxembourg	94.0
28	Netherlands	94.0
29	Poland	95.2
30	Cyprus	96.1
31	Estonia	96.2

Osservando i singoli valori, si può notare come, a differenza del caso precedente, non esista un divario significativo che divida le Nazioni in due classi. Quindi, per avere due gruppi di numerosità simile, è stato deciso di costituire il gruppo trattato con le 15 Nazioni con un valore superiore all'80%, e il gruppo di controllo con le restanti 16. I modelli di regressione con questa misura di trattamento e i relativi risultati sono discussi nella sezione 5.2.

4.3.3 Distanza dalla zona del conflitto

La terza misura di trattamento è stata costruita utilizzando unicamente i dati relativi alla distanza delle singole Nazioni dalla zona del conflitto. Questa misura è stata costruita calcolando le distanze in chilometri dalla Russia e dall'Ucraina per ogni Nazione del dataset, e normalizzandole in base alla distribuzione della popolazione tra le due Nazioni: il valore è calcolato come media ponderata delle distanze tra le principali aree abitate delle due Nazioni di cui si sta calcolando la distanza, attribuendo un peso maggiore alle regioni più popolate. Per ognuna delle Nazioni presenti nel dataset, è stato considerato il valore minore tra le distanze relative alla Russia e all'Ucraina, così da rappresentare la misura di interesse con una singola variabile. Questa misura fornisce, rispetto alla tradizionale distanza geodetica (tra capitali, ad esempio), una stima più realistica della distanza economica e geografica tra due Nazioni, ed è ampiamente utilizzata nella letteratura economica. Per una descrizione ancora più approfondita del calcolo delle distanze fra Nazioni svolto in questa maniera, si faccia riferimento al lavoro di Mayer & Zignago (2011), che presenta il contenuto del dataset nella sua interezza e spiega la costruzione delle diverse variabili relative alle distanze. L'inclusione di questa misura è necessaria per capire se le Nazioni geograficamente più vicine alla zona del conflitto abbiano subito maggiormente gli effetti dell'evento. Le statistiche descrittive sono riassunte nella tabella 4.5.

Tabella 4.5. Statistiche descrittive della variabile relativa alla distanza dalla zona del conflitto.

Statistic	**Value**
Observations	32
Mean	1743.9
Standard Deviation	720.9
Median	1587.6
Skewness	1.1
Kurtosis	3.6
Minimum	751.5
Maximum	3623.5

La Nazione il cui dato risulta mancante, come descritto nella sezione 4.2, è il Liechtenstein. La figura 4.4 contiene l'istogramma della distribuzione di questa variabile. La tabella 4.6, invece, contiene una lista delle Nazioni in ordine crescente, secondo i valori della variabile relativa alla distanza dalla zona del conflitto.

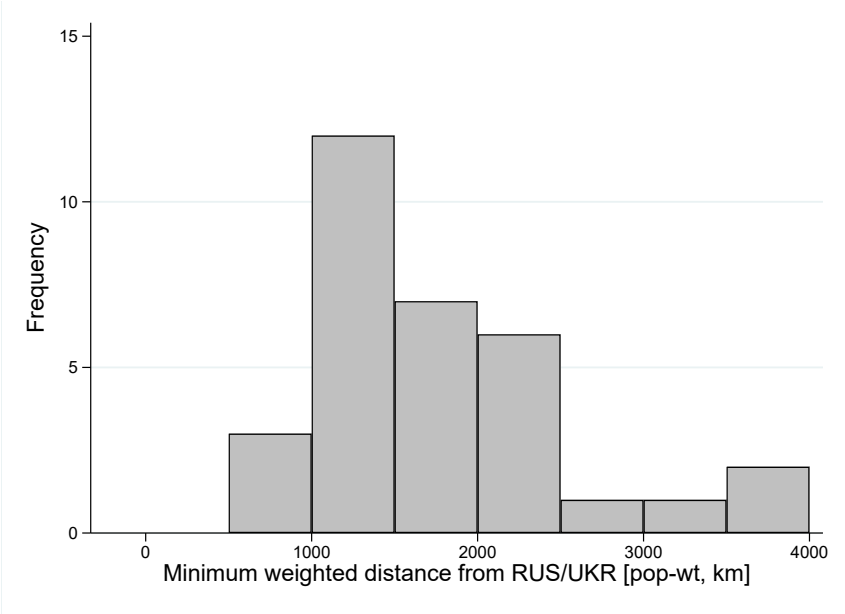


Figura 4.4. Distribuzione della variabile relativa alla distanza dalla zona del conflitto.

Tabella 4.6. Valori ordinati della variabile relativa alla distanza dalla zona del conflitto.

#	**Country**	**Minimum weighted distance from RUS/UKR [pop-wt, km]**
1	Romania	751.5
2	Bulgaria	969.6
3	Lithuania	977.2
4	Slovakia	1054.6
5	Poland	1055.5
6	Hungary	1064.8
7	Latvia	1099.3
8	Turkey	1119.2
9	Estonia	1274.1
10	Czech Republic	1289.9
11	Austria	1338.3
12	Croatia	1355.5
13	Slovenia	1421.0
14	Greece	1425.4
15	Finland	1499.5
16	Cyprus	1558.6
17	Sweden	1616.6
18	Denmark	1672.6
19	Germany	1695.7
20	Italy	1810.0
21	Switzerland	1905.3
22	Luxembourg	1967.2
23	Norway	2004.2
24	Netherlands	2011.6
25	Belgium	2073.2
26	Malta	2106.7
27	France	2275.2
28	United Kingdom	2450.9
29	Ireland	2814.6
30	Spain	3004.6
31	Portugal	3517.1
32	Iceland	3623.5

Osservando i singoli valori, si può notare come non esista un divario significativo che divida le Nazioni in due classi. Quindi, per avere due gruppi di numerosità simile, è stato deciso di costituire il gruppo trattato con le 16 Nazioni con una distanza inferiore a 1600 km, e il gruppo di controllo con le restanti 16. I modelli di regressione con questa misura di trattamento e i relativi risultati sono discussi nella sezione 5.3.

4.3.4 Import/Export di combustibili fossili

La quarta misura di trattamento è stata costruita utilizzando i dati relativi alle importazioni nette di combustibili fossili di ogni Nazione, espresse in percentuale sul consumo energetico interno nel 2019.

In particolare, sono state considerate come importazioni di combustibili fossili quelle relative a carbone, gas naturale, petrolio greggio, NGL (Natural Gas Liquids), prodotti destinati alla raffinazione, e derivati del petrolio (come benzina, gasolio e altri carburanti). La somma di questi valori è stata poi rapportata al consumo energetico totale di ogni Nazione, che include, oltre alle fonti di energia già elencate, i biocarburanti, l'energia solare, eolica, idroelettrica e nucleare, oltre alle altre fonti rinnovabili (come l'energia geotermica e le biomasse). La misura così costruita permette di identificare le Nazioni il cui fabbisogno energetico dipende maggiormente dalle importazioni di combustibili fossili, in modo simile a quanto descritto nella sezione 4.3.2, in cui, però, non è considerata la provenienza delle fonti. Le statistiche descrittive sono riassunte nella tabella 4.7.

Tabella 4.7. Statistiche descrittive della variabile relativa alle importazioni nette di combustibili fossili.

Statistic	**Value**
Observations	27
Mean	43.6
Standard Deviation	89.8
Median	65.9
Skewness	-4.5
Kurtosis	22.5
Minimum	-393.5
Maximum	92.9

Le 6 Nazioni il cui dato risulta mancante, come descritto nella sezione 4.2, sono Bulgaria, Croazia, Cipro, Liechtenstein, Malta e Romania. Il valore minimo (-393.5%) appartiene alla Norvegia e rappresenta un outlier, come mostrato dalla figura 4.5, che contiene l'istogramma della distribuzione di questa variabile. Per questo motivo, la figura 4.6 contiene l'istogramma della distribuzione escludendo la Norvegia. La tabella 4.8, invece, contiene una lista delle Nazioni in ordine crescente, secondo i valori della variabile relativa alle importazioni nette di combustibili fossili.

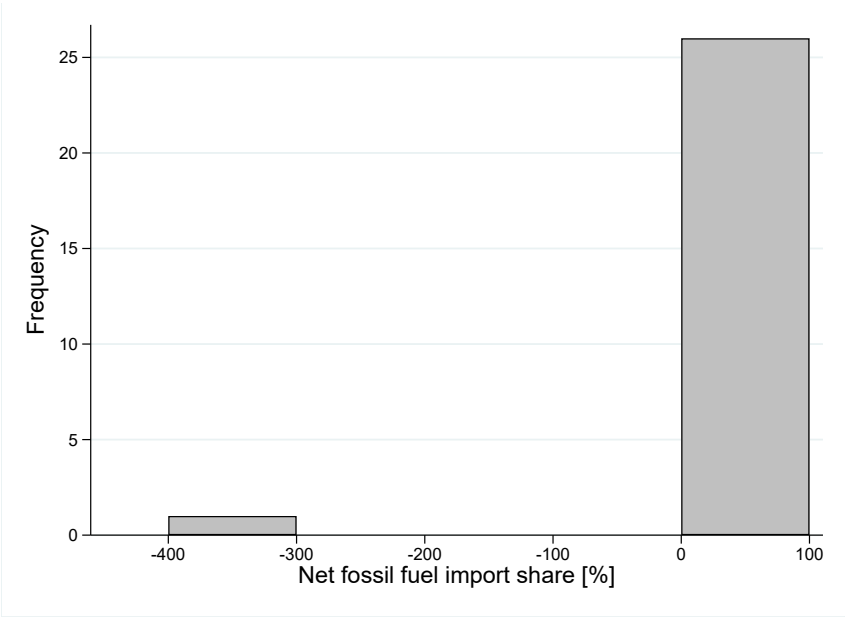


Figura 4.5. Distribuzione della variabile relativa alle importazioni nette di combustibili fossili.

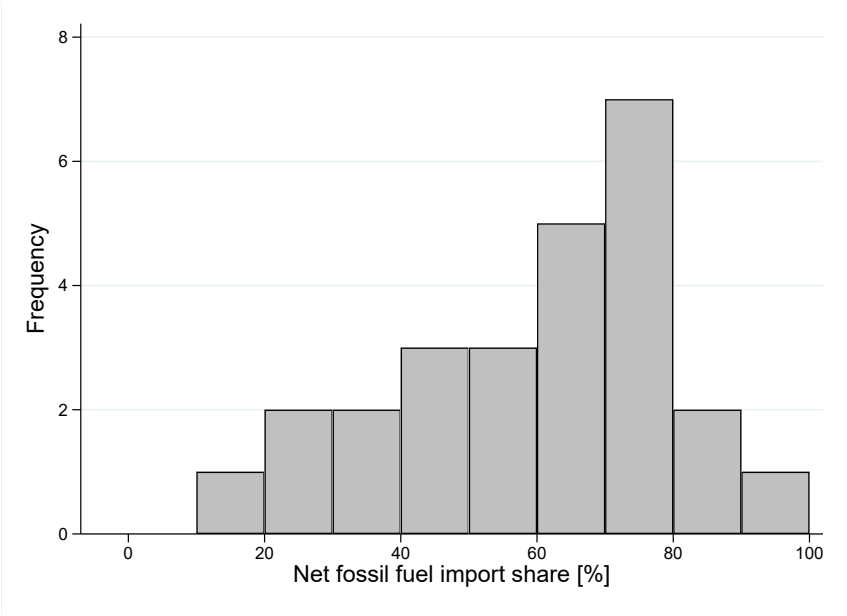


Figura 4.6. Distribuzione della variabile relativa alle importazioni nette di combustibili fossili, escludendo l'outlier.

Tabella 4.8. Valori ordinati della variabile relativa alle importazioni nette di combustibili fossili.

#	**Country**	**Net fossil fuel import share** [%]
1	Norway	−393.5
2	Estonia	14.0
3	Iceland	25.5
4	Denmark	27.8
5	United Kingdom	31.0
6	Sweden	34.0
7	Poland	46.9
8	Czech Republic	47.3
9	Switzerland	49.7
10	Finland	52.5
11	Slovenia	52.8
12	France	54.2
13	Ireland	64.0
14	Netherlands	65.9
15	Greece	68.2
16	Turkey	68.5
17	Germany	68.8
18	Austria	70.5
19	Spain	75.4
20	Slovakia	76.7
21	Portugal	76.9
22	Hungary	77.1
23	Italy	77.7
24	Belgium	79.9
25	Latvia	82.9
26	Lithuania	89.9
27	Luxembourg	92.9

Osservando i singoli valori, si può notare come ci sia un divario tra la Francia (posizione 12, valore 54.2%) e l'Irlanda (posizione 13, valore 64.0%). Quindi, in modo da avere due gruppi di numerosità simile, è stato deciso di costituire il gruppo trattato con le 15 Nazioni con un valore superiore al 55%, e il gruppo di controllo con le restanti 12. I modelli di regressione con questa misura di trattamento e i relativi risultati sono discussi nella sezione 5.4.

4.3.5 Esposizione energetica

Questa misura di trattamento è stata costruita combinando i dati utilizzati singolarmente nelle sezioni precedenti, seguendo l'esempio di Autor et al. (2013). Per prima cosa, è stato calcolato l'aumento del prezzo globale dei singoli combustibili fossili in seguito al conflitto, come mostrato dall'equazione 4.1.

$$Shock_c = \frac{\overline{P}_{c,\text{Mar–Dec 2022}}}{\overline{P}_{c,\text{2019–2021}}} - 1 \tag{4.1}$$

Per ogni combustibile fossile (petrolio, carbone, gas naturale), l'aumento di prezzo è stato calcolato tramite la proporzione tra il prezzo medio registrato tra marzo e dicembre 2022, ovvero il prezzo post-shock, e il prezzo medio tra il 2019 e il 2021, ovvero il prezzo pre-shock. Tra i vari indici di prezzo proposti dal Pink Sheet della World Bank, sono stati selezionati quelli più rilevanti per il mercato europeo: per il petrolio, l'indice Brent (invece del Dubai, del WTI, o della media fra questi); per il carbone, l'indice sudafricano (invece di quello australiano); per il gas naturale, l'indice europeo (invece di quello statunitense o giapponese). I risultati ottenuti sono mostrati in tabella 4.9.

Tabella 4.9. Aumento dei prezzi internazionali dei combustibili fossili, in seguito allo shock.

Commodity	**Price benchmark**	**Price increase** [%]
Oil	Brent	72.5
Natural Gas	Europe	432.1
Coal	South Africa	193.9

Notes: The price shock for each commodity c is calculated as shown in equation 4.1. The values reported in the table are expressed as percentages.

Si può notare, quindi, che gli aumenti di prezzo sono di entità decisamente diversa per ogni combustibile: per tutti e tre il prezzo è aumentato, ma in maniera molto maggiore per il gas naturale e, in minor parte, per il carbone. Per questo motivo è stato applicato il metodo sviluppato da Autor et al. (2013), che permette di identificare le Nazioni più esposte, considerando la quota di energia consumata che deriva da combustibili fossili, insieme all'aumento del loro prezzo, come mostrato nell'equazione 4.2.

$$EnergyExposure_i = \sum_{c \in \{gas, oil, coal\}} Share_{ic} \times Shock_c \tag{4.2}$$

In questa equazione, $Share_{ic}$ è costituito dalla quota di consumo di gas, petrolio o carbone, rispetto al consumo energetico totale di ogni Nazione del dataset nell'anno 2019;

$Shock_c$, invece, è calcolato come mostrato nell'equazione 4.1. La misura così costruita permette di identificare le Nazioni che, prima dello shock, dipendevano energeticamente dai combustibili fossili il cui prezzo è aumentato maggiormente, compiendo un ulteriore passo rispetto a quanto scritto nelle sezioni 4.3.2 e 4.3.4. Le statistiche descrittive sono riassunte nella tabella 4.10.

Tabella 4.10. Statistiche descrittive della variabile relativa all'esposizione energetica.

Statistic	**Value**
Observations	31
Mean	1.42
Standard Deviation	0.51
Median	1.51
Skewness	-0.76
Kurtosis	2.68
Minimum	0.23
Maximum	2.14

Le due Nazioni il cui valore risulta mancante sono Liechtenstein e Malta, a causa dell'assenza dei dati relativi alla composizione del loro mix energetico. La figura 4.7 contiene l'istogramma della distribuzione di questa variabile. La tabella 4.11, invece, contiene una lista delle Nazioni in ordine crescente, secondo i valori della variabile relativa all'esposizione energetica.

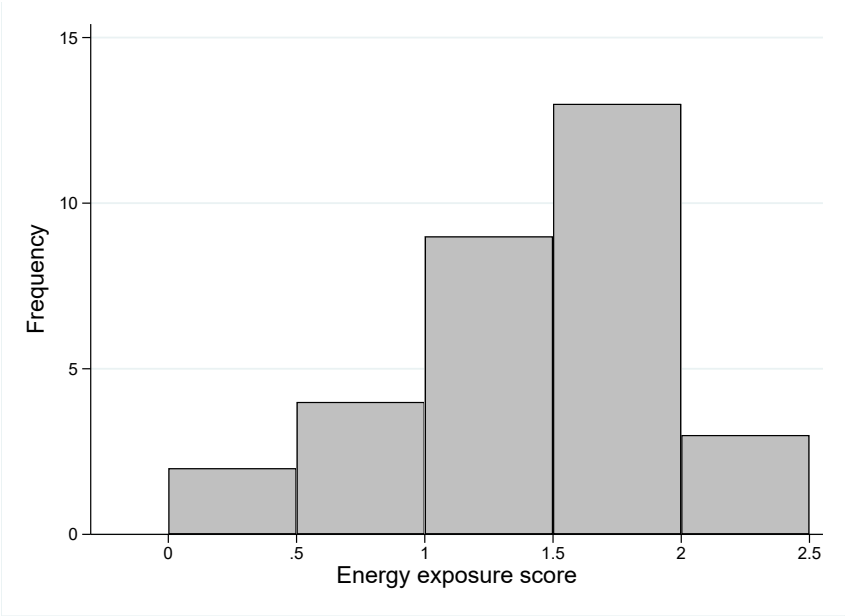


Figura 4.7. Distribuzione della variabile relativa all'esposizione energetica.

Tabella 4.11. Valori ordinati della variabile relativa all'esposizione energetica.

#	**Country**	**Energy Exposure score**
1	Iceland	0.23
2	Sweden	0.34
3	Norway	0.59
4	Cyprus	0.70
5	Switzerland	0.74
6	Finland	0.88
7	France	1.00
8	Slovenia	1.06
9	Denmark	1.15
10	Luxembourg	1.31
11	Bulgaria	1.37
12	Austria	1.39
13	Portugal	1.42
14	Spain	1.42
15	Greece	1.44
16	Belgium	1.51
17	Czech Republic	1.67
18	Slovakia	1.69
19	Germany	1.70
20	Ireland	1.73
21	Estonia	1.73
22	Croatia	1.74
23	Latvia	1.76
24	Romania	1.76
25	Turkey	1.80
26	Lithuania	1.84
27	Poland	1.88
28	United Kingdom	2.00
29	Hungary	2.02
30	Netherlands	2.11
31	Italy	2.14

Osservando i singoli valori, si può notare come ci sia un divario tra il Belgio (posizione 16, valore 1.51) e la Repubblica Ceca (posizione 17, valore 1.67). Quindi, in modo da avere due gruppi di numerosità simile, è stato deciso di costituire il gruppo trattato con le 15 Nazioni con un valore superiore a 1.51, e il gruppo di controllo con le restanti 16. I modelli di regressione con questa misura di trattamento e i relativi risultati sono discussi nella sezione 5.5.

4.3.6 Esposizione composita

L'ultima misura di trattamento è stata costruita combinando i dati relativi all'esposizione energetica (illustrati nella sezione 4.3.5) con i dati relativi alla distanza dalla zona del conflitto (illustrati nella sezione 4.3.3). I valori delle due variabili sono stati standardizzati, per poi calcolarne la media, come descritto nell'equazione 4.3.

$$CompositeExposure_i = \frac{Z(EnergyExposure_i) - Z(Distance_i)}{2} \tag{4.3}$$

Il segno negativo è necessario per tenere in considerazione il fatto che, in questa analisi, una distanza minore dall'area del conflitto implica una maggiore esposizione ai suoi effetti. In questo modo, le due misure sono combinate in una sola, pur essendo sostanzialmente diverse tra di loro: le due dimensioni hanno lo stesso peso, che non dipende dalle rispettive unità di misura; inoltre, un valore maggiore dell'indice indica sempre una maggiore esposizione alla guerra. Il valore 0 rappresenta approssimativamente una Nazione con esposizione media nel campione; valori positivi indicano esposizione superiore alla media e valori negativi inferiore alla media. Le statistiche descrittive sono riassunte nella tabella 4.12.

Tabella 4.12. Statistiche descrittive della variabile relativa all'esposizione composita.

Statistic	**Value**
Observations	31
Mean	0.01
Standard Deviation	0.82
Median	0.23
Skewness	-0.92
Kurtosis	3.74
Minimum	-2.47
Maximum	1.05

Le due Nazioni il cui valore risulta mancante sono di nuovo Liechtenstein e Malta, a causa dell'assenza dei dati relativi alla composizione del loro mix energetico. La figura 4.8 contiene l'istogramma della distribuzione di questa variabile. La tabella 4.13, invece, contiene una lista delle Nazioni in ordine crescente, secondo i valori della variabile relativa all'esposizione composita.

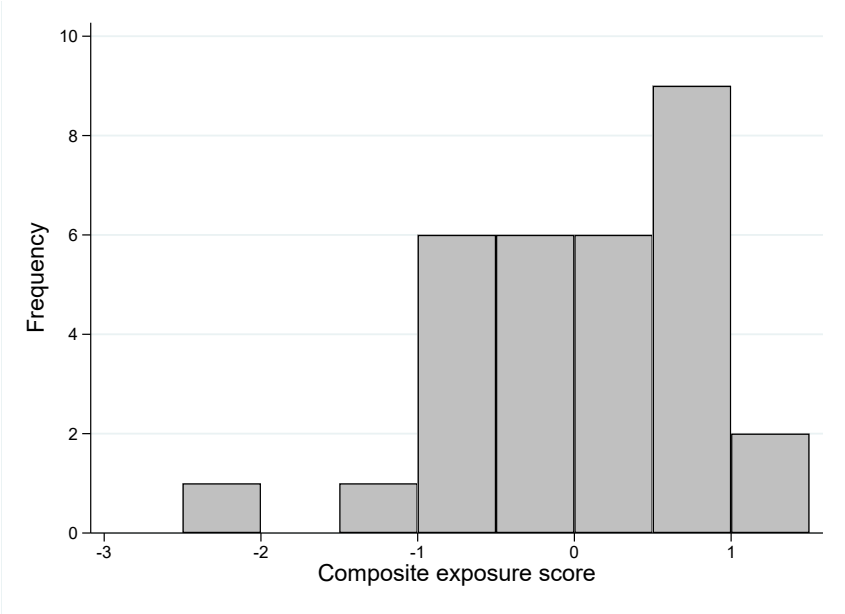


Figura 4.8. Distribuzione della variabile relativa all'esposizione composita.

Tabella 4.13. Valori ordinati della variabile relativa all'esposizione composita.

#	**Country**	**Composite Exposure score**
1	Iceland	−2.47
2	Portugal	−1.23
3	Norway	−0.99
4	Sweden	−0.97
5	Spain	−0.88
6	France	−0.78
7	Switzerland	−0.78
8	Cyprus	−0.57
9	Ireland	−0.45
10	Finland	−0.36
11	Luxembourg	−0.26
12	Denmark	−0.21
13	Belgium	−0.15
14	Slovenia	−0.14
15	United Kingdom	0.07
16	Greece	0.23
17	Austria	0.25
18	Germany	0.30
19	Netherlands	0.48
20	Bulgaria	0.49
21	Czech Republic	0.56
22	Croatia	0.58
23	Estonia	0.63
24	Italy	0.65
25	Slovakia	0.74
26	Latvia	0.78
27	Turkey	0.80
28	Poland	0.92
29	Lithuania	0.94
30	Romania	1.02
31	Hungary	1.05

Osservando i singoli valori, si può notare come, nonostante la distribuzione non sia esattamente simmetrica, sia possibile ottenere due gruppi di numerosità simile usando come valore soglia lo 0, ovvero l'esposizione media teorica del campione. Quindi, è stato deciso di costituire il gruppo trattato con le 17 Nazioni con un valore positivo, e il gruppo di controllo con le restanti 14. I modelli di regressione con questa misura di trattamento e i relativi risultati sono discussi nella sezione 5.6.

4.3.7 Tabella riassuntiva delle misure di trattamento

La tabella 4.14 mostra il cambiamento della composizione del gruppo trattato e del gruppo di controllo, in base alle diverse misure di esposizione individuate in questo capitolo. Per ogni colonna, in azzurro sono evidenziate le Nazioni che appartengono al gruppo trattato per quella misura, in bianco quelle che appartengono al gruppo di controllo, mentre la scritta *"N.A."* indica la non disponibilità del dato nazionale per la relativa misura.

Nel complesso, emerge una discreta sovrapposizione tra le diverse definizioni, ma anche alcune differenze rilevanti, a conferma del fatto che ciascuna misura cattura una diversa dimensione dell'esposizione al conflitto. Le misure basate sul consumo di combustibili fossili e sulla distanza geografica presentano diverse classificazioni comuni, soprattutto per alcune Nazioni dell'Europa centro-orientale, mentre il Net Energy Import identifica come trattate anche diverse Nazioni dell'Europa occidentale e meridionale. La misura basata sulle importazioni nette di combustibili fossili mostra invece una composizione parzialmente differente, riflettendo più direttamente la dipendenza delle singole Nazioni dalle importazioni di combustibili fossili. L'esposizione energetica, che combina la struttura energetica pre-conflitto con l'intensità degli aumenti di prezzo dei combustibili, presenta una maggiore sovrapposizione con le misure legate alla dipendenza dai combustibili fossili. Infine, l'esposizione composita, incorporando sia la componente energetica sia quella geografica, tende a classificare come trattate soprattutto le Nazioni che risultano maggiormente esposte in base a entrambe le dimensioni, mostrando quindi una forte sovrapposizione con le relative colonne. La presenza di classificazioni differenti tra le colonne evidenzia l'utilità di considerare specificazioni alternative del trattamento per verificare la robustezza dei risultati.

Tabella 4.14. Classificazione delle Nazioni nei gruppi di trattamento secondo le diverse misure di esposizione individuate.

Country	NEI	FF	DIST	FFIE	EE	CE
Austria						
Belgium						
Bulgaria				N.A.		
Croatia				N.A.		
Cyprus	N.A.			N.A.		
Czech Republic						
Denmark						
Estonia						
Finland						
France						
Germany						
Greece						
Hungary						
Iceland	N.A.					
Ireland						
Italy						
Latvia						
Liechtenstein	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Lithuania						
Luxembourg						
Malta		N.A.		N.A.	N.A.	N.A.
Netherlands						
Norway						
Poland						
Portugal						
Romania				N.A.		
Slovakia						
Slovenia						
Spain						
Sweden						
Switzerland						
Turkey						
United Kingdom						

Notes: Colored cells indicate that the country belongs to the treated group according to the corresponding treatment measure. White cells indicate membership in the control group, while N.A. indicates that the treatment measure is not available for the country. NEI = net energy import; FF = fossil fuel consumption; DIST = geographical distance from the conflict area; FFIE = fossil fuel import/export; EE = energy exposure; CE = composite exposure.

Capitolo 5

Risultati

In questa sezione sono mostrati i risultati relativi ai modelli di regressione stimati, organizzati in diversi paragrafi, ognuno relativo ad una diversa misura di trattamento. In ogni modello, la variabile indipendente è una dummy, calcolata moltiplicando il valore della variabile *post* (da marzo 2022 in avanti) e le varie misure di trattamento identificate nella sezione 4.3. In ogni modello sono inclusi effetti fissi a livello nazionale e temporale, con errori clustered a livello nazionale.

5.1 Net Energy Import

Come punto di partenza dell'analisi, sono state confrontate le medie delle registrazioni mensili di auto elettriche per il gruppo trattato e il gruppo di controllo (identificati nella sezione 4.3.1), nel periodo precedente e successivo rispetto a marzo 2022. I risultati sono mostrati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1. Confronto delle medie tra gruppo trattato e gruppo di controllo, definiti in base al Net Energy Import

Group	**Pre-march 2022**	**Post-march 2022**
Treated	2701.5	5195.4
Untreated	2745.4	5390.7
Treated difference (Post–Pre)	2493.9	
Untreated difference (Post–Pre)	2645.3	
Difference-in-Differences	-151.4	

I valori mostrano che una differenza tra i due gruppi esiste, seppure di entità ridotta: la "differenza fra differenze", in valore assoluto, vale circa il 6% della differenza pre-post relativa al gruppo di controllo. Le tabelle 5.2, 5.3 e 5.4 contengono i modelli di regressione stimati (con e senza controlli) per verificare la significatività statistica di questa differenza.

Tabella 5.2. Risultati dei modelli di regressione relativi al Net Energy Import senza controlli.

	(1)	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**	**(6)**
	Registrations	Log(Reg.)	Norm. Reg.	Log (Norm. Reg.)	Reg. Share	Norm. Reg. Share
Post × Treated	-151.347	0.132	0.005	0.124	-0.012	-0.013
	(1551.826)	(0.198)	(0.069)	(0.198)	(0.026)	(0.125)
Observations	1650	1650	1650	1650	1430	1638
Adjusted R^2	0.747	0.940	0.730	0.900	0.693	0.727
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

La variabile dipendente varia in ogni modello:

- colonna (1): numero di registrazioni mensili di auto elettriche;
- colonna (2): logaritmo del numero di registrazioni mensili di auto elettriche;
- colonna (3): numero di registrazioni mensili di auto elettriche normalizzato per 1000 abitanti;
- colonna (4): logaritmo del numero di registrazioni mensili di auto elettriche normalizzato per 1000 abitanti;
- colonna (5): quota di registrazioni di auto elettriche sul totale delle registrazioni di auto mensili;
- colonna (6): numero di registrazioni mensili di auto elettriche, normalizzato per 1000 auto a stock nella Nazione.

Si può notare che in nessun modello il coefficiente risulta statisticamente significativo: in tre casi risulta positivo, e in altri tre negativo. I p-value relativi ai coefficienti sono tutti superiori al 50%. Ciò indica che la differenza osservata precedentemente non è statisticamente significativa. Nella colonna (5), il numero di osservazioni cala leggermente, poiché il dato sulla variabile indipendente era disponibile solo per le 27 Nazioni appartenenti all'Unione Europea, come già indicato nella sezione 4.1. La variabile indipendente del modello nella colonna (6), creata per ovviare a questa mancanza nei dati, risolve il problema del numero di osservazioni, ma i risultati ottenuti sono coerenti con quelli relativi alla colonna (5). Il valore dell'R^2 adjusted è relativamente alto, a indicare che la maggior parte della variazione è spiegata dagli effetti fissi, ma non può essere confrontato tra colonne, dato che la variabile dipendente è diversa in ogni modello.

Il passo successivo dell'analisi è rappresentato dall'aggiunta di una variabile di controllo, ovvero il numero di punti di ricarica disponibili nella Nazione, studiato in forma lineare e logaritmica, o normalizzato per 1000 chilometri quadrati di superficie terrestre. Le tabelle 5.3 e 5.4 sono state separate per favorire la leggibilità, e contengono i modelli

di regressione stimati con questi controlli, a partire dai modelli contenuti nelle colonne (4), (5) e (6) della tabella 5.2.

Tabella 5.3. Risultati dei modelli di regressione relativi al Net Energy Import includendo la variabile di controllo in forma lineare e logaritmica.

	Charging Points			**Log(Charging Points)**		
	(1) Log (Norm. Reg.)	(2) Reg. Share	(3) Norm. Reg. Share	(4) Log (Norm. Reg.)	(5) Reg. Share	(6) Norm. Reg. Share
Post × Treated	0.150	-0.019	-0.044	0.119	-0.016	-0.019
	(0.200)	(0.027)	(0.130)	(0.192)	(0.026)	(0.124)
Charging Points	-0.000**	0.000	0.000			
	(0.000)	(0.000)	(0.000)			
Log(Ch. Points)				0.274	-0.023*	-0.096
				(0.182)	(0.011)	(0.078)
Observations	1632	1412	1620	1632	1412	1620
Adjusted R^2	0.903	0.698	0.730	0.904	0.698	0.728
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Tabella 5.4. Risultati dei modelli di regressione relativi al Net Energy Import includendo la variabile di controllo normalizzata, in forma lineare e logaritmica.

	Charging Points/km^2			**Log(Charging Points/km^2)**		
	(7) Log (Norm. Reg.)	(8) Reg. Share	(9) Norm. Reg. Share	(10) Log (Norm. Reg.)	(11) Reg. Share	(12) Norm. Reg. Share
Post × Treated	0.130	-0.024	-0.076	0.119	-0.016	-0.019
	(0.213)	(0.026)	(0.115)	(0.192)	(0.026)	(0.124)
Charging Points/km^2	-0.000	0.000**	0.000			
	(0.000)	(0.000)	(0.000)			
Log(Ch. Points/km^2)				0.274	-0.023*	-0.096
				(0.182)	(0.011)	(0.078)
Observations	1632	1412	1620	1632	1412	1620
Adjusted R^2	0.901	0.710	0.737	0.904	0.698	0.728
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Le tabelle 5.3 e 5.4 sono organizzate in questo modo:

- le colonne (1), (2) e (3) contengono la variabile di controllo in forma lineare;
- le colonne (4), (5) e (6) contengono la variabile di controllo in forma logaritmica;
- le colonne (7), (8) e (9) contengono la variabile di controllo normalizzata in forma lineare;
- le colonne (10), (11) e (12) contengono la variabile di controllo normalizzata in forma logaritmica.

Anche in questo caso in nessun modello il coefficiente relativo alla variabile *Post* × *Treated* risulta statisticamente significativo, il suo segno non varia (negativo nel caso delle registrazioni, positivo nel caso delle quote), e la sua entità non varia molto rispetto alla tabella 5.2: l'aggiunta del controllo sul numero di punti di ricarica non è efficace. I p-value relativi ai coefficienti sono leggermente minori, ma rimangono su valori intorno al 50%. Anche il valore dell'R^2 adjusted non aumenta particolarmente: un ulteriore indizio della scarsa efficacia della variabile di controllo. In alcuni casi, anche se pochi, è il coefficiente relativo ai punti di ricarica ad essere significativo, anche se non si tratta di un risultato definitivo, data la mancanza di altre variabili di controllo, che potrebbe causare problemi di endogeneità.

5.2 Dipendenza energetica da combustibili fossili

Come punto di partenza dell'analisi, sono state confrontate le medie delle registrazioni mensili di auto elettriche per il gruppo trattato e il gruppo di controllo (identificati nella sezione 4.3.2), nel periodo precedente e successivo rispetto a marzo 2022. I risultati sono mostrati nella tabella 5.5.

Tabella 5.5. Confronto delle medie tra gruppo trattato e gruppo di controllo, definiti in base al consumo di combustibili fossili.

Group	**Pre-march 2022**	**Post-march 2022**
Treated	3159.1	5921.3
Untreated	2170.1	4409.9
Treated difference (Post–Pre)	2762.2	
Untreated difference (Post–Pre)	2239.8	
Difference-in-Differences	522.4	

I valori mostrano che la differenza tra i due gruppi esiste, ed è di entità maggiore rispetto al caso precedente: la "differenza fra differenze" vale circa il 23% della differenza pre-post relativa al gruppo di controllo. Bisogna, però, notare che con questa misura di trattamento i due gruppi presentano medie significativamente diverse nel periodo pre-shock, e ciò può contribuire ad amplificare le differenze nel periodo successivo all'evento.

Le tabelle 5.6, 5.7 e 5.8 contengono i modelli di regressione stimati (con e senza controlli) per verificare la significatività statistica di questa differenza.

Tabella 5.6. Risultati dei modelli di regressione relativi al consumo di combustibili fossili senza controlli.

	(1)	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**	**(6)**
	Registrations	Log(Reg.)	Norm. Reg.	Log (Norm. Reg.)	Reg. Share	Norm. Reg. Share
Post × Treated	540.090	0.276	-0.100	0.275	-0.036	-0.196
	(1533.057)	(0.209)	(0.076)	(0.209)	(0.023)	(0.129)
Observations	1704	1704	1704	1704	1429	1692
Adjusted R^2	0.748	0.938	0.708	0.906	0.707	0.710
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

La variabile dipendente varia in ogni modello, in maniera del tutto simile alla sezione 5.1. Anche in questo caso, in nessun modello il coefficiente risulta statisticamente significativo: in tre casi risulta positivo, e in altri tre negativo. I valori dei p-value relativi ai coefficienti, invece, sono significativamente minori: escluso il modello mostrato nella colonna (1), con un valore superiore al 70%, gli altri modelli hanno p-values compresi tra il 10 e il 20%. In ogni caso, anche qui la differenza osservata precedentemente non risulta statisticamente significativa. Rispetto al caso precedente, la differenza tra i modelli nelle colonne (5) e (6) risulta più accentuata, anche se nessuno dei due coefficienti è statisticamente significativo. I valori dell'R^2 adjusted rimangono relativamente alti, e simili al caso precedente, a indicare che la maggior parte della variazione è spiegata dagli effetti fissi.

Le tabelle 5.7 e 5.8 contengono i modelli di regressione stimati con l'aggiunta della variabile di controllo, a partire dai modelli contenuti nelle colonne (4), (5) e (6) della tabella 5.6; sono state separate per favorire la leggibilità.

Tabella 5.7. Risultati dei modelli di regressione relativi al consumo di combustibili fossili, includendo la variabile di controllo in forma lineare e logaritmica.

	Charging Points			**Log(Charging Points)**		
	(1) Log (Norm. Reg.)	(2) Reg. Share	(3) Norm. Reg. Share	(4) Log (Norm. Reg.)	(5) Reg. Share	(6) Norm. Reg. Share
Post × Treated	0.291	-0.039	-0.217	0.228	-0.037	-0.189
	(0.209)	(0.024)	(0.134)	(0.179)	(0.023)	(0.131)
Charging Points	-0.000*	0.000**	0.000			
	(0.000)	(0.000)	(0.000)			
Log(Ch. Points)				0.419**	-0.027*	-0.148*
				(0.176)	(0.014)	(0.085)
Observations	1686	1411	1674	1686	1411	1674
Adjusted R^2	0.908	0.714	0.713	0.912	0.713	0.713
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Tabella 5.8. Risultati dei modelli di regressione relativi al consumo di combustibili fossili, includendo la variabile di controllo normalizzata, in forma lineare e logaritmica.

	Charging Points/km^2			**Log(Charging Points/km^2)**		
	(7) Log (Norm. Reg.)	(8) Reg. Share	(9) Norm. Reg. Share	(10) Log (Norm. Reg.)	(11) Reg. Share	(12) Norm. Reg. Share
Post × Treated	0.271	-0.041*	-0.226*	0.228	-0.037	-0.189
	(0.215)	(0.023)	(0.123)	(0.179)	(0.023)	(0.131)
Charging Points/km^2	-0.000	0.000**	0.000			
	(0.000)	(0.000)	(0.000)			
Log(Ch. Points/km^2)				0.418**	-0.027*	-0.148*
				(0.176)	(0.014)	(0.085)
Observations	1686	1411	1674	1686	1411	1674
Adjusted R^2	0.906	0.725	0.718	0.912	0.713	0.713
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Le tabelle 5.7 e 5.8 sono organizzate in modo simile alla sezione 5.1. Al loro interno sono mostrati i primi coefficienti significativi della variabile *Post* × *Treated*: nei modelli delle colonne (8) e (9) i due coefficienti sono negativi e statisticamente significativi, con un livello di confidenza del 90%. Ciò sembra indicare che, nelle Nazioni che dipendono maggiormente dall'utilizzo dei combustibili fossili per la produzione di energia, lo scoppio del conflitto abbia causato una riduzione della quota di auto elettriche vendute. In particolare, la quota delle registrazioni mensili di auto elettriche sul totale delle registrazioni è diminuita del 4% (ricordando che questi dati sono disponibili solo per l'Unione Europea), mentre il rapporto fra le registrazioni mensili e lo stock di veicoli nella Nazione diminuisce di più del 22%. Questi dati indicano che l'effetto prevalente è quello relativo alla riduzione del potere d'acquisto dei consumatori, che scelgono di acquistare l'opzione più economica, ovvero l'automobile con il motore termico, nonostante l'aumento di prezzo dei carburanti (e di conseguenza, però, anche dell'energia elettrica). Bisogna notare, comunque, che questo effetto risulta statisticamente significativo solo con la variabile di controllo sul numero di punti di ricarica normalizzata per superficie e in forma lineare, e non negli altri casi, indice della non perfetta robustezza di questo risultato. Un altro aspetto interessante da notare è che i segni dei coefficienti sono opposti rispetto alla sezione 5.1, anche perché le due misure di trattamento non identificano le stesse Nazioni come esposte allo shock. La questione sarà risolta nella sezione 5.6, in cui la misura è stata creata tenendo conto di più aspetti contemporaneamente.

5.3 Distanza dalla zona del conflitto

Come punto di partenza dell'analisi, sono state confrontate le medie delle registrazioni mensili di auto elettriche per il gruppo trattato e il gruppo di controllo (identificati nella sezione 4.3.3), nel periodo precedente e successivo rispetto a marzo 2022. I risultati sono mostrati nella tabella 5.9.

Tabella 5.9. Confronto delle medie tra gruppo trattato e gruppo di controllo, definiti in base alla distanza dalla zona del conflitto.

Group	**Pre-march 2022**	**Post-march 2022**
Treated	303.7	892.6
Untreated	4822.0	9072.9
Treated difference (Post–Pre)	588.9	
Untreated difference (Post–Pre)	4250.9	
Difference-in-Differences	-3662.0	

I valori mostrano una differenza importante tra i due gruppi, di entità molto maggiore rispetto ai casi precedenti. Ciò è dovuto principalmente alla differenza tra i due gruppi nel periodo iniziale: le Nazioni dell'Europa Orientale, più vicine alla zona interessata, nel periodo pre-shock avevano un numero di registrazioni, in media nettamente inferiore rispetto al resto d'Europa. Ragionando in termini relativi, però, si può notare che il

gruppo trattato vede il numero medio di registrazioni quasi triplicarsi dopo lo shock, mentre nel gruppo di controllo il valore post-shock è "solo" leggermente inferiore al doppio del valore pre-shock. Si può affermare, quindi, che l'effetto potrebbe essere più intenso nel gruppo trattato, se si considerano i diversi livelli iniziali. Le tabelle 5.10, 5.11 e 5.12 contengono i modelli di regressione stimati (con e senza controlli) per verificare la significatività statistica di questa differenza.

Tabella 5.10. Risultati dei modelli di regressione relativi alla distanza dalla zona del conflitto, senza controlli.

	(1)	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**	**(6)**
	Registrations	Log(Reg.)	Norm. Reg.	Log (Norm. Reg.)	Reg. Share	Norm. Reg. Share
Post × Treated	-3655.441***	0.376*	-0.243***	0.394**	-0.059**	-0.440***
	(1301.898)	(0.194)	(0.061)	(0.193)	(0.022)	(0.105)
Observations	1759	1759	1759	1759	1484	1747
Adjusted R^2	0.761	0.940	0.724	0.904	0.717	0.727
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

La variabile dipendente varia in ogni modello, in maniera del tutto simile alla sezione 5.1. In questo caso, i coefficienti della variabile *Post* × *Treated* sono tutti statisticamente significativi, almeno al 90% di confidenza. I segni dei coefficienti, invece, sono sensibili alla forma funzionale adottata: quelli relativi alle registrazioni in assoluto e alle registrazioni per 1000 abitanti sono negativi, mentre quelli relativi ai logaritmi delle stesse variabili sono positivi. La diversa direzione del coefficiente stimato tra le specificazioni lineari e quelle logaritmiche è dovuta al fatto che il modello lineare misura l'effetto del trattamento in termini di variazioni assolute delle immatricolazioni, mentre il modello logaritmico ne cattura le variazioni percentuali. Il segno positivo ottenuto nelle specificazioni logaritmiche suggerisce quindi che, pur in assenza di un incremento dei livelli assoluti, lo shock possa aver favorito, nelle Nazioni vicine, una crescita relativa delle immatricolazioni di veicoli elettrici, soprattutto nei mercati di dimensioni più contenute. Questa differenza riflette inoltre il fatto che la trasformazione logaritmica riduce il peso delle osservazioni con valori particolarmente elevati, rendendo le stime meno influenzate dall'eterogeneità esistente tra le Nazioni del campione. A sostegno della validità di questa analisi, si nota che il numero di osservazioni è esattamente lo stesso in tutti e quattro i modelli, quindi la differenza nei segni dei coefficienti non può essere spiegata con la mancanza di osservazioni in alcuni dei casi.

Anche l'entità di questi coefficienti non è trascurabile: il coefficiente del modello di colonna (1) indica una riduzione media di oltre 3000 veicoli al mese, quello in colonna (3) una riduzione di circa 0.25 veicoli ogni 1000 abitanti (non trascurabile, tenendo conto della distribuzione della variabile), mentre i coefficienti delle colonne (2) e (4) indicano un aumento di poco inferiore al 40%. Il coefficiente del modello di colonna (5), invece,

indica che, nelle Nazioni più vicine alla zona del conflitto, in seguito al suo inizio, la quota di registrazioni di auto elettriche è scesa di circa 6 punti percentuali. Questo risultato è compatibile con l'ipotesi che la riduzione del potere d'acquisto dei consumatori abbia contribuito a penalizzare l'adozione dei veicoli elettrici. Il coefficiente del modello di colonna (6), in maniera simile, indica che anche le immatricolazioni di auto elettriche normalizzate per 1000 veicoli presenti nella Nazione diminuiscono, anche se l'entità di questa riduzione è relativamente ridotta: 0.44 veicoli immatricolati in meno per 1000 auto circolanti. È necessario considerare, però, che la quasi totalità dei valori di questa variabile è compresa fra 0 e 2, quindi una riduzione di 0.4 non è irrilevante.

Le tabelle 5.11 e 5.12 contengono i modelli di regressione stimati con l'aggiunta della variabile di controllo, a partire dai modelli contenuti nelle colonne (4), (5) e (6) della tabella 5.10; sono state separate per favorire la leggibilità.

Tabella 5.11. Risultati dei modelli di regressione relativi alla distanza dalla zona del conflitto, includendo la variabile di controllo in forma lineare e logaritmica.

	Charging Points			**Log(Charging Points)**		
	(1) Log (Norm. Reg.)	(2) Reg. Share	(3) Norm. Reg. Share	(4) Log (Norm. Reg.)	(5) Reg. Share	(6) Norm. Reg. Share
Post × Treated	0.332	-0.060**	-0.470***	0.291*	-0.056**	-0.448***
	(0.202)	(0.023)	(0.127)	(0.155)	(0.025)	(0.113)
Charging Points	-0.000	0.000	-0.000			
	(0.000)	(0.000)	(0.000)			
Log(Ch. Points)				0.244	-0.012	-0.006
				(0.162)	(0.012)	(0.075)
Observations	1741	1466	1729	1741	1466	1729
Adjusted R^2	0.904	0.717	0.728	0.906	0.718	0.728
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Tabella 5.12. Risultati dei modelli di regressione relativi alla distanza dalla zona del conflitto, includendo la variabile di controllo normalizzata, in forma lineare e logaritmica.

	Charging Points/km^2			**Log(Charging Points/km^2)**		
	(7) Log (Norm. Reg.)	(8) Reg. Share	(9) Norm. Reg. Share	(10) Log (Norm. Reg.)	(11) Reg. Share	(12) Norm. Reg. Share
Post × Treated	0.393*	-0.050*	-0.407**	0.291*	-0.056**	-0.448***
	(0.193)	(0.023)	(0.111)	(0.155)	(0.025)	(0.113)
Charging Points/km^2	0.000	0.000	0.000			
	(0.000)	(0.000)	(0.000)			
Log(Ch. Points/km^2)				0.244	-0.012	-0.006
				(0.162)	(0.012)	(0.075)
Observations	1741	1466	1729	1741	1466	1729
Adjusted R^2	0.904	0.722	0.730	0.906	0.718	0.728
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Le tabelle 5.11 e 5.12 sono organizzate in modo simile alla sezione 5.1, e mostrano risultati coerenti con quelli ottenuti nelle colonne (4), (5) e (6) della tabella 5.10, sia in termini di significatività, che di segno ed entità dei coefficienti. Le differenze più importanti si hanno nei modelli relativi al logaritmo delle immatricolazioni per 1000 abitanti: in questo caso, i coefficienti perdono leggermente di significatività, arrivando ad un livello inferiore al 90% in colonna (1). Rimangono, dunque, valide le considerazioni scritte in precedenza: le immatricolazioni di auto elettriche diminuiscono in termini assoluti e di quote sulle immatricolazioni totali, ma aumentano in termini percentuali, indicando un effetto positivo sui mercati minori e negativo su quelli più estesi. La distanza dalla zona del conflitto sembra essere, fino a questo punto dell'analisi, la misura che spiega meglio l'effetto dello shock.

5.4 Import/Export di combustibili

Come punto di partenza dell'analisi, sono state confrontate le medie delle registrazioni mensili di auto elettriche per il gruppo trattato e il gruppo di controllo (identificati nella sezione 4.3.4), nel periodo precedente e successivo rispetto a marzo 2022. I risultati sono mostrati nella tabella 5.13.

Tabella 5.13. Confronto delle medie tra gruppo trattato e gruppo di controllo, definiti in base alle importazioni nette di combustibili fossili.

Group	**Pre-march 2022**	**Post-march 2022**
Treated	2702.7	5198.5
Untreated	3411.2	6664.8
Treated difference (Post–Pre)	2495.8	
Untreated difference (Post–Pre)	3253.6	
Difference-in-Differences	-757.8	

I valori mostrano che, mediamente, le Nazioni del gruppo trattato, più esposte dal punto di vista energetico, hanno un numero di immatricolazioni minore già in partenza rispetto al gruppo di controllo, e questo non cambia nel periodo post-shock: la differenza tra i due aumenti è di circa 750 veicoli in favore del gruppo di controllo. Ragionando in termini relativi, invece, si nota che l'aumento percentuale è molto simile: il valore post-shock è quasi il doppio del valore pre-shock in entrambi i casi. Le tabelle 5.14, 5.15 e 5.16 contengono i modelli di regressione stimati (con e senza controlli) per verificare la significatività statistica di questa differenza.

Tabella 5.14. Risultati dei modelli di regressione relativi alle importazioni nette di combustibili fossili, senza controlli.

	(1)	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**	**(6)**
	Registrations	Log(Reg.)	Norm. Reg.	Log (Norm. Reg.)	Reg. Share	Norm. Reg. Share
Post × Treated	-757.907	0.252	-0.093	0.256	-0.037	-0.179
	(1709.114)	(0.195)	(0.086)	(0.195)	(0.033)	(0.152)
Observations	1485	1485	1485	1485	1210	1473
Adjusted R^2	0.746	0.932	0.703	0.902	0.701	0.705
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

La variabile dipendente varia in ogni modello, in maniera del tutto simile alla sezione 5.1. In questo caso, in nessun modello il coefficiente risulta statisticamente significativo: in due casi risulta positivo, e in altri quattro negativo. I valori del p-value sono tutti compresi tra il 20 e il 30%, fatta eccezione per il modello in colonna (1), che presenta un valore del 66%. Dunque, si può affermare che la differenza osservata precedentemente non è statisticamente significativa. È anche importante ricordare che il numero di osservazioni è inferiore rispetto alle analisi precedenti, a causa della ridotta disponibilità dei dati utilizzati per costruire questa misura di trattamento. Le tabelle 5.15 e 5.16 contengono i modelli di regressione stimati con l'aggiunta della variabile di controllo, a partire dai

modelli contenuti nelle colonne (4), (5) e (6) della tabella 5.14; sono state separate per favorire la leggibilità.

Tabella 5.15. Risultati dei modelli di regressione relativi alle importazioni nette di combustibili fossili, includendo la variabile di controllo in forma lineare e logaritmica.

	Charging Points			**Log(Charging Points)**		
	(1) Log (Norm. Reg.)	(2) Reg. Share	(3) Norm. Reg. Share	(4) Log (Norm. Reg.)	(5) Reg. Share	(6) Norm. Reg. Share
Post × Treated	0.265	-0.044	-0.208	0.210	-0.040	-0.179
	(0.198)	(0.034)	(0.157)	(0.165)	(0.034)	(0.156)
Charging Points	-0.000	0.000	0.000			
	(0.000)	(0.000)	(0.000)			
Log(Ch. Points)				0.352	-0.031*	-0.136
				(0.219)	(0.015)	(0.093)
Observations	1467	1192	1455	1467	1192	1455
Adjusted R^2	0.904	0.707	0.706	0.907	0.708	0.707
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Tabella 5.16. Risultati dei modelli di regressione relativi alle importazioni nette di combustibili fossili, includendo la variabile di controllo normalizzata, in forma lineare e logaritmica.

	Charging Points/km^2			**Log(Charging Points/km^2)**		
	(7) Log (Norm. Reg.)	(8) Reg. Share	(9) Norm. Reg. Share	(10) Log (Norm. Reg.)	(11) Reg. Share	(12) Norm. Reg. Share
Post × Treated	0.259	-0.050	-0.246	0.210	-0.040	-0.179
	(0.212)	(0.034)	(0.146)	(0.165)	(0.034)	(0.156)
Charging Points/km^2	-0.000	0.000**	0.000			
	(0.000)	(0.000)	(0.000)			
Log(Ch. Points/km^2)				0.352	-0.031*	-0.136
				(0.219)	(0.015)	(0.093)
Observations	1467	1192	1455	1467	1192	1455
Adjusted R^2	0.903	0.720	0.712	0.907	0.708	0.707
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

In questo caso, in nessun modello il coefficiente relativo alla variabile *Post* × *Treated* risulta statisticamente significativo. Il suo segno e la sua entità non variano molto rispetto alla tabella 5.14: l'aggiunta del controllo sul numero di punti di ricarica non è efficace. I p-value relativi ai coefficienti diminuiscono leggermente, con qualche valore sotto la soglia del 20% (il minore è quello relativo al modello in colonna 9, con il 10.5%). Il valore dell'R^2 adjusted non aumenta particolarmente: un ulteriore indizio della scarsa efficacia della variabile di controllo. In alcuni casi, anche se pochi, è il coefficiente relativo ai punti di ricarica ad essere significativo, anche se non si tratta di un risultato definitivo, data la mancanza di altre variabili di controllo, che potrebbe causare problemi di endogeneità.

5.5 Esposizione energetica

Come punto di partenza dell'analisi, sono state confrontate le medie delle registrazioni mensili di auto elettriche per il gruppo trattato e il gruppo di controllo (identificati nella sezione 4.3.5), nel periodo precedente e successivo rispetto a marzo 2022. I risultati sono mostrati nella tabella 5.17.

Tabella 5.17. Confronto delle medie tra gruppo trattato e gruppo di controllo, definiti in base all'esposizione energetica.

Group	**Pre-march 2022**	**Post-march 2022**
Treated	3158.9	5923.9
Untreated	2168.0	4407.4
Treated difference (Post–Pre)	2765.0	
Untreated difference (Post–Pre)	2239.4	
Difference-in-Differences	525.6	

I valori mostrano che una differenza tra i due gruppi esiste, almeno in termini assoluti: le Nazioni del gruppo trattato, più esposte dal punto di vista energetico, vedono aumentare le registrazioni di circa 500 veicoli in più rispetto al gruppo di controllo. Ragionando in termini relativi, però, l'entità dell'aumento è simile tra i due gruppi: in entrambi i casi, il numero di immatricolazioni post-shock è circa il doppio di quello pre-shock. Le tabelle 5.18, 5.19 e 5.20 contengono i modelli di regressione stimati (con e senza controlli) per verificare la significatività statistica di questa differenza.

Tabella 5.18. Risultati dei modelli di regressione relativi all'esposizione energetica, senza controlli.

	(1)	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**	**(6)**
	Registrations	Log(Reg.)	Norm. Reg.	Log (Norm. Reg.)	Reg. Share	Norm. Reg. Share
Post × Treated	512.082	-0.001	-0.204***	0.007	-0.056**	-0.352***
	(1530.259)	(0.212)	(0.067)	(0.213)	(0.022)	(0.114)
Observations	1704	1704	1704	1704	1429	1692
Adjusted R^2	0.748	0.937	0.718	0.904	0.718	0.719
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

La variabile dipendente è diversa in ogni modello, in maniera del tutto simile alla sezione 5.1. In questo caso, i coefficienti statisticamente significativi della variabile *Post × Treated* sono quelli relativi alle immatricolazioni per 1000 abitanti (in forma lineare), alla quota di immatricolazioni e al numero di immatricolazioni ogni 1000 veicoli circolanti. Questi tre coefficienti sono tutti di segno negativo, ad indicare che le Nazioni esposte dal punto di vista energetico hanno visto diminuire le immatricolazioni di auto elettriche dopo l'inizio del conflitto, rispetto a quelle meno esposte. Inoltre, è interessante notare che il coefficiente del modello di colonna (4), relativo al logaritmo delle immatricolazioni per 1000 abitanti, non è significativamente diverso da 0, a differenza di quello associato alla stessa variabile in forma lineare. Questa differenza suggerisce che, pur in presenza di un decremento dei livelli assoluti, lo shock non abbia influenzato, nelle Nazioni esposte,

una variazione relativa delle immatricolazioni di veicoli elettrici, soprattutto nei mercati di dimensioni più contenute. Anche l'entità di questi coefficienti non è trascurabile: il coefficiente del modello di colonna (3) indica una riduzione media di circa 0.2 veicoli ogni 1000 abitanti; invece, i coefficienti delle colonne (5) e (6) indicano, rispettivamente, una riduzione della quota di registrazioni di auto elettriche di quasi 6 punti percentuali, e di circa 0.35 immatricolazioni per 1000 veicoli circolanti. In ognuno dei tre casi, l'entità della riduzione non è trascurabile, tenendo conto della distribuzione della rispettiva variabile. Anche in questo caso, il risultato è compatibile con l'ipotesi che la riduzione del potere d'acquisto dei consumatori abbia contribuito a penalizzare l'adozione dei veicoli elettrici.

Le tabelle 5.19 e 5.20 contengono i modelli di regressione stimati con l'aggiunta della variabile di controllo, a partire dai modelli contenuti nelle colonne (3), (5) e (6) della tabella 5.18; sono state separate per favorire la leggibilità.

Tabella 5.19. Risultati dei modelli di regressione relativi all'esposizione energetica, includendo la variabile di controllo in forma lineare e logaritmica.

	Charging Points			**Log(Charging Points)**		
	(1) Norm. Reg.	(2) Reg. Share	(3) Norm. Reg. Share	(4) Norm. Reg.	(5) Reg. Share	(6) Norm. Reg. Share
Post × Treated	-0.219***	-0.059**	-0.377***	-0.205***	-0.058**	-0.353***
	(0.066)	(0.022)	(0.114)	(0.065)	(0.021)	(0.112)
Charging Points	0.000**	0.000**	0.000**			
	(0.000)	(0.000)	(0.000)			
Log(Ch. Points)				-0.095**	-0.029**	-0.147*
				(0.045)	(0.014)	(0.077)
Observations	1686	1411	1674	1686	1411	1674
Adjusted R^2	0.720	0.726	0.722	0.722	0.726	0.722
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Tabella 5.20. Risultati dei modelli di regressione relativi all'esposizione energetica, includendo la variabile di controllo normalizzata, in forma lineare e logaritmica.

	Charging Points/km^2			**Log(Charging Points/km^2)**		
	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	Norm. Reg.	Reg. Share	Norm. Reg. Share	Norm. Reg.	Reg. Share	Norm. Reg. Share
Post × Treated	-0.212***	-0.058**	-0.366***	-0.205***	-0.058**	-0.353***
	(0.066)	(0.021)	(0.112)	(0.065)	(0.021)	(0.112)
Charging Points/km^2	0.000*	0.000***	0.000*			
	(0.000)	(0.000)	(0.000)			
Log(Ch. Points/km^2)				-0.095**	-0.029**	-0.147*
				(0.045)	(0.014)	(0.077)
Observations	1686	1411	1674	1686	1411	1674
Adjusted R^2	0.725	0.735	0.727	0.722	0.726	0.722
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Le tabelle 5.19 e 5.20 sono organizzate in modo simile alla sezione 5.1, e mostrano risultati coerenti con quelli ottenuti nelle colonne (3), (5) e (6) della tabella 5.18, sia in termini di significatività, che di segno ed entità dei coefficienti: rimangono, dunque, valide le considerazioni scritte in precedenza. A questo punto, non rimane che unire, nella definizione della misura di trattamento, la dimensione energetica e quella geografica.

5.6 Esposizione composita

Come punto di partenza dell'analisi, sono state confrontate le medie delle registrazioni mensili di auto elettriche per il gruppo trattato e il gruppo di controllo (identificati nella sezione 4.3.6), nel periodo precedente e successivo rispetto a marzo 2022. I risultati sono mostrati nella tabella 5.21.

Tabella 5.21. Confronto delle medie tra gruppo trattato e gruppo di controllo, definiti in base all'esposizione composita.

Group	**Pre-march 2022**	**Post-march 2022**
Treated	2878.8	5370.2
Untreated	2367.1	4863.1
Treated difference (Post–Pre)	2491.4	
Untreated difference (Post–Pre)	2496.0	
Difference-in-Differences	-4.6	

I valori mostrano che la differenza tra i due gruppi è praticamente nulla, almeno in termini assoluti. Ragionando in termini relativi, invece, l'entità dell'aumento è leggermente maggiore per il gruppo di controllo, dato il minore livello di immatricolazioni di partenza. Le tabelle 5.22, 5.23 e 5.24 contengono i modelli di regressione stimati (con e senza controlli) per verificare la significatività statistica di questa differenza.

Tabella 5.22. Risultati dei modelli di regressione relativi all'esposizione composita, senza controlli.

	(1)	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**	**(6)**
	Registrations	Log(Reg.)	Norm. Reg.	Log (Norm. Reg.)	Reg. Share	Norm. Reg. Share
Post × Treated	-20.812	0.063	-0.250***	0.081	-0.074***	-0.445***
	(1445.320)	(0.206)	(0.069)	(0.206)	(0.022)	(0.116)
Observations	1704	1704	1704	1704	1429	1692
Adjusted R^2	0.748	0.937	0.724	0.904	0.733	0.727
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

La variabile dipendente è diversa in ogni modello, in maniera del tutto simile alla sezione 5.1. Anche in questo caso, come nella sezione 5.5, i coefficienti statisticamente significativi della variabile *Post* × *Treated* sono quelli relativi alle immatricolazioni per 1000 abitanti (in forma lineare), alla quota di immatricolazioni e al numero di immatricolazioni ogni 1000 veicoli circolanti. Restano valide, quindi, le considerazioni scritte nella sezione precedente sul segno dei coefficienti e sulla non significatività del coefficiente del modello in colonna (4). L'entità e il livello di significatività di questi 3 coefficienti aumentano rispetto al caso precedente: un segnale che l'inclusione della dimensione geografica nella misura di esposizione sia stata efficace nel determinare quali Nazioni siano più esposte agli effetti del conflitto. Di conseguenza, anche in questi 3 casi, l'entità dei coefficienti non è trascurabile, tenendo conto della distribuzione delle rispettive variabili. Rimane prevalente l'effetto relativo alla riduzione del potere d'acquisto dei consumatori, che preferiscono acquistare automobili con il motore termico.

Le tabelle 5.23 e 5.24 contengono i modelli di regressione stimati con l'aggiunta della variabile di controllo, a partire dai modelli contenuti nelle colonne (3), (5) e (6) della tabella 5.22; sono state separate per favorire la leggibilità.

Tabella 5.23. Risultati dei modelli di regressione relativi all'esposizione composita, includendo la variabile di controllo in forma lineare e logaritmica.

	Charging Points			**Log(Charging Points)**		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Norm. Reg.	Reg. Share	Norm. Reg. Share	Norm. Reg.	Reg. Share	Norm. Reg. Share
Post × Treated	-0.264***	-0.077***	-0.468***	-0.244***	-0.074***	-0.439***
	(0.069)	(0.022)	(0.116)	(0.069)	(0.023)	(0.119)
Charging Points	0.000**	0.000**	0.000**			
	(0.000)	(0.000)	(0.000)			
Log(Ch. Points)				-0.070	-0.021*	-0.101
				(0.041)	(0.012)	(0.071)
Observations	1686	1411	1674	1686	1411	1674
Adjusted R^2	0.727	0.741	0.730	0.726	0.738	0.728
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Tabella 5.24. Risultati dei modelli di regressione relativi all'esposizione composita, includendo la variabile di controllo normalizzata, in forma lineare e logaritmica.

	Charging Points/km^2			**Log(Charging Points/km^2)**		
	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	Norm. Reg.	Reg. Share	Norm. Reg. Share	Norm. Reg.	Reg. Share	Norm. Reg. Share
Post × Treated	-0.256***	-0.075***	-0.457***	-0.244***	-0.074***	-0.439***
	(0.068)	(0.022)	(0.113)	(0.069)	(0.023)	(0.119)
Charging Points/km^2	0.000*	0.000***	0.000*			
	(0.000)	(0.000)	(0.000)			
Log(Ch. Points/km^2)				-0.070	-0.021*	-0.101
				(0.041)	(0.012)	(0.071)
Observations	1686	1411	1674	1686	1411	1674
Adjusted R^2	0.731	0.749	0.734	0.726	0.738	0.728
Country FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Notes: Clustered standard errors at country level are reported in parentheses. All specifications include country and time fixed effects. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

Le tabelle 5.23 e 5.24 sono organizzate in modo simile alla sezione 5.1, e mostrano risultati coerenti con quelli ottenuti nelle colonne (3), (5) e (6) della tabella 5.22, sia in termini di significatività, che di segno ed entità dei coefficienti. Rimangono, dunque, valide le considerazioni scritte in precedenza in merito alle implicazioni di questi risultati.

5.7 Controlli di robustezza

In questa sezione sono mostrati alcuni controlli sulla robustezza delle analisi svolte, insieme a specificazioni alternative di variabili e misure di trattamento.

5.7.1 Verifica dell'assunzione dei trend paralleli

Per validare ulteriormente i risultati delle analisi, è stata verificata l'assunzione dei trend paralleli per i modelli nelle colonne (10), (11) e (12) della tabella 5.24. Sono stati scelti questi modelli perché, prima di tutto, contengono la misura di trattamento più elaborata tra quelle testate, e quindi, almeno idealmente, quella più rappresentativa dell'effetto reale dello shock sulle Nazioni del dataset. Inoltre, le variabili dipendenti nei tre modelli sono quelle che hanno mostrato coefficienti statisticamente significativi per questa misura di trattamento: il numero di immatricolazioni mensili di veicoli elettrici per 1000 abitanti, la quota di immatricolazioni di veicoli elettrici sul totale e il rapporto tra immatricolazioni mensili di veicoli elettrici e il numero di veicoli circolanti (moltiplicato per 1000). Infine, è stato selezionato il controllo sul numero di punti di ricarica nella sua versione normalizzata per 1000 chilometri quadrati, e in forma logaritmica: data la forte presenza di outlier, queste due trasformazioni permettono di portare la distribuzione a somigliare di più a

una normale, riducendone l'asimmetria. Per verificare l'assunzione dei trend paralleli è stato svolto un *event study*, che valuta uno ad uno i periodi temporali, permettendo di visualizzare l'andamento dei relativi coefficienti nel periodo precedente e successivo allo shock. Le figure 5.1, 5.2 e 5.3 rappresentano graficamente i risultati ottenuti dal test. In questi grafici, la linea rossa orizzontale indica il valore nullo del coefficiente, mentre la barra rosa verticale segnala il mese di marzo 2022, identificato come inizio del periodo post-shock. Il valore del mese di febbraio 2022, ultimo mese prima dello shock, è usato come baseline di riferimento.

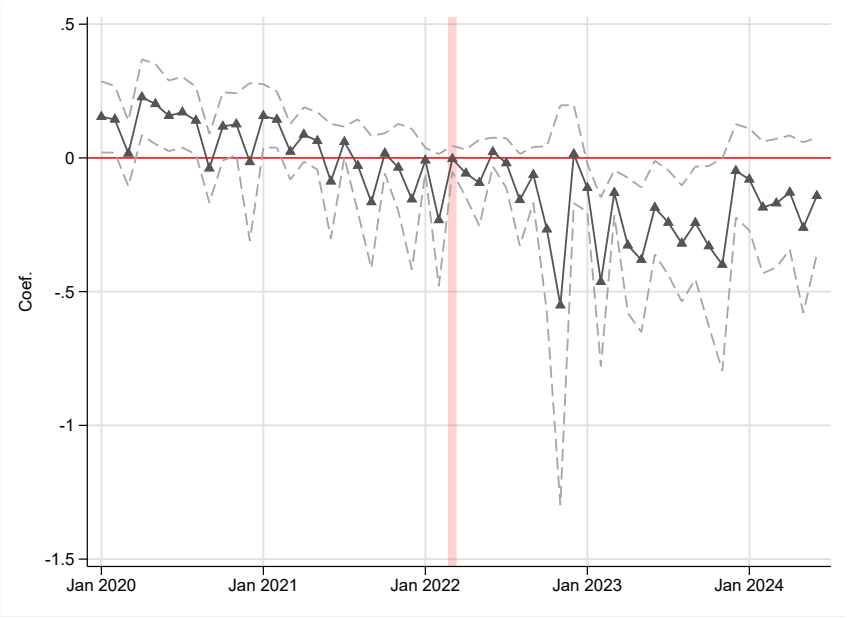


Figura 5.1. Event study del modello con variabile dipendente il numero di immatricolazioni mensili di veicoli elettrici per 1000 abitanti.

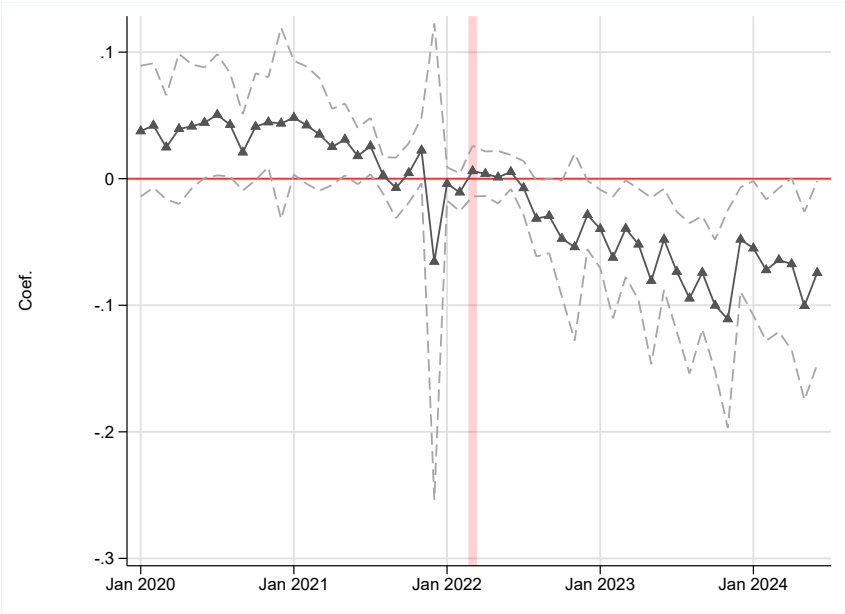


Figura 5.2. Event study del modello con variabile dipendente.

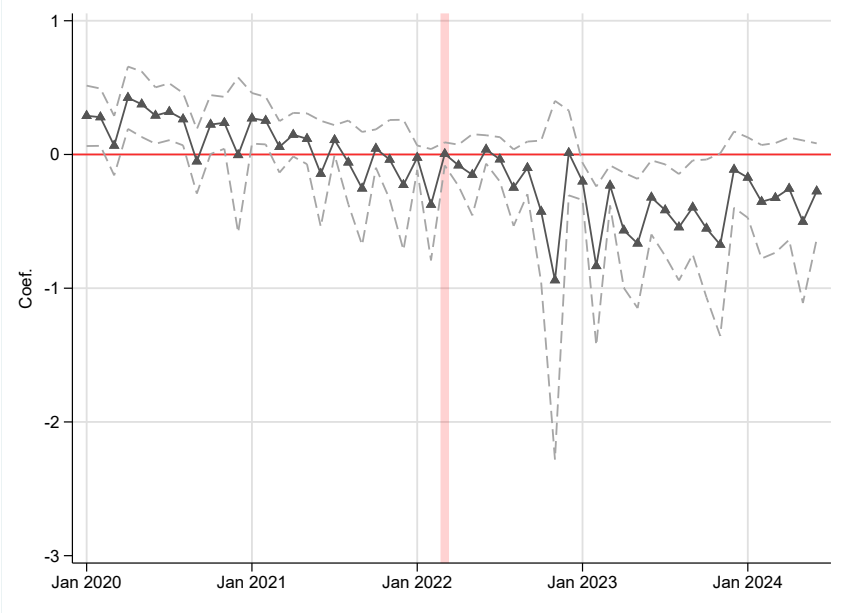


Figura 5.3. Event study del modello con variabile dipendente.

Tutte e tre le figure presentano andamenti relativamente piatti nel periodo pre-trattamento, con la maggior parte degli intervalli di confidenza che comprendono lo 0, a meno di qualche rara eccezione. Una cosa interessante da notare, in tutte e tre le figure, è che l'andamento, almeno inizialmente, non subisce grandi variazioni: solo dopo qualche mese si registrano le prime diminuzioni, segnale che gli effetti del conflitto siano leggermente in ritardo rispetto al suo inizio. Inoltre, sembra anche che, verso la fine del periodo analizzato, intorno all'inizio del 2024, l'andamento inizi a risalire e si riavvicini alla linea dello 0, ovvero a un livello di immatricolazioni simile a quello del gruppo di controllo. Dunque, oltre a verificare, in linea di massima, l'assunzione dei trend paralleli, questi grafici contribuiscono a supportare le evidenze descritte dai modelli delle sezioni precedenti.

5.7.2 Endogeneità del controllo sul numero di punti di ricarica

Un problema nell'utilizzo del numero di punti di ricarica come variabile di controllo è il fatto che, essendo variabile nel tempo, anch'esso potrebbe essere influenzato dall'inizio del conflitto e da una maggiore adozione dei veicoli elettrici, causando problemi di endogeneità. Per questo motivo, in questa sezione sono nuovamente stimati i modelli nelle colonne (10), (11), e (12) della tabella 5.24, con la variabile di controllo in ritardo di un anno. In questo modo, si riduce il nesso causale tra l'evento di trattamento e il numero di punti di ricarica, ma si riduce notevolmente il numero di osservazioni utilizzabili. In ogni caso, avendo oltre due anni di dati precedenti all'inizio della guerra, rimane un numero di osservazioni sufficiente a stimare i modelli di regressione, mostrati nella tabella 5.25.

Tabella 5.25. Risultati dei modelli di regressione delle colonne (10), (11), e (12) della tabella 5.24, includendo la variabile di controllo con un lag di 12 mesi.

	Norm. Reg.	**Reg. Share**	**Norm. Reg. Share**
Post × Treated	-0.201***	-0.061***	-0.360***
	(0.063)	(0.021)	(0.113)
Log(Charging Points/km^2), $t-12$	-0.008	-0.015	-0.017
	(0.051)	(0.015)	(0.087)
Constant	0.241	0.163***	0.420
	(0.217)	(0.055)	(0.366)
Observations	1315	1100	1315
Adjusted R^2	0.744	0.769	0.743
Country FE	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes

Notes: All specifications include country and time fixed effects. Standard errors clustered at the country level are reported in parentheses. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

I risultati mostrano che l'unica differenza tra questi modelli e quelli originali è una leggera riduzione dell'entità dei coefficienti (in valore assoluto). Il motivo dietro a questa variazione potrebbe essere il minor numero di osservazioni disponibili oppure, come previsto, la ridotta influenza del trattamento sulla variabile di controllo rispetto al caso

originale. In ogni caso, dato che il segno e la significatività statistica, invece, rimangono invariati, le considerazioni scritte in precedenza rimangono valide.

5.7.3 Indice alternativo del prezzo del carbone

Un altro controllo interessante da valutare è legato alla costruzione della misura sull'esposizione energetica. Al momento di scegliere quali indicatori globali di prezzo utilizzare, per il carbone erano possibili due alternative: l'indice sudafricano o quello australiano. La scelta è caduta sul primo, a causa della minore distanza geografica dall'Europa; la differenza non è però così elevata da eliminare tutti i dubbi, specialmente considerando che il valore dello shock di prezzo (fare riferimento all'equazione 4.1) cambia in maniera importante: da 1.94 per l'indice sudafricano a 3.04 per l'indice australiano. Per questo motivo, in questa sezione sono valutate le differenze nella misura di esposizione composita, utilizzando questo indice alternativo. Essendo maggiore l'aumento di prezzo, l'aspettativa è che i valori della misura siano diversi, in particolare maggiori per le Nazioni con una maggior dipendenza dal carbone. La tabella 5.26 contiene una lista delle Nazioni in ordine crescente, secondo i valori della misura alternativa costruita.

Tabella 5.26. Valori ordinati della variabile relativa all'esposizione composita alternativa.

#	**Country**	**Composite Exposure score**
1	Iceland	−2.42
2	Portugal	−1.30
3	Norway	−0.99
4	Spain	−0.95
5	Sweden	−0.92
6	France	−0.82
7	Switzerland	−0.81
8	Cyprus	−0.60
9	Ireland	−0.53
10	Luxembourg	−0.35
11	Finland	−0.27
12	Denmark	−0.25
13	Belgium	−0.22
14	United Kingdom	−0.07
15	Slovenia	−0.06
16	Austria	0.22
17	Greece	0.23
18	Germany	0.32
19	Netherlands	0.36
20	Croatia	0.48
21	Italy	0.50
22	Latvia	0.63
23	Bulgaria	0.65
24	Slovakia	0.76
25	Czech Republic	0.76
26	Lithuania	0.81
27	Turkey	0.90
28	Hungary	0.95
29	Romania	1.01
30	Estonia	1.06
31	Poland	1.18

Dal confronto con la tabella 4.13 emerge che il gruppo trattato e quello di controllo sono quasi esattamente identici. L'unica differenza è che, con l'indice alternativo, il Regno Unito passa dal gruppo trattato a quello di controllo. Il maggiore aumento di prezzo, quindi, viene quasi totalmente assorbito dall'operazione di standardizzazione e dalla combinazione con la dimensione geografica. I modelli di regressione stimati con questa misura alternativa, che non sono mostrati per brevità, mostrano risultati quasi identici alla specificazione originale, data la composizione molto simile dei due gruppi.

5.7.4 Misura di esposizione composita con posizione relativa

In questa sezione è valutata un'altra versione alternativa della misura di trattamento composita, costruita utilizzando la posizione relativa delle Nazioni per combinare la dimensione energetica con quella geografica (invece della standardizzazione delle due variabili). In questo modo, si perde l'informazione sulle differenze tra i valori relativi alle singole Nazioni, ma si riduce l'incidenza dei valori estremi. Per poter considerare il fatto che una Nazione più vicina alla zona del conflitto è più esposta ai suoi effetti, il rank di questa variabile è stato assegnato in ordine crescente: ad esempio, la prima posizione nella classifica è stata assegnata alla Nazione con il valore della distanza minimo del dataset. Successivamente, è stata calcolata la media dei due numeri associati alla posizione di ogni Nazione nelle classifiche. La tabella 5.27 contiene una lista delle Nazioni in ordine crescente, secondo i valori della misura composita costruita in questo modo.

Tabella 5.27. Valori ordinati della variabile relativa all'esposizione composita, costruita con le posizioni relative di ogni Nazione.

#	**Country**	**Composite Exposure score**
1	Romania	4.5
2	Hungary	4.5
3	Lithuania	4.5
4	Poland	5.0
5	Turkey	7.5
6	Latvia	8.0
7	Slovakia	9.0
8	Estonia	10.0
9	Italy	10.5
10	Croatia	11.0
11	Bulgaria	11.5
12	Czech Republic	12.5
13	Netherlands	13.0
14	United Kingdom	15.5
15	Austria	15.5
16	Greece	15.5
17	Germany	16.0
18	Slovenia	18.5
19	Ireland	20.0
20	Finland	20.5
21	Denmark	20.5
22	Belgium	20.5
23	Cyprus	22.0
24	Luxembourg	22.0
25	Spain	23.5
26	Sweden	23.5
27	Switzerland	24.0
28	Portugal	24.5
29	France	25.5
30	Norway	26.0
31	Iceland	31.0

La separazione tra gruppo trattato e gruppo di controllo è stata effettuata basandosi sul valore medio del punteggio, ovvero 16, avendo 31 Nazioni nel dataset. Questa decisione si dimostra ancora più valida osservando che esiste una differenza importante tra la Germania (posizione 17, punteggio 16, esattamente uguale alla media) e la Slovenia (posizione 18, punteggio 18.5). Confrontando i due gruppi costruiti in questo modo con la tabella 4.13, emerge che il gruppo trattato e quello di controllo sono esattamente identici. Scegliendo, quindi, la soglia più appropriata per questa misura, si ottiene lo stesso identico risultato del caso originale. Dunque, non ci sono differenze nelle considerazioni tratte in precedenza, osservando i risultati dei modelli di regressione.

5.7.5 Misura di esposizione energetica con le importazioni nette

In questa sezione è valutata una versione alternativa della misura di esposizione energetica allo shock. In particolare, nella formula mostrata dall'equazione 4.2 è stato modificato il calcolo delle $Share_{ic}$: in questo caso, esse sono costituite dal rapporto tra le importazioni nette di gas, petrolio o carbone, e il consumo energetico totale di ogni Nazione del dataset nell'anno 2019. Considerando le importazioni nette di combustibili fossili invece del loro consumo energetico interno, si riescono ad identificare meglio le Nazioni il cui sistema energetico dipende dalle forniture estere di combustibile, che quindi risultano più esposte agli effetti del conflitto. Il motivo per cui la specifica principale non è stata costruita in questo modo è la minor copertura dei relativi dati: oltre a Liechtenstein e Malta, i cui dati risultano assenti anche per quanto riguarda il mix energetico, i dati sulle importazioni/esportazioni di combustibili mancano anche per Bulgaria, Croazia, Cipro e Romania. Essendo il campione di partenza già non particolarmente numeroso, è stato deciso di utilizzare la misura con più copertura possibile come principale. La misura di esposizione energetica così costruita è stata poi combinata con la distanza geografica calcolando la media dei valori normalizzati delle due variabili per ogni Nazione, esattamente come in precedenza. La tabella 5.28 contiene una lista delle Nazioni in ordine crescente, secondo i valori della misura composita costruita in questo modo.

Tabella 5.28. Valori ordinati della variabile relativa all'esposizione composita, costruita con le importazioni nette di combustibile.

#	**Country**	**Composite Exposure score**
1	Norway	−2.62
2	Iceland	−1.41
3	Portugal	−1.08
4	Spain	−0.73
5	Ireland	−0.68
6	United Kingdom	−0.45
7	France	−0.30
8	Netherlands	−0.15
9	Switzerland	−0.11
10	Belgium	−0.06
11	Denmark	−0.05
12	Luxembourg	−0.03
13	Sweden	0.01
14	Finland	0.19
15	Germany	0.19
16	Italy	0.22
17	Slovenia	0.24
18	Estonia	0.26
19	Greece	0.30
20	Czech Republic	0.39
21	Austria	0.46
22	Poland	0.50
23	Turkey	0.60
24	Latvia	0.65
25	Slovakia	0.76
26	Lithuania	0.76
27	Hungary	0.76

La separazione tra gruppo trattato e gruppo di controllo è stata effettuata sfruttando il gap tra la Svezia (posizione 13, punteggio 0.01) e la Finlandia (posizione 14, punteggio 0.19). Anche se in questo modo una Nazione con punteggio positivo non fa parte del gruppo trattato, ovvero la Svezia, la scelta è giustificata dal fatto che il suo punteggio è molto più simile alle altre Nazioni che fanno parte del gruppo di controllo. In questo modo si ottengono anche due gruppi equilibrati dal punto di vista della numerosità: 13 Nazioni per il gruppo di controllo, 14 per il gruppo trattato. Confrontando questa tabella con la 4.13, emerge che i due gruppi sono simili nella composizione, ma con qualche differenza: oltre a un paio di Nazioni che cambiano gruppo di appartenenza, ben 4 Nazioni non compaiono in questa analisi a causa della mancanza dei dati. Per questo motivo, in questa sezione sono nuovamente stimati i modelli nelle colonne (10), (11), e (12) della tabella 5.24, con la diversa composizione dei due gruppi. I risultati sono mostrati nella tabella 5.29.

Tabella 5.29. Risultati dei modelli di regressione delle colonne (10), (11), e (12) della tabella 5.24, includendo la misura di esposizione energetica costruita con le importazioni nette di combustibili fossili.

	Norm. Reg.	**Reg. Share**	**Norm. Reg. Share**
Post × Treated	-0.269***	-0.073***	-0.505***
	(0.071)	(0.026)	(0.121)
Log(Charging Points/km^2), $t-12$	-0.054	-0.023	-0.071
	(0.047)	(0.015)	(0.080)
Constant	0.378*	0.170***	0.566*
	(0.186)	(0.058)	(0.319)
Observations	1467	1192	1455
Adjusted R^2	0.722	0.729	0.727
Country FE	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes

Notes: All specifications include country and time fixed effects. Standard errors clustered at the country level are reported in parentheses. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$.

I risultati mostrano, anche in questo caso, differenze minime con i modelli originali in tabella 5.24. Anche modificando la costruzione della misura di trattamento, utilizzando le importazioni nette di combustibili fossili invece del loro consumo interno, i risultati ottenuti sono robusti e le considerazioni scritte in precedenza restano valide.

5.8 Riassunto dei risultati

Nel complesso, i risultati dell'analisi empirica mostrano come l'effetto dello shock associato alla guerra tra Russia e Ucraina sull'adozione dei veicoli elettrici dipenda in maniera rilevante dalla misura utilizzata per definire l'esposizione al trattamento. Ad esempio, la misura basata sulla distanza geografica dalla zona del conflitto rappresenta l'unico caso in cui tutti i coefficienti della variabile $Post \times Treated$ risultano statisticamente

significativi, con un livello almeno pari al 10%. Le specificazioni che incorporano la vulnerabilità energetica insieme alla prossimità geografica al conflitto forniscono evidenze di coefficienti negativi e statisticamente significativi per le immatricolazioni normalizzate, la quota di immatricolazioni elettriche e le immatricolazioni rapportate allo stock di veicoli, suggerendo che le Nazioni maggiormente esposte abbiano sperimentato, dopo l'inizio del conflitto, un andamento relativamente peggiore nell'adozione dei veicoli elettrici rispetto alle Nazioni meno esposte. Al contrario, altre misure producono risultati più deboli o non statisticamente significativi. È particolarmente evidente il caso della misura basata sulle importazioni nette di combustibili fossili, per la quale nessuna delle sei specificazioni senza controlli presenta un coefficiente significativo. La mancata significatività non implica necessariamente l'assenza di qualsiasi effetto economico, ma indica che, con i dati e la specificazione utilizzati, non è possibile distinguere statisticamente l'effetto stimato da zero. Ciò può derivare da diversi fattori: innanzitutto, le differenti misure di trattamento catturano dimensioni diverse dell'esposizione e modificano sensibilmente la composizione dei gruppi trattato e di controllo; inoltre, per alcune misure la disponibilità dei dati riduce il numero di Nazioni e di osservazioni utilizzabili, diminuendo la precisione delle stime. A ciò si aggiunge l'elevata eterogeneità tra le economie europee e la possibilità che le Nazioni abbiano reagito allo shock attraverso meccanismi differenti, come la sostituzione dei fornitori energetici, la diversificazione del mix energetico e politiche nazionali eterogenee, attenuando la capacità di una singola misura binaria di trattamento di identificare un effetto comune. Infine, la diversa significatività riscontrata tra variabili espresse in livelli e in forma logaritmica evidenzia come lo shock possa aver inciso maggiormente sulle differenze assolute che su quelle proporzionali tra i mercati: nel caso dell'esposizione energetica, infatti, il decremento delle immatricolazioni normalizzate risulta significativo in forma lineare ma non nella corrispondente trasformazione logaritmica. Nel complesso, quindi, i risultati non permettono di individuare un effetto uniforme della guerra sull'adozione dei veicoli elettrici, ma suggeriscono che le conseguenze siano state eterogenee e maggiormente identificabili quando l'esposizione viene definita considerando congiuntamente la vulnerabilità energetica e la dimensione geografica.

Capitolo 6

Conclusioni

Questo documento mostra come gli effetti della guerra tra Russia e Ucraina sull'adozione dei veicoli elettrici in Europa non possano essere ricondotti a un'unica dimensione dell'esposizione allo shock. L'analisi evidenzia infatti una forte eterogeneità tra le Nazioni, coerente con le differenze nella struttura energetica, nella dipendenza dalle importazioni e nella prossimità geografica alla zona del conflitto. In particolare, la distanza geografica emerge come la misura capace di identificare in maniera più netta differenze nell'andamento delle immatricolazioni, mentre le misure di esposizione energetica e composita confermano, per alcune variabili dipendenti, un effetto relativamente più negativo nelle Nazioni maggiormente esposte. Questi risultati suggeriscono che la vulnerabilità allo shock non dipenda soltanto dalla quantità di energia importata o consumata, ma dall'interazione di più caratteristiche strutturali delle economie nazionali. La letteratura esaminata mostra del resto come le conseguenze del conflitto siano state influenzate dalla dipendenza energetica, dai legami commerciali, dalla struttura produttiva e dalla capacità di sostituire rapidamente le forniture russe.

Le evidenze ottenute sono compatibili con l'ipotesi secondo cui l'aumento dei prezzi energetici e il deterioramento delle condizioni macroeconomiche abbiano inciso sulle decisioni di acquisto dei consumatori, riducendo in alcuni mercati la capacità o la propensione a scegliere veicoli elettrici. Tuttavia, tale interpretazione deve essere mantenuta prudente: lo stesso shock ha infatti prodotto anche incentivi alla diversificazione energetica e alla riduzione della dipendenza dai combustibili fossili, processi che nel medio-lungo periodo potrebbero agire nella direzione opposta e favorire la transizione energetica. La capacità di sostituire le forniture russe e di ricorrere ad altri fornitori, ad esempio attraverso l'aumento delle importazioni di LNG, ha inoltre attenuato nel tempo parte degli effetti iniziali dello shock.

Dal punto di vista metodologico, uno dei principali contributi del lavoro consiste proprio nel confronto tra differenti definizioni dell'esposizione al trattamento. Le diverse misure non identificano sempre le stesse Nazioni come maggiormente esposte, mostrando quanto la scelta della variabile di trattamento possa incidere sui risultati di un modello Difference-in-Differences. I controlli di robustezza svolti rafforzano alcune delle conclusioni principali: la misura composita mantiene risultati simili utilizzando forme alternative

del controllo relativo ai punti di ricarica, mentre la costruzione della stessa misura utilizzando la posizione relativa delle Nazioni conduce alla stessa suddivisione tra gruppo trattato e gruppo di controllo della specificazione principale. Allo stesso tempo, la presenza di coefficienti non significativi in alcune specificazioni e la sensibilità dei risultati alla forma funzionale rendono necessario evitare un'interpretazione eccessivamente uniforme o deterministica dell'effetto della guerra.

L'analisi presenta inoltre alcuni limiti. La disponibilità non uniforme dei dati riduce il numero di Nazioni utilizzabili per alcune misure di trattamento, in particolare per i flussi di importazione ed esportazione di combustibili, e alcune variabili sono disponibili soltanto con frequenza annuale o trimestrale, richiedendo la propagazione dello stesso valore su più mesi. Inoltre, la classificazione delle Nazioni nei gruppi di trattamento e di controllo comporta necessariamente una semplificazione di un fenomeno che, nella realtà, è continuo e multidimensionale.

Alcuni possibili sviluppi futuri di questo lavoro potrebbero essere basati su altri conflitti, come quello in Medio Oriente in atto al momento della scrittura, con effetti potenzialmente ancora più significativi sul mercato energetico e dei combustibili fossili. La misura di trattamento potrebbe essere basata anche su dati come il prezzo dell'energia o del carburante per automobili; un altro possibile sviluppo futuro potrebbe consistere nell'utilizzo di misure continue dell'esposizione, oltre a esplorare ulteriormente l'eterogeneità degli effetti tra Nazioni e nel tempo. Sarebbe inoltre interessante estendere l'analisi alle decisioni delle imprese, agli investimenti nell'infrastruttura di ricarica, alla produzione di batterie e all'ingresso nei diversi mercati, aspetti già individuati come possibili sviluppi successivi del lavoro. Oltre a questi aspetti, tecniche di machine learning come i Classification and Regression Trees (CART) possono essere utilizzate per costruire misure di trattamento alternative, identificando pattern presenti nei dati ma meno scontati.

In definitiva, i risultati suggeriscono che la guerra abbia rappresentato uno shock rilevante anche per un mercato non direttamente coinvolto nel conflitto, come quello dei veicoli elettrici, ma che il suo impatto sia dipeso in misura sostanziale dalle caratteristiche strutturali delle singole economie. Più che evidenziare un effetto unico e omogeneo, il lavoro mostra quindi come la transizione verso la mobilità elettrica possa essere influenzata da shock geopolitici attraverso molteplici canali economici ed energetici, sottolineando l'importanza di considerare congiuntamente vulnerabilità energetica, prossimità geografica e capacità di adattamento delle diverse Nazioni.

Bibliografia

Aizenman, J., Lindahl, R., Stenvall, D. & Uddin, G. S. (2024), 'Geopolitical shocks and commodity market dynamics: New evidence from the Russia-Ukraine conflict', *European Journal of Political Economy* **85**, 102574.

Autor, D. H., Dorn, D. & Hanson, G. H. (2013), 'The geography of trade and technology shocks in the United States', *American Economic Review* **103**(3), 220–225.

Baumeister, C. & Peersman, G. (2013), 'Time-varying effects of oil supply shocks on the US economy', *American Economic Journal: Macroeconomics* **5**(4), 1–28.

Bekkerman, R., Cohen, M. C., Kung, E., Maiden, J. & Proserpio, D. (2023), 'The effect of short-term rentals on residential investment', *Marketing Science* **42**(4), 819–834.

Bibler, A., Teltser, K. & Tremblay, M. J. (2022), 'Short-term rental platforms and homeowner displacement: Evidence from airbnb registration enforcement', *Andrew Young School of Policy Studies Research Paper Series Forthcoming* .

Chen, W., Wei, Z. & Xie, K. (2023), 'Regulating professional players in peer-to-peer markets: evidence from airbnb', *Management Science* **69**(5), 2893–2918.

Chu, J. & Manchanda, P. (2015), 'Quantifying cross and direct network effects in online c2c platforms', *Marketing Science, Forthcoming, Ross School of Business Paper* (1248).

Cullen, Z. & Farronato, C. (2021), 'Outsourcing tasks online: Matching supply and demand on peer-to-peer internet platforms', *Management Science* **67**(7), 3985–4003.

Dutta, S. & Vasudeva, G. (2025), 'How demand shocks "jumpstart" technological ecosystems and commercialization: evidence from the global electric vehicle industry', *Strategy Science* **10**(1), 1–31.

Gauß, P., Gensler, S., Kortenhaus, M., Riedel, N. & Schneider, A. (2024), 'Regulating the sharing economy: The effects of day caps on short-and long-term rental markets and stakeholder outcomes', *Journal of the Academy of Marketing Science* **52**(6), 1627–1650.

He, C., Ozturk, O. C., Gu, C. & Chintagunta, P. K. (2023), 'Consumer tax credits for evs: Some quasi-experimental evidence on consumer demand, product substitution, and carbon emissions', *Management Science* **69**(12), 7759–7783.

Hinz, O., Otter, T. & Skiera, B. (2020), 'Estimating network effects in two-sided markets', *Journal of Management Information Systems* **37**(1), 12–38.

Illmann, U. & Kluge, J. (2020), 'Public charging infrastructure and the market diffusion of electric vehicles', *Transportation research part D: transport and environment* **86**, 102413.

Känzig, D. R. (2021), 'The macroeconomic effects of oil supply news: Evidence from opec announcements', *American Economic Review* **111**(4), 1092–1125.

Kilian, L. (2008), 'A comparison of the effects of exogenous oil supply shocks on output and inflation in the g7 countries', *Journal of the european economic association* **6**(1), 78–121.

Koster, H. R., Van Ommeren, J. & Volkhausen, N. (2021), 'Short-term rentals and the housing market: Quasi-experimental evidence from airbnb in los angeles', *Journal of Urban Economics* **124**, 103356.

Mayer, T. & Zignago, S. (2011), Notes on cepii's distances measures: The geodist database, Working Papers 2011-25, CEPII.
URL: *https://www.cepii.fr/CEPII/en/publications/wp/abstract.asp?NoDoc=3877*

Milone, F. L. et al. (2026), 'Demand or infrastructure first? chicken-egg problem in the italian bev market', *Chicken-Egg Problem in the Italian BEV Market (April 10, 2026)* .

Novta, N. & Pugacheva, E. (2021), 'The macroeconomic costs of conflict', *Journal of Macroeconomics* **68**, 103286.

Rojas-Romagosa, H. (2024), *Medium-term macroeconomic effects of Russia's war in Ukraine and how it affects energy security and global emission targets*, International Monetary Fund.

Rysman, M. (2004), 'Competition between networks: A study of the market for yellow pages', *The Review of Economic Studies* **71**(2), 483–512.

Rysman, M. (2007), 'An empirical analysis of payment card usage', *The Journal of Industrial Economics* **55**(1), 1–36.

Rysman, M. (2009), 'The economics of two-sided markets', *Journal of economic perspectives* **23**(3), 125–143.

Sanchez-Cartas, J. M. & León, G. (2021), 'Multisided platforms and markets: A survey of the theoretical literature', *Journal of Economic Surveys* **35**(2), 452–487.

Stourm, L. & Albuquerque, P. (2024), 'Flowers and bees: Spatial network effects in the adoption of a sharing-economy platform', *Journal of Marketing Research* **61**(6), 1015–1040.

Tong, E. (2024), 'Repercussions of the Russia–Ukraine war', *International Review of Economics & Finance* **89**, 366–390.

Wee, S., Coffman, M. & La Croix, S. (2018), 'Do electric vehicle incentives matter? evidence from the 50 us states', *Research Policy* **47**(9), 1601–1610.