



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**FACOLTÀ DI ECONOMIA “GIORGIO FUÀ”**

---

Corso di Laurea triennale in Economia Aziendale

**ANDAMENTO DEL PREZZO DEL PETROLIO**  
**NELL’ULTIMO DECENNIO**  
**TREND IN OIL PRICES OVER THE LAST DECADE**

Relatore:  
Prof. Giulio Palomba

Rapporto Finale di:  
Sara Lelii

Anno Accademico 2020/2021



# INDICE

## INTRODUZIONE

### CAPITOLO 1

#### 1.1) IL MERCATO DEL PETROLIO

1.1.1) Il petrolio: un po' di storia

1.1.2) Le quotazioni del greggio e la costruzione di un modello teorico

#### 1.2) L'ANDAMENTO DEL MERCATO DEL PETROLIO

1.2.1) Il lockdown del 2020

1.2.2) Scarsità e sensibilizzazione verso politiche sostenibili

### CAPITOLO 2

#### 2.1) UN MODELLO ECONOMETRICO PER L'ANDAMENTO DEL PREZZO DEL PETROLIO

2.1.1) Dati

2.1.2) La costruzione del modello

2.1.3) Fase diagnostica

2.1.4) Riparametrizzazione ECM

2.1.5) Risultati della stima

2.1.6) Test di Chow

### CAPITOLO 3

#### 3.1) CONCLUSIONE

## BIBLIOGRAFIA



## INTRODUZIONE

Il petrolio si è affermato all'interno della società a partire dalla "Seconda rivoluzione industriale" inserendosi nei processi di produzione e di consumo. Dalla fine del XIX secolo è stato la fonte di energia principale nella scena dei motori e ciò inizialmente ha determinato la sua centralità nella società. Quello che si vuole esaminare in questo lavoro è l'andamento del prezzo del petrolio, fornendo un semplice modello dinamico. Nell'analisi vengono inoltre presi in considerazione il *lockdown*, dettato dalla crisi sanitaria da Covid-19, che ha minimizzato gli spostamenti e di conseguenza il consumo di petrolio, e il tema sostenibilità, da citare in quanto inerente alla trattazione e argomento di totale attualità. Principalmente si parla di sostenibilità di tipo ambientale, che va a sensibilizzare il consumatore di fronte a temi come la tutela dell'ecosistema.

Poiché il petrolio è attualmente la fonte di energia più utilizzata e viene impiegata attraverso la combustione, eventi come il *lockdown* o la ricerca della sostenibilità potrebbero spostare l'attenzione verso altri tipi di energia, principalmente di tipo rinnovabile.

Nello specifico, la trattazione si riferisce all'ultimo decennio potendo così escludere crisi economiche, come quella dei Subprime

del 2008, che ovviamente hanno influito nella valutazione degli anni appena successivi e non permettevano di cogliere le vere cause dell'oscillazione del prezzo.

Quello che è descritto all'interno del primo capitolo fa riferimento a come la letteratura legga il mercato del petrolio nel suo percorso. Si parte dalla definizione dello stesso e della sua storia, analizzando poi avvenimenti esterni inerenti alla trattazione: *lockdown* e sostenibilità ambientale. Inoltre, prendendo in considerazione il prezzo del petrolio, vengono descritte le modalità di costruzione di un modello teorico applicabile alla quotazione del greggio.

Tutto l'impianto teorico introdotto all'interno del primo capitolo, è poi analizzato in un'analisi empirica trattata nel secondo. Precisamente si va considerare la relazione tra due quotazioni: Spot e future. Mettendo in relazione le variabili, si può arrivare ad un'interpretazione sull'andamento del prezzo del petrolio, per poi trarre una conclusione nel terzo capitolo.



# CAPITOLO 1

## 1.1 IL MERCATO DEL PETROLIO

Per poter capire quello che vi è dietro alla determinazione del prezzo del petrolio a livello finanziario bisogna definire diversi fattori: il contesto di riferimento, quindi la provenienza, in quanto i paesi di produzione sono più di uno; la storia, quindi le modalità di consumo; il ruolo ricoperto dal petrolio nel tempo; i modi di distribuzione; le modalità di valutazione.

### 1.1.1 Il petrolio: un po' di storia

In riferimento all'articolo Anderson (1992), il petrolio viene definito "CRUDE OIL". Con questo termine, infatti, si va ad indicare il petrolio grezzo, non raffinato, la cui prima estrazione si verificò negli Stati Uniti nel 1868. Lo stesso emerge come una miscela grazie alla quale le popolazioni del XIX secolo svolgevano numerose funzioni: dall'incastonatura di tessere di mosaico all'utilizzo per la medicazione delle ferite. Nel momento in cui il petrolio estratto in modo grezzo inizia ad essere raffinato, cioè ad essere miscelato con altre sostanze, lo si vede protagonista della Seconda rivoluzione industriale inserendosi all'interno di processi di produzione nelle imprese, e come combustibile nella scena dei motori. Fino ad oggi



l'importanza del petrolio è dettata dal fatto che è utilizzato nell'intera catena logistica internazionale e all'interno dei sistemi produttivi deputati alla realizzazione di materie plastiche o altri materiali come oli combustibili e asfalto, influenzando l'economia nella sua totalità.

Essendo il motore di un'importante evoluzione storica, è fondamentale definire la provenienza del grezzo e, se non coincide, la modalità e il luogo nel quale viene raffinato, in quanto va a costituire il prezzo del petrolio stesso (materia prima e fabbisogno per la raffinazione).

Nonostante questa analisi riguardi solo l'ultimo decennio, è possibile studiare aspetti che caratterizzano le crisi degli anni precedenti al 2010 per comprendere l'andamento dell'ultimo periodo. Gallo (2020) emerge il fatto che le crisi generate dall'ascesa esagerata del prezzo del petrolio siano dettate da ragioni di tipo politico: ad esempio la guerra del Kippur tra Arabi ed Israeliani del 1973, la rivoluzione Islamica del gennaio del 1978 o ancora la crisi tra Iran e Iraq (1979-1981). Tra le principali fonti di provenienza del grezzo, quindi, vi è il Medio Oriente, più precisamente l'Arabia Saudita detenendo un quarto delle riserve mondiali, anche se nel tempo ha trovato sempre più concorrenza (principalmente Stati

Uniti). I paesi del Medio Oriente hanno un'economia fondata sugli idrocarburi, appunto per questo di fondamentale importanza è la gestione del prezzo del petrolio nel mercato internazionale. A questo scopo è stata fondata l'Organizzazione dei paesi esportatori di petrolio (OPEC) cioè l'organizzazione il cui scopo è quello di creare un cartello per unificare e coordinare le politiche riguardanti la produzione e l'esportazione del petrolio. La stessa OPEC è in grado di controllare il prezzo del petrolio grazie alla relazione di domanda e offerta, questo tramite la gestione degli approvvigionamenti dello stesso, e si è quindi rivelata lo strumento fondamentale contro la minaccia dei nuovi competitor. A conferma di ciò, possiamo far riferimento allo shock petrolifero del 1973, in cui questa organizzazione ha rivestito un ruolo di primaria importanza interrompendo l'approvvigionamento di materia prima così da far innalzare i prezzi e creare una bolla speculativa.

La totale affermazione del petrolio grezzo riguarda il XX e XXI secolo. Volendo sottolineare il ruolo ricoperto dallo stesso si fa riferimento a Groysman (2014): una parte del petrolio viene raffinato nei suoi derivati (nafta, gasolio ecc.) ricoprendo il ruolo di fonte energetica fondamentale per i motori; mentre un'altra parte viene indirizzata verso la produzione di diverse sostanze chimiche

come i polimeri, i profumi, i dentifrici, i detergenti, gli antisettici, i medicinali, i fertilizzanti, le candele o i giocattoli.

### 1.1.2 Le quotazioni del greggio e la costruzione di un modello teorico

Il mercato del petrolio è caratterizzato da transazioni basate sul dollaro e valutate al barile. Tale mercato fa riferimento a due greggi principali usati come parametri (*benchmark*): il West Texas Intermediate (WTI) e il Brent. Precisamente il WTI è riferito al greggio Statunitense (Texas), mentre il Brent a quello Europeo estratto nel Mare del Nord. C'è differenza di valore tra il WTI e il Brent, solitamente il valore del secondo è più alto rispetto al primo. Sui mercati finanziari il petrolio è trattato a pronti (spot) o a termine (forward). Lo Spot si riferisce ai mercati regolamentati, quindi ai mercati di borsa, ed è rappresentato dallo scambio immediato al valore a pronti. C'è però la possibilità di andare a concludere contratti Forward o a termine che permettono di concordare un valore che viene scambiato in una data futura. Questi scambi però avvengono sempre a base Over The Counter (OTC), fuori dalle transazioni di borsa, infatti non sono regolamentati. Un'ulteriore situazione che permette di andare a scambiare a termine come il

contratto Forward, ma in modo regolamentato attraverso i mercati di scambio, si può ritrovare nel contratto Futures.

Nella pratica potrebbe anche essere interessante inserire nello stesso modello le serie riguardanti le quotazioni WTI e BRENT:

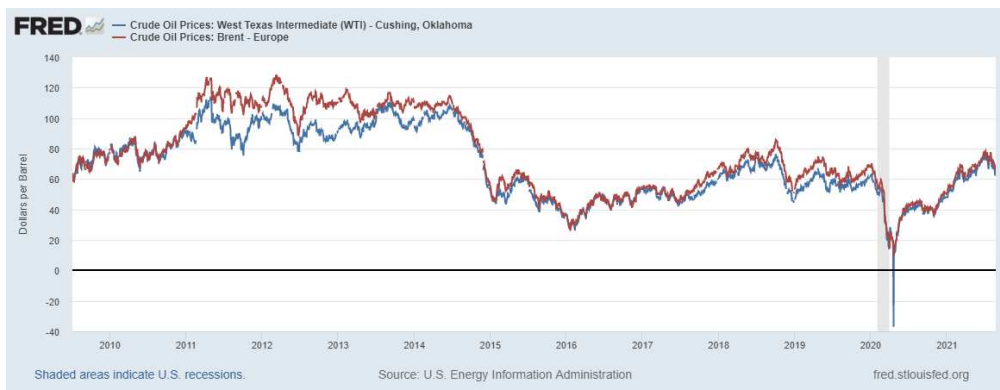


Figura 1: Prezzo spot del Brent, prezzo spot del WTI

come si evince dal grafico le due serie si muovono insieme nonostante appartengano a quotazioni di due diverse tipologie di petrolio. Quindi a livello globale hanno una quotazione simile, subendo quasi le stesse variazioni.

Un'alternativa potrebbe riguardare le quotazioni Spot e Future illustrate in Figura 2, nella quale si evince un marcato andamento

comune.



Figura 2: Prezzo spot del WTI, prezzo futures a 1 mese.

## 1.2 L'ANDAMENTO DEL MERCATO DEL PETROLIO

Attualmente sono numerose le ragioni secondo le quali il petrolio viene ormai considerato come una fonte di energia il cui uso declinerà lentamente nel prossimo futuro. Le principali sono:

1. il fatto che sia un bene esauribile;
2. che l'attenzione si stia spostando verso ulteriori risorse energetiche principalmente di tipo rinnovabile;
3. che entrano ulteriori concorrenti creando guerre di prezzo (soprattutto in Asia);

4. che la tecnologia *Shale*<sup>1</sup> ha reso protagonisti di mercato paesi diversi da quelli costituenti l'OPEC;
5. che la crisi da Covid-19 abbia ridotto la domanda;

Questo lavoro prende in esame lo studio di un modello teorico relativo alla quotazione del greggio, analizzando inoltre nello specifico due tra gli argomenti elencati sopra, ovvero *lockdown* e sostenibilità.

### 1.2.1 Il lockdown del 2020

La pandemia da Covid-19 del marzo 2020 è stata in grado di mettere in crisi il mondo intero, anche dal punto di vista economico-sociale. Il “*lockdown*” è una tra le politiche attuate dagli stati che aveva come obiettivo il contenimento del contagio. L'argomento è inerente alla trattazione in quanto, a seguito del divieto di uscire dalle proprie abitazioni se non per ragioni di prima necessità, si è verificata una riduzione della domanda internazionale del petrolio. A conferma di ciò, Hamzelou (2020) descrive come il Covid-19, quindi tutte le misure restrittive ad esso collegate, siano state indispensabili per contenere il diffondersi del contagio.

---

<sup>1</sup> La tecnologia Shale rappresenta il petrolio non convenzionale, prodotto dai frammenti di rocce di scisto bituminoso mediante i processi di pirolisi, idrogenazione o dissoluzione termica.

La stessa OPEC, come riportato da Dacrema (2020) ha annunciato una perdita di circa un quarto di domanda su scala mondiale.

È evidente che il *lockdown* abbia colpito anche tutto il settore della logistica, apportando cambiamenti rilevanti nella gestione della catena stessa, facendo riferimento sia alla mobilità delle persone, sia al trasporto delle merci. Tutto ciò ha permesso di sviluppare un sistema di trasporto più sostenibile, sicuro ed efficiente, come i sistemi ITS (*Intelligent Transport Systems*) con un ruolo centrale nelle consegne a domicilio legate all'e-commerce, settore sviluppato a pieno con la pandemia.

Al contrario il *lockdown*, come riportato da Balest, Chersoni, Giacobelli, Stawinoga e Tomasi (2021), non ha influito negativamente sul consumo di energia per le abitazioni, automaticamente quindi nemmeno sulla fascia di consumo di petrolio per quanto riguarda l'uso dei derivati del greggio (gas) per il riscaldamento delle case. A conferma di ciò è possibile osservare il fenomeno dello *Smart working* che permette di non dover raggiungere il posto di lavoro. Di conseguenza il consumo di greggio durante il *lockdown* è limitato al riscaldamento delle abitazioni.

In riferimento al Covid-19 quello che emerge dalla quotazione del prezzo di greggio è ovviamente una compressione del valore.

Come si evince dal grafico in figura 1, il prezzo del Brent è sceso sotto i 20 dollari al barile, mentre il WTI è arrivato a toccare punte negative a circa -34 dollari al barile. Durante la pandemia Covid-19 il Brent e il WTI sono stati prodotti in misura maggiore rispetto alla richiesta, nonostante le politiche di tagli intraprese dall'OPEC ad inizio aprile, in vista di un abbassamento della domanda. I due greggi si differenziano per la capacità di stoccaggio, molto maggiore da parte del Brent rispetto al WTI, potendo sfruttare il galleggiamento sulle petroliere anche per diversi mesi. Infatti il prezzo del WTI è arrivato a toccare, come già detto, livelli negativi per la prima volta nella storia.

Nella stima di Jawadi e Sellami (2021), emerge la relazione tra il mercato del petrolio e tre differenti mercati finanziari: azionario (*Stock*), dei cambi (*exchange rate*) e immobiliare (*real estate*) (variabili dipendenti).

I dati inseriti nel modello, fanno riferimento a dati che vanno dal marzo del 2010 a quello del 2020, per un totale di 120 osservazioni mensili. Il modello in questione è riportato nell'equazione:

$$R_{j,t} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i R_{j,t-i} + \beta EPU_t + \gamma R_{WIT,t} + \delta VOX_t + \theta VO_{j,t} + \varepsilon_{j,t}$$



Dove la variabile dipendente “ $R_{j,t}$ ” rappresenta il rendimento sul mercato  $j$  ( $j$  il mercato azionario, dei cambi o immobiliare). Nell’equazione sono riportati tra i ritardi: un indicatore di incertezza sulla politica economica ( $EPU_t$ ), il rendimento espresso una stima Within o a effetti fissi ( $R_{WIT,t}$ ), la volatilità del mercato del petrolio ( $VOX_t$ ) e volatilità del mercato di riferimento  $j$  ( $VO_{j,t}$ ).

Con l’inserimento dei dati aggiornati dalla FED all’interno dello stesso modello dinamico, si ottiene la Tabella 1.

Coefficients	Stock market	US/€ exchange rate	Real estate market
$\alpha_0$	0.0087*** (.00)	0.0013*** (.048)	0.0049*** (.00)
$\alpha_1$	-	0.2204*** (.03)	0.7947*** (.00)
$\beta$	-	-	-1.54 E-05*** (.03)
$\gamma$	0.0832*** (.00)	-0.0512*** (.00)	-
$\delta$	-	-0.0002* (.09)	-
$\theta$	-0.0053*** (.00)	-0.0014** (.05)	-6.18E-05*** (.00)
$R^2$	0.76	0.15	0.66
LL	296.99	331.84	546.66
ARCH test ( $q = 1$ )	0.0295 (.86)	0.894 (.34)	3.980** (.04)
Jarque-Bera test	0.1930 (.91)	1.237 (.54)	145.99*** (.00)
DW test	2.10	1.98	2.04

Table 1: stima di F. JAWADI e M. SELAMI (2021)

Quello che si osserva fa riferimento ad una relazione positiva tra il prezzo del petrolio e il mercato azionario americano. Ciò spiega il collasso di gran parte dei mercati azionari durante la crisi del Covid-19, aggravata dalla discesa del prezzo del greggio dovuto al crollo

della domanda di petrolio. Inoltre dalla stima emerge la relazione negativa del prezzo del petrolio rispetto al tasso di cambio, e la non correlazione tra il prezzo del greggio e il mercato immobiliare (non essendo inerenti alla trattazione queste ultime due relazioni non verranno approfondite).

A distanza di più di un anno, oggi la discesa del prezzo dettata da crisi sanitaria è in parte recuperata, soprattutto grazie a politiche mirate da parte di produttori. La produzione statunitense, nell'aprile del 2020, è stata costretta a sbarazzarsi dei barili di petrolio. Inoltre nell'articolo sopra citato è riportato il fatto che i venditori pagavano gli acquirenti nel momento in cui questi ultimi acquistavano i loro barili. Tutto ciò per evitare l'alto costo di stoccaggio. Questa tecnica speculativa ha stimolato sicuramente il prezzo del petrolio.

### **1.2.2 Scarsità e sensibilizzazione verso politiche sostenibili**

Il petrolio è una risorsa limitata, e questa caratteristica fa sì che si possa parlare di scarsità a livello economico. Alla luce delle considerazioni di Conti (2020), il concetto di scarsità è fondamentale per comprendere il tema della sostenibilità e della tutela dell'ecosistema. Questo concetto attribuito ad una risorsa viene visto come una costruzione sociale, necessaria per tutelarne e controllarne il consumo. Lo sviluppo sostenibile viene visto come

una trasformazione radicale relativa al processo di produzione e di consumo.

Le preoccupazioni relative al danno ambientale emergente dal consumo del petrolio, vengono sollevate dall'Accademia Nazionale delle scienze (2020), principalmente riguardano l'immissione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera generata dalla combustione dello stesso. Il fatto che le emissioni di anidride carbonica attuali superino la capacità da parte dell'atmosfera di assorbirle provocano conseguenze gravi a lungo termine, quindi conseguenze per le future generazioni. Essendo il petrolio la principale fonte energetica consumata al giorno d'oggi, il danno rilevante per l'ambiente è evidente ed imminente. Per contrastare questa deriva, sono nate strategie come "l'Accordo Internazionale di Parigi" siglato nel 2015, che prevedeva il contenimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>, inutilmente stipulato, in quanto oggi diversi paesi hanno superato i limiti imposti di tale accordo. Un'ulteriore risposta dall'Unione Europea si pone due obiettivi: abbattere per il 2030 le emissioni di CO<sub>2</sub> del 55%; e azzerarle per il 2050 per raggiungere la neutralità climatica, o meglio la capacità della Terra di assorbire la totalità delle emissioni di gas serra. Questi obiettivi posti dall'UE sottintendono il passaggio a risorse rinnovabili. È quindi inevitabile la continua

transizione energetica. Nonostante l'utilizzo di combustibili fossili da più di 60 anni, il petrolio verrà rimpiazzato da nuove fonti di energia e il passaggio ad una tecnologia più sostenibile, sposterà ovviamente l'attenzione verso ulteriori risorse. A conferma di ciò all'interno dell'Istituto per gli Studi di Politica Internazionale (ISPI) viene riportata tra le cause della frenata del prezzo del greggio, ancor prima della crisi da Covid-19, la stessa diversificazione verso nuove fonti energetiche diverse dal petrolio (principalmente di tipo rinnovabile), tutto spinto anche soprattutto da politiche di tipo sostenibile attuate a livello internazionale.

Come elencato da Crabtree e Sarrao (2009), il criterio per stabilire la sostenibilità di una risorsa si può racchiudere in tre punti: il primo è il "lungo tempo", cioè definire le fonti effettivamente senza limiti; il secondo il fatto che il consumo della stessa sia "no danno"; il terzo è il "non lascia alcun cambiamento". Nella realtà questi requisiti vengono soddisfatti da fonti di energia rinnovabili come la luce solare, il vento o l'idrogeno.

Tra le innovazioni che probabilmente porteranno il petrolio a chiudere il suo ciclo di vita vi è l'auto elettrica, un "metodo di trasporto che rompe la dipendenza esclusiva del trasporto dal petrolio" formando un'alternativa sostenibile, in quanto ha il

potenziale di “chiudere il ciclo chimico e non lasciare alcun cambiamento”.

## CAPITOLO 2

### 2.1 UN MODELLO ECONOMETRICO PER L'ANDAMENTO DEL PREZZO DEL PETROLIO

L'obiettivo di questo capitolo è quello di stabilire una eventuale relazione tra le quotazioni Spot e Future del petrolio, concentrando l'attenzione sulla quotazione WTI. La stima tenterà di spiegare come si può ottenere una previsione del prezzo Spot del greggio grazie all'uso della quotazione di contratti Futures (a breve termine) a un mese. Inoltre, come largamente anticipato sopra, si andrà a testare il break generato durante il *lockdown* imposto durante la pandemia Covid-19.

Per analizzare il mercato del petrolio, è possibile costruire un modello teorico con la serie di dati relativi al "Crude Oil price". Il modello teorico adottato in questa tesi è un modello OLS dinamico, in quanto raccoglie dati in serie storiche, più precisamente un Auto Regressive Distributed Lags o ADL(p,q).

#### 2.1.1 Dati

I dati inerenti al modello fanno riferimento alla quotazione del "Crude oil price WTI" quotato Spot e Futures. Precisamente si

tratta di dati giornalieri, rilevati a 5 giorni per settimana. Il dataset parte dal 4 gennaio 2010 fino ad arrivare al 7 settembre del 2021, per un totale di T=3045 osservazioni. Il campione osservato parte dal 2010 così da potere ipotizzare che gli effetti della crisi subprime del 2008 siano trascurabili. La fonte dei dati inseriti nella stima di questo elaborato fanno riferimento al sito “FRED” per quanto riguarda la quotazione Spot, al sito “investing.com” per quella Futures.

La figura 2 di pag.12 fornisce una rappresentazione degli stessi dati attraverso un grafico di serie storiche. Quello che si evince al primo impatto è l’andamento simile delle due variabili osservate, caratteristica tipica dei futures che, essendo contratti sul sottostante a diverse scadenze, solitamente ricalcano l’andamento del sottostante stesso. Altrettanto utile ricorrere ad una tabella contenente le statistiche descrittive del dataset preso in considerazione.

	Media	Mediana	SQM	Min	Max
spot	69,10	65,23	22,65	-36,98	113,4
fut	69,17	65,37	22,60	-37,63	113,9

Tabella 2: Statistiche descrittive WTI spot/future

Anche i valori in Tabella 2 sono molto simili tra loro. A questo punto è indispensabile cercare di spiegare la relazione funzionale tra

spot e futures. Come si può osservare in figura 5, una semplice retta dei minimi quadrati (OLS) è in grado di approssimare i dati delle variabili prese in esame.

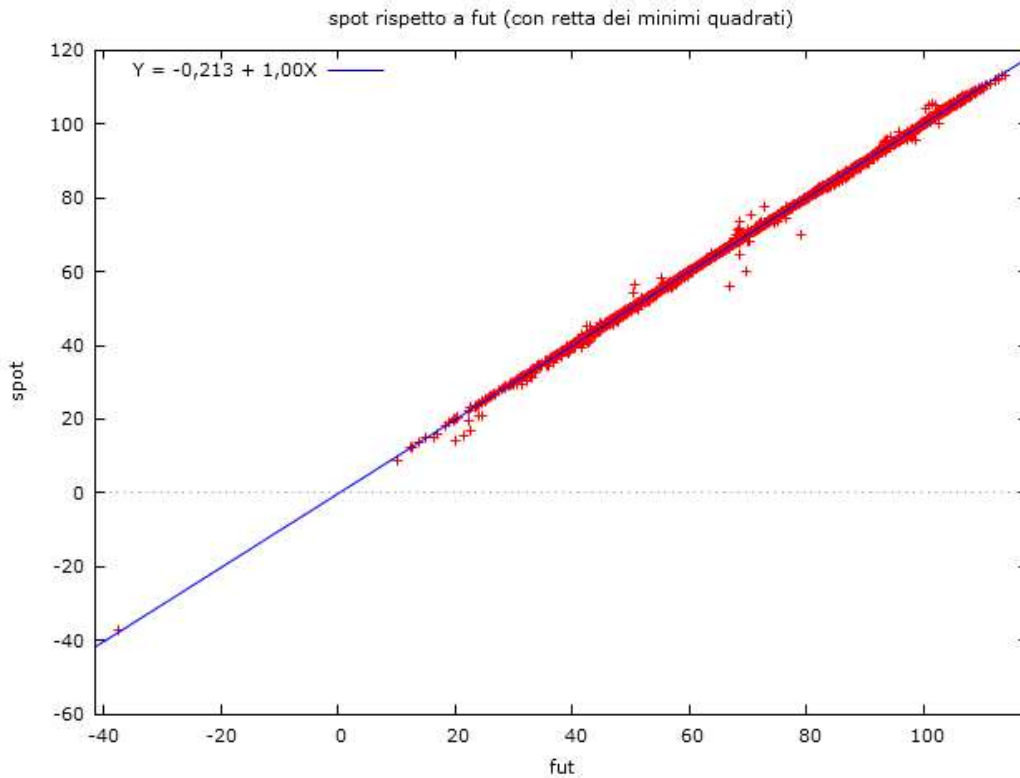


Figura 3: Retta dei minimi quadrati (y=spot; x=fut)

Risulta quindi evidente una marcata correlazione positiva tra la quotazione spot e future, come si può notare dal coefficiente della variabile dipendente con segno positivo.

### 2.1.2 La costruzione del modello e la stima

Il modello stimato è un ADL(2,2) di equazione:



$$\text{spot}_t = \mu + \text{spot}_{t-1} \varphi_1 + \text{spot}_{t-2} \varphi_2 + \text{fut}_t \beta_0 + \text{fut}_{t-1} \beta_1 + \text{fut}_{t-2} \beta_2 + \varepsilon_t$$

dove  $\varepsilon_t \sim \text{WN}(0, \sigma^2)$  è un white noise omoschedastico. La stima è contenuta nella Tabella 3.

Modello 1: OLS, usando le osservazioni 2010-01-06:2021-09-07 (T = 3045)  
Variabile dipendente: spot

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value	
const	-0,107935	0,0294352	-3,667	0,0002	***
spot_1	0,376204	0,0179956	20,91	8,74e-091	***
spot_2	0,146801	0,0178609	8,219	3,00e-016	***
fut	0,943507	0,00482504	195,5	0,0000	***
fut_1	-0,321508	0,0176939	-18,17	4,00e-070	***
fut_2	-0,143905	0,0176108	-8,171	4,42e-016	***
Media var. dipendente	69,09260	SQM var. dipendente	22,65950		
Somma quadr. residui	755,0333	E.S. della regressione	0,498446		
R-quadro	0,999517	R-quadro corretto	0,999516		
F(5, 3039)	1257564	P-value (F)	0,000000		
Log-verosimiglianza	-2197,550	Criterio di Akaike	4407,100		
Criterio di Schwarz	4443,228	Hannan-Quinn	4420,086		
rho	-0,003680	Valore h di Durbin	-1,722160		

Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard

Tabella 3: stima del modello ADL(2,2)

Si può immediatamente notare che l'indice  $R^2$  ha un valore molto vicino ad uno e ciò dimostra il futures appare come un ottimo previsore per lo spot<sup>2</sup>. Il grafico in figura 3 infatti mostra che la retta dei minimi quadrati, ottenuta da una regressione statica  $\text{spot}_t = \mu + \beta_0 \text{fut}_t + u_t$ , è coerente con questa affermazione.

<sup>2</sup> In realtà la dinamica tra spot e futures andrebbe analizzata attraverso un modello di cointegrazione, ma la complessità dell'argomento esula dagli scopi e dalle possibilità di questa tesi. Per questo motivo si procederà attraverso un modello dinamico univariato.

Un'ulteriore aspetto che emerge dalla stima è il grado di significatività statistica delle variabili, come può emergere dal rapporto t e il p-value associato allo stesso test sono tutte variabili significative, quindi hanno un impatto sulla quotazione Spot al tempo t.

### 2.1.3 Fase diagnostica

Nella fase della diagnostica si va a verificare se sia presente o meno autocorrelazione nei residui.

In ordine sequenziale, l'autocorrelazione si può valutare con 3 test. Il primo test è quello di Durbin-Watson. Nel caso specifico all'interno del modello è presente la variabile dipendente ritardata, quindi il test viene corretto attraverso la "h di Durbin", la quale ha distribuzione asintotica Normale.

Valore h di Durbin       $-1,722160 > -1,96$  (circa)

Tabella 4: Test DW, h di Durbin

Il valore della "h di Durbin" viene confrontato con il quantile di una distribuzione normale standardizzata, quindi l'ipotesi nulla di assenza di autocorrelazione di primo grado nel modello è non rifiutata. Fondamentale è però andare a verificare se c'è

autocorrelazione di ordine superiore al primo. Il riferimento è a due test: Breusch-Godfrey (BG) e Ljung-Box(LB), rispettivamente i due test riportati dalla stima sotto indicata.

```
Test di Breusch-Godfrey per l'autocorrelazione fino all'ordine 5  
OLS, usando le osservazioni 2010-01-06:2021-09-07 (T = 3045)
```

```
Statistica test: LMF = 0,543735,  
con p-value = P(F(5,3034) > 0,543735) = 0,743
```

```
Statistica alternativa: TR^2 = 2,726090,  
con p-value = P(Chi-quadro(5) > 2,72609) = 0,742
```

```
Ljung-Box Q' = 2,01983,  
con p-value = P(Chi-quadro(5) > 2,01983) = 0,846
```

Tabella 5: Test di autocorrelazione (BG e LB)

Come si evince dai risultati l'ipotesi nulla di assenza di autocorrelazione fino all'ordine 5, non è rifiutata in tutti i casi; sia per il BG, sia per il LB.

Passando alla seconda fase della diagnostica, la verifica dell'ipotesi nulla, di omoschedasticità o l'eventuale presenza di eteroschedasticità nel caso di rifiuto della stessa. Tra i test vi sono: test di White; test di Breusch-Pagan e test ARCH. È inerente alla trattazione, in quanto serie storiche applicare il test di ARCH.

Test per ARCH di ordine 6

Ipotesi nulla: non sono presenti effetti ARCH  
Statistica test: LM = 58,072  
con p-value = P(Chi-quadro(6) > 58,072) = 1,10806e-010

Tabella 6: Test ARCH

L'ipotesi nulla del test è energicamente rifiutata. Questo implica eteroschedasticità condizionale, di conseguenza lo stimatore OLS non è il più efficiente o BLUE (Best Linear Unbiased Estimator), ma ciò non pregiudica la specificazione del modello in media condizionale.

#### 2.1.4 Riparametrizzazione ECM

Quello che può essere interessante in questo lavoro è riparametrizzare il modello sotto forma di Error Correction Mechanism (ECM). Principalmente questa relazione permette di cogliere gli aspetti sul breve e lungo periodo all'interno della stessa equazione. Il modello riparametrizzato è così composto:

$$\Delta \text{spot}_t = \mu - \varphi_2 \Delta \text{spot}_{t-1} + \Delta \text{fut}_t \beta_0 - \Delta \text{fut}_{t-2} \beta_2 - (1 - \varphi_1 - \varphi_2) [\text{spot}_{t-1} - \text{fut}_{t-1} (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3)] / (1 - \varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon_t$$

La stima dell'ECM è contenuto nella Tabella 7

Modello 2: OLS, usando le osservazioni 2010-01-06:2021-09-07 (T = 3045)  
 Variabile dipendente: dy

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value	
const	-0,107935	0,0294352	-3,667	0,0002	***
dy_1	-0,146801	0,0178609	-8,219	3,00e-016	***
dx	0,943507	0,00482504	195,5	0,0000	***
dx_1	0,143905	0,0176108	8,171	4,42e-016	***
spot_1	-0,476995	0,0189629	-25,15	5,37e-127	***
fut_1	0,478095	0,0190112	25,15	6,10e-127	***
Media var. dipendente	-0,004351	SQM var. dipendente	1,887518		
Somma quadr. residui	755,0333	E.S. della regressione	0,498446		
R-quadro	0,930379	R-quadro corretto	0,930265		
F(5, 3039)	8122,343	P-value(F)	0,000000		
Log-verosimiglianza	-2197,550	Criterio di Akaike	4407,100		
Criterio di Schwarz	4443,228	Hannan-Quinn	4420,086		
rho	-0,003680	Valore h di Durbin	-1,200695		

Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard

Tabella 7: ECM

dove  $dy$  è  $\Delta spot_t$  e  $dx$  è  $\Delta fut_t$ .

L'informazione da estrapolare dell'equazione dell'ECM fa riferimento al moltiplicatore di lungo periodo, o sia il rapporto tra la sommatoria dei coefficienti della variabile esplicativa (fut) e quella dei coefficienti della variabile dipendente (spot), ritardata in quanto il moltiplicatore di lungo periodo ha un fine interpretativo, è inserito nella definizione di equazione di equilibrio di lungo periodo:

$$y_t = m \cdot x_t + c$$

dove  $m = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) / (1 - \varphi_1 - \varphi_2)$  e  $c = \mu / (1 - \varphi_1 - \varphi_2)$ .

Dalla stima emerge:  $m = 1,00231$  e  $c = -0,226282$ , quindi l'equazione stimata di lungo periodo è uguale a  $\bar{y} = -0,226282 + 1,00231 \cdot \bar{x}$ .

Nella stima il moltiplicatore di lungo periodo è circa uguale a uno, e per questo si potrebbe ottenere lo “Spread” o un ECM definito omogeneo. Si verifica questa ipotesi tramite il test F seguente:

$$H_0 : m=1 \Rightarrow (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) / (1 - \varphi_1 - \varphi_2) = 1$$

$$\text{oppure } \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \varphi_1 + \varphi_2 = 1$$

Di seguito sono riportati il test F e la stima vincolata:

Statistica test:  $F(1, 3039) = 0,00334808$ , con p-value =  $0,953862$

Stime vincolate:

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value	
const	-0,107653	0,0290220	-3,709	0,0002	***
spot_1	0,376760	0,0152138	24,76	1,73e-123	***
spot_2	0,147342	0,0152148	9,684	7,27e-022	***
fut	0,943488	0,00481217	196,1	0,0000	***
fut_1	-0,322044	0,0150673	-21,37	1,52e-094	***
fut_2	-0,144449	0,0148913	-9,700	6,24e-022	***

Errore standard della regressione =  $0,498364$

Tabella 8: Test F verifica ECM omogeneo

Il test non rifiuta l'ipotesi nulla, di conseguenza l'ECM risulta omogeneo come ci si attendeva.

### 2.1.5 Risultati della stima

A livello concettuale quello che si può evincere dalla seguente stima presa in esame fa riferimento a come sia presente una quasi perfetta correlazione tra quotazione nel mercato Spot e Futures. Questo è

certamente atteso, nonché confermato in più situazioni: graficamente dalla retta dei minimi quadrati in figura 3, analiticamente attraverso l' $R^2$  tendente a uno, anche se c'è una seria possibilità che la regressione effettuata sia spuria. In fase diagnostica non ci sono problemi di autocorrelazione. Al contrario si incontra il problema dell'eteroschedasticità. Il modello risulterebbe mispecificato, ma solo in varianza, quindi potrebbe essere una soluzione impostare un modello con lo stimatore GLS (Generalised Least Squares), definito il più efficiente in caso di eteroschedasticità.

#### **2.1.5 Test di Chow**

Passando alla fase di specificazione, inerente a questa trattazione c'è il Test di Chow per i break strutturali. Il test di Chow viene impostato per la data 31 gennaio 2020, così da analizzare il break generato dalla pandemia Covid-19.

Regressione aumentata per il test Chow  
 OLS, usando le osservazioni 2010-01-06:2021-09-07 (T = 3045)  
 Variabile dipendente: spot

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value	
const	-0,0963494	0,0337432	-2,855	0,0043	***
spot_1	0,388270	0,0206414	18,81	9,52e-075	***
spot_2	0,125325	0,0203350	6,163	8,08e-010	***
fut	0,912414	0,00709067	128,7	0,0000	***
fut_1	-0,295159	0,0203067	-14,54	2,53e-046	***
fut_2	-0,129923	0,0200192	-6,490	9,99e-011	***
splitdum	-0,102625	0,0885533	-1,159	0,2466	
sd_spot_1	-0,0102962	0,0429016	-0,2400	0,8103	
sd_spot_2	0,0580680	0,0426618	1,361	0,1736	
sd_fut	0,0566018	0,00976788	5,795	7,55e-09	***
sd_fut_1	-0,0496862	0,0421955	-1,178	0,2391	
sd_fut_2	-0,0525690	0,0420004	-1,252	0,2108	
Media var. dipendente	69,09260	SQM var. dipendente	22,65950		
Somma quadr. residui	745,1791	E.S. della regressione	0,495672		
R-quadro	0,999523	R-quadro corretto	0,999521		
F(11, 3033)	578039,1	P-value (F)	0,000000		
Log-verosimiglianza	-2177,549	Criterio di Akaike	4379,097		
Criterio di Schwarz	4451,352	Hannan-Quinn	4405,068		
rho	-0,003011	Durbin-Watson	2,004253		

Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard

Test Chow per break strutturale all'osservazione 2020-01-31  
 $F(6, 3033) = 6,6847$  con p-value 0,0000

Tabella 9: Test Chow

Come si può evincere dalla Tabella 9 l'ipotesi nulla del test viene energicamente rifiutata, quindi si può concludere che prima e dopo il Covid si hanno due regimi, o meglio è verificata la presenza di un break nella quotazione del greggio.



## CAPITOLO 3

### 3.1 CONCLUSIONE

In questo lavoro si è cercato di spiegare l'andamento del prezzo spot del WTI, dato l'andamento del prezzo futures.

È necessario sottolineare come la stima effettuata sulla dinamica del prezzo del WTI sta a rappresentare anche quello che succede all'interno del mercato del Brent, in quanto l'andamento della serie storica ricalca sostanzialmente quella del WTI. Di conseguenza, le stime apparrebbero simili e non è risultato utile intraprendere il percorso che avrebbe ottenuto le stesse conclusioni della stima effettuata al mercato WTI.

Dalla stima presa in esame si possono trarre alcune conclusioni relative ai due mercati.

In accordo con il sotto paragrafo 1.1.2, che sottolinea un simile andamento delle quotazioni nel mercato spot e future del prezzo del petrolio, è stato dimostrato come gli stessi mercati hanno un alto grado di correlazione. Nella pratica il mercato del greggio contratto a futures è la miglior previsione di quello che è rappresentato dal mercato del greggio a pronti, spot.

Anche l'aspetto del *lockdown* trattato nel sotto paragrafo 1.2.1 è preso in esame nella stima, potendo valutare il fatto che sono presenti due regimi prima e dopo Covid-19.

La ripresa parziale dell'ascesa del prezzo del petrolio dopo il break della pandemia è un'ulteriore risultato di questa stima, espressa sia dal grafico che dalla relazione positiva tra le variabili.

## BIBLIOGRAFIA

- Anderson K. J. (1992), Crude Oil, MRS BULLETIN, Historical note pag 49
- Armaroli N. (2020), La transizione energetica, Rendiconti Accademia Nazionale delle scienze, 130° Vol. I, fasc.3 pp. 251-260
- Balest J., Chersoni G., Giacovelli G., Stawinoga A., Tomasi S. (2021), comportamenti energetici e primo lockdown per Covid-19, Eurac research pag.18
- Conti U. (2020), Scarsità e sovranità. Riflessioni sulla sostenibilità alla luce delle idee di Dumouchel e Bataille, Culture e Studi del Sociale, 5(1), pp. 33-42
- Crabtree G. e Sarrao J. (2009), The road to sustainability, Phys. IOP science Physics World
- Dacrema E.(2020), Medio Oriente: tutte le conseguenze del crollo del petrolio, ISPI Online <https://www.ispionline.it/it/pubblicazione/medio-oriente-tutte-le-conseguenze-del-crollo-del-petrolio-26256>
- FRED(2021), Crude Oil Prices Spot Brent/WTI <https://fred.stlouisfed.org/series/DCOILWTICO#0>
- Gallo R.(2020), Industria, Italia. Ce la faremo se saremo intraprendenti, editrice: Università Sapienza , pp 167-174
- Groysman A. (2014), Corrosion in Systems for Storage and Transportation of Petroleum Products and Biofuels, Chapter 10 “History of Crude Oil and Petroleum products” pp 221-226
- Hamzelou J.(2020), World in lockdown, New Scientist pag.7
- INVESTING.COM(2021): quotazione Futures Crude Oil <https://it.investing.com/commodities/crude-oil>
- Jawadi F. e Sellami M. (2020), On the effect of oil price in the context of Covid-19, pp 1-9 <https://www.deepdyve.com/lp/pubmed-central/on-the-effect-of-oil-price-in-the-context-of-covid-19-RIYKyHDJ30?articleList=%2Fsearch%3Fquery%3DOn%2Bthe%2Beffect%2Bof%2Boil%2Bprice%2Bin%2Bthe%2Bcontext%2Bof%2BCovid-19%25E2%2580%259D%26articleFilter%3Drentable%257Cfree%257Crestricted>
- Ron A. e Lutz K(2010), What do we learn from the price of crude oil future?, Journal of applied econometrics, John Wiley & Sons, Ltd., pp. 539-573

## **RINGRAZIAMENTI**

Mi sento in dovere di dedicare questa pagina del presente elaborato alle persone che mi hanno supportato in questi 3 anni.

Ringrazio il mio relatore Giulio Palomba che ha reso possibile la realizzazione di questo lavoro e mi ha dato le basi per affrontare ciò che spero sia il mio futuro.

Ringrazio i miei genitori per avermi sempre sostenuto e per avermi sempre lasciata libera di prendere le mie decisioni in ogni situazione.

Ringrazio mia sorella per avermi fatto capire che c'è e ci sarà sempre per me.

Ringrazio Michael, che mi sostiene in tutto e mi fa sentire così speciale da poter affrontare il mondo intero.

Ringrazio le mie amiche con cui ho condiviso e continuerò a condividere ogni traguardo raggiunto, crescendo insieme.

Ringrazio i miei compagni di viaggio, tra ansie e risate è stato un bellissimo percorso. Vederci arrivare alla fine fa un bell'effetto.

E infine, ringrazio te nonna Concettina che mi guardi da lassù. Speravo potessi condividere con me questo traguardo ma mi basta ringraziarti e prometterti che non sarà l'ultimo.