

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITA' DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE STATISTICHE

“PAOLO FORTUNATI”

Corso di Laurea in Scienze Statistiche

IL ‘GREENIUM’ IN EUROPA:

Analisi della presenza di greenium nei portafogli ‘green’ e ‘brown’

(Econometria)

Presentata da:

Tommaso Botticelli

matricola: 975871

Relatore:

Prof. Luca De Angelis

APPELLO I ANNO ACCADEMICO 2023 / 2024

INDICE

| | |
|--|----|
| 1. Introduzione..... | 3 |
| 2. Metodologia..... | 5 |
| 2.1 Classificazione dei portafogli ‘E2R’ | 5 |
| 2.2 Modelli a fattori di F. Fama e K. French | 5 |
| 3. Analisi empirica..... | 8 |
| 3.1 Costruzione dei Portafogli ‘Green’ e ‘Brown’ | 8 |
| 3.2 Statistiche descrittive portafogli ‘Green’ e ‘Brown’ | 9 |
| 3.3 Descrizione fattori ‘GMB’ | 13 |
| 3.4 Statistiche descrittive fattori GMB..... | 14 |
| 3.4 Stima dei modelli fattoriali..... | 16 |
| 3.5 Sensibilità dei portafogli ‘E2R’ al Paris Agreement..... | 17 |
| 3.5.1 Presenza di ‘Greenium’ nei portafogli ‘E2R’ (m=24) | 17 |
| 3.5.2 Dinamica del rischio sistematico (m=24) | 19 |
| 3.5.3 Presenza di ‘Greenium’ nei portafogli ‘E2R’ (m=60) | 21 |
| 3.5.4 Dinamica del rischio sistematico (m=60) | 22 |
| 3.5.5 Presenza di ‘Greenium’ nei portafogli ‘E2R’ (m=96) | 24 |
| 3.5.6 Dinamica del rischio sistematico (m=96) | 25 |
| 4. Conclusioni..... | 27 |
| 5. Bibliografia..... | 29 |

1. Introduzione

Il cambiamento climatico è una delle maggiori sfide del nostro tempo, ma c'è disaccordo sulla sua entità, cause e soluzioni. Queste differenze influenzano le preferenze di regolatori e investitori, che possono variare con nuove informazioni, impattando sui prezzi degli asset finanziari. Le preferenze per investimenti sostenibili sono cresciute rapidamente, così come le campagne di disinvestimento dai combustibili fossili.

I cambiamenti climatici come l'innalzamento del livello del mare o l'aumento delle temperature estreme si traducono in un rischio per le attività delle aziende i cui modelli di business possono diventare più o meno remunerativi con l'introduzione di nuove tasse sul carbonio o regolamentazioni climatiche che promuovono la decarbonizzazione.

Per valutare al meglio l'impatto di questo rischio di transizione climatica, nasce l'esigenza di una classificazione tra aziende più o meno ecosostenibili.

Le capitalizzazioni considerate più sostenibili dal punto di vista ambientale o più rispettose del clima (per esempio quelle meglio posizionate per avere successo in un mondo a basse emissioni di carbonio grazie alle loro minori emissioni di CO₂), sono definite aziende 'Green', mentre quelle meno rispettose del clima sono chiamate 'Brown'.

Gli investitori si sentono sempre più sicuri nell'investire in società 'Green' per diverse ragioni. Prima di tutto, vi è una crescente consapevolezza e preoccupazione per l'ambiente, che si riflette in una maggiore domanda di prodotti e servizi sostenibili. Questa tendenza sta spingendo le aziende ad adottare pratiche più ecologiche e ad innovare verso soluzioni sostenibili, migliorando così la loro competitività sul mercato.

Inoltre, gli investimenti in società 'Green' sono visti come una strategia per mitigare i rischi associati al cambiamento climatico. Le aziende che ignorano l'impatto ambientale potrebbero affrontare sfide significative, come regolamentazioni più severe, costi di conformità elevati e danni alla reputazione. Al contrario, le aziende ecosostenibili sono meglio predisposte per adattarsi a queste nuove normative e per beneficiare di incentivi governativi e sussidi destinati a promuovere la sostenibilità.

Dopo l'accordo di Parigi, avvenuto a dicembre 2015, molte aziende hanno iniziato a pianificare e adattarsi alle nuove normative e agli obiettivi di riduzione delle emissioni. L'Accordo di Parigi rappresenta un impegno globale per limitare l'aumento della temperatura globale, stabilendo l'obiettivo di mantenere l'aumento al di sotto dei 2 gradi Celsius rispetto ai livelli preindustriali, con l'ambizione di perseguire un limite di 1,5 gradi Celsius. Questo accordo ha fornito un quadro normativo chiave che ha spinto le aziende a ridurre le loro emissioni di carbonio e ad adottare pratiche più sostenibili. Le aziende con maggiori emissioni di carbonio potrebbero aver affrontato questi cambiamenti in modo proattivo, non solo per conformarsi alle normative emergenti, ma anche per

ridurre il rischio di transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio. Questo approccio può aver rassicurato gli investitori sulla stabilità futura di queste aziende, contribuendo a un premio sui loro rendimenti.

Gli investitori ESG e i regolatori della finanza sostenibile cercano di migliorare l'ambiente riducendo il costo del capitale per le aziende green e aumentandolo per quelle brown. Il successo di questo meccanismo dipende dalla dimensione del 'greenium' (o 'Green Premium').

Questo termine si riferisce ai benefici di prezzo basati sulla logica secondo cui gli investitori sono disposti a pagare di più o ad accettare rendimenti inferiori in cambio di un impatto sostenibile.

Stimare il greenium è centrale in una letteratura in rapida crescita. Tuttavia, le stime del greenium variano enormemente tra gli articoli e, mentre la maggior parte degli articoli accademici riporta un greenium negativo, ovvero rendimenti anomali negativi per quanto riguarda i portafogli 'brown' rispetto ai portafogli 'green'; altri operatori del settore si aspettano un greenium positivo.

Il prezzo relativo delle azioni di aziende più rispettose del clima ("green") rispetto a quelle meno rispettose del clima ("brown") è una questione aperta nella finanza climatica.

Le ricerche precedenti arrivano a conclusioni contrastanti, documentando sia un "carbon premium" con le azioni brown che offrono rendimenti più elevati, sia il contrario, con le azioni green che sovraperformano rispetto alle 'brown'.

Le aziende 'brown' affrontano presumibilmente maggiori rischi finanziari, di responsabilità e regolatori legati all'uso di energia da combustibili fossili. Ad esempio, gli emettitori ad alto contenuto di carbonio sono soggetti a un elevato "rischio di transizione climatica", quindi futuri aumenti dei prezzi del carbonio o politiche climatiche simili colpirebbero in modo sproporzionato queste aziende, svalutando le loro attività e modelli di business.

Di conseguenza, coloro che investono in titoli brown richiederebbero una compensazione sotto forma di rendimenti attesi più elevati per mantenere un rischio climatico aggiuntivo.

Questo premio prende il nome di 'Carbon Premium', ovvero un "premio di rischio del carbonio".

In questo documento si vogliono fornire evidenze sul comportamento del 'greenium' in relazione al periodo pre e post shock determinato dall'annuncio dell'Accordo di Parigi (2015).

In particolare, si costruiscono portafogli con diverse classificazioni, utilizzando le emissioni di anidride carbonica (CO₂) riportate dalle aziende per misurare la loro eco-sostenibilità.

Studi hanno scoperto che, nell'ultimo decennio, i portafogli 'green' definiti utilizzando dati sulle emissioni riportati dalle aziende hanno ottenuto performance migliori rispetto a quelli 'brown'.

Altri studi, hanno mostrato l'evidenza di un 'green premium', cioè rendimenti anomali maggiori per i portafogli 'brown' rispetto ai portafogli 'green'; in questo documento si vuole fare chiarezza, attraverso un'analisi empirica applicata a diverse classificazioni di portafogli finanziari.

2. Metodologia

In questa sezione, iniziamo delineando la metodologia utilizzata per la classificazione delle attività ad alta emissione di carbonio nel paragrafo 2.1 e successivamente descriviamo i modelli estesi di asset pricing impiegati nelle analisi empiriche nel paragrafo 2.2.

2.1 Classificazione dei portafogli ‘E2R’

Innanzitutto, ci occupiamo di descrivere la classificazione che è stata utilizzata per la costruzione delle differenti soglie di portafogli ‘green’ e ‘brown’.

La metodologia utilizzata prevede che i portafogli vengano creati impiegando i dati sulle emissioni di gas serra (GHG) in CO₂, i quali sono scalati in base ai ricavi delle società.

In questo modo, si ottengono valori annualizzati di ‘Emission to revenues’ (emissioni per ricavo) per ogni titolo dell’indice Stoxx Europe 600.

In particolare, i dati riportati secondo il protocollo dei gas a effetto serra (GHG) sono misurati in tonnellate di CO₂ equivalente (tCO₂e) all'anno. Il protocollo GHG specifica tre ambiti di emissioni.

Il primo ambito riflette le fonti di emissioni dirette che sono possedute o controllate da un'azienda (ad esempio, include le emissioni prodotte dai motori a combustione interna del parco autocarri di un'azienda di trasporti). D'altra parte, le emissioni dell'ambito 2 derivano dal consumo di elettricità acquistata, vapore o altre fonti di energia generate a monte delle operazioni dirette di un'azienda.

Infine, l'ambito 3 comprende tutte le altre emissioni associate alle operazioni di un'azienda che non sono direttamente possedute o controllate dall'azienda stessa. Le emissioni dell'ambito 3 includono diverse fonti di emissioni indirette sia nella catena di fornitura dell'azienda che nell'uso dei prodotti dell'azienda da parte dei clienti. Data la definizione estesa delle emissioni dell'ambito 3, quest'ultimo rappresenta la maggior parte dell'impronta delle emissioni della maggior parte delle aziende.

2.2 Modelli a fattori di F. Fama e K. French

Eugene F. Fama e Kenneth R. French sono due economisti e accademici rinomati, celebri soprattutto per i loro contributi alla finanza comportamentale e all'economia finanziaria, in particolare per lo sviluppo di modelli di asset pricing e gestione del portafoglio.

I modelli fattoriali ideati da F. & F. (1993, 2015) sono modelli statistici che tentano di spiegare fenomeni complessi utilizzando un certo numero di fattori sottostanti.

Il loro contributo nasce con l'obiettivo di ampliare il modello tradizionale CAPM (Capital Asset Pricing Model), troppo semplicistico e spesso non modellabile alla realtà (in media riesce a spiegare il 70% dei rendimenti dei portafogli diversificati).

Il CAPM è un modello matematico della teoria di portafoglio (Markowitz, 1964), che determina una relazione tra il rendimento di un titolo e il suo rischio non diversificabile, misurata tramite un unico fattore, detto beta (β).

Più precisamente, il modello, ci permette di trovare il rendimento atteso di un titolo n come la somma tra il tasso privo di rischio e un premio di rischio che esprima il rischio non diversificabile. Il premio dipenderà molto da un coefficiente beta che misura la reattività del rendimento di un titolo ai movimenti del mercato. Tanto maggiore è il coefficiente beta, tanto maggiore sarà il rendimento atteso dell'attività n , in quanto avente un maggior grado di rischio non diversificabile.

Un investitore esigerà quindi un rendimento atteso più elevato per detenere un'attività finanziaria più rischiosa.

Il modello di mercato relativo al CAPM è definito come

$$R_{i,t} - R_{f,t} = \alpha_i + \beta_i(R_{m,t} - R_{f,t}) + \varepsilon_i$$

dove $R_{i,t}$ è il tasso di rendimento atteso del portafoglio, $R_{f,t}$ il tasso di rendimento privo di rischio e $R_{m,t}$ è il rendimento del portafoglio di mercato (al tempo t).

Per migliorare il CAPM, Fama e French sono partiti dall'osservazione di due classi di titoli che hanno avuto la tendenza a fare meglio del mercato nel suo complesso.

In particolare, le cosiddette 'small cap' (cioè azioni a bassa capitalizzazione) e le azioni con un elevato book-to-market ratio (cioè i titoli 'value', con un valore superiore rispetto al prezzo proposto dal mercato). Hanno quindi aggiunto due fattori al tradizionale modello CAPM per riflettere l'esposizione di un portafoglio a queste due classi.

Il modello introdotto da Fama e French nel 1993 prende il nome di '3 Factor Model' ed è definito come

$$R_{i,t} - R_{f,t} = \alpha_i + \beta_i(R_{m,t} - R_{f,t}) + \delta_i SMB_t + \gamma_i HML_t + \varepsilon_{i,t}$$

Il primo fattore ($R_{m,t} - R_{f,t}$) è comune con il CAPM, ma non uguale ad esso in quanto ora ci sono fattori aggiuntivi che svolgono parte del lavoro.

Il secondo fattore è la dimensione (Size), noto come SMB ('Small Minus Big'), che rappresenta il differenziale di rendimento tra titoli di piccole e grandi capitalizzazioni. L'idea alla base di questo

fattore è che le aziende di piccole dimensioni tendono a sovraperformare quelle di grandi dimensioni nel lungo periodo, in quanto hanno un rischio maggiore e, di conseguenza un rendimento potenziale atteso maggiore.

Il terzo ed ultimo fattore è il valore (Value), noto come HML ('High Minus Low'), questo esprime la differenza di performance tra titoli con alto valore contabile rispetto al prezzo di mercato (Value) e quelli con basso book-to-market (Growth). Questo fattore si basa sull'idea che le azioni sottovalutate sul mercato nel tempo, tendano a sovraperformare le azioni con un basso rapporto tra valore contabile e di mercato.

I fattori sono calcolati con combinazioni di portafogli composti da titoli classificati (classifica BtM, classifica Cap) e dati storici di mercato disponibili.

Attraverso l'inclusione di questi due ulteriori fattori, il 3 Factor Model di Fama e French offre una spiegazione più completa delle variazioni nei rendimenti azionari rispetto al solo rischio di mercato considerato dal CAPM.

Nel 2015, Fama e French hanno esteso il modello, aggiungendo altri due fattori: redditività e investimenti. Definito in modo analogo al fattore HML, il fattore di redditività (RMW, cioè Robust Minus Weak) è la differenza tra i rendimenti delle imprese con redditività operativa robusta (alta) e debole (bassa); e il fattore di investimento (CMA, Conservative Minus Aggressive) è la differenza tra i rendimenti delle imprese che investono in modo conservativo e delle imprese che investono in modo aggressivo.

Questo modello prende il nome di '5 Factor Model' ed è definito come

$$R_{i,t} - R_{f,t} = \alpha_i + \beta_i(R_{m,t} - R_{f,t}) + \delta_i SMB_t + \gamma_i HML_t + \xi_i RMW_t + \theta_i CMA_t + \varepsilon_{i,t}$$

3. Analisi empirica

In questa sezione, si spiega lo svolgimento delle analisi empiriche sull'indice di mercato 'STOXX Europe 600', un paniere composto dalle 600 principali capitalizzazioni di mercato europee.

Nella sezione 3.1 si spiegano i dati utilizzati per la creazione dei portafogli 'Green' e 'Brown', a seconda del valore di emissioni di CO₂ per ricavo (E2R) delle società. I portafogli 'Brown' presentano aziende con valori di E2R maggiori, mentre i portafogli 'Green' minore, in quanto composti da società ecosostenibili.

Nella sezione 3.2 si studiano le statistiche descrittive dei portafogli costruiti su 12 soglie differenti per valore di E2R, dal portafoglio HighE2R_95 al LowE2R_05, prima e dopo il Paris Agreement del dicembre 2015. Il Paris Agreement è un trattato internazionale firmato da 195 paesi durante la COP21 di Parigi, con l'obiettivo di limitare il riscaldamento globale ben al di sotto dei 2 gradi Celsius rispetto ai livelli preindustriali e di perseguire sforzi per limitarlo a 1,5 gradi Celsius. Questo accordo ha spinto molte aziende a migliorare la loro sostenibilità ambientale e a ridurre le emissioni di carbonio, influenzando significativamente il valore di E2R delle società.

L'analisi empirica confronta i portafogli creati prima e dopo l'accordo di Parigi, osservando come le politiche e le iniziative ambientali abbiano influenzato le performance dei titoli con diverso numero di emissioni di CO₂ per ricavo. Questo confronto permette di valutare l'impatto delle misure di sostenibilità e delle normative ambientali introdotte dal Paris Agreement sul comportamento e sui rendimenti delle capitalizzazioni incluse nello STOXX Europe 600.

Nella sezione 3.3 si descrivere la costruzione di fattori 'green minus brown', si ottengono 6 fattori per differenza di rendimento tra le soglie complementari di portafogli 'green' e 'brown'.

La costruzione di questi fattori ci permette di indagare la presenza di greenium nel periodo temporale considerato e di valutarne la correlazione con shock inerenti alla transizione climatica, tra questi l'Accordo di Parigi.

Questa analisi è oggetto del paragrafo 3.4, in cui vengono esaminate prima le statistiche descrittive e poi i rendimenti cumulativi dei fattori precedentemente ottenuti.

Infine, nel paragrafo 3.5 con la stima del modello a 3 fattori di Fama e French, si valutano i coefficienti Alpha (rendimenti anomali rispetto al mercato) e Beta (misura del profilo rischio-rendimento rispetto al mercato) e li si confronta nel periodo temporale pre e post Paris Agreement, così da poter cogliere eventuali cambiamenti di questi valori dovuti a questo evento.

3.1 Costruzione dei Portafogli 'Green' e 'Brown'

Sono stati raccolti i dati relativi ai prezzi di chiusura mensili dei 600 titoli inclusi nell'indice STOXX Europe 600 per il periodo compreso tra gennaio 2010 e dicembre 2023, totalizzando 168 osservazioni

mensili. Per standardizzare i valori, i prezzi di chiusura di ciascuna azione sono stati convertiti in dollari statunitensi (USD), consentendo così il calcolo dei rendimenti mensili per ciascuna società e del valore di mercato totale per ogni istante temporale.

Per il dato "Emission to Revenue" (E2R), si è scelto di considerare un ritardo di 18 mesi ($t-18$), comprendendo 12 mesi di ritardo dovuto alla frequenza annuale del dato E2R e ulteriori sei mesi necessari per l'arrivo delle informazioni ai mercati. L'indicatore "emission per revenue" (E2R) misura la quantità di emissioni di carbonio prodotte da un'azienda in relazione al suo fatturato. Questo rapporto fornisce un'indicazione dell'efficienza ambientale dell'azienda, esprimendo le emissioni di CO₂ come una percentuale del fatturato totale. Ad esempio, un'azienda con un basso valore di E2R produce relativamente poche emissioni di carbonio rispetto al suo fatturato, mentre un valore elevato indica una produzione significativa di emissioni di CO₂ rispetto al fatturato.

Questo indicatore è cruciale per valutare l'impatto ambientale delle aziende e per classificarle in base alla loro sostenibilità ambientale. Utilizzando soglie come "HighE2R_95" o "LowE2R_05", sono stati creati portafogli di azioni che riflettono differenti livelli di efficienza ambientale, fornendo informazioni utili agli investitori interessati ai criteri ambientali, sociali e di governance (ESG).

Per l'analisi sono stati creati 12 portafogli basati su differenti soglie di emissioni per ricavi. Questi portafogli variano dalla soglia "HighE2R_95", che comprende le società con un valore di emissione per ricavo superiore al novantacinquesimo percentile, fino al portafoglio "LowE2R_05", composto dai titoli con valori di emissioni di CO₂ inferiori al quinto percentile. Le soglie "HighE2R_95" e "LowE2R_05" rappresentano i portafogli estremi. Tra queste due soglie, sono stati considerati ulteriori portafogli con le seguenti soglie: "HighE2R_90", "HighE2R_85", "HighE2R_80", "HighE2R_75", "HighE2R_Mediana", "LowE2R_Mediana", "LowE2R_25", "LowE2R_20", "LowE2R_15" e "LowE2R_10".

3.2 Statistiche descrittive portafogli 'Green' e 'Brown'

In questo paragrafo si intende evidenziare un'analisi descrittiva dei 12 portafogli 'Green' e 'Brown', con l'obiettivo di valutare se i portafogli con minori emissioni di CO₂ per ricavo ottengano un premio rispetto ai portafogli con valori di E2R maggiori, i quali sono percepiti dai consumatori come più rischiosi.

Secondo il modello teorico proposto da Pástor et al. (2021) le azioni 'Green' sovraperformano le azioni 'Brown' quando aumentano inaspettatamente le preoccupazioni sul cambiamento climatico. Secondo il loro modello, esistono due meccanismi principali che influenzano questo fenomeno: i cambiamenti nelle aspettative sui flussi di cassa futuri delle aziende 'Green' rispetto a quelle 'Brown' e le preferenze degli investitori per i criteri ESG. Con l'aumento delle preoccupazioni sul

cambiamento climatico, le azioni green beneficiano di un incremento delle preferenze sia da parte degli investitori sia dei consumatori.

L'effetto descritto dal modello è asimmetrico: la penalizzazione per le aziende 'Brown' è maggiore rispetto al premio per le aziende 'Green'. In pratica, quando le preoccupazioni climatiche aumentano, il prezzo delle azioni delle aziende più ecosostenibili tende ad aumentare in modo relativamente moderato, mentre il prezzo delle azioni delle aziende 'Brown' diminuisce in modo significativamente più marcato rispetto all'aumento osservato per le aziende 'Green'.

Questa analisi mira a dimostrare che i portafogli con minori emissioni di CO₂ per ricavo (portafogli 'Green') ottengono un rendimento superiore rispetto a quelli con maggiori emissioni di CO₂ per ricavo (portafogli 'Brown'), specialmente in periodi di accresciuta sensibilità verso il cambiamento climatico. Tale approccio consente di comprendere meglio come le dinamiche di mercato e le preferenze degli investitori influenzino i rendimenti dei portafogli in base al loro impatto ambientale. Le statistiche descrittive per i portafogli relativi a 3 periodi temporali (2010-2023, 2010-2015, 2016-2023), costruiti secondo le classificazioni elencate sopra sono riportate rispettivamente nella Tabella 1, Tabella 2, Tabella 3.

La tabella 1 evidenzia come i portafogli con soglie più alte di emissioni per ricavo tendono a mostrare rendimenti medi più bassi rispetto a quelli con soglie più basse. Tra i portafogli definiti 'Brown', la soglia HighE2R_9 evidenzia il rendimento medio più alto, pari a 0.27, seguita da HighE2R_80 con un rendimento medio di 0.24. Inoltre, il portafoglio HighE2R_9 presenta la mediana più elevata (0.74), suggerendo una maggiore consistenza nei rendimenti rispetto agli altri portafogli HighE2R. Tuttavia, il portafoglio HighE2R_95 si distingue per avere la deviazione standard più alta (6.24), indicando una maggiore volatilità rispetto agli altri portafogli HighE2R.

E' evidente come nei portafogli 'LowE2R', le mediane sono generalmente inferiori alle medie, indicando una distribuzione dei rendimenti spostata verso il basso rispetto ai valori medi.

Tra i portafogli 'Green', il portafoglio LowE2R_Mediana ha il rendimento medio più alto (0.55) e l'indice di Sharpe più elevato (0.096), indicando una combinazione di rendimenti superiori e rischio inferiore. Invece, il portafoglio che registra la volatilità maggiore è il portafoglio LowE2R_1 con una deviazione standard elevata (6.70).

In generale, i portafogli 'Green' tendono a mostrare performance nei rendimenti migliore rispetto alla misura di rischio (Sharpe e Sortino). Tuttavia, questa maggiore redditività è accompagnata da una maggiore variabilità, con una deviazione standard più alta rispetto ai portafogli 'Brown', suggerendo una maggiore volatilità nei rendimenti.

| Portafoglio | Mean | Median | S.D. | Min | Max | Sharpe | Sortino |
|-----------------|------|--------|------|--------|-------|--------|---------|
| HighE2R_95 | 0,20 | 0,47 | 6,24 | -21,84 | 18,55 | 0,032 | 0,046 |
| HighE2R_9 | 0,27 | 0,74 | 6,14 | -19,22 | 19,68 | 0,043 | 0,063 |
| HighE2R_85 | 0,21 | 0,71 | 5,85 | -17,43 | 20,39 | 0,036 | 0,052 |
| HighE2R_80 | 0,24 | 0,40 | 5,78 | -16,97 | 19,56 | 0,042 | 0,063 |
| HighE2R_75 | 0,22 | 0,51 | 5,69 | -17,47 | 19,44 | 0,039 | 0,058 |
| HighE2R_Mediana | 0,37 | 0,76 | 4,97 | -13,82 | 15,41 | 0,074 | 0,113 |
| LowE2R_Mediana | 0,55 | 0,37 | 5,70 | -17,45 | 17,24 | 0,096 | 0,147 |
| LowE2R_25 | 0,52 | 0,57 | 6,22 | -18,78 | 19,31 | 0,083 | 0,128 |
| LowE2R_20 | 0,48 | 0,72 | 6,36 | -17,81 | 20,37 | 0,076 | 0,119 |
| LowE2R_15 | 0,51 | 0,75 | 6,49 | -17,73 | 20,05 | 0,079 | 0,120 |
| LowE2R_1 | 0,39 | 0,84 | 6,70 | -25,82 | 20,95 | 0,059 | 0,084 |
| LowE2R_05 | 0,37 | 0,03 | 6,71 | -26,85 | 21,30 | 0,055 | 0,073 |

Tabella 1: Statistiche descrittive dei portafogli (periodo 01/2010-12/2023)

La tabella 2, mostra le statistiche descrittive dei portafogli per il periodo pre Paris Agreement (01/2010 – 12/2015).

Si è deciso di suddividere il periodo in questo modo così da poter analizzare l'influenza di questo accordo mondiale sulla dinamica delle performance dei portafogli 'Green' e 'Brown'.

In questa tabella, è ancora più evidente la differenza tra le performance di rendimenti dei portafogli 'Green' rispetto a quelli 'Brown'. In questo caso le mediane dei portafogli 'Brown' sono spesso negative e più basse delle medie, suggerendo una distribuzione dei rendimenti con una coda più pesante verso valori negativi.

Nei portafogli LowE2R, la deviazione standard varia tra 6.00 e 7.29, mentre nei portafogli HighE2R è generalmente inferiore, con valori compresi tra 5.29 e 6.67. Questo suggerisce che i portafogli LowE2R hanno una maggiore volatilità rispetto ai portafogli HighE2R, indicando potenzialmente un rischio maggiore

Questi sono indicatori di performance 'risk-adjusted', dove valori più alti indicano una migliore performance relativa al rischio. Nei portafogli LowE2R, i valori di Sharpe e Sortino sono positivi e superiori rispetto ai portafogli HighE2R. Ad esempio, il portafoglio LowE2R_Mediana ha un Sharpe ratio di 0.075 e un Sortino ratio di 0.114, indicando una performance superiore rispetto agli altri portafogli analizzati

| Portafoglio | Mean | Median | S.D. | Min | Max | Sharpe | Sortino |
|-----------------|-------|--------|------|--------|-------|--------|---------|
| HighE2R_95 | -0,44 | -0,61 | 6,53 | -17,79 | 12,69 | -0,068 | -0,104 |
| HighE2R_9 | -0,48 | -1,14 | 6,58 | -18,81 | 11,77 | -0,074 | -0,117 |
| HighE2R_85 | -0,35 | -0,93 | 6,27 | -17,43 | 11,31 | -0,056 | -0,088 |
| HighE2R_80 | -0,29 | -0,79 | 6,27 | -16,19 | 13,45 | -0,046 | -0,076 |
| HighE2R_75 | -0,16 | -0,52 | 6,12 | -15,97 | 13,48 | -0,025 | -0,041 |
| HighE2R_Mediana | 0,20 | 0,43 | 5,29 | -13,82 | 11,20 | 0,037 | 0,059 |
| LowE2R_Mediana | 0,45 | 0,03 | 6,00 | -15,43 | 13,76 | 0,075 | 0,114 |
| LowE2R_25 | 0,35 | -0,24 | 6,67 | -15,56 | 15,43 | 0,053 | 0,082 |
| LowE2R_20 | 0,38 | -0,51 | 6,89 | -16,79 | 15,35 | 0,055 | 0,085 |
| LowE2R_15 | 0,43 | -0,23 | 7,18 | -17,64 | 16,05 | 0,060 | 0,089 |
| LowE2R_1 | 0,42 | 0,19 | 7,13 | -18,50 | 15,08 | 0,059 | 0,088 |
| LowE2R_05 | 0,31 | -0,08 | 7,29 | -19,75 | 16,77 | 0,042 | 0,059 |

Tabella 2: Statistiche descrittive dei portafogli (periodo 01/2010-12/2015)

Osservando la Tabella 3, relativamente ai portafogli ‘HighE2R’, i rendimenti medi sono generalmente migliorati nel periodo post-Paris Agreement rispetto al periodo precedente. Ad esempio, il portafoglio HighE2R_9 ha un rendimento medio di 0.83 nel periodo post-Paris Agreement, rispetto a -0.48 nel periodo pre-Paris Agreement. Questo miglioramento potrebbe essere attribuito a una maggiore consapevolezza e regolamentazione in materia di cambiamento climatico, incentivando le aziende a ridurre le loro emissioni e adottare pratiche più sostenibili.

Anche le mediane e i minimi dei rendimenti nei portafogli HighE2R mostrano un miglioramento nel periodo post-Paris Agreement. Ciò potrebbe indicare una maggiore stabilità nei rendimenti, suggerendo che le aziende stiano affrontando meglio i rischi associati alle emissioni di CO2 e stiano migliorando la loro resilienza agli impatti ambientali.

La deviazione standard tende a essere inferiore nel periodo post-Paris Agreement per molti portafogli HighE2R rispetto al periodo precedente. Questo potrebbe riflettere una diminuzione del rischio operativo e di reputazione associato alle pratiche ambientali delle aziende, indicando una maggiore stabilità nei rendimenti nel lungo periodo.

Gli indici di ‘Sharpe’ e ‘Sortino’, mostrano un miglioramento significativo nel periodo post-Paris Agreement per alcuni portafogli ‘HighE2R’. Questo suggerisce che gli investimenti in aziende con minori emissioni per ricavo stanno generando rendimenti superiori al rischio assunto, probabilmente grazie a una maggiore accettazione di criteri ESG da parte degli investitori e a un miglioramento della gestione del rischio climatico da parte delle aziende stesse.

Il fenomeno per cui le società con maggiori emissioni di gas serra per ricavo hanno ottenuto un premio maggiore nel periodo post-Paris Agreement può essere interpretato considerando diversi fattori e

dinamiche di mercato, tra queste la riduzione del rischio dovuto alla transizione. Dopo l'accordo di Parigi, molte aziende hanno iniziato a pianificare e adattarsi alle nuove normative e agli obiettivi di riduzione delle emissioni. Le società con maggiori emissioni di carbonio potrebbero aver affrontato questi cambiamenti in modo proattivo, riducendo il rischio di transizione verso una economia a basse emissioni di carbonio. Questo può aver rassicurato gli investitori sulla stabilità futura di queste aziende, contribuendo a un premio sui loro rendimenti.

| Portafoglio | Mean | Median | S.D. | Min | Max | Sharpe | Sortino |
|-----------------|------|--------|------|--------|-------|--------|---------|
| HighE2R_95 | 0,69 | 0,87 | 6,00 | -21,84 | 18,55 | 0,114 | 0,150 |
| HighE2R_9 | 0,83 | 1,21 | 5,77 | -19,22 | 19,68 | 0,144 | 0,192 |
| HighE2R_85 | 0,63 | 1,22 | 5,50 | -16,99 | 20,39 | 0,114 | 0,157 |
| HighE2R_80 | 0,64 | 1,07 | 5,39 | -16,97 | 19,56 | 0,119 | 0,161 |
| HighE2R_75 | 0,50 | 1,21 | 5,37 | -17,47 | 19,44 | 0,094 | 0,129 |
| HighE2R_Mediana | 0,49 | 1,16 | 4,74 | -13,49 | 15,41 | 0,104 | 0,153 |
| LowE2R_Mediana | 0,62 | 0,86 | 5,49 | -17,45 | 17,24 | 0,113 | 0,174 |
| LowE2R_25 | 0,64 | 1,06 | 5,89 | -18,78 | 19,31 | 0,109 | 0,165 |
| LowE2R_20 | 0,56 | 0,97 | 5,96 | -17,81 | 20,37 | 0,094 | 0,151 |
| LowE2R_15 | 0,58 | 1,16 | 5,97 | -17,73 | 20,05 | 0,097 | 0,152 |
| LowE2R_1 | 0,37 | 1,40 | 6,40 | -25,82 | 20,95 | 0,058 | 0,080 |
| LowE2R_05 | 0,41 | 1,51 | 6,28 | -26,85 | 21,30 | 0,065 | 0,084 |

Tabella 3: Statistiche descrittive dei portafogli (periodo 01/2016-12/2023)

3.3 Descrizione fattori ‘GMB’

In questa sezione ci occupiamo di descrivere e analizzare i fattori ‘Green minus Brown’ (GMB), costruiti secondo diverse classificazioni di portafogli.

I fattori GMB vengono costruiti come la differenza tra i rendimenti delle coppie di portafogli classificati in modo complementare. Ad esempio, il fattore ‘Fact_10-90’ è definito come la differenza tra i rendimenti dei portafogli LowE2R_10 e HighE2R_90. Lo stesso avviene per i restanti fattori.

L’unico fattore per cui vale la pena prestare attenzione è ‘Fact_Low50-High50’ il quale è costruito come differenza tra il portafoglio Low50 avente i titoli con emissioni per ricavi inferiori alla mediana e High50, cioè il portafoglio con i titoli con emissioni per ricavo superiori alla mediana. Otteniamo in questo modo 6 fattori dei quali si valutano le statistiche descrittive, pre e post Paris Agreement nella Tabella 4 ed i loro rendimenti cumulati nel grafico 1.

L'obiettivo è quello di costruire fattori che ci permettano poi di osservare la differenza di performance tra investimenti in titoli 'Green' e in quelli 'Brown'.

3.4 Statistiche descrittive fattori GMB

Osservando la prima parte della Tabella 4, che ci mostra statistiche descrittive dei fattori nel periodo pre-PA, si evince che il fattore ad aver realizzato la miglior performance per rendimento medio e mediano è 'Fact_10-90', con un rendimento medio di 0,91 e mediano di 0,88.

Il portafoglio con la deviazione standard maggiore è 'Fact_05-95' con un rendimento minimo di -8,76% e massimo di 7,45%.

Il fattore con la performance peggiore in termini di rendimento è 'Fact_Low50-High50', il quale tuttavia registra anche la minor volatilità con un rendimento minimo di -4,56% e massimo di 5,40%.

Potevamo aspettarci una volatilità inferiore in quando questo fattore in quanto in due portafogli Low50 e High50 per costruzione hanno una composizione piuttosto simile.

Nel confronto tra gli indici di Sharpe e Sortino per i vari fattori, emerge una significativa differenza tra i due indici. Questo indica che la volatilità associata alle perdite (deviazione standard dei rendimenti negativi) è inferiore rispetto alla volatilità totale del portafoglio. Di conseguenza, i portafogli con indici di Sortino più elevati risultano più interessanti e validi per gli investitori che prioritizzano la protezione contro le perdite.

'Fact_10-90' e 'Fact_15-85' sono i fattori con i migliori indici di Sharpe e Sortino, offrendo il miglior rendimento aggiustato per il rischio. Questi fattori sono particolarmente attraenti per gli investitori che mirano a massimizzare i rendimenti minimizzando il rischio.

Analizzando la seconda parte della Tabella 4, che mostra le statistiche descrittive per il periodo post-PA (01/2016-12/2023) possiamo farci un'idea sull'effetto che ha avuto il PA sulle diverse classificazioni di portafogli. Notiamo come quasi tutti i rendimenti medi nel periodo post-PA sono negativi, questo evidenzia la presenza di un 'green premium' negativo. Solo i portafogli LowE2R_25 e LowE2R_50, non registrano rendimenti negativi, ma mostrano rendimenti medi piuttosto vicini allo zero, per cui poco significativi. Fattori come 'Fact_10-90' e 'Fact_05-95' mostrano addirittura rendimenti medi fortemente negativi, suggerendo la presenza di un 'Carbon Premium'.

Chiaramente gli indici di Sharpe e Sortino in questo secondo periodo assumono valori negativi indicando la scarsa appetibilità in termini di rischio aggiustato al rendimento di portafogli a basse emissioni di carbonio.

| Fattori | Mean | Median | S.D. | Min | Max | Sharpe | Sortino |
|----------------------------------|-------|--------|------|--------|------|--------|---------|
| Pre-PA (01/2010-12/2015) | | | | | | | |
| Fact_05-95 | 0,75 | 0,79 | 2,95 | -8,76 | 7,45 | 0,255 | 0,344 |
| Fact_10-90 | 0,91 | 0,88 | 2,75 | -5,11 | 6,98 | 0,330 | 0,584 |
| Fact_15-85 | 0,78 | 0,88 | 2,66 | -5,27 | 6,44 | 0,293 | 0,461 |
| Fact_20-80 | 0,66 | 0,85 | 2,35 | -5,09 | 5,39 | 0,283 | 0,449 |
| Fact_25-75 | 0,51 | 0,73 | 2,23 | -5,03 | 6,10 | 0,228 | 0,411 |
| Fact_Low50-High50 | 0,26 | 0,21 | 1,95 | -4,56 | 5,40 | 0,131 | 0,208 |
| Post-PA (01/2016-12/2023) | | | | | | | |
| Fact_05-95 | -0,28 | -0,001 | 3,03 | -8,10 | 8,27 | -0,091 | -0,140 |
| Fact_10-90 | -0,46 | -0,06 | 3,04 | -10,34 | 6,98 | -0,150 | -0,216 |
| Fact_15-85 | -0,05 | 0,46 | 2,80 | -9,75 | 6,82 | -0,017 | -0,024 |
| Fact_20-80 | -0,08 | 0,12 | 2,71 | -12,86 | 8,59 | -0,030 | -0,039 |
| Fact_25-75 | 0,14 | 0,05 | 2,46 | -13,17 | 6,44 | 0,055 | 0,071 |
| Fact_Low50-High50 | 0,13 | 0,15 | 1,95 | -7,46 | 5,40 | 0,065 | 0,091 |

Tabella 4: Statistiche descrittive per i fattori 'Green – Brown', nei campioni prima e post PA

La Figura 1 mostra i rendimenti cumulati dei fattori lungo tutto il periodo considerato (01/2010-12/2023).

Questo grafico ci conferma la superiorità in termini di performance nella prima parte di campione, del fattore 'Fact_10-90', il quale ha avuto un trend crescente fino al termine del 2015.

Tuttavia, mostra una certa volatilità e un forte trend negativo nel periodo post Paris Agreement (a partire da inizio 2016).

Il fattore 'Fact_15-85', a differenza del fattore sopra menzionato, mostra pochi anni dopo il Paris Agreement (dal 2018 circa) una forte tendenza a rialzo ottenendo anche rendimenti positivi fino a fine 2021 (trend interrotto dall'avvento della pandemia Covid19).

In seguito alla data del Paris Agreement è il fattore, insieme a 'Fact_25-75', che registra una tendenza al rialzo più marcata.

Il grafico evidenzia come i fattori 'green' meno 'brown' mostrino rendimenti cumulati diversi a seconda delle soglie di emissioni utilizzate. I fattori basati su soglie più estreme (come Fact_10-90) tendono a mostrare una maggiore volatilità ma anche rendimenti massimi cumulati più alti, mentre quelli con soglie meno estreme (come Fact_Low50-High50) tendono ad avere rendimenti più stabili ma generalmente più bassi. Questi risultati suggeriscono che le strategie di investimento basate su emissioni di carbonio possono variare significativamente in termini di performance, a seconda di come sono costruiti i portafogli 'Green' e 'Brown'.

Inoltre, osservando i sottocampioni pre-PA e post-PA riportate nella Figura 1 vediamo come la performance di una strategia di trading in cui un investitore va long sui titoli ‘Green’ e contemporaneamente short sui titoli ‘Brown’ è positiva pre-PA per tutti i fattori considerati, mentre post-PA è negativa per i portafogli che hanno una composizione più estrema, come HighE2R_95 o HighE2R_90 e leggermente positiva o vicina a zero per quelli con una composizione più moderata, come HighE2R_75 o HighE2R_85.

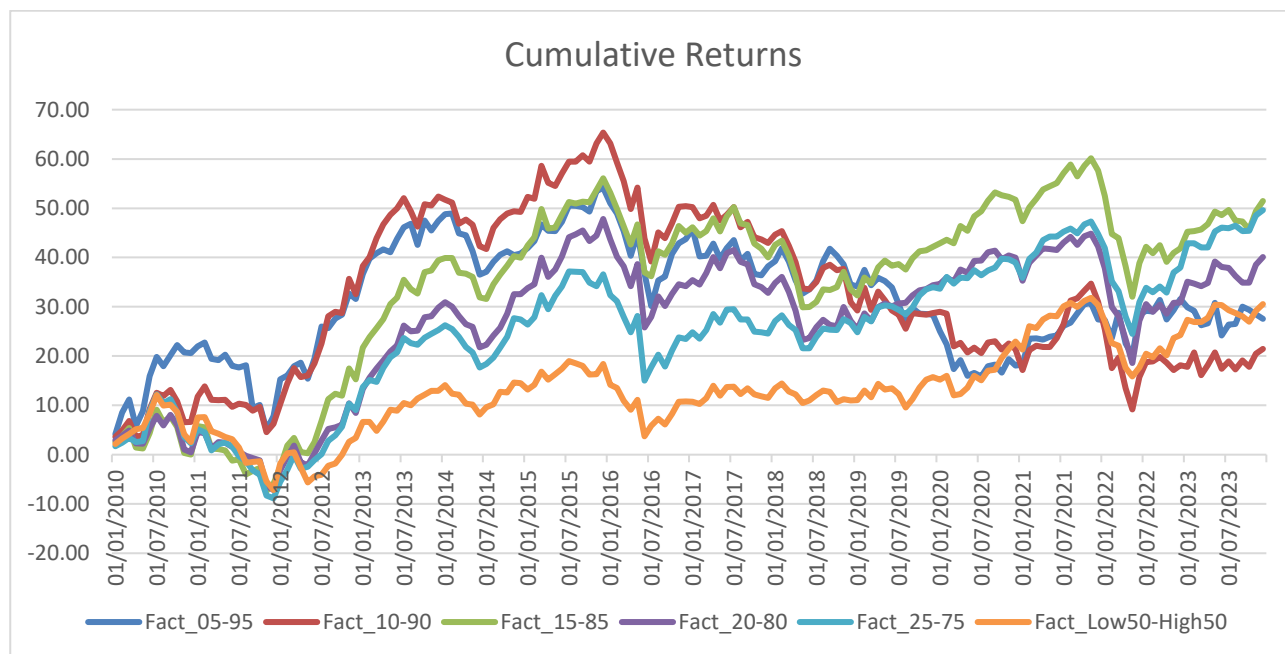


Figura 1: Rendimenti cumulati ‘Green – Brown’

3.4 Stima dei modelli fattoriali

La stima dei modelli fattoriali ci consente di indagare l'evidenza del ‘greenium’ e di verificare se l’evento (climatico e politico) dell’Accordo di Parigi (PA) abbia avuto un impatto significativo sui profili rischio-rendimento dei portafogli “Green” e “Brown” precedentemente definiti.

Con il termine ‘greenium’ si fa riferimento all’idea che alcuni investitori potrebbero essere disposti a pagare un premio per detenere titoli ecosostenibili, in quanto disposti ad accettare rendimenti inferiori in cambio della sostenibilità ambientale.

Si vuole valutare la presenza di questo premio in seguito al PA, dopo il quale ci aspettano rendimenti superiori per i titoli ‘brown’ in quanto caratterizzati da un rischio maggiore (ad esempio il rischio di transizione).

Per analizzare l'impatto dello shock del PA, si sono stimati nel tempo i coefficienti Alpha (rendimento anomalo di un asset, ossia la parte del rendimento non spiegata dai fattori di rischio inclusi nel modello) e Beta (che misura il rischio sistematico di un asset, cioè la sua sensibilità ai movimenti del mercato) utilizzando le rolling regression.

La rolling regression è una tecnica statistica utilizzata per esaminare le dinamiche temporali delle relazioni tra variabili. Questo metodo prevede l'applicazione di regressioni lineari su sottocampioni mobili di dati all'interno di un dataset più ampio. In particolare, si utilizza una finestra temporale fissa (ad esempio, di 24 mesi) per eseguire la regressione; successivamente, questa finestra viene spostata in avanti di un'unità temporale (in questo caso, un mese) e la regressione viene ricalcolata. Questo processo viene ripetuto su tutto l'insieme dei dati, permettendo di studiare l'evoluzione delle relazioni nel tempo.

Per questa analisi, le rolling regression sono state generate utilizzando un codice Matlab.

Dopo aver selezionato in input la variabile dipendente (nel nostro caso i portafogli con diverse soglie di 'E2R'), i regressori (cioè, i fattori del modello di Fama e French) e la lunghezza della rolling window 'm', abbiamo ottenuto in output i grafici con le stime dei coefficienti Alpha e Beta nel tempo. L'obiettivo è osservare il comportamento delle dinamiche dei coefficienti a seguito di shock legati alla transizione climatica (in questo caso il PA).

3.5 Sensibilità dei portafogli 'E2R' al Paris Agreement

In questo paragrafo si valutano le eventuali conseguenze dell'annuncio del PA, sulle diverse classificazioni di portafogli 'E2R'.

In particolare, si vuole analizzare la dinamica dei coefficienti Alpha e Beta, precedentemente descritti, per finestre mobili 'm' di diversa dimensione (m=24,60,96).

3.5.1 Presenza di 'Greenium' nei portafogli 'E2R' (m=24)

Analizzando la dinamica del coefficiente α nei plot presenti in Figura 2 (che fanno riferimento ad una finestra mobile di 24 mesi) troviamo nel periodo pre-PA stime significativamente negative per i portafogli definiti 'brown' (con titoli ad alte emissioni di carbonio), questo indica la presenza di rendimenti anomali negativi non spiegati dai 3 fattori del modello di F. e F.

Viceversa, ci sono evidenze di rendimenti anomali significativamente positivi per il portafoglio 'HighE2R_75' nel periodo post-PA fino a inizio 2018 e per il portafoglio 'HighE2R_95' tra il 2019-2020, mostrando risultati possibilmente in linea con l'aspettativa del greenium.

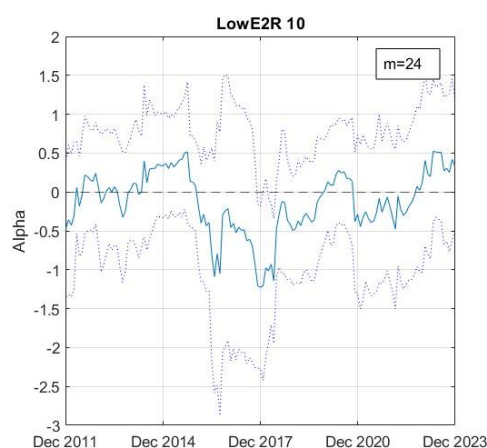
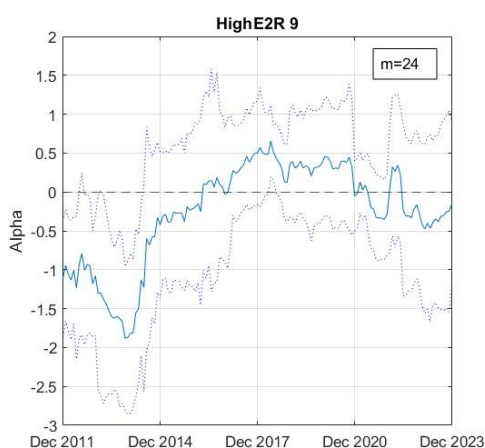
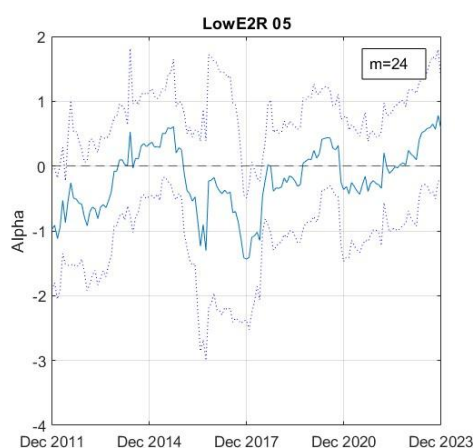
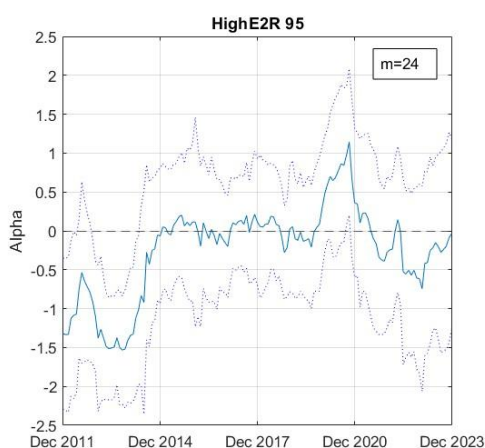
Tuttavia, nel periodo post-PA, si nota un leggero aumento del coefficiente che va poi a stabilizzarsi intorno allo zero, indicando l'assenza di rendimenti anomali significativi (assenza di greenium).

Per quanto riguarda invece la dinamica di α per i portafogli 'green' (con titoli a bassa emissione di carbonio), si notano rendimenti anomali intorno allo zero lungo tutto il lasso temporale, eccetto nel periodo immediatamente successivo al PA, dove si osservano rendimenti negativi.

Questi dati suggeriscono una presenza di greenium non significativa, i rendimenti anomali negativi per i portafogli 'green' potrebbero essere stati causati da news (come l'annuncio del PA) che hanno avuto un impatto nel breve periodo sul mercato.

Probabile spiegazione è dovuta al rischio di transizione, in quanto le aziende green sono state considerate meno rischiose dagli investitori dopo l'accordo di Parigi a causa delle politiche favorevoli e dell'attenzione crescente verso la sostenibilità, di conseguenza questi ultimi potrebbero aver richiesto un premio (per il rischio) inferiore per detenere queste azioni.

Nonostante l'evidenza di rendimenti significativi per i portafogli 'brown' nel period post-PA, osservando la dinamica del coefficiente α , non abbiamo dimostrazione della presenza di greenium in quanto non si presentano rilevanti rendimenti anomali.



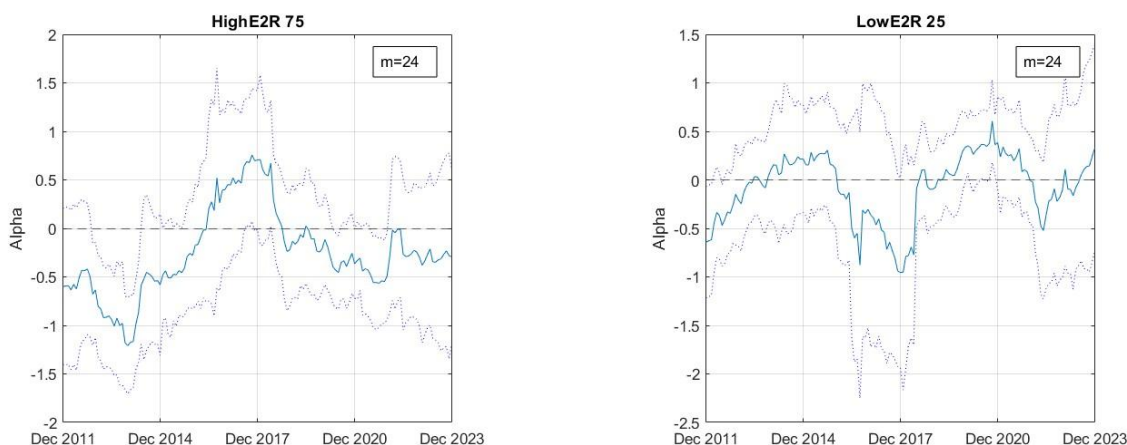


Figura 2 : Risultati della stima di α per i portafogli ‘E2R’, stimando un modello a 3 fattori (Fama e French, 1993). Sono riportati intervalli di confidenza robusti all’eteroschedasticità al livello di significatività del 95%. La ‘rolling window’ ha una lunghezza di 24 mesi ($m=24$).

3.5.2 Dinamica del rischio sistematico ($m=24$)

Analizziamo ora la dinamica del coefficiente β (misura del rischio sistematico) in figura 2.

Si osserva come per i portafogli ‘Brown’ (‘HighE2R_95’, ‘HighE2R_90’, ‘HighE2R_75’), il valore del coefficiente legato al rischio-rendimento pre-PA è positivo, mostrando quindi un rischio maggiore rispetto al mercato.

Tuttavia, questo rischio tende a diminuire significativamente nel periodo post-PA in particolare per il portafoglio ‘HighE2R_75’, dove si denota un calo significativo sotto il valore 0.

Per quanto riguarda gli altri portafogli ‘Brown’, seppur con fluttuazioni, tende a stabilizzarsi intorno allo 0 (mostrando un rischio sistematico in linea con il mercato).

Relativamente ai portafogli classificati come ‘Green’, si nota innanzitutto una maggiore volatilità lungo tutto il periodo considerato, in generale pre-PA si rileva un comportamento simile ai portafogli ‘Brown’ con valori di rischio sistematico significativamente positivi, ma più accentuati.

Dopodiché, nel periodo coincidente con il PA, si evidenzia una flessione, seguita da un ritorno sopra lo zero dopo il 2018.

In conclusione, possiamo dire che l’annuncio del PA, non sembra aver avuto un impatto nel lungo periodo, ma abbia generato una flessione nel breve periodo, dovuta alle novità introdotte dal trattato.

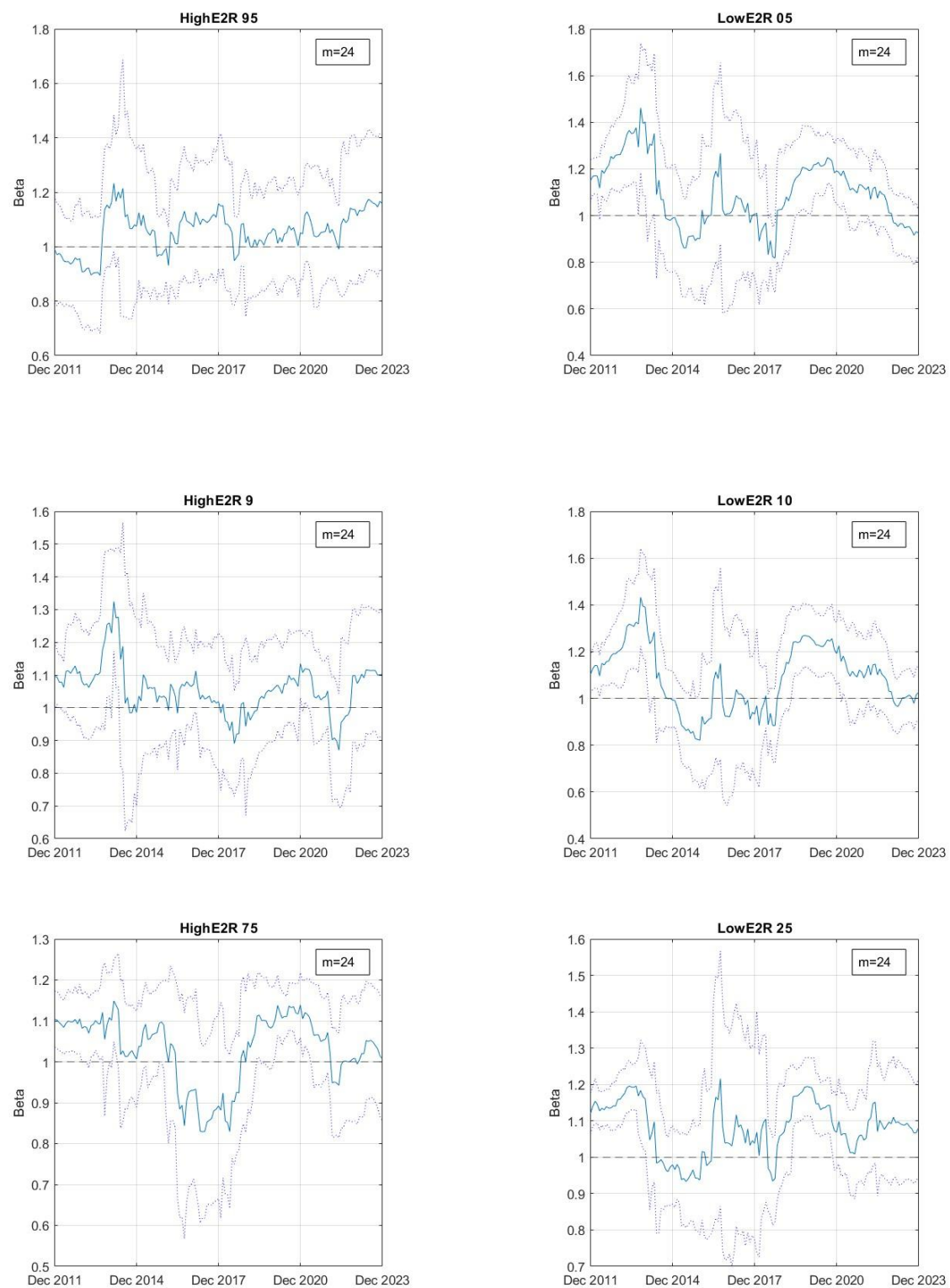


Figura 3 : Risultati della stima di β per i portafogli 'E2R', stimando un modello a 3 fattori (Fama e French, 1993). Sono riportati intervalli di confidenza robusti all'eteroschedasticità al livello di significatività del 95%. La 'rolling window' ha una lunghezza di 24 mesi ($m=24$).

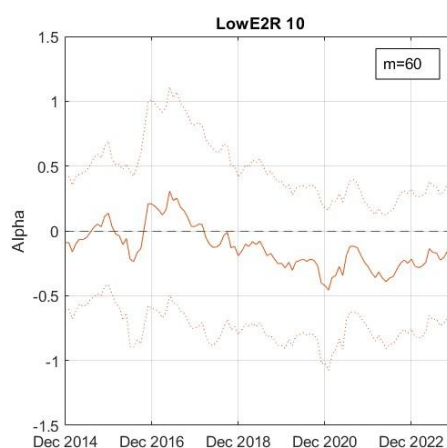
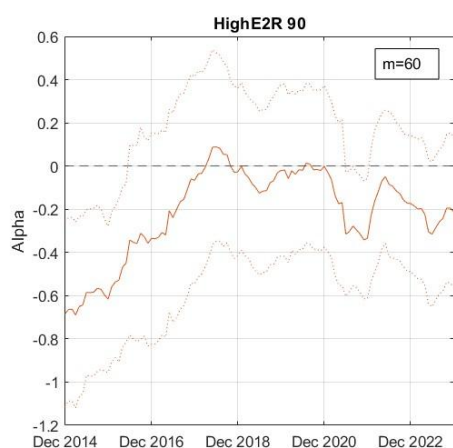
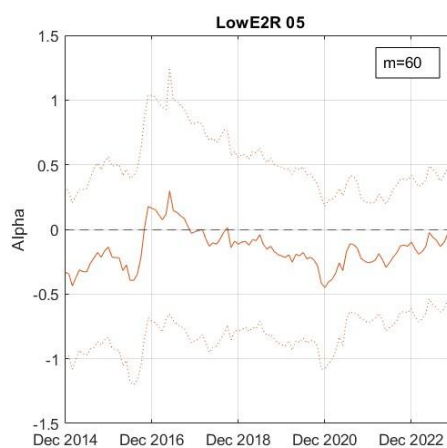
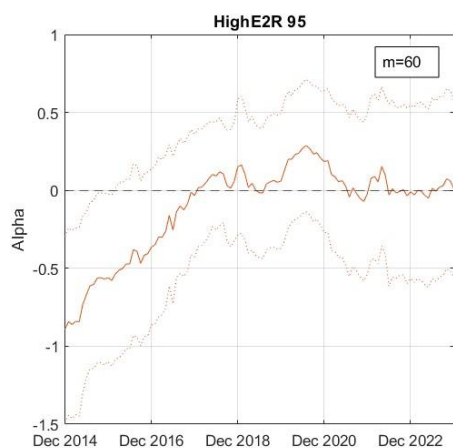
3.5.3 Presenza di ‘Greenium’ nei portafogli ‘E2R’ (m=60)

Dopo aver analizzato la dinamica del coefficiente alpha per una finestra temporale di lunghezza 24 mesi, valutiamo il comportamento di alpha per m=60 e verifichiamo se stimando il coefficiente per un periodo temporale maggiore otteniamo evidenze differenti.

Confrontando i grafici in Figura 4, relativi alle diverse classificazioni di portafogli ‘green’ e ‘brown’, ci accorgiamo di evidenti rendimenti anomali nel periodo pre-PA, per i portafogli con titoli ad alte emissioni di carbonio.

Relativamente al periodo post-PA, la dinamica di alpha si stabilizzano intorno allo zero, ad indicare l’assenza di rendimenti anomali (quindi di ‘greenium’).

In questo caso l’assenza di greenium è ancora più evidente rispetto al caso precedente in Figura 2.



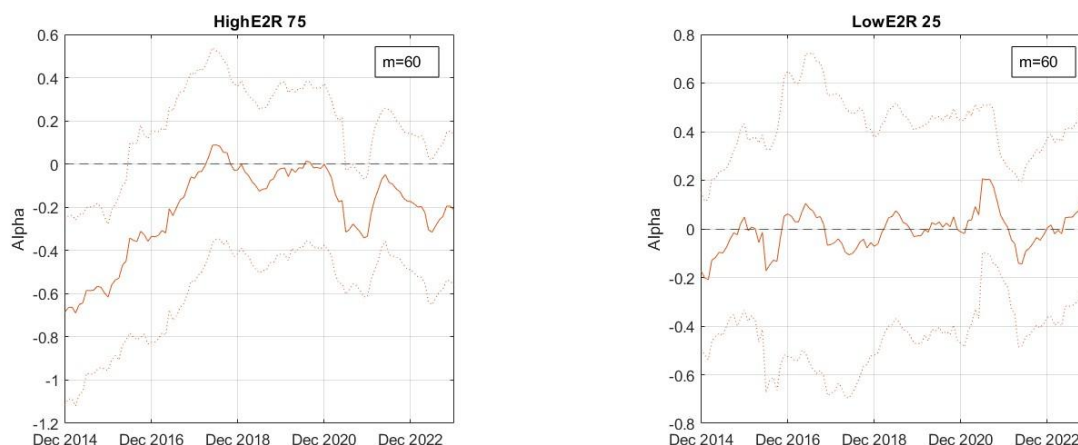


Figura 4 : Risultati della stima di α per i portafogli ‘E2R’, stimando un modello a 3 fattori (Fama e French, 1993). Sono riportati intervalli di confidenza robusti all'eteroschedasticità al livello di significatività del 95%.
La finestra mobile ha una lunghezza di 60 mesi ($m=60$)

3.5.4 Dinamica del rischio sistematico ($m=60$)

Analizzando in Figura 5 la dinamica del coefficiente beta (misura del rischio-rendimento rispetto al mercato) per una finestra mobile di 60 mesi, notiamo come pre-PA i portafogli con soglie ‘HighE2R_90’ e ‘HighE2R_75’ mostrano una tendenza decrescente, un rischio rispetto al mercato inizialmente maggiore che è diminuito fino all’avvento del Paris Agreement, per poi stabilizzarsi poco sopra il rischio di mercato.

Per quanto riguarda le soglie dei portafogli ‘green’, troviamo un comportamento simile, ma nonostante il PA il rischio rispetto al mercato non è sceso sotto il valore 1, mostrando lungo tutto il periodo temporale un rischio sistematico maggiore rispetto al mercato con massimi raggiunti in corrispondenza del periodo pandemico.

In generale i portafogli ‘brown’ rivelano un rischio sistematico inferiore rispetto ai portafogli ‘green’ lungo tutto il periodo considerato.

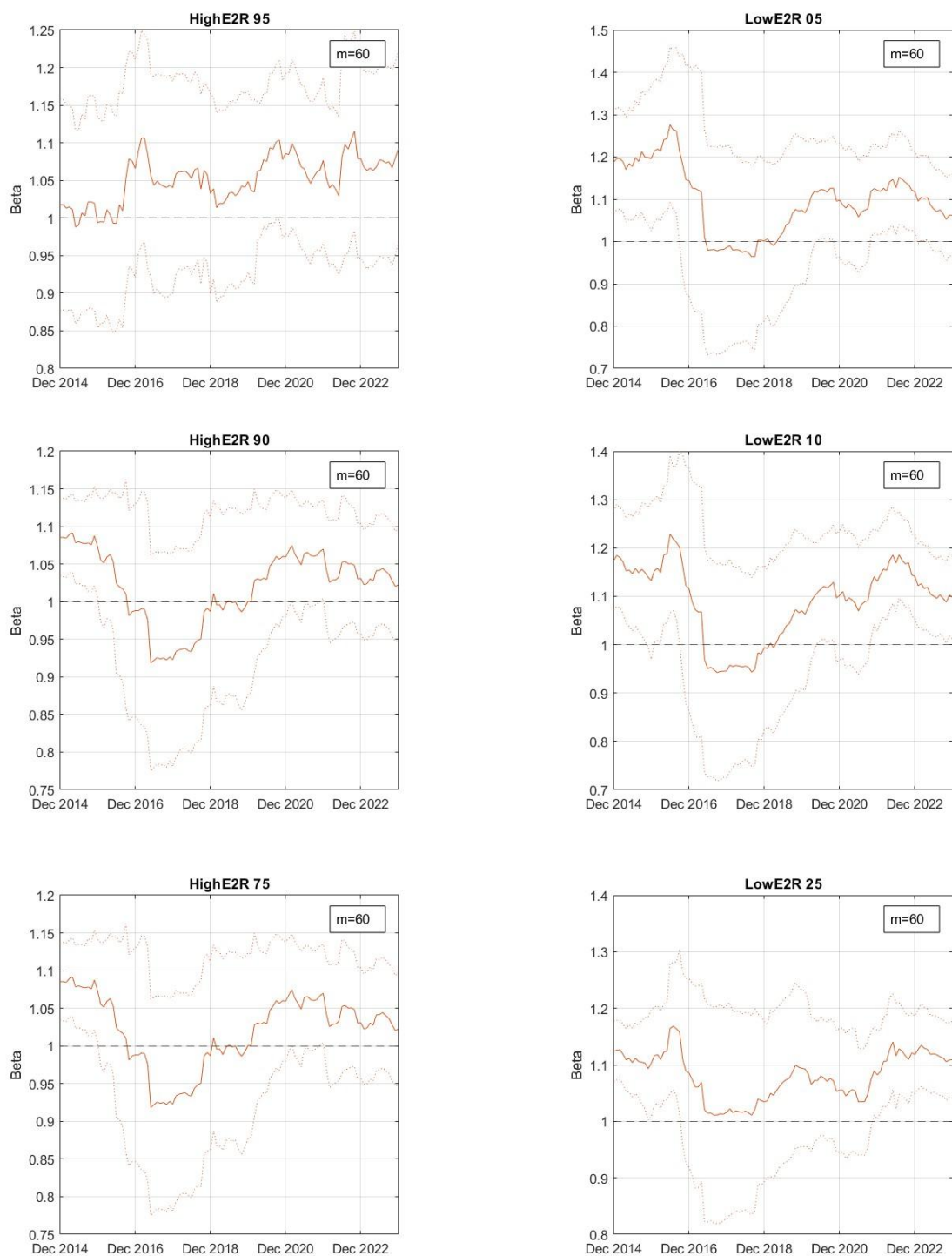


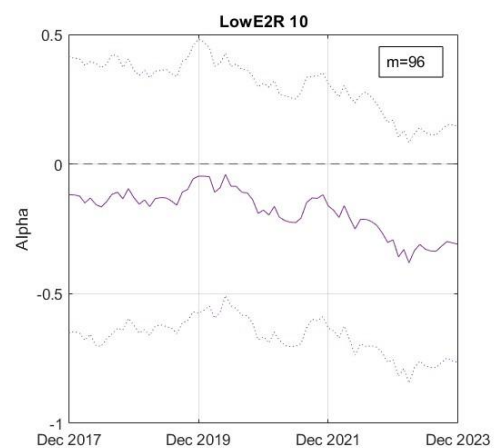
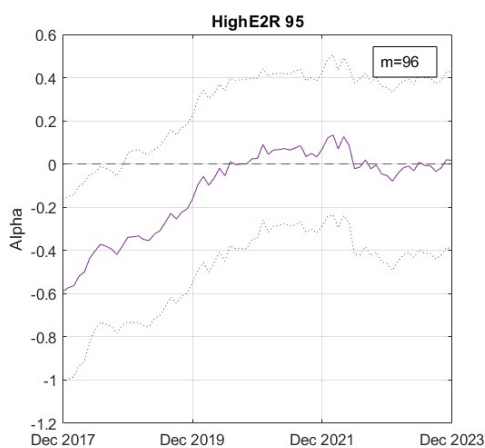
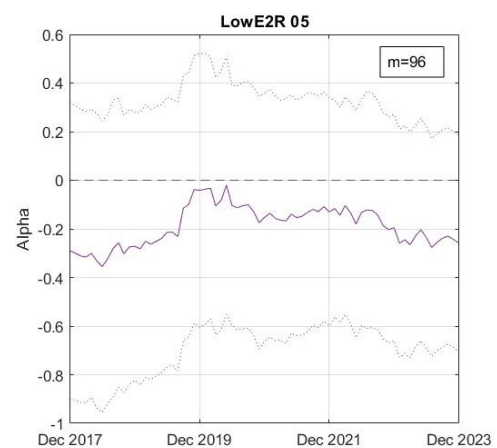
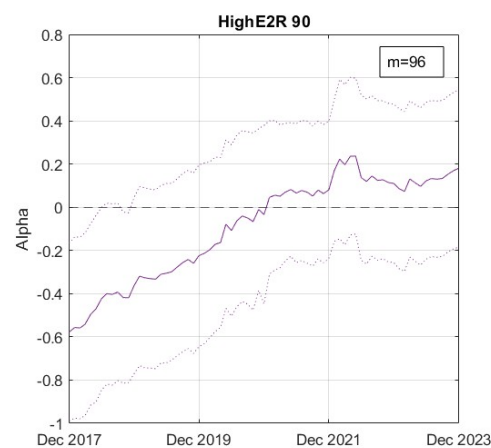
Figura 5 : Risultati della stima di β per i portafogli 'E2R', stimando un modello a 3 fattori (Fama e French, 1993). Sono riportati intervalli di confidenza robusti all'eteroschedasticità al livello di significatività del 95%.
La finestra mobile ha una lunghezza di 60 mesi ($m=60$)

3.5.5 Presenza di ‘Greenium’ nei portafogli ‘E2R’ (m=96)

Infine, in questo paragrafo, valutiamo la presenza di rendimenti anomali per una finestra mobile di 96 mesi.

Osservando la Figura 6, per periodo pre-PA si notano rendimenti anomali diversi a seconda della soglia di portafoglio ‘green’ o ‘brown’ considerata; in particolare la soglia ‘HighE2R_90’ mostra dopo il 2021 rendimenti anomali leggermente positivi, a differenza del portafoglio ‘LowE2R_10’, il quale evidenzia nello stesso periodo rendimenti anomali significativamente negativi. Questo potrebbe essere indice di presenza di greenium.

Diverso è il comportamento del portafoglio ‘HighE2R_75’ per il quale notiamo rendimenti negativi lungo tutto il periodo (possibile presenza di greenium negativo), a differenza del portafoglio ‘LowE2R_25’, il quale rivela un andamento del coefficiente α intorno allo zero (indicando rendimenti anomali non significativi).



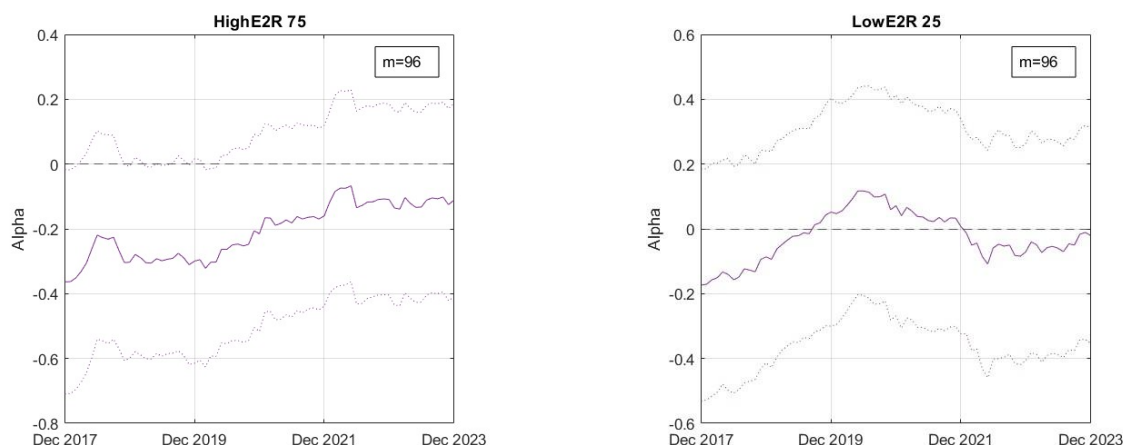


Figura 6 : Risultati della stima di α per i portafogli ‘E2R’, stimando un modello a 3 fattori (Fama e French, 1993). Sono riportati intervalli di confidenza robusti all'eteroschedasticità al livello di significatività del 95%. La finestra mobile ha una lunghezza di 96 mesi ($m=96$).

3.5.6 Dinamica del rischio sistematico ($m=96$)

In questo ultimo paragrafo, osservando la Figura 7, valutiamo la dinamica del profilo β (profilo rischio-rendimento rispetto al mercato) stimando il parametro con una finestra mobile di 96 mesi.

Valutando i portafogli ‘brown’, notiamo lungo tutto il periodo (successivo al PA), un rischio sistematico superiore al mercato; tuttavia, il grafico ha un trend costante (indicando una volatilità contenuta).

Per quanto riguarda i portafogli ‘green’, si osserva una situazione simile, con la differenza che il trend del rischio sistematico sembra essere leggermente decrescente, mostrando una diminuzione di rischio negli anni più recenti.

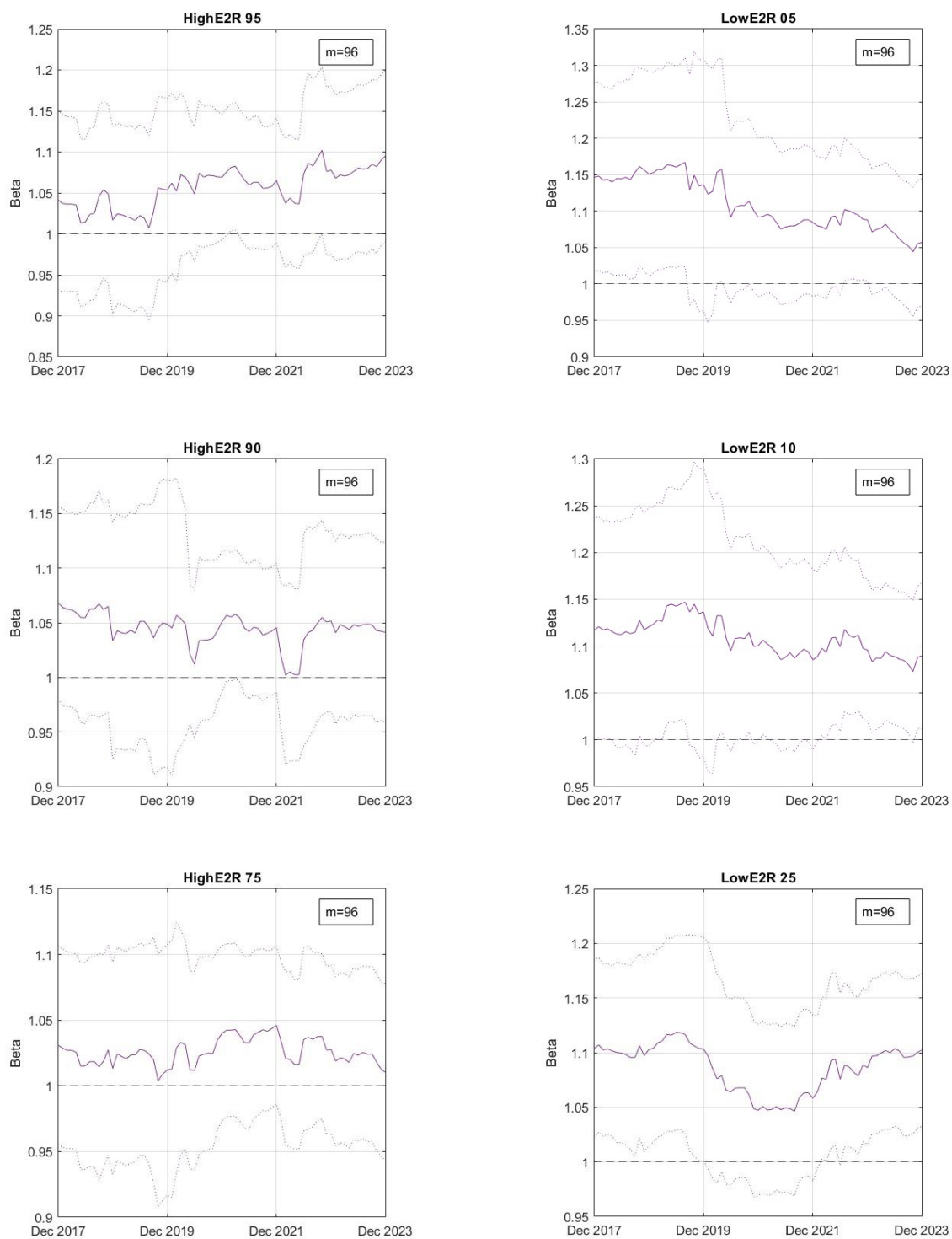


Figura 7 : Risultati della stima di β per i portafogli 'E2R', stimando un modello a 3 fattori (Fama e French, 1993). Sono riportati intervalli di confidenza robusti all'eteroschedasticità al livello di significatività del 95%. La finestra mobile ha una lunghezza di 96 mesi ($m=96$).

4. Conclusioni

In questo documento si vogliono indagare gli eventuali effetti dello shock causato dall'Accordo di Parigi su portafogli classificanti secondo differenti valori di emissioni di carbonio per ricavi.

Dopodiché, con la costruzione di fattori 'green meno brown', si vuole analizzare la presenza del 'green premium' nelle classificazioni di portafoglio create, in relazione al periodo pre e post-Paris Agreement.

Infine, attraverso le stime dei modelli fattoriali di Fama e French si vuole cogliere la dinamica dei coefficienti relativi ai rendimenti anomali e al rischio sistematico.

Si affrontano questi interrogativi inizialmente con la costruzione di 12 thresholds 'E2R' (emission per revenue) con titoli prelevati dall'indice 'Stoxx Europe 600'.

Da una preliminare analisi si evince che portafogli con composti da titoli ad alte emissioni si caratterizzano per un'alta volatilità e per rendimenti attesi negativi nel periodo pre-PA, ma significativamente positivi nel periodo post-PA.

Relativamente ai portafogli definiti 'green' si osservano rendimenti positivi nel periodo pre-PA, che vanno poi a diminuire nel periodo post-PA rispetto ai portafogli 'brown'.

Generalmente portafogli con soglie più estreme mostrano una deviazione standard maggiore, rispetto a portafogli più moderati.

Considerando l'intero periodo di riferimento, da Gennaio 2010 a Dicembre 2023, i portafogli 'green' hanno avuto ritorni attesi medi mensili migliori rispetto a quelli 'brown'.

In secondo luogo, si è valutata la differenza di performance tra coppie di classificazioni, attraverso fattori creati per differenza di rendimento tra portafogli 'green' e 'brown'.

Si osserva come, per la totalità delle thresholds, sia più remunerativo andare long su titoli verdi nel periodo pre-PA, mentre post-PA la scelta è più articolata a seconda della soglia di portafogli che si considera.

Infatti, soglie meno estreme come 'E2R_75' o 'E2R_85' mostrano una convenienza nel posizionarsi long su titoli green e short sui brown, mentre per le restanti classificazioni, i portafogli brown ottengono rendimenti cumulati maggiori.

In terzo luogo, dopo l'analisi della dinamica del coefficiente α (rendimento anomalo) per diverse finestre temporali, possiamo affermare che per $m=24,60,96$ non ci sono significative evidenze di greenium nonostante dopo il PA si noti un aumento significativo in termini di rendimenti per i portafogli costituiti da aziende con alte emissioni di carbonio.

In ultima istanza, il rischio sistematico dei portafogli è generalmente in linea con quello del mercato considerando finestre mobili di lunghezza 24 e 60, tuttavia considerando una finestra mobile di 96 mesi il rischio dei portafogli aumenta considerevolmente rispetto al mercato.

In particolare, il rischio sistematico nei portafogli verdi è solitamente maggiore rispetto a quelli brown lungo tutto il periodo considerato (pre e post-PA) e per diverse lunghezze di finestre mobili ($m=24,60,96$).

I risultati ottenuti classificando i portafogli per 'emission to revenue' e stimando i modelli degli economisti E. Fama e K. French, confermano le analisi che sostengono la non evidenza del greenium per i titoli del paniere Stoxx Europe 600.

Tuttavia, c'è evidenza di una reazione nel breve termine da parte del mercato a shock come il Paris Agreement del 2015.

5. Bibliografia

ASWANI J., RAGHUNANDAN A., RAJGOPAL S., Are Carbon Emissions Associated with Stock Returns?*, febbraio 2023

BAUER M. D., HUBER D., RUDEBUSCH G. D., WILMS O., Where is the carbon premium? Global performance of green and brown stocks, dicembre 2022

CAPRIOTTI A., CIPOLLINI A., MUZZIOLI S., Climate risk definition and measures: asset pricing models and stock returns, aprile 2024

DE ANGELIS L., MONASTEROLO I., Greenness confusion and the greenium, gennaio 2024

ESKILDSSEN M., IBERT M., T. INGERSLEV J., PEDERSEN E L. H., In Search of the True Greenium, maggio 2024