

Dipartimento di Economia e Finanza  
Cattedra di Economia del Mercato Mobiliare

**MODELLARE, PREVEDERE E SFRUTTARE LA  
VOLATILITA': EVIDENZE DAL VSTOXX**

RELATORE

Prof. Emilio Barone

CANDIDATO

Simone Letta

Matr. 648761

CORRELATORE

Prof. Gaetano Casertano

*Alla mia famiglia*

*A. L., T. C. e M. L.*

# INDICE

<b>CAPITOLO 1 - Introduzione .....</b>	<b>5</b>
1.1 La volatilità .....	5
1.2 Scopi e struttura della tesi .....	7
1.3 Euro Stoxx 50 e Euro Stoxx 50 Options .....	9
1.4 Vstoxx (Euro Stoxx 50 Volatility) e mini-futures sul Vstoxx (FVS) .....	10
1.4.1 Il processo di calcolo del Vstoxx .....	11
<b>CAPITOLO 2 - Analisi delle serie storiche.....</b>	<b>17</b>
2.1 Descrizione dei dati .....	17
2.2 Analisi delle serie giornaliere .....	18
2.2.1 Le anomalie di calendario .....	25
2.3 Analisi delle serie infra-giornaliere .....	40
2.3.1 Intraday patterns .....	41
2.4 Analisi dei volumi giornalieri e infra-giornalieri .....	47
<b>CAPITOLO 3 - Prevedere la volatilità .....</b>	<b>53</b>
3.1 Modello ARIMAX .....	53
3.1.1 L'approccio di Box-Jenkins .....	59
3.1.2 L'applicazione del modello ARIMAX sul Vstoxx e sul mini-futures sul Vstoxx .....	65
3.2 Modello GARCH .....	77
3.2.1 L'applicazione del modello GARCH sul Vstoxx e sul mini-futures sul Vstoxx .....	81
3.3 Perpetual Debt Model .....	84

3.3.1 L'applicazione del Perpetual Debt Model sul Vstoxx e sul mini-futures sul Vstoxx .....	91
<b>CAPITOLO 4 - Sfruttare la volatilità .....</b>	<b>96</b>
4.1 Una breve cronistoria del mercato dei derivati sulla volatilità .....	96
4.2 I principali strumenti derivati sulla volatilità .....	97
4.3 I benefici dei derivati sulla volatilità in un portafoglio azionario .....	99
4.3.1 Evidenze dal Vstoxx .....	100
<b>CAPITOLO 5 - Conclusioni .....</b>	<b>105</b>
Appendice Rstudio .....	107
Bibliografia .....	121

# CAPITOLO 1

---

## Introduzione

### 1.1 La volatilità

La volatilità, rappresentata normalmente da  $\sigma$ , è una misura circa l'incertezza dei rendimenti di un *asset*. Statisticamente parlando, è la deviazione standard dei rendimenti di un *asset*, ossia la radice quadrata della varianza  $\sigma^2$ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}$$

Dove:

- $n$  la dimensione della popolazione;
- $x_i$  è l'osservazione *i-esima* della popolazione;
- $\mu$  è la media della popolazione.

Maggiore è la deviazione standard (ossia maggiore è la volatilità), più alta sarà la probabilità di rilevare guadagni o perdite elevati. Essa quindi fornisce una misura della distribuzione di probabilità dei futuri rendimenti. Ad esempio, se s'ipotizza che la distribuzione dei rendimenti sia normale con media  $\mu$  e deviazione standard  $\sigma$ , allora la probabilità che il rendimento sia compreso tra  $\mu - \sigma$  e  $\mu + \sigma$  è pari al 68,27%, mentre la probabilità che sia compreso tra  $\mu - 2\sigma$  e  $\mu + 2\sigma$  è pari al 95,45%.

Ci sono tre tipi di volatilità: realizzata, storica e implicita.

La volatilità realizzata è la fluttuazione nella volatilità di un *asset* conseguente a una transazione di mercato.

La volatilità storica è la volatilità di una serie storica di rendimenti, generalmente utilizzata come *proxy* della volatilità vera della popolazione dei rendimenti. In altre parole è la volatilità calcolata sulla base di un campione contenenti dati storici, ossia rendimenti passati<sup>1</sup>:

---

<sup>1</sup> J.C. Hull (2012), "Opzioni, futures e altri derivati".

$$\hat{\sigma} = \frac{s}{\sqrt{\tau}}$$

Dove:

$$\circ s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (r_t - \bar{r})^2}$$

Dove:

- $s$  è la deviazione standard campionaria;
  - $n$  è il numero di osservazioni componenti la serie storica;
  - $r_t$  è il rendimento al tempo  $t$ ;
  - $\bar{r}$  è la media campionaria.
- $\tau$  è la frequenza delle osservazioni (ad esempio  $\tau = \frac{1}{365}$  se i dati sono giornalieri).

La volatilità implicita riflette la volatilità dell'*asset* sottostante sul prezzo di mercato di un'opzione. È la determinante del prezzo dell'opzione più importante dopo il prezzo del sottostante. Può essere ricavata dalla formula del prezzo dell'opzione, definita da un qualche modello, il più famoso dei quali è il modello di Black-Scholes-Merton<sup>2</sup>:

$$c = S_0 N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2)$$

Dove:

- $c$  è il prezzo di una *call* europea;
- $S_0$  è prezzo del sottostante al tempo 0;
- $K$  è il prezzo di esercizio;
- $r$  è il tasso di interesse privo di rischio;
- $T$  è la vita residua dell'opzione;
- $N(x)$  è la probabilità che una variabile normale standardizzata assuma un valore inferiore a  $x$ ;
- $d_1 = \frac{\log(S_0/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$  e  $d_2 = \frac{\log(S_0/K) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$

Dove:

- $\sigma$  è la volatilità del sottostante implicita nel prezzo dell'azione.

<sup>2</sup> Per una semplice spiegazione del modello di Black-Scholes-Merton si veda J.C. Hull (2012), "Opzioni, futures e altri derivati", capitolo 14.

Dalla formula di Black-Scholes-Merton possiamo quindi ricavare la volatilità mediante metodi iterativi e utilizzarla come *proxy* della volatilità vera, alternativamente alla volatilità storica. Mentre quest'ultima è una misura di volatilità rivolta al passato (*backward looking*), quella implicita è una misura rivolta al futuro (*forward looking*).

Non è chiaro quale sia la miglior approssimazione della vera volatilità di mercato. La nostra attenzione tuttavia non si focalizzerà sulla volatilità in sé, bensì su un indice di volatilità dell'indice azionario Euro Stoxx 50 costruito dalla borsa tedesca Eurex, chiamato Vstoxx, il quale rappresenta il sottostante di derivati introdotti successivamente, tra cui il mini-futures sul Vstoxx.

## 1.2 Scopi e struttura della tesi

A partire dagli anni '90, la volatilità dei mercati ha attirato sempre di più l'attenzione degli investitori, inizialmente professionali poi anche *retail*, assumendo oggi una posizione centrale nell'analisi e nell'implementazione di qualsiasi strategia di investimento. Incrementi notevoli e improvvisi di volatilità possono avere impatti rilevanti sulla conformazione dei mercati, generando profitti stellari generalmente per pochi investitori e forte perdite per la maggior parte di essi che sono quindi costretti a uscire dal mercato. In periodi di alta volatilità il processo di selezione Darwiniano accelera e solo gli investitori che si adeguano alle mutate condizioni riescono a sopravvivere, com'è sottolineato da quello che si potrebbe definire l'“approccio ecologico” ai mercati finanziari<sup>3</sup>:

“Noi crediamo che una delle più promettenti direzioni [della ricerca] sia quella di vedere i mercati finanziari da una prospettiva biologica e, specificamente, all'interno di una struttura evolutiva in cui i mercati, gli strumenti, le istituzioni e gli investitori interagiscono e si evolvono dinamicamente in base alla “legge” della selezione economica. Da questa prospettiva, gli operatori finanziari competono e si adattano, ma non lo fanno necessariamente in modo ottimale.

[...] Pertanto, i mercati finanziari possono essere visti alla stregua di un'ecologia di strategie operative in continua evoluzione. Ogni strategia è simile ad una certa specie biologica e il capitale accumulato dagli operatori che seguono una certa strategia è simile alla popolazione di quella specie. Le nuove strategie possono alterare la redditività delle strategie preesistenti, sostituirsi ad esse e determinarne l'estinzione”.

---

<sup>3</sup> D.J. Farmer et A.W. Lo (1999), “Frontiers of Finance: Evolution and Efficient Market”.

Il bisogno degli operatori (soprattutto *retail*) di adeguarsi efficientemente ed efficacemente alle mutate condizioni di volatilità è stato percepito da numerose Borse finanziarie del mondo, le quali hanno cercato di assecondarlo mediante la creazione di indici di volatilità e di strumenti derivati costruiti direttamente sugli stessi. I più famosi sono il Vix per il mercato statunitense e il più recente Vstoxx per quello europeo.

Se nel passato la copertura contro la volatilità avveniva essenzialmente mediante strategie basate su opzioni (gli unici derivati tradizionali dipendenti tra gli altri fattori anche dalla volatilità del sottostante), spesso prerogativa di una ristretta classe di investitori professionali o istituzionali, oggi vi sono numerosi strumenti derivati aventi come sottostante direttamente la volatilità, sotto forma di volatilità storica o implicita di un'opzione o di indice. Stiamo parlando di opzioni, *swaps*, *forward* e *futures*, tra cui il mini-futures sul Vstoxx, costruito su misura degli investitori *retail* per aiutarli a proteggersi contro fluttuazioni improvvise della volatilità del mercato azionario europeo.

Il presente lavoro ha come oggetto proprio il Vstoxx e il mini-futures sul Vstoxx e si basa sull'analisi delle loro serie storiche giornaliere e infra-giornaliere con la finalità di rispondere alle seguenti domande:

- 1) Qual è la relazione esistente tra il Vstoxx, il mini-futures sul Vstoxx e l'indice azionario cui si riferisce, ossia l'Euro Stoxx 50?
- 2) Esistono anomalie di calendario che influenzano i valori del Vstoxx e del mini-futures?
- 3) Esiste un *intraday pattern* che possa descrivere l'andamento infra-giornaliero dei prezzi del Vstoxx e del mini-futures?
- 4) Le variazioni dei valori del Vstoxx e del mini-futures possono essere modellate e previste sulla base di un modello econometrico o strutturale?
- 5) Tali modelli possono essere sfruttati per generare profitti di trading?
- 6) E infine quali sono i principali benefici derivanti dallo sfruttamento della volatilità, con particolare riferimento al Vstoxx e al suo mini-futures?

Per rispondere in modo ordinato ed esaustivo a tali questioni, il presente elaborato è stato strutturato nel seguente modo: nei successivi due paragrafi del capitolo introduttivo verranno definiti i tre strumenti oggetto della nostra analisi (Euro Stoxx

50, Vstoxx e mini-futures sul Vstoxx); nel capitolo 2 verranno analizzate le serie storiche giornaliere e infra-giornaliere dei prezzi, dei rendimenti e dei volumi dei tre strumenti con lo scopo di cogliere relazioni tra gli stessi e verificare se vi siano anomalie di calendario e *intraday patterns*; nel capitolo 3 verrà fornita una panoramica delle proprietà teoriche dei tre modelli utilizzati per modellare e prevedere il Vstoxx e il mini-futures e contemporaneamente i risultati empirici ottenuti dalla loro applicazione pratica; il capitolo 4 fornirà una breve cronistoria sull'evoluzione dei mercati dei derivati sulla volatilità e una loro descrizione teorica, concludendosi con i benefici emersi dall'utilizzo del Vstoxx per finalità di copertura di un portafoglio azionario; il capitolo 5, quello conclusivo, riassumerà i principali risultati del lavoro.

### 1.3 Euro Stoxx 50 e Euro Stoxx 50 Options (OESX)

L'Euro Stoxx 50 è un indice azionario negoziato presso l'Eurex, la borsa fondata dalla Deutsche Börse e dalla Soffex (Swiss Options and Financial Futures Exchange), composto dalle azioni di 50 società leader in paesi dell'Eurozona, quali Austria, Belgio, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Lussemburgo, Paesi Bassi, Portogallo e Spagna. Ciascuna azione è ponderata in base alla capitalizzazione di mercato del flottante. La lista delle componenti è aggiornata a settembre di ciascun anno. Le ore di negoziazione sono 09:00-18:00 CET precedute e seguite rispettivamente da un'asta di apertura e una di chiusura<sup>4</sup>.

Le opzioni sull'Euro Stoxx 50 sono opzioni europee negoziate presso l'Eurex e hanno scadenze comprese tra un mese e 10 anni. L'ultimo giorno di negoziazione è il giorno di liquidazione coincidente con il terzo venerdì del mese di scadenza. Se festivo, la liquidazione è spostata al primo giorno feriale che lo precede<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> [http://www.stoxx.com/indices/index\\_information.html?symbol=sx5e](http://www.stoxx.com/indices/index_information.html?symbol=sx5e)

<sup>5</sup> <http://www.eurexchange.com/exchange-en/products/idx/stx/blc/EURO-STOXX-50--Index-Options/19066>

## 1.4 Vstoxx (Euro Stoxx 50 Volatility) e mini-futures sul Vstoxx (FVS)<sup>6</sup>

L'indice di volatilità dell'Euro Stoxx 50 è calcolato presso l'Eurex sulla base di un modello congiuntamente sviluppato da Goldman Sachs e dalla stessa Deutsche Börse. La metodologia di calcolo utilizza la volatilità implicita delle opzioni call e put *in-the-money*, *at-the-money* e *out-of-the-money* sull'Euro Stoxx 50, indicate con la sigla OESX, suddivise per scadenza. Il calcolo è aggiornato ogni 5 secondi dalle 09:15 CET alle 17:25 CET. Lo scopo principale è quello di rendere la volatilità negoziabile mediante strumenti derivati (in particolare futures e opzioni), offrendo grandi vantaggi in termini di trading e hedging. Il Vstoxx non reagisce dunque a fluttuazioni di prezzo, ma solamente a variazioni di volatilità dell'Euro Stoxx 50. Tale obiettivo è raggiunto non direttamente mediante la volatilità, bensì attraverso la varianza (volatilità al quadrato) implicita.

Nel 2005 l'Eurex ha introdotto strumenti derivati sulla volatilità, quali futures e opzioni. Nel 2008, spinti da una crescente richiesta della clientela, l'Eurex ha introdotto il mini-futures sul Vstoxx con una dimensione del contratto pari a 100€. Il valore di ciascun contratto si ottiene moltiplicando per 100 il valore del Vstoxx che ne costituisce il sottostante. Il *tick* minimo rilevato è di 0.05 cui corrisponde un valore reale di 5€. Quindi l'investimento in un contratto mini-futures sul Vstoxx comporta guadagni/perdite di 5€ per ogni *tick*. Le scadenze disponibili sono comprese tra uno e 8 mesi. Le ore di contrattazione sono comprese tra le 09:00 CET e le 17.30 CET precedute e seguite rispettivamente da un'asta di apertura e una di chiusura. L'ultimo giorno di negoziazione corrisponde al giorno di liquidazione che cade 30 giorni prima della scadenza dell'opzione cui l'indice Vstoxx sottostante si riferisce. Generalmente tale giorno coincide con il mercoledì antecedente il penultimo venerdì del mese di scadenza del futures; se festivo, la liquidazione avviene il primo giorno feriale che lo precede. La chiusura delle contrattazioni nel giorno di liquidazione è alle ore 12:00 CET. Infatti nella serie storica *intraday* analizzata, relativa al mini-futures a 1 mese, vi sono giorni (prevalentemente

---

<sup>6</sup> Stoxx Strategy Index Guide reperibile presso

[http://www.google.it/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.stoxx.com%2Fdownload%2Findices%2Frulebooks%2Fstoxx\\_strategy\\_guide.pdf&ei=5WyIVJubLpfWapvfgLAN&usg=AFQjCNGlrMay0Fu4JczyBLOXXqY9n70NDg&bvm=bv.81456516,d.d2s](http://www.google.it/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.stoxx.com%2Fdownload%2Findices%2Frulebooks%2Fstoxx_strategy_guide.pdf&ei=5WyIVJubLpfWapvfgLAN&usg=AFQjCNGlrMay0Fu4JczyBLOXXqY9n70NDg&bvm=bv.81456516,d.d2s)

mercoledì) in cui le contrattazioni arrivano fino alle 12:00 CET per poi riprendere il giorno successivo con l'immissione sul mercato del nuovo futures.

### 1.4.1 Il processo di calcolo del Vstoxx

Vi sono 12 indici Vstoxx principali con scadenze fisse di 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330 e 360 giorni, di cui il principale è il Vstoxx a 30 giorni. La scadenza è mantenuta fissa grazie all'ipotesi per cui l'indice è rinnovato ogni giorno in modo che vi siano sempre 30 giorni (nel caso dell'indice principale di riferimento) rimanenti. In altre parole è come se l'indice non scada mai e sia quindi indipendente da qualsiasi termine temporale. Questo serve ad eliminare le vigorose fluttuazioni di volatilità che si manifestano nei giorni prossimi alla scadenza.

In aggiunta ai 12 indici principali, vi sono 8 sub-indici che misurano la volatilità delle prime 8 opzioni (OESX) aventi una scadenza di 1, 2, 3, 6, 9, 12 e 24 mesi.

<b>TABELLA 1.1: Indici Vstoxx</b>		
<b>Indice</b>	<b>Codice</b>	<b>ISIN</b>
VSTOXX	V2TX	DE000A0C3QF1
VSTOXX 60 GG	VSTX60	DE000A1A4LU0
VSTOXX 90 GG	VSTX90	DE000A1A4LV8
VSTOXX 120 GG	VSTX120	DE000A1A4LW6
VSTOXX 150 GG	VSTX150	DE000A1A4LX4
VSTOXX 180 GG	VSTX180	DE000A1A4LY2
VSTOXX 210 GG	VSTX210	DE000A1A4LZ9
VSTOXX 240 GG	VSTX240	DE000A1A4L00
VSTOXX 270 GG	VSTX270	DE000A1A4L18
VSTOXX 300 GG	VSTX300	DE000A1A4L26
VSTOXX 330 GG	VSTX330	DE000A1A4L34
VSTOXX 360 GG	VSTX360	DE000A1A4L42
VSTOXX 1M	V6I1	DE000A0G87B2
VSTOXX 2M	V6I2	DE000A0G87C0
VSTOXX 3M	V6I3	DE000A0G87D8
VSTOXX 6M	V6I4	DE000A0G87E6
VSTOXX 9M	V6I5	DE000A0G87F3
VSTOXX 12M	V6I6	DE000A0G87G1
VSTOXX 18M	V6I7	DE000A0G87H9
VSTOXX 24M	V6I8	DE000A0G87J5

Ciascuno dei 12 indici principali è determinato mediante interpolazione dei due sub-indici che, al momento del calcolo, hanno una scadenza residua più vicina a quella fissa dell'indice principale.

Il nuovo processo di calcolo del Vstoxx può essere sommariamente suddiviso in 3 fasi:

- 1) estrazione e preparazione dei dati necessari;
- 2) calcolo degli 8 sub-indici;
- 3) calcolo dei 12 indici principali.

#### FASE 1.

I dati vengono rilevati ogni minuto e includono:

- i migliori prezzi *bid* e *ask*, l'ultimo prezzo di negoziazione e il prezzo di liquidazione di tutte le opzioni sull'Euro Stoxx 50;
- EONIA (Euro OverNight Index Average), utilizzato come *proxy* del tasso di interesse privo di rischio *overnight*;
- EURIBOR (EUROpean InterBank Offered Rates), considerati come *proxy* dei tassi privi di rischio con scadenza compresa tra 1 mese e 1 anno (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 mesi);
- Il rendimento dell'indice REX (un indice negoziato dalla Deutsche Börse calcolato come media ponderata dei prezzi di bonds sintetici con scadenza fissa) a due anni, impiegato come *proxy* del rendimento privo di rischio a 2 anni.

I prezzi relativi alle opzioni sono soggetti a un processo di selezione. Innanzitutto le cosiddette opzioni *one-side market*, ossia quelle offerte solo al prezzo *bid* o solo al prezzo *ask*, e le opzioni che non hanno nessuno dei due prezzi, sono scartate. Tra le opzioni rimanenti, vengono selezionate solo quelle il cui *bid-ask spread* è inferiore al 15% del prezzo *bid*. Infine sono scartate tutte le opzioni che hanno un prezzo *bid*, *ask*, di negoziazione o liquidazione inferiore a 0.5 punti indice. Quest'ultimo filtro serve ad eliminare quelle opzioni che sono fortemente *out-of-the-money*. Il prezzo utilizzato tra le opzioni selezionate ai fini del calcolo dell'indice è l'ultimo registrato (il più recente) tra: il *mid-price* (media tra il prezzo *bid* e il prezzo *ask*), il prezzo di scambio e il prezzo di liquidazione (che sarà il più recente solamente alla scadenza dell'opzione).

## FASE 2

Ciascuno degli 8 sub-indici è calcolato in tempo reale ogni 5 secondi fino a due giorni prima della scadenza. Ciascun nuovo indice, (ossia un indice calcolato su una nuova emissione di opzioni), è misurato a partire dal secondo giorno di negoziazione delle opzioni cui si riferisce. La formula utilizzata nel calcolo è la seguente:

$$SubIndex_i = 100 * \sqrt{\sigma_i^2}$$

Dove:

$$\sigma_i^2 = \frac{2}{T_i/T_{365}} \times \sum_j \frac{\Delta K_{i,j}}{K_{i,j}^2} \times R_i \times M(K_{i,j}) - \frac{1}{T_i/T_{365}} \times \left( \frac{F_i}{K_{i,0}} - 1 \right)^2$$

Con  $i = 1, \dots, 8$

Dove:

- $j$  si riferisce a un determinato prezzo di esercizio; in altre parole per ogni gruppo di scadenza, le opzioni sono ulteriormente suddivise in base al prezzo di esercizio;
- $T_i$  è il numero di secondi intercorrenti tra il momento in cui stiamo effettuando i calcoli e la data di scadenza dell' $i$ -esimo gruppo di opzioni che stiamo considerando;
- $T_{365}$  è il numero di secondi presenti in un anno;
- $F_i$  è il prezzo forward *at-the-money* relativo all' $i$ -esima scadenza ottenuto sommando il prezzo di esercizio di una coppia di opzioni call e put che presenta la più bassa differenza in termini assoluti tra il prezzo call e il prezzo put al fattore di rifinanziamento connesso all' $i$ -esima scadenza ( $R_i$ ) moltiplicato per la differenza tra il prezzo call e il prezzo put. Nel caso in cui ci siano più coppie di opzioni con la stessa differenza minima, si calcola il prezzo forward per ciascuna coppia e se ne fa una media aritmetica. Quindi in formula avremo:

$$F_i = K_{\min(C-P)} + R_i \times (C - P)$$

Dove:

- $K_{\min(C-P)}$  è il prezzo di esercizio della coppia di opzioni put e call con la più bassa differenza assoluta tra il prezzo call e il prezzo put;
- $C - P$  è la differenza tra il prezzo della call e il prezzo della put che presentano lo stesso prezzo di esercizio e il più basso gap;
- $R_i$  è il fattore di rifinanziamento connesso all' $i$ -esima scadenza dato da:

$$R_i = e^{r_i \times T_i / T_{365}}$$

Dove:

- $r_i$  è il tasso di interesse privo di rischio connesso al tempo mancante alla scadenza ( $T_i$ ) ottenuto mediante interpolazione tra le due scadenze più prossime per le quali è noto il tasso di interesse privo di rischio (EONIA, EURIBOR O REX):

$$r_i = r(T_i) = \frac{T_{k+1} - T_i}{T_{k+1} - T_k} r(T_k) + \frac{T_i - T_k}{T_{k+1} - T_k} r(T_{k+1})$$

con

- $T_k \leq T_i \leq T_{k+1}$ ;
  - $r(T_k), r(T_{k+1})$  sono i due tassi privi di rischio noti, con scadenza rispettivamente inferiore e superiore rispetto a quella relativa a  $r(T_i)$ .
- $K_{i,0}$  è il prezzo di esercizio immediatamente più basso del prezzo forward o della media dei prezzi forward; in altri termini è il prezzo di esercizio più alto non eccedente il prezzo forward  $F_i$ ;
  - $K_{i,j}$  è il prezzo di esercizio di ciascuna opzione *out-of-the-money*; nel modello sono considerate *out-of-the-money* le

opzioni put con prezzo di esercizio al di sotto di  $K_{i,0}$  e le opzioni call con prezzo di esercizio al di sopra di  $K_{i,0}$ ;

- $\Delta K_{i,j}$  è la distanza media tra i prezzi di esercizio di due opzioni immediatamente posizionati al di sopra e al di sotto del prezzo di esercizio dell'opzione considerata ( $K_{i,j}$ ); se l'opzione in considerazione è l'ultima possibile, nel senso che non vi è alcuna opzione trattata con prezzo di esercizio superiore o inferiore, si considera la semplice distanza tra il più alto e il secondo più alto prezzo di esercizio per le opzioni call e tra il più basso e il secondo più basso prezzo di esercizio per le opzioni put. In formula avremo:

$$\Delta K_{i,j} = \frac{1}{2} \times (K_{i,j+1} - K_{i,j-1})$$

- $M(K_{i,j})$  è il prezzo delle opzioni *out-of-the-money* con prezzo di esercizio  $K_{i,j}$ ;
- $M(K_{i,0})$  è la media dei prezzi dell'opzione call e dell'opzione put aventi un prezzo di esercizio di  $K_{i,0}$ :

$$M(K_{i,0}) = \frac{P_{i,0} + C_{i,0}}{2}$$

### FASE 3

Gli indici principali sono calcolati mediante interpolazione lineare dei sub-indici che hanno una vita residua (espressa in secondi) immediatamente più corta e immediatamente più lunga rispetto a quella fissa dell'indice principale (nel caso dell'indice principale di riferimento, Vstoxx a 30 giorni, la vita residua sarà data dal numero di secondi in 30 giorni). Se non vi sono due sub-indici le cui vite residue inglobano quella dell'indice principale, quest'ultimo sarà calcolato mediante estrapolazione dei due sub-indici con la vita residua più vicina a quella dell'indice principale.

$Vstoxx_{tm} =$

$100 \times$

$$\sqrt{\left[ \frac{T_{st}}{T_{365}} \times \left( \frac{SubIndex_{st}}{100} \right)^2 \times \frac{T_{lt} - T_{tm}}{T_{lt} - T_{st}} + \frac{T_{lt}}{T_{365}} \times \left( \frac{SubIndex_{lt}}{100} \right)^2 \times \frac{T_{tm} - T_{st}}{T_{lt} - T_{st}} \right] \times \frac{T_{365}}{T_{tm}}}$$

Dove:

- $T_{tm}$  indica il numero di secondi presenti nella vita residua fissa dell'indice principale  $Vstox_{tm}$ ;
- $T_{st}$  indica il numero di secondi presenti nella vita residua del sub-indice con il tempo rimanente alla scadenza più breve ( $SubIndex_{st}$ );
- $T_{lt}$  indica il numero di secondi presenti nella vita residua del sub-indice indice con il tempo rimanente alla scadenza più lungo ( $SubIndex_{lt}$ ).

# CAPITOLO 2

---

## Analisi delle serie storiche

Nel presente capitolo verranno analizzate le serie storiche giornaliere e infra-giornaliere dell'Euro Stoxx 50, del Vstoxx e del mini-futures a 30 giorni sul Vstoxx per verificare le relazioni esistenti tra gli stessi e se vi siano o meno anomalie di calendario o *intraday patterns*.

### 2.1 Descrizione dei dati

La serie storica giornaliera del Vstoxx parte dal 25/04/2005 fino al 23/10/2014 per un totale di 2422 osservazioni; quella del mini-futures a 30 giorni sul Vstoxx parte dal 04/01/2010 fino al 23/10/2014 per un totale di 1228 osservazioni. Le serie storiche *intraday* includono dati osservati con un *lag* temporale di 5 minuti: quella del Vstoxx va dalle 09:15 CET dell'11/04/2014 fino alle 17:25 CET del 23/10/2014 per un totale di 13583 osservazioni, mentre la serie del mini-futures ingloba 10811 osservazioni comprese tra le 09:00 CET dell'08/05/2014 e le 17:30 CET del 18/11/2014.

La diversità tra le due serie (Vstoxx e mini-futures) è dovuta alla diversa disponibilità di dati su Bloomberg di cui mi sono avvalso per il reperimento di informazioni; inoltre il Vstoxx viene calcolato a partire dalle 09:15 CET fino alle 17:25 CET di ciascun giorno feriale, mentre le contrattazioni del mini-futures sono aperte dalle 09:00 CET fino alle 17:30 CET, precedute da un'asta di apertura e seguite da un'asta di chiusura. E' importante sottolineare che i valori osservati del Vstoxx non sono effettivamente prezzi, ma, come si può notare dalla formula nel sotto-paragrafo 1.4.1, sono valori di volatilità; infatti il Vstoxx non è uno strumento negoziato, ma semplicemente una formula sulla base della quale è possibile costruire strumenti derivati come il mini-futures che in quanto negoziato ha dei prezzi. Quindi quando parleremo di prezzi del Vstoxx, faremo riferimento ai valori di volatilità calcolati con la formula suddetta, non a effettive quotazioni di mercato.

Tutte e quattro le serie sono affiancate da altrettante serie di uguale lunghezza dell'indice azionario di cui il Vstoxx rappresenta la volatilità, ossia l'Euro Stoxx 50.

L'analisi che seguirà avrà come oggetto sia i prezzi dei vari strumenti, che i loro rendimenti logaritmici calcolati nel seguente modo:

$$r_t = \log P_t - \log P_{t-1} = \log\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

Dove:

- $r_t$  è il rendimento al tempo  $t$ ;
- $P_t$  e  $P_{t-1}$  sono i prezzi rispettivamente al tempo  $t$  e  $t-1$ .

Inoltre, per quanto riguarda le serie giornaliere, verranno utilizzati anche i prezzi di apertura allo scopo di verificare l'esistenza di anomalie di calendario.

## 2.2 Analisi delle serie giornaliere

Dal grafico 2.1 possiamo chiaramente notare come la serie del Vstoxx inglobi un iniziale trend positivo con un'impennata vistosa nella seconda metà del 2008 in concomitanza con il fallimento della banca di investimento americana Lehman Brothers.



In questo periodo il Vstoxx ha fatto registrare i suoi massimi, con il picco assoluto di 87.5127 rilevato il 16/10/2008. Ad esso segue un trend decrescente seppur con altri picchi dovuti alla crisi europea del debito sovrano, fino ad arrivare, a partire dal 2013, ad una stabilizzazione intorno al classico valore 20, vicino alla media dell'intera serie pari a 23.80. Appare chiaro il fenomeno del *volatility clustering* o “concentrazione della volatilità” per effetto del quale a periodi di volatilità elevata si alternano periodi di volatilità ridotta.

Il grafico 2.2 mostra le serie dei prezzi del mini-futures e del suo sottostante.

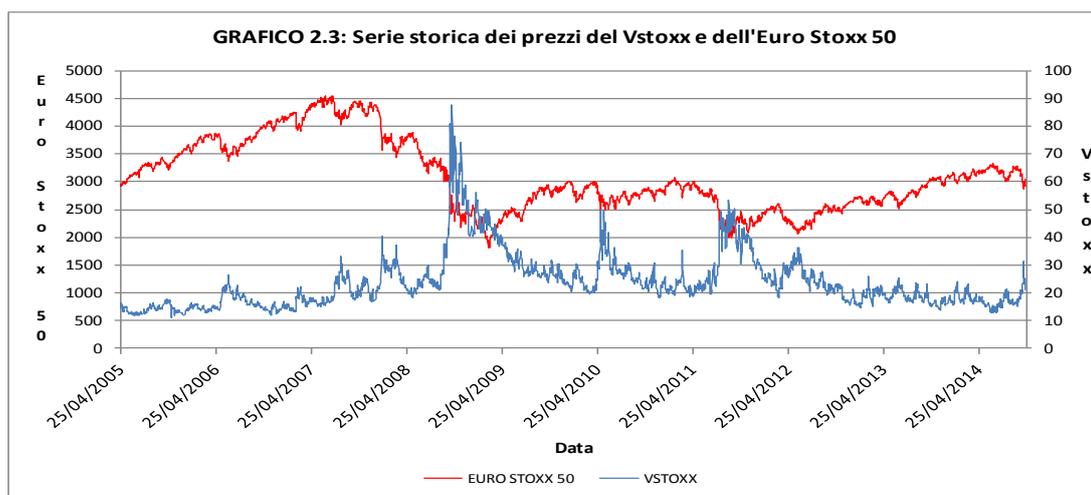


C'è quasi una perfetta sovrapposizione anche se il mini-futures tende a reagire in misura meno marcata a cambiamenti della volatilità di quanto non faccia il Vstoxx. Inoltre, come vedremo, il Vstoxx presenta alcune anomalie di calendario non riscontrabili per il mini-futures. Ciò può essere dovuto al fatto che il Vstoxx non è uno strumento negoziato di per sé, ma è negoziabile solo mediante i suoi derivati, quali futures e opzioni. Esso è semplicemente una formula che risente di cambiamenti nella volatilità delle opzioni sull'Euro Stoxx 50 (e quindi registra, per esempio, l'aumento di volatilità durante il weekend) e solo indirettamente di valutazioni soggettive e strategiche sulle opzioni basate su attese di volatilità; al contrario il mini-futures, essendo uno strumento negoziato, risente direttamente di tali valutazioni. In altre parole, i rendimenti del Vstoxx sono guidati da cambiamenti nel livello di volatilità implicita, mentre quelli del mini-futures sono guidati da cambiamenti nel livello di volatilità attesi dagli investitori.

Il grafico 2.3 mostra la chiara correlazione negativa (la correlazione lineare di Pearson è pari a -0.5494) tra l'Euro Stoxx 50 e il Vstoxx, confermando l'abilità del Vstoxx di percepire i sentimenti pessimistici degli investitori che si manifestano in occasione di crolli dell'indice azionario. Questo fenomeno trova una possibile spiegazione nell'ambito dei cosiddetti modelli strutturali: l'aumento del prezzo delle azioni fa ridurre il rapporto *debito/capitale proprio* dell'impresa, con conseguente riduzione della volatilità degli utili e della volatilità del prezzo delle azioni<sup>7</sup>. Stiamo parlando del cosiddetto *leverage effect* [Black (1976), Christie (1982), Schwert (1989)]. Una spiegazione alternativa [French et al. (1987), Bekaert e Wu (2000), Wu

<sup>7</sup> Cfr. E. Barone (2008).

(2001), Kim et al. (2004)] è il *volatility feedback effect*: assumendo che la volatilità è incorporata nel prezzo delle azioni, uno shock positivo di volatilità incrementa il futuro rendimento sull'*equity* richiesto dagli azionisti e di conseguenza riduce il prezzo delle azioni. Un'altra motivazione è quella suggerita da Simon (2003), secondo la quale gli investitori incrementano la domanda per le opzioni put in seguito a una riduzione di valore dell'indice azionario, allo scopo di acquistare un'assicurazione contro perdite del proprio portafoglio. Ciò incrementa il prezzo delle opzioni e conseguentemente la volatilità implicita che è positivamente correlata ad esso.



Sempre graficamente, appare chiaro come il Vstoxx reagisca maggiormente a decrementi dell'Euro Stoxx 50 piuttosto che a incrementi dello stesso, nel senso che il Vstoxx aumenta in misura maggiore quando l'Euro Stoxx 50 perde di quanto diminuisca in presenza di guadagni dell'indice azionario. Questa impressione è confermata da un precedente studio effettuato proprio sul Vstoxx<sup>8</sup> nel quale sono state calcolate tre correlazioni, rispettivamente per periodi di bassa, media e alta correlazione<sup>9</sup>. Quest'ultime si sono rivelate essere tutte negative e crescenti in valore assoluto. In sintesi la correlazione rimane negativa per tutte le condizioni di mercato, con un incremento significativo durante i periodi di crisi.

Un altro aspetto interessante è mostrato dal grafico 2.4 nel quale sono rappresentate le serie storiche dei prezzi del Vstoxx e del Vix. Quest'ultimo è l'indice di volatilità del principale indice azionario americano S&P 500 ed è determinato con una formula

<sup>8</sup> R. Guobuzaitė et L. Martellini (2012), "The Benefits of Volatility Derivatives in Equity Portfolio Management".

<sup>9</sup> I periodi sono stati individuati mediante il *Markov regime-switching model*.

molto simile a quella del Vstoxx presso la Borsa di Chicago. E' l'indice di volatilità più usato al mondo, spesso chiamato "investor fear gauge".

Le due serie sono in sintonia tra loro, seppur il Vstoxx tende ad essere sempre al di sopra del Vix. E lo si può vedere anche grazie alla tabella 2.1 contenente media, minimo, 1° quartile, mediana, 3° quartile e massimo dei due strumenti per il periodo considerato.



**TABELLA 2.1: Confronto tra Vstoxx e Vix**

	MEDIA	MIN	1° QUART	MEDIANA	3° QUART	MAX
VSTOXX	23.8042	10.9963	16.9015	21.5863	27.1619	87.5127
VIX	20.2084	9.3900	13.3125	17.2700	23.4700	80.8600

Probabilmente ciò è dovuto al fatto che l'S&P 500 rappresenta il più ampio e profondo mercato azionario americano; quello europeo è più ristretto e meno liquido, quindi più volatile. In aggiunta, l'Euro Stoxx 50 consta di un numero di azioni (50) 10 volte inferiore a quello dell' S&P 500 (500).

Per quanto riguarda i rendimenti logaritmici, analizzeremo quelli riscontrati tra i prezzi di chiusura ( $PC$ ) e tra i prezzi di apertura ( $PA$ ) di ciascun giorno. In altre parole per ciascun giorno abbiamo quattro variazioni logaritmiche:

- *Close-to-close*, ossia la differenza logaritmica tra due prezzi di chiusura giornaliera adiacenti (si tratta del rendimento standard utilizzato nelle analisi delle serie storiche):

$$CC_t = \log\left(\frac{PC_t}{PC_{t-1}}\right)$$

- *Open-to-close*, ossia la differenza logaritmica tra il prezzo di chiusura e quello di apertura dello stesso giorno:

$$OC_t = \log\left(\frac{PC_t}{PA_t}\right)$$

- *Close-to-open*, ossia la differenza logaritmica tra il prezzo di apertura e quello di chiusura del giorno prima:

$$CO_t = \log\left(\frac{PA_t}{PC_{t-1}}\right)$$

- *Open-to-open*, ossia la differenza logaritmica tra due prezzi di apertura giornaliera adiacenti:

$$OO_t = \log\left(\frac{PA_t}{PA_{t-1}}\right)$$

La tabella 2.2<sup>10</sup> riassume le principali statistiche delle distribuzioni delle 4 tipologie di rendimenti logaritmici giornalieri del Vstoxx, mini-futures e Euro Stoxx 50.

TABELLA 2.2: Statistiche delle distribuzioni dei rendimenti giornalieri										
	MEDIA	DEV. ST.	MAX	MIN	%POS	%NEG	SKEWNESS	KURTOSIS	JB TEST	t TEST
<b>VSTOXX</b>										
Open-Close	-0.879%	4.576%	26.150%	-36.656%	32.96%	67.04%	0.631	4.543	2248.595	-9.093
Close-Open	0.893%	4.694%	31.613%	-19.667%	53.16%	46.84%	1.120	4.639	2683.341	9.359
Close-Close	0.013%	5.972%	32.768%	-35.401%	46.30%	53.70%	0.669	3.394	1346.638	0.111
Open-Open	0.017%	5.951%	33.819%	-29.479%	45.97%	54.03%	0.735	2.854	1042.958	0.143
<b>MINI-FUTURES</b>										
Open-Close	-0.100%	3.563%	16.479%	-12.030%	47.12%	52.88%	0.648	1.937	276.484	-0.981
Close-Open	0.092%	3.054%	20.591%	-17.144%	49.51%	50.49%	1.207	9.774	5148.620	1.045
Close-Close	-0.015%	4.712%	22.708%	-19.776%	47.43%	52.57%	0.719	2.842	521.650	-0.113
Open-Open	0.000%	4.309%	21.947%	-19.237%	46.63%	53.37%	0.742	2.521	431.612	-0.026
<b>EURO STOXX 50</b>										
Open-Close	-0.194%	1.305%	9.600%	-7.897%	37.05%	62.95%	-0.262	6.991	4969.164	7.306
Close-Open	0.195%	0.711%	5.177%	-2.817%	59.75%	40.15%	-1.079	4.397	2426.182	-13.488
Close-Close	0.000%	1.457%	10.438%	-8.208%	52.13%	47.87%	0.026	6.402	4145.308	0.036
Open-Open	0.000%	1.377%	10.232%	-7.770%	51.43%	48.57%	-0.087	5.312	2857.374	0.006

Per “dev.st.” si intende la deviazione standard; per “%POS” e “%NEG” si intende la percentuale di rendimenti rispettivamente positivi o uguali a 0 e negativi rilevati durante la serie storica; “skewness” e “kurtosis” indicano rispettivamente il grado di asimmetria e di curtosi delle distribuzioni; il “JB Test” è il *Jarque-Bera Test* impiegato per verificare se la distribuzione è normale o meno; il “t-test” è il test *t di Student* impiegato per verificare se la media della distribuzione dei rendimenti è significativamente diversa da 0. L’intervallo di confidenza scelto nel presente trattato per i due test è del 95%.

<sup>10</sup> In giallo sono evidenziati i valori *t-value* superiori in valore assoluto a 1.96 circa, che hanno quindi un *p-value* superiore al 5%, il quale ci porta a escludere l’ipotesi nulla di media=0 con un livello di significatività del 5%.

Il *Jarque-Bera Test*<sup>11</sup> si basa sull'asimmetria e sulla curtosi campionarie verificando simultaneamente se esse sono coerenti con i valori che dovrebbero assumere sotto l'ipotesi nulla di normalità, ossia rispettivamente 0 e 3:

$H_0: S = 0$  e  $K = 3$  normalità.

$H_1: S \neq 0$  e  $K \neq 3$  non normalità.

La statistica test è:

$$T = \frac{n}{6} \left[ S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right] \sim \chi_2^2$$

Dove:

- $n$  è la grandezza del campione da testare;
- $S = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})]^3}{\hat{\sigma}^3}$  è l'indice di asimmetria campionaria;

Dove:

- $x_i$  è l'osservazione  $i$ -esima del campione;
- $\bar{x}$  è la media campionaria;
- $\hat{\sigma}$  è la deviazione standard campionaria.
- $K = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})]^4}{\hat{\sigma}^4}$  è l'indice di curtosi campionaria;
- $\chi_2^2$  è la distribuzione Chi-Quadro con 2 gradi di libertà seguita dalla statistica  $T$  sotto l'ipotesi nulla di normalità.

L'approssimazione alla Chi-Quadro è più accurata con campioni superiori a 2000 unità. Un elevato valore della statistica  $T$  associato a un  $p$ -value inferiore a  $1 - \alpha$ , dove  $\alpha$  è il livello di confidenza scelto, suggerisce di rifiutare l'ipotesi nulla di normalità.

Il test *t di Student* è impiegato per verificare se la media di un campione è significativamente uguale a un valore o uguale alla media di un altro campione. Nel presente lavoro verificheremo se la media è significativamente diversa da 0, suggerendo la presenza di un *pattern* sottostante o di una qualche spiegazione

---

<sup>11</sup> A.K. Bera et C.M. Jarque (1987), "A test for normality of observations and regression residuals".

teorica, o se la divergenza da zero è puramente casuale. Il test effettuato è così composto:

$H_0: \mu = 0$  media della popolazione nulla.

$H_1: \mu \neq 0$  media della popolazione non nulla.

La statistica test è:

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}} \sim t_n$$

Dove:

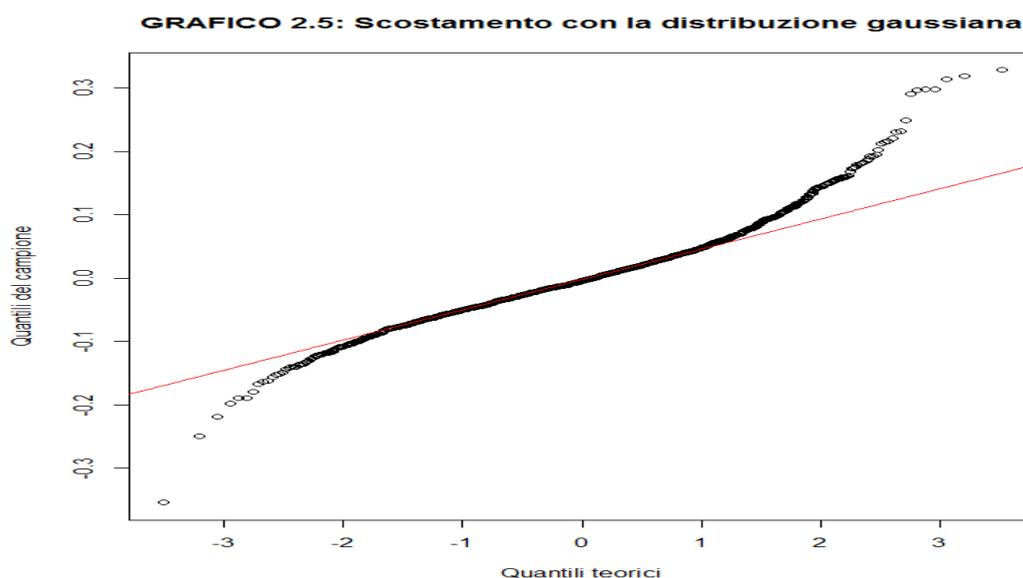
- $\bar{x}$  è la media campionaria;
- $\mu$  è la media vera della popolazione che ipotizziamo essere uguale a 0;
- $s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$  è la varianza stimata campionaria;
- $n$  è la dimensione del campione;
- $t_n$  è la distribuzione T di Student con  $n$  gradi di libertà seguita dalla statistica  $T$  sotto l'ipotesi nulla di media uguale a zero.

Un elevato valore della statistica  $T$  associato a un  $p$ -value inferiore a  $1 - \alpha$  suggerisce di rifiutare l'ipotesi nulla e concludere che la media vera della popolazione è effettivamente diversa da 0.

Il dato più rilevante che emerge dalla tabella 2.2 è la media significativamente diversa da 0 dei rendimenti logaritmici *open-to-close* (media negativa) e *close-to-open* (media positiva) del Vstoxx e dell'Euro Stoxx 50, secondo il test *t di Student*, accompagnato da una elevata percentuale (più del 60%) di variazioni negative *open-to-close*. Sembrerebbe quindi che i due strumenti perdano nel corso della giornata per poi riguadagnare il giorno seguente all'apertura dopo l'asta. In ottica di investimento sarebbe quindi consigliabile vendere l'Euro Stoxx 50 un attimo dopo l'apertura e chiudere la posizione a fine giornata un attimo prima della chiusura; analoga possibilità non esiste per il Vstoxx, non essendo uno strumento negoziabile ma solamente una formula. Tuttavia ad un'analisi più attenta del campione emerge che la maggior parte delle variazioni negative *open-to-close* e positive *close-to-open* dell'Euro Stoxx 50 sono concentrate nel periodo crisi e pre-crisi (2005-2008).

Restringendo il campione a dopo il 2008 le variazioni tornano al 50% circa con media significativamente uguale a 0, in linea con tutte le altre variazioni di ciascun strumento<sup>12</sup>. Questo conferma come la nostra analisi sia notevolmente influenzata dalla scelta del campione.

Il secondo dato che balza all'occhio è l'elevato valore assunto dalla statistica del *Jarque-Bera test*, indicativo del fatto che tutte le distribuzioni sono estremamente diverse dalla gaussiana. Presentano un certo grado di asimmetria, ma soprattutto un notevole eccesso di curtosi che sta a significare code più pesanti e quindi probabilità maggiori per valori estremi. Ciò trova conferma, oltre che nei valori di "skewness" e "kurtosis", anche nel grafico 2.5 in cui la linea retta in rosso rappresenta la distribuzione normale, mentre la striscia nera raffigura la distribuzione empirica le cui code divergono dalla retta<sup>13</sup>.



### 2.2.1 Le anomalie di calendario<sup>14</sup>

Quando parliamo di anomalie di calendario ci riferiamo all'impatto sistematico che date o periodi di calendario civile o borsistico hanno sulle variazioni dei prezzi di strumenti finanziari. Per definizione, un'anomalia è un evento che non può essere

<sup>12</sup> La statistica t scende drasticamente a 0.8414 e -0.9794 per quanto riguarda rispettivamente le variazioni open-to-close e close-to-open del Vstoxx e a -0.1353 e 1.5806 per quanto riguarda quelle dell'Euro Stoxx 50.

<sup>13</sup> Il grafico rappresenta lo scostamento della distribuzione dei rendimenti logaritmici close-to-close del Vstoxx rispetto alla distribuzione gaussiana. I grafici relativi alle altre distribuzioni sono omessi, in quanto del tutto simili.

<sup>14</sup> E. Barone (1990), "Il Mercato Azionario Italiano: Efficienza e Anomalie di Calendario".

spiegato con la teoria prevalente. Nel caso di azioni, tali anomalie compromettono l'efficienza informativa dei mercati, ossia la capacità dei prezzi di riflettere pienamente l'informazione correntemente disponibile.

Se negli anni '70 sono state condotte numerose verifiche empiriche volte a dimostrare l'efficienza informativa, a partire dagli anni '80 si è sviluppata, al contrario, un'ampia letteratura finalizzata a dimostrare l'inefficienza informativa dovuta a impatti sistematici sui prezzi azionari connessi con il calendario civile. Il dibattito su questo tema è ancora aperto e vede da un lato coloro che giudicano i risultati di questi studi come il frutto di un processo di *data mining* e dall'altro coloro che, giudicando attendibili le verifiche condotte, tentano di trovare giustificazioni razionali per il comportamento degli operatori.<sup>15</sup>

Sono essenzialmente 3 le tipologie di anomalie di calendario che andremo ad analizzare per il Vstoxx e il mini-futures sul Vstoxx:

- 1) effetto week-end;
- 2) effetto *turn-of-the-month*;
- 3) effetto *January*.

#### EFFETTO WEEK-END

Per esaminare l'esistenza dell'effetto week-end, occorre verificare se la velocità del processo che genera le quotazioni azionarie cambia quando il mercato è chiuso, ossia se il processo è definito in termini di tempo reale o tempo di mercato.

Fama (1965) e Granger e Morgenstern (1970) hanno per primi analizzato la velocità del processo generativo delle quotazioni azionarie, definita come varianza per unità di tempo delle differenze prime della serie dei prezzi, dimostrando che il processo stocastico sottostante i prezzi azionari continua ad operare anche nei giorni di chiusura del mercato (il week-end appunto), ma ad una minore velocità.

Inoltre, nei mercati per contanti, ignorando le festività, le variazioni dei corsi azionari registrate il lunedì rappresenterebbero il rendimento di un investimento che si protrae da 3 giorni se il processo generativo dei prezzi azionari fosse definito in termini di calendario civile; quindi il rendimento del lunedì dovrebbe essere pari a tre volte quello rilevato negli altri giorni della settimana. In alternativa, se il processo si basa

---

<sup>15</sup> Cfr. E. Barone (1990).

sui soli giorni borsistici, il rendimento dovrebbe essere in media pari per tutti i giorni della settimana.

Cross (1973), French (1980), Gibbons e Hess (1981) e Keim e Stambaugh (1984) hanno riscontrato per il mercato statunitense un'anomala flessione dei prezzi azionari durante il fine settimana; stessa anomalia è stata rilevata per altri mercati azionari da Jaffe e Westerfield (1985). Lakonishok e Levi (1982) attribuiscono parte dell'effetto weekend a pratiche di liquidazione e convenzioni *check-clearing* che rendono particolarmente attrattivo l'acquisto di azioni il venerdì e la successiva rivendita il lunedì; tuttavia Dyl e Martin (1985) non hanno trovato alcun supporto a tale teoria. Un'altra ipotesi è che molte azioni diventano quotate "ex-dividend" il lunedì, subendo quindi una riduzione di prezzo, ma Lakonishok e Smidt (1988) e Branch e Echevarria (1991) riportano risultati inconsistenti con tale spiegazione. Altri studiosi sostengono che i prezzi azionari subiscono una riduzione tra il venerdì e il lunedì poiché molte società attendono il weekend prima di rilasciare cattive notizie; inoltre nel fine settimana e in tutti i giorni festivi, le notizie negative potrebbero cumularsi senza che vi sia la possibilità di operare contestualmente al loro rilascio, determinando tassi di variazione dei prezzi particolarmente negativi tra il giorno prefestivo e quello successivo alle feste. Per proteggersi contro questa eventualità, molti investitori acquistano opzioni per finalità assicurative, determinando un incremento del loro prezzo e quindi della volatilità implicita. Connolly (1989) sostiene che i risultati di tali lavori siano fortemente inficiati dall'ipotesi di normalità dei rendimenti con varianza costante. Usando stimatori robusti con riferimento a violazioni di queste assunzioni, egli ha trovato scarsa evidenza dell'effetto week-end, soprattutto dopo il 1975.

Le tabelle 2.3 raccolgono le principali statistiche relative alle distribuzioni dei quattro tipi di rendimento di ciascun giorno della settimana per i tre strumenti oggetto di analisi.

La tabella 2.3a relativa al Vstoxx mostra chiaramente valori della statistica t superiori a 1.96 in valore assoluto per quasi tutti i tipi di rendimento dei vari giorni settimanali; questo ci porta a rifiutare l'ipotesi nulla di media uguale a zero con un livello di confidenza del 95%. Tra di essi spicca il valore di 16.336 (evidenziato in arancione) relativo alla differenza positiva tra la chiusura del venerdì e l'apertura del lunedì pari in media a 3.360% (la più alta in valore assoluto), indicativo di un effetto

week-end catturato dalla formula del Vstoxx: la volatilità aumenta e “si accumula” nel fine settimana per l’impossibilità di negoziare contestualmente al rilascio di notizie o all’avvenimento di fatti. La variazione dal venerdì al lunedì è positiva nell’84.21% dei casi (la più alta percentuale registrata, sottolineata in tabella), per poi divenire negativa nel corso del lunedì nel 70.32% dei casi.

L’effetto week-end o altre anomalie settimanali di calendario non sembrano essere percepite realmente dagli investitori, dal momento che lo strumento tramite il quale possono negoziare la volatilità, il mini-futures sul Vstoxx, presenta medie significativamente non diverse da 0, fatta eccezione per tre tipi di rendimento del giovedì, i quali tuttavia non sono motivabili da alcuna spiegazione teorica e quindi probabilmente dovuti alla scelta del campione. Scelta del campione che, come già detto prima, inficia anche i risultati dei rendimenti *open-to-close* e *close-to-open* dell’Euro Stoxx 50: i primi sono significativamente negativi, i secondi significativamente positivi, ma entrambi sono significativamente uguale a zero se eliminiamo dal campione le osservazioni precedenti al 2009.

TABELLA 2.3a: Statistiche delle distribuzioni Vstoxx divise per giorni della settimana										
	MEDIA	DEV. ST.	MAX	MIN	%POS	%NEG	SKEWNESS	KURTOSIS	JB TEST	t TEST
<b>LUNEDI</b>										
Open-Close	-1.225%	4.259%	18.301%	-15.563%	29.68%	70.32%	0.725	3.180	245.260	-6.270
Close-Open	3.360%	4.483%	23.300%	-15.086%	<u>84.21%</u>	15.79%	0.419	3.358	240.705	16.336
Close-Close	2.135%	5.940%	31.786%	-24.913%	65.89%	34.11%	0.329	3.708	284.902	7.832
Open-Open	2.482%	6.181%	30.020%	-14.046%	67.37%	32.63%	0.727	2.036	125.887	8.752
<b>MARTEDI</b>										
Open-Close	-0.957%	4.544%	19.044%	-36.656%	31.89%	68.11%	-0.354	9.465	1844.007	-4.643
Close-Open	0.370%	4.254%	27.669%	-14.734%	47.12%	52.88%	1.264	5.037	650.837	1.916
Close-Close	0.587%	5.484%	21.360%	-35.410%	41.15%	58.85%	0.266	4.660	451.525	-2.361
Open-Open	-0.861%	5.748%	26.173%	-29.479%	37.04%	62.96%	0.713	4.524	461.603	-3.303
<b>MERCOLEDI</b>										
Open-Close	-0.543%	4.554%	23.890%	-13.338%	35.66%	64.34%	1.017	3.631	356.731	-2.636
Close-Open	0.325%	4.460%	31.613%	-15.223%	47.95%	52.05%	1.818	8.871	1888.269	-1.612
Close-Close	-0.218%	5.624%	31.308%	-18.878%	43.03%	56.97%	0.875	3.439	306.898	-0.856
Open-Open	-0.690%	5.167%	21.296%	-17.419%	40.98%	59.02%	0.519	1.313	58.052	-2.949
<b>GIOVEDI</b>										
Open-Close	-0.669%	5.200%	26.150%	-23.517%	33.81%	66.19%	0.796	3.627	323.337	-2.841
Close-Open	0.102%	4.809%	27.153%	-19.667%	43.03%	56.97%	1.175	5.359	704.357	0.468
Close-Close	-0.567%	6.074%	29.715%	-21.920%	39.96%	60.04%	0.832	3.183	265.955	-2.062
Open-Open	-0.394%	5.755%	24.946%	-20.720%	42.62%	57.38%	0.390	1.417	54.356	-1.513
<b>VENERDI</b>										
Open-Close	-0.916%	5.310%	25.891%	-19.435%	35.21%	64.79%	0.782	2.781	206.630	-0.378
Close-Open	0.161%	4.498%	29.899%	-13.458%	42.50%	57.50%	1.617	6.831	1154.923	0.782
Close-Close	-0.755%	6.289%	32.768%	-21.784%	40.83%	59.17%	0.985	3.826	375.180	-2.633
Open-Open	-0.508%	6.255%	33.819%	-20.633%	41.25%	58.75%	1.081	4.305	469.959	-1.780

<b>TABELLA 2.3b: Statistiche delle distribuzioni mini-futures divise per giorni della settimana</b>										
	<b>MEDIA</b>	<b>DEV. ST.</b>	<b>MAX</b>	<b>MIN</b>	<b>%POS</b>	<b>%NEG</b>	<b>SKEWNESS</b>	<b>KURTOSIS</b>	<b>JB TEST</b>	<b>t TEST</b>
<b>LUNEDì</b>										
Open-Close	0.101%	3.357%	16.473%	-7.968%	42.92%	57.08%	1.377	4.449	272.290	-0.459
Close-Open	0.064%	2.727%	13.297%	-14.193%	51.93%	48.07%	-0.020	6.337	399.839	0.356
Close-Close	-0.051%	4.098%	15.968%	-16.238%	45.19%	54.81%	0.524	2.605	81.123	-0.191
Open-Open	-0.055%	4.524%	21.947%	-12.063%	44.64%	55.36%	1.004	3.430	157.537	-0.185
<b>MARTEDì</b>										
Open-Close	-0.254%	3.560%	13.607%	-10.536%	46.22%	53.78%	0.684	1.841	53.905	-1.100
Close-Open	-0.169%	2.149%	12.075%	-7.696%	46.22%	53.78%	0.936	5.561	349.899	-1.212
Close-Close	-0.412%	4.492%	17.606%	-10.489%	42.92%	57.08%	0.966	2.347	94.974	-1.422
Open-Open	-0.300%	3.846%	15.415%	-8.368%	40.77%	59.23%	1.348	3.337	183.183	-1.192
<b>MERCOLEDì</b>										
Open-Close	0.071%	3.387%	12.555%	-10.507%	48.97%	51.03%	0.625	1.563	41.994	0.326
Close-Open	-0.226%	2.250%	5.535%	-1.714%	52.26%	47.74%	-1.892	12.530	1769.301	-1.565
Close-Close	-0.170%	4.169%	15.717%	-19.776%	48.98%	51.02%	-0.232	2.791	84.506	-0.638
Open-Open	-0.405%	3.811%	11.583%	-13.075%	43.15%	56.85%	0.243	1.493	25.930	-1.649
<b>GIOVEDì</b>										
Open-Close	-0.150%	3.453%	12.389%	-10.536%	49.18%	50.82%	0.140	1.156	15.210	-0.680
Close-Open	0.932%	4.963%	20.591%	-16.260%	50.82%	49.18%	1.043	3.260	156.227	2.933
Close-Close	0.771%	5.916%	22.708%	-17.381%	52.44%	47.56%	0.698	1.603	47.793	2.045
Open-Open	0.936%	5.254%	18.403%	-19.237%	55.79%	44.21%	0.441	1.255	24.741	2.772
<b>VENERDì</b>										
Open-Close	-0.087%	3.970%	14.328%	-12.030%	47.50%	52.50%	0.547	1.141	25.964	-0.341
Close-Open	-0.110%	2.042%	10.312%	-6.856%	47.08%	52.92%	0.755	3.391	141.736	-0.835
Close-Close	-0.202%	4.504%	21.222%	-13.842%	47.72%	52.28%	1.013	3.559	172.883	-0.696
Open-Open	-0.269%	4.312%	18.962%	-13.785%	47.48%	52.52%	0.484	2.323	65.025	-0.963

<b>TABELLA 2.3c: Statistiche delle distribuzioni Euro Stoxx 50 divise per giorni della settimana</b>										
	<b>MEDIA</b>	<b>DEV. ST.</b>	<b>MAX</b>	<b>MIN</b>	<b>%POS</b>	<b>%NEG</b>	<b>SKEWNESS</b>	<b>KURTOSIS</b>	<b>JB TEST</b>	<b>t TEST</b>
<b>LUNEDì</b>										
Open-Close	-0.200%	1.497%	9.600%	-7.424%	35.03%	64.97%	0.980	11.485	2692.629	-2.902
Close-Open	0.193%	0.667%	3.526%	-1.733%	57.96%	42.04%	0.966	3.300	290.959	6.297
Close-Close	-0.007%	1.695%	10.438%	-8.190%	50.74%	49.26%	0.719	10.180	2097.060	-0.086
Open-Open	-0.062%	1.372%	7.086%	-7.059%	48.62%	51.38%	-0.190	4.039	327.736	-0.976
<b>MARTEDì</b>										
Open-Close	-0.079%	1.190%	5.722%	-4.793%	39.03%	60.97%	0.422	3.021	197.473	-1.453
Close-Open	0.123%	0.670%	2.609%	-2.370%	58.23%	41.77%	0.476	2.335	127.796	4.018
Close-Close	0.044%	1.351%	5.876%	-5.569%	51.48%	48.52%	-0.008	2.619	137.931	0.711
Open-Open	-0.076%	1.551%	10.232%	-7.769%	48.73%	51.27%	0.512	9.092	1671.890	-1.066
<b>MERCOLEDì</b>										
Open-Close	-0.221%	1.281%	4.945%	-7.161%	38.43%	61.57%	-0.700	5.310	615.770	-3.798
Close-Open	0.211%	0.711%	5.771%	-2.820%	59.30%	40.70%	1.280	7.037	1143.365	6.538
Close-Close	-0.010%	1.384%	5.456%	-6.701%	53.72%	46.28%	-0.627	4.168	387.286	-0.154
Open-Open	0.135%	1.258%	5.760%	-4.287%	55.58%	44.42%	0.050	1.913	75.611	2.370
<b>GIOVEDì</b>										
Open-Close	-0.216%	1.274%	5.543%	-5.311%	36.08%	63.92%	0.143	3.165	207.439	-3.737
Close-Open	0.208%	0.765%	3.306%	-2.017%	60.21%	39.79%	1.084	2.674	242.510	6.011
Close-Close	-0.008%	1.429%	6.258%	-6.422%	51.34%	48.66%	-0.263	3.399	242.824	-0.121
Open-Open	-0.018%	1.361%	5.482%	-7.446%	50.52%	49.48%	-0.747	4.142	396.951	-0.286
<b>VENERDì</b>										
Open-Close	-0.268%	1.258%	7.146%	-7.897%	36.34%	63.66%	0.071	6.157	761.604	-4.648
Close-Open	0.219%	0.740%	4.591%	-2.273%	62.61%	37.39%	1.411	5.756	8170.614	6.446
Close-Close	-0.049%	1.406%	8.085%	-8.208%	52.31%	47.69%	-0.200	5.699	655.679	-0.765
Open-Open	-0.013%	1.347%	5.942%	-6.073%	52.31%	47.69%	-0.017	2.991	182.808	-0.208

Tali risultati sono confermati dalle regressioni dei rendimenti *close-to-close* dei tre strumenti su 5 variabili, una per ciascun giorno della settimana<sup>16</sup>:

$$y_t = \alpha + \gamma_1 dmar_t + \gamma_2 dmer_t + \gamma_3 dgio_t + \gamma_4 dven_t + \epsilon_t$$

Dove:

- $y_t$  è il rendimento del Vstoxx o del mini-futures o dell'Euro Stoxx 50 al tempo  $t$ ;
- $\alpha$  è l'intercetta destinata a cogliere l'effetto weekend (misura la significatività della variazione tra il lunedì e il venerdì);
- $dmar, \dots, dven$  sono le 4 variabili dummies relative ai 4 giorni settimanali rimanenti;
- $\gamma_{1,\dots,4}$  sono i coefficienti delle 4 variabili dummies;
- $\epsilon_t$  è un elemento di disturbo (o errore), contenente tutto ciò che non è spiegato dai regressori.

I risultati della regressione sono mostrati nella tabella 2.4<sup>17</sup>

TABELLA 2.4: Regressione dei rendimenti sulle dummies settimanali									
	VSTOXX			MINI-FUTURES			EURO STOXX 50		
	Stima	t-value	p-value	Stima	t-value	p-value	Stima	t-value	p-value
$\alpha$	0.02233	7.950	<2.94e <sup>-15</sup> ***	-0.00004	-0.012	0.99030	-0.00008	-0.115	0.90900
dmar	-0.00354	-0.779	0.43619	-0.00239	-0.454	0.64960	0.00058	0.540	0.58900
dmer	-0.00191	-0.690	0.49002	-0.00126	-0.375	0.70780	-0.00010	-0.146	0.88400
dgio	-0.00719	-2.594	0.00955 **	0.00611	1.831	0.06740	-0.00014	-0.208	0.83500
dven	-0.00768	-2.746	0.00609 **	-0.00299	-0.887	0.37510	-0.00042	-0.629	0.52900
Adjusted R-squared	0.03259			-0.0004845			-0.001806		
f-test	15.9			0.9014			0.1275		
p-value f-test	<2.026e <sup>-15</sup>			0.4794			0.9862		

Le uniche dummies significative sono presenti nella regressione del Vstoxx, tra le quali spicca la significatività della dummy del lunedì. L'*adjusted R-squared* negativo, il basso valore dell'*f-test* e il suo elevato *p-value* per le ultime due

<sup>16</sup> La mancanza di una specifica variabile dummy per il lunedì serve a eliminare la collinearità delle dummies.

<sup>17</sup> 3 asterischi indicano un *p-value* prossimo allo 0%; 2 asterischi indicano un *p-value* inferiore all'1%; 1 asterisco indica un *p-value* inferiore al 5% (il livello di significatività considerato in questo lavoro); il punto indica un *p-value* inferiore al 10%. Quindi più vi sono asterischi, e più la variabile di regressione è significativa, poiché siamo indotti a rifiutare l'ipotesi nulla di valore=0.

regressioni suggeriscono che i due modelli sono da scartare per la totale inutilità delle dummies ad un livello di confidenza del 95%.

Ricordiamo che l'*adjusted R-squared* è un indicatore della bontà del modello dato da:

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{RSS/(N - p - 1)}{TSS/(N - 1)}$$

Dove:

- $RSS$  (*Residual Sum of Squares*) =  $\sum_i \epsilon_1^2$  è la sommatoria dei residui quadratici del modello (rappresenta la varianza residua non spiegata dal modello);
- $TSS$  (*Total Sum of Squares*) =  $\sum_i (y_i - \bar{y})^2$  è la varianza complessiva del fenomeno oggetto di studio;
- $N$  è la dimensione del campione;
- $p$  è il numero delle variabili di regressione più l'intercetta.

Maggiore è l' $\bar{R}^2$ , migliore è la bontà di adattamento del modello.

L'*f-test* serve a verificare se il modello, considerato nella sua totalità, è da scartare oppure no:

$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \dots = 0$  tutti i regressori (ad eccezione dell'intercetta) complessivamente considerati non sono significativi e quindi il modello è da scartare.

$H_1: \beta_0 \neq \beta_1 \neq \dots \neq 0$  il modello è buono.

La statistica test è:

$$F = \frac{R^2/p}{(1 - R^2)/(N - p - 1)} \sim F_{N-p-1}$$

Dove:

- $R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS}$  è l'indice R-quadro;
- $N$  è la dimensione del campione;
- $p$  è il numero dei regressori più l'intercetta;
- $F_{N-p-1}$  è la distribuzione di Fisher con  $N-p-1$  gradi di libertà seguita dalla statistica  $F$  sotto l'ipotesi nulla.

Un elevato valore della statistica  $F$  associato a un  $p$ -value inferiore a  $1 - \alpha$  suggerisce di rifiutare l'ipotesi nulla e concludere il modello non è da scartare.

Una regressione simile è stata effettuata anche con riferimento a 4 principali festività (Capodanno, Pasqua, 1° maggio e Natale) per cercare di cogliere un effetto simile a quello week-end, che si manifesta quando la borsa è chiusa e la volatilità “si accumula”:

$$y_t = \vartheta_1 dcap_t + \vartheta_2 dpasq_t + \vartheta_3 d1mag_t + \vartheta_4 dnat_t + \epsilon_t$$

Dove:

- $y_t$  è il rendimento del Vstoxx o del mini-futures o dell'Euro Stoxx 50 al tempo  $t$ ;
- $dcap, \dots, dnat$  sono le 4 variabili dummies relative alle 4 festività, le quali assumono valore 1 il primo giorno feriale immediatamente successivo ai giorni di festività (2 gennaio per Capodanno, il martedì dopo il Lunedì dell'Angelo per Pasqua, il 2 maggio per la Festa dei Lavoratori e il 27 dicembre per Natale);
- $\vartheta_{1,\dots,4}$  sono i coefficienti delle 4 variabili dummies;
- $\epsilon_t$  è un elemento di disturbo (o errore), contenente tutto ciò che non è spiegato dai regressori.

I risultati della regressione sono mostrati nella tabella 2.5

TABELLA 2.5: Regressione dei rendimenti sulle dummies festive										
	VSTOXX			MINI-FUTURES			EURO STOXX 50			
	Stima	t-value	p-value	Stima	t-value	p-value	Stima	t-value	p-value	
dcap	0.00580	0.241	0.81000	-0.08435	-2.513	0.01210 *	0.00982	1.784	0.07450 .	
dpasq	0.02967	1.422	0.15500	0.00414	0.174	0.86160	0.00727	1.499	0.13410	
d1mag	-0.00317	-0.142	0.88700	-0.00139	-0.051	0.95950	0.0018	0.350	0.72660	
dnat	0.05609	2.154	0.01200 *	0.01137	0.479	0.63210	0.00279	0.508	0.61180	
Adjusted R-squared	0.001995			0.002524			0.0007468			
f-test	2.105			1.644			1.452			
p-value f-test	0.07769			0.161			0.2143			

Vi è una qualche significatività solamente per le dummies di Natale e Capodanno per il Vstoxx e il mini-futures sul Vstoxx.

Per concludere la quasi totalità delle distribuzioni diverge profondamente dalla gaussiana per asimmetria e elevata curtosi.

#### EFFETTO TURN-OF-THE-MONTH

L'effetto *turn-of-the-month* indica le variazioni anomale fortemente positive dei prezzi azionari nell'ultimo giorno lavorativo del mese e nei tre giorni successivi. Venne evidenziato per primo da Ariel (1987) per il mercato statunitense e lo argomentò sostenendo che gli investitori istituzionali, in particolare fondi pensione, concentrano gli acquisti a fine mese per i positivi riflessi che ciò comporta sulla stampa specializzata; infatti la performance pubblicata si basa generalmente sulle quotazioni di fine mese. Ogden (1990) attribuisce questo effetto alla maggior disponibilità liquida degli investitori connessa con il pagamento del salario che avviene a fine mese. Jacobs e Levy (1988) ritengono che gli investitori generalmente posticipano le loro decisioni fino all'inizio di un nuovo mese.

Le tabelle 2.6 riportano le statistiche relative ai quattro tipi di rendimento di ciascun giorno del mese per i tre strumenti oggetto di analisi.

Vi sono casi sporadici di medie significativamente diverse da zero, non riconducibili tuttavia all'effetto *turn-of-the-month*. Ciò è confermato dalla seguente regressione<sup>18</sup> e dai risultati riportati nella tabella 2.7:

$$y_t = \alpha + \delta_i di_t + \epsilon_t$$

Con  $i=1,\dots,30$

Dove:

- $y_t$  è il rendimento del Vstoxx o del mini-futures o dell'Euro Stoxx 50 al tempo  $t$ ;
- $\alpha$  è l'intercetta destinata a cogliere la variazione del primo giorno del mese;
- $di$  sono le 30 variabili dummies relative ai 30 giorni rimanenti del mese;
- $\delta_i$  sono i coefficienti delle 30 variabili dummies;
- $\epsilon_t$  è un elemento di disturbo (o errore), contenente tutto ciò che non è spiegato dai regressori.

---

<sup>18</sup> La mancanza di una specifica variabile dummy per il primo giorno del mese serve a eliminare la collinearità delle dummies.

TABELLA 2.6a: Statistiche delle distribuzioni VSTOXX divise per giorni del mese

	1				2				3				4				5				6			
	Open-Close	Close-Open	Close-Close	Open-Open																				
MEDIA	-1.184%	0.678%	-0.506%	0.199%	-1.107%	1.362%	0.255%	0.699%	-1.262%	0.922%	-0.340%	0.438%	0.130%	0.062%	0.192%	-0.707%	-1.060%	1.309%	0.249%	1.045%	-0.506%	1.012%	0.506%	-0.855%
DEV. ST.	5.104%	4.952%	5.969%	5.807%	3.785%	4.387%	5.167%	6.466%	4.113%	3.952%	5.508%	5.581%	5.934%	4.131%	6.645%	5.125%	4.312%	4.711%	5.745%	6.958%	5.131%	4.032%	6.401%	5.016%
MAX	13.114%	18.489%	20.142%	25.080%	8.092%	18.944%	14.641%	16.648%	10.772%	15.759%	26.530%	15.856%	21.620%	13.523%	23.118%	10.198%	14.698%	15.698%	16.056%	29.316%	15.958%	14.089%	21.540%	15.560%
MIN	-13.338%	-8.235%	-11.661%	-10.145%	-9.124%	-7.918%	-10.391%	-10.431%	-10.552%	-10.306%	-10.537%	-12.474%	-10.333%	-14.776%	-16.732%	-16.815%	-12.869%	-9.532%	-12.123%	-13.018%	-16.904%	-6.607%	-17.967%	-13.352%
%POS	35.82%	49.25%	49.25%	47.76%	30.77%	58.46%	44.62%	52.31%	29.63%	54.32%	39.51%	51.85%	32.10%	50.62%	44.44%	48.15%	35.00%	57.50%	56.25%	48.75%	39.24%	45.57%	53.16%	39.24%
%NEG	64.18%	50.75%	50.75%	52.24%	69.23%	41.54%	55.38%	47.69%	70.37%	45.68%	60.49%	48.15%	67.90%	49.38%	55.56%	51.85%	65.00%	42.50%	43.75%	51.25%	60.76%	54.43%	46.84%	60.76%
SKEWNESS	0.253	1.634	0.456	1.322	0.433	1.226	0.723	0.387	0.246	0.410	1.410	0.398	1.547	-0.291	0.626	-0.360	0.226	0.555	0.400	1.146	0.398	1.238	0.624	0.540
KURTOSIS	0.355	3.751	0.617	3.656	-0.105	3.093	0.386	-0.477	0.299	1.982	5.197	0.344	2.492	2.800	1.687	0.500	1.560	0.526	0.479	2.409	2.346	1.277	2.322	0.826
JB TEST	1.328	74.927	3.909	61.999	2.125	46.291	6.590	2.123	1.341	17.338	126.381	2.839	56.884	30.479	16.478	2.985	10.071	5.524	3.294	39.811	22.467	27.306	25.242	6.802
t TEST	-1.899	1.121	-0.694	0.280	-2.359	2.504	0.398	0.871	-2.762	2.100	-0.555	0.707	0.197	0.135	0.260	-1.241	-2.198	2.485	0.388	1.344	-0.876	2.230	0.703	-1.515
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
MEDIA	-1.275%	1.702%	0.427%	1.272%	-0.828%	0.652%	-0.176%	-0.338%	-1.037%	0.370%	-0.667%	-0.292%	-0.925%	1.318%	0.393%	0.272%	-0.854%	0.709%	-0.144%	-0.425%	-1.425%	1.732%	0.348%	0.780%
DEV. ST.	5.374%	4.952%	5.641%	6.941%	5.777%	3.879%	6.610%	4.782%	4.381%	5.139%	6.043%	5.283%	4.669%	6.183%	7.066%	6.209%	4.244%	4.155%	5.075%	5.117%	3.706%	4.694%	4.931%	6.199%
MAX	16.662%	25.134%	29.806%	24.946%	14.962%	13.513%	17.941%	19.063%	19.081%	31.613%	31.308%	18.776%	14.425%	29.899%	32.768%	26.530%	10.223%	16.383%	15.838%	17.100%	9.564%	17.323%	11.874%	28.368%
MIN	-23.517%	-5.627%	-10.523%	-19.947%	-36.656%	-8.588%	-35.410%	-19.300%	-13.264%	-6.602%	-13.613%	-10.741%	-13.965%	-13.859%	-24.913%	-11.125%	-10.715%	-12.716%	-12.716%	-13.659%	-13.388%	-6.805%	-11.824%	-9.037%
%POS	34.15%	58.54%	50.00%	51.22%	27.16%	55.56%	51.85%	49.38%	23.75%	46.25%	33.75%	38.75%	34.62%	57.69%	43.59%	44.87%	29.63%	51.85%	45.68%	41.98%	33.33%	62.96%	56.79%	51.85%
%NEG	65.85%	41.46%	50.00%	48.78%	72.84%	44.44%	48.15%	50.62%	76.25%	53.75%	66.25%	61.25%	65.38%	42.31%	56.41%	55.13%	70.37%	48.15%	54.32%	58.02%	66.67%	37.04%	43.21%	48.15%
SKEWNESS	-0.179	1.860	1.731	0.829	-2.354	0.450	-1.514	-0.734	1.021	3.237	2.152	0.891	0.148	1.721	0.763	1.368	0.603	0.948	0.497	0.246	-0.388	1.048	-0.028	1.809
KURTOSIS	3.967	5.251	7.359	2.335	16.894	0.745	8.687	2.098	5.086	16.049	9.048	1.306	1.607	6.856	6.054	3.355	0.214	2.407	1.060	0.845	1.128	1.300	0.164	6.072
JB TEST	59.001	150.793	240.656	30.550	1098.755	5.219	304.354	24.275	107.787	1056.408	355.816	17.668	9.995	204.468	136.463	65.608	5.382	25.308	8.020	3.842	7.225	22.075	0.211	179.855
t TEST	-2.149	3.112	0.685	1.659	-1.290	1.512	-0.240	-0.635	-2.116	0.644	-0.987	-0.493	-1.749	1.882	0.492	0.387	-1.810	1.537	-0.256	-0.748	-3.461	3.400	0.635	1.132
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
MEDIA	-1.266%	0.539%	-0.724%	-0.600%	-1.057%	0.277%	-0.779%	-1.117%	0.018%	0.676%	-0.694%	-0.561%	-0.848%	0.721%	-0.127%	0.653%	-1.128%	0.690%	-0.439%	-0.236%	-2.357%	0.836%	-1.521%	0.413%
DEV. ST.	3.880%	4.823%	4.717%	5.693%	4.811%	5.048%	6.563%	5.667%	5.279%	4.342%	6.415%	5.126%	4.814%	4.321%	6.302%	6.036%	4.993%	4.493%	6.678%	5.912%	5.353%	5.670%	7.198%	6.309%
MAX	10.122%	19.427%	8.883%	16.045%	25.891%	20.601%	29.688%	14.255%	18.766%	17.294%	20.697%	14.194%	17.487%	18.033%	29.045%	20.755%	11.856%	12.716%	17.518%	25.912%	26.150%	27.153%	29.715%	22.430%
MIN	-11.818%	-10.702%	-18.948%	-20.720%	-8.707%	-11.187%	-11.536%	-11.943%	-10.551%	-9.009%	-10.562%	-14.046%	-9.826%	-7.599%	-14.153%	-8.922%	-14.916%	-13.458%	-21.784%	-11.161%	-19.435%	-15.086%	-17.848%	-16.069%
%POS	29.63%	45.68%	43.21%	38.27%	27.50%	42.50%	37.50%	37.50%	34.57%	54.32%	49.38%	41.98%	30.49%	50.00%	43.90%	45.12%	32.50%	50.00%	42.50%	43.75%	15.19%	49.37%	30.38%	49.37%
%NEG	70.37%	54.32%	56.79%	61.73%	72.50%	57.50%	62.50%	62.50%	65.43%	45.68%	50.62%	58.02%	69.51%	50.00%	56.10%	54.88%	67.50%	50.00%	57.50%	56.25%	84.81%	50.63%	69.62%	50.63%
SKEWNESS	0.286	1.456	-0.451	0.202	2.633	0.868	1.446	0.144	1.070	1.002	0.748	0.359	1.515	1.028	1.248	0.991	0.373	0.259	0.120	1.210	1.934	1.481	1.430	0.713
KURTOSIS	0.560	3.424	1.398	1.819	11.762	2.649	4.509	1.048	1.882	2.056	0.803	0.618	3.791	2.078	4.365	0.958	0.849	0.901	0.925	3.225	10.417	6.102	4.446	1.486
JB TEST	2.566	73.095	10.527	13.276	587.121	36.431	102.601	4.705	29.602	30.153	10.572	3.503	86.104	31.588	92.727	17.744	4.912	4.268	3.702	58.441	432.501	162.183	98.765	15.390
t TEST	-2.929	1.005	-1.381	-0.949	-1.965	0.492	-1.062	-1.763	0.030	1.402	0.974	-0.984	-1.595	1.512	-0.182	0.980	-2.021	1.373	-0.588	0.352	-3.914	1.311	-1.878	0.582
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
MEDIA	-1.400%	0.166%	-1.235%	-1.726%	-0.849%	1.001%	0.153%	-0.413%	-0.729%	0.674%	-0.055%	-0.843%	-1.176%	1.168%	0.008%	0.054%	0.381%	1.443%	0.182%	0.408%	-1.463%	0.313%	-1.149%	0.495%
DEV. ST.	4.412%	4.806%	5.976%	6.928%	5.395%	4.093%	6.181%	5.183%	5.189%	4.701%	6.833%	6.515%	4.560%	5.270%	5.792%	7.403%	4.809%	4.435%	5.845%	6.410%	4.888%	4.355%	5.680%	5.166%
MAX	14.002%	14.864%	18.427%	33.819%	16.554%	10.630%	15.095%	11.236%	17.309%	14.477%	31.786%	19.349%	11.538%	23.300%	22.024%	24.924%	23.890%	17.377%	17.480%	30.020%	18.385%	13.329%	17.844%	14.567%
MIN	-11.944%	-15.223%	-18.878%	-16.006%	-14.745%	-9.161%	-19.807%	-13.309%	-13.736%	-14.734%	-14.882%	-29.479%	-15.563%	-9.139%	-14.010%	-20.633%	-9.602%	-7.064%	-7.169%	-17.419%	-13.260%	-10.586%	-15.227%	-9.681%
%POS	23.46%	50.62%	37.04%	25.93%	35.37%	57.32%	46.34%	42.68%	41.25%	52.50%	46.25%	41.25%	35.44%	53.16%	44.30%	44.30%	47.56%	59.76%	52.44%	52.44%	30.14%	45.21%	35.62%	49.32%
%NEG	76.54%	49.38%	62.96%	74.07%	64.63%	42.68%	53.66%	57.32%	58.75%	47.50%	53.75%	58.75%	64.56%	46.84%	55.70%	55.70%	52.44%	40.24%	47.56%	47.56%	69.86%	54.79%	64.38%	50.68%
SKEWNESS	0.731	0.062	0.406	1.721	0.740	0.214	0.055	0.089	0.568	0.310	1.175	-0.404	0.135	1.383	0.843	0.349	1.621	1.067	0.826	1.423	0.854	0.798	0.554	0.327
KURTOSIS	2.161	1.323	1.648	7.089	1.514	-0.097	0.674	-0.139	1.780	1.383	4.485	4.079	0.950	3.876	1.993	1.245	5.596	1.543	-0.023	5.479	2.904	1.267	1.519	-0.175
JB TEST	25.200	7.166	12.826	223.472	16.791	0.654	2.046	0.128	16.527	8.772	91.972	62.747	3.888	80.240	24.541	7.705	152.543	25.513	9.678	139.329	37.893	13.931	12.128	1.385
t TEST	-2.856	0.310	-1.859	-2.243	-1.424	2.215	0.224	-0.721	-1.256	1.282	-0.072	-1.158	-2.291	1.970	-0.012	0.065	0.718	2.947	2.827	0.577	-2.557	0.615	-1.729	0.819
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31																								
MEDIA	-0.260%	0.484%	0.224%	-1.311%	-1.196%	0.983%	-0.213%	0.492%	-1.634%	1.973%	0.339%	0.867%	-0.361%	1.264%	0.903%	0.205%	-0.398%	0.352%	0.013%	-0.117%	0.161%	0.619%	0.780%	-0.108%
DEV. ST.	4.001%	4.071%	4.485%	5.312%	5.174%	4.444%	6.281%	5.628%	5.522%	6.353%	6.320%	7.729%	4.079%	5.111%	4.834%	6.128%	4.073%	3.901%	5.260%	4.423%	4.155%	4.475%	5.499%	6.155%
MAX	14.250%	14.262%	11.910%	12.369%	19.726%	18.316%	24.810%	16.426%	19.044%	27.669%	21.360%	26.686%	17.974%	27.404%	23.066%	21.296%	15.171%	10.062%	15.216%	12.609%	13.809%	15.348%	13.939%	16.021%
MIN	-8.291%	-14.480%	-7.844%	-13.322%	-15.252%	-8.301%	-12.161%	-12.141%	-17.883%	-19.667%	-21.920%	-19.389%	-9.362%	-8.040%	-9.958%	-18.645%	-8.415%	-9.9						

TABELLA 2.6b: Statistiche delle distribuzioni mini-futures divise per giorni del mese

	1				2				3				4				5				6							
	Open-Close	Close-Open	Close-Close	Open-Open																								
MEDIA	-0.252%	-0.241%	-0.493%	-0.133%	-0.210%	-0.563%	-0.773%	-1.068%	-0.376%	0.139%	-0.237%	-0.075%	1.455%	-0.305%	1.151%	0.097%	0.156%	-0.031%	0.099%	0.979%	-0.591%	0.010%	-0.581%	-0.875%				
DEV. ST.	3.543%	2.185%	4.387%	3.970%	2.445%	1.706%	3.185%	3.814%	3.411%	2.678%	4.232%	4.204%	5.040%	1.987%	5.298%	3.079%	3.250%	1.857%	4.288%	5.789%	3.581%	1.529%	4.187%	3.911%				
MAX	9.896%	5.414%	15.310%	14.289%	4.678%	2.765%	7.246%	6.412%	6.892%	10.389%	13.424%	10.615%	15.670%	3.027%	15.968%	6.899%	9.051%	6.575%	13.171%	18.962%	8.113%	3.857%	9.327%	10.246%				
MIN	-5.655%	-5.059%	-8.668%	-6.684%	-6.566%	-4.103%	-6.566%	-7.168%	-10.185%	-8.159%	-9.625%	-9.292%	-5.990%	-7.411%	-9.807%	-8.445%	-6.004%	-3.912%	-8.369%	-8.368%	-9.587%	-2.444%	-9.587%	-11.221%				
%POS	51.43%	42.86%	42.86%	52.94%	40.63%	34.38%	37.50%	40.63%	48.78%	53.66%	39.02%	51.22%	60.98%	53.66%	56.10%	46.34%	51.28%	46.15%	52.50%	46.15%	46.15%	48.72%	48.72%	42.11%				
%NEG	48.57%	57.14%	57.14%	47.06%	59.38%	65.63%	62.50%	59.38%	51.22%	46.34%	60.98%	48.78%	39.02%	46.34%	43.90%	53.66%	48.72%	53.85%	47.50%	53.85%	53.85%	51.28%	51.28%	57.89%				
SKEWNESS	0.548	0.593	1.275	1.110	-0.089	0.133	0.412	0.284	0.284	-0.249	0.900	0.702	0.031	0.984	-1.276	0.528	0.081	0.353	1.213	0.696	1.260	-0.020	0.630	-0.075				
KURTOSIS	0.003	0.512	2.734	2.965	0.124	-0.620	-0.194	-0.935	0.264	5.456	1.052	-0.038	0.554	2.359	0.470	0.251	0.313	2.726	1.387	1.474	0.264	-0.416	-0.368	0.864				
JB TEST	1.957	2.996	21.161	23.373	0.190	0.391	0.996	1.324	0.772	65.108	6.326	0.029	8.049	23.796	2.764	0.343	1.264	25.269	7.824	15.929	0.315	2.914	0.113	1.871				
t TEST	-0.422	-0.651	-0.665	-0.196	-0.486	-1.868	-1.373	-1.584	-0.705	0.332	-0.358	-0.114	1.849	-0.983	1.391	0.201	0.300	-0.104	0.147	1.056	-1.031	0.043	-0.866	-1.380				
	7				8				9				10				11				12							
MEDIA	-0.095%	0.510%	0.415%	0.790%	0.229%	-0.218%	0.001%	-0.069%	-0.023%	-0.816%	-0.838%	-0.541%	-0.227%	-0.383%	-0.610%	-0.189%	-0.307%	-0.333%	-0.585%	-0.898%	-0.652%	0.843%	0.218%	0.852%				
DEV. ST.	4.015%	2.208%	4.731%	5.357%	3.866%	1.950%	3.782%	3.545%	2.827%	1.893%	3.679%	3.766%	3.898%	3.226%	5.111%	3.219%	3.326%	1.949%	3.817%	4.740%	2.830%	2.880%	4.012%	5.432%				
MAX	14.328%	7.264%	21.035%	19.799%	16.479%	3.133%	13.016%	6.204%	8.650%	3.308%	10.499%	13.573%	12.555%	4.722%	9.554%	8.195%	8.142%	3.911%	10.399%	10.920%	4.477%	13.297%	11.016%	21.947%				
MIN	-7.551%	-4.013%	-6.606%	-10.619%	-7.128%	-3.526%	-8.349%	-7.587%	-4.734%	-5.199%	-7.470%	-5.417%	-8.279%	-14.193%	-16.238%	-6.333%	-6.682%	-5.506%	-7.257%	-13.785%	-7.271%	-3.597%	-10.596%	-6.750%				
%POS	50.00%	57.14%	54.76%	52.38%	50.00%	52.50%	50.00%	52.50%	42.11%	36.84%	40.00%	35.14%	40.00%	62.50%	50.00%	44.74%	45.00%	45.00%	38.10%	32.50%	50.00%	52.50%	51.22%	46.15%				
%NEG	50.00%	42.86%	45.24%	47.62%	50.00%	47.50%	50.00%	47.50%	57.89%	63.16%	60.00%	64.86%	60.00%	37.50%	50.00%	55.26%	55.00%	55.00%	61.90%	67.50%	50.00%	47.50%	48.78%	53.85%				
SKEWNESS	1.062	1.028	1.795	1.046	1.777	0.005	0.833	-0.329	0.850	-0.146	0.644	1.532	0.827	-1.953	-0.523	0.710	0.368	-0.488	0.567	0.302	-0.466	2.311	-0.032	1.856				
KURTOSIS	2.085	1.524	6.266	2.692	5.794	-1.120	1.655	-0.860	0.806	-0.170	0.662	3.271	1.723	6.378	0.774	0.218	-0.068	0.274	0.601	0.973	-0.016	6.938	1.047	4.400				
JB TEST	18.046	13.305	103.363	23.698	87.835	1.742	11.442	1.716	6.591	0.148	4.196	35.961	11.375	105.989	3.540	3.700	0.984	2.045	3.481	2.975	1.592	131.032	2.686	61.565				
t TEST	-0.153	1.497	0.569	0.956	0.374	-0.707	0.001	-0.123	-0.050	-2.656	-1.440	-0.874	-0.368	-0.751	-0.755	-0.362	-0.584	-1.082	-0.993	-1.199	-1.458	1.852	0.348	0.980				
	13				14				15				16				17				18							
MEDIA	-0.190%	-0.793%	-0.983%	-1.173%	-0.679%	0.028%	-0.650%	-0.758%	0.960%	0.056%	1.016%	-0.614%	-0.400%	0.769%	0.369%	1.598%	-0.882%	-0.268%	-1.258%	-0.700%	-0.893%	-0.104%	-0.997%	0.091%				
DEV. ST.	3.225%	2.063%	3.490%	4.113%	3.515%	2.575%	5.271%	3.892%	4.625%	2.423%	5.076%	4.150%	3.309%	3.382%	5.062%	4.697%	4.447%	3.690%	5.686%	4.196%	3.552%	5.314%	5.631%	6.370%				
MAX	7.250%	4.790%	6.750%	12.057%	10.910%	10.312%	21.222%	9.358%	13.607%	5.074%	16.413%	9.249%	8.034%	12.775%	14.509%	11.498%	8.986%	8.597%	10.334%	9.085%	10.217%	13.859%	13.438%	14.926%				
MIN	-9.424%	-4.829%	-10.489%	-11.638%	-6.244%	-4.047%	-7.788%	-9.896%	-6.432%	-8.565%	-7.687%	-12.063%	-7.190%	-4.757%	-6.698%	-6.318%	-12.030%	-13.865%	-17.381%	-8.701%	-5.905%	-14.318%	-11.881%	-19.237%				
%POS	53.66%	36.59%	51.22%	40.00%	28.57%	42.86%	35.71%	42.86%	59.52%	59.52%	54.76%	45.24%	43.90%	56.10%	53.66%	56.10%	42.50%	37.50%	34.15%	45.00%	29.27%	65.85%	46.34%	52.50%				
%NEG	46.34%	63.41%	48.78%	60.00%	71.43%	57.14%	64.29%	57.14%	40.48%	40.48%	45.24%	54.76%	56.10%	43.90%	46.34%	43.90%	57.50%	62.50%	65.85%	55.00%	70.73%	34.15%	53.66%	47.50%				
SKEWNESS	-0.249	0.378	-0.120	0.493	1.148	1.459	1.759	0.390	0.904	-0.905	0.826	-0.119	0.202	1.739	0.742	0.585	-0.013	-0.528	-0.264	0.126	1.345	-0.122	0.292	-0.204				
KURTOSIS	0.842	0.413	0.143	1.760	1.350	3.940	4.951	0.520	0.587	0.793	1.239	0.260	-0.246	3.697	0.140	-0.344	0.018	3.368	0.581	-0.590	1.797	1.043	0.060	0.834				
JB TEST	2.292	1.635	0.263	8.462	14.208	48.120	73.247	1.985	7.171	7.852	8.808	0.415	0.319	50.071	4.207	2.590	0.052	24.806	1.509	0.473	20.418	2.768	0.705	2.081				
t TEST	-0.378	-2.461	-1.804	-1.803	-1.251	0.071	-0.799	-1.263	1.345	0.151	1.298	-0.958	-0.774	1.455	0.466	2.178	-1.254	-0.460	-1.417	-0.558	-1.610	-0.125	-1.134	0.090				
	19				20				21				22				23				24							
MEDIA	-0.844%	1.061%	0.217%	0.195%	-0.844%	1.061%	0.217%	0.195%	-0.779%	0.736%	-0.043%	-0.199%	-0.417%	1.999%	1.462%	1.390%	1.471%	1.194%	2.665%	1.052%	-0.447%	-0.153%	-0.621%	1.190%				
DEV. ST.	4.269%	5.133%	7.222%	4.773%	4.269%	5.133%	7.222%	4.773%	3.611%	4.965%	6.140%	4.830%	2.994%	4.360%	5.211%	5.761%	3.185%	4.242%	5.783%	5.373%	3.294%	1.845%	2.830%	3.829%				
MAX	12.871%	13.983%	16.223%	10.087%	12.871%	13.983%	16.223%	10.087%	7.539%	18.610%	19.081%	14.319%	6.775%	15.082%	17.811%	18.403%	9.937%	16.267%	18.013%	14.562%	11.464%	4.816%	9.506%	11.488%				
MIN	-9.266%	-17.144%	-19.776%	-11.286%	-9.266%	-17.144%	-19.776%	-11.286%	-10.536%	-7.444%	-12.420%	-6.938%	-6.454%	-2.853%	-7.191%	-11.676%	-5.407%	-5.557%	-9.194%	-5.855%	-5.178%	-4.500%	-4.493%	-7.969%				
%POS	41.46%	56.10%	51.22%	36.59%	41.46%	56.10%	51.22%	36.59%	43.90%	46.34%	41.46%	37.50%	41.03%	61.54%	57.50%	56.41%	68.29%	51.22%	63.41%	45.00%	35.14%	48.65%	37.84%	70.27%				
%NEG	58.54%	43.90%	48.78%	63.41%	58.54%	43.90%	48.78%	63.41%	56.10%	53.66%	58.54%	62.50%	58.97%	38.46%	42.50%	43.90%	31.71%	48.78%	36.59%	55.00%	64.86%	51.35%	62.16%	29.73%				
SKEWNESS	0.934	-0.104	0.211	0.426	0.934	-0.104	0.211	0.426	-0.198	1.829	0.914	0.998	0.378	1.443	1.272	0.600	0.313	2.210	0.764	1.290	1.367	0.482	1.390	0.157				
KURTOSIS	1.822	3.337	0.520	-0.246	1.822	3.337	0.520	-0.246	0.549	3.565	1.663	0.420	-0.030	1.580	1.853	0.753	0.358	5.208	0.486	0.710	2.650	1.258	2.519	1.151				
JB TEST	13.714	22.942	1.159	1.355	13.714	22.942	1.159	1.355	1.195	50.560	12.311	7.758	1.030	20.028	19.018	4.005	1.197	89.979	5.045	13.327	26.094	5.015	25.286	3.119				
t TEST	-1.266	1.323	0.192	0.262	-1.266	1.323	0.192	0.262	-1.382	0.950	-0.045	-0.260	-0.870	2.864	1.774	1.507	2.958	1.802	2.950	1.238	-0.865	-0.503	-1.335	1.891				
	25				26				27				28				29				30				31			
MEDIA	-0.135%	0.084%	-0.069%	-1.055%	0.043%	-0.206%	-0.162%	-0.383%	-0.453%	-0.253%	-0.706%	-0.196%	0.558%	-0.462%	0.097%	-0.644%	0.310%	-0.618%	-0.308%	-0.066%	0.392%	-0.013%	0.378%	0.235%				
DEV. ST.	2.467%	2.142%	2.673%	3.265%	2.459%	2.740%	4.294%	3.738%	3.912%	1.920%	4.822%	3.430%	2.819%	1.512%	2.743%	4.033%	3.020%	2.101%	3.429%	2.242%	2.887%	1.334%	3.247%	3.498%				
MAX	4.757%	7.985%	5.129%	10.498%	5.531%	12.075%	17.606%	10.483%	10.697%	3.279%	11.507%	9.868%	10.648%	2.547%	7.333%	9.348%	9.476%	3.899%	9.473%	4.816%	5.897%	3.687%	6.406%	10.028%				
MIN	-5.777%	-4.021%	-4.960%	-7.101%	-5.203%	-7.299%	-10.213%	-13.075%	-10.536%	-6.096%	-16.474%	-7.626%	-3.355%	-3.315%	-5.116%	-13.504%	-4.843%	-7.514%	-8.765%	-5.171%	-7.146%	-3.244%	-8.431%	-7.027%				
%POS	47.37%	44.74%	38.46%	36.84%	51.35%	35.14%	45.95%	47.22%	50.00%	47.22%	50.00%	52.78%	53.66%	41.46%	48.78%	41.46%	48.65%	48.65%	48.65%	59.46%	48.65%	56.76%	48.65%</					

TABELLA 2.6c: Statistiche delle distribuzioni Euro Stoxx 50 divise per giorni del mese

	1				2				3				4				5				6							
	Open-Close	Close-Open	Close-Close	Open-Open																								
MEDIA	-0.179%	0.269%	0.089%	0.155%	-0.171%	0.205%	0.034%	0.015%	-0.049%	0.141%	0.092%	-0.002%	-0.364%	0.267%	-0.097%	0.039%	-0.396%	0.097%	-0.298%	-0.194%	-0.322%	0.179%	-0.144%	0.057%				
DEV. ST.	1.661%	0.788%	1.822%	1.274%	1.412%	0.703%	1.624%	1.807%	1.165%	0.653%	1.239%	1.406%	1.509%	0.551%	1.598%	1.051%	1.310%	0.667%	1.555%	1.653%	1.489%	0.698%	1.743%	1.438%				
MAX	3.616%	2.946%	3.459%	4.867%	4.846%	2.375%	5.515%	4.014%	4.477%	2.213%	4.713%	4.541%	5.086%	1.904%	5.410%	4.401%	2.823%	2.030%	4.137%	4.775%	3.147%	2.187%	3.348%	4.341%				
MIN	-6.003%	-1.370%	-6.017%	-3.792%	-4.212%	-0.999%	-4.844%	-6.842%	-2.292%	-1.644%	-3.071%	-4.005%	-4.515%	-0.957%	-3.924%	-2.948%	-4.399%	-1.557%	-5.244%	-6.073%	-7.170%	-1.786%	-8.190%	-4.381%				
%POS	41.79%	68.66%	59.70%	58.21%	36.92%	60.00%	55.38%	58.46%	37.04%	56.79%	50.62%	46.91%	34.57%	66.67%	49.38%	50.62%	32.50%	51.25%	37.50%	41.25%	30.38%	64.56%	53.16%	55.70%				
%NEG	58.21%	31.34%	40.30%	41.79%	63.08%	40.00%	44.62%	41.54%	62.96%	43.21%	49.38%	53.09%	65.43%	33.33%	50.62%	49.38%	67.50%	48.75%	62.50%	58.75%	69.62%	35.44%	46.84%	44.30%				
SKEWNESS	-0.534	0.538	-0.783	0.236	0.348	1.023	-0.150	-0.881	1.368	0.635	0.487	0.225	0.171	0.693	0.236	0.490	-0.614	0.613	-0.701	-0.456	-1.308	0.164	-1.642	-0.412				
KURTOSIS	1.278	1.072	1.305	2.432	2.602	1.010	1.924	2.150	3.369	1.809	1.688	1.029	1.884	0.111	1.428	2.760	1.934	1.174	2.294	2.351	5.580	1.213	5.939	2.021				
JB TEST	8.869	7.381	12.923	19.494	22.286	15.366	11.962	23.279	68.264	18.218	14.333	5.019	14.010	6.848	8.779	31.853	19.366	10.658	26.460	23.492	134.174	6.117	162.202	17.543				
t TEST	-0.883	2.790	0.401	0.999	-0.974	2.348	0.169	0.065	-0.379	1.941	0.667	-0.010	-2.172	4.360	-0.547	0.336	-2.702	1.305	-1.717	-1.050	-1.924	2.274	-0.733	0.352				
	7				8				9				10				11				12							
MEDIA	-0.164%	0.090%	-0.074%	-0.259%	-0.152%	0.174%	0.022%	-0.132%	-0.192%	0.271%	0.079%	0.048%	-0.165%	0.074%	-0.092%	-0.067%	-0.261%	0.205%	-0.056%	0.192%	-0.164%	0.083%	-0.081%	-0.204%				
DEV. ST.	1.083%	0.665%	1.243%	1.583%	1.427%	0.794%	1.651%	1.162%	1.051%	0.574%	1.062%	1.433%	1.915%	0.660%	2.079%	1.165%	1.094%	0.658%	1.235%	1.633%	1.207%	0.720%	1.289%	1.228%				
MAX	2.763%	2.246%	3.359%	3.374%	7.247%	4.591%	8.394%	3.239%	2.833%	2.414%	2.756%	6.449%	8.471%	2.451%	9.847%	3.367%	2.857%	2.318%	3.052%	7.356%	4.121%	2.559%	4.064%	2.400%				
MIN	-2.886%	-1.847%	-4.353%	-6.023%	-5.739%	-1.430%	-6.637%	-3.252%	-3.810%	-0.835%	-4.236%	-4.954%	-7.897%	-2.011%	-8.208%	-4.204%	-4.793%	-1.115%	-5.569%	-5.715%	-4.594%	-2.273%	-3.867%	-5.314%				
%POS	37.80%	57.32%	47.56%	45.12%	37.04%	59.26%	50.62%	48.15%	38.75%	66.25%	62.50%	52.50%	32.05%	47.44%	39.74%	50.00%	34.57%	59.26%	50.62%	55.56%	35.80%	49.38%	44.44%	46.91%				
%NEG	62.20%	42.68%	52.44%	54.88%	62.96%	40.74%	49.38%	51.85%	61.25%	33.75%	37.50%	47.50%	67.95%	52.56%	60.26%	50.00%	65.43%	40.74%	49.38%	44.44%	64.20%	50.62%	55.56%	53.09%				
SKEWNESS	0.312	0.446	-0.470	-1.039	0.855	2.646	0.771	0.030	-0.360	0.940	-0.682	0.236	0.146	0.443	0.601	-0.472	-0.801	1.166	-1.059	0.785	0.289	0.506	0.039	-1.126				
KURTOSIS	0.514	1.568	1.778	2.230	9.711	12.075	9.376	0.517	2.388	1.606	2.852	5.298	9.369	2.008	8.867	2.213	2.943	1.519	4.089	6.105	3.432	2.608	2.015	3.010				
JB TEST	2.621	12.485	15.421	34.319	349.842	621.604	325.036	1.252	23.048	22.124	36.464	101.965	305.623	17.517	278.612	20.948	41.258	28.058	77.190	144.046	44.749	29.087	15.499	51.509				
t TEST	-1.373	1.224	-0.541	-1.482	-0.961	1.976	0.120	-1.023	-1.633	4.228	0.668	0.297	-0.763	0.987	-0.389	-0.506	-2.147	2.803	-0.409	1.058	-1.223	1.035	-0.567	-1.497				
	13				14				15				16				17				18							
MEDIA	-0.062%	0.242%	0.180%	-0.095%	-0.165%	0.274%	0.109%	0.240%	-0.503%	0.181%	-0.321%	0.097%	-0.125%	0.181%	0.056%	-0.287%	-0.209%	0.116%	-0.093%	0.041%	0.000%	0.135%	0.135%	-0.225%				
DEV. ST.	1.455%	0.804%	1.585%	1.463%	1.117%	0.771%	1.280%	1.602%	1.294%	0.705%	1.446%	1.214%	1.120%	0.649%	1.296%	1.463%	1.280%	0.623%	1.429%	1.269%	1.164%	0.588%	1.225%	1.194%				
MAX	9.600%	2.776%	10.438%	9.288%	3.221%	3.064%	2.513%	10.232%	3.020%	3.066%	3.409%	4.695%	2.282%	2.247%	3.208%	3.810%	2.879%	2.355%	4.374%	2.519%	3.327%	2.350%	3.629%	2.771%				
MIN	-2.922%	-2.006%	-2.804%	-7.059%	-5.171%	-2.817%	-4.822%	-3.121%	-6.587%	-1.113%	-6.701%	-5.068%	-5.311%	-1.810%	-6.170%	-7.446%	-3.653%	-2.389%	-3.852%	-4.992%	-4.716%	-1.110%	-5.489%	-3.676%				
%POS	35.80%	59.26%	58.02%	55.56%	43.75%	70.00%	63.75%	61.25%	32.10%	56.79%	49.38%	56.79%	40.24%	54.88%	51.90%	43.90%	41.25%	56.25%	48.75%	56.25%	49.37%	60.76%	60.76%	39.24%				
%NEG	64.20%	40.74%	41.98%	44.44%	56.25%	30.00%	36.25%	38.75%	67.90%	43.21%	50.62%	43.21%	59.76%	45.12%	43.90%	56.10%	58.75%	43.75%	51.25%	43.75%	50.63%	39.24%	39.24%	60.76%				
SKEWNESS	3.586	0.578	3.142	-1.668	-1.451	-0.500	-1.431	2.918	-1.037	1.893	-1.117	-0.086	-1.104	0.578	-1.277	-1.354	-0.244	0.003	0.007	-1.168	-0.504	0.869	-0.906	-0.263				
KURTOSIS	21.812	1.402	19.464	6.438	6.644	3.632	3.912	17.073	5.488	5.766	4.173	5.415	4.307	1.695	5.087	6.188	0.704	3.622	1.024	2.797	2.932	2.354	4.801	0.309				
JB TEST	1879.115	12.403	1492.237	189.346	187.370	48.205	84.038	1148.602	124.756	168.240	81.431	106.936	86.119	15.945	118.641	166.659	2.946	47.902	4.234	47.791	34.803	30.769	93.598	1.457				
t TEST	-0.383	2.714	1.025	-0.582	-1.322	3.180	0.763	1.337	-3.499	2.316	-2.001	0.720	-1.013	2.527	0.390	-1.776	-1.462	1.670	-0.581	0.292	-0.001	2.041	0.978	-1.676				
	19				20				21				22				23				24							
MEDIA	-0.226%	0.324%	0.097%	0.167%	-0.342%	0.249%	-0.093%	0.037%	-0.275%	0.211%	-0.064%	0.030%	-0.298%	0.099%	-0.199%	-0.164%	-0.427%	0.216%	-0.212%	-0.222%	0.011%	0.177%	0.188%	-0.245%				
DEV. ST.	1.374%	0.961%	1.557%	1.305%	1.273%	0.842%	1.509%	1.265%	1.372%	0.636%	1.504%	1.258%	1.192%	0.693%	1.366%	1.641%	1.185%	0.682%	1.339%	1.359%	1.623%	0.553%	1.768%	1.371%				
MAX	7.146%	5.177%	8.085%	3.757%	2.774%	3.526%	3.414%	3.416%	3.266%	2.140%	3.030%	3.356%	3.225%	2.406%	2.790%	7.086%	2.947%	2.609%	3.392%	3.103%	8.406%	2.415%	9.439%	3.483%				
MIN	-4.060%	-1.653%	-4.045%	-4.871%	-4.220%	-1.203%	-5.001%	-4.689%	-7.424%	-1.107%	-7.593%	-4.027%	-4.639%	-1.734%	-5.578%	-7.769%	-5.436%	-1.168%	-4.794%	-4.439%	-3.497%	-1.467%	-4.964%	-4.721%				
%POS	40.74%	64.20%	54.32%	61.73%	35.37%	52.44%	50.00%	59.76%	37.50%	62.50%	48.75%	51.25%	32.91%	55.70%	46.84%	45.57%	32.93%	60.98%	47.56%	45.12%	41.10%	64.38%	52.05%	36.99%				
%NEG	59.26%	35.80%	45.68%	38.27%	64.63%	47.56%	50.00%	40.24%	62.50%	37.50%	51.25%	48.75%	67.09%	44.30%	53.16%	54.43%	67.07%	39.02%	52.44%	54.88%	58.90%	35.62%	47.95%	63.01%				
SKEWNESS	1.590	1.963	1.308	-0.533	-0.258	1.548	-0.560	-0.529	-1.489	0.998	-1.522	-0.236	-0.532	0.920	-1.155	-0.229	-0.379	0.972	-0.331	-0.607	2.222	0.914	2.108	0.238				
KURTOSIS	8.766	7.299	7.353	2.219	0.789	3.129	1.028	1.463	7.947	1.294	6.348	1.031	2.411	2.410	3.286	8.355	3.500	1.139	0.923	1.139	9.923	9.514	3.555	1.338				
JB TEST	312.560	246.806	219.617	22.611	3.610	70.781	8.791	12.432	256.238	20.353	176.695	5.053	25.280	32.985	57.399	246.890	47.840	27.981	6.825	8.780	358.523	53.109	420.559	7.197				
t TEST	-1.482	3.033	0.564	1.153	-2.433	2.680	-0.557	0.264	-1.793	2.970	-0.380	0.215	-2.224	1.268	-1.297	-0.886	-3.266	2.866	-1.430	-1.480	0.057	2.731	0.907	-1.529				
	25				26				27				28				29				30				31			
MEDIA	-0.146%	0.156%	0.010%	0.257%	-0.056%	0.228%	0.173%	0.090%	0.018%	0.063%	0.081%	0.006%	-0.147%	0.150%	0.003%	0.132%	-0.063%	0.358%	0.295%	0.213%	-0.254%	0.245%	-0.010%	0.189%				
DEV. ST.	0.951%	0.667%	1.055%	1.514%	1.235%	0.889%	1.357%	1.033%	1.220%	0.753%	1.508%	1.557%	1.164%	0.682%	1.290%	1.248%	1.360%	0.713%	1.507%	1.120%	1.185%	0.763%	1.326%	1.494%				
MAX	2.729%	2.566%	2.759%	7.881%	3.962%	3.987%	4.171%	2.477%	4.764%	2.960%	5.898%	5.033%	4.284%	3.248%	5.101%	4.924%	4.541%	3.033%	5.456%	4.132%	4.945%	3.610%	4.218%	5.482%				
MIN	-2.220%	-2.105%	-2.765%	-3.216%	-3.104%	-2.017%	-3.422%	-2.507%	-3.613%	-2.180%	-3.743%	-4.669%	-2.488%	-1.593%	-2.089%	-4.287%	-4.707%	-1.379%	-4.811%	-2.024%	-4.538%	-2.370%	-5.239%	-5.181%				
%POS	41.10%	61.64%	57.53%	54.																								

TABELLA 2.7: Regressione dei rendimenti sui giorni mensili									
	VSTOXX			MINI-FUTURES			EURO STOXX 50		
	Stima	t-value	p-value	Stima	t-value	p-value	Stima	t-value	p-value
$\alpha$	-0.00590	-0.786	0.43210	-0.00718	-0.831	0.40620	0.00083	0.501	0.61640
d2	-0.00006	-0.009	0.99270	-0.01511	-1.834	0.66892	0.00156	0.962	0.33620
d3	-0.00481	-0.695	0.48690	-0.00517	-0.628	0.53040	0.00092	0.566	0.57120
d4	0.00607	0.883	0.37720	0.01924	2.372	0.01789 *	-0.00097	-0.599	0.54950
d5	0.00545	0.792	0.42840	0.00479	0.581	0.56106	-0.00298	-1.830	0.06740
d6	0.00785	1.134	0.25710	-0.00327	-0.397	0.69135	-0.00137	-0.841	0.40030
d7	0.00086	0.125	0.90060	0.00146	0.179	0.85758	-0.00074	-0.461	0.64490
d8	-0.00340	-0.494	0.62110	-0.00290	-0.363	0.71663	0.00022	0.136	0.89220
d9	-0.00545	-0.787	0.43150	-0.00827	-1.004	0.31561	0.00079	0.487	0.62660
d10	0.00407	0.583	0.55980	-0.00760	-0.923	0.35643	-0.00123	-0.755	0.45030
d11	-0.00032	-0.047	0.96260	-0.00539	-0.674	0.50057	-0.00056	-0.346	0.72910
d12	0.00398	0.583	0.55960	0.00352	0.440	0.65970	-0.00081	-0.501	0.61630
d13	-0.00858	-1.248	0.21200	-0.01268	-1.563	0.11848	0.00181	1.114	0.26560
d14	-0.00524	-0.756	0.44950	-0.00634	-0.782	0.43448	0.00125	0.769	0.44220
d15	-0.00069	-0.100	0.92010	0.00046	0.057	0.95442	-0.00321	-1.983	0.04740 *
d16	-0.00052	-0.076	0.93960	0.00523	0.645	0.51901	0.00056	0.347	0.72890
d17	-0.00098	-0.140	0.88860	-0.00950	-1.154	0.24868	-0.00093	-0.569	0.56910
d18	-0.01115	-1.622	0.10500	-0.00934	-1.168	0.24314	0.00131	0.804	0.42160
d19	-0.01010	-1.479	0.13940	0.00810	1.013	0.31115	0.00097	0.601	0.54760
d20	0.00181	0.265	0.79100	0.00757	0.933	0.35124	-0.00093	-0.576	0.56480
d21	0.00207	0.299	0.76460	0.00519	0.639	0.52278	-0.00064	-0.392	0.69500
d22	0.00007	0.010	0.99200	0.01243	1.532	0.12581	-0.00180	-1.102	0.27070
d23	0.01682	2.463	0.01380 *	0.02984	3.678	0.00025 ***	-0.00229	-1.411	0.15830
d24	-0.01370	-1.883	0.05990	-0.01113	-1.289	0.19762	0.00188	1.099	0.27190
d25	-0.00233	-0.322	0.74740	-0.00331	-0.396	0.69226	0.00058	0.340	0.73370
d26	-0.00073	-0.102	0.91860	-0.00176	-0.211	0.83317	0.00179	1.063	0.28800
d27	0.00733	1.081	0.27990	-0.00690	-0.851	0.39511	0.00098	0.610	0.54200
d28	0.01024	1.490	0.13650	0.00209	0.258	0.79661	0.00003	0.021	0.98350
d29	-0.00133	-0.187	0.85200	-0.00418	-0.492	0.62294	0.00296	1.754	0.07950
d30	0.00909	1.277	0.20180	0.00401	0.472	0.63683	-0.00009	-0.057	0.95440
d31	-0.00185	-0.193	0.84690	0.00496	0.432	0.66555	0.00178	0.780	0.43570
Adjusted R-squared	-0.001669			0.009628			-0.002593		
f-test	0.8811			1.319			0.7981		
p-value f-test	0.6558			0.1149			0.7782		

### EFFETTO JANUARY

L'effetto *January* si riferisce a variazioni dei corsi azionari del mese di gennaio notevolmente maggiori di quelle rilevate per gli altri mesi. I primi a mettere in evidenza tale anomalia furono Rozeff e Kinney (1976), Keim (1983, 1986) e Lakonishok e Smidt (1984). La miglior spiegazione è l'ipotesi "tax-loss selling": gli investitori vendono azioni con perdite a dicembre per ridurre l'imponibile fiscale per poi riacquistarle a gennaio. La ragionevolezza di tale spiegazione è stata messa in discussione da Roll (1983), il quale afferma che l'arbitraggio dovrebbe eliminare qualsiasi effetto sul prezzo di tale tipo. Un'altra spiegazione è quella del "portfolio rebalancing" secondo cui gli alti rendimenti sono provocati da *shift* sistematici nei portafogli degli investitori istituzionali a fine anno volti a non far figurare in bilancio titoli imbarazzanti (soprattutto di *small firms*) che, per l'appunto, sono venduti a dicembre e riacquistati a gennaio. Un'ultima possibile spiegazione è che l'eccessivo

rendimento del mese di gennaio è il compenso per il rischio aggiuntivo di trattare con operatori informati sui risultati di bilancio.

Le tabelle 2.8 riportano le statistiche relative ai quattro tipi di rendimento di ciascun mese per i tre strumenti oggetto di analisi.

La maggior parte dei rendimenti significativamente diversi da 0 per il Vstoxx sono del tipo *open-to-close* e *close-to-open* di quasi tutti i mesi, non solo gennaio i cui *t-value* sono in linea con quello degli altri mesi (a differenza di quanto avveniva per l'effetto week-end). Lo stesso dicasi per l'Euro Stoxx 50, ma in questo caso la ragione è dovuta alla scelta del campione, come più volte accennato.

Infine i rendimenti del mini-futures hanno media 0 con un livello di confidenza del 95%, salvo due eccezioni non riconducibili all'effetto *January* e a nessun altro effetto noto.

La mancanza dell'effetto *January* è confermata dalla seguente regressione<sup>19</sup> e dai risultati della tabella 2.9:

$$y_t = \alpha + \zeta_1 dfeb_t + \dots + \zeta_{11} ddic_t + \epsilon_t$$

Dove:

- $y_t$  è il rendimento del Vstoxx o del mini-futures o dell'Euro Stoxx 50 al tempo  $t$ ;
- $\alpha$  è l'intercetta destinata a cogliere la variazione del mese di gennaio (effetto *January*);
- $dfeb_t, \dots, ddic_t$  sono le 11 variabili dummies relative agli 11 mesi rimanenti dell'anno;
- $\zeta_{1, \dots, 11}$  sono i coefficienti delle 11 variabili dummies;
- $\epsilon_t$  è un elemento di disturbo (o errore), contenente tutto ciò che non è spiegato dai regressori.

---

<sup>19</sup> La mancanza di una specifica variabile dummy per il mese di gennaio serve a eliminare la collinearità delle dummies.

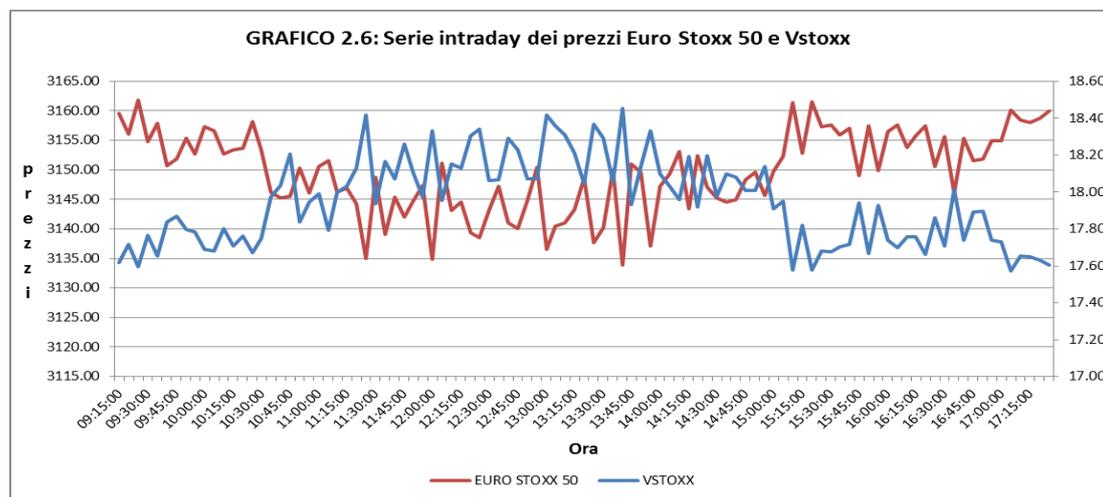
TABELLA 2.8a: Statistiche delle distribuzioni Vstoxx divise per mesi																								
	GENNAIO				FEBBRAIO				MARZO				APRILE				MAGGIO				GIUGNO			
	Open-Close	Close-Open	Close-Close	Open-Open																				
MEDIA	-0.180%	0.675%	0.295%	0.460%	-0.864%	0.767%	-0.097%	-0.086%	-0.855%	0.654%	-0.201%	-0.193%	0.031%	0.573%	0.031%	0.007%	-0.954%	1.105%	0.151%	0.092%	-0.838%	0.733%	-0.151%	-0.063%
DEV. ST.	5.031%	4.158%	5.718%	5.830%	4.171%	4.313%	5.522%	5.461%	4.624%	5.033%	6.388%	6.201%	4.306%	3.713%	5.550%	4.957%	5.291%	5.455%	6.295%	6.337%	4.507%	4.461%	5.726%	5.853%
MAX	23.890%	14.477%	31.786%	24.924%	18.301%	27.669%	23.118%	25.122%	17.241%	20.601%	26.530%	22.430%	15.305%	11.226%	19.218%	18.951%	25.891%	27.153%	29.806%	25.912%	15.054%	15.535%	15.669%	23.103%
MIN	-11.009%	-15.052%	-15.088%	-17.419%	-17.883%	-7.999%	-16.291%	-15.291%	-11.919%	-14.480%	-15.909%	-16.069%	-10.715%	-9.161%	-12.598%	-13.260%	-15.563%	-13.855%	-24.913%	-20.720%	-12.869%	-10.306%	-14.044%	-13.352%
%POS	36.60%	56.70%	46.39%	48.97%	34.62%	53.85%	43.96%	42.31%	33.33%	48.21%	43.08%	41.03%	34.07%	47.80%	46.70%	48.35%	32.71%	57.01%	45.79%	47.66%	30.84%	51.87%	47.66%	48.60%
%NEG	63.40%	43.30%	53.61%	51.03%	65.38%	46.15%	56.04%	57.69%	66.67%	51.79%	56.92%	58.97%	65.93%	52.20%	53.30%	51.65%	67.29%	42.99%	54.21%	52.34%	69.16%	48.13%	52.34%	51.40%
SKEWNESS	1.456	0.017	1.100	0.660	0.771	2.758	1.096	1.099	1.008	1.068	0.800	0.685	0.747	0.592	0.680	0.675	0.831	1.398	0.946	0.596	0.601	0.399	0.153	0.455
KURTOSIS	4.240	1.633	4.773	2.371	4.262	14.778	3.488	2.816	2.374	2.727	1.655	1.032	1.407	0.312	0.874	1.099	3.756	4.267	4.856	1.737	1.270	0.384	0.023	0.686
JB TEST	220.150	22.848	230.227	61.938	161.308	1935.087	133.133	100.153	81.487	100.716	44.684	24.880	33.727	11.712	20.620	23.970	155.091	238.220	249.042	41.152	28.373	7.288	0.865	12.115
t TEST	-1.053	2.262	0.718	1.100	-2.795	2.406	-0.236	-0.213	-2.582	1.814	-0.440	-0.435	-1.696	2.081	0.076	0.020	-2.637	3.143	0.352	0.212	-2.720	2.305	-0.346	-0.158
TABELLA 2.8b: Statistiche delle distribuzioni mini-futures divise per mesi																								
	GENNAIO				FEBBRAIO				MARZO				APRILE				MAGGIO				GIUGNO			
	Open-Close	Close-Open	Close-Close	Open-Open																				
MEDIA	-0.198%	0.174%	-0.015%	-0.202%	-0.281%	0.188%	-0.163%	0.173%	0.071%	-0.235%	-0.155%	-0.151%	0.333%	-0.056%	0.277%	0.182%	0.502%	-0.086%	0.417%	0.411%	-0.244%	-0.002%	-0.261%	-0.166%
DEV. ST.	3.076%	2.970%	3.868%	3.828%	3.148%	2.525%	4.451%	4.088%	3.712%	3.573%	5.513%	4.707%	3.763%	3.064%	5.134%	3.855%	4.024%	4.080%	5.700%	5.095%	3.638%	2.935%	4.513%	4.490%
MAX	11.464%	14.343%	16.514%	15.132%	15.670%	12.775%	17.606%	15.415%	13.601%	15.082%	17.811%	18.403%	10.697%	18.610%	19.081%	10.920%	14.328%	16.267%	21.222%	14.319%	12.535%	13.983%	12.998%	19.799%
MIN	-9.266%	-6.884%	-7.864%	-7.796%	-7.128%	-3.853%	-8.349%	-7.078%	-9.424%	-17.144%	-19.776%	-19.947%	-10.508%	-7.514%	-14.272%	-10.893%	-10.536%	-16.260%	-16.238%	-13.504%	-8.279%	-18.59%	-11.628%	-13.785%
%POS	51.02%	46.94%	46.60%	41.05%	41.24%	50.52%	41.58%	43.01%	47.22%	45.37%	45.87%	39.25%	55.32%	42.55%	46.81%	46.81%	47.57%	44.66%	50.00%	46.60%	50.00%	50.94%	50.00%	48.57%
%NEG	48.98%	53.06%	53.40%	58.95%	58.76%	49.48%	58.42%	56.99%	52.78%	54.63%	54.13%	60.75%	44.68%	57.45%	53.19%	53.19%	52.43%	55.34%	50.00%	53.40%	50.00%	49.06%	50.00%	51.43%
SKEWNESS	0.501	2.435	1.267	1.108	1.461	2.726	1.509	1.202	0.803	-0.115	0.299	0.983	0.189	2.541	0.714	0.340	0.754	0.192	1.023	0.405	0.294	0.833	0.201	0.558
KURTOSIS	1.921	9.136	3.288	2.545	5.452	10.232	3.567	1.949	5.802	9.704	3.164	2.211	1.065	13.666%	1.656	0.734	1.407	5.838	3.164	1.003	0.411	4.714	0.181	2.961
JB TEST	20.941	459.699	78.336	48.146	163.653	570.314	97.065	39.538	28.001	445.060	48.683	40.582	5.783	877.317	23.318	4.468	19.619	155.793	65.419	7.918	2.577	117.031	0.996	46.997
t TEST	-0.637	0.579	-0.038	-0.515	-0.879	0.734	-0.367	0.409	0.199	-0.685	-0.293	-0.328	0.864	-0.178	0.523	0.458	1.265	-0.215	0.746	0.819	-0.691	-0.059	-0.603	-0.379
TABELLA 2.8c: Statistiche delle distribuzioni Euro Stoxx 50 divise per mesi																								
	GENNAIO				FEBBRAIO				MARZO				APRILE				MAGGIO				GIUGNO			
	Open-Close	Close-Open	Close-Close	Open-Open																				
MEDIA	-0.297%	0.170%	-0.128%	-0.114%	-0.178%	0.133%	-0.045%	-0.049%	-0.184%	0.210%	-0.045%	0.030%	-0.078%	0.167%	0.090%	0.091%	-0.219%	0.137%	-0.082%	-0.073%	-0.281%	0.223%	-0.058%	-0.074%
DEV. ST.	1.296%	0.581%	1.360%	1.418%	1.093%	0.558%	1.265%	1.136%	1.249%	0.701%	1.431%	1.516%	1.196%	0.571%	1.311%	1.245%	1.195%	0.806%	1.395%	1.287%	1.086%	0.804%	1.254%	1.184%
MAX	5.543%	3.031%	6.258%	5.942%	2.891%	2.414%	3.58%	2.526%	5.722%	2.519%	5.876%	3.760%	4.846%	2.975%	5.515%	4.541%	8.471%	3.987%	9.847%	7.356%	3.586%	3.010%	4.845%	2.874%
MIN	-7.424%	-1.014%	-7.593%	-7.769%	-4.220%	-2.180%	-5.001%	-4.231%	-4.538%	-2.817%	-5.239%	-4.381%	-3.837%	-0.881%	-3.996%	-4.287%	-4.525%	-2.389%	-4.822%	-4.922%	-3.343%	-2.006%	-4.300%	-4.242%
%POS	33.69%	57.75%	47.06%	46.52%	41.21%	60.99%	54.95%	51.65%	36.08%	61.34%	51.55%	51.55%	38.51%	60.34%	54.60%	55.17%	39.32%	58.74%	50.49%	51.46%	34.11%	60.75%	50.00%	49.07%
%NEG	66.31%	42.25%	52.94%	53.48%	58.79%	39.01%	45.05%	48.35%	63.92%	38.66%	48.45%	48.53%	61.49%	39.66%	45.40%	44.83%	60.68%	41.26%	49.51%	48.54%	65.89%	39.25%	50.00%	50.93%
SKEWNESS	-0.661	0.781	-0.460	-0.543	-0.637	-0.137	-0.814	-0.865	0.214	0.735	-0.148	0.020	0.445	1.563	0.180	-0.017	1.605	0.489	1.204	0.370	0.119	1.209	-0.097	-0.399
KURTOSIS	8.283	5.696	7.680	6.460	1.531	2.744	1.721	1.325	3.451	3.019	2.976	2.233	2.020	4.558	1.542	1.746	13.549	3.631	12.150	6.042	0.954	3.473	1.296	0.595
JB TEST	564.270	361.671	480.253	344.880	31.480	60.355	44.250	37.364	101.559	94.520	75.326	42.316	37.147	228.541	19.390	23.535	1703.317	125.579	134.799	327.372	9.267	164.260	16.262	9.278
t TEST	-3.136	2.434	-1.283	-1.097	-2.191	3.207	-0.479	-0.587	-2.055	4.171	0.250	0.317	-0.857	3.862	0.902	0.963	-2.632	2.432	-0.848	-0.817	-3.790	4.065	-0.677	-0.916
TABELLA 2.8d: Statistiche delle distribuzioni mini-futures Euro Stoxx 50 divise per mesi																								
	GENNAIO				FEBBRAIO				MARZO				APRILE				MAGGIO				GIUGNO			
	Open-Close	Close-Open	Close-Close	Open-Open																				
MEDIA	-0.136%	0.217%	0.081%	0.097%	-0.260%	0.221%	-0.039%	-0.062%	-0.170%	0.220%	0.050%	0.073%	-0.184%	0.155%	-0.028%	-0.027%	-0.231%	0.193%	-0.038%	-0.072%	-0.122%	0.244%	0.123%	0.132%
DEV. ST.	1.122%	0.792%	1.287%	1.222%	1.372%	1.368%	1.393%	1.368%	1.372%	1.782%	1.553%	1.479%	1.756%	0.650%	1.984%	1.787%	1.557%	0.729%	1.673%	1.631%	1.258%	0.603%	1.353%	1.320%
MAX	3.962%	4.591%	4.171%	4.218%	4.477%	3.526%	4.713%	4.695%	7.146%	5.177%	8.085%	7.086%	6.900%	3.309%	10.438%	10.232%	8.406%	3.248%	9.439%	7.881%	7.247%	2.050%	8.394%	6.449%
MIN	-3.005%	-2.017%	-4.089%	-3.481%	-4.711%	-2.011%	-6.318%	-6.073%	-4.707%	-1.653%	-5.244%	-5.314%	-7.897%	-1.529%	-8.208%	-7.446%	-5.251%	-1.644%	-6.422%	-5.288%	-1.288%	-6.017%	-6.842%	-6.842%
%POS	37.10%	62.90%	55.06%	53.85%	38.29%	53.60%	48.20%	47.75%	34.58%	57.94%	52.34%	51.87%	36.11%	58.33%	50.00%	50.46%	35.57%	59.28%	52.58%	50.52%	40.36%	65.66%	57.23%	55.42%
%NEG	62.90%	37.10%	44.94%	46.15%	61.71%	46.40%	51.80%	52.25%	65.42%	42.06%	47.66%	48.13%	63.89%	41.67%	50.00%	49.54%	64.43%	40.72%	47.42%	49.48%	59.64%	34.34%	42.77%	44.58%
SKEWNESS	0.426	1.360	-0.029	0.133	-0.604	1.209	-0.456	-0.673	0.747	1.595	0.214	0.095	-0.096	0.558	-0.221	0.154	0.820	0.932	0.463	0.149	0.659	0.589	0.457	-0.019
KURTOSIS	1.030	5.196	0.417	0.746	5.203	2.804	2.801	3.592	4.516	7.156	4.571	3.983	7.531	2.204	6.706	7.348	6.336	2.273	6.949	3.845	9.505	0.880	10.529	7.645
JB TEST	17.238	324.818	1.878	6.266	130.290	83.131	140.303	207.775	560.901	193.799	146.462	524.142	57.032	417.573	49.586	356.625	72.300	409.005	124.666	657.327	15.729	796.733	418.044	418.044
t TEST	-1.799	4.064	0.933	1.183	-3.030	4.067	-0.422	-0.678	-1.814	4.118	0.471	0.720	-1.538	3.513	-0.210	-0.219	-2.067	3.688	-0.316	-0.614	-1.245	5.214	1.167	1.286

TABELLA 2.9: Regressione dei rendimenti sulle dummies mensili										
	VSTOXX			MINI-FUTURES			EURO STOXX 50			
	Stima	t-value	p-value	Stima	t-value	p-value	Stima	t-value	p-value	
$\alpha$	0.00196	0.434	0.66400	-0.00377	-0.720	0.47200	-0.00087	-0.835	0.40400	
dfeb	-0.00142	-0.219	0.82600	0.00373	0.500	0.61700	0.00043	0.283	0.77700	
dmarzo	-0.00451	-0.709	0.47800	0.00179	0.245	0.80700	0.00131	0.887	0.37500	
dapr	-0.00131	-0.201	0.84100	0.00647	0.864	0.38800	0.00190	1.260	0.20800	
dmag	0.00012	0.020	0.98400	0.00990	1.353	0.17600	0.00015	0.103	0.91800	
dgiu	-0.00329	-0.530	0.59600	0.00165	0.224	0.82300	0.00030	0.204	0.83800	
dlug	-0.00075	-0.121	0.90300	0.00221	0.303	0.76200	0.00168	1.172	0.24100	
dago	0.00054	0.088	0.93000	0.00928	1.279	0.20100	0.00048	0.335	0.73700	
dset	-0.00145	-0.234	0.81500	0.00199	0.270	0.78700	0.00137	0.951	0.34200	
dott	-0.00175	-0.284	0.77600	-0.00281	-0.385	0.70000	0.00053	0.370	0.71100	
dnov	-0.00420	-0.676	0.49900	0.00364	0.497	0.61900	0.00050	0.334	0.73800	
ddic	-0.00503	-0.789	0.43000	0.00332	0.441	0.66000	0.00216	1.418	0.15600	
Adjusted R-squared	0.004051			-0.005362			-0.002281			
f-test	0.189			0.5069			0.4996			
p-value f-test	0.9982			0.8995			0.9046			

Nessuno dei regressori è significativo, tantomeno l'intercetta relativa all'effetto *January*.

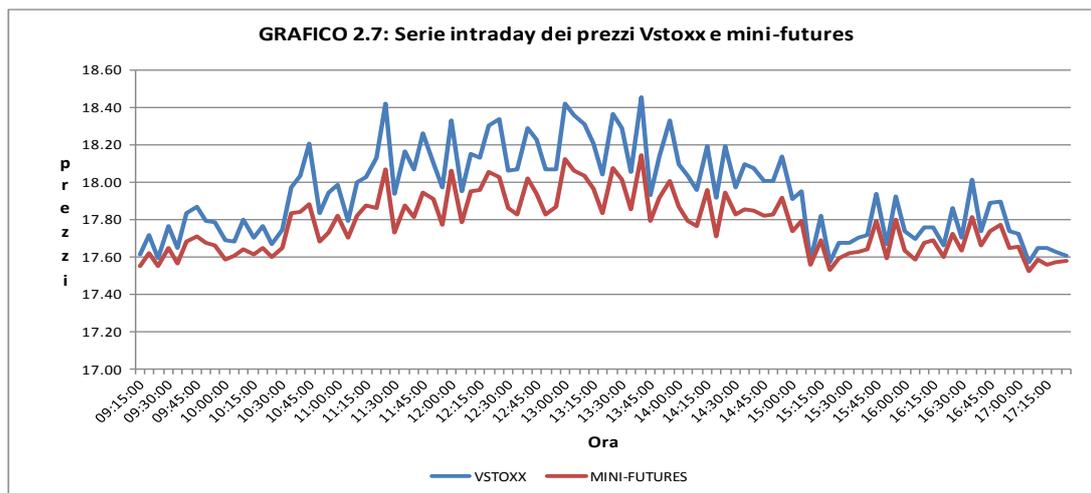
## 2.3 Analisi delle serie infra-giornaliere

Il grafico 2.6 mostra la chiara correlazione negativa esistente a livello infra-giornaliero tra Vstoxx e Euro Stoxx 50 (la correlazione lineare di Pearson tra i tassi di variazione è uguale a -0.8914).



Dal grafico 2.7 si può notare come i prezzi del mini-futures siano sistematicamente al di sotto di quelli del sottostante.

La tabella 2.10 elenca alcune statistiche delle distribuzioni dei rendimenti infra-giornalieri logaritmici (*close-to-close*) del Vstoxx, mini-futures e Euro Stoxx 50.



**TABELLA 2.10: Statistiche delle distribuzioni dei rendimenti infra-giornalieri**

	MEDIA	DEV. ST.	MAX	MIN	%POS	%INV	%NEG	SKEWNESS	KURTOSIS	JB TEST	t TEST
VSTOXX	0.000%	0.590%	8.747%	-14.610%	48.75%	/	51.25%	-0.642	57.380	1864788.000	0.229
MINI-FUTURES	0.000%	0.494%	13.727%	-10.739%	30.04%	38.87%	31.09%	3.407	146.853	9738203.000	0.069
EURO STOXX 50	0.000%	0.093%	1.701%	-1.347%	50.54%	/	49.46%	0.523	26.750	405706.900	-0.272

Rispetto alla tabella 2.2 dei rendimenti giornalieri vi è una statistica in più rilevante per il mini-futures, ossia la percentuale di volte in cui il suo prezzo è rimasto invariato rispetto a quello di 5 minuti fa. In questo caso infatti le variazioni nulle assumono la stessa rilevanza (circa un terzo) delle variazioni positive e di quelle negative, quindi non possono essere inglobate tra le positive come è stato fatto per i rendimenti giornalieri.

Dai dati sull'asimmetria, sulla curtosi e sul *Jarque-Bera Test* si evince uno scostamento notevolissimo dalla distribuzione gaussiana, mentre il dato della *t di Student* conferma una media significativamente non diversa da 0.

### 2.3.1 Intraday patterns

Diversi ricercatori [Jain e Joh (1988) e Harris (1986) per i mercati azionari; Stephan e Whaley (1990), Aggarwal e Gruca (1993), Mayhew et al. (2003) e Chan et al. (1995) per i mercati delle opzioni] hanno condotto studi volti a verificare la possibile esistenza di anomalie infra-giornaliere, ossia *intraday patterns* che si manifestano con sistematicità durante le ore di negoziazione e per la maggior parte dei quali la teoria prevalente non sembra saper fornire spiegazioni esaustive. Molte delle ricerche hanno rilevato un *U-shaped pattern* nei rendimenti *intraday* azionari, più precisamente rendimenti positivi durante la prima ora di negoziazione, quindi un declino degli stessi nelle ore centrali, in particolare nella quinta ora, e infine una

ripresa nelle ultime ore, accentuata 15-30 minuti prima della chiusura. Harris (1986) ipotizza che la ripresa finale dei rendimenti azionari sia connessa alla rilevanza dei prezzi di chiusura: essi vengono utilizzati per valutare l'attivo patrimoniale dei fondi comuni di investimento, sono pubblicati sulla stampa specializzata, vengono utilizzati per le ricerche accademiche e a volte per determinare il prezzo di importanti pacchetti azionari.

Sulla base della correlazione negativa tra rendimenti e volatilità, quest'ultima dovrebbe mostrare un andamento esattamente opposto, ossia ad U rovesciata. Tale andamento potrebbe essere confermato dal fatto che nelle ore centrali di negoziazione (tra le 11 e le 15) vengono rilasciati importanti notizie e dati macroeconomici e finanziari sugli Usa e sull'Europa e ciò incrementa l'incertezza sul mercato e quindi la volatilità<sup>20</sup>.

Tuttavia vi sono altri fattori che potrebbero influenzare l'andamento *intraday* della volatilità. Fra questi vi è l'*L-shaped pattern* del *bid-ask spread* delle opzioni quotate sul CBOE (Chicago Board Options Exchange), individuato da Chan et. al (1995) e confermato da Geilym et al. (1998) per il LIFFE (London International Financial Futures and Options Exchange), in virtù del quale lo spread è più ampio all'apertura del *trading day* piuttosto che nelle ultime ore di contrattazione. Tuttavia Berkman (1992) evidenzia un *U-shaped pattern* anche per il *bid-ask spread* delle opzioni quotate sull'EOE (European Options Exchange), per cui vi è una ripresa verso la chiusura del *trading day*. Berkman suggerisce come possibile spiegazione l'apertura dei mercati azionari e derivati americani che incrementa l'incertezza del mercato europeo. Sia l'*L-shaped* che l'*U-shaped* del mercato delle opzioni dovrebbero dare all'andamento *intraday* della volatilità una forma opposta a quella che deriverebbe da un *U-shaped pattern* del mercato azionario: decrescente la mattina e crescente il pomeriggio (soprattutto se il mercato *intraday* delle opzioni ha una forma ad U piuttosto che a L). Una possibile ragione è che gli investitori spesso acquistano opzioni per finalità di copertura *overnight*. Ciò vuol dire che di mattina vendono le opzioni acquistate il giorno prima per l'*overnight hedging* chiudendo la loro posizione, per poi riacquistarle il pomeriggio tenendole fino al mattino seguente. La prevalente tendenza alla vendita che si verifica la mattina spinge al ribasso il prezzo

---

<sup>20</sup> Si veda a tal proposito il calendario economico disponibile su [investing.com](http://investing.com) all'indirizzo <http://it.investing.com/economic-calendar/>

delle opzioni e quindi la volatilità, esattamente all'opposto di quanto accade il pomeriggio. Admati e Pfleiderer (1988) hanno esaminato diverse possibili ragioni e teorie volte a spiegare gli andamenti *intraday* dei mercati finanziari, arrivando alla conclusione che essi sono influenzati da troppi fattori spesso contrastanti e imprevedibili. In altre parole è raro, se non impossibile, scovare una teoria che si cela dietro il comportamento infra-giornaliero di volumi e rendimenti di un determinato mercato. E questo pare sia proprio il caso del Vstoxx che apparentemente non risponde ad alcun *pattern* o cambio di regime, almeno sulla base dell'analisi del nostro campione di riferimento.

Le tabelle 2.11 riportano le statistiche relative ai rendimenti infra-giornalieri dei tre strumenti oggetto di analisi di ogni ora di negoziazione per ciascuno dei 5 giorni settimanali lavorativi.

L'assenza di un *intraday pattern* per tutti e tre gli strumenti che si evince dalle tabelle è confermata dalla regressione dei rendimenti logaritmici su variabili dummies orarie<sup>21</sup> e dalla tabella 2.12 che ne riporta i risultati:

$$y_t = \alpha + \varpi_1 ddieci_t + \dots + \varpi_8 ddiciaset_t + \epsilon_t$$

Dove:

- $y_t$  è il rendimento del Vstoxx o del mini-futures o dell'Euro Stoxx 50 al tempo  $t$ ;
- $\alpha$  è l'intercetta destinata a cogliere la variazione delle ore 9;
- $ddieci_t, \dots, ddiciaset_t$  sono le 8 variabili dummies relative alle 8 ore di negoziazione rimanenti;
- $\varpi_{1,\dots,8}$  sono i coefficienti delle 8 variabili dummies;
- $\epsilon_t$  è un elemento di disturbo (o errore), contenente tutto ciò che non è spiegato dai regressori.

Nessuno dei regressori è minimamente significativo e tutti e tre i modelli sono da scartare secondo l' *f-test*.

---

<sup>21</sup> La mancanza di una specifica variabile dummy per le ore 9 serve a eliminare la collinearità delle dummies.

TABELLA 2.11a: Statistiche delle distribuzioni Vstoxx intraday									
	LUNEDI								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIA	0.16723%	0.01800%	0.00425%	0.00776%	0.01558%	-0.02471%	0.00623%	-0.04357%	-0.08919%
DEV. ST.	1.582%	0.529%	0.345%	0.312%	0.313%	0.331%	0.436%	0.479%	0.489%
MAX	8.747%	3.933%	2.069%	1.629%	1.840%	1.868%	2.202%	2.263%	1.325%
MIN	-14.608%	-1.696%	-1.146%	-0.990%	-1.416%	-1.041%	-1.204%	-1.934%	-1.428%
%POS	48.56%	50.31%	51.85%	47.84%	48.15%	50.31%	44.44%	46.91%	39.76%
%NEG	51.44%	49.69%	48.15%	52.16%	51.85%	49.69%	55.56%	53.09%	60.24%
SKEWNESS	-1.574	1.938	0.522	1.025	0.347	0.945	0.624	0.116	0.068
KURTOSIS	35.764	12.521	4.769	5.375	6.425	4.993	3.112	2.661	0.526
JB TEST	13285.850	2353.817	328.045	454.916	573.993	391.901	155.194	98.830	2.368
t TEST	1.648	0.612	-0.222	-0.447	-0.358	0.847	-1.018	-1.636	-2.345
	MARTEDI								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIA	-0.05856%	0.00666%	0.00018%	-0.02015%	0.00102%	-0.01571%	0.02809%	-0.03844%	0.02300%
DEV. ST.	0.933%	0.424%	0.406%	0.309%	0.322%	0.359%	0.410%	0.481%	0.514%
MAX	4.555%	1.926%	2.227%	1.252%	2.370%	1.809%	1.666%	2.276%	2.038%
MIN	-5.491%	-1.507%	-1.852%	-1.394%	-0.908%	-1.850%	-1.584%	-1.584%	-1.652%
%POS	47.22%	46.43%	51.49%	46.73%	47.92%	50.89%	51.79%	44.64%	49.42%
%NEG	52.78%	53.57%	48.51%	53.27%	52.08%	49.11%	48.21%	55.36%	50.58%
SKEWNESS	-0.430	0.548	0.218	-0.268	1.254	-0.512	0.604	0.746	0.677
KURTOSIS	9.243	2.675	4.717	2.823	9.001	5.359	2.502	3.078	2.412
JB TEST	924.056	119.716	320.374	118.430	1241.202	424.398	110.563	167.167	57.281
t TEST	-0.996	0.288	-0.008	-1.194	0.058	-0.802	1.255	-1.465	0.587
	MERCOLEDI								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIA	-0.02142%	-0.04229%	0.00745%	-0.03152%	0.02596%	0.03150%	0.03959%	-0.02984%	-0.06048%
DEV. ST.	1.001%	0.443%	0.423%	0.273%	0.276%	0.452%	0.530%	0.506%	0.523%
MAX	6.544%	1.326%	1.988%	0.737%	1.643%	3.488%	3.043%	1.896%	2.019%
MIN	-5.679%	-2.289%	-2.132%	-1.047%	-0.957%	-2.109%	-3.054%	-1.535%	-1.446%
%POS	48.81%	46.73%	52.38%	44.35%	54.17%	51.19%	51.19%	43.15%	41.28%
%NEG	51.19%	53.27%	47.62%	55.65%	45.83%	48.81%	48.81%	56.85%	58.72%
SKEWNESS	0.279	-0.232	-0.177	-0.318	0.744	1.690	0.636	0.493	0.426
KURTOSIS	14.893	2.530	4.185	0.848	5.596	15.304	9.543	2.099	2.110
JB TEST	2377.236	95.030	252.041	16.326	477.766	3487.376	1317.936	77.225	39.021
t TEST	-0.340	-1.800	0.323	-2.110	1.722	1.276	1.367	-1.081	-1.516
	GIOVEDI								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIA	-0.03722%	0.02957%	0.04482%	-0.00353%	-0.01251%	-0.00645%	0.05299%	0.01359%	0.06208%
DEV. ST.	1.273%	0.594%	0.618%	0.510%	0.425%	0.564%	0.776%	0.658%	0.735%
MAX	5.921%	2.977%	5.473%	2.552%	1.724%	1.657%	5.307%	2.794%	2.906%
MIN	-8.170%	-3.872%	-1.493%	-3.792%	-2.340%	-3.762%	-2.346%	-2.600%	-1.954%
%POS	48.97%	52.47%	48.77%	46.91%	50.93%	53.70%	50.31%	50.31%	51.81%
%NEG	51.03%	47.53%	51.23%	53.09%	49.07%	46.30%	49.69%	49.69%	48.19%
SKEWNESS	-0.831	-0.448	3.622	-1.083	0.385	-1.513	2.074	0.064	0.763
KURTOSIS	12.961	8.445	23.933	15.086	4.216	9.415	10.496	2.339	2.224
JB TEST	1764.050	990.083	8555.932	3182.268	253.179	1341.020	1745.530	76.159	52.590
t TEST	-0.456	0.896	1.304	-0.125	-0.529	-0.206	1.229	0.371	1.087
	VENERDI								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIA	-0.06249%	-0.06193%	0.06513%	-0.01079%	-0.00806%	-0.03879%	0.01535%	0.07275%	0.06844%
DEV. ST.	1.249%	0.411%	0.410%	0.494%	0.327%	0.520%	0.480%	0.790%	0.707%
MAX	4.165%	1.518%	1.534%	3.062%	1.429%	2.102%	1.883%	5.978%	2.838%
MIN	-9.560%	-1.561%	-1.222%	-1.938%	-1.206%	-3.772%	-1.767%	-2.650%	-2.447%
%POS	45.04%	41.05%	56.79%	46.91%	47.53%	46.30%	52.47%	49.07%	49.40%
%NEG	54.96%	58.95%	43.21%	53.09%	52.47%	53.70%	47.53%	50.93%	50.60%
SKEWNESS	-2.598	0.160	0.176	0.598	0.193	-1.450	0.283	2.086	0.806
KURTOSIS	19.727	2.679	1.076	6.289	1.613	12.012	1.744	13.737	3.189
JB TEST	4275.027	100.857	18.066	563.253	38.435	2092.756	46.819	2823.274	92.031
t TEST	-0.778	-2.707	2.853	-0.393	-0.443	-1.343	0.575	1.656	1.247
	SETTIMANA								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIA	-0.00299%	-0.01036%	0.02232%	-0.01491%	0.00023%	-0.00262%	0.02243%	-0.00552%	0.00049%
DEV. ST.	1.227%	0.485%	0.450%	0.391%	0.336%	0.453%	0.542%	0.595%	0.604%
MAX	8.747%	3.933%	5.473%	3.062%	2.370%	3.488%	5.307%	5.978%	2.906%
MIN	-14.608%	-3.872%	-2.132%	-3.792%	-2.340%	-3.772%	-3.054%	-2.650%	-2.447%
%POS	47.73%	47.38%	52.25%	46.53%	49.76%	50.49%	50.62%	46.78%	46.32%
%NEG	52.27%	52.62%	47.75%	53.47%	50.24%	49.51%	49.94%	53.22%	53.68%
SKEWNESS	-1.328	0.440	1.966	-0.154	0.221	-0.664	1.530	1.229	0.768
KURTOSIS	28.834	8.517	19.579	13.218	5.817	13.062	12.269	10.885	3.304
JB TEST	43196.000	5038.722	27393.740	12009.480	2340.209	11842.740	10984.000	8556.531	469.482
t TEST	-0.186	-0.865	2.009	-1.544	0.028	-0.234	1.678	-0.376	0.024

TABELLA 2.11b: Statistiche delle distribuzioni mini-futures intraday									
	LUNEDÌ								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>MEDIA</b>	-0.00324%	0.02649%	-0.02930%	-0.01139%	-0.00955%	-0.00025%	0.00097%	-0.01875%	-0.01672%
<b>DEV. ST.</b>	1.065%	0.385%	0.280%	0.272%	0.269%	0.292%	0.324%	0.379%	0.339%
<b>MAX</b>	8.291%	2.038%	0.851%	0.556%	1.200%	1.047%	1.499%	1.564%	0.955%
<b>MIN</b>	-10.739%	-1.443%	-0.952%	-2.050%	-0.660%	-1.047%	-1.178%	-2.020%	-0.913%
<b>% NULLE</b>	32.75%	35.29%	47.23%	48.65%	50.00%	48.87%	46.58%	35.38%	40.34%
<b>%POS</b>	33.45%	34.56%	21.28%	25.23%	22.68%	25.34%	26.37%	28.52%	27.27%
<b>%NEG</b>	33.80%	30.15%	31.49%	26.13%	27.32%	25.79%	27.05%	36.10%	32.39%
<b>SKEWNESS</b>	-2.308	0.514	0.075	-1.927	0.516	0.110	0.218	-0.128	0.203
<b>KURTOSIS</b>	47.990	4.114	1.501	12.868	1.775	2.029	2.808	3.993	0.412
<b>JB TEST</b>	28209.600	208.823	23.416	1705.317	35.646	40.089	101.032	189.510	2.724
<b>t TEST</b>	-0.515	1.135	-1.606	-0.624	-0.494	-0.129	-0.509	-0.825	-0.654
	MARTEDÌ								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>MEDIA</b>	-0.05786%	-0.01469%	0.02174%	-0.02712%	0.00033%	0.00572%	0.01790%	-0.03904%	-0.00649%
<b>DEV. ST.</b>	0.593%	0.303%	0.386%	0.299%	0.280%	0.276%	0.330%	0.353%	0.413%
<b>MAX</b>	3.992%	0.823%	1.311%	1.058%	1.544%	0.751%	1.307%	1.299%	1.854%
<b>MIN</b>	-2.381%	-1.194%	-1.047%	-1.105%	-0.678%	-0.992%	-0.837%	-1.290%	-1.262%
<b>% NULLE</b>	33.10%	39.48%	46.75%	46.53%	48.86%	42.40%	39.02%	33.89%	33.91%
<b>%POS</b>	32.04%	27.31%	27.71%	24.75%	25.11%	30.88%	30.66%	29.19%	31.03%
<b>%NEG</b>	34.86%	33.21%	25.54%	28.71%	26.03%	26.73%	30.31%	36.91%	35.06%
<b>SKEWNESS</b>	0.334	0.059	0.286	-0.219	0.712	-0.241	0.502	-0.079	0.601
<b>KURTOSIS</b>	9.436	0.461	1.514	1.099	3.537	0.121	0.914	1.018	2.787
<b>JB TEST</b>	1078.651	2.840	26.429	12.580	136.810	2.327	22.768	13.871	69.702
<b>t TEST</b>	-1.643	-0.799	0.944	-1.289	0.177	0.305	0.923	-1.908	-0.207
	MERCOLEDÌ								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>MEDIA</b>	-0.00910%	-0.02833%	0.00730%	-0.02791%	0.03005%	0.03701%	0.02575%	-0.00451%	0.00068%
<b>DEV. ST.</b>	0.689%	0.392%	0.415%	0.248%	0.269%	0.435%	0.506%	0.366%	0.501%
<b>MAX</b>	4.396%	1.339%	1.600%	0.797%	1.072%	3.299%	3.489%	1.401%	2.362%
<b>MIN</b>	-4.820%	-1.451%	-2.589%	-0.745%	-0.606%	-1.522%	-3.672%	-1.026%	-1.351%
<b>% NULLE</b>	32.27%	33.07%	40.89%	50.60%	45.21%	41.99%	34.70%	39.15%	29.55%
<b>%POS</b>	34.04%	29.57%	32.44%	19.28%	30.14%	32.60%	35.62%	30.21%	31.82%
<b>%NEG</b>	33.69%	37.35%	26.67%	30.12%	24.66%	25.41%	29.68%	30.64%	38.64%
<b>SKEWNESS</b>	-0.724	0.184	-1.603	0.314	0.709	2.384	-0.600	0.280	1.220
<b>KURTOSIS</b>	15.669	1.394	10.683	0.963	1.627	18.996	22.565	1.473	4.304
<b>JB TEST</b>	2958.957	23.312	1192.282	9.864	29.870	2966.514	4756.940	25.481	140.730
<b>t TEST</b>	-0.222	-1.159	0.264	-1.447	1.349	1.146	0.753	-0.189	-0.016
	GIOVEDÌ								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>MEDIA</b>	0.05425%	0.03907%	0.01748%	0.01727%	-0.00892%	-0.00344%	0.01107%	0.00813%	0.05401%
<b>DEV. ST.</b>	1.392%	0.400%	0.575%	0.477%	0.361%	0.461%	0.408%	0.418%	0.409%
<b>MAX</b>	13.730%	1.658%	4.931%	2.295%	1.242%	1.770%	1.954%	1.685%	1.869%
<b>MIN</b>	-5.692%	-1.729%	-2.788%	-3.342%	-1.235%	-3.093%	-0.922%	-1.560%	-1.287%
<b>% NULLE</b>	34.23%	37.73%	36.21%	41.33%	38.98%	40.08%	32.57%	34.06%	30.05%
<b>%POS</b>	30.87%	34.80%	29.31%	32.00%	30.93%	29.57%	33.55%	33.44%	39.89%
<b>%NEG</b>	34.90%	27.47%	34.48%	26.67%	30.08%	30.35%	33.88%	32.50%	30.05%
<b>SKEWNESS</b>	6.100	0.160	2.649	-1.262	-0.253	-0.969	0.672	0.109	0.344
<b>KURTOSIS</b>	60.346	3.175	24.817	13.987	1.389	8.519	1.893	1.847	2.186
<b>JB TEST</b>	47726.570	119.149	6344.944	1934.615	22.577	834.445	70.069	47.685	42.030
<b>t TEST</b>	0.673	1.615	0.463	0.543	-0.380	-0.119	0.473	0.348	1.788
	VENERDÌ								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>MEDIA</b>	-0.04200%	-0.03868%	0.05261%	0.00660%	-0.02311%	-0.01485%	0.01004%	0.04257%	0.03783%
<b>DEV. ST.</b>	0.726%	0.358%	0.298%	0.319%	0.288%	0.387%	0.365%	0.526%	0.500%
<b>MAX</b>	4.735%	1.795%	1.179%	1.173%	0.902%	1.064%	1.555%	4.232%	2.625%
<b>MIN</b>	-3.355%	-1.286%	-1.133%	-1.460%	-1.271%	-2.192%	-1.053%	-1.739%	-1.457%
<b>% NULLE</b>	29.83%	42.21%	45.92%	43.16%	42.80%	40.98%	34.33%	35.31%	29.41%
<b>%POS</b>	31.53%	24.33%	33.91%	27.78%	25.85%	31.15%	31.33%	32.67%	32.94%
<b>%NEG</b>	38.64%	33.46%	20.17%	29.06%	31.36%	27.87%	34.33%	32.01%	37.65%
<b>SKEWNESS</b>	0.388	0.610	-0.036	-0.078	-0.260	-1.197	0.550	3.332	1.520
<b>KURTOSIS</b>	10.681	3.973	1.566	3.809	1.741	4.881	1.736	23.139	5.727
<b>JB TEST</b>	1434.323	194.171	25.085	146.074	33.899	307.683	54.359	7427.692	307.394
<b>t TEST</b>	-0.994	-1.754	2.694	0.316	-1.231	-0.599	0.476	1.408	0.987
	SETTIMANA								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>MEDIA</b>	-0.01695%	-0.00267%	0.01392%	-0.00687%	-0.00416%	0.00257%	0.00102%	-0.00167%	0.01455%
<b>DEV. ST.</b>	0.945%	0.370%	0.398%	0.338%	0.299%	0.379%	0.385%	0.417%	0.432%
<b>MAX</b>	13.730%	2.038%	4.931%	2.295%	1.544%	3.299%	3.489%	4.232%	2.625%
<b>MIN</b>	-10.739%	-1.729%	-2.788%	-3.342%	-1.271%	-3.093%	-3.672%	-2.020%	-1.457%
<b>% NULLE</b>	32.43%	37.57%	43.43%	45.76%	44.91%	42.77%	37.52%	35.38%	32.81%
<b>%POS</b>	32.37%	30.16%	28.89%	26.22%	26.87%	29.82%	31.31%	30.91%	32.69%
<b>%NEG</b>	35.20%	32.26%	27.68%	28.03%	28.23%	27.41%	31.17%	33.71%	34.49%
<b>SKEWNESS</b>	3.432	0.338	1.300	-0.932	0.102	-0.098	0.172	1.509	0.992
<b>KURTOSIS</b>	78.475	3.058	25.634	14.594	2.245	11.696	12.068	14.617	4.529
<b>JB TEST</b>	374942.200	549.320	32098.330	9504.179	220.235	6414.538	8544.611	13344.990	856.911
<b>t TEST</b>	-0.682	-0.264	1.190	-0.659	-0.447	0.227	0.995	-0.151	0.973

TABELLA 2.11c: Statistiche delle distribuzioni Euro Stoxx 50 intraday									
	LUNEDI								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIA	0.00797%	-0.00421%	0.00007%	0.00203%	0.00111%	0.00239%	0.00220%	-0.00011%	0.01273%
DEV. ST.	0.216%	0.084%	0.064%	0.063%	0.054%	0.061%	0.081%	0.091%	0.082%
MAX	1.702%	0.222%	0.267%	0.233%	0.245%	0.222%	0.313%	0.580%	0.281%
MIN	-0.692%	-0.586%	-0.313%	-0.333%	-0.266%	-0.338%	-0.344%	-0.382%	-0.221%
%POS	44.86%	48.15%	50.62%	53.70%	51.85%	48.46%	56.48%	49.38%	60.84%
%NEG	55.14%	51.85%	49.38%	46.30%	48.15%	51.54%	43.52%	50.62%	39.16%
SKEWNESS	3.028	-1.149	-0.033	-0.874	-0.477	-0.583	-0.389	0.438	0.187
KURTOSIS	40.483	8.023	3.127	6.742	3.599	3.527	2.813	6.932	0.960
JB TEST	4704.871	955.807	135.278	666.318	191.311	190.400	117.848	670.802	8.016
t TEST	0.576	-0.899	0.021	0.581	0.366	-0.706	0.487	-0.022	2.011
	MARTEDI								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIA	0.00507%	-0.00365%	0.00100%	0.00615%	0.00024%	0.00136%	-0.00293%	0.00201%	-0.00204%
DEV. ST.	0.142%	0.071%	0.073%	0.061%	0.065%	0.062%	0.074%	0.081%	0.074%
MAX	0.651%	0.243%	0.450%	0.319%	0.245%	0.280%	0.295%	0.253%	0.234%
MIN	-0.587%	-0.278%	-0.270%	-0.170%	-0.466%	-0.326%	-0.290%	-0.398%	-0.280%
%POS	47.22%	49.70%	49.40%	52.68%	51.79%	52.08%	50.89%	53.27%	53.49%
%NEG	52.78%	50.30%	50.60%	47.32%	48.21%	47.92%	49.11%	46.73%	46.51%
SKEWNESS	0.731	-0.288	0.761	0.694	-1.002	-0.103	-0.307	-0.705	-0.179
KURTOSIS	5.417	1.382	7.251	3.070	8.833	3.662	1.648	2.529	1.849
JB TEST	338.568	32.456	781.362	162.322	1166.763	192.496	44.632	119.992	26.980
t TEST	0.567	-0.949	0.252	1.846	0.069	0.404	-0.727	0.453	-0.360
	MERCOLEDI								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIA	-0.00556%	0.00293%	-0.00149%	0.00447%	-0.00029%	-0.00368%	-0.00628%	0.00133%	0.00611%
DEV. ST.	0.155%	0.080%	0.064%	0.052%	0.051%	0.079%	0.083%	0.086%	0.090%
MAX	1.059%	0.514%	0.316%	0.197%	0.190%	0.359%	0.353%	0.306%	0.321%
MIN	-0.697%	-0.309%	-0.241%	-0.189%	-0.337%	-0.735%	-0.441%	-0.421%	-0.315%
%POS	44.05%	52.38%	48.21%	53.87%	50.00%	50.60%	46.43%	51.19%	56.98%
%NEG	55.95%	47.62%	51.79%	46.13%	50.00%	49.40%	53.57%	48.81%	43.02%
SKEWNESS	1.016	0.642	0.073	0.192	-0.749	-2.390	-0.276	-0.540	-0.249
KURTOSIS	12.718	6.086	2.913	1.910	6.839	24.034	3.945	3.437	2.474
JB TEST	1775.761	551.150	121.992	54.748	697.845	8518.557	226.802	185.574	47.988
t TEST	-0.571	0.674	-0.427	1.586	-0.103	-0.856	-1.391	0.285	0.887
	GIOVEDI								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIA	0.00350%	-0.00530%	-0.00449%	-0.00223%	0.00224%	0.00156%	0.00012%	-0.00338%	0.00000%
DEV. ST.	0.177%	0.098%	0.124%	0.090%	0.081%	0.103%	0.120%	0.113%	0.123%
MAX	0.907%	0.796%	0.678%	0.593%	0.540%	0.676%	0.429%	0.459%	0.694%
MIN	-0.956%	-0.432%	-1.347%	-0.531%	-0.393%	-0.364%	-0.721%	-0.513%	-0.605%
%POS	48.97%	49.38%	52.78%	50.31%	52.47%	52.78%	49.69%	49.38%	49.40%
%NEG	51.03%	50.62%	47.22%	49.69%	47.53%	47.22%	50.31%	50.62%	50.60%
SKEWNESS	0.169	1.312	-4.769	0.341	0.298	1.415	-0.838	0.023	0.547
KURTOSIS	10.387	15.078	49.896	12.108	8.341	9.605	6.372	2.877	10.119
JB TEST	1117.094	3208.815	35293.250	2016.206	959.927	1374.805	596.465	114.636	739.203
t TEST	0.307	-0.971	-0.665	-0.446	0.497	0.274	0.018	-0.541	0.004
	VENERDI								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIA	-0.00521%	0.00212%	-0.00891%	-0.00227%	0.00437%	0.00222%	0.00213%	-0.00740%	-0.00531%
DEV. ST.	0.151%	0.075%	0.068%	0.075%	0.059%	0.075%	0.082%	0.106%	0.087%
MAX	0.818%	0.352%	0.237%	0.415%	0.245%	0.372%	0.341%	0.399%	0.216%
MIN	-0.706%	-0.337%	-0.316%	-0.316%	-0.163%	-0.241%	-0.225%	-0.645%	-0.371%
%POS	48.35%	49.69%	40.43%	50.00%	50.31%	52.16%	54.32%	49.69%	49.40%
%NEG	51.65%	50.31%	59.57%	50.00%	49.69%	47.84%	45.68%	50.31%	50.60%
SKEWNESS	-0.114	-0.332	-0.031	0.233	0.302	0.533	0.270	0.613	-0.887
KURTOSIS	8.109	4.300	2.206	4.436	1.433	3.433	1.341	5.193	2.613
JB TEST	678.733	260.895	67.688	274.120	33.739	178.342	29.237	391.705	71.913
t TEST	-0.535	0.511	-2.353	-0.544	1.324	0.535	0.468	-1.262	-0.784
	SETTIMANA								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MEDIA	0.00114%	-0.00160%	-0.00275%	0.00168%	0.00151%	-0.00020%	-0.00100%	-0.00146%	0.00230%
DEV. ST.	0.170%	0.082%	0.082%	0.069%	0.063%	0.077%	0.089%	0.096%	0.093%
MAX	1.702%	0.796%	0.678%	0.593%	0.541%	0.676%	0.429%	0.580%	0.694%
MIN	-0.956%	-0.586%	-1.347%	-0.531%	-0.466%	-0.735%	-0.721%	-0.645%	-0.605%
%POS	46.67%	49.88%	48.30%	52.13%	51.28%	51.22%	51.52%	50.61%	54.04%
%NEG	53.33%	50.12%	51.70%	47.87%	48.72%	48.78%	48.48%	49.39%	45.96%
SKEWNESS	1.511	0.217	-3.203	0.141	-0.183	0.173	-0.493	-0.273	0.055
KURTOSIS	16.837	9.934	55.497	9.879	8.255	13.153	5.962	4.653	7.867
JB TEST	15077.240	6794.964	214334.600	6711.290	4692.349	11894.390	2510.527	1509.466	2185.916
t TEST	0.235	-0.793	-1.362	0.984	0.974	-0.104	-0.456	-0.620	0.721

TABELLA 2.12: Regressione dei rendimenti sulle dummies orarie										
	VSTOXX			MINI-FUTURES			EURO STOXX 50			
	Stima	t-value	p-value	Stima	t-value	p-value	Stima	t-value	p-value	
$\alpha$	0.00001	0.072	0.94200	-0.00018	-1.078	0.28100	0.00001	0.430	0.66700	
ddieci	-0.00012	-0.558	0.57700	0.00017	0.755	0.45000	-0.00003	-0.784	0.43300	
dundici	0.00011	0.482	0.63000	0.00034	1.470	0.14100	-0.00004	-1.110	0.26700	
ddodici	-0.00013	-0.571	0.56800	0.00008	0.350	0.72600	0.00001	0.155	0.87700	
dtredici	-0.00006	-0.253	0.80000	0.00014	0.599	0.54900	0.00000	0.107	0.91500	
dquattor	0.00007	0.318	0.75000	0.00018	0.755	0.45000	-0.00001	-0.382	0.70200	
dquindici	0.00019	0.827	0.40800	0.00026	1.195	0.23200	-0.00002	-0.613	0.54000	
dsedici	-0.00014	-0.621	0.53500	0.00017	0.781	0.43500	-0.00003	-0.744	0.45700	
ddiciasset	-0.00004	-0.138	0.89000	0.00035	1.402	0.16100	0.00001	0.280	0.78000	
Adjusted R-squared	-0.0002618			-0.000457			-0.0002843			
f-test	0.6108			0.4652			0.5175			
p-value f-test	0.7697			0.8813			0.8443			

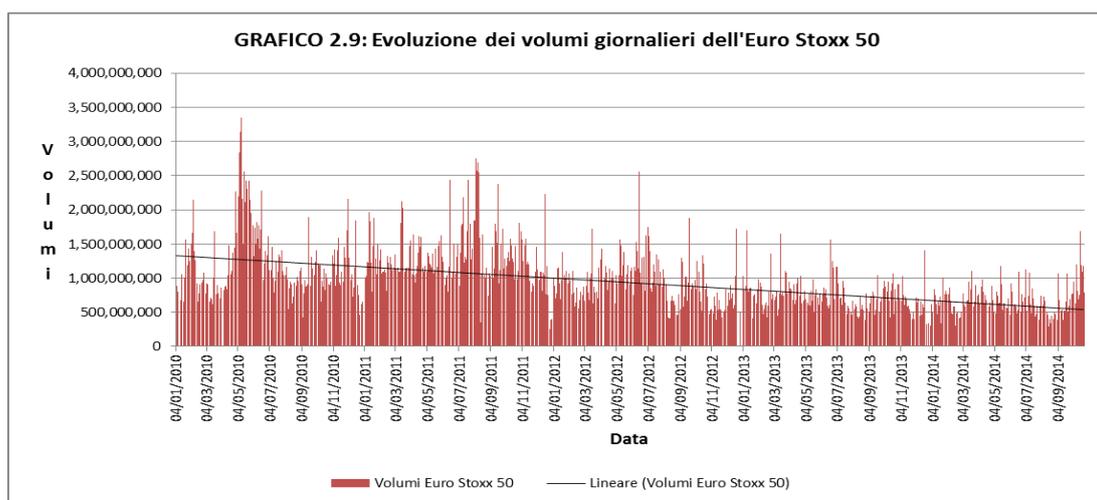
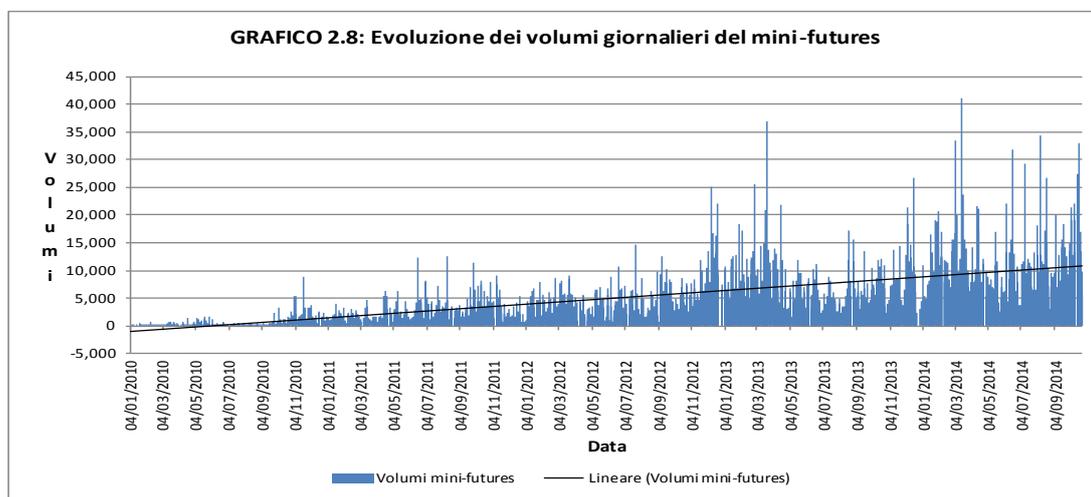
## 2.4 Analisi dei volumi giornalieri e infra-giornalieri

Diversi studi hanno fornito evidenze sull'esistenza di relazioni tra la quantità di contratti negoziati nei vari giorni o nelle diverse ore e i rendimenti rispettivamente giornalieri e infra-giornalieri. Il primo vero tentativo di analisi di tali relazioni è stato compiuto da Granger e Morgenstern (1963) e da Godfrey, Granger e Morgenstern (1964), i quali hanno tuttavia concluso l'inesistenza di un chiaro legame tra volumi e rendimenti. Conclusione smentita da alcune delle successive analisi, come quelle di Crouch (1970), Rogalski (1978), Smirlock e Starks (1986), Westerfield (1977), Ying (1966), Clark (1973) e Grammatikos e Saunders (1986). Un modello interessante è stato elaborato da Epps (1975) sulla base dell'evidenza empirica che la relazione volume-rendimenti varia a seconda che le variazioni di prezzo siano positive o negative. Il suo modello infatti implica che il volume scambiato sia maggiore in presenza di *upticks* piuttosto che in presenza di *downticks*. In altre parole viene effettuata una distinzione tra gli investitori *bulls* e gli investitori *bears*. Karpoff (1986) ha elaborato un modello con implicazioni simili che però, piuttosto che basarsi su differenze comportamentali tra due tipi di investitori, si basa su regole istituzionali che accrescono i costi dello *short-selling*.

La nostra analisi ha come oggetto i volumi scambiati (non l'*open interest*) del mini-futures sul Vstoxx e dell'indice Euro Stoxx 50; purtroppo per quest'ultimo sono reperibili su Bloomberg solamente dati giornalieri. Ricordiamo che il Vstoxx non è uno strumento negoziato, quindi non ha volumi scambiati.

Dal 04/01/2010 al 23/10/2014 sono stati scambiati un totale di 6,029,829 contratti mini-futures sul Vstoxx con una media giornaliera di 4,959 e un totale di 1,133,413,514,560 contratti spot dell'indice Euro Stoxx 50 con una media giornaliera di 932,083,482. Il massimo scambiato del Vstoxx è stato di 40,997 registrato il 14/03/2014, mentre il minimo è stato di 1 rilevato in più occasioni nel periodo iniziale del 2010. Il massimo scambiato dell'Euro Stoxx 50 è stato di 3,350,774,272 registrato il 10/05/2010, mentre il minimo è stato di 195,946,816 rilevato il 15/08/2013.

Il grafico 2.8 mostra l'evoluzione storica dei volumi del mini-futures negoziati da due anni successivi alla sua introduzione (2010) sino al 23/10/2014, mentre il grafico 2.9 raffigura l'evoluzione dei volumi dell'Euro Stoxx 50 sullo stesso orizzonte temporale.

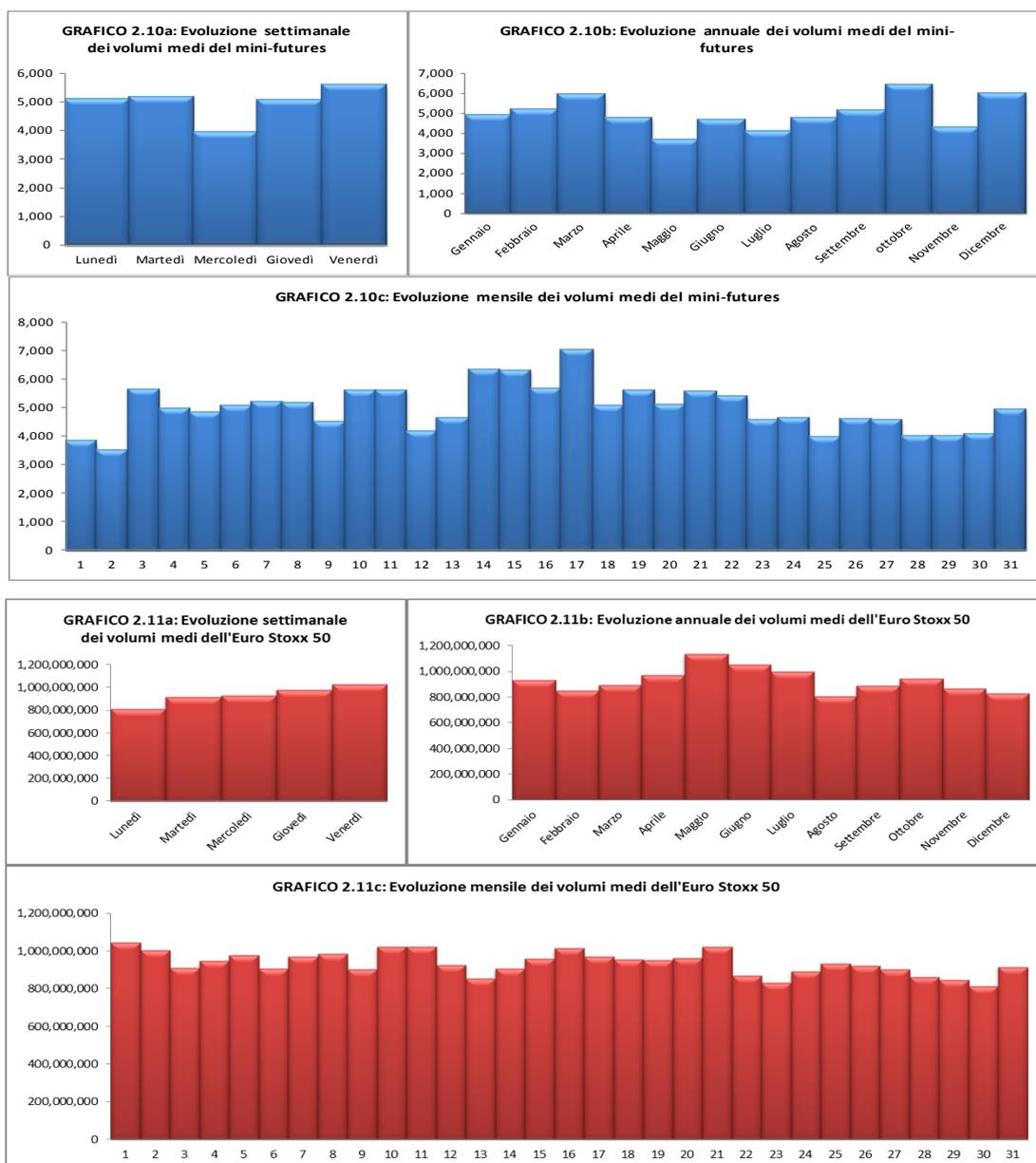


Dai due grafici emerge una chiara tendenza opposta evidenziata dalle linee di tendenza: i volumi del mini-futures sono incrementati notevolmente dalla sua

introduzione, diventando l'indice di volatilità di riferimento europeo; al contrario i volumi dell'Euro Stoxx 50 si sono ridotti da 4 anni a questa parte.

I grafici 2.10 e 2.11 mostrano le distribuzioni dei volumi medi settimanali, annuali e mensili rispettivamente del mini-futures sul Vstoxx e dell'indice Euro Stoxx 50.

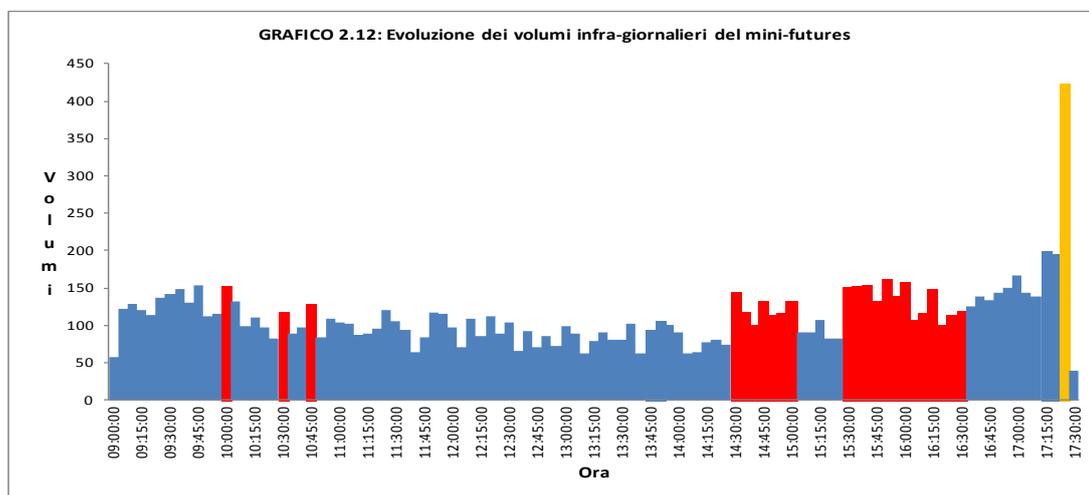
Riguardo al Vstoxx, in ciascun giorno della settimana vengono scambiati in media circa 5000 contratti, ad eccezione del mercoledì in cui il volume si abbassa a 4000. Il mese che ha fatto registrare il picco medio degli scambi è stato ottobre, mentre il minimo in media è stato registrato a maggio. Nel corso del mese, i volumi tendono ad essere più elevati nei giorni centrali.



I volumi settimanali medi dell'Euro Stoxx 50 sono caratterizzati da una scaletta crescente dal lunedì al venerdì. Se andiamo a vedere invece l'evoluzione mensile, questa sembra decrescere dall'inizio alla fine del mese. Nel corso dell'anno il mese con i volumi maggiori in media è stato maggio, mentre il mese con le minori negoziazioni è stato agosto.

Per cercare di comprendere se esiste una relazione positiva tra volumi scambiati e rendimenti analizzeremo congiuntamente gli scambi e i prezzi infra-giornalieri. L'orizzonte temporale va dal 08/05/2014 al 18/11/2014 con un intervallo di 5 minuti tra un'osservazione e l'altra. In media sono scambiati 100 contratti ogni 5 minuti con un massimo registrato di 1662 e il minimo di 1.

Il grafico 2.12 mostra i volumi scambiati ogni 5 minuti nel corso delle ore di negoziazione.

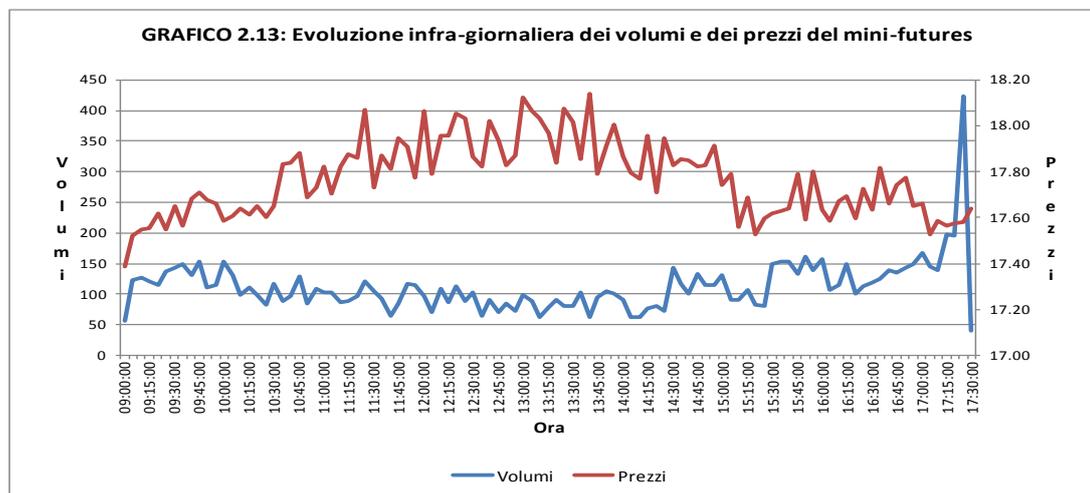


I volumi maggiori sono registrati in fase di apertura dove probabilmente molti investitori stanno chiudendo le loro posizioni overnight, e in fase di chiusura con il picco delle 17.25 CET (5 minuti prima della chiusura) che spicca tra tutti gli altri (evidenziato in arancione). L'innalzamento dei volumi a fine giornata è dovuto probabilmente agli investitori che non vogliono lasciare posizioni aperte overnight e che generalmente costituiscono la maggioranza. Nelle ore centrali la situazione sembra più calma seppur vi sono alcuni picchi evidenziati in rosso corrispondenti ai minuti in cui vengono rilasciati importanti dati macroeconomici e finanziari della zona euro, della Gran Bretagna e degli USA<sup>22</sup>. Se è vera la relazione positiva tra

<sup>22</sup> La mattina tra le 10 e le 10:30 sono rilasciati importanti dati macroeconomici della zona euro e soprattutto della Gran Bretagna; il primo pomeriggio dalle 14:30 vi è il rilascio di dati macroeconomici USA, spesso accompagnato da discorsi e provvedimenti della BCE e della FOMC

volumi e prezzi allora in questi minuti dovrebbero esserci più *upticks* che *downticks* giustificabili anche dal fatto che nei minuti antecedenti il rilascio dei dati c'è maggiore incertezza e quindi più elevata volatilità.

Il grafico 2.13 mostra graficamente la relazione tra volumi e prezzi infra-giornalieri del mini-futures, ma è molto difficile trarre conclusioni circa la natura della stessa.



Per avere maggiori informazioni, è stata effettuata una regressione lineare tra volumi e rendimenti<sup>23</sup>:

$$V_t = \alpha + \beta_1 \times |r_t| + \beta_2 \times (D_{neg} \times |r_t|) + \epsilon_t$$

Dove:

- $V_t$  sono i volumi del mini-futures scambiati all'istante  $t$ ;
- $\alpha$  è l'intercetta;
- $\beta_1$  e  $\beta_2$  sono i coefficienti dei due regressori;
- $|r_t|$  sono i rendimenti in valore assoluto del mini-futures rilevati all'istante  $t$ ;
- $D_{neg}$  è una variabile dummy che assume valore 0 se i rendimenti sono positivi e 1 se i rendimenti sono nulli o negativi;
- $\epsilon_t$  è un elemento di disturbo (o errore), contenente tutto ciò che non è spiegato dai regressori.

---

circa la politica monetaria; nel pomeriggio tra le 15:30 e le 16:30 vengono annunciati altri dati macroeconomici USA. Calendario economico disponibile su [investing.com](http://it.investing.com/economic-calendar/):

<http://it.investing.com/economic-calendar/>

<sup>23</sup> C. Jain e Gun-Ho Joh (1988), "The dependence between hourly prices and trading volume".

Sia i volumi che i rendimenti sono stati standardizzati per evitare problemi connessi all'eteroschedasticità. Così facendo la serie è stata resa stazionaria e ciò è confermato dal test di Dickey-Fuller<sup>24</sup>.

<b>TABELLA 2.13: Regressione dei volumi sui rendimenti</b>			
	<b>Stima</b>	<b>t-value</b>	<b>p-value</b>
<b><math>\alpha</math></b>	-0.14550	-12.958	$<2e^{-16}$ ***
<b><math> r_t </math></b>	0.23130	16.974	$<2e^{-16}$ ***
<b><math>D_t  r_t </math></b>	0.07142	3.762	0.00017 ***
<b>Adjusted R-squared</b>	0.04878		
<b>f-test</b>	278.1		
<b>p-value f-test</b>	$<2.2e^{-16}$		

I risultati sono mostrati nella tabella 2.13.

Tutte e tre le variabili sono significative ad un livello di confidenza prossimo al 100%. Il coefficiente dei rendimenti assoluti è positivo, suggerendo una relazione positiva tra ampiezza dei rendimenti (sia

positivi che negativi) e ampiezza dei volumi scambiati. Anche il coefficiente della seconda variabile è positivo, ad indicare che a rendimenti negativi sono connessi volumi più elevati, in contrasto con i modelli di Epps e Karpoff. Tali risultati potrebbero essere tuttavia inficiati come al solito dalla scelta del campione. Questo problema, unitamente alla discordanza con i modelli di Epps e Karpoff, mi porta a concludere che non è affatto chiara la relazione (semai esistesse) tra volumi e rendimenti.

<sup>24</sup> E' un test di stazionarietà che verrà spiegato nel prossimo capitolo.

# CAPITOLO 3

---

## Prevedere la volatilità

Sono stati impiegati 3 modelli per cercare di prevedere le future oscillazioni giornaliere e *intraday* (a 5 minuti) del Vstox e del mini-futures a 30 giorni sul Vstox: ARIMAX, GARCH e il *Perpetual Debt Model* definito da Gaia Barone (2011) sulla base del modello di H. Leland.

Per ognuno di essi verrà fornita una breve spiegazione teorica, quindi verranno presentate le principali caratteristiche che emergono dalle varie serie temporali del Vstox e del mini-futures e infine la loro capacità predittiva.

### 3.1 Modello ARIMAX

Il modello ARIMAX appartiene alla famiglia dei modelli ARMA di cui rappresenta una generalizzazione. Il riferimento bibliografico più rilevante di questo paragrafo è la monografia di Box, Jenkins e Reinsel (2008).

ARMA è l'acronimo di AutoRegressive Moving Average, ossia modello autoregressivo a media mobile impiegato per la descrizione di serie storiche e avente come oggetto solamente processi stocastici caratterizzati dalle seguenti proprietà:

- STAZIONARIETA' in senso debole. Per essere stazionario in senso debole un processo stocastico deve avere media e varianza costanti nel tempo e autocovarianza indipendente dal tempo  $t$ , funzione solamente del ritardo temporale  $h$ , ossia la distanza di tempo tra due osservazioni della variabile  $y_t$ , rappresentativa della serie storica:

- Valore atteso costante nel tempo:

$$E(y_t) = E(y_{t+1}) = \dots = \mu$$

- Varianza costante nel tempo (omoschedasticità):

$$Var(y_t) = E(y_t - \mu)^2 = \gamma(0) < \infty$$

- Autocovarianza funzione non del tempo  $t$  ma solamente del ritardo  $h$  tra due osservazioni di  $y$ <sup>25</sup>:

---

<sup>25</sup> Di conseguenza anche l'autocorrelazione  $\rho(y_t, y_{t-h})$  sarà funzione del solo ritardo  $h$  e pari a  $\frac{\gamma(h)}{\gamma(0)}$ .

$$\text{Cov}(y_t, y_{t-h}) = E[(y_t - \mu)(y_{t-h} - \mu)] = \gamma(h) = \gamma(-h)$$

- INVERTIBILITA'. Occorre che vengano rispettate alcune condizioni che consentono di evitare la molteplicità di processi aventi parametri differenti, ma uguale media, varianza e covarianza. Infatti quest'ultimi indicatori statistici dovrebbero identificare univocamente un dato processo stocastico stazionario.
- ERGODICITA'. Osservazioni convenientemente lontane devono essere incorrelate tra loro in modo da avere stime consistenti dei parametri del processo.

Senza queste restrizioni il processo inferenziale presenterebbe complicazioni insuperabili.

Un processo stocastico di tipo ARMA (p,q) ha la seguente rappresentazione:

$$y_t = m + \varphi_1 y_{t-1} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \xi_t + \theta_1 \xi_{t-1} + \dots + \theta_q \xi_{t-q}$$

Oppure:

$$\varphi(L)y_t = m + \theta(L)\xi_t$$

Dove:

- $y_t$  è l'osservazione al tempo  $t$  della serie storica;
- $m$  è una costante (l'intercetta) che può anche non essere presente;
- $\varphi(L) = 1 - \varphi_1 L - \dots - \varphi_p L^p$  è il polinomio caratteristico autoregressivo di ordine  $p$ , rappresentativo di un processo stocastico in cui l'osservazione al tempo  $t$  di una serie storica è generata dal suo stesso passato fino ad un ritardo  $p$ <sup>26</sup>;
- $\theta(L) = 1 + \theta_1 L + \dots + \theta_q L^q$  è il polinomio caratteristico a media mobile di ordine  $q$ , rappresentativo di un processo stocastico in cui l'osservazione al tempo  $t$  di una serie storica è generata da una sequenza storica di *white noise*  $\xi$  fino al ritardo  $q$ ;
- $\xi_t$  è un *white noise* (rumore bianco), il più elementare dei processi stocastici caratterizzato dalle seguenti proprietà:

<sup>26</sup>  $L$  è il *lag operator* tale per cui  $L^n(y_t) = y_{t-n}$ .

- Valore atteso costante e pari a 0:

$$E(\xi_t) = 0 \quad \forall t$$

- Omoschedasticità:

$$E(y_t^2) = \sigma^2 \quad \forall t$$

- Incorrelazione nel tempo a qualsiasi ritardo<sup>27</sup>:

$$E(y_t, y_{t-h}) = 0 \quad \forall h \neq 0$$

Quindi un processo stocastico di tipo ARMA (p,q) prevede che ciascuna osservazione al tempo  $t$  sia generata dal suo passato fino a un ritardo  $t$  e da un serie temporale di *white noises* fino al ritardo  $q$ .

Affinché il processo rispetti la proprietà di stazionarietà è necessario che le radici del polinomio caratteristico autoregressivo  $\varphi(L)$  siano al di fuori del circolo unitario e che quindi:

$$\sum_{i=1}^p \varphi_i < 1$$

Affinché il processo rispetti la proprietà di invertibilità è necessario che le radici del polinomio caratteristico a media mobile  $\theta(L)$  siano al di fuori del circolo unitario e che quindi:

$$\sum_{i=1}^q \theta_i < 1$$

Il modello che andremo ad utilizzare per prevedere la serie storica del Vstoxx e del mini-futures avrà al massimo ritardi di  $p$  e  $q$  pari ad 1. Perciò sarebbe utile concentrarsi sulle proprietà del modello ARMA (1,1):

$$y_t = m + \varphi y_{t-1} + \xi_t + \theta \xi_{t-1}$$

$$\text{Con } \xi_t \sim WN(0, \sigma^2)$$

La condizione di stazionarietà in un ARMA (1,1) si riduce ad essere  $|\varphi| < 1$ , mentre quella di invertibilità  $|\theta| < 1$ .

Per quanto riguarda i momenti della distribuzione, l'ARMA (1,1) è caratterizzato da:

---

<sup>27</sup> L'autocorrelazione di un *white noise* sarà pari a  $\rho(y_t, y_{t-h}) = \begin{cases} 1 & \text{se } h = 0 \\ 0 & \text{se } h \neq 0 \end{cases}$

- Valore atteso incondizionato costante nel tempo e pari a<sup>28</sup>:

$$E(y_t) = \frac{m}{1 - \varphi}$$

- Varianza incondizionata costante nel tempo e pari a:

$$Var(y_t) = \frac{\sigma^2\{1 + \theta[\sigma + (\varphi + \theta)]\}}{1 - \varphi^2}$$

- Autocovarianza dipendente solo dal ritardo temporale  $h$  e pari a:

$$Cov(y_t, y_{t-h}) = \gamma(h) = \varphi\gamma(h-1)$$

La dimostrazione di queste proprietà va oltre gli scopi del presente trattato.

Piuttosto è interessante soffermarsi sulla dimostrazione di come la conoscenza di un set informativo passato, che indicheremo con  $Y_t = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_t\}$ , fornisca informazioni che ci consentono di migliorare la previsione futura della prossima osservazione  $y_{t+1}$  rispetto al valore atteso incondizionato (ossia quello calcolato senza basarsi su alcun set informativo passato). Anche la varianza condizionata risulta essere inferiore a quella incondizionata a dimostrazione del fatto che l'incertezza sul futuro viene ridotta.

Indicheremo con  $E_t(y_{t+1})$  il valore atteso della prossima osservazione condizionato alla conoscenza del set informativo passato, ossia  $E(y_{t+1}|Y_t)$ .

Al tempo  $t+1$  il processo ARMA (1,1) sarà:

$$y_{t+1} = m + \varphi y_t + \xi_{t+1} + \theta \xi_t$$

Il valore atteso di  $y_{t+1}$  condizionato al set informativo passato sarà:

$$E_t(y_{t+1}) = E_t(m) + E_t(\varphi y_t) + E_t(\xi_{t+1}) + E_t(\theta \xi_t)$$

Dove:

- $E_t(m) = m$  in quanto costante e quindi uguale nel tempo;
- $E_t(\varphi y_t) = \varphi E_t(y_t) = \varphi y_t$  in quanto  $y_t$  al tempo  $t$  è un valore ormai osservato e quindi noto;
- $E_t(\xi_{t+1}) = 0$  in quanto  $\xi_{t+1}$  è un *white noise* che, come già detto in precedenza, è incorrelato con il passato e quindi imprevedibile sulla base del set informativo attuale;

---

<sup>28</sup> Se omettiamo l'intercetta ( $m=0$ ), tutto il valore atteso sarà uguale a 0.

- $E_t(\theta\xi_t) = \theta E_t(\xi_t) = \theta\xi_t$  in quanto è dimostrabile che  $\xi_t$  coincide esattamente con il set informativo attuale  $Y_t$  e quindi è osservato e noto.

Quindi:

$$E_t(y_{t+1}) = m + \varphi y_t + \theta \xi_t$$

Se il processo generatore dei rendimenti del Vstoxx o del mini-futures è un ARMA (1,1), è possibile prevedere il rendimento successivo tramite una costante stimata, il rendimento attuale e un termine di errore noto, entrambi moltiplicati per dei coefficienti stimati.

I modelli ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) sono una generalizzazione dei modelli ARMA e generalmente denotati come ARIMA(p,d,q), dove  $p$ ,  $d$  e  $q$  sono numeri interi positivi indicanti rispettivamente l'ordine autogressivo, di integrazione e a media mobile. Un processo  $y_t$  è integrato di ordine  $d$ , e scriveremo  $y_t \sim I(d)$ , se le differenze  $d$ -esime  $\Delta^d y_t$  ammettono una rappresentazione di Wold stazionaria e invertibile. In altre parole applicando  $d$  volte l'operatore differenza  $\Delta = 1 - L$  si ottiene un processo stazionario ed invertibile, per il quale vale la tradizionale teoria asintotica. Nel caso di un ARIMA integrato di ordine  $d$ , esso ammetterà un processo ARMA(p,q) stazionario e invertibile, se differenziato  $d$  volte.

Serie osservate con cadenza sub-annuale (mensile o trimestrale per esempio) possono manifestare un comportamento periodico, con oscillazioni che hanno ciclo annuale. Questa stagionalità si ritrova nella funzione di autocorrelazione con valori alti a ritardi stagionali. Per catturare tali dinamiche occorre estendere adeguatamente la classe dei processi ARIMA, includendo gli ARIMA stagionali. Se un processo  $y_t$  è un ARIMA(P,D,Q) stagionale, allora includerà coefficienti autoregressivi e a media mobile a ritardi stagionali con ordini rispettivamente di P e Q e sarà integrato stagionalmente di ordine D, per cui occorrerà applicare D volte l'operatore differenza stagionale  $\Delta_s = 1 - L^s$  (dove  $s$  è il numero dei periodi componenti la stagione) per ottenere un processo ARMA (P,Q) stazionario e invertibile.

La rappresentazione dell'ARIMA che include effetti stagionali ha natura moltiplicativa ed è indicata con  $ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$ :

$$\varphi(L)\Phi(L^s)\Delta^d\Delta_s^D y_t = m + \theta(L)\Theta(L^s)\xi_t$$

dove:

- $\varphi(L)$  è il polinomio autoregressivo non stagionale in  $L$  di ordine  $p$ ;
- $\Phi(L^s)$  è il polinomio autoregressivo stagionale in  $L^s$  di ordine  $P$ ;
- $\Delta^d$  è l'operatore differenza non stagionale con un grado di integrazione pari a  $d$ ;
- $\Delta_s^D$  è l'operatore differenza stagionale con un grado di integrazione pari a  $D$ ;
- $y_t$  è il rendimento al tempo  $t$ ;
- $m$  è una costante (intercetta);
- $\theta(L)$  è il polinomio a media mobile non stagionale in  $L$  di ordine  $q$ ;
- $\Theta(L^s)$  è il polinomio a media mobile stagionale in  $L$  di ordine  $Q$ ;
- $\xi_t$  è un *white noise*:  $\xi_t \sim WN(0, \sigma^2)$ .

Come vedremo nel nostro caso non vi è alcun tipo di fenomeno stagionale e inoltre il modello migliore, scelto con un apposito approccio, non presenta alcun grado di integrazione. In tre casi su 4 il modello migliore è un  $ARIMA(1,0,1) \times (0,0,0)$  che coincide con un  $ARMA(1,1)$ ; nel caso restante è un  $ARIMA(1,0,0) \times (0,0,0)$  che coincide con un  $AR(1)$ .

All'ARIMA scelto sono state aggiunte variabili di regressione, perlopiù variabili finanziarie e dummies, ottenendo così il modello ARIMAX, ossia un normale modello ARIMA che ingloba anche variabili di regressione:

$$\varphi(L)\Phi(L^s)\Delta^d\Delta_s^D y_t = m + \theta(L)\Theta(L^s)\xi_t + \sum_{i=1}^n \beta_i X_{i,t-1} + \sum_{j=1}^k \beta_j D_{j,t} + \epsilon_t$$

Dove:

- $n$  è il numero delle variabili di regressione impiegate;
- $\beta_i$  è il coefficiente dell' $i$ -esima variabile finanziaria;
- $X_{i,t-1}$  è l'ultima osservazione disponibile (quella che precede l'osservazione da stimare) dell' $i$ -esima variabile finanziaria  $X_i$ ;
- $k$  è il numero delle variabili dummies impiegate;
- $\beta_j$  è il coefficiente della  $j$ -esima dummy;
- $D_{j,t}$  è il valore assunto dalla  $j$ -esima variabile dummy al tempo  $t$ ;

- $\epsilon_t$  è un elemento di disturbo (o errore), contenente tutto ciò che non è spiegato dalle variabili di regressione.

L'approccio utilizzato nell'identificare il miglior modello ARIMA è quello di Box-Jenkins (1976), i quali, più di ogni altro, hanno contribuito a rendere popolare questi modelli a tal punto che spesso ci si riferisce ad essi come modelli di Box-Jenkins.

### 3.1.1 L'approccio di Box-Jenkins

Box e Jenkins hanno proposto una metodologia per l'adattamento di un modello ARIMA alla serie temporale  $y_t$  che consiste nell'iterare il seguente schema a tre fasi: 1) identificazione del modello; 2) stima; 3) verifica.

#### 1. IDENTIFICAZIONE DEL MODELLO.

La fase di identificazione mira innanzitutto a determinare la trasformazione della serie che induce la stazionarietà in media, varianza e covarianza, fondamentale per poter utilizzare i modelli ARIMA. La trasformazione di gran lunga più utilizzata nelle serie storiche finanziarie (impiegata anche nel presente lavoro) è quella logaritmica  $\Delta \log y_t$  che corrisponde approssimativamente al tasso di variazione del fenomeno:

$$\Delta y_t \approx \frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}}$$

Il test più utilizzato per verificare se la stazionarietà della serie è stata raggiunta, è l'*Augmented Dickey-Fuller Test* (ADF test). Esso trae origine da un test più semplice e limitato, il test di Dickey-Fuller<sup>29</sup>, impiegato per verificare la stazionarietà di un processo stocastico di ordine autoregressivo  $p=1$ .

Il test si compone di tre tipologie di statistiche di Dickey-Fuller, a seconda se il processo è puramente stocastico, se non è invariante rispetto alla presenza di un termine costante e se oltre alla costante è presente un termine deterministico.

1° CASO:

$$y_t = \varphi y_{t-1} + \xi_t$$

---

<sup>29</sup> Fuller (1976) e Dickey e Fuller (1979,1981).

$H_0: \varphi = 1$  non stazionarietà.

$H_1: \varphi < 1$  stazionarietà.

La statistica test è:

$$\hat{t} = \frac{\hat{\varphi} - 1}{s} \left( \sum_{t=2}^n y_{t-1}^2 \right)^{1/2}$$

Dove:

- $s^2 = \sum_{t=2}^n (y_t - \hat{\varphi} y_{t-1})^2$ ;
- $\hat{\varphi} = \frac{\sum_{t=2}^n y_{t-1} y_t}{\sum_{t=2}^n y_{t-1}^2}$  è il parametro autoregressivo  $\varphi$  stimato con il metodo della massima verosimiglianza;
- $n$  è il numero di osservazioni componenti la nostra serie.

2° CASO:

$$y_t = m + \varphi_\mu y_{t-1} + \xi_t$$

$H_0: \varphi_\mu = 1$  non stazionarietà.

$H_1: \varphi_\mu < 1$  stazionarietà.

La statistica test è:

$$\hat{t}_\mu = \frac{\hat{\varphi}_\mu - 1}{se(\hat{\varphi}_\mu)}$$

Dove:

- $\hat{\varphi}_\mu$  è il parametro autoregressivo  $\varphi$  stimato in presenza della costante  $m$ ;
- $se(\hat{\varphi}_\mu)$  è lo *standard error* di  $\hat{\varphi}_\mu$ .

3° CASO:

$$y_t = m + \beta_t + \varphi_\tau y_{t-1} + \xi_t$$

$H_0: \varphi_\tau = 1$  non stazionarietà.

$H_1: \varphi_\tau < 1$  stazionarietà.

La statistica test è:

$$\hat{t}_\tau = \frac{\hat{\phi}_\tau - 1}{se(\hat{\phi}_\tau)}$$

Dove:

- $\hat{\phi}_\tau$  è il parametro autoregressivo  $\phi$  stimato in presenza della costante  $m$  e del termine deterministico  $\beta_t$ ;
- $se(\hat{\phi}_\tau)$  è lo *standard error* di  $\hat{\phi}_\tau$ .

Le tre statistiche test seguono tre varianti della distribuzione Dickey-Fuller ottenuta empiricamente mediante simulazioni di Montecarlo e riportate nella tabella 8.5.2 pag. 73 del libro di Fuller.

I test considerati sono eccessivamente semplificati e limitati a un grado del processo autoregressivo pari a 1. Phillips e Perron (1988) propongono di operare opportune modifiche non parametriche alle statistiche test considerate precedentemente, al fine di non alterare la loro distribuzione asintotica. La via alternativa proposta da Said e Dickey (1984) si fonda sull'idea di approssimare un processo lineare mediante un processo autoregressivo di ordine adeguato. Si giunge così all'*Augmented Dickey-Fuller Test* che consente di testare la stazionarietà di una serie anche con un grado autoregressivo superiore a 1. Non è nostro scopo dimostrare la costruzione di tale test, ma ci limitiamo a dire che un basso *p-value* del test induce a rifiutare l'ipotesi nulla di non stazionarietà.

Verificata la stazionarietà, occorre identificare il modello ARIMA che si adatta meglio alla serie. Il grado  $d$  di integrazione dovrebbe essere tale da trasformare la serie in un'ARMA stazionario. I gradi  $p$  e  $q$  dovrebbero essere identificati preliminarmente attraverso il confronto tra i correlogramma reali e quelli teorici della FAC (funzione di autocorrelazione) e della FACP (funzione di autocorrelazione parziale). La funzione di autocorrelazione parziale tra  $y_t$  e  $y_{t-h}$  è l'autocorrelazione esistente tra  $y_t$  e  $y_{t-h}$  al netto di tutti i fenomeni autoregressivi tra  $y_{t-1}$  e  $y_{t-h+1}$ :

$$\underline{\rho} = Corr(y_t, y_{t-h} | y_{t-1}, \dots, y_{t-h+1})$$

Un processo AR( $p$ ) ha una FAC che tende a 0 all'aumentare dei ritardi  $h$  e una FACP pari a zero per ogni  $h > p$ . Viceversa un processo MA( $q$ ) ha una FAC pari a 0 per ogni  $h > q$  e una FACP che tende a 0 all'aumentare dei ritardi  $h$ .

Quindi l'analisi della FACP ci aiuta ad individuare l'ordine  $p$  del polinomio autoregressivo, mentre l'analisi della FAC l'ordine  $q$  del polinomio a media mobile. Tuttavia i due fenomeni potrebbero combinarsi dando vita a correlogrammi poco chiari. Essi piuttosto sono utili a restringere il range dei possibili valori di  $p$  e  $q$ , dopodiché occorre approfondire lo studio mediante altri indicatori.

I più usati in tal senso sono l'AIC (Akaike Information Criterion)<sup>30</sup> e il BIC (Bayesian Information Criteria)<sup>31</sup>:

$$AIC(p, q) = \log \hat{\sigma}^2 + 2 \frac{p + q}{n}$$

$$BIC(p, q) = \log \hat{\sigma}^2 + \log n \frac{p + q}{n}$$

Dove:

- $p$  e  $q$  sono gli ordini rispettivamente del processo autoregressivo e a media mobile;
- $\hat{\sigma}^2$  è la varianza stimata del modello, ossia la parte non spiegata dalle variabili;
- $n$  è il numero di osservazioni componenti la serie.

L'ARIMA migliore è quello che minimizza i due indicatori. Entrambi privilegiano modelli che hanno molte variabili significative in quanto riducono la varianza  $\hat{\sigma}^2$  e quindi anche il suo logaritmo molto più di quanto non aumentino il secondo addendo. L'introduzione di variabili non significative al contrario porta ad un aumento del secondo addendo superiore in termini proporzionali alla riduzione della varianza, determinando complessivamente un incremento dell'indicatore e quindi un peggioramento della bontà del modello. Esiste perciò un costo nell'introduzione di nuove variabili a fronte di una riduzione della varianza, tanto maggiore quanto

<sup>30</sup> H. Akaike (1974), "A new look at the statistical model identification".

<sup>31</sup> G.E. Schwarz (1978), "Estimating the dimension of a model in Annals of Statistics".

minore è la loro significatività. Inoltre, come si può notare, questo costo è maggiore nel secondo indicatore (BIC), piuttosto che nel primo (AIC).

## 2. STIMA DEI PARAMETRI.

Nella seconda fase vengono stimati i parametri  $\varphi$  e  $\theta$  e la varianza  $\sigma^2$  del modello attraverso il metodo della massima verosimiglianza (lo stesso utilizzato dal software statistico R), sotto l'ipotesi di normalità delle osservazioni. Quest'ultimo attribuisce ai parametri valori che massimizzano la cosiddetta funzione di verosimiglianza (VS), una funzione di densità congiunta che mira a rispecchiare il più fedelmente possibile la nostra serie storica, costituita da osservazioni trattate come dati estratti da determinate distribuzioni. Una semplificazione si ottiene condizionando rispetto alle prime  $p+q$  osservazioni, poiché in tal caso il problema si riconduce alla minimizzazione di una somma dei quadrati dei residui. Nel caso dei processi AR le stime condizionate sono equivalenti a quelle dei minimi quadrati ottenute dalla regressione di  $y_t$  su  $p$  valori ritardati. In tal caso esiste una soluzione esplicita per le stime. Ad esempio, nel caso di un AR(1) senza costante:

$$\hat{\varphi} = \frac{\sum_{t=2}^n y_{t-1} y_t}{\sum_{t=2}^n y_{t-1}}$$

che è la stessa equazione già spiegata nell'ADF test.

Analogamente il sistema di equazioni di Yule-Walker:  $\varphi = \hat{P}^{-1} \hat{\rho}$ , dove  $\varphi = [\varphi_1, \dots, \varphi_p]'$ , fornisce stime consistenti dei parametri autoregressivi di un processo puro AR(p).

Nel caso di processi MA o misti la somma dei quadrati dei residui è non lineare nei parametri  $\theta$  e la minimizzazione utilizza algoritmi iterativi, come il metodo *quasi-Newton*.

## 3. VERIFICA DEL MODELLO.

Si tratta di sottoporre il modello a test diagnostici e di bontà di adattamento.

Occorre innanzitutto verificare la significatività dei parametri mediante il test *t di Student*, di cui abbiamo già discusso.

La seconda analisi ha come oggetto i residui del modello:

$$\epsilon_t = \frac{1 - \hat{\phi}_1 L - \dots - \hat{\phi}_p L^p}{1 + \hat{\theta}_1 L + \dots + \hat{\theta}_q L^q} y_t$$

Si tratta di sottoporli a verifica di 3 proprietà: omoschedasticità, incorrelazione e normalità.

Per la presenza di eteroschedasticità possono essere utilizzati metodi grafici o test formali. Se si sospetta che vi sia stato un cambiamento ad un tempo  $t^*$  si può spezzare il campione in due sottoperiodi e testare l'ipotesi che  $\hat{\sigma}^2$  sia uguale nei due sottoperiodi mediante un opportuno test  $F$ .

Per testare l'autocorrelazione dei residui, solitamente si costruisce il correlogramma globale e parziale, e si valuta la presenza di valori che fuoriescono dalle bande di confidenza al 5% ( $\pm 2\sqrt{T}$ ). Un test formale per la verifica dell'autocorrelazione è il *Ljung-Box Test*<sup>32</sup>:

$H_0: \rho(h) = 0$  incorrelazione.

$H_1: \rho(h) \neq 0$  autocorrelazione.

Statistica test:

$$Q(m) = n(n+2) \sum_{h=1}^m (n-h)^{-1} \hat{\rho}^2(h)$$

Dove:

- $n$  è il numero di osservazioni componenti la serie;
- $m$  è il numero di ritardi fino al quale vogliamo calcolare il test;
- $\sqrt{n}\hat{\rho}(h) \sim N(0,1)$ ;
- $n\hat{\rho}^2(h) \sim \chi^2$  con  $m$  gradi di libertà.

$n(n+2)$  moltiplica la sommatoria per effettuare una correzione dovuta al fatto che  $n\hat{\rho}^2$  tende a una  $\chi^2$  solo asintoticamente, ossia per campioni infiniti; per campioni finiti come i nostri, tale correzione permette di approssimare meglio la  $\chi^2$ . Un basso  $p$ -value associato al test induce a rifiutare l'ipotesi nulla di incorrelazione.

<sup>32</sup> G.M. Ljung et G.E.P. Box (1978), "On a Measure of a Lack of Fit in Time Series Models".

Molte applicazioni statistiche, nei più svariati contesti, presuppongono che i residui dei modelli abbiano una distribuzione gaussiana o che si possa agevolmente ricondurre alla gaussiana. Tale distribuzione è evocata allorché si debbano trattare questioni di inferenza concernenti la significatività dei parametri stimati, la loro stima intervallare, gli intervalli di previsione sui valori futuri del modello, i test di adattamento. Inoltre, la gaussianità è un'ipotesi quando si intende pervenire a stimatori corretti ed a varianza minima, come nel caso del metodo della massima verosimiglianza. Il test che utilizzeremo per la verifica della normalità è il *Jarque-Bera Test*, già precedentemente illustrato.

Un ultimo aspetto da analizzare è la bontà di adattamento, la quale è già tuttavia misurata dagli indicatori *AIC* e *BIC*, i migliori quando abbiamo a che fare con modelli misti.

### 3.1.2 L'applicazione del modello ARIMAX sul Vstoxx e sul mini-futures sul Vstoxx

In questo sotto-paragrafo analizzeremo il modello ARIMAX costruito per cercare di modellare e prevedere la serie storica dei rendimenti logaritmici del Vstoxx e del mini-futures a 30 giorni sul Vstoxx, sia giornaliera che infra-giornaliera (quest'ultima con un gap temporale di 5 minuti).

Le osservazioni giornaliere del Vstoxx vanno dal 27/04/2005 al 23/10/2014 per un totale di 2420, di cui 2212 sono osservazioni nel campione impiegate per la costruzione del modello ARIMAX, mentre le restanti 208 costituenti l'anno 2014 sono state lasciate per valutare l'efficacia previsionale del modello. Le osservazioni giornaliere del mini-futures sul Vstoxx vanno dal 06/01/2010 fino al 23/10/2014 per un totale di 1226, di cui 1018 nel campione e le restanti 208 sempre dell'anno 2014 utilizzate per l'efficacia previsionale. Riguardo alle serie *intraday*, per il Vstoxx e il mini-futures abbiamo rispettivamente 13581 e 10389 osservazioni dalle 09:25 CET dell'11/04/2014 e dalle 09:25 CET dell'08/05/2014 fino alle 17:25 CET del 23/10/2014 e alle 17:30 CET del 18/11/2014, di cui 11898 e 9368 sono nel campione e 1683 (rappresentative del mese di ottobre) e 1021 (rappresentative del mese di novembre) impiegate per valutare l'abilità predittiva del modello.

Seguendo l'approccio di Box e Jenkins, il primo passo è la verifica di stazionarietà delle nostre serie, caratteristica fondamentale per poter utilizzare il modello ARIMAX. La tabella 3.1 conferma la stazionarietà di tutte e quattro le serie, dato il basso *p-value* dell'*ADF Test* che ci porta a rifiutare l'ipotesi nulla di non

<b>TABELLA 3.1: ADF Test delle 4 serie</b>				
	<b>Vstoxx G</b>	<b>Mini-fut G</b>	<b>Vstoxx 5</b>	<b>Mini-fut 5</b>
<b>ADF test</b>	-14.638	-10.592	-22.962	-21.039
<b>p-value</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

stazionarietà.

Prima di indagare sugli ordini  $p$ ,  $d$ ,  $q$  del modello, sono state effettuate diverse regressioni per verificare quali variabili finanziarie e dummies sono utili a spiegare la serie storica. Le variabili finanziarie oggetto di indagine sono: l'Euro Stoxx 50, il tasso di cambio euro/dollaro, l'oro spot e l'Euribor (impiegato nella formula del Vstoxx). Ad esse si aggiunge lo stesso Vstoxx per le serie del mini-futures. Nelle serie a 5 minuti manca l'Euribor poiché esso è pubblicato solo una volta al giorno alle ore 11:00 CET. Ricordiamo che le osservazioni di tali variabili sono anticipate di 1 periodo (un giorno o 5 minuti) rispetto al tempo della variabile dipendente (Vstoxx o mini-futures). La scelta di tali variabili finanziarie si basa su precedenti studi quali Simon (2003), Konstantinidi (2007) e Ahoniemi (2009).

Le variabili dummies oggetto di indagine nelle serie giornaliere sono 4 per i giorni della settimana, 30 per i giorni mensili, 11 per i mesi e 4 per le principali festività mondiali (Capodanno, Pasqua, 1° maggio e Natale), mentre quelle delle serie infra-giornaliere sono 4 per i giorni della settimana e 8 per le ore di contrattazione giornaliera. Infine vi è un'ultima variabile dummy per tutte e 4 le serie, la quale assume valore 1 in caso di variazione negativa dell'Euro Stoxx 50 e 0 altrimenti; essa mira a verificare se le variazioni negative dell'Euro Stoxx 50 abbiano un peso maggiore sulle variazioni del Vstoxx o del mini-futures.

Quindi le 4 regressioni di partenza (senza intercetta) sono:

$$\begin{aligned}
 1. \quad \mathbf{Vstoxx}_{g,t} = & \beta_1 Eurostoxx_{t-1} + \beta_2 EurUsd_{t-1} + \beta_3 Gold_{t-1} + \\
 & \beta_4 Euribor_{t-1} + \sum_{i=1}^4 \gamma_i DSett_{i,t} + \sum_{j=1}^{30} \delta_j DGMesi_{j,t} + \sum_{k=1}^{11} \zeta_k DMesi_{k,t} + \\
 & \sum_{l=1}^4 \vartheta_l DFest_{l,t} + \eta DNeg_{t-1} + \epsilon_t
 \end{aligned}$$

2.  $\mathbf{Futures}_{g,t} = \beta_1 Vstoxx_{t-1} + \beta_2 Eurostoxx_{t-1} + \beta_3 EurUsd_{t-1} + \beta_4 Gold_{t-1} + \beta_5 Euribor_{t-1} + \sum_{i=1}^4 \gamma_i DSett_{i,t} + \sum_{j=1}^{30} \delta_j DGMesi_{j,t} + \sum_{k=1}^{11} \zeta_k DMesi_{k,t} + \sum_{l=1}^4 \vartheta_l DFest_{l,t} + \eta DNeg_{t-1} + \epsilon_t$
3.  $\mathbf{Vstoxx}_{5,t} = \beta_1 Eurostoxx_{t-1} + \beta_2 EurUsd_{t-1} + \beta_3 Gold_{t-1} + \sum_{i=1}^4 \gamma_i DSett_{i,t} + \sum_{r=1}^8 \varpi_r DOre_{r,t} + \eta DNeg_{t-1} + \epsilon_t$
4.  $\mathbf{Futures}_{5,t} = \beta_1 Vstoxx_{t-1} + \beta_2 Eurostoxx_{t-1} + \beta_3 EurUsd_{t-1} + \beta_4 Gold_{t-1} + \sum_{i=1}^4 \gamma_i DSett_{i,t} + \sum_{r=1}^8 \varpi_r DOre_{r,t} + \eta DNeg_{t-1} + \epsilon_t$

Dove:

- $Vstoxx_{g,t}$ ,  $Future_{g,t}$ ,  $Vstoxx_{5,t}$  e  $Future_{5,t}$  sono le osservazioni al tempo  $t$  del Vstoxx e del mini-futures sul Vstoxx rispettivamente giornaliera ( $g$ ) e infra-giornaliera ( $5$ );
- $\beta_{1,\dots,5}$  sono i coefficienti delle variabili finanziarie;
- $Vstoxx_{t-1}$ ,  $Eurostoxx_{t-1}$ ,  $EurUsd_{t-1}$ ,  $Gold_{t-1}$  e  $Euribor_{t-1}$  sono le osservazioni al tempo  $t-1$  delle variabili finanziarie, rispettivamente: Vstoxx, Euro Stoxx 50, tasso di cambio euro/dollaro, oro spot e Euribor;
- $\gamma_i$ ,  $\delta_j$ ,  $\zeta_k$ ,  $\vartheta_l$ ,  $\varpi_j$  e  $\eta$  sono i coefficienti delle dummies, rispettivamente: dummies dei giorni settimanali, dummies dei giorni mensili, dummies dei mesi, dummies delle 4 festività, dummies delle ore di contrattazione e dummy dei rendimenti Euro Stoxx 50;
- $DSett_{i,t}$ ,  $DGMesi_{j,t}$ ,  $DMesi_{k,t}$ ,  $DFest_{l,t}$ ,  $DOre_{r,t}$  e  $DNeg_{t-1}$  sono le variabili dummies, rispettivamente: dummies dei giorni settimanali, dummies dei giorni mensili, dummies dei mesi, dummies delle 4 festività, dummies delle ore di contrattazione e dummy dei rendimenti Euro Stoxx 50 che assume valori 1 o 0 sulla base del rendimento dell'indice azionario al tempo  $t-1$ ;
- $\epsilon_t$  è un elemento di disturbo (o errore), contenente tutto ciò che non è spiegato dai regressori.

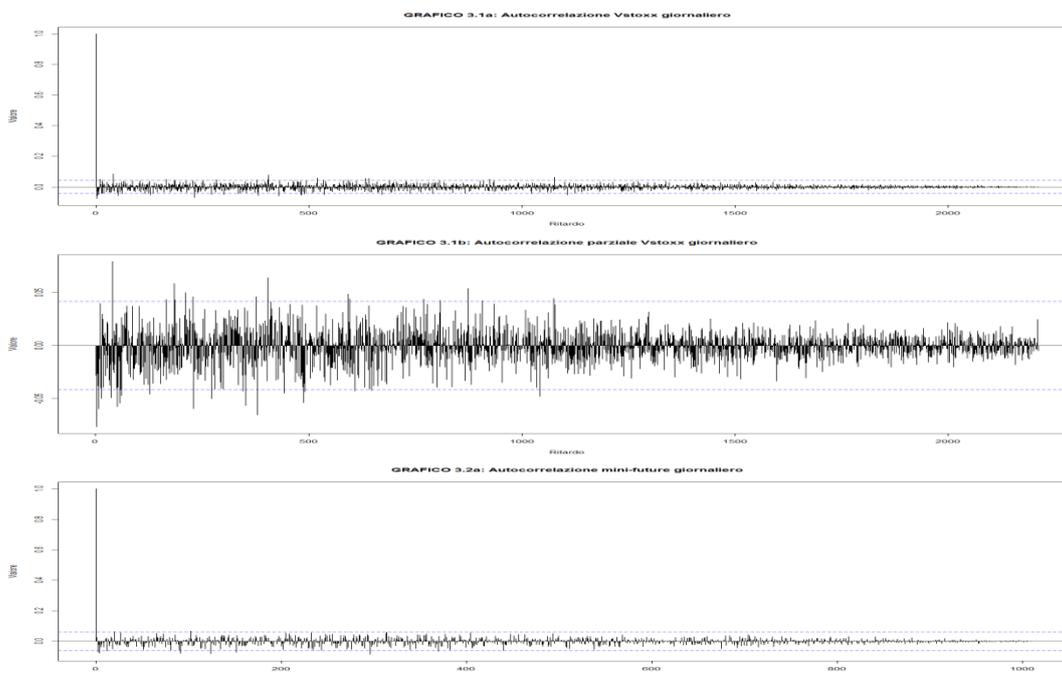
Una prima scrematura dei regressori è compiuta mediante l'indicatore AIC. Uno specifico comando R consente di eliminare una per volta quelle variabili la cui rimozione riduce l'AIC rispetto a quello risultante in presenza della variabile stessa, sino ad arrivare a quelle variabili che forniscono l'AIC migliore (il più basso). Tra le rimanenti la selezione avviene mediante il test *t di Student*. Le variabili scelte per ciascuna serie sono riportate nella tabelle 3.2 e 3.3 con i relativi valori del *t-test* e del *p-value*.

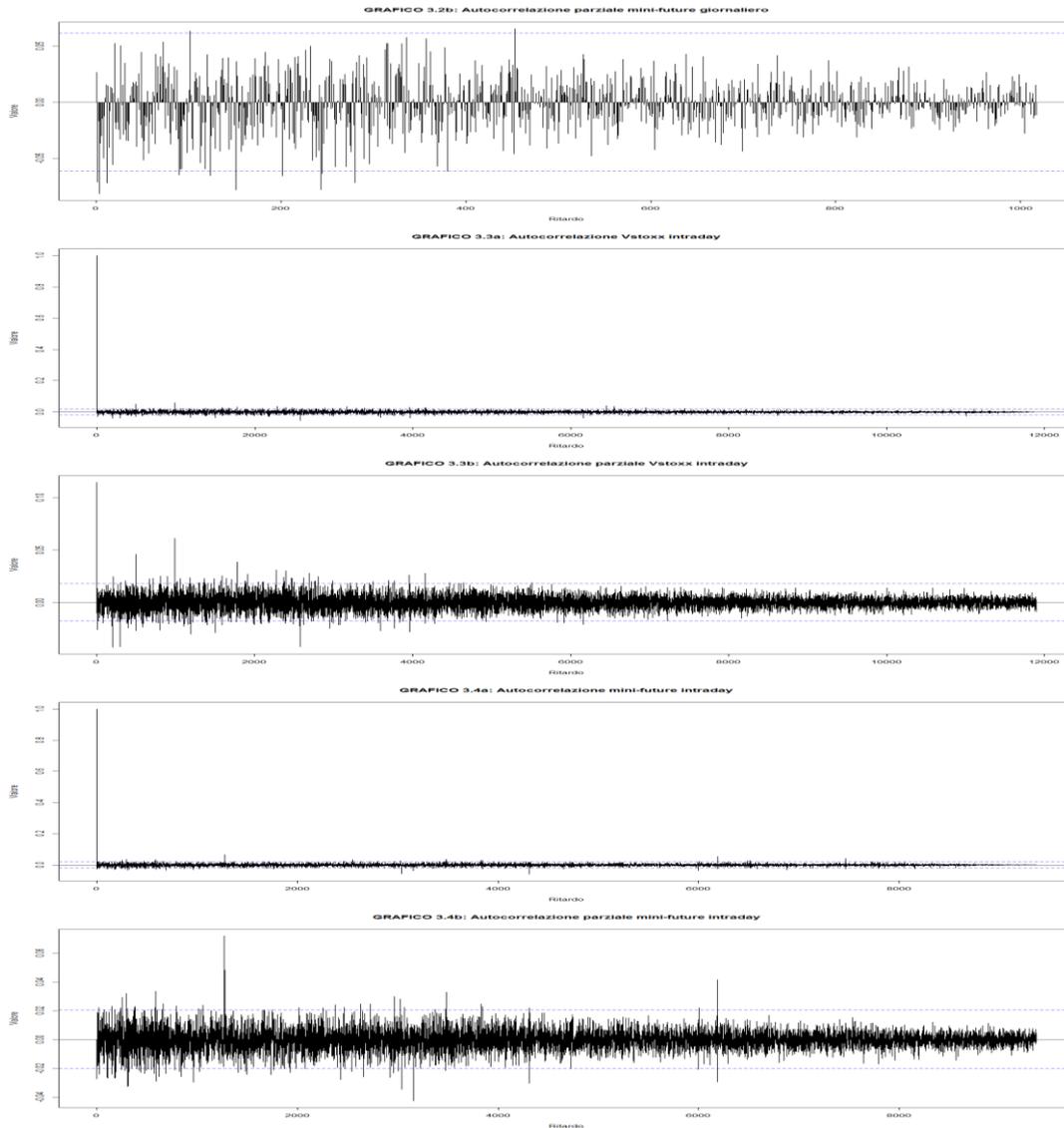
<b>TABELLA 3.2: Regressori giornalieri</b>					
	<b>VSTOXX G</b>				<b>MINI-FUT G</b>
	<b>Euro/dollaro</b>	<b>Oro</b>	<b>D-lunedì</b>	<b>D-Natale</b>	<b>Euro/dollaro</b>
<b>t-value</b>	-4.040	3.524	7.592	2.369	-5.088
<b>p-value</b>	0.0000554	0.0004340	0	0.0179310	0

<b>TABELLA 3.3: Regressori infra-giornalieri</b>				
	<b>VSTOXX 5</b>		<b>MINI-FUT 5</b>	
	<b>Euro Stoxx 50</b>	<b>Oro</b>	<b>Vstoxx</b>	<b>Euro/dollaro</b>
<b>t-value</b>	-10.702	2.733	19.774	-3.682
<b>p-value</b>	0	0.00628	0	0.000232

Individuati i regressori esterni, occorre a questo punto definire gli ordini  $p$ ,  $d$ ,  $q$  del modello. Per prima cosa è utile gettare uno sguardo sui correlogramma totali e parziali delle quattro serie.





I grafici 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 mostrano il grado in cui l'osservazione più recente si correla con quelle passate in via totale o parziale. Tutti e 8 mostrano una bassa autocorrelazione già dalla seconda osservazione, autocorrelazione che sembra decrescere all'aumentare del ritardo  $h$ . Inoltre la quasi totalità delle linee di autocorrelazione rientrano all'interno dell'intervallo di confidenza ( $\pm 2\sqrt{T}$ ), il quale tuttavia ha valenza solo se i rendimenti seguono una normale (cosa non vera come già visto nel paragrafo 2.2 riguardante l'analisi delle serie storiche). La bassa autocorrelazione sembra condurre alla conclusione che i rendimenti dei due strumenti siano incorrelati con il loro passato, esattamente come un *white noises*, e quindi imprevedibili con un modello ARIMAX che invece richiede autocorrelazione. Tuttavia questa è solo un'analisi preliminare sulla base della quale non possiamo

arrivare a conclusioni affrettate, prima ancora di aver testato l'efficacia predittiva del modello.

Se confrontiamo i correlogrammi empirici con quelli teorici, ci rendiamo conto che vi sono sia fenomeni autoregressivi che a media mobile che influiscono sulla serie. Perciò l'individuazione degli ordini  $p$  e  $q$  sulla base di essi è molto difficile. In ogni caso, la bassa autocorrelazione con il passato già dalla seconda osservazione e il decrescere della stessa all'aumentare del ritardo  $h$ , mi porta a restringere il range di valori di  $p$  e  $q$  a 0 o 1 e a escludere fenomeni stagionali.

Sulla base di queste considerazioni, ho confrontato diversi modelli ARIMAX con valori  $p$ ,  $d$  e  $q$  compresi tra 0 e 1, per poi scegliere quello che fornisce l'AIC e il BIC più bassi.

Il modello migliore risulta essere l'ARIMAX (1,0,1)×(0,0,0) per il Vstoxx e il mini-futures giornalieri e per il mini-futures intraday e l'ARIMAX (1,0,0)×(0,0,0) per il Vstoxx infra-giornaliero. Tutti e quattro i modelli non hanno alcun grado di integrazione ( $d=0$ ), per cui le serie dei rendimenti logaritmici ammettono già di loro una rappresentazione ARMA stazionaria.

I quattro modelli sono così rappresentati:

1.  $Vstoxx_{g,t} = m + \varphi Vstoxx_{g,t-1} + \xi_t + \theta \xi_{t-1} + \beta_1 EurUsd_{t-1} + \beta_2 Gold_{t-1} + \beta_3 Dln_t + \beta_4 Dnat_t + \epsilon_t$
2.  $Futures_{g,t} = m + \varphi Future_{g,t-1} + \xi_t + \theta \xi_{t-1} + \beta_1 EurUsd_{t-1} + \epsilon_t$
3.  $Vstoxx_{5,t} = m + \varphi Vstoxx_{5,t-1} + \xi_t + \beta_1 Eurostox_{t-1} + \beta_2 Gold_{t-1} + \epsilon_t$
4.  $Futures_{5,t} = m + \varphi Future_{5,t-1} + \xi_t + \theta \xi_{t-1} + \beta_1 Vstox_{t-1} + \beta_2 EurUsd_{t-1} + \epsilon_t$

Dove:

- $Dln_t$  è la dummy del lunedì che assume valore 1 se il giorno  $t$  è lunedì e 0 altrimenti;

- $Dnat_t$  è la dummy di Natale che assume valore 1 se il giorno  $t$  è il 27 dicembre, il giorno di riapertura dopo Natale e Santo Stefano, e 0 altrimenti.

Nel momento in cui i modelli sono impiegati per prevedere il Vstoxx,  $E_{t-1}(Vstoxx_t)$ , o il mini-futures,  $E_{t-1}(Future_t)$ , viene meno il termine  $\xi_t$  in quanto *white noise* e il termine  $\epsilon_t$  che rappresenta la parte non spiegata dai regressori.

A questo punto procediamo alla stima dei parametri  $m$ ,  $\varphi$ ,  $\theta$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  e della varianza  $\sigma^2$  del modello mediante il metodo della massima verosimiglianza, il quale assume la normalità dei rendimenti logaritmici. Le tabelle 3.4 mostrano le stime e gli *standard errors* dei parametri, la varianza del modello, il valore della funzione di verosimiglianza, l'AIC e il BIC.

<b>TABELLA 3.4a: ARIMAX Vstoxx giornaliero</b>									
	$m$	$\varphi$	$\theta$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$		
<b>Valori</b>	0.7994	-0.8723	-0.0054	-0.9921	0.3867	0.0263	0.0576		
<b>Err. St.</b>	0.0596	0.0487	0.0010	0.2092	0.1016	0.0032	0.0216		
$\sigma^2$	0.0033								
<b>Log-Likelihood</b>	3186.74								
<b>AIC</b>	-6357.482								
<b>BIC</b>	-6311.869								
<b>TABELLA 3.4b: ARIMAX mini-futures giornaliero</b>				<b>TABELLA 3.4c: ARIMAX Vstoxx intraday</b>					
	$m$	$\varphi$	$\theta$	$\beta_1$		$m$	$\varphi$	$\beta_1$	$\beta_2$
<b>Valori</b>	0.0004	0.8722	-0.9281	-1.2301	<b>Valori</b>	0.0000	0.0913	-0.1634	0.1734
<b>Err. St.</b>	0.0008	0.0616	0.0474	0.2304	<b>Err. St.</b>	0.0001	0.0159	0.1075	0.0706
$\sigma^2$	0.002177				$\sigma^2$	0.00003045			
<b>Log-Likelihood</b>	1675.51				<b>Log-Likelihood</b>	44984.51			
<b>AIC</b>	-3341.027				<b>AIC</b>	-89959.02			
<b>BIC</b>	-3316.399				<b>BIC</b>	-89922.10			
<b>TABELLA 3.4d: ARIMAX mini-futures intraday</b>									
	$m$	$\varphi$	$\theta$	$\beta_1$	$\beta_2$				
<b>Valori</b>	0.0000	0.2404	-0.4254	0.2183	-0.3139				
<b>Err. St.</b>	0.0000	0.0511	0.0480	0.0084	0.1202				
$\sigma^2$	0.00002466								
<b>Log-Likelihood</b>	36405.72								
<b>AIC</b>	-72799.44								
<b>BIC</b>	-72756.57								

Sia i parametri autoregressivi che a media mobile sono compresi tra -1 e 1 assicurando la stazionarietà e l'invertibilità del processo. L'intercetta risulta significativa solo nel primo caso.

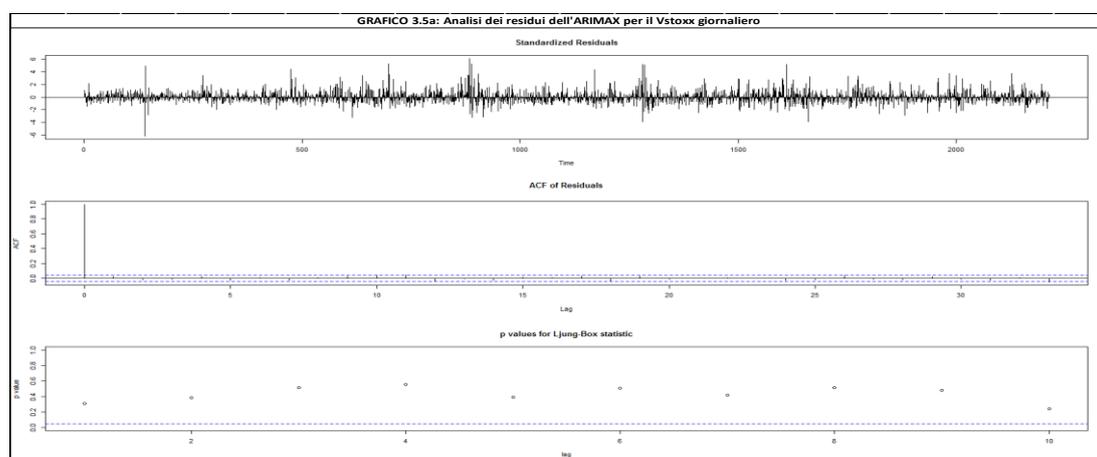
Per concludere con l'approccio di Box e Jenkins non rimane che analizzare l'omoschedasticità, l'incorrelazione e la normalità dei residui del modello.

I grafici 3.5 sono utili a verificare le prime due caratteristiche.

Il primo dei tre per ciascun gruppo mostra la chiara omoschedasticità dei residui che si distribuiscono in maniera abbastanza omogenea al di sopra e al di sotto della linea retta dello 0. Il grafico 3.6 a dispersione lo conferma<sup>33</sup>.

Gli altri due grafici del gruppo sono relativi all'autocorrelazione dei residui. Il primo dei due mostra la funzione di ACF dei primi 40 residui, mentre il secondo il *p-value* del *Ljung-Box Test* dei primi 10. Le basse linee dell'ACF tutte incluse all'interno della bande di confidenza e gli elevati *p-value* ci portano a escludere l'esistenza di un'autocorrelazione dei residui, esattamente come richiede un buon modello. Solo il 3° grafico del gruppo dell'ARIMAX del Vstoxx *intraday* mostra *p-value* bassi dall'osservazione 7 alla 10. Tuttavia il calcolo analitico del *Ljung Box Test* mostra che tali valori bassi sono confinati alle osservazioni 7-21, mentre per tutte le altre sono tali da escludere autocorrelazione.

Infine il grafico 3.7 relativo alla distribuzione dei residui e la tabella 3.5 riportante il grado di asimmetria e di curtosi della stessa e il valore del *JB Test* escludono in maniera molto evidente la normalità dei residui, aspetto confermato dal grafico 3.8 che evidenzia lo scostamento della distribuzione vera da quella gaussiana (indicata dalla linea rossa)<sup>34</sup>.



<sup>33</sup> I grafici a dispersione dei residui degli altri modelli sono omessi in quanto simili.

<sup>34</sup> I grafici relativi alle altre distribuzioni sono omesse, in quanto del tutto simili.

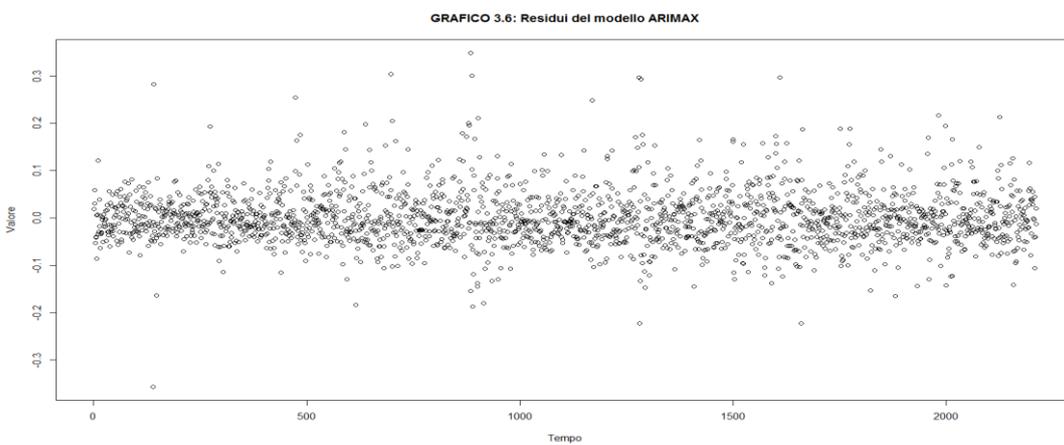
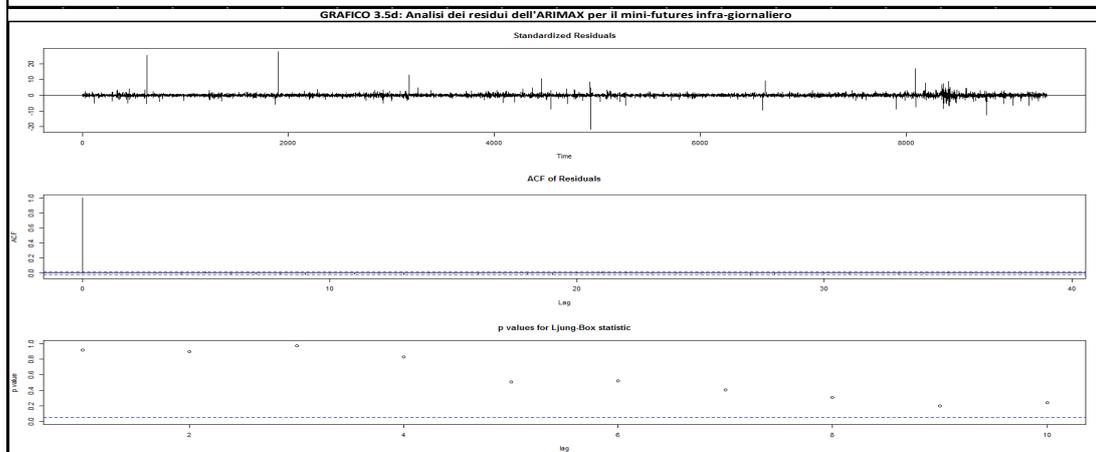
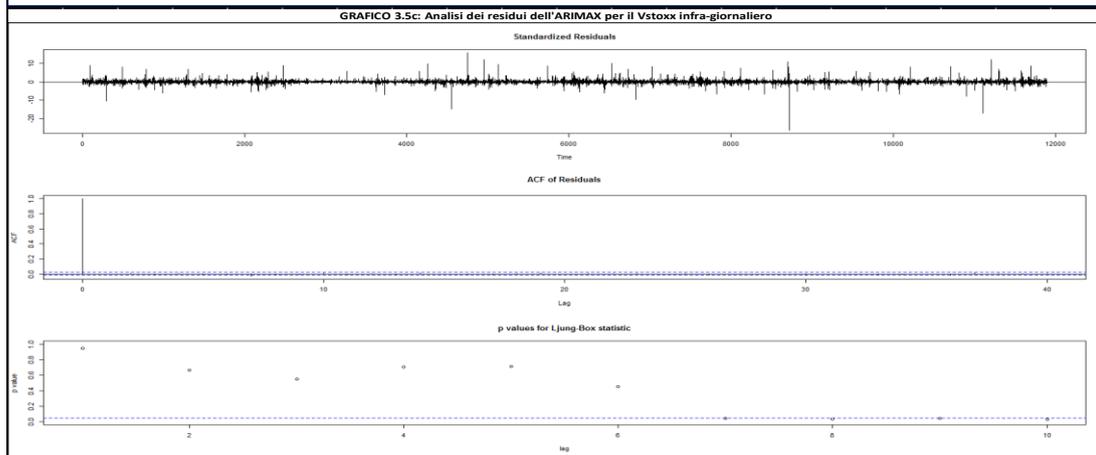
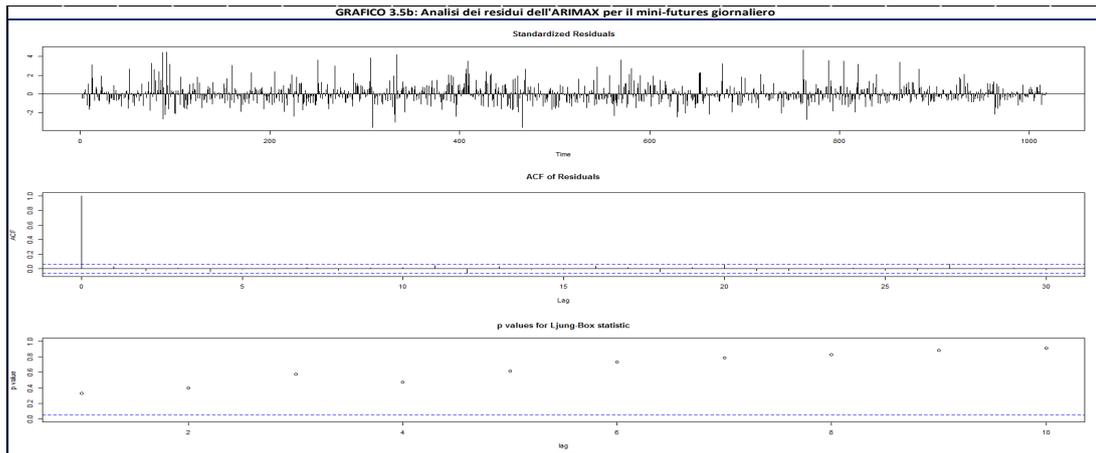


GRAFICO 3.7: Distribuzione dei residui

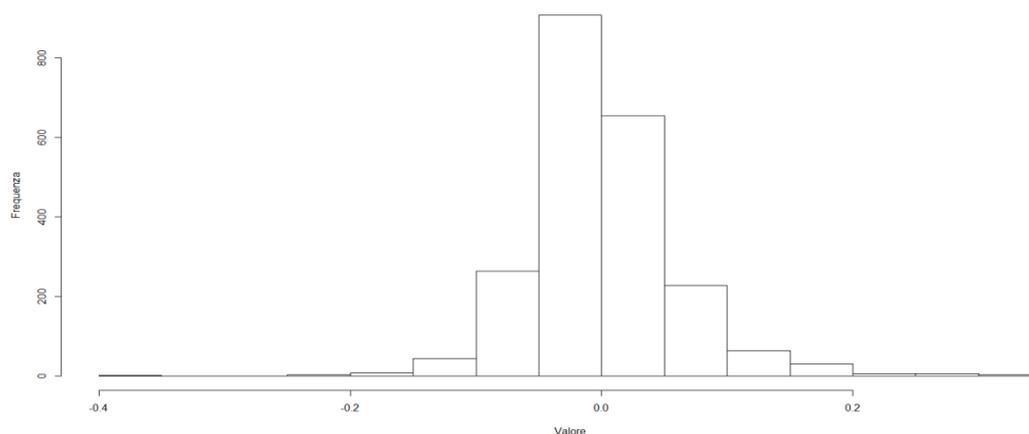
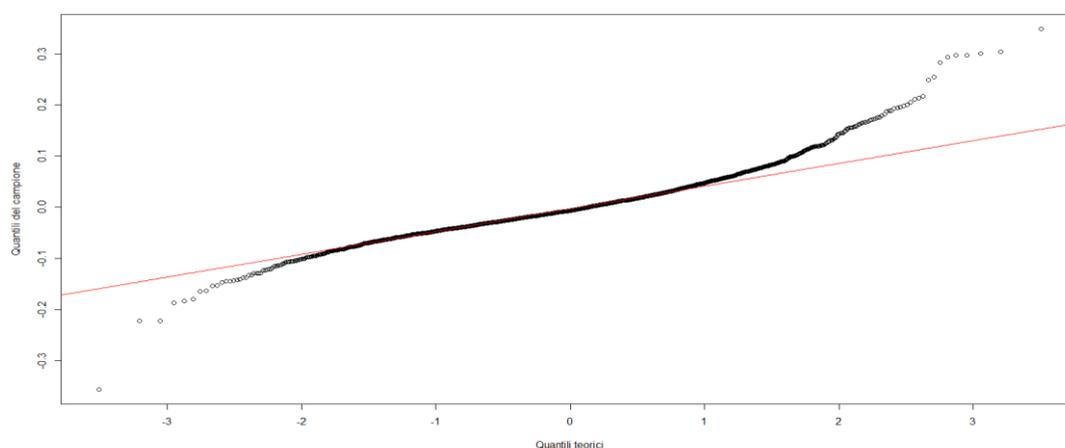


GRAFICO 3.8: Scostamento con la distribuzione gaussiana

**TABELLA 3.5: Normalità dei residui**

	Skewness	Kurtosis	JB Test
<b>Vstoxx G</b>	0.841	4.154	1856.120
<b>Mini-futures 5</b>	0.852	2.729	441.920
<b>Vstoxx 5</b>	-0.880	74.596	2761164
<b>Mini-futures 5</b>	3.380	151.862	9025341

Verificata la bontà del modello, non rimane che analizzare la sua efficacia previsionale mediante le osservazioni lasciate fuori dal campione. Per ciascuna delle quattro

serie, sono state prese in considerazione due varianti dell'ARIMAX, una con campione crescente e l'altra con campione mobile. Nel primo caso, il campione, man mano che trascorrono i periodi, si arricchisce sempre più inglobando il nuovo periodo e aggiornando la stima dei parametri. Nel secondo caso, il campione si aggiorna sostituendo l'osservazione più obsoleta con l'ultima disponibile mantenendo così la stessa dimensione; anche in questo caso i parametri vengono ricalcolati ogni volta.

Poiché il nostro scopo è prevedere la volatilità misurata dal Vstoxx e negoziata mediante il mini-futures, un modello sarà valido ai fini predittivi se indovina correttamente la direzione (ossia il segno) della variazione, indipendentemente dalla sua grandezza.

La tabella 3.6 riporta gli errori assoluti medi percentuali di previsione così calcolati:

$$\varepsilon = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=0}^{n-1} |y_{t+1} - E_t(y_{t+1})|}{\frac{1}{n} \sum_{t=0}^{n-1} |y_{t+1}|} \times 100$$

Dove:

- $\varepsilon$  è l'errore assoluto medio percentuale di previsione;
- $n$  è il numero delle osservazioni su cui è valutata l'efficacia predittiva: 208 per le serie giornaliere, 1683 per la serie intraday del Vstoxx e 1021 per la serie intraday del mini-futures;
- $y_{t+1}$  è la variazione logaritmica del Vstoxx o del mini-futures realizzata al tempo  $t+1$ ;
- $E_t(y_{t+1})$  è la variazione logaritmica del Vstoxx o del mini-futures prevista dal modello per il tempo  $t+1$  sulla base del set informativo disponibile fino al tempo  $t$ .

<b>TABELLA 3.6: Errore assoluto medio percentuale di previsione</b>								
	Vstoxx G Crescente	Vstoxx G Mobile	Vstoxx 5 Crescente	Vstoxx 5 Mobile	Mini- Futures G Crescente	Mini- Futures G Mobile	Mini- Futures 5 Crescente	Mini- Futures 5 Mobile
$\varepsilon_{t+1}$	97.54%	98.50%	99.79%	99.79%	100.97%	100.77%	101.22%	101.23%

La tabella mostra chiaramente la totale incapacità del modello di prevedere la grandezza delle variazioni futures: l'errore assoluto medio percentuale di previsione è all'incirca della stessa grandezza della variazione realizzata, a dimostrazione del fatto che il modello sottostima notevolmente variazioni positive o negative. Questo aspetto è chiaramente evidenziato dai grafici 3.9, i quali mostrano le variazioni previste (in rosso) contro quelle realizzate (in nero); le prime sono palesemente più contenute delle seconde.

La tabella 3.7 indica le percentuali di volte in cui la direzione della variazione prevista dai diversi modelli coincide con quella realizzata.

GRAFICO 3.9a: Serie reale e prevista Vstoxx giornaliero dal 02/01/2014

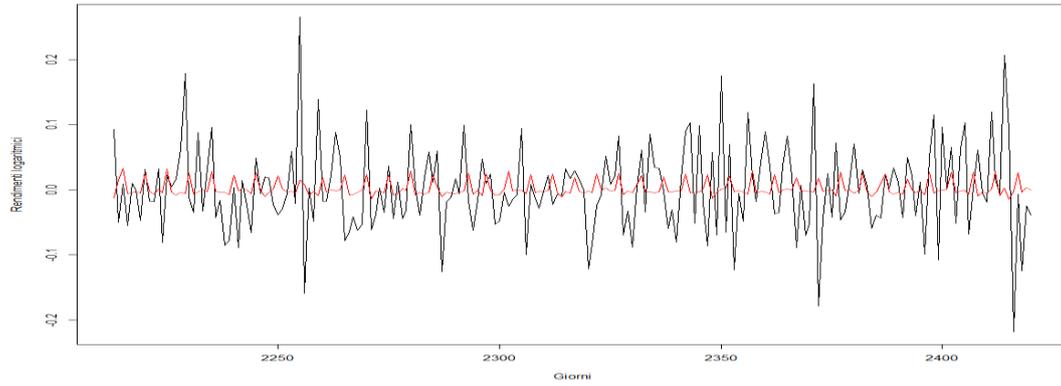


GRAFICO 3.9b: Serie reale e prevista mini-future giornaliero dal 02/01/2014

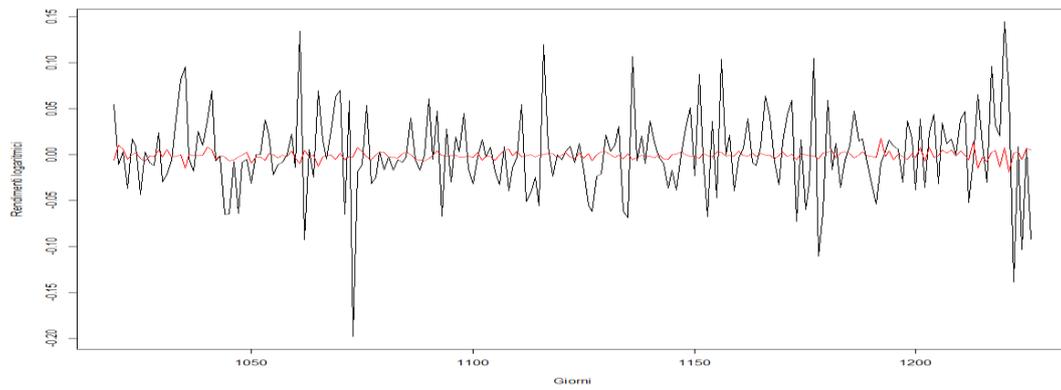


GRAFICO 3.9c: Serie reale e prevista Vstoxx intraday dal 01/10/2014

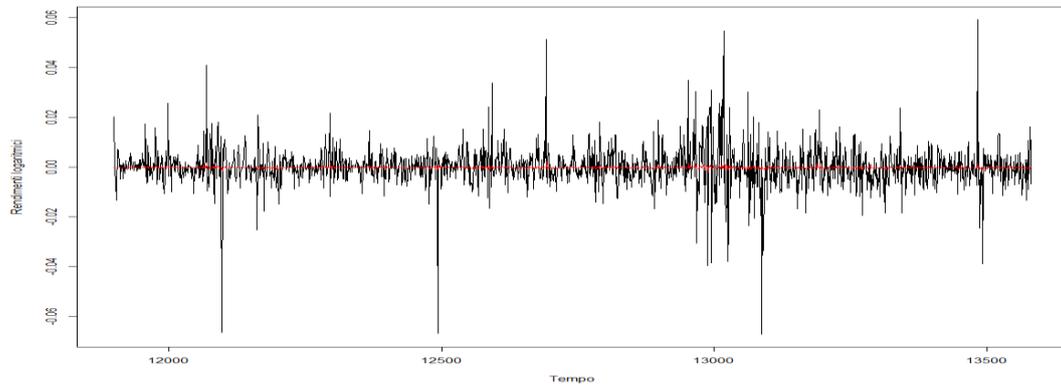


GRAFICO 3.9d: Serie reale e prevista mini-future intraday dal 01/11/2014

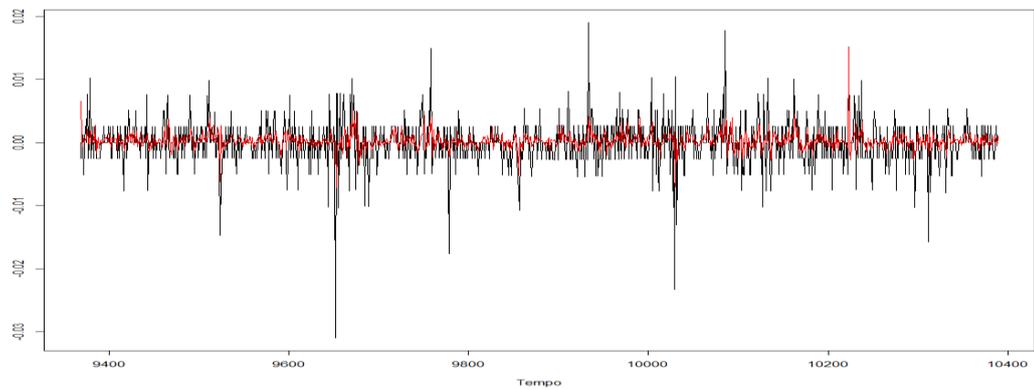


TABELLA 3.7: Efficacia predittiva dell'ARIMAX								
	Vstoxx G Crescente	Vstoxx G Mobile	Vstoxx 5 Crescente	Vstoxx 5 Mobile	Mini- Futures G Crescente	Mini- Futures G Mobile	Mini- Futures 5 Crescente	Mini- Futures 5 Mobile
% Previsioni corrette	54.81%	54.33%	54.19%	54.13%	50.48%	53.85%	39.96%	39.76%

Tutti i modelli sembrano indovinare la direzione in più della metà dei casi. Per quanto riguarda la previsione del mini-futures infra-giornaliero, la percentuale è dell'ordine del 39% poiché assumono rilevanza anche le variazioni nulle pari a 0 che costituiscono all'incirca un terzo delle variazioni possibili (gli altri due terzi sono rappresentati da variazioni positive e negative). Quindi, in tal caso, un modello con un minimo di efficacia predittiva dovrebbe indovinare il segno in più del 33% dei casi.

I risultati non sono eccellenti e potrebbero essere legati alla scelta del campione. Forse i due strumenti sono effettivamente *white noises* e quindi imprevedibili sulla base di informazioni passate. Oppure vi è quel minimo di autocorrelazione catturata dal modello, il quale perciò presenta una qualche abilità previsionale seppur minima.

### 3.2 Modello GARCH

I modelli ARCH (AutoRegressive Conditional Heteroschedastic) vennero introdotti da Engle nel 1982 con lo scopo di cogliere alcune caratteristiche ricorrenti delle serie finanziarie:

- la media dei rendimenti è prossima a 0;
- i rendimenti sono serialmente incorrelati, ma debolmente dipendenti nel tempo;
- la volatilità cambia lentamente nel tempo (eteroschedasticità);
- presentano la cosiddetta *volatility clustering*: periodi di bassa volatilità si alternano a periodi di alta volatilità;
- la varianza condizionata è funzione del tempo.

Denotiamo con:

- $y_t$  il rendimento di uno strumento finanziario al tempo  $t$ ;

- $\mu_{t|t-1} = E(y_t|Y_{t-1})$  la media condizionata alla conoscenza del set informativo  $Y_{t-1} = \{y_1, y_2, \dots, y_{t-1}\}$ ;
- $\xi_t = y_t - \mu_{t|t-1}$  l'errore di previsione a un passo (*one step*).

Per definizione  $E(\xi_t|Y_{t-1}) = 0$ , perciò  $\xi_t$  è un *white noise*.

La media condizionata può essere rappresentata come una combinazione lineare dei rendimenti passati e di *white noises* (rappresentativi degli errori di previsione), esattamente come in un modello ARMA (p,q):

$$\mu_{t|t-1} = \sum_{i=1}^p \varphi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \xi_{t-j}$$

Così che:

$$y_t = \mu_{t|t-1} + \xi_t$$

Nel presente trattato ci focalizzeremo sull'ipotesi:

$$\mu_{t|t-1} = 0$$

Quindi:

$$y_t \equiv \xi_t$$

A questo punto entra in gioco l'ARCH che introduce un modello per la varianza condizionata  $h_t$ :

$$h_t = \text{Var}(\xi_t|Y_{t-1}) = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p y_{t-p}^2$$

Con  $\alpha_0 > 0, \alpha_{1,\dots,p} \geq 0$ .

Dove:

- $p$  è l'ordine del fenomeno autoregressivo del modello ARCH(p);
- $\alpha_0$  è l'intercetta;
- $\alpha_{1,\dots,p}$  sono i coefficienti autoregressivi;
- $y_{t-p}^2$  sono i rendimenti quadratici passati.

Ora il rendimento  $y_t$  può essere riscritto nel seguente modo:

$$y_t \equiv \xi_t \equiv \sqrt{h_t} \epsilon_t$$

Dove:

- $\epsilon_t \sim IID(0,1)$  è una variabile indipendente e identicamente distribuita con media 0 e varianza 1.

Quindi nei modelli ARCH la varianza condizionata cessa di essere casuale, bensì segue un *pattern* definito da fenomeni autoregressivi dei rendimenti quadratici passati, per effetto del quale essa cambia nel tempo e può essere prevista sulla base del set informativo  $Y_{t-1}$ .

Per concludere abbiamo bisogno di assumere una qualche distribuzione per i rendimenti condizionati. L'assunzione base è la normalità:

$$y_t | Y_{t-1} \sim N(0, h_t)$$

L'ipotesi di distribuzione gaussiana non è in grado di cogliere l'asimmetria e soprattutto la curtosi in eccesso che spesso caratterizzano le serie storiche finanziarie.

Per questo spesso si ricorre alla distribuzione t di Student con  $\nu$  gradi di libertà:

$$y_t | Y_{t-1} \sim t_\nu(0, h_t)$$

I modelli GARCH (Generalized ARCH) rappresentano una generalizzazione dei modelli ARCH che fornisce maggiore semplicità ed elasticità soprattutto quando dobbiamo estendere la memoria del processo o i ritardi temporali. Vennero introdotti per la prima volta da Bollerslev nel 1986.

Nei modelli GARCH la varianza condizionata dipende non soltanto dai rendimenti quadratici passati, ma è anche funzione del suo passato:

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i y_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}$$

Dove:

- $\alpha_0$  è l'intercetta;
- $\sum_{i=1}^p \alpha_i y_{t-i}^2$  è la componente autoregressiva dell'ARCH (p);
- $\sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j}$  è la componente di lunghezza  $q$  introdotta dal GARCH (p,q).

Sotto l'ipotesi di  $\mu_{t|t-1} = 0$ :

$$y_t \equiv \xi_t \equiv \sqrt{h_t} \epsilon_t$$

Con  $\epsilon_t \sim IID(0,1)$ .

Nel presente trattato verrà impiegato il GARCH(1,1) sulla serie storica dell'Euro Stoxx 50 per calcolarne la varianza condizionata  $h_t$  e quindi la volatilità condizionata

$\sqrt{h_t}$ . Dal momento che il rendimento medio dell'Euro Stoxx 50 non diverge significativamente da 0, come abbiamo visto nel paragrafo 2.2, ipotizzeremo che  $\mu_{t|t-1} = 0$ , ossia che la miglior previsione del rendimento futuro dell'indice azionario conoscendo il set informativo fino al giorno precedente sia 0<sup>35</sup>. Non abbiamo quindi alcun bisogno di una specificazione ARMA per  $\mu_{t|t-1}$ . Infine, data l'elevata curtosi dell'Euro Stoxx 50, la distribuzione assunta è la t di Student con  $\nu$  gradi di libertà.

GARCH(1,1):

$$y_t | Y_{t-1} \sim t_\nu(0, h_t)$$

Poiché  $\mu_{t|t-1} = 0$ :

$$y_t \equiv \xi_t \equiv \sqrt{h_t} \epsilon_t$$

Dove:

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}$$

Con  $\alpha_0 > 0, \alpha_1 \geq 0, \beta_1 \leq 1, \alpha_1 + \beta_1 < 1$

Tutte le condizioni sono fondamentali ad assicurare la positività di  $h_t$ . La condizione  $\alpha_1 + \beta_1 < 1$  inoltre è necessaria ad assicurare la stazionarietà. Si dimostra infatti che la varianza incondizionata di  $y_t$  sia uguale a  $\frac{\alpha_0}{1 - (\alpha_1 + \beta_1)}$  per cui se  $\alpha_1 + \beta_1 = 1$ , il rapporto tende a infinito, facendo venir meno la stazionarietà.

Poiché siamo interessati a valutare l'abilità previsionale del GARCH(1,1), è utile soffermarsi sulla dimostrazione della previsione della varianza condizionata.

1. Ritardo 1:

$$h_{t+1|t} = \text{Var}(y_{t+1}|Y_t) = E_t(y_{t+1}^2) = h_{t+1} = \alpha_0 + \alpha_1 y_t^2 + \beta_1 h_t$$

2. Ritardo 2:

$$\begin{aligned} h_{t+2|t} &= \text{Var}(y_{t+2}|Y_t) = E_t[E_{t+1}(y_{t+2}^2)] = E_t(h_{t+2}) = E_t(\alpha_0 + \alpha_1 y_{t+1}^2 + \\ &\beta_1 h_{t+1}) = \alpha_0 + \alpha_1 E_t(y_{t+1}^2) + \beta_1 h_{t+1} = \alpha_0 + \alpha_1 h_{t+1} + \beta_1 h_{t+1} = \\ &\alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1) h_{t+1} \end{aligned}$$

3. Ritardo 3:

---

<sup>35</sup> È stato testato che la specificazione di un modello ARMA per  $\mu_{t|t-1}$  non cambia in modo rilevante i risultati.

$$\begin{aligned}
h_{t+3|t} &= \text{Var}(y_{t+3}|Y_t) = E_t\{E_{t+1}[E_{t+2}(y_{t+3}^2)]\} = E_t E_{t+1}(h_{t+3}) = \\
&E_t E_{t+1}(\alpha_0 + \alpha_1 y_{t+2}^2 + \beta_1 h_{t+2}) = E_t(\alpha_0 + \alpha_1 E_{t+1} y_{t+2}^2 + \beta_1 h_{t+2}) = \\
&E_t[\alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1) h_{t+2}] = E_t[\alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1)(\alpha_0 + \alpha_1 y_{t+1}^2 + \beta_1 h_{t+1})] = \\
&\alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1)\alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1)^2 h_{t+1}
\end{aligned}$$

[...]

$$\begin{aligned}
E_t(h_{t+l}) &= h_{t+l|t} = \text{Var}(y_{t+l}|Y_t) = E_t(y_{t+l}^2) = \alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1)E_t(h_{t+l-1}) \\
&= \alpha_0 + (\alpha_1 + \beta_1)h_{t+l-1|t}
\end{aligned}$$

Quando  $l$  tende a infinito la varianza condizionata tende a quella incondizionata a dimostrazione del fatto che l'incertezza aumenta man mano che ci allontaniamo dall'istante dell'ultimo set informativo disponibile:

$$\lim_{l \rightarrow +\infty} E_t(h_{t+l}) = E(y_t^2) = \frac{\alpha_0}{1 - (\alpha_1 + \beta_1)}$$

Eventualmente possono essere aggiunti regressori lineari sia nell'equazione della media che della varianza condizionata per migliorare la bontà di adattamento del modello, esattamente come è stato fatto nell'ARIMAX.

### 3.2.1 L'applicazione del modello GARCH sul Vstoxx e sul mini-futures sul Vstoxx

L'applicazione del modello GARCH(1,1) è limitata alle sole serie giornaliere poiché l'elaborazione di dati infra-giornalieri richiede elaboratori più potenti di cui non si dispone.

Il modello è implementato solamente per la serie storica dell'Euro Stoxx 50 di cui stimeremo la volatilità condizionata  $\sqrt{h_t}$  sulla base del set informativo disponibile sino al giorno precedente. L'applicazione del modello sul Vstoxx e sul mini-futures richiederebbe una specificazione ARMA per  $\mu_{t|t-1}$  dal momento che in questo caso saremmo interessati non alla volatilità del Vstoxx o del mini-futures, quanto al suo rendimento  $y_t = \mu_{t|t-1} + \xi_t$ . Se infatti ponessimo  $\mu_{t|t-1} = 0$ , la miglior previsione futura del rendimento sarebbe uguale a 0, oppure uguale a uno o più regressori moltiplicati per i loro coefficienti laddove decidessimo di inserire variabili di

regressione anche per il rendimento oltre che per la volatilità condizionata. Sarebbe quindi una ripetizione di quanto già fatto nell'ARIMAX oppure sarebbe una semplice regressione lineare.

Il campione di riferimento va dal 27/04/2005 al 23/10/2014 per un totale di 2420 osservazioni, di cui 209 (dal 30/12/2013) sono state lasciate fuori dal campione per valutare l'efficacia predittiva del modello. I valori predetti sono confrontati sia con i valori del Vstoxx che con quelli del mini-futures.

Nessuno dei regressori impiegati nell'ARIMAX risulta essere significativo ai fini della stima della volatilità mediante il GARCH(1,1). E nemmeno l'intercetta  $\alpha_0$ .

La distribuzione assunta è la t di Student data l'elevata curtosi.

GARCH(1,1):

$$y_t | Y_{t-1} \sim t_v(0, h_t)$$

Poiché  $\mu_{t|t-1} = 0$ :

$$y_t \equiv \xi_t \equiv \sqrt{h_t} \epsilon_t$$

Dove:

$$h_t = \alpha_1 y_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}$$

Con  $\alpha_1 \geq 0, \beta_1 \leq 1, \alpha_1 + \beta_1 < 1$

La tabella 3.8 riporta i parametri stimati mediante il metodo della massima verosimiglianza, i rispettivi errori standard robusti, *t-value* e *p-value*, il valore della

<b>TABELLA 3.8: Modello GARCH(1,1)</b>		
	$\alpha_1$	$\beta_1$
<b>Valori</b>	0.0730	0.9260
<b>Err. St.</b>	0.0123	0.0132
<b>t-value</b>	5.9579	70.1623
<b>p-value</b>	$\approx 0$	$\approx 0$
<b>Log-Likelihood</b>	6603.71	
<b>AIC</b>	-5.971	
<b>BIC</b>	-5.963	

funzione di verosimiglianza, l'AIC e il BIC.

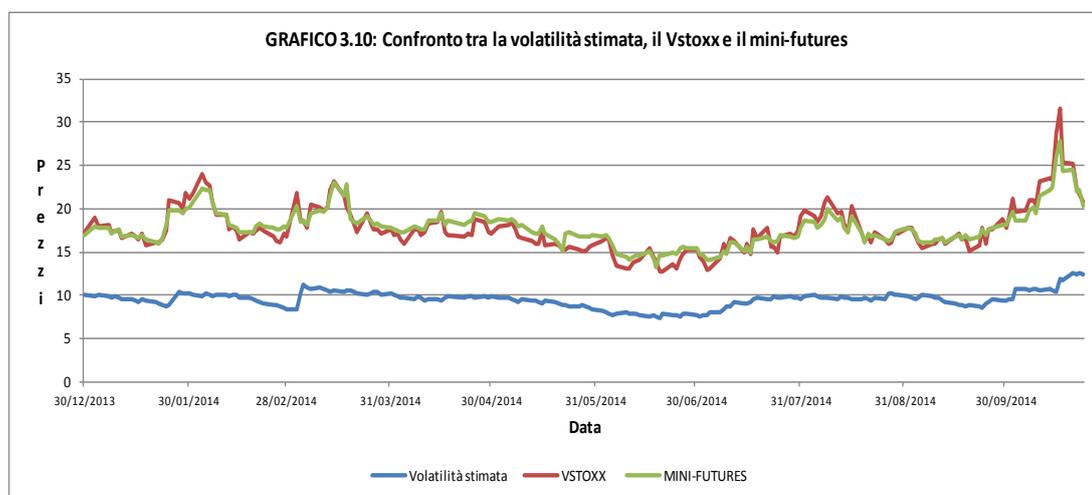
Quando è assunta una distribuzione normale le stime di massima verosimiglianza sono consistenti e asintoticamente normali sebbene non efficienti. Molto meno sappiamo circa le

proprietà teoriche degli stimatori nell'ipotesi della distribuzione t di Student<sup>36</sup>.

Esattamente come per l'ARIMAX, allo scopo di valutare l'abilità predittiva del modello mediante le osservazioni fuori dal campione, sono state prese in

<sup>36</sup> Leggere Newey e Steigerwald (1997) per maggiori dettagli.

considerazione due varianti del GARCH, una con campione crescente e l'altra con campione mobile. Nel primo caso, il campione, man mano che trascorrono i periodi, si arricchisce sempre più inglobando il nuovo periodo e aggiornando la stima dei parametri. Nel secondo caso, il campione si aggiorna sostituendo l'osservazione più obsoleta con l'ultima disponibile mantenendo così la stessa dimensione; anche in questo caso i parametri vengono ricalcolati ogni volta. I risultati delle due varianti differiscono di pochissimo, spesso a partire dalla quarta cifra decimale per quanto riguarda il prezzo. Per questo consideriamo solamente la prima tipologia con campione crescente.



Il grafico 3.10 mostra i valori di mercato del Vstoxx e del mini-futures con la volatilità dell'Euro Stoxx 50 stimata mediante il modello GARCH(1,1).

Il modello chiaramente sottostima in modo sistematico i valori di mercato dei due strumenti. Perciò un confronto con i prezzi è totalmente inadeguato.

Tuttavia dal grafico sembrerebbe che il modello definisce un sentiero per la volatilità che ricalca quello del Vstoxx e del mini-futures, seppur con valori inferiori e senza cogliere le variazioni più grandi (ricordiamo che a noi interessa il segno delle variazioni, non la loro grandezza). Se diamo per vero questa assunzione, allora potremmo confrontare le variazioni tra i valori di volatilità stimata col modello con le variazioni dei prezzi dei due strumenti. Tuttavia anche in questo caso i risultati sono deludenti: il modello predice correttamente il segno nel 47,60 % dei casi sia per il Vstoxx che per il mini-futures. Sarebbe meglio aspettarsi l'opposto di quanto predetto dal modello, ma è ovvio che nessuna previsione o strategia può basarsi su tale metodo.

In conclusione, il GARCH(1,1) risulta meno efficace dell'ARIMAX per quanto riguarda la previsione del Vstox e del mini-futures e va scartato senza ombra di dubbio.

### 3.3 Perpetual Debt Model<sup>37</sup>

Il *Perpetual Debt Model* consiste in una serie di formule in forma chiusa definite da Gaia Barone (2011) sulla base del modello di Leland (1994) che consentono ai trader di valutare l'*equity*, opzioni sull'*equity* e CDS (*Credit Default Swap*) in modo consistente. Lo stesso modello può essere utilizzato per risolvere il problema inverso, ossia estrarre informazioni sul rischio di credito dalle quotazioni di mercato delle azioni e dei derivati. È possibile per esempio ricavare la volatilità percepita dagli investitori (ed è proprio questo che verrà fatto nel seguente paragrafo). Spesso infatti, nei mercati delle opzioni su azioni, i traders quotano la volatilità implicita delle opzioni, piuttosto che i loro prezzi. La volatilità implicita generalmente decresce all'aumentare dei prezzi *strike*, mostrando un andamento decrescente asimmetrico. Questa caratteristica è coerente con l'ipotesi che l'attuale distribuzione dei rendimenti utilizzata dagli *option traders* presenta una coda sinistra più spessa rispetto alla distribuzione gaussiana del modello di Black-Scholes-Merton. Una possibile spiegazione di tale asimmetria è connessa con il *leverage*. Per definire quest'ultimo, abbiamo bisogno di definire prima di tutto il debito.

L'approccio seguito dal modello di Leland assume che tutti i bonds e i prestiti bancari di un'impresa siano approssimati da una singola emissione di un bond perpetuo a tasso fisso avente la stessa "duration stocastica" del debito attuale. A questo punto è bene analizzare la struttura del capitale ipotizzata nel modello di Leland<sup>38</sup>.

Essa è innanzitutto endogena, a differenza di altri modelli strutturali come quello di Merton (1974) o Black-Cox (1976). La sua ottimizzazione dipende da un *trade-off* tra il beneficio fiscale derivante dal debito per mezzo della deducibilità degli interessi di finanziamento e lo svantaggio dei costi di bancarotta dovuti a terze parti, quali corti di giustizia, avvocati, consulenti contabili.

La struttura del capitale è riassunta nella tabella 3.9 e spiegata successivamente.

<sup>37</sup> G. Barone (2011), "An Equity-Based Credit Risk Model".

<sup>38</sup> H. Leland (1994), "Corporate Debt Value, Bond Covenants, and Optimal Capital Structure".

<b>TABELLA 3.9: Posizioni dei 4 stakeholders</b>				
	Azionisti	Obbligazionisti	Terze Parti	Erario
<b>Assets</b>	$V_0$	-	-	-
<b>Bond perpetuo</b>	-Z	Z	-	-
<b>Opzione di fallimento</b>	$P \equiv (Z - V_b)p_b$	$-P \equiv -(Z - V_b)p_b$	-	-
<b>Opzione digitale di bancarotta</b>	-	$A \equiv -\alpha V_b p_b$	$-A \equiv -\alpha V_b p_b$	-
<b>Tasse</b>	$-G_S \equiv -\theta(V_0 - Z + P)$	$-G_B \equiv -\theta(Z - P - A)$	$-G_U \equiv -\theta A$	$G_0 \equiv G_S + G_B + G_U$
<b>Totale</b>	$S_0 \equiv (1 - \theta)(V_0 - Z + P)$	$B_0 \equiv (1 - \theta)(Z - P - A)$	$U_0 \equiv (1 - \theta)A$	$G_0 \equiv \theta V_0$

La proprietà dell'impresa è suddivisa tra 4 *stakeholders*: gli azionisti, gli obbligazionisti, le terze parti (avvocati, corti di giustizia, consulenti, ecc.) e l'Erario. La prima di queste categorie è formata dagli azionisti, gli iniziali proprietari dell'impresa avente un valore attuale pari a  $V_0$ , i quali emettono un bond perpetuo a tasso fisso (rappresentativo di tutti i debiti dell'impresa) con un valore nominale  $Z = \frac{C}{r}$ , dove  $C$  è il coupon perpetuo e  $r$  è il tasso di interesse privo di rischio, e un valore di mercato pari a  $B$ . Data la limitatezza dell'indebitamento possibile che un'impresa può contrarre, gli azionisti hanno implicitamente una cosiddetta *option to default* (opzione di fallimento), ossia la facoltà di dichiarare il fallimento dell'impresa nel momento in cui il suo valore  $V$  è pari a  $V_b$ , ossia il punto di default ottimo, scelto dagli azionisti per massimizzare il valore dell'*equity* ed evitare che esso diventi negativo:

$$V_b = Z \frac{\gamma_2}{\gamma_2 - 1}$$

Dove<sup>39</sup>:

$$\gamma_2 = \frac{-(r - q_v - \sigma_v^2/2) - \sqrt{(r - q_v - \sigma_v^2/2)^2 + 2\sigma_v^2 r}}{\sigma_v^2}$$

Dove:

- $q_v$  è il tasso di *payout* dovuto agli *shareholders* (azionisti) e ai *bondholders* (creditori obbligazionari);

<sup>39</sup> L'equazione  $\gamma_2$  deriva dalla risoluzione dell'equazione differenziale di Merton che ogni derivato perpetuo insensibile al tempo senza pagamenti intermedi (come lo è appunto l'opzione perpetua al fallimento) dovrebbe soddisfare per eliminare opportunità di arbitraggio. L'equazione è così composta:

$$\frac{1}{2} \frac{d^2 f}{dV^2} \sigma_v^2 V^2 + (r - q_v) V \frac{df}{dV} - rf = 0$$

Dove  $f$  è il valore di un'opzione americana perpetua dipendente dal valore  $V$  dell'impresa. La dimostrazione di quest'equazione va oltre gli scopi del presente lavoro. Per approfondimenti si rimanda a G. Barone (2011), "An Equity-Based Credit Risk Model", pag. 6-8.

- $\sigma_v$  è la volatilità dell'attivo (*assets*) dell'impresa (in altre parole è la deviazione standard del tasso di rendimento delle attività per unità di tempo).

Quindi nel momento in cui il valore  $V$  dell'impresa raggiunge il livello  $V_b$ , gli azionisti esercitano l'opzione (put), vendendo l'impresa al valore corrente  $V_b$  agli obbligazionisti; esso verrà sottratto all'importo  $Z$  precedentemente ottenuto per un totale di:

$$P \equiv (Z - V_b)p_b$$

Dove:

- $P$  è il valore dell'opzione;
- $p_b = \left(\frac{V}{V_b}\right)^{\gamma_2}$  è il valore di un'opzione digitale perpetua *first-touch*<sup>40</sup> che paga \$1 al momento del fallimento poiché  $V = V_b$  e quindi  $p_b = 1$ .

Sul valore a loro disposizione, gli azionisti pagano una tassa all'Erario con un'aliquota  $\theta$  per un totale di  $G_S$ .

Quindi per riassumere la posizione complessiva degli azionisti:

- sono lunghi sul valore corrente degli *assets* dell'impresa pari a  $V = V_0$ ;
- sono corti su un bond perpetuo con valore costante  $Z$  venduto agli obbligazionisti;
- sono lunghi sull'opzione perpetua di fallimento con valore corrente  $P$  vendutagli dagli obbligazionisti;
- sono corti sulla pretesa di tasse da parte dello Stato con valore corrente  $G_S$ .

Dalla somma delle diverse posizioni otteniamo che il valore corrente del loro portafoglio al netto delle tasse, che altro non è che il valore dell'*equity* dell'impresa, sarà pari a:

$$S_0 \equiv (1 - \theta)(V_0 - Z + P)$$

---

<sup>40</sup> Per un approfondimento delle opzioni digitali si veda G.Barone (2013), "European Compound Options Written on Perpetual American Options".

La seconda categoria è rappresentata dagli obbligazionisti, i quali acquistano dagli azionisti un bond perpetuo avente un valore costante  $Z$  e vendono agli stessi un'opzione perpetua di fallimento avente un valore corrente  $P$ . Nel momento in cui il valore corrente  $V_0$  dell'impresa raggiunge il punto ottimo di default  $V_b$  individuato dagli azionisti, quest'ultimi eserciteranno l'opzione per effetto della quale trasferiranno l'impresa fallita con valore  $V_b$  agli obbligazionisti che avevano sborsato  $Z$  per acquistare il bond, per un importo complessivo di  $-P = -(Z - V_b)p_b$ .

Allo stesso tempo gli obbligazionisti hanno venduto alle terze parti un'opzione perpetua digitale, definita opzione di bancarotta, con valore corrente  $A$ :

$$A = -\alpha V_b p_b$$

Dove:

- $\alpha$  è il rimborso previsto dall'opzione digitale quando  $V = V_b$ , rappresentativo delle spese di fallimento.

Tale opzione rappresenta le spese di fallimento che i nuovi proprietari dell'impresa, gli obbligazionisti, devono sostenere a favore di terze parti che prestano i loro servizi per la liquidazione dell'impresa (avvocati, corti di giustizia, dottori commercialisti, ecc.). Perciò al valore che l'impresa ha quando fallisce,  $V_b$ , occorre sottrarre questi costi.

Infine, gli obbligazionisti pagano un'aliquota d'imposta  $\theta$  a favore dello Stato sul valore del loro portafoglio per un totale di  $G_B$ .

Quindi per riassumere la posizione complessiva degli obbligazionisti:

- sono lunghi su un bond perpetuo con valore costante  $Z$  vendutogli dagli azionisti;
- sono corti su un'opzione perpetua di fallimento, con valore corrente  $P$  venduta agli azionisti;
- sono corti su un'opzione perpetua digitale di bancarotta con valore corrente  $A$  venduta alle terze parti;
- sono corti sulla pretesa di tasse da parte dello Stato con valore corrente  $G_B$ .

Dalla somma delle diverse posizioni otteniamo che il valore corrente del loro portafoglio al netto delle tasse sarà pari a:

$$B_0 \equiv (1 - \theta)(Z - P - A)$$

La terza categoria è rappresentata dalle terze parti, ossia tutti gli operatori che per legge o altro intervengono dopo il fallimento dell'impresa per la liquidazione della stessa, erogando i loro servizi in cambio dei quali chiedono una parcella calcolata sul valore residuo  $V_b$  dell'impresa. Quest'onorario pesa direttamente sulle tasche degli obbligazionisti che sono ora i nuovi proprietari dell'impresa. Per questo l'opzione di bancarotta è venduta dagli obbligazionisti. Anche le terze parti ovviamente pagano la loro parte di imposte all'Erario per un totale di  $G_U$ .

Quindi le terze parti:

- sono lunghi su un'opzione perpetua digitale di bancarotta con valore corrente  $A$  vendutagli dagli obbligazionisti;
- corti sulla pretesa di tasse da parte dello Stato con valore corrente  $G_U$ .

Dalla somma delle diverse posizioni otteniamo che il valore corrente del loro portafoglio al netto delle tasse sarà pari a:

$$U_0 \equiv (1 - \theta)A$$

Rimane solamente lo Stato che ha il diritto di ricevere la quota di imposte  $\theta$  sul valore  $V$  dell'impresa dalle tre categorie summenzionate proporzionalmente alla quota di valore dell'impresa su cui hanno diritto. L'assunzione di base prevede che gli azionisti, gli obbligazionisti e le terze parti siano tassati con la stessa aliquota  $\theta$ . Inoltre, essi sono tassati rispettivamente quando dividendi, interessi e commissioni sono pagati, evitando la doppia tassazione sugli utili trattenuti.

Quindi l'Erario è lungo su un contratto lineare con valore corrente pari a  $G_0 = \theta V_0$ , derivante da 3 rivendicazioni: pretesa di tasse contro gli azionisti con valore corrente  $G_S$ , pretesa di tasse contro gli obbligazionisti con valore corrente  $G_B$ , pretesa di tasse contro le terze parti con valore corrente  $G_U$ . Il restante  $G_0 \equiv (1 - \theta)V_0$  è condiviso tra i tre soggetti.

Quindi abbiamo 4 *securities* (*equity, corporate bond, bankruptcy security e tax claim*) del valore rispettivo di  $S_0, B_0, U_0, G_0$ , la cui somma è pari al valore  $V_0$  dell'impresa:

$$S_0 + B_0 + U_0 + G_0 = (1 - \theta)(V_0 - Z + P) + (1 - \theta)(Z - P - A) + (1 - \theta)A + \theta V_0 = V_0$$

Come nel modello di Merton, anche in quello di Leland il valore  $V$  degli *assets* di un'impresa segue un moto geometrico Browniano<sup>41</sup>:

$$dV = (\mu_v - q_v)Vdt + \sigma_v Vdz$$

Dove:

- $\mu_v$  è il tasso di rendimento istantaneo atteso di un'impresa per unità di tempo;
- $q_v$  è il tasso di *payout* dovuto agli *shareholders* (azionisti) e ai *bondholders* (creditori obbligazionari);
- $\sigma_v$  è la volatilità dell'attivo (*assets*) dell'impresa (in altre parole è la deviazione standard del tasso di rendimento delle attività per unità di tempo);
- $dz = \varepsilon\sqrt{dt}$  è un processo di Wiener standard, dove  $\varepsilon$  è un'estrazione casuale da una normale standardizzata  $N(0,1)$ .

Il modello non consente all'impresa di cambiare il suo *business risk*, misurato da  $\sigma_v$ , che è costante, ma permette la liquidazione degli *assets* per pagare gli interessi, i dividendi e le tasse. La politica di *payout* dell'impresa è definita da  $q_v$ :

$$\begin{aligned} q_v V &= \text{interessi netti} + \text{dividendi netti} + \text{tasse} \\ &= \text{interessi lordi} + \text{dividendi lordi} = q_B \frac{B}{1-\theta} + q_S \frac{S}{1-\theta} \end{aligned}$$

Dove:

- $q_B = r \frac{(1-\theta)Z}{B}$  è il tasso di rendimento privo di rischio del bond prima delle tasse;
- $q_S$  è il tasso di rendimento dei dividendi prima delle tasse.

Il tasso di *payout* definisce i flussi di cassa che escono dall'attivo dell'impresa per pagare, *in primis*, gli interessi agli obbligazionisti e con quel che rimane i dividendi. Se  $q_v V$  è insufficiente a coprire gli interessi di finanziamento, gli azionisti ricevono dividendi negativi. Essi indicano una crisi di liquidità dell'impresa, ma non vuol dire che ci troviamo al punto ottimo di default: i futuri flussi di cassa attesi possono

<sup>41</sup> Per una semplice spiegazione di un moto geometrico Browniano si veda J. Hull (2012), "Opzioni, futures e altri derivati", pag. 303-309.

indurre gli azionisti a mantenere in vita l'impresa, piuttosto che dichiararla fallita mediante l'esercizio dell'opzione di fallimento.

Il modello non consente nemmeno di negoziare il valore  $V_b$  dell'impresa al momento del fallimento. In altre parole, gli azionisti non tenteranno di persuadere gli obbligazionisti a rinegoziare le condizioni contrattuali, anche se hanno un comune interesse ad evitare la bancarotta.

Le equazioni necessarie ai fini di previsione del Vstoxx e del mini-futures sono le "Greche"<sup>42</sup> dell'*equity* e dell'opzione di fallimento.

Ricordiamo che il valore dell'*equity* è dato da:

$$S_0 = (1 - \theta)(V_0 - Z + P)$$

mentre il valore dell'opzione è data da:

$$P = (Z - V_b) \left( \frac{V_0}{V_b} \right)^{\gamma_2}$$

Il delta  $\Delta_P$  e il gamma  $\Gamma_P$  dell'opzione di default sono:

$$\Delta_P = \frac{\partial P}{\partial V} = \gamma_2 \frac{P}{V}$$

$$\Gamma_P = \frac{d^2 P}{dV^2} = \frac{\gamma_2(\gamma_2 - 1)P}{V^2}$$

Il delta  $\Delta_S$  e il gamma  $\Gamma_S$  dell'*equity* sono:

$$\Delta_S = \frac{\partial S}{\partial V} = (1 - \theta)(1 + \Delta_P)$$

$$\Gamma_S = \frac{d^2 S}{dV^2} = (1 - \theta)\Gamma_P$$

Grazie al lemma di Itô<sup>43</sup>, la volatilità dell'*equity* è data da:

$$\sigma_S = \frac{\Delta_S V \sigma_V}{S}$$

---

<sup>42</sup> Per una semplice spiegazione delle lettere greche si veda J. Hull (2012), "Opzioni, futures e altri derivati", capitolo 18.

<sup>43</sup> Per una semplice spiegazione del lemma di Itô si veda J. Hull (2012), "Opzioni, futures e altri derivati", pag.322-324.

Se definiamo il *leverage* come rapporto tra il valore dell'impresa al netto delle tasse e il valore dell'*equity*,  $L = \frac{(1-\theta)V}{S}$ , allora la volatilità dell'*equity* può essere scritta come:

$$\sigma_S = \left(1 + \gamma_2 \frac{P}{V}\right) L \sigma_V$$

### 3.3.1 L'applicazione del Perpetual Debt Model sul Vstoxx e sul mini-futures sul Vstoxx

Il *Perpetual Debt Model* è stato implementato sulle serie giornaliere e infra-giornaliere dell'Euro Stoxx 50 con riferimenti ai giorni e le ore di negoziazione del Vstoxx e del mini-futures. Per quanto riguarda il Vstoxx, la serie giornaliera dell'indice azionario parte dal 24/04/2005 fino al 23/10/2014 per un totale di 2422 osservazioni, mentre la serie *intraday* è compresa tra le 09:15 CET dell'11/04/2014 fino alle 17:25 CET del 23/10/2014 per un totale di 13583 osservazioni distanziate 5 minuti l'una dall'altra. La serie giornaliera dell'Euro Stoxx 50 con riferimento al mini-futures va dal 04/01/2010 fino al 23/10/2014 per un totale di 1228 osservazioni; quella infra-giornaliera dalle 09:20 CET dell'08/05/2014 fino alle 17:30 CET del 18/11/2014 per un totale di 10388 osservazioni.

Tutte le informazioni necessarie sono state reperite mediante Bloomberg. Quest'ultimo infatti fornisce dati contabili (attività, passività, debiti, patrimonio netto, tasso di payout, ecc.) e indici di bilancio, utili ai fini della nostra analisi.

Il primo passo è stato il calcolo del valore degli *assets* mediante la formula dell'*equity*:

$$S_0 = (1 - \theta)(V_0 - Z + P)$$

$S_0$  è noto e coincide con il prezzo quotato dell'Euro Stoxx 50.

$\theta$  è l'aliquota di imposta che abbiamo supposto essere pari al 35%, la quale rappresenta la tipica aliquota d'imposta sulle società applicata in diversi paesi. E' la stessa impiegata nell'analisi congiunta effettuata da E. Barone e G. Barone (2012).

$Z$  è il valore del bond perpetuo a tasso fisso che rappresenta l'indebitamento dell'impresa. Il modello lo ipotizza fisso per tutta la vita della società. Nella nostra analisi esso varia nel tempo sulla base dei dati Bloomberg aggiornati. È stato

calcolato moltiplicando il valore degli *assets*<sup>44</sup> (reperibile su Bloomberg) per il rapporto *debito/assets* (anch'esso reperibile su Bloomberg):

$$Z = assets \times \frac{debito}{assets}$$

$P$  è il valore dell'opzione di fallimento data da  $(Z - V_b) \left(\frac{V_0}{V_b}\right)^{\gamma_2}$ . Per calcolarlo abbiamo bisogno oltre che di  $V_0$ , che è proprio il valore degli *assets* che stiamo cercando, anche di  $V_b = Z \frac{\gamma_2}{\gamma_2 - 1}$  e quindi di  $\gamma_2$ :

$$\gamma_2 = \frac{-(r - q_v - \sigma_v^2/2) - \sqrt{(r - q_v - \sigma_v^2/2)^2 + 2\sigma_v^2 r}}{\sigma_v^2}$$

La determinazione di quest'ultimo richiede la conoscenza di  $r$ ,  $q_v$  e  $\sigma_v$ .

$r$  è il tasso di interesse privo di rischio approssimato dall'Euribor (lo stesso impiegato nel calcolo del Vstox).

$q_v$  è il tasso di *payout* sul valore complessivo degli *assets* che definisce i flussi di cassa destinati a pagare interessi e dividendi. Anch'esso è un dato che possiamo reperire su Bloomberg e che cambia di giorno in giorno.

$\sigma_v$  infine rappresenta la volatilità dell'attivo dell'impresa, ossia il *business risk* che il modello suppone essere costante, non permettendo all'impresa di cambiarlo. Nella nostra analisi è assunto essere sempre uguale al 10%.

A questo punto l'unica incognita rimanente è  $V_0$  ottenibile dall'equazione dell'*equity*:

$$S_0 = (1 - \theta)(V_0 - Z + P)$$

Sostituendo  $P = \left(Z - Z \frac{\gamma_2}{\gamma_2 - 1}\right) \left(\frac{V_0}{V_b}\right)^{\gamma_2} = Z \left(1 - \frac{\gamma_2}{\gamma_2 - 1}\right) \left(\frac{V_0}{V_b}\right)^{\gamma_2}$ :

$$S_0 = (1 - \theta) \left[ V_0 - Z + Z \left(1 - \frac{\gamma_2}{\gamma_2 - 1}\right) \left(\frac{V_0}{V_b}\right)^{\gamma_2} \right]$$

L'equazione non è risolvibile in modo esplicito poiché  $V_0$  è elevato a  $\gamma_2$ . Perciò, al fine di cercare una soluzione per  $V_0$  che soddisfi l'equazione, quest'ultima è stata modificata e minimizzata rispetto a  $V_0$  nel seguente modo:

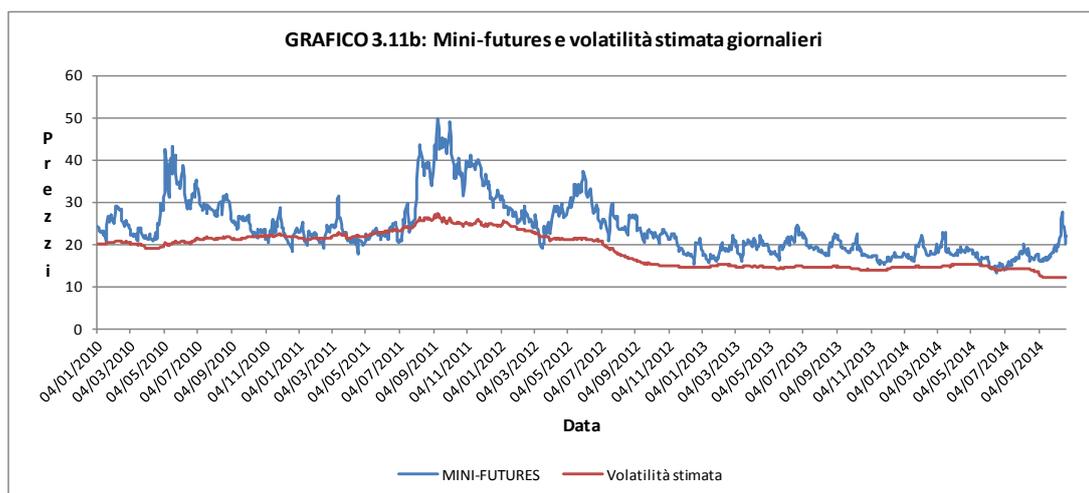
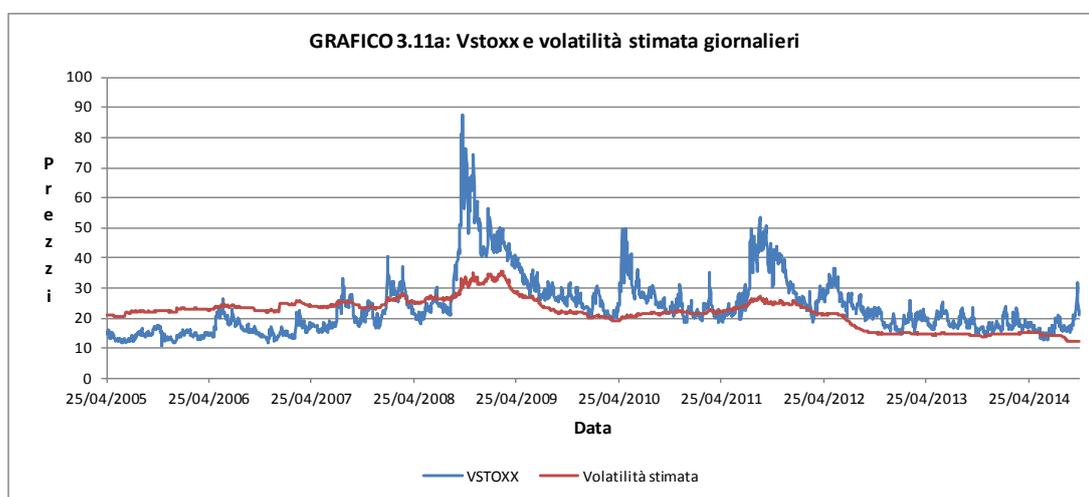
<sup>44</sup> Alternativamente avremmo potuto utilizzare direttamente il valore degli *assets* reperibile su Bloomberg, piuttosto che ricavarlo dalla formula dell'*equity*. Tuttavia un tentativo del genere ha portato a risultati meno soddisfacenti.

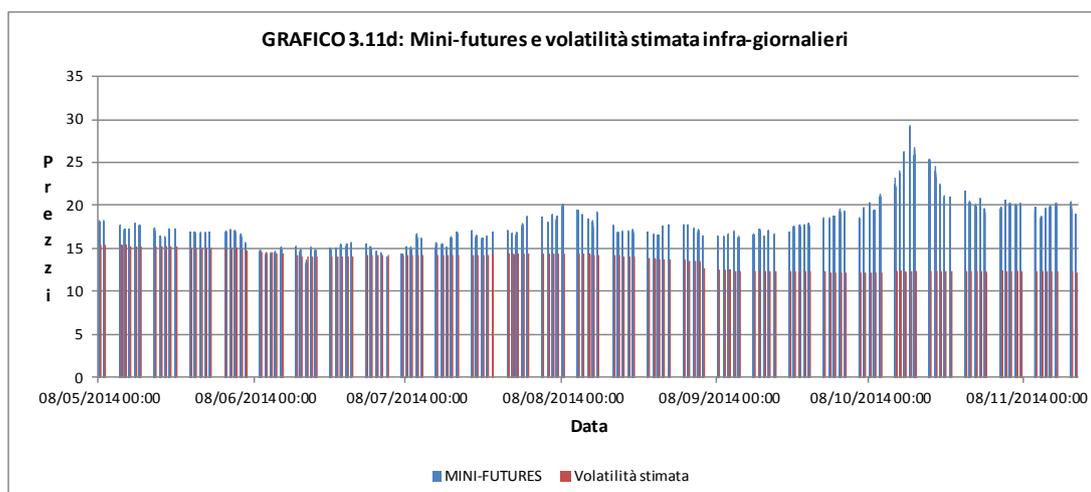
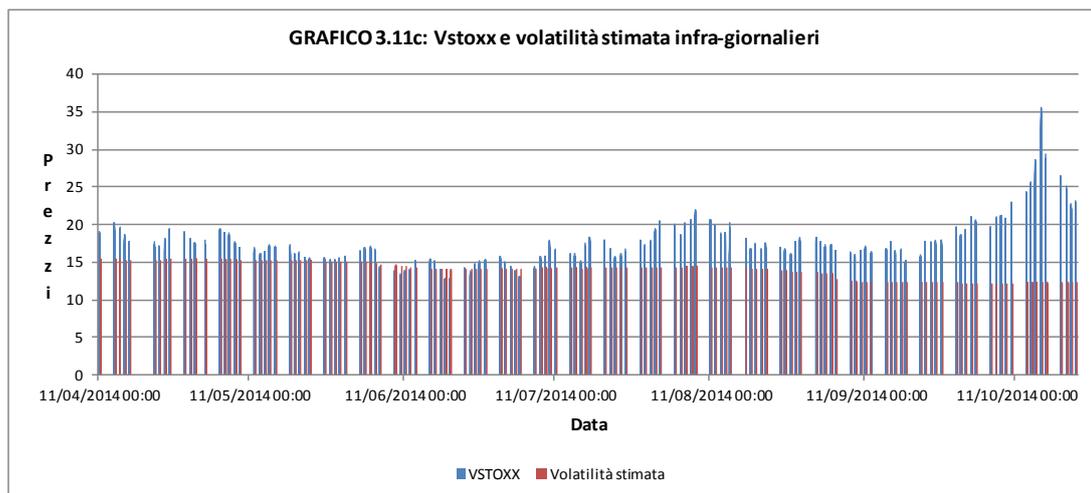
$$\min_{V_0} \left\{ (1 - \theta) \left[ V_0 - Z + Z \left( 1 - \frac{\gamma_2}{\gamma_2 - 1} \right) \left( \frac{V_0}{V_b} \right)^{\gamma_2} \right] - S_0 \right\}^2$$

Il minimo di un'equazione quadratica è 0, perciò il  $V_0$  che minimizza l'equazione è il  $V_0$  che l'annulla (o che più di ogni altro la approssima a 0), soddisfacendo l'equazione dell'*equity*. I calcoli sono stati svolti mediante il software Matlab.

Ottenuti i valori di  $V_0$  possiamo finalmente calcolare la volatilità dell'Euro Stoxx 50 mediante la formula  $\sigma_S = \frac{\Delta S V \sigma_V}{S}$  e confrontarla con i valori del Vstoxx e del mini-futures. I confronti giornalieri e infra-giornalieri sono riportati nei grafici 3.11.

È palese la sottostima del modello rispetto a tutte le serie del Vstoxx e del mini-futures. Gli scostamenti medi assoluti ( $\epsilon$ ) tra i valori stimati e quelli veri sono riportati nella tabella 3.10.





**TABELLA 3.10: Scostamenti medi assoluti tra i valori stimati e i valori veri**

	Vstoxx giornaliero	Vstoxx intraday	Mini-futures giornaliero	Mini-futures intraday
€	26.72%	20.83%	23.82%	27.04%

In media il modello sottostima di circa un quarto il valore di mercato dei due strumenti.

Tuttavia sembra che il modello riesca a replicare l'andamento dei due strumenti seppur con valori sottostimati. Questa impressione è confermata confrontando il segno della variazione tra due valori di mercato con il segno della variazione tra due valori stimati riferiti agli stessi istanti temporali. La percentuale di segni corrispondenti è molto elevata per tutte le serie, come mostrato in tabella 3.11.

**TABELLA 3.11: Percentuale di segni corrispondenti**

	Vstoxx giornaliero	Vstoxx intraday	Mini-futures giornaliero	Mini-futures intraday
% Segni corretti	75.22%	82.12%	72.29%	46.52%

Ricordiamo che nel caso della serie *intraday* del mini-futures assumono rilevanza anche le variazioni nulle che rappresentano circa 1/3 delle variazioni totali e che

purtroppo nessun modello riesce a catturare. Un modello di replica o di previsione, perciò, sarà buono se la percentuale di segni corretti è superiore al 33%, come in questo caso.

Il modello così impiegato è un modello di replica, poiché i dati di input sono dello stesso istante temporale della variabile stimata, ossia la volatilità. Se volessimo utilizzarlo per finalità previsionali, potremmo confrontare il segno dello scostamento tra il valore vero e il valore stimato al tempo  $t$  con il segno della variazione realizzata tra il valore vero al tempo  $t+1$  e il valore vero al tempo  $t$ . In altre parole se il modello fornisce una stima di volatilità inferiore al valore di mercato del Vstoxx o del mini-futures, potremmo essere indotti a pensare che il mercato sta sovrastimando la volatilità e quindi ci attendiamo una riduzione del prezzo nel prossimo istante di tempo  $t+1$ . In questo caso le percentuali di segni esatti crollano a valori intorno al 50% e al 33% (quest'ultima riguarda la serie *intraday* del mini-futures) e coincidono con le variazioni negative, data la sistematica sottostima del modello. Praticamente il modello suggerisce costantemente una sovrastima della volatilità da parte del mercato. Quest'ultimo è quindi inadeguato per prevedere il Vstoxx e il mini-futures. Piuttosto stima molto efficacemente la volatilità percepita dagli investitori e negoziata dagli stessi mediante il mini-futures sul Vstoxx (come dimostrano le percentuali di segni corretti tra le variazioni dello stesso istante temporale), anche se con valori differenti.

# CAPITOLO 4

---

## Sfruttare la volatilità

In tempi recenti, i mercati finanziari hanno sperimentato periodi di forte tensione, come la crisi dei mutui *sub-prime*, la crisi del debito sovrano in Europa, il devastante terremoto giapponese con conseguente crisi nucleare: stiamo parlando dei cosiddetti “cigni neri” (*black swans*) come definiti da Nassim Nicholas Taleb nel suo libro “The Black Swan: the Impact of the Highly Improbabile” (2010). Sono periodi caratterizzati generalmente da elevata volatilità e depressione del mercato, soprattutto azionario.

Sebbene il trading sulla volatilità sia stato per molti anni prerogativa di una ristretta classe di investitori sofisticati, negli ultimi tempi, fondi pensione e investitori *retail* hanno conosciuto i benefici derivanti dall’incorporare nel proprio portafoglio strumenti e strategie basate sulla volatilità, volti a fronteggiare i “cigni neri”. Oggi la volatilità è ampiamente considerata un *asset class* a sé stante.

Nel paragrafi successivi verrà fornita una breve cronistoria del mercato dei derivati sulla volatilità, seguita da una succinta descrizione di quest’ultimi e infine un’analisi empirica sui benefici e sui costi dell’inserimento del mini-futures sul Vstoxx in un portafoglio azionario, finalizzato a contrastare sbalzi di volatilità.

### 4.1 Una breve cronistoria del mercato dei derivati sulla volatilità<sup>45</sup>

Secondo Michael Weber, ora dipendente della J.P. Morgan, il primo derivato sulla volatilità sarebbe stato un *variance swap* da lui stesso negoziato nel mercato *over the counter* (OTC) nel 1993 presso la Union Bank of Switzerland (UBS). Tra il 1993 e il 1998, ci sono diversi articoli che riportano contrattazioni di *variance* e *volatility swaps* [come l’articolo in *Derivatives Strategy* (1998) che parlava di *volatility swaps* emessi da Salomon Smith Barney], sebbene i primi ebbero più successo dei secondi. Nel 1998 i *variance swaps* sugli indici azionari conoscono una rapida diffusione

---

<sup>45</sup> P.Carr et Roger Lee (2009), “Volatility Derivatives”.

probabilmente dovuta all'alta volatilità implicita registrata in quell'anno. Per soddisfare la richiesta di comunicare in termini di volatilità, si è incominciati a quotare i *variance swap rates* come volatilità annualizzate. Il successivo passo è stato l'introduzione di *variance swap* sulle singole azioni. Nel 2005, diverse *derivatives houses* hanno introdotto nuovi strumenti derivati sulla volatilità come le opzioni sulla volatilità realizzata degli indici azionari o i *corridor variance swaps*, nei quali la *floating leg* paga la varianza realizzata solamente durante periodi in cui il valore del sottostante è compreso in uno specifico "corridoio".

In risposta allo sviluppo dei derivati sulla volatilità nei mercati OTC, il Chicago Board Options Exchange (CBOE) introdusse nel 1993 il suo primo indice di volatilità, noto come Vix, accolto positivamente dalla stampa specializzata che lo definì il "*fear gauge*" del mercato statunitense. Tuttavia passarono dieci anni prima che il CBOE creasse futures sul Vix negoziabili, che conobbero una crescente diffusione durante la crisi dei mutui *sub-prime*.

Parallelamente in Europa, l'Eurex lanciò futures su tre nuovi indici di volatilità: il Vstoxx, il Vdax-New e il Vsmi, poi trasformati in mini-futures per soddisfare le richieste della clientela *retail*. Motivati dal loro successo, nel 2009 vennero introdotte le opzioni sul Vix e sul Vstoxx.

Oggi gli strumenti sulla volatilità sono sempre più impiegati sia per finalità di copertura, che speculativa, rappresentando una valida e più economica alternativa alle strategie operative basate su opzioni, quali *strangles* e *straddles*.

## 4.2 I principali strumenti derivati sulla volatilità<sup>46</sup>

Ci sono essenzialmente due categorie di strumenti per scommettere sulla volatilità: le opzioni, gli unici derivati tradizionali che dipendono anche dalla volatilità del sottostante; gli strumenti derivati (*futures*, *forwards*, *swaps*) aventi come sottostante direttamente la volatilità sotto forma di volatilità storica, implicita o di indice di volatilità.

### OPZIONI

Il modo ideale di trattare la volatilità mediante opzioni è massimizzare l'esposizione a entrambi i tipi di volatilità (attuale e implicita) e minimizzare l'esposizione verso

---

<sup>46</sup> E. Barone (2008), "Sfruttare la volatilità".

gli altri fattori che influenzano il prezzo delle opzioni, quali il prezzo del sottostante e il trascorrere del tempo (*time decay*). Ciò avviene utilizzando le “Greche” per la valutazione delle esposizioni a tali fattori. Un investitore che vuole beneficiare da fluttuazioni della volatilità attuale del mercato, dovrà creare una posizione gamma (derivata seconda del valore del portafoglio rispetto al prezzo dell’attività sottostante) *long* o *short*. Per beneficiare di cambiamenti della volatilità implicita, dovrà focalizzarsi sulla posizione vega (derivata del valore del portafoglio rispetto alla volatilità implicita). Contemporaneamente dovrà minimizzare l’esposizione alle altre greche (delta, theta e rho).

Le strategie di *volatility trading* più diffuse implementate mediante opzioni sono: *straddles*, *strangles*, *back spreads*, *strips*, *straps*, *spreads*, *condors* e *seagulls*.

#### VOLATILITY FORWARDS

I “*forwards* di volatilità” pagano un importo pari al prodotto tra un valore nozionale e la differenza (misurata in centesimi) tra la volatilità osservata durante la vita del contratto e quella definita inizialmente. Il livello iniziale della volatilità è scelto in modo che il valore iniziale sia nullo.

#### FORWARD VOLATILITY AGREEMENTS

A differenza dei *volatility forwards*, i *forward volatility agreements* (FVAs) hanno per oggetto non la volatilità storica ma quella implicita. Alla scadenza, i *forward volatility agreements* pagano la differenza tra la volatilità implicita per la scadenza prefissata e il FVA *strike* fissato all’origine.

#### VOLATILITY SWAPS

I *volatility swaps* pagano alla scadenza la differenza tra la volatilità osservata durante la vita del contratto e il *volatility strike* fissato all’origine. Il valore del contratto è calcolato in base al meccanismo del *marking-to-market* e dipende dalla volatilità implicita e da quella osservata.

#### VARIANCE SWAPS

Analogamente ai *volatility swaps*, i *variance swaps* pagano alla scadenza la differenza tra la varianza osservata durante la vita del contratto e il *variance strike* fissato all’origine.

### 4.3 I benefici dei derivati sulla volatilità in un portafoglio azionario<sup>47</sup>

Nel 2008 i mercati azionari di tutto il mondo crollarono e molti *assets* utilizzati per finalità di diversificazione, come ad esempio le *commodities*, sperimentarono drammatiche cadute. Tali eventi, oltre a causare perdite rovinose, minarono la fiducia degli investitori sulle tradizionali forme di diversificazione e incrementarono la loro attenzione verso la volatilità e il *downside risk* dei portafogli azionari.

Diversi studi [Szado (2009), Daigler et Rossi (2006), Grant et al (2007), Dash et Moran (2007), Alexander et Korovilas (2011)] hanno evidenziato la tendenza della volatilità e dei rendimenti azionari a muoversi in direzione opposta, consentendo di ottenere significativi benefici dall'inserimento di una posizione lunga sulla volatilità in un portafoglio azionario. Le possibili ragioni di questa correlazione negativa sono già state affrontate nel paragrafo 2.2. La loro fondatezza contrasta con il deficit di consistenza delle pratiche di diversificazione applicate mediante l'utilizzo del solo mercato azionario, nel quale vi è la netta tendenza delle correlazioni di convergere tutte a uno durante i periodi di forte turbolenza. Da qui la crescente diffusione dei derivati sulla volatilità, come futures e opzioni, i quali rappresentano un mezzo conveniente ed efficace di difendere un portafoglio azionario durante periodi di *turmoil* (turbolenza). Costituiscono una valida e più conveniente alternativa all'utilizzo di *straddles* e *strangles*, come mostrato da A. Vischer nel suo articolo "Volatility settles down a san Asset Class", pubblicato in FT Mandate, nel quale calcola che le strategie sulla volatilità basate su opzioni sono due volte più costose di quelle basate sui derivati sulla volatilità.

Ovviamente anche questa copertura ha un costo. Recenti ricerche accademiche [Bakshi et Capadia (2003), Carr et Wu (2009)] hanno rilevato un *risk premium* (premio per il rischio) positivo se si è corti sulla volatilità e negativo altrimenti (cioè quando si protegge un portafoglio azionario contro aumenti di volatilità mediante una posizione lunga sulla stessa). In equilibrio, data la correlazione negativa tra i rendimenti azionari e la volatilità, gli acquirenti di *volatility derivatives* saranno disposti a pagare un premio per la loro posizione di copertura. Questa correlazione

---

<sup>47</sup> R. Guobuzaitė et L. Martellini (2012), "The Benefit of Volatility Derivatives in Equity Portfolio Management".

inversa genera beta fortemente negativi che spiegherebbero i rendimenti negativi di un'esposizione lunga sulla volatilità.

Sulla base di queste considerazioni, e data la non chiara efficacia previsionale dei modelli analizzati nel precedente capitolo, il presente trattato si conclude con i benefici emersi dall'utilizzo di un mini-futures a 30 giorni sul Vstoxx per finalità di copertura di un portafoglio azionario.

### 4.3.1 Evidenze dal Vstoxx

Per analizzare i benefici di una posizione lunga sul mini-futures a 30 giorni sul Vstoxx, soprattutto durante la crisi del 2008, ci baseremo sulle seguenti ipotesi:

- il portafoglio azionario dell'investitore è rappresentato da una posizione lunga sull'Euro Stoxx 50;
- la copertura avviene mediante una posizione lunga direttamente sul Vstoxx, piuttosto che sul mini-futures, per poter usufruire di una serie storica più lunga che inglobi anche la crisi dei mutui *sub-prime*<sup>48</sup>;
- l'operatore è un investitore *retail* che opera mediante Directa S.I.M.p.A.<sup>49</sup>, una società di intermediazione mobiliare con sede a Torino, che tratta solo mini-futures sul Vstoxx e non anche opzioni; conseguentemente i costi di transazione saranno esattamente quelli applicati da Directa<sup>50</sup>.

L'analisi ha come oggetto una serie di 21 portafogli azionari costituiti da una posizione lunga decrescente al ritmo del 5% sull'Euro Stoxx 50 e da allocazioni del Vstoxx crescenti allo stesso ritmo. Per ognuno di essi, è stato calcolato il rendimento medio annualizzato ottenuto moltiplicando il rendimento medio giornaliero per il numero di giorni lavorativi in un anno (252), la deviazione standard annualizzata ottenuta moltiplicando la deviazione standard giornaliera per  $\sqrt{252}$ , e lo *Sharpe Ratio*<sup>51</sup>, dato da:

---

<sup>48</sup> Ricordiamo che è impossibile assumere una posizione direttamente sul Vstoxx, essendo quest'ultimo semplicemente una formula. Tuttavia, dal momento che il mini-futures è stato introdotto solo nel 2009 dopo il picco della crisi dei mutui *sub-prime*, utilizzeremo i valori del Vstoxx come *proxy* delle quotazioni del mini-futures, usufruendo così di un orizzonte temporale più lungo che parte dal 2005. Ciò non comporta alcuna implicazione rilevante ai fini della nostra analisi.

<sup>49</sup> [www.directa.it](http://www.directa.it)

<sup>50</sup> È la stessa SIM che ha indetto le "Universiadi del Trading", una competizione europea di trading nella quale ho partecipato in qualità di caposquadra del "Luiss BlueTeam", il team rappresentativo dell'Università Luiss Guido Carli.

<sup>51</sup> W. Sharpe (1964), "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk".

$$SR = \frac{r_p - r_f}{\sigma_p}$$

Dove:

- $r_p$  è il rendimento medio annualizzato del portafoglio;
- $r_f$  è il tasso di interesse annuo privo di rischio che nella nostra analisi ipotizziamo essere pari a 0;
- $\sigma_p$  è la deviazione standard annualizzata del portafoglio.

Lo *Sharpe Ratio* rapporta il rendimento di un portafoglio alla sua rischiosità (rappresentata dalla deviazione standard) e quindi indica il portafoglio migliore in termini di rischio/rendimento. Esso aumenta all'aumentare del rendimento o al ridursi della rischiosità e viceversa, per cui un elevato *Sharpe Ratio* indica un portafoglio ben diversificato. Tuttavia esso è soggetto a numerose critiche ed è di difficile interpretazione quando il rendimento è negativo.

L'orizzonte temporale va dal 24/05/2005 al 22/10/2014 per un totale di 2421 prezzi e 2420 rendimenti giornalieri.

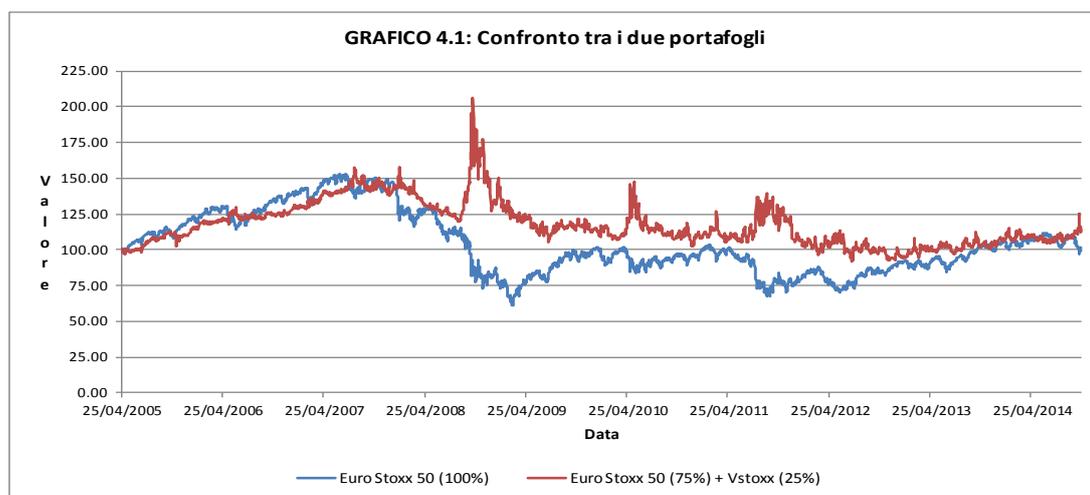
La struttura dei 21 portafogli con le tre statistiche di cui sopra senza costi di transazione sono rappresentati nella tabella 4.1.

TABELLA 4.1: Portafogli Euro Stoxx 50 - Vstoxx senza costi di transazione							
	Euro Stoxx 50 (100%)	Euro Stoxx 50 (95%) + Vstoxx (5%)	Euro Stoxx 50 (90%) + Vstoxx (10%)	Euro Stoxx 50 (85%) + Vstoxx (15%)	Euro Stoxx 50 (80%) + Vstoxx (20%)	Euro Stoxx 50 (75%) + Vstoxx (25%)	Euro Stoxx 50 (70%) + Vstoxx (30%)
Rendimento medio annualizzato	0.1477%	0.3298%	0.5120%	0.6942%	0.8764%	1.0586%	1.2408%
Deviazione Standard annualizzata	23.13%	18.81%	15.37%	13.50%	13.85%	16.27%	20.04%
Sharpe Ratio	0.0064	0.0175	0.0333	0.0514	0.0633	0.0651	0.0619
	Euro Stoxx 50 (65%) + Vstoxx (35%)	Euro Stoxx 50 (60%) + Vstoxx (40%)	Euro Stoxx 50 (55%) + Vstoxx (45%)	Euro Stoxx 50 (50%) + Vstoxx (50%)	Euro Stoxx 50 (45%) + Vstoxx (55%)	Euro Stoxx 50 (40%) + Vstoxx (60%)	Euro Stoxx 50 (35%) + Vstoxx (65%)
Rendimento medio annualizzato	1.4229%	1.6051%	1.7873%	1.9695%	2.1517%	2.3339%	2.5160%
Deviazione Standard annualizzata	24.53%	29.42%	34.54%	39.79%	45.15%	50.56%	56.01%
Sharpe Ratio	0.0580	0.0546	0.0518	0.0495	0.0477	0.0462	0.0449
	Euro Stoxx 50 (30%) + Vstoxx (70%)	Euro Stoxx 50 (25%) + Vstoxx (75%)	Euro Stoxx 50 (20%) + Vstoxx (80%)	Euro Stoxx 50 (15%) + Vstoxx (85%)	Euro Stoxx 50 (10%) + Vstoxx (90%)	Euro Stoxx 50 (5%) + Vstoxx (95%)	Vstoxx (100%)
Rendimento medio annualizzato	2.6982%	2.8804%	3.0626%	3.2448%	3.4270%	3.6092%	3.7913%
Deviazione Standard annualizzata	61.50%	67.02%	72.55%	78.10%	83.66%	89.23%	94.81%
Sharpe Ratio	0.0439	0.0430	0.0422	0.0415	0.0410	0.0404	0.0400

È interessante notare come lo *Sharpe Ratio* aumenti progressivamente man mano che aggiungiamo il Vstoxx e riduciamo l'Euro Stoxx 50, fino al picco rappresentato dal portafoglio "Euro Stoxx 50 (75%) + Vstoxx (25%)", il migliore in termini di rapporto rischio/rendimento e quindi con il più alto *Sharpe Ratio* (evidenziato in

giallo nella tabella). Quindi inizia a decrescere poiché l'incremento della volatilità apportato dal Vstoxx supera in termini percentuali l'incremento del rendimento, riducendo il rapporto.

Per evidenziare meglio il beneficio derivante dall'utilizzo del Vstoxx, mettiamoci nei panni di un investitore che il 24/05/2005 ha impiegato il 75% delle sue disponibilità nell'acquisto nell'indice azionario Euro Stoxx 50 e il restante 25% nell'acquisto del Vstoxx. Il valore del portafoglio è espresso in termini percentuali e sarà inizialmente uguale a 100. Il grafico 4.1 confronta l'andamento del valore di tale portafoglio con uno costituito al 100% dall'indice azionario.



I due portafogli si muovono più o meno all'unisono durante i periodi di pre-crisi e post-crisi, seppur la presenza del Vstoxx riduce il valore del portafoglio rispetto a quello puramente azionario, mantenendolo comunque su livelli positivi. Tale riduzione di valore è il premio per il rischio negativo che l'investitore è disposto a pagare per assicurare il suo portafoglio contro sbalzi di volatilità.

La differenza maggiore la si nota nel periodo di crisi, durante il quale il valore del portafoglio diversificato non solo rimane positivo ma aumenta vistosamente, staccandosi dal valore del portafoglio puramente azionario che invece scende al di sotto di 100, mantenendosi negativo durante tutta la crisi. È evidente quindi il beneficio di quell'investitore che durante i periodi di calma ha investito parte del suo capitale in un derivato sulla volatilità, rinunciando a una parte del guadagno durante questi periodi, rinuncia più che compensata dall'impennata di valore registrata durante la crisi. Questa divergenza di reazione del Vstoxx conferma la sua tendenza a aumentare maggiormente in presenza di riduzioni del valore dell'indice azionario

(soprattutto se esse sono sistematiche come nei periodi di crisi) di quanto non decresca in presenza di pari incrementi dell'Euro Stoxx 50.

L'analisi fin qui condotta non tiene conto dei costi di transazione che un investitore deve sostenere nel rinnovare la posizione sul mini-futures sul Vstoxx (rappresentata in questo studio da una posizione diretta sul Vstoxx), dal momento che esso ha una vita limitata di 30 giorni. Come già detto nel paragrafo 1.4, la scadenza del mini-futures cade generalmente il mercoledì antecedente il penultimo venerdì del mese di scadenza del futures; se festivo, il primo giorno feriale che lo precede. Per tener conto dei costi di transazione, ipotizzeremo quindi che l'investitore chiude la sua posizione il giorno di scadenza e la riapre in quello successivo. Sulla base delle commissioni di Directa, il costo per aprire o chiudere una posizione su ciascun contratto mini-futures è di 4 €; ad essi va aggiunto il *bid-ask spread* che è generalmente di 10 €<sup>52</sup>. Bisogna infine considerare i costi di transazione relativi all'Euro Stoxx 50, che non è un futures ma un contratto *spot* e in quanto tale non ha scadenza. Questi costi perciò vengono sostenuti solo all'inizio e alla fine dell'orizzonte temporale dell'investitore, non ogni mese come nel caso del mini-futures. Essi sono pari a 4 € per contratto più il *bid-ask spread* di 2 €.

I nuovi risultati al netto dei costi di transazione sono riportati nella tabella 4.2.

TABELLA 4.2: Portafogli Euro Stoxx 50 - Vstoxx con costi di transazione							
	Euro Stoxx 50 (100%)	Euro Stoxx 50 (95%) + Vstoxx (5%)	Euro Stoxx 50 (90%) + Vstoxx (10%)	Euro Stoxx 50 (85%) + Vstoxx (15%)	Euro Stoxx 50 (80%) + Vstoxx (20%)	Euro Stoxx 50 (75%) + Vstoxx (25%)	Euro Stoxx 50 (70%) + Vstoxx (30%)
Rendimento medio annualizzato	0.0953%	-0.2363%	-0.5680%	-0.8996%	-1.2312%	-1.5628%	-1.8945%
Deviazione Standard annualizzata	23.13%	18.81%	15.38%	13.51%	13.87%	16.30%	20.07%
Sharpe Ratio	0.0041	-0.0126	-0.0369	-0.0666	-0.0888	-0.0959	-0.0944
	Euro Stoxx 50 (65%) + Vstoxx (35%)	Euro Stoxx 50 (60%) + Vstoxx (40%)	Euro Stoxx 50 (55%) + Vstoxx (45%)	Euro Stoxx 50 (50%) + Vstoxx (50%)	Euro Stoxx 50 (45%) + Vstoxx (55%)	Euro Stoxx 50 (40%) + Vstoxx (60%)	Euro Stoxx 50 (35%) + Vstoxx (65%)
Rendimento medio annualizzato	-2.2261%	-2.5577%	-2.8894%	-3.2210%	-3.5526%	-3.8842%	-4.2159%
Deviazione Standard annualizzata	24.57%	29.46%	34.58%	39.84%	45.20%	50.61%	56.07%
Sharpe Ratio	-0.0906	-0.0868	-0.0835	-0.0808	-0.0786	-0.0767	-0.0752
	Euro Stoxx 50 (30%) + Vstoxx (70%)	Euro Stoxx 50 (25%) + Vstoxx (75%)	Euro Stoxx 50 (20%) + Vstoxx (80%)	Euro Stoxx 50 (15%) + Vstoxx (85%)	Euro Stoxx 50 (10%) + Vstoxx (90%)	Euro Stoxx 50 (5%) + Vstoxx (95%)	Vstoxx (100%)
Rendimento medio annualizzato	-4.5475%	-4.8791%	-5.2107%	-5.5424%	-5.8740%	-6.2056%	-6.5373%
Deviazione Standard annualizzata	61.57%	67.08%	72.62%	78.17%	83.73%	89.31%	94.89%
Sharpe Ratio	-0.0739	-0.0727	-0.0718	-0.0709	-0.0702	-0.0695	-0.0689

<sup>52</sup> L'investitore acquista al prezzo *ask* in media superiore dello 0,05 rispetto al valore di mercato (in termini monetari, 0.05 corrispondono a 5€, dal momento che il valore del mini-futures si ottiene moltiplicando per 100 il valore di mercato del Vstoxx, come già detto nel paragrafo 1.4) e vende al prezzo *bid* in media inferiore dello 0,05 (5 €) rispetto al valore di mercato.

Tutti i rendimenti sono negativi ad eccezione del primo portafoglio. Conseguentemente anche lo *Sharpe Ratio* è negativo e di difficile interpretazione. La volatilità in ogni caso è ridotta dalla presenza del Vstoxx fino al portafoglio 70-30. Quindi, prendendo in considerazione i costi di transazione, l'aggiunta di un mini-futures a 30 giorni non contribuisce al miglioramento di un portafoglio azionario puro. Tale risultato è in linea con una precedente analisi effettuata da R. Guobuzaitė et L. Martellini (2012) nel loro lavoro "The Benefit of Volatility Derivatives in Equity Portfolio Management", dalla quale è emerso tuttavia che l'utilizzo di futures a scadenza più lontana apporta un contributo migliorativo, data la più bassa frequenza di *rollover* (rinnovo delle posizioni) e quindi i più bassi costi di transazione.

# CAPITOLO 5

---

## Conclusioni

Se nel passato la volatilità dei mercati finanziari veniva presa in considerazione da investitori e accademici solamente come mezzo per spiegare o prevedere rendimenti di mercato o eventi macroeconomici, a partire dagli anni '90 essa stessa è diventata oggetto di studio e di strategie di investimento. Da qui la nascita di numerosi strumenti derivati aventi direttamente come sottostante, non il prezzo di un *asset*, bensì la sua volatilità. Grazie ad essi sono stati introdotti nuovi e convenienti modi di sfruttare la volatilità o proteggersi da essa, alternativi a strategie più complesse basate su opzioni. Tra di essi spicca in ambito europeo il mini-futures su l'indice di volatilità dell'Euro Stoxx 50, ossia il Vstoxx, che è stato oggetto di analisi del presente elaborato.

Di esso, sono state analizzate le serie storiche giornaliere e infra-giornaliere per cercare di rispondere alle questioni poste nel capitolo introduttivo.

Si è visto come la relazione tra l'Euro Stoxx 50 e il suo indice di volatilità, il Vstoxx, sia fortemente inversa, rendendo quest'ultimo un ottimo strumento di copertura durante i periodi di incertezza e quindi elevata volatilità. Diverse sono le ragioni teoriche che possono celarsi dietro un simile comportamento, tra le quali spiccano il *leverage effect*, il *volatility feedback effect* e l'effetto legato alla domanda di opzioni spiegato da Simon (2003).

Altra relazione interessante è quella tra il Vix, l'indice di volatilità di riferimento americano, e il Vstoxx: quest'ultimo è sistematicamente al di sopra del primo, probabilmente per la minor liquidità e quindi la più alta volatilità del mercato azionario europeo rispetto a quello statunitense.

Si è passati quindi ad analizzare le serie storiche giornaliere e infra-giornaliere dei rendimenti logaritmici del Vstoxx, del mini-futures e dell'Euro Stoxx 50 per verificare la presenza o meno di anomalie di calendario o *intraday patterns* che potessero essere sfruttati per trarne un beneficio economico. Solo il Vstoxx presenta una qualche anomalia di calendario, specificatamente l'effetto weekend, che tuttavia non può essere sfruttato a proprio vantaggio data la non negoziabilità dell'indice. Gli

altri due strumenti trattabili, al contrario, non presentano alcuna anomalia, se non quella connessa alla scelta del campione.

A conclusione del capitolo due, si è indagato sulla possibile esistenza di relazioni tra prezzi e volumi scambiati, indagine che però non ha portato ad alcun risultato certo e rilevante.

L'analisi dei 3 modelli impiegati per prevedere il Vstoxx e il mini-futures ha messo in evidenza come solamente l'ARIMAX (l'unico a basarsi sui rendimenti passati dello stesso Vstoxx o del mini-futures) possieda una qualche abilità previsionale. Gli altri due sono efficaci nel modellare la volatilità, ma non l'indice di volatilità Vstoxx oggetto del nostro studio. Inoltre le previsioni dell'ultimo modello non per forza devono riferirsi al periodo immediatamente successivo a quello del set informativo, ma possono essere trattate come previsioni a lungo periodo.

I risultati di questa analisi mi hanno spinto ad abbandonare l'idea di impiegare i 3 modelli per attuare una strategia di volatilità. Gli eventuali profitti ottenibili da quest'ultima sarebbero stati in ogni caso erosi dai costi di transazione. Essi non sono quindi adatti a procurare un vantaggio informativo che possa generare guadagni tali da superare anche i costi di transazione.

Piuttosto, dopo un *excursus* storico e una spiegazione teorica dei principali derivati sulla volatilità, ci si è soffermati sui vantaggi di diversificazione che il mini-futures sul Vstoxx genera a favore di un portafoglio azionario, soprattutto durante i periodi di crisi, riducendone la volatilità e aumentandone lo *Sharpe Ratio*.

Quest'ultimo risultato vuol essere un incentivo per le grandi istituzioni finanziarie a creare sempre più efficaci e semplici derivati sulla volatilità che possano aiutare gli investitori, in particolar modo quelli *retail*, ad evitare grosse perdite dovute a eventi straordinari, totalmente imprevedibili. E un incentivo anche per gli accademici ad approfondire gli studi, oggi ancora molto limitati a causa della loro tarda comparsa, su questa emergente categoria di derivati, magari elaborando per gli stessi un efficace modello di valutazione, come lo è quello di Black-Scholes-Merton per le opzioni, grazie al quale sono stati insigniti del premio Nobel per l'economia nel 1997.

# Appendice Rstudio

## TEST E STATISTICHE EURO STOXX 50 GIORNALIERO

```

#CARICAMENTO PACCHETTI
library("nortest")
library("tseries")
library("fBasics")
#CARICAMENTO DELLA DISTRIBUZIONE DEI RENDIMENTI
distrib = read.table("Distribuzioni-estoxx.csv", sep = ",", header=T)
#TEST E STATISTICHE
##oc_lun
mean(distrib[1:471,1])
sd(distrib[1:471,1])
max(distrib[1:471,1])
min(distrib[1:471,1])
skewness(distrib[1:471,1])
kurtosis(distrib[1:471,1])
jarque.bera.test(distrib[1:471,1])
t.test(distrib[1:471,1],mu=0)
##co_lun
mean(distrib[1:471,2])
sd(distrib[1:471,2])
max(distrib[1:471,2])
min(distrib[1:471,2])
skewness(distrib[1:471,2])
kurtosis(distrib[1:471,2])
jarque.bera.test(distrib[1:471,2])
t.test(distrib[1:471,2],mu=0)
##cc_lun
mean(distrib[1:471,3])
sd(distrib[1:471,3])
max(distrib[1:471,3])
min(distrib[1:471,3])
skewness(distrib[1:471,3])
kurtosis(distrib[1:471,3])
jarque.bera.test(distrib[1:471,3])
t.test(distrib[1:471,3],mu=0)
##oo_lun
mean(distrib[1:471,4])
sd(distrib[1:471,4])
max(distrib[1:471,4])
min(distrib[1:471,4])
skewness(distrib[1:471,4])
kurtosis(distrib[1:471,4])
jarque.bera.test(distrib[1:471,4])
t.test(distrib[1:471,4],mu=0)

[...]

##OC_31
mean(distrib[1:41,189])
sd(distrib[1:41,189])
max(distrib[1:41,189])
min(distrib[1:41,189])
skewness(distrib[1:41,189])
kurtosis(distrib[1:41,189])
jarque.bera.test(distrib[1:41,189])
t.test(distrib[1:41,189],mu=0)
##CO_31
mean(distrib[1:41,190])
sd(distrib[1:41,190])
max(distrib[1:41,190])
min(distrib[1:41,190])
skewness(distrib[1:41,190])

```

```

kurtosis(distrib[1:41,190])
jarque.bera.test(distrib[1:41,190])
t.test(distrib[1:41,190],mu=0)
##CC_31
mean(distrib[1:41,191])
sd(distrib[1:41,191])
max(distrib[1:41,191])
min(distrib[1:41,191])
skewness(distrib[1:41,191])
kurtosis(distrib[1:41,191])
jarque.bera.test(distrib[1:41,191])
t.test(distrib[1:41,191],mu=0)
##OO_31
mean(distrib[1:41,192])
sd(distrib[1:41,192])
max(distrib[1:41,192])
min(distrib[1:41,192])
skewness(distrib[1:41,192])
kurtosis(distrib[1:41,192])
jarque.bera.test(distrib[1:41,192])
t.test(distrib[1:41,192],mu=0)
##OC_TOT
mean(distrib[1:2421,193])
sd(distrib[1:2421,193])
max(distrib[1:2421,193])
min(distrib[1:2421,193])
skewness(distrib[1:2421,193])
kurtosis(distrib[1:2421,193])
jarque.bera.test(distrib[1:2421,193])
t.test(distrib[1:2421,193],mu=0)
##CO_TOT
mean(distrib[1:2421,194])
sd(distrib[1:2421,194])
max(distrib[1:2421,194])
min(distrib[1:2421,194])
skewness(distrib[1:2421,194])
kurtosis(distrib[1:2421,194])
jarque.bera.test(distrib[1:2421,194])
t.test(distrib[1:2421,194],mu=0)
##CC_TOT
mean(distrib[1:2421,195])
sd(distrib[1:2421,195])
max(distrib[1:2421,195])
min(distrib[1:2421,195])
skewness(distrib[1:2421,195])
kurtosis(distrib[1:2421,195])
jarque.bera.test(distrib[1:2421,195])
t.test(distrib[1:2421,195],mu=0)
##OO_TOT
mean(distrib[1:2421,196])
sd(distrib[1:2421,196])
max(distrib[1:2421,196])
min(distrib[1:2421,196])
skewness(distrib[1:2421,196])
kurtosis(distrib[1:2421,196])
jarque.bera.test(distrib[1:2421,196])
t.test(distrib[1:2421,196],mu=0)
#CARICAMENTO DEI RENDIMENTI E DELLE DUMMIES
dati_g.estoxx = read.table("Dati_g-estoxx.csv", sep = ",", header=T)
#CREAZIONE DEI VETTORI
estoxx_g=ts(dati_g.estoxx[1:2420,2])
dlun.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,3])
dmar.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,4])
dmer.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,5])
dgio.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,6])
dven.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,7])
dgen.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,8])

```

```

dfeb.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,9])
dmarzo.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,10])
dapr.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,11])
dmag.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,12])
dgiu.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,13])
dlug.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,14])
dago.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,15])
dset.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,16])
dott.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,17])
dnov.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,18])
ddic.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,19])
dnat.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,20])
dcap.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,21])
dpasq.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,22])
dlmag.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,23])
d1.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,24])
d2.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,25])
d3.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,26])
d4.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,27])
d5.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,28])
d6.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,29])
d7.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,30])
d8.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,31])
d9.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,32])
d10.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,33])
d11.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,34])
d12.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,35])
d13.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,36])
d14.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,37])
d15.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,38])
d16.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,39])
d17.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,40])
d18.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,41])
d19.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,42])
d20.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,43])
d21.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,44])
d22.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,45])
d23.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,46])
d24.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,47])
d25.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,48])
d26.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,49])
d27.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,50])
d28.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,51])
d29.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,52])
d30.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,53])
d31.estoxx=(dati_g.estoxx[1:2420,54])
#MODELLI DI REGRESSIONE LINEARE
mod_anomalie_1.estoxx=lm(estoxx_g ~
dmar.estoxx+dmer.estoxx+dgio.estoxx+dven.estoxx+dfeb.estoxx+dmarzo.estoxx+da
pr.estoxx+dmag.estoxx+dgiu.estoxx+dlug.estoxx+dago.estoxx+dset.estoxx+dott.e
stoxx+dnov.estoxx+ddic.estoxx+dnat.estoxx+dcap.estoxx+dpasq.estoxx+dlmag.est
oxx+d2.estoxx+d3.estoxx+d4.estoxx+d5.estoxx+d6.estoxx+d7.estoxx+d8.estoxx+d9
.estoxx+d10.estoxx+d11.estoxx+d12.estoxx+d13.estoxx+d14.estoxx+d15.estoxx+d1
6.estoxx+d17.estoxx+d18.estoxx+d19.estoxx+d20.estoxx+d21.estoxx+d22.estoxx+d
23.estoxx+d24.estoxx+d25.estoxx+d26.estoxx+d27.estoxx+d28.estoxx+d29.estoxx+
d30.estoxx+d31.estoxx)
summary(mod_anomalie_1.estoxx)
mod_anomalie_2.estoxx=lm(estoxx_g ~
dmar.estoxx+dmer.estoxx+dgio.estoxx+dven.estoxx)
summary(mod_anomalie_2.estoxx)
mod_anomalie_3.estoxx=lm(estoxx_g ~
dfeb.estoxx+dmarzo.estoxx+dapr.estoxx+dmag.estoxx+dgiu.estoxx+dlug.estoxx+da
go.estoxx+dset.estoxx+dott.estoxx+dnov.estoxx+ddic.estoxx)
summary(mod_anomalie_3.estoxx)
mod_anomalie_4.estoxx=lm(estoxx_g ~ -1 +
dnat.estoxx+dcap.estoxx+dpasq.estoxx+dlmag.estoxx)
summary(mod_anomalie_4.estoxx)

```

```

mod_anomalie_5.estoxx=lm(estoxx_g ~
d2.estoxx+d3.estoxx+d4.estoxx+d5.estoxx+d6.estoxx+d7.estoxx+d8.estoxx+d9.est
oxx+d10.estoxx+d11.estoxx+d12.estoxx+d13.estoxx+d14.estoxx+d15.estoxx+d16.est
toxx+d17.estoxx+d18.estoxx+d19.estoxx+d20.estoxx+d21.estoxx+d22.estoxx+d23.e
stoxx+d24.estoxx+d25.estoxx+d26.estoxx+d27.estoxx+d28.estoxx+d29.estoxx+d30.
estoxx+d31.estoxx)
summary(mod_anomalie_5.estoxx)

```

**I comandi per i test e le statistiche relative al Vstoxx e al mini-futures giornalieri sono omessi in quanto del tutto simili.**

### **TEST E STATISTICHE EURO STOXX 50 INTRADAY**

```

#CARICAMENTO PACCHETTI
library("nortest")
library("tseries")
library("fBasics")
#CARICAMENTO DELLA DISTRIBUZIONE DEI RENDIMENTI
distrib5min = read.table("Distribuzioni-estoxx-5min.csv", sep = ",",
header=T)
#TEST E STATISTICHE
##nove_1
mean(distrib5min[1:243,1])
sd(distrib5min[1:243,1])
max(distrib5min[1:243,1])
min(distrib5min[1:243,1])
skewness(distrib5min[1:243,1])
kurtosis(distrib5min[1:243,1])
jarque.bera.test(distrib5min[1:243,1])
t.test(distrib5min[1:243,1],mu=0)
##dieci_1
mean(distrib5min[1:324,2])
sd(distrib5min[1:324,2])
max(distrib5min[1:324,2])
min(distrib5min[1:324,2])
skewness(distrib5min[1:324,2])
kurtosis(distrib5min[1:324,2])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,2])
t.test(distrib5min[1:324,2],mu=0)
##undici_1
mean(distrib5min[1:324,3])
sd(distrib5min[1:324,3])
max(distrib5min[1:324,3])
min(distrib5min[1:324,3])
skewness(distrib5min[1:324,3])
kurtosis(distrib5min[1:324,3])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,3])
t.test(distrib5min[1:324,3],mu=0)
##dodici_1
mean(distrib5min[1:324,4])
sd(distrib5min[1:324,4])
max(distrib5min[1:324,4])
min(distrib5min[1:324,4])
skewness(distrib5min[1:324,4])
kurtosis(distrib5min[1:324,4])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,4])
t.test(distrib5min[1:324,4],mu=0)
##tredici_1
mean(distrib5min[1:324,5])
sd(distrib5min[1:324,5])
max(distrib5min[1:324,5])
min(distrib5min[1:324,5])
skewness(distrib5min[1:324,5])
kurtosis(distrib5min[1:324,5])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,5])
t.test(distrib5min[1:324,5],mu=0)
##quattordici_1

```

```

mean(distrib5min[1:324,6])
sd(distrib5min[1:324,6])
max(distrib5min[1:324,6])
min(distrib5min[1:324,6])
skewness(distrib5min[1:324,6])
kurtosis(distrib5min[1:324,6])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,6])
t.test(distrib5min[1:324,6],mu=0)
##quindici_1
mean(distrib5min[1:324,7])
sd(distrib5min[1:324,7])
max(distrib5min[1:324,7])
min(distrib5min[1:324,7])
skewness(distrib5min[1:324,7])
kurtosis(distrib5min[1:324,7])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,7])
t.test(distrib5min[1:324,7],mu=0)
##sedici_1
mean(distrib5min[1:324,8])
sd(distrib5min[1:324,8])
max(distrib5min[1:324,8])
min(distrib5min[1:324,8])
skewness(distrib5min[1:324,8])
kurtosis(distrib5min[1:324,8])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,8])
t.test(distrib5min[1:324,8],mu=0)
##diciassette_1
mean(distrib5min[1:166,9])
sd(distrib5min[1:166,9])
max(distrib5min[1:166,9])
min(distrib5min[1:166,9])
skewness(distrib5min[1:166,9])
kurtosis(distrib5min[1:166,9])
jarque.bera.test(distrib5min[1:166,9])
t.test(distrib5min[1:166,9],mu=0)

[...]

##nove_v
mean(distrib5min[1:242,37])
sd(distrib5min[1:242,37])
max(distrib5min[1:242,37])
min(distrib5min[1:242,37])
skewness(distrib5min[1:242,37])
kurtosis(distrib5min[1:242,37])
jarque.bera.test(distrib5min[1:242,37])
t.test(distrib5min[1:242,37],mu=0)
##dieci_v
mean(distrib5min[1:324,38])
sd(distrib5min[1:324,38])
max(distrib5min[1:324,38])
min(distrib5min[1:324,38])
skewness(distrib5min[1:324,38])
kurtosis(distrib5min[1:324,38])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,38])
t.test(distrib5min[1:324,38],mu=0)
##undici_v
mean(distrib5min[1:324,39])
sd(distrib5min[1:324,39])
max(distrib5min[1:324,39])
min(distrib5min[1:324,39])
skewness(distrib5min[1:324,39])
kurtosis(distrib5min[1:324,39])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,39])
t.test(distrib5min[1:324,39],mu=0)
##dodici_v
mean(distrib5min[1:324,40])

```

```

sd(distrib5min[1:324,40])
max(distrib5min[1:324,40])
min(distrib5min[1:324,40])
skewness(distrib5min[1:324,40])
kurtosis(distrib5min[1:324,40])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,40])
t.test(distrib5min[1:324,40],mu=0)
##tredici_v
mean(distrib5min[1:324,41])
sd(distrib5min[1:324,41])
max(distrib5min[1:324,41])
min(distrib5min[1:324,41])
skewness(distrib5min[1:324,41])
kurtosis(distrib5min[1:324,41])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,41])
t.test(distrib5min[1:324,41],mu=0)
##quattordici_v
mean(distrib5min[1:324,42])
sd(distrib5min[1:324,42])
max(distrib5min[1:324,42])
min(distrib5min[1:324,42])
skewness(distrib5min[1:324,42])
kurtosis(distrib5min[1:324,42])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,42])
t.test(distrib5min[1:324,42],mu=0)
##quindici_v
mean(distrib5min[1:324,43])
sd(distrib5min[1:324,43])
max(distrib5min[1:324,43])
min(distrib5min[1:324,43])
skewness(distrib5min[1:324,43])
kurtosis(distrib5min[1:324,43])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,43])
t.test(distrib5min[1:324,43],mu=0)
##sedici_v
mean(distrib5min[1:324,44])
sd(distrib5min[1:324,44])
max(distrib5min[1:324,44])
min(distrib5min[1:324,44])
skewness(distrib5min[1:324,44])
kurtosis(distrib5min[1:324,44])
jarque.bera.test(distrib5min[1:324,44])
t.test(distrib5min[1:324,44],mu=0)
##diciassette_v
mean(distrib5min[1:166,45])
sd(distrib5min[1:166,45])
max(distrib5min[1:166,45])
min(distrib5min[1:166,45])
skewness(distrib5min[1:166,45])
kurtosis(distrib5min[1:166,45])
jarque.bera.test(distrib5min[1:166,45])
t.test(distrib5min[1:166,45],mu=0)
##nove
mean(distrib5min[1:1232,46])
sd(distrib5min[1:1232,46])
max(distrib5min[1:1232,46])
min(distrib5min[1:1232,46])
skewness(distrib5min[1:1232,46])
kurtosis(distrib5min[1:1232,46])
jarque.bera.test(distrib5min[1:1232,46])
t.test(distrib5min[1:1232,46],mu=0)
##dieci
mean(distrib5min[1:1644,47])
sd(distrib5min[1:1644,47])
max(distrib5min[1:1644,47])
min(distrib5min[1:1644,47])
skewness(distrib5min[1:1644,47])

```

```

kurtosis(distrib5min[1:1644,47])
jarque.bera.test(distrib5min[1:1644,47])
t.test(distrib5min[1:1644,47],mu=0)
##undici
mean(distrib5min[1:1644,48])
sd(distrib5min[1:1644,48])
max(distrib5min[1:1644,48])
min(distrib5min[1:1644,48])
skewness(distrib5min[1:1644,48])
kurtosis(distrib5min[1:1644,48])
jarque.bera.test(distrib5min[1:1644,48])
t.test(distrib5min[1:1644,48],mu=0)
##dodici
mean(distrib5min[1:1644,49])
sd(distrib5min[1:1644,49])
max(distrib5min[1:1644,49])
min(distrib5min[1:1644,49])
skewness(distrib5min[1:1644,49])
kurtosis(distrib5min[1:1644,49])
jarque.bera.test(distrib5min[1:1644,49])
t.test(distrib5min[1:1644,49],mu=0)
##tredici
mean(distrib5min[1:1644,50])
sd(distrib5min[1:1644,50])
max(distrib5min[1:1644,50])
min(distrib5min[1:1644,50])
skewness(distrib5min[1:1644,50])
kurtosis(distrib5min[1:1644,50])
jarque.bera.test(distrib5min[1:1644,50])
t.test(distrib5min[1:1644,50],mu=0)
##quattordici
mean(distrib5min[1:1644,51])
sd(distrib5min[1:1644,51])
max(distrib5min[1:1644,51])
min(distrib5min[1:1644,51])
skewness(distrib5min[1:1644,51])
kurtosis(distrib5min[1:1644,51])
jarque.bera.test(distrib5min[1:1644,51])
t.test(distrib5min[1:1644,51],mu=0)
##quindici
mean(distrib5min[1:1644,52])
sd(distrib5min[1:1644,52])
max(distrib5min[1:1644,52])
min(distrib5min[1:1644,52])
skewness(distrib5min[1:1644,52])
kurtosis(distrib5min[1:1644,52])
jarque.bera.test(distrib5min[1:1644,52])
t.test(distrib5min[1:1644,52],mu=0)
##sedici
mean(distrib5min[1:1644,53])
sd(distrib5min[1:1644,53])
max(distrib5min[1:1644,53])
min(distrib5min[1:1644,53])
skewness(distrib5min[1:1644,53])
kurtosis(distrib5min[1:1644,53])
jarque.bera.test(distrib5min[1:1644,53])
t.test(distrib5min[1:1644,53],mu=0)
##diciassette
mean(distrib5min[1:842,54])
sd(distrib5min[1:842,54])
max(distrib5min[1:842,54])
min(distrib5min[1:842,54])
skewness(distrib5min[1:842,54])
kurtosis(distrib5min[1:842,54])
jarque.bera.test(distrib5min[1:842,54])
t.test(distrib5min[1:842,54],mu=0)
##TOT5

```

```

mean(distrib5min[1:13582,55])
sd(distrib5min[1:13582,55])
max(distrib5min[1:13582,55])
min(distrib5min[1:13582,55])
skewness(distrib5min[1:13582,55])
kurtosis(distrib5min[1:13582,55])
jarque.bera.test(distrib5min[1:13582,55])
t.test(distrib5min[1:13582,55],mu=0)
#CARICAMENTO DEI RENDIMENTI E DELLE DUMMIES
dati_5.estoxx = read.table("Dati_5-estoxx.csv", sep = ",", header=T)
#CREAZIONE DEI VETTORI
estoxx_5=ts(dati_5.estoxx[1:13582,2])
dlun_5.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,3])
dmar_5.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,4])
dmer_5.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,5])
dgio_5.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,6])
dven_5.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,7])
dnove.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,8])
ddieci.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,9])
dundici.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,10])
ddodici.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,11])
dtredici.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,12])
dquattordici.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,13])
dquindici.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,14])
dsedici.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,15])
ddiciassette.estoxx=(dati_5.estoxx[1:13582,16])
#MODELLO DI REGRESSIONE LINEARE
mod_anomalie_5min.estoxx=lm(estoxx_5 ~
ddieci.estoxx+dundici.estoxx+ddodici.estoxx+dtredici.estoxx+dquattordici.est
oxx+dquindici.estoxx+dsedici.estoxx+ddiciassette.estoxx)
summary(mod_anomalie_5min.estoxx)

```

**I comandi per i test e le statistiche relative al Vstoxx e al mini-futures infra-giornalieri sono omessi in quanto del tutto simili.**

### **ANALISI DEI VOLUMI INTRADAY DEL MINI-FUTURES**

```

#CARICAMENTO PACCHETTI
library("nortest")
library("tseries")
library("fBasics")
#CARICAMENTO DATI
volumi=read.table("Volumi.csv", sep="," , heade=T)
#CREAZIONE DEI VETTORI
vol=ts(volumi[1:10810,2])
fut.vol=(volumi[1:10810,3])
dlun.vol=(volumi[1:10810,4])
dmar.vol=(volumi[1:10810,5])
dmer.vol=(volumi[1:10810,6])
dgio.vol=(volumi[1:10810,7])
dven.vol=(volumi[1:10810,8])
dnove.vol=(volumi[1:10810,9])
ddieci.vol=(volumi[1:10810,10])
dundici.vol=(volumi[1:10810,11])
ddodici.vol=(volumi[1:10810,12])
dtredici.vol=(volumi[1:10810,13])
dquattordici.vol=(volumi[1:10810,14])
dquindici.vol=(volumi[1:10810,15])
dsedici.vol=(volumi[1:10810,16])
ddiciassette.vol=(volumi[1:10810,17])
dneg.vol=(volumi[1:10810,18])
#VERIFICA STAZIONARIETA'
adf.test(vol)
adf.test(fut.vol)
#MODELLO DI REGRESSIONE LINEARE
mod.vol=lm(vol ~ fut.vol+dneg.vol)
summary(mod.vol)

```

**ARIMAX VSTOXX GIORNALIERO**

```

#CARICAMENTO PACCHETTI
library("nortest")
library("tseries")
library("fBasics")
#CARICAMENTO E ANALISI DEI PREZZI DEL VSTOXX
prezzi_g = read.table("Prezzi_g.csv", sep = ",", header=T)
vstoxx_prezzi_g=ts(prezzi_g[1:2422,2])
plot(vstoxx_prezzi_g, xlab="Giorni", ylab="Prezzo", main="Prezzi Vstoxx
giornalieri")
adf.test(vstoxx_prezzi_g)
#CARICAMENTO DEI RENDIMENTI E DEI REGRESSORI
dati_g = read.table("Dati_g.csv", sep = ",", header=T)
#CREAZIONE DEI VETTORI
vstoxx_g=ts(dati_g[1:2212,2])
eurostoxx_g=ts(dati_g[1:2212,3])
eur_usd_g=ts(dati_g[1:2212,4])
gold_g=ts(dati_g[1:2212,5])
euribor_g=ts(dati_g[1:2212,6])
dlun=(dati_g[1:2212,7])
dmar=(dati_g[1:2212,8])
dmer=(dati_g[1:2212,9])
dgio=(dati_g[1:2212,10])
dven=(dati_g[1:2212,11])
dgen=(dati_g[1:2212,12])
dfeb=(dati_g[1:2212,13])
dmarzo=(dati_g[1:2212,14])
dapr=(dati_g[1:2212,15])
dmag=(dati_g[1:2212,16])
dgiu=(dati_g[1:2212,17])
dlug=(dati_g[1:2212,18])
dago=(dati_g[1:2212,19])
dset=(dati_g[1:2212,20])
dott=(dati_g[1:2212,21])
dnov=(dati_g[1:2212,22])
ddic=(dati_g[1:2212,23])
dnat=(dati_g[1:2212,24])
dcap=(dati_g[1:2212,25])
dpasq=(dati_g[1:2212,26])
dlmag=(dati_g[1:2212,27])
d1=(dati_g[1:2212,28])
d2=(dati_g[1:2212,29])
d3=(dati_g[1:2212,30])
d4=(dati_g[1:2212,31])
d5=(dati_g[1:2212,32])
d6=(dati_g[1:2212,33])
d7=(dati_g[1:2212,34])
d8=(dati_g[1:2212,35])
d9=(dati_g[1:2212,36])
d10=(dati_g[1:2212,37])
d11=(dati_g[1:2212,38])
d12=(dati_g[1:2212,39])
d13=(dati_g[1:2212,40])
d14=(dati_g[1:2212,41])
d15=(dati_g[1:2212,42])
d16=(dati_g[1:2212,43])
d17=(dati_g[1:2212,44])
d18=(dati_g[1:2212,45])
d19=(dati_g[1:2212,46])
d20=(dati_g[1:2212,47])
d21=(dati_g[1:2212,48])
d22=(dati_g[1:2212,49])
d23=(dati_g[1:2212,50])
d24=(dati_g[1:2212,51])
d25=(dati_g[1:2212,52])

```

```

d26=(dati_g[1:2212,53])
d27=(dati_g[1:2212,54])
d28=(dati_g[1:2212,55])
d29=(dati_g[1:2212,56])
d30=(dati_g[1:2212,57])
d31=(dati_g[1:2212,58])
dneg=(dati_g[1:2212,59])
#RAPPRESENTAZIONE DELLA SERIE STORICA DEI RENDIMENTI DEL VSTOXX
plot(vstoxx_g, xlab="Giorni", ylab="Rendimenti logaritmici",
main="Rendimenti Vstoxx giornalieri")
#VERIFICA NORMALITA'
hist(vstoxx_g)
skewness(vstoxx_g)
kurtosis(vstoxx_g)
qqnorm(vstoxx_g, main="GRAFICO 2.5: Scostamento con la distribuzione
gaussiana", xlab="Quantili teorici",ylab="Quantili del campione")
qqline(vstoxx_g,col=2)
jarque.bera.test(vstoxx_g)
#VERIFICA STAZIONARIETA'
adf.test(vstoxx_g)
#SCELTA DELLE VARIABILI DI REGRESSIONE
mod_regr=lm(vstoxx_g ~-1+
eurostoxx_g+eur_usd_g+gold_g+euribor_g+dlun+dmag+dmer+dgio+dven+dgen+dfeb+dm
arzo+dapr+dmag+dgiu+dlun+dago+dset+dott+dnov+ddic+dnat+dcap+dpasq+dlmag+d1+d
2+d3+d4+d5+d6+d7+d8+d9+d10+d11+d12+d13+d14+d15+d16+d17+d18+d19+d20+d21+d22+d
23+d24+d25+d26+d27+d28+d29+d30+d31+dneg)
summary(mod_regr)
AIC(mod_regr); AIC(mod_regr, k=log(2212));
backsel=step (mod_regr,direction=c("backward"))
mod_regr_2= lm(vstoxx_g ~ -
1+dpasq+euribor_g+d19+d18+d24+d23+dgio+dven+dnat+gold_g+eur_usd_g+dlun)
summary(mod_regr_2)
AIC(mod_regr_2); AIC(mod_regr_2, k=log(2212));
mod_regr_3= lm(vstoxx_g ~ -1+dnat+gold_g+eur_usd_g+dlun)
summary(mod_regr_3)
AIC(mod_regr_3); AIC(mod_regr_3, k=log(2212));
regr=cbind(eur_usd_g,gold_g,dlun,dnat)
#AUTOCORRELAZIONE DEI RENDIMENTI DEL VSTOXX
acf(vstoxx_g, main="GRAFICO 3.1a: Autocorrelazione Vstoxx giornaliero",
ylab="Valore", xlab="Ritardo",lag=2212)
pacf(vstoxx_g,main="GRAFICO 3.1b: Autocorrelazione parziale Vstoxx
giornaliero", ylab="Valore", xlab="Ritardo", lag=2212)
#SCELTA DEL MODELLO ARIMAX
mod = arima(vstoxx_g, order = c(1,0,0), seasonal = list(order=c(0,0,0)),
xreg = regr);AIC(mod); AIC(mod, k=log(2212));
mod = arima(vstoxx_g, order = c(1,0,0), seasonal = list(order=c(1,0,0)),
xreg = regr);AIC(mod); AIC(mod, k=log(2212));

[...]

mod = arima(vstoxx_g, order = c(1,1,1), seasonal = list(order=c(0,1,1)),
xreg = regr);AIC(mod); AIC(mod, k=log(2212));
mod = arima(vstoxx_g, order = c(1,1,1), seasonal = list(order=c(1,1,1)),
xreg = regr);AIC(mod); AIC(mod, k=log(2212));
#MODELLO ARIMAX SCELTO: ARIMAX(1,0,1)X(0,0,0)
mod = arima(vstoxx_g, order = c(1,0,1), seasonal = list(order=c(0,0,0)),
xreg = regr);AIC(mod); AIC(mod, k=log(2212));
mod
#ANALISI DEL MODELLO ARIMAX
regr.new = data.frame(cbind(dati_g[2213:2420,c(4,5,7,24)]))
vstoxx_g.prev = predict(mod, n.ahead=1, newxreg = regr.new)
ts.plot(vstoxx_g,vstoxx_g.prev$pred,col=1:2, main="Serie reale e fittata",
ylab="Rendimenti logaritmici", xlab="Giorni")
vstoxx_g_2014=ts(matrix(dati_g[2213:2420,2],208,1),start=c(2213,1))
ts.plot(vstoxx_g_2014,vstoxx_g.prev$pred,col=1:2, main="GRAFICO 3.9a: Serie
reale e prevista Vstoxx giornaliero dal 02/01/2014", ylab="Rendimenti
logaritmici",xlab="Giorni")

```

```

#ANALISI DEI RESIDUI DEL MODELLO ARIMAX
e=residuals(mod)
tsdiag(mod)
par(mfrow=c(1,1))
for (i in 1:15) { print(Box.test(e, lag = i, type = "Ljung-Box") )}
plot(e)
plot(e,type="p",main="GRAFICO 3.6: Residui del modello
ARIMAX",ylab="Valore",xlab="Tempo")
hist(e,main="GRAFICO 3.7: Distribuzione dei
residui",ylab="Frequenza",xlab="Valore")
skewness(e)
kurtosis(e)
qqnorm(e,main="GRAFICO 3.8: Scostamento con la distribuzione gaussiana",
xlab="Quantili teorici",ylab="Quantili del campione")
qqline(e,col=2)
jarque.bera.test(e)
adf.test(e)
#ARIMAX CON CAMPIONE CRESCENTE
vstoxx_g.mob=matrix(dati_g[1:2420,2],2420,1)
vstoxx_g_2014.prev.mob=matrix(0,208,1)
for (i in 0:207)
{
  regr.mob=cbind(dati_g[1:(2212+i),c(4,5,7,24)])
  mod.mob = arima(vstoxx_g.mob[1:(2212+i)], order = c(1,0,1), seasonal =
list(order=c(0,0,0)), xreg = regr.mob)
  regr.new.mob=data.frame(cbind(dati_g[(2212+i+1),c(4,5,7,24)]))
  vstoxx_g.prev.mob=predict(mod.mob, n.ahead=1, newxreg=regr.new.mob)
  vstoxx_g_2014.prev.mob[(i+1),1]=vstoxx_g.prev.mob$pred
}
write.csv(vstoxx_g_2014.prev.mob, file="Vstoxx_previsto_crescente.csv")
#ARIMAX CON CAMPIONE MOBILE
vstoxx_g.mob2=matrix(dati_g[1:2420,2],2420,1)
vstoxx_g_2014.prev.mob2=matrix(0,208,1)
for (i in 0:207)
{
  regr.mob2=cbind(dati_g[(1+i):(2212+i),c(4,5,7,24)])
  mod.mob2 = arima(vstoxx_g.mob2[(1+i):(2212+i)], order = c(1,0,1), seasonal
= list(order=c(0,0,0)), xreg = regr.mob2)
  regr.new.mob2=data.frame(cbind(dati_g[(2212+i+1),c(4,5,7,24)]))
  vstoxx_g.prev.mob2=predict(mod.mob2, n.ahead=1, newxreg=regr.new.mob2)
  vstoxx_g_2014.prev.mob2[(i+1),1]=vstoxx_g.prev.mob2$pred
}
write.csv(vstoxx_g_2014.prev.mob2, file="Vstoxx_previsto_mobile.csv")

```

**I comandi per l'ARIMAX relativo al mini-futures giornaliero sono omessi in quanto del tutto simili.**

### **ARIMAX VSTOXX INTRADAY**

```

#CARICAMENTO PACCHETTI
library("nortest")
library("tseries")
library("fBasics")
#CARICAMENTO E ANALISI DEI PREZZI INTRADAY DEL VSTOXX
prezzi_5 = read.table("Prezzi_5.csv", sep = ",", header=T)
vstoxx_prezzi_5=ts(prezzi_5[1:13583,2])
plot(vstoxx_prezzi_5, xlab="Tempo", ylab="Prezzo", main="Prezzi Vstoxx 5
minuti")
adf.test(vstoxx_prezzi_5)
#CARICAMENTO DEI RENDIMENTI E DEI REGRESSORI
dati_5 = read.table("Dati_5.csv", sep = ",", header=T)
#CREAZIONE DEI VETTORI
vstoxx_5=ts(dati_5[1:11898,2])
eurostoxx_5=ts(dati_5[1:11898,3])
eur_usd_5=ts(dati_5[1:11898,4])
gold_5=ts(dati_5[1:11898,5])
dlun_5=(dati_5[1:11898,6])

```

```

dmar_5=(dati_5[1:11898,7])
dmer_5=(dati_5[1:11898,8])
dgio_5=(dati_5[1:11898,9])
dven_5=(dati_5[1:11898,10])
dnove=(dati_5[1:11898,11])
ddieci=(dati_5[1:11898,12])
dundici=(dati_5[1:11898,13])
ddodici=(dati_5[1:11898,14])
dtredici=(dati_5[1:11898,15])
dquattordici=(dati_5[1:11898,16])
dquindici=(dati_5[1:11898,17])
dsedici=(dati_5[1:11898,18])
ddiciassette=(dati_5[1:11898,19])
dneg_5=(dati_5[1:11898,20])
#RAPPRESENTAZIONE DELLA SERIE STORICA DEI RENDIMENTI INTRADAY DEL VSTOXX
plot(vstoxx_5, xlab="Tempo", ylab="Rendimenti logaritmici", main="Rendimenti
Vstoxx 5 minuti")
#VERIFICA NORMALITA'
hist(vstoxx_5)
skewness(vstoxx_5)
kurtosis(vstoxx_5)
qqnorm(vstoxx_5)
qqline(vstoxx_5,col=2)
jarque.bera.test(vstoxx_5)
#VERIFICA STAZIONARIETA'
adf.test(vstoxx_5)
#SCELTA DELLE VARIABILI DI REGRESSIONE
mod_regr_5min=lm(vstoxx_5 ~ -
1+eurostoxx_5+eur_usd_5+gold_5+dlun_5+dmar_5+dmer_5+dgio_5+dven_5+dnove+ddie
ci+dundici+ddodici+dtredici+dquattordici+dquindici+dsedici+ddiciassette+dneg
_5)
summary(mod_regr_5min)
AIC(mod_regr_5min); AIC(mod_regr_5min, k=log(11898));
backsel_5min=step(mod_regr_5min,direction=c("backward"))
mod_regr_5min_2=lm(vstoxx_5 ~ -1+dneg_5+dmer_5+gold_5+eurostoxx_5)
summary(mod_regr_5min_2)
AIC(mod_regr_5min_2); AIC(mod_regr_5min_2, k=log(11898));
mod_regr_5min_3=lm(vstoxx_5 ~ -1+gold_5+eurostoxx_5)
summary(mod_regr_5min_3)
AIC(mod_regr_5min_3); AIC(mod_regr_5min_3, k=log(11898));
regr_5=cbind(eurostoxx_5,gold_5)
#AUTOCORRELAZIONE DEI RENDIMENTI INTRADAY DEL VSTOXX
acf(vstoxx_5, main="GRAFICO 3.3a: Autocorrelazione Vstoxx intraday",
ylab="Valore", xlab="Ritardo", lag=11898)
pacf(vstoxx_5, main="GRAFICO 3.3b: Autocorrelazione parziale Vstoxx
intraday", ylab="Valore", xlab="Ritardo", lag=11898)
#SCELTA DEL MODELLO ARIMAX
mod_5 = arima(vstoxx_5, order = c(1,0,0), seasonal = list(order=c(0,0,0)),
xreg = regr_5);AIC(mod_5); AIC(mod_5, k=log(11898));
mod_5 = arima(vstoxx_5, order = c(1,0,0), seasonal = list(order=c(1,0,0)),
xreg = regr_5);AIC(mod_5); AIC(mod_5, k=log(11898));

[...]

mod_5 = arima(vstoxx_5, order = c(1,1,1), seasonal = list(order=c(0,1,1)),
xreg = regr_5);AIC(mod_5); AIC(mod_5, k=log(11898));
mod_5 = arima(vstoxx_5, order = c(1,1,1), seasonal = list(order=c(1,1,1)),
xreg = regr_5);AIC(mod_5); AIC(mod_5, k=log(11898));
#MODELLO SCELTO: ARIMAX(1,0,0)X(0,0,0)
mod_5 = arima(vstoxx_5, order = c(1,0,0), seasonal = list(order=c(0,0,0)),
xreg = regr_5);AIC(mod_5); AIC(mod_5, k=log(11898));
mod_5
#ANALISI DEL MODELLO ARIMAX
regr_5.new = data.frame(cbind(dati_5[11899:13581,c(3,5)]))
vstoxx_5.prev = predict(mod_5, n.ahead=1, newxreg = regr_5.new)
ts.plot(vstoxx_5,vstoxx_5.prev$pred,col=1:2, main="Serie reale e fittata",
ylab="Rendimenti logaritmici", xlab="Tempo")

```

```

vstoxx_5_ott=ts(matrix(dati_5[11899:13581,2],1683,1),start=c(11899,1))
ts.plot(vstoxx_5_ott,vstoxx_5.prev$pred,col=1:2, main="GRAFICO 3.9c: Serie
reale e prevista Vstoxx intraday dal 01/10/2014", ylab="Rendimenti
logaritmici",xlab="Tempo")
#ANALISI DEI RESIDUI DEL MODELLO ARIMAX
e_5=residuals(mod_5)
tsdiag(mod_5)
par(mfrow=c(1,1))
for (i in 1:20) { print(Box.test(e_5, lag = i, type = "Ljung-Box") )}
plot(e_5)
plot(e_5,type="p")
hist(e_5)
skewness(e_5)
kurtosis(e_5)
qqnorm(e_5)
qqline(e_5)
jarque.bera.test(e_5)
adf.test(e_5)
#ARIMAX CON CAMPIONE CRESCENTE
vstoxx_5.mob=matrix(dati_5[1:13581,2],13581,1)
vstoxx_5_ott.prev.mob=matrix(0,1683,1)
for (i in 0:1682)
{
  regr_5.mob=cbind(dati_5[(11898+i),c(3,5)])
  mod_5.mob = arima(vstoxx_5.mob[1:(11898+i)], order = c(1,0,1), seasonal =
list(order=c(0,0,0)), xreg = regr_5.mob)
  regr_5.new.mob=data.frame(cbind(dati_5[(11898+i+1),c(3,5)]))
  vstoxx_5.prev.mob=predict(mod_5.mob, n.ahead=1, newxreg=regr_5.new.mob)
  vstoxx_5_ott.prev.mob[(i+1),1]=vstoxx_5.prev.mob$pred
}
write.csv(vstoxx_5_ott.prev.mob,
file="Vstoxx_previsto_crescente_5minuti.csv")
#ARIMAX CON CAMPIONE MOBILE
vstoxx_5.mob2=matrix(dati_5[1:13581,2],13581,1)
vstoxx_5_ott.prev.mob2=matrix(0,1683,1)
for (i in 0:1682)
{
  regr_5.mob2=cbind(dati_5[(1+i):(11898+i),c(3,5)])
  mod_5.mob2 = arima(vstoxx_5.mob2[(1+i):(11898+i)], order = c(1,0,1),
seasonal = list(order=c(0,0,0)), xreg = regr_5.mob2)
  regr_5.new.mob2=data.frame(cbind(dati_5[(11898+i+1),c(3,5)]))
  vstoxx_5.prev.mob2=predict(mod_5.mob2, n.ahead=1, newxreg=regr_5.new.mob2)
  vstoxx_5_ott.prev.mob2[(i+1),1]=vstoxx_5.prev.mob2$pred
}
write.csv(vstoxx_5_ott.prev.mob2, file="Vstoxx_previsto_mobile_5minuti.csv")

```

**I comandi per l'ARIMAX relativo al mini-futures infra-giornaliero sono omessi in quanto del tutto simili.**

### **MODELLO GARCH (1,1)**

```

#CARICAMENTO PACCHETTI
library("timeSeries")
library("fGarch")
library("fBasics")
library("rugarch")
library("nortest")
library("tseries")
#CARICAMENTO DATI
dati_estoxx.garch.vstoxx = read.csv("Eurostoxx-Vstoxx.csv", header=T)
estoxx.garch.vstoxx=ts(matrix(dati_estoxx.garch.vstoxx[1:2420,2],2420,1),sta
rt=c(1,1))
#DEFINIZIONE DEL MODELLO GARCH (1,1)
regr.garch.estoxx.vstoxx = ugarchspec(variance.model = list(model="fGARCH",
submodel="GARCH", garchOrder=c(1,1),
variance.targeting=FALSE),

```

```

                                mean.model = list(armaOrder=c(1,1),
include.mean=FALSE),
                                distribution.model="std",
start.pars=list(), fixed.pars=list(omega=0)
mod.garch.estoxx.vstoxx = ugarchfit(spec=regr.garch.estoxx.vstoxx,
data=estoxx.garch.vstoxx, out.sample = 209,
                                solver = "hybrid",
solver.control=list(stationarity = 1,

fixed.se = 0, scale = 0,

rec.init = 'all'))
mod.garch.estoxx.vstoxx
#MODELLO GARCH (1,1) CON CAMPIONE CRESCENTE
mod.garch.estoxx.vstoxx.prev=ugarchroll(spec=regr.garch.estoxx.vstoxx,
data=estoxx.garch.vstoxx, n.ahead=1,
                                forecast.length=209, n.start=NULL,
refit.every = 1,
                                refit.window = c("recursive"),
window.size = NULL, solver = "hybrid",
                                fit.control = list(), solver.control =
list(),
                                calculate.VaR = FALSE, VaR.alpha =
NULL,
                                cluster = NULL, keep.coef = TRUE)
mod.garch.estoxx.vstoxx.prev
View(mod.garch.estoxx.vstoxx.prev)
plot(mod.garch.estoxx.vstoxx.prev)
2
0
#MODELLO GARCH (1,1) CON CAMPIONE MOBILE
mod.garch.estoxx.vstoxx.roll=ugarchroll(spec=regr.garch.estoxx.vstoxx,
data=estoxx.garch.vstoxx, n.ahead=1,
                                forecast.length=209, n.start=NULL,
refit.every = 1,
                                refit.window = c("moving"), window.size
= NULL, solver = "hybrid",
                                fit.control = list(), solver.control =
list(),
                                calculate.VaR = FALSE, VaR.alpha =
NULL,
                                cluster = NULL, keep.coef = TRUE)
mod.garch.estoxx.vstoxx.roll
report(mod.garch.estoxx.vstoxx.roll,type="fpm")
plot(mod.garch.estoxx.vstoxx.roll)
2
0

```

# Bibliografia

- ADMATI A. et PFLEIDRER P.** (1988), "A theory of intraday patterns: volume and price variability", *The Review of Financial Studies*, Vol. 1, pp 3-40.
- AGGARVAL R. et GRUCA E.** (1993), "Intraday trading patterns in the equity options markets", *Journal of Financial Research*, Vol. 16, pp 885-905.
- AHONIEMI K.** (2006), "Modeling and Forecasting Implied Volatility – an Econometric Analysis of the VIX Index", *Helsinki School of Economics*, Discussion Paper No. 129.
- AKAIKE H.** (1974), "A New Look at the Statistical Model Identification", *IEEE Transactions on Automatic Control*, Vol. AC-19, No. 6, pp 716-723.
- ALEXANDER C. et KOROVILAS D.** (2011), "The Hazards of Volatility Diversification", *Working Paper*.
- ARIEL R.A.** (1987), "A Monthly Effect on Stock Returns", *Journal of Financial Economics*, Vol. 18, No. 1, pp 161-174.
- BAKSHI G. et KAPADIA N.** (2003), "Delta-Hedged Gains and the Negative Market Volatility Risk Premium", *Review of Financial Studies*, Vol. 16, No. 2, pp 527-566.
- BARONE E.** (1990), "Il mercato azionario italiano: efficienza e anomalie di calendario", *Università LUISS Guido Carli*, Lavori in Italiano.
- BARONE E.** (2008), "Sfruttare la volatilità", *Università LUISS Guido Carli*, Lavori in Italiano.
- BARONE E. et BARONE G.** (2012), "Principali banche italiane: probabilità d'insolvenza", *Università LUISS Guido Carli*, Lavori in Italiano.
- BARONE G.** (2010), "An Equity-Based Credit Risk Model", *Università degli Studi di Roma Tor Vergata*, Dottorato di Ricerca in Economia delle Istituzioni e dei Mercati Monetari e Finanziari, Facoltà di Economia.
- BARONE G.** (2013), "European compound options written on perpetual American options", *Journal of Derivatives*, Vol. 20, No. 3, pp 61-74.
- BEKAERT G. et WU G.** (2000), "Asymmetric Volatilities and Risk in Equity Markets", *Review of Financial Studies*, Vol. 13, No. 1, pp 1-42.
- BERA A.K. et JARQUE C.M.** (1987), "A test for normality of observations and regression residuals", *International Statistical Review*, Vol. 55, pp 163-172.
- BERKMAN H.** (1992), "The market spread, limit orders and options", *Journal of Financial Research*, Vol.6, pp 111-138.

- BLACK F.S.** (1976), "Studies in Stock Price Volatility Changes", *American Statistical Association*, Proceedings of the 1976 Business Meeting of the Business and Economic Statistic Section, No. 2, pp 177-181.
- BLACK F.S. et COX J.C.** (1976), "Valuing Corporate Securities – Some Effects of Bond Indenture Provisions", *Journal of Finance*, Vol. 31, No. 2, pp 351-367.
- BOLLERSLEV T.** (1986), "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", *Journal of Economics*, Vol. 31, pp 307-327.
- BOX G.E.P., JENKINS G.M. et REINSEL G.C.** (2008), "Time Series Analysis: Forecasting and Control", *Hoboken Wiley*, 4a Edizione.
- BRANCH B. et ECHEVARRIA P.** (1991), "The Impact of Bid-Ask Prices on Market Anomalies", *Financial Review*, Vol. 26, No. 2, pp 249-268.
- CARR P. et LEE R.** (2009), "Volatility Derivatives", *The Annual Review of Financial Economics*, Vol. 1, pp 319-339.
- CARR P. et WU L.** (2009), "Variance Risk Premiums", *Review of Financial Studies*, Vol. 22, No. 3, pp 1311-1341.
- CHAN K., CHUNG Y. et JOHNSON H.** (1995), "Why option prices lag stock prices: a trading-based explanation", *Journal of Finance*, Vol. 48, pp 1957-1967.
- CHRISTIE A.** (1982), "The Stochastic Behavior of Common Stock Variances: Value, Leverage and Interest Rate Effects", *Journal of Financial Economics*, Vol. 10, pp 407-432.
- CLARK P.K.** (1973), "A Subordinated Stochastic Process Model with Finite Variance for Speculative Prices", *Econometrica*, Vol. 41, pp 135-155.
- CONNOLLY R.A.** (1989), "An Examination Of The Robustness Of The Weekend Effect", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 24, No. 2, pp 133-170.
- CROSS F.** (1973), "The behavior of stock prices on Fridays and Mondays", *Financial Analysts Journal*, Vol. 29, No. 6.
- CROUCH R.L.** (1970), "The volume of Transactions and Price Changes on the New York Stock Exchange", *Financial Analysts Journal*, Vol. 26, pp 104-109.
- DAIGLER R.T. et ROSSI L.** (2006), "A Portfolio of Stocks and Volatility", *Journal of Investing*, pp 99-106.
- DASH S. et MORAN M.T.** (2007), "VIX Futures and Options: Pricing and Using Volatility Products to Manage Downside Risk and Improve Efficiency in Equity Portfolios", *Journal of Trading*, Vol. 2, No. 3, pp 96-105.

- DICKEY D.A. et FULLER W.A.** (1979), "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root", *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 74, pp 427-431.
- DICKEY D.A. et FULLER W.A.** (1981), "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Econometrica*, Vol. 49, No. 4, pp 1057-1072.
- DICKEY D.A. et SAID S.E.** (1984), "Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order", *Biometrika*, Vol. 71, pp 599-608.
- DYL E.A. et MARTIN S.A.** (1985), "Weekend Effects on Stock Returns: A Comment", *Journal of Finance*, Vol. 40, No. 1, pp 347-350.
- ENGLE R.F.** (1982), "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation", *Econometrica*, Vol. 50, No. 4, pp 987-1007.
- EPPS T.W.** (1975), "Security Price Changes and Transaction Volumes Theory and Evidence", *American Economic Review*, Vol. 65, pp 586-597.
- FAMA E.F.** (1965), "The behavior of stock market prices", *Journal of Business*, Vol. 38, No. 1, pp 34-105.
- FARMER D.J. et LO A.W.** (1999), "Frontiers of Finance: Evolution and Efficient Market", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 96, pp 9991-2.
- FRENCH K., SCHWERT G. et STAMBAUGH R.** (1987), "Expected Stock Return and Volatility", *Journal of Financial Economics*, Vol. 19, pp 3-30.
- FRENCH K.R.** (1980), "Stock returns and the weekend effect", *Journal of Financial Economics*, Vol. 8, No. 1, pp 55-69.
- FULLER W.A.** (1976), "Introduction to Statistical Time Series", *John Wiley*, New York.
- GEILYM O., CLARE A. et THOMAS S.** (1998), "The bid-ask spread on stock index options: an ordered probit analysis", *The Journal of Futures Market*, Vol. 18, pp 467-485.
- GIBBONS M.R. et HESS P.** (1981), "Day of the week effects and asset returns", *Journal of Business*, Vol. 54, No. 4, pp 579-598.
- GODFREY M.D., GRANGER C.W.J. et MORGENSTERN O.** (1964), "The Random Wal Hypotesis of Stock Market Bahavior", *Kyklos*, Vol. 17, pp 1-30.
- GRAMMATIKOS T. et SAUNDERS A.** (1986), "Future Price Variability: A Test of Maturity and Volume Effect", *Journal of Business*, Vol. 59, pp 319-330.
- GRANGER C.J.W. et MORGENSTERN O.** (1970), "Predictability of Stock Market Prices", *Heath Lexington Books*, Lexington, MA.
- GRANGER C.W.J. et MORGENSTERN O.** (1963), "Spectral Analysis of New York Stock Market Prices", *Kyklos*, Vol. 16, pp 1-27.

- GRANT M., GREGORY K. et LUI J.** (2007), "Considering All Options", *Goldman Sachs Global Investment Research*.
- GRANT M., GREGORY K. et LUI J.** (2007), "Volatility as an Asset", *Goldman Sachs Global Investment Research*.
- GUOBUZAITTE R. et MARTELLINI L.** (2012), "The Benefits of Volatility Derivatives in Equity Portfolio Management", EDHEC-Risk Institute Publication.
- HARRIS L.** (1986), "A Transaction Data Study of Weekly and Intradaily Patterns in Stock Returns", *Journal of Financial Economics*, Vol. 16, pp 99-117.
- HULL J.C.** (2012), "Opzioni, futures e altri derivati", *Pearson Italia S.p.A.*, Milano-Torino.
- JACOBS B.I. et LEVY K.N.** (1988), "Calendar Anomalies: Abnormal Returns At Calendar Turning Points", *Financial Analyst Journal*, Vol. 44, No. 6, pp 28-39.
- JAIN P.C. et JOH G.H.** (1988), "The Dependence between Hourly Prices and Trading Volume", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 23, No. 3.
- JEFFE J. et WESTERFIELD R.** (1985), "The week-end effect in common stock returns: the international evidence", *Journal of Finance*, Vol. 40, No. 2, pp 433-454.
- KARANASOS M.** (?), "Volatility Trading Strategies", *Brunel University*, Working Paper for Financial Engineering Department.
- KEIM D.B et STAMBAUGH R.F.** (1984), "A further investigation of the weekend effect in stock returns", *Journal of Finance*, Vol. 39, No. 3, pp 819-835.
- KEIM D.B.** (1983), "Size-Related Anomalies And Stock Return Seasonality: Further Empirical Evidence", *Journal of Financial Economics*, Vol. 12, No. 1, pp 13-32.
- KEIM D.B.** (1986), "Dividend Yields, Size, and the January Effect", *Journal of Portfolio Management*, Vol. 12, No. 2, pp 54-60.
- KIM C., MORLEY J. et NELSON C.** (2004), "Is there a Positive Relationship between Stock Market Volatility and the Equity Premium?", *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 36, No. 3, pp 339-360.
- KONSTANTINIDI E., SKIADOPOULOS G. et TZAGKARAKI E.** (2008), "Can the Evolution of Implied Volatility be Forecasted? Evidence from European and U.S. Implied Volatility Indices", *Journal of Banking & Finance*, Vol. 32, No. 11, pp 2401-2411.
- LAKONISHOK J. et LEVI M.** (1982), "Weekend Effects on Stock Returns: A Note", *Journal of Finance*, Vol. 37, No. 13, pp 883-889.
- LAKONISHOK J. et SMIDT S.** (1984), "Volume, Price and Rate of return for active and inactive stocks with applications to turn-of-the-year behavior", *Journal of Financial Economics*, Vol. 13, 435-455.

- LAKONISHOK J. et SMIDT S.** (1988), "Are Seasonal Anomalies Real? A Ninety-Year Perspective", *Review of Financial Studies*, Vol. 1, No. 4, pp 403-425.
- LELAND H.** (1994), "Corporate Debt Value, Bond Covenants, and Optimal Capital Structure", *Journal of Finance*, Vol. 49, No. 4, pp 1213-1252.
- LJUNG G.M. et BOX G.E.P** (1978), "On a Measure of a Lack of Fit in Time Series Models", *Biometrika*, Vol. 65, No. 2, 297-303.
- LYONS L.** (2005), "Volatility and its Measurements: The Design of a Volatility Index and the Execution of its Historical Time Series at the DEUTSCHE BÖRSE AG", *Würzburg-Schweinfurt University*, Working Paper.
- MAYHEW S. et STIVERS C.** (2003), "Stock return dynamics, option volume and the information content of implied volatility", *The Journal of Futures Markets*, Vol. 23, No. 7.
- MERTON R.C.** (1974), "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of interest Rates", *Journal of Finance*, Vol. 29, No. 2, pp 449-470.
- NEWBY W.K. et STEIGERWALD D.G.** (1997), "Asymptotic Bias for Quasi-Maximum-Likelihood Estimators in Conditional Heteroskedasticity Models", *Econometrica*, Vol. 65, No. 3, pp 587-599.
- ÑIGUEZ T.M.** (2008), "Predicting the Monthly Volatility of the EuroStoxx 50 using Data Sampled at Different Frequencies", *Universidad Carlos III de Madrid-Instituto Flores de Lemus*, Working Paper.
- OGDEN J.P.** (1990), "Turn-Of-Month Evaluations Of Liquid Profits And Stock Returns: A Common Explanation For The Monthly And January Effects", *Journal of Finance*, Vol. 45, No. 4, pp 1259-1272.
- PEARCE D.K.** (1996), "The Robustness of Calendar Anomalies in Daily Stock Returns", *Journal of Economics and Finance*, Vol. 20, No. 3, pp 69-80.
- PHILLIPS P.C.B. et PERRON P.** (1988), "Testing for a Unit Root in Time Series Regression", *Biometrika*, Vol. 75, pp 335-346.
- ROGALSKI R.J.** (1978), "The dependence of Prices and Volume", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 60, pp 268-274.
- ROLL R.** (1983), "Was ist Das? The Turn-of-the-Year Effect and the Return Premia of Small Firms", *Journal of Portfolio Management*, Vol. 9, No.1, pp 18-28.
- ROZEFF M.S. et KINNEY W.R.** (1976), "Capital Market Seasonality: The Case of Stock Returns", *Journal of Financial Economics*, Vol. 3, No. 4, pp 379-402.
- SCHWARZ G.E.** (1978), "Estimating the dimension of a model", *Annals of Statistics*, Vol. 6, pp 461-464.

- SCHWERT G.** (1989), "Why Does the Stock Market Volatility Change over Time", *Journal of Finance*, Vol. 44, No. 5, pp 1115-1153.
- SERKSNAS D.** (2013), "Time Series Model for Forecasting Intraday Volatilities", *University of Oxford*, Dissertation for MSc Mathematical and Computational Finance.
- SHARPE W.** (1964), "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", *Journal of Finance*, Vol. 19, No. 2, pp 425-442.
- SIMON D.** (2003), "The Nasdaq volatility index during and after the bubble", *The Journal of Derivatives*, Vol. 11, pp 9-24.
- SMIRLOCK M. et STARKS L.** (1986), "An Empirical Analysis of the Stock Price-Volume Relationship, *University of Pennsylvania*, Working Paper.
- STEPHAN J. et WHALEY R.** (1990), "Intraday price change and trading volume relations in the stock and stock option markets", *Journal of Finance*, Vol. 45, pp 191-220.
- SZADO E.** (2009), "VIX Futures and Options – A Case Study of Portfolio Diversification during the 2008 Financial Crisis", *University of Amherst*, Working Paper.
- TALEB N.N.** (2010), "The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable", *Random House Trade Paperbacks*, USA.
- TIKANOJA J.** (2013), "Modeling Intraday Implied Volatility: Evidence From EURO STOXX 50", *Aalto University School of Business*, Dissertation for Department of Finance.
- WESTERFIELD R.** (1977), "The Distribution of Common Stock Price Changes: An Application of Transactions Time and Subordinated Stochastic Models", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 12, pp 743-765.
- WU G.** (2001), "The Determinants of Asymmetric Volatility", *Review of Financial Studies*, Vol. 14, pp 837-859.
- YING C.** (1966), "Stock Market Prices and Volumes of Sales", *Econometrica*, Vol. 34, pp 676-685.