

# **Business Intelligence per i Servizi Finanziari**

**Epis Pietro – matricola 845045**

**A.A. 2020/21**

## **Indice**

<b>1 – DATA SUMMARY</b>	<b>2</b>
<b>2 – DESCRIPTIVE ANALYTICS</b>	<b>3</b>
<b>2.1 – Ritorni</b>	<b>3</b>
<b>2.2 – Analisi generale dei Ritorni</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1 – Analisi di SBUX</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2 – Analisi di MCD</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3 – Analisi di AXP</b>	<b>8</b>
<b>2.2.4 – Analisi di AON</b>	<b>9</b>
<b>2.2.5 – Analisi di KO</b>	<b>10</b>
<b>2.2.6 – Analisi di PEP</b>	<b>11</b>
<b>2.3 – Covarianza</b>	<b>12</b>
<b>2.4 – Correlazione</b>	<b>13</b>
<b>3 – PREDICTIVE ANALYTICS</b>	<b>15</b>
<b>4 - BETA</b>	<b>18</b>
<b>5 – PORTFOLIO MANAGEMENT</b>	<b>21</b>
<b>6 – WEB APPLICATION</b>	<b>23</b>
<b>7 – CONCLUSIONI</b>	<b>26</b>
<b>8 – NOTE IMPLEMENTATIVE</b>	<b>27</b>

## 1 - DATA SUMMARY

Tutti i titoli che sono stati scelti appartengono all'indice di mercato Standard & Poor 500, che è stato istituito nel 1957 e segue l'andamento delle 500 maggiori società americane, appartenenti a 11 settori differenti: *Communication Services, Consumer Discretionary, Consumer Staples, Energy, Financials, Health Care, Industrials, Materials, Real Estate, Technology e Utilities*.

Il periodo considerato è quello compreso tra il 1 ottobre 2018 e il 31 ottobre 2020

Per lo svolgimento del progetto sono stati scelti i seguenti 6 stock, appartenenti a 3 settori distinti:

TITOLO	TICKER	SETTORE
Starbucks Corp.	SBUX	Consumer Discretionary
McDonald's Corp.	MCD	Consumer Discretionary
American Express Co	AXP	Financials
Aon plc	AON	Financials
Coca Cola	KO	Consumer Staples
PepsiCo, Inc.	PEP	Consumer Staples

Le società scelte, considerate a coppie in base al settore di appartenenza, svolgono attività simili e sono sostanzialmente concorrenti. Uno dei motivi per cui sono state scelte è infatti quello di valutare eventuali correlazioni.

Durante la scelta degli stock sono state inoltre considerate delle notizie significative, relative ad esempio a influenze sui prezzi determinate dalla situazione COVID-19, riportate di seguito.

*28 luglio 2020*

Mc Donald's ha avuto grandi perdite soprattutto nel secondo trimestre, a causa della chiusura prolungata dei ristoranti, causando una diminuzione degli incassi netti del 68%, e una diminuzione del prezzo delle azioni del 2%.

(<https://it.finance.yahoo.com/news/mcdonald-q2-global-sales-slump-134740536.html>)

*2 agosto 2020*

Starbucks quest'anno ha subito perdite ovunque nel mondo, che hanno comportato la chiusura di circa 400 punti vendita, con crolli prossimi al 40% in alcune sue divisioni. Inoltre, per il settore in cui opera, è stata considerata ad agosto particolarmente vulnerabile alla seconda ondata della pandemia.

(<https://it.finance.yahoo.com/news/starbucks-could-test-march-low-125732101.html>)

*22 ottobre 2020*

È invece in controtendenza Coca Cola, che nonostante la crisi legata alla pandemia ha ottenuto ricavi migliori rispetto al previsto, con il prezzo delle sue azioni che ha raggiunto un incremento del 2% nel terzo trimestre.

(<https://it.finance.yahoo.com/news/coca-cola-emerges-covid-19-161021660.html>)

*1 ottobre 2020*

Analogamente a Coca Cola, anche Pepsi ha avuto una crescita imprevista del 5% nel terzo trimestre, probabilmente favorito dalla stabilità e varietà dell'offerta e dall'elevato consumo domestico, quindi non condizionato dalla pandemia.

(<https://it.finance.yahoo.com/news/pepsico-q3-revenue-grows-over-162825047.html>)

*23 ottobre 2020*

La situazione di precarietà ed incertezza determinata dalla pandemia, ha rallentato l'attività economica delle persone. Questo evento ha quindi avuto un riflesso anche su American Express, le cui entrate sono passate da 1.8 a 1.1 miliardi di dollari rispetto all'anno precedente.

(<https://it.finance.yahoo.com/news/american-express-posts-lower-expected-125222703.html>)

## 2 - DESCRIPTIVE ANALYTICS

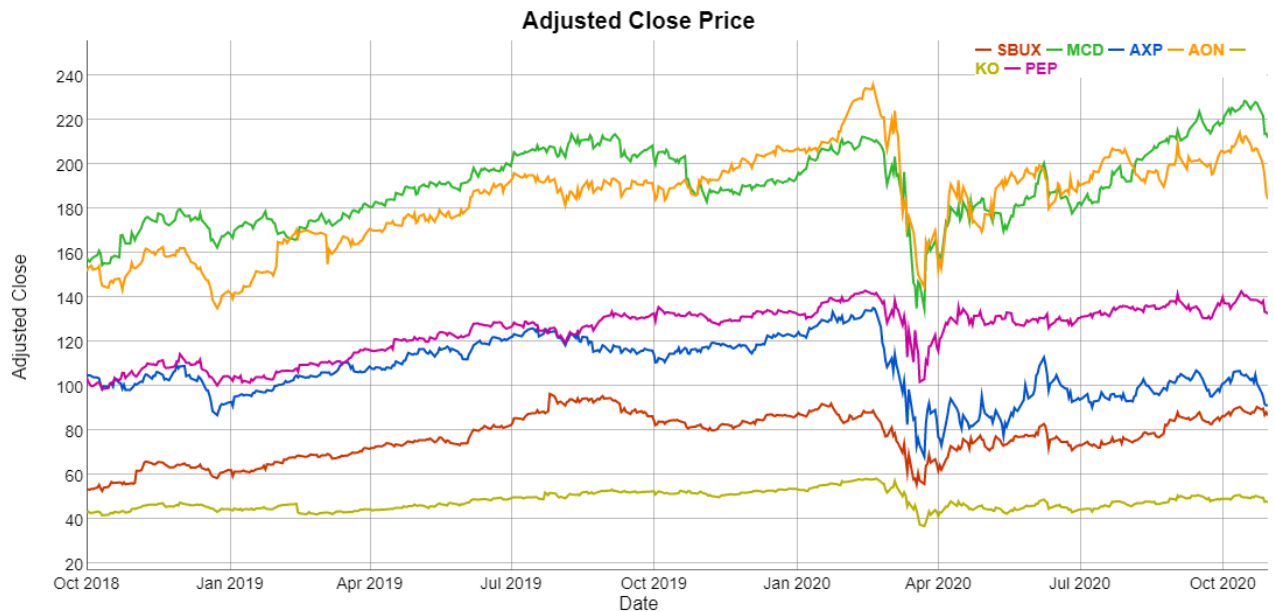


Figura 1 – Adjusted Close Prices

Già dal grafico degli Adjusted Close è possibile notare un picco negativo nel periodo fra marzo e aprile, chiaramente riconducibile alla diffusione della pandemia. È possibile inoltre vedere come tutti gli stock abbiano avuto un andamento dei prezzi vagamente simile nell'arco dei due anni considerati.

La leggera flessione dei prezzi nel periodo di Dicembre 2019, potrebbe essere riconducibile alle tensioni tra Stati Uniti e Cina di quel periodo. (<https://www.marketwatch.com/story/the-sp-500-is-on-the-verge-of-tumbling-by-the-most-it-has-ever-fallen-on-christmas-eve-2018-12-24>)

### 2.1 – Ritorni

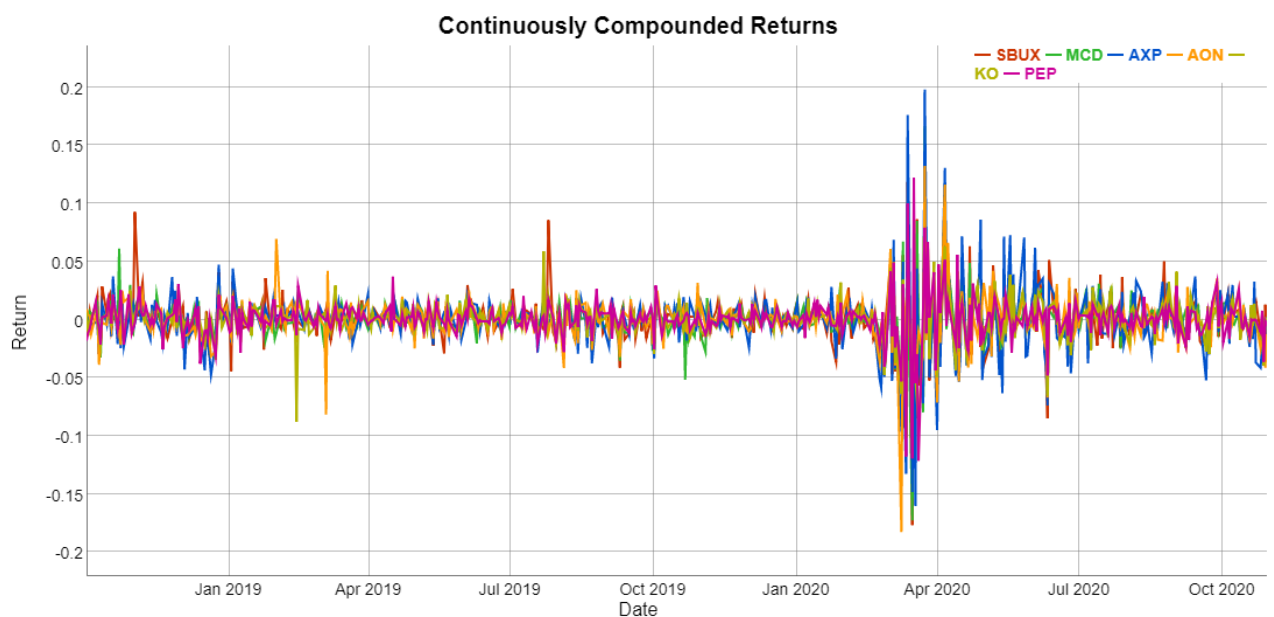


Figura 2 – Continuously Compounded Returns (granularità giornaliera)

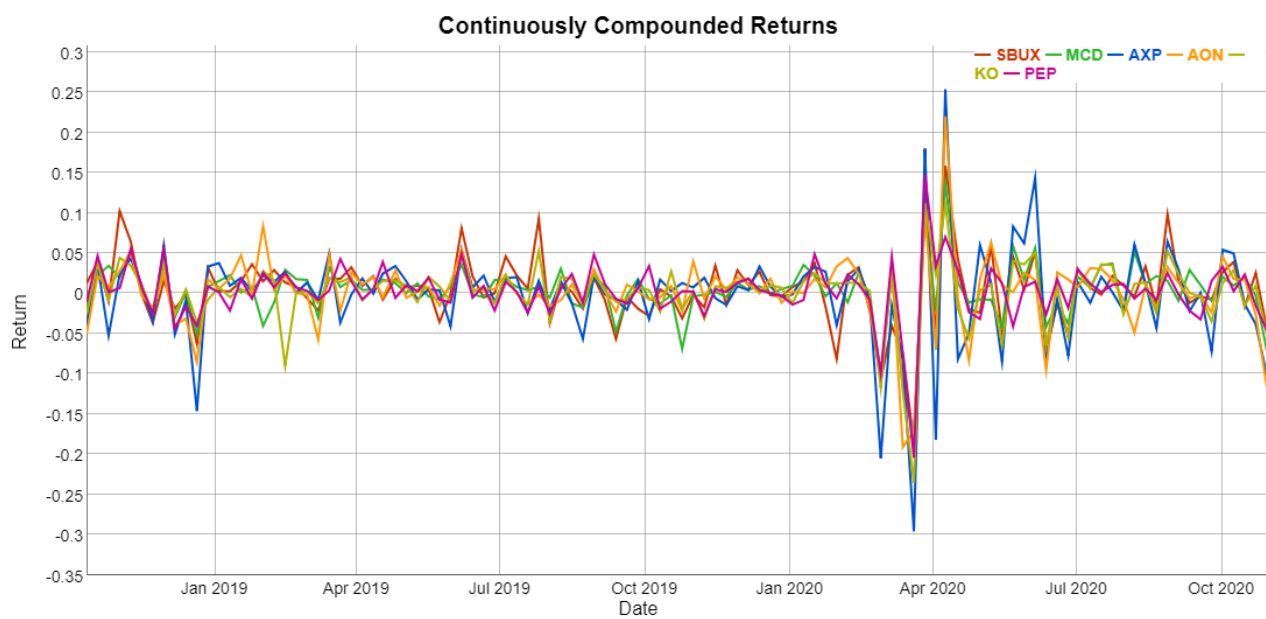


Figura 3 – Continuously Compounded Returns (granularità settimanale)

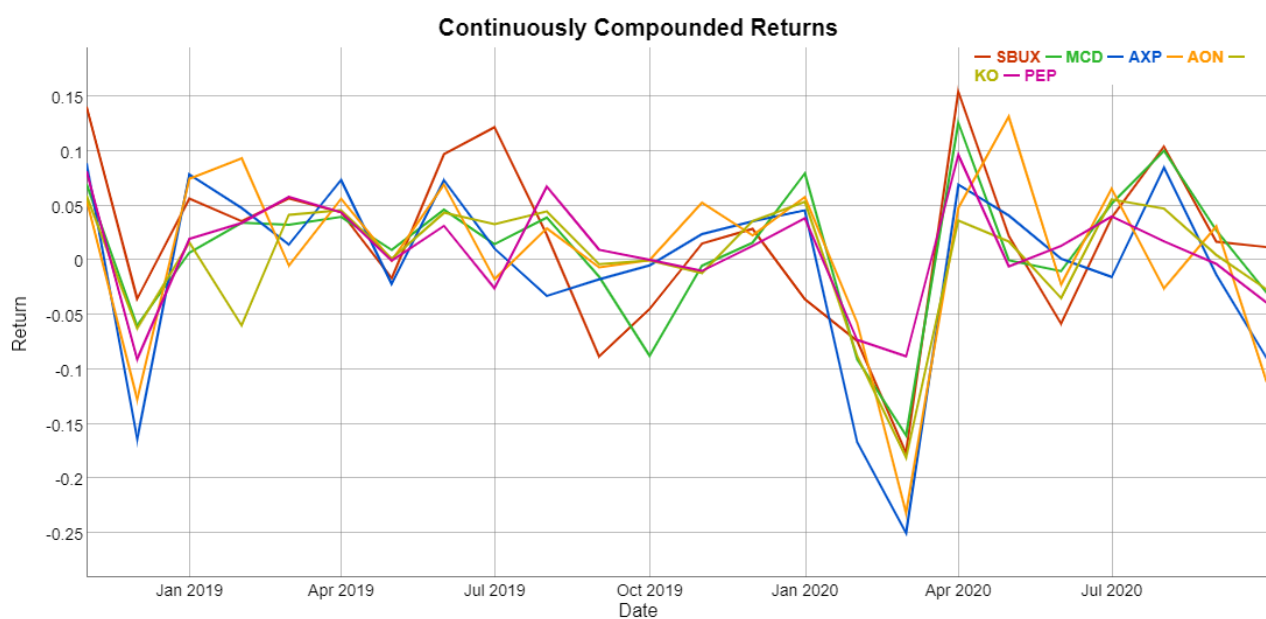


Figura 4 – Continuously Compounded Returns (granularità mensile)

Come precedentemente accennato, risulta qui ancora più evidente (in quanto si tratta di un dato scale-independent rispetto al prezzo dello stock considerato) il crollo dei ritorni nel primo trimestre del 2020, in concomitanza dell'esplosione della pandemia. È possibile notare che questo crollo ha coinvolto tutti gli stock, ma la diminuzione subita dal titolo PEP (Pepsi) è stata minore rispetto agli altri, presumibilmente per le ragioni esposte nell'articolo precedentemente riportato.

## 2.2 – Analisi generale dei ritorni

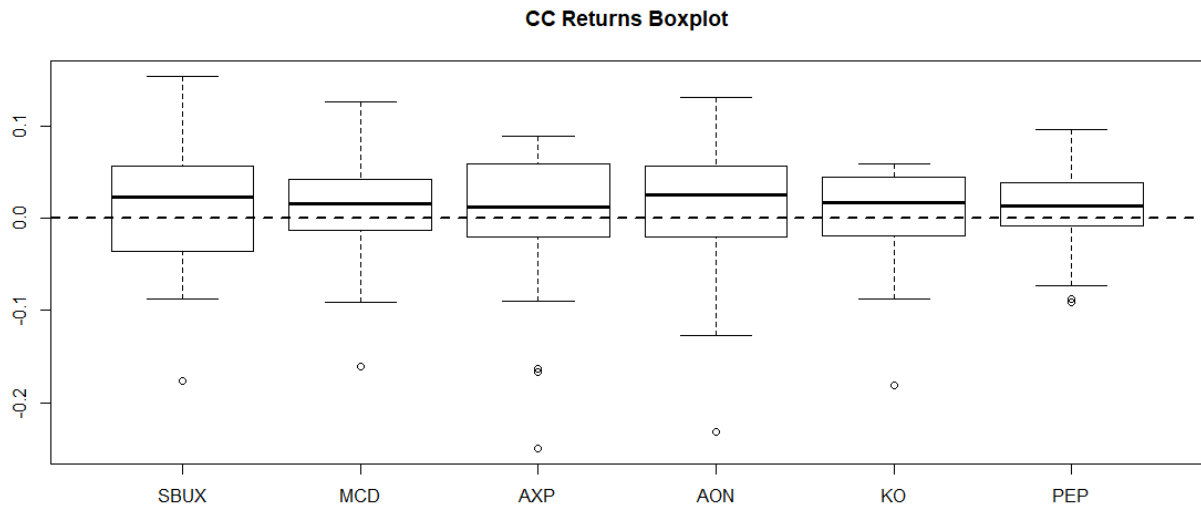


Figura 5 – Boxplot di tutti gli stock

Affiancando i boxplot di tutti gli stock, è possibile avere una visione generale e fare un confronto per quanto riguarda il modo in cui sono distribuiti i valori. La linea orizzontale tratteggiata indica i ritorni pari a 0. Si osserva che la mediana di tutti i titoli è maggiore di zero.

Il titolo caratterizzato dal valore massimo più alto è SBUX, mentre il valore minimo in assoluto è prodotto da AXP, che è inoltre il titolo con il maggior numero di outliers negativi.

Si può notare anche che i ritorni di KO sono concentrati in un intervallo ristretto, rispetto agli altri titoli.

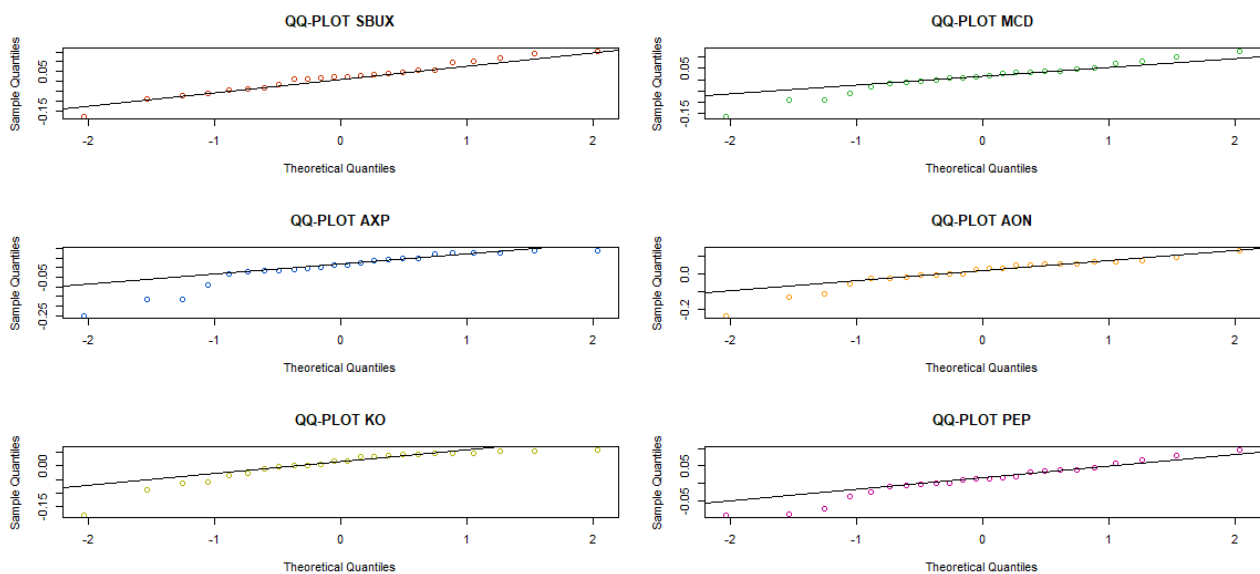


Figura 6 – QQ Plot di tutti gli stock

Nel Q-Q Plot vengono rappresentati i punti in funzione dei quantili teorici e dei quantili effettivi. Se i punti fossero distribuiti secondo una normale, si troverebbero esattamente sulla bisettrice del quadrante, visualizzata tramite la linea nera.

Facendo un confronto tra i Q-Q Plot, è possibile notare che il titolo la cui distribuzione è meglio approssimata da una normale è SBUX.

Per fare un esempio contrario, invece, i valori di AXP e PEP si discostano molto (in particolare sulle code) dalla distribuzione normale.

Dopo una sommaria analisi comparativa tra tutti i titoli, vengono di seguito riportati i grafici e le analisi relative a ciascun titolo considerato singolarment.

Lo stock con la più alta media dei ritorni è SBUX (0.18), mentre la più bassa è determinata da AXP (-0.03). La varianza più alta è quella relativa ai ritorni di AXP (0.007), mentre la più bassa è quella di PEP (0.002)

### 2.2.1 – Analisi di SBUX

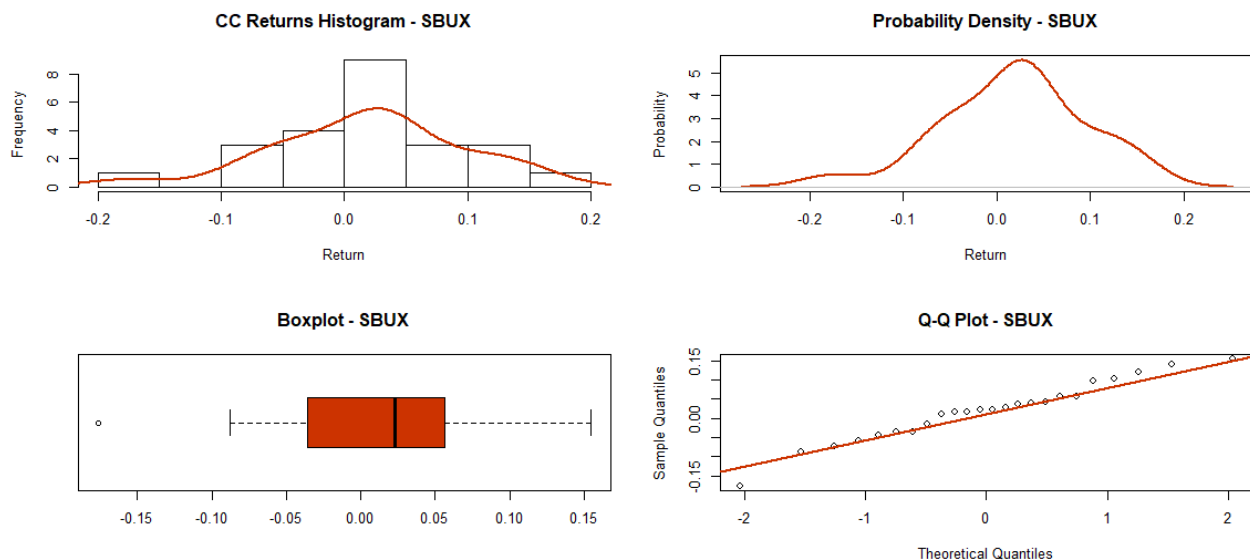


Figura 7 – Diagnostic Plots di SBUX

MEDIA	VARIANZA	DEV. STANDARD	SKEWNESS	KURTOSIS
0.01833455	0.005954463	0.07716517	-0.3570904	0.1879173

Come precedentemente accennato, il grafico relativo alla PDF (Probability Density Function) dei ritorni di SBUX conferma il fatto che, rispetto agli altri titoli, è quello la cui distribuzione è meglio approssimata da una normale (grafico simile ad una campana). Tuttavia la media della distribuzione non è zero, ma ha un atteggiamento in senso positivo, presentando quindi valori più spostati a destra rispetto allo zero.

È possibile giungere a questa conclusione anche osservando il Q-Q Plot, in cui i punti hanno una concentrazione maggiore sopra lo 0.

Si nota che il range su cui sono distribuiti i valori è piuttosto ampio (in relazione ad altri titoli), ma il valore

minimo è determinato da un outlier.

### 2.2.2 – Analisi di MCD

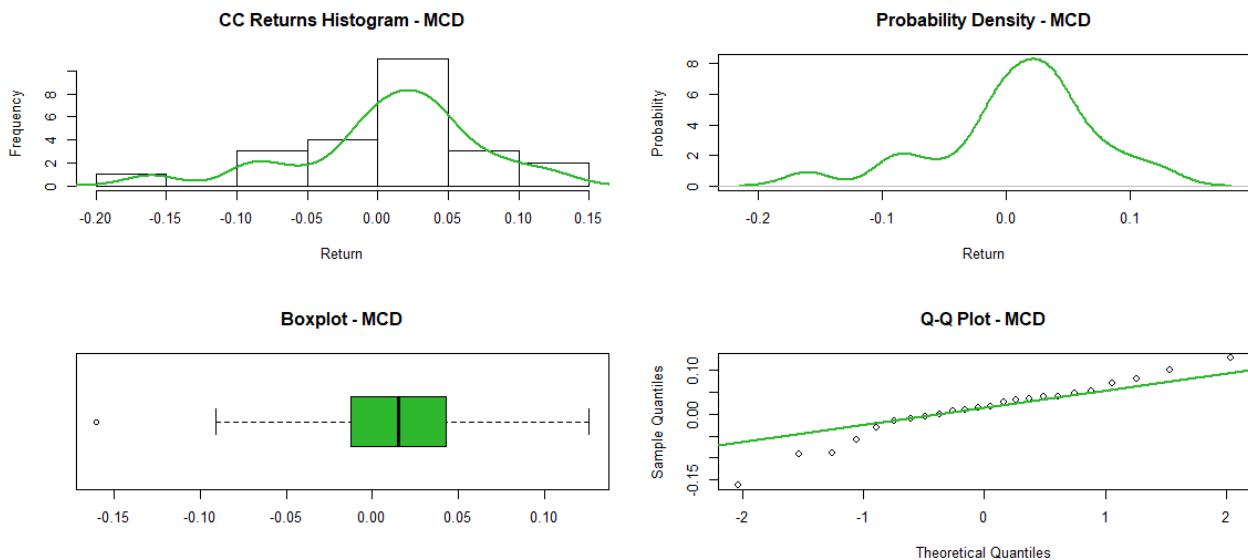


Figura 8 – Diagnostic Plots di MCD

MEDIA	VARIANZA	DEV. STANDARD	SKEWNESS	KURTOSIS
0.009767501	0.004039927	0.06356042	-0.7342268	0.7703823

Anche in questo caso i ritorni sono più concentrati sopra lo zero, tuttavia per quanto riguarda MCD la distribuzione si discosta maggiormente dalla normale, come evidenziato anche dalla negatività del valore di skewness (che indica una coda sinistra più lunga rispetto a quella del grafico di una normale) e dal valore di kurtosis (il cui significato è che le code sono più spesse).

Nonostante la presenza di un outlier, la varianza piuttosto bassa permette di affermare che i ritorni tendenzialmente oscillano poco rispetto al valore medio, ed è quindi possibile considerare il titolo poco volatile.

### 2.2.3 – Analisi di AXP

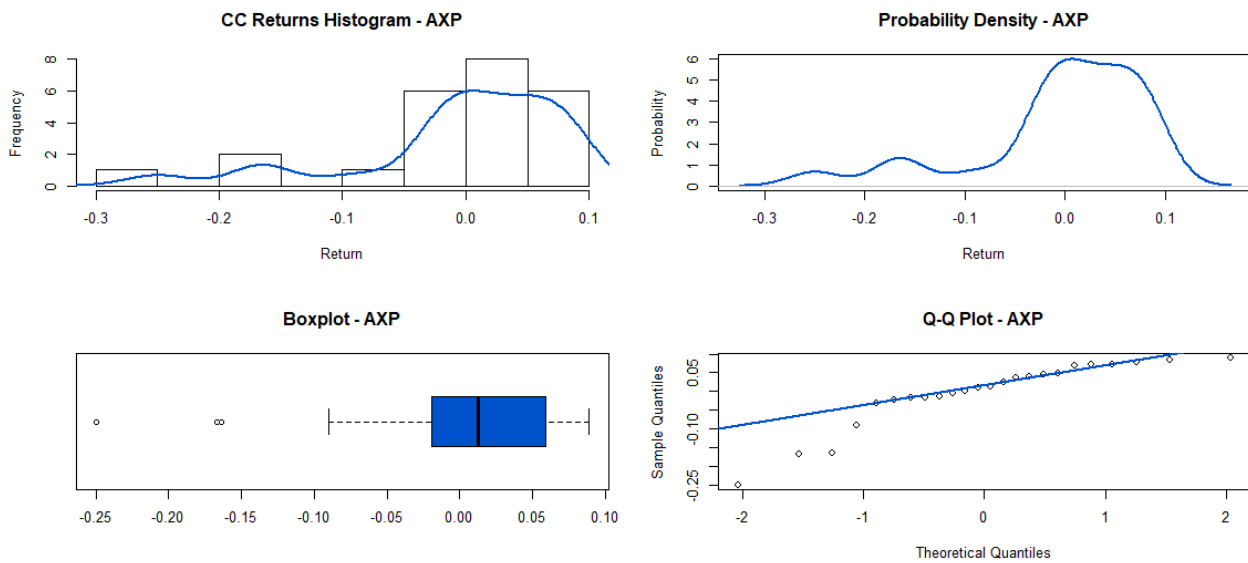


Figura 9 – Diagnostic Plots di AXP

MEDIA	VARIANZA	DEV. STANDARD	SKEWNESS	KURTOSIS
-0.003598265	0.007491038	0.08655078	-1.391243	1.372452

Nel caso di AXP, la differenza con la distribuzione normale è chiaramente messa in evidenza già dal grafico associato alla densità di probabilità, in cui sono presenti più punti di massimo locale, oltre che dai numerosi punti sparsi distanti dalla bisettrice nel Q-Q Plot. Questa differenza è inoltre deducibile dall'analisi dei valori delle statistiche descrittive, in particolare skewness e kurtosis, maggiori in valore assoluto rispetto ai titoli precedentemente considerati.

A differenza di MCD, ad esempio, i valori sono distribuiti su un intervallo di valori più ampio (da un minimo di -0.250042 a un massimo di 0.088803), come mostrato dal Boxplot, dal quale è possibile rilevare anche un discreto numero di outliers (AXP è inoltre il titolo che ne produce il maggior numero tra quelli analizzati).



## 2.2.4 – Analisi di AON

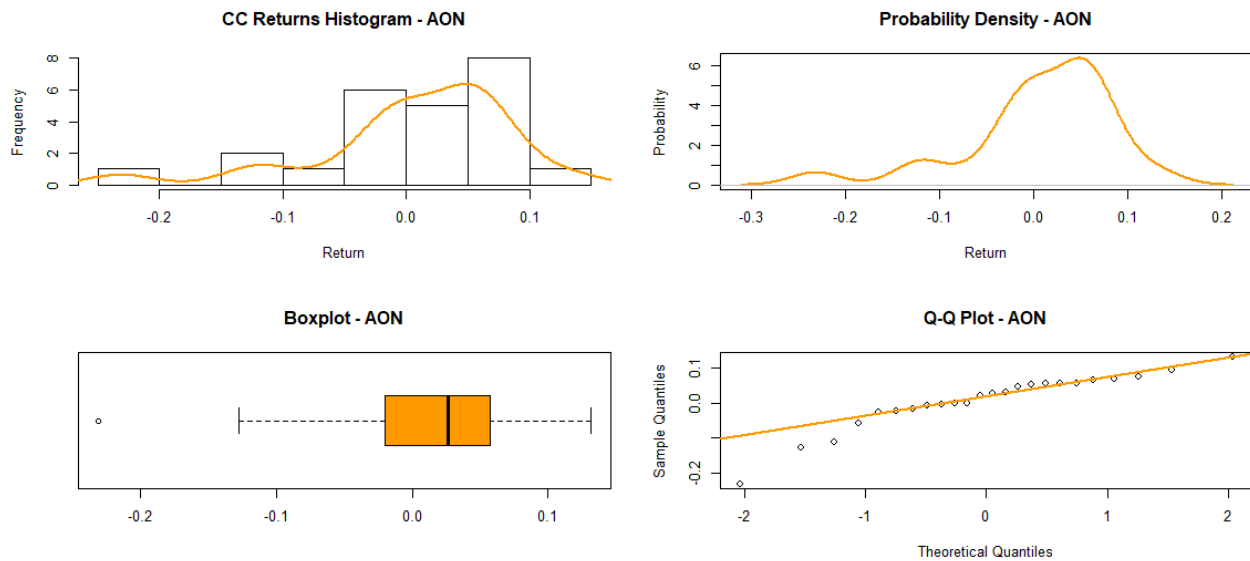


Figura 10 – Diagnostic Plots di AON

MEDIA	VARIANZA	DEV. STANDARD	SKEWNESS	KURTOSIS
0.007615021	0.006234563	0.07895925	-1.296339	1.876653

Anche la distribuzione dei valori dei ritorni di AON, come nel caso di AXP, presenta parecchie differenze rispetto alla distribuzione normale.

È subito visibile l'asimmetria del grafico relativo alla probabilità (coda sinistra lunga), che (come confermato dalla skewness) è spostato in senso positivo. Il Q-Q Plot evidenzia invece la distanza, soprattutto nella coda sinistra, di molti punti dalla bisettrice.

Il Boxplot mostra la presenza di un outlier, verosimilmente riconducibile al picco negativo mostrato nel plot dei ritorni, in corrispondenza dello scoppio della pandemia. Ignorando l'outlier, il range dei ritorni è infatti sostanzialmente centrato rispetto allo zero.

### 2.2.5 – Analisi di KO

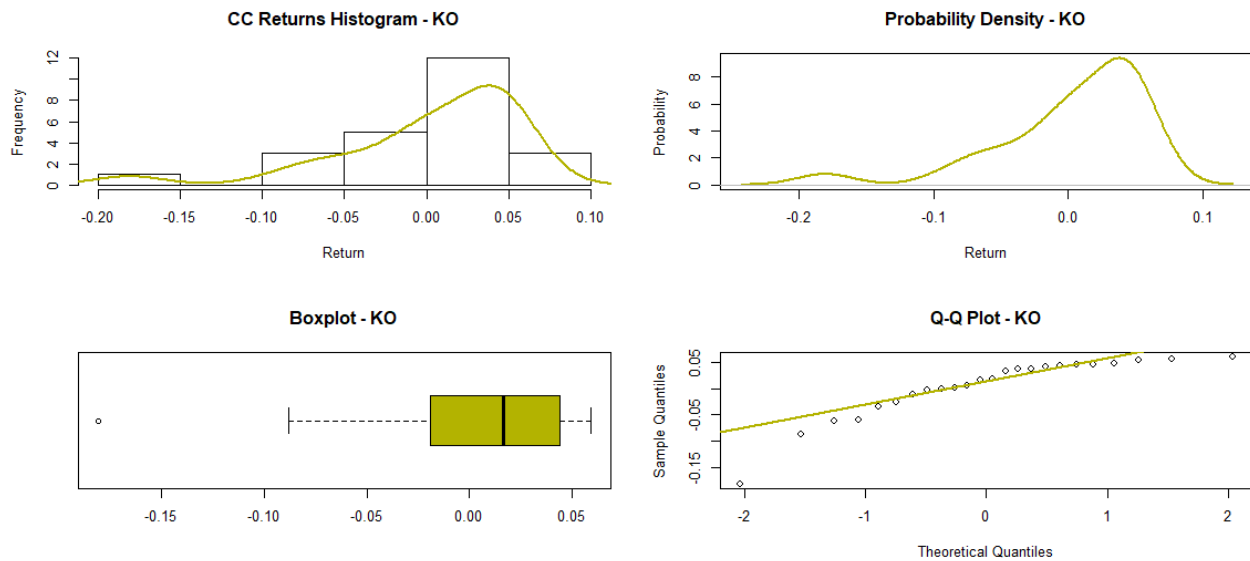


Figura 11 – Diagnostic Plots di KO

MEDIA	VARIANZA	DEV. STANDARD	SKEWNESS	KURTOSIS
0.002860888	0.003197326	0.05654491	-1.628051	2.714802

Il Q-Q Plot permette di notare, in particolare sulle code, punti molto distanti dalla bisettrice che lo differenziano quindi dalla distribuzione normale. I parametri di skewness e kurtosis, inoltre, assumono il valore massimo tra tutti gli stock considerati.

Analizzando il Boxplot e il Q-Q Plot è possibile affermare che c'è una maggior concentrazione di punti sopra lo zero, in un range piuttosto ristretto, nonostante la presenza di un outlier.

## 2.2.6 – Analisi di PEP

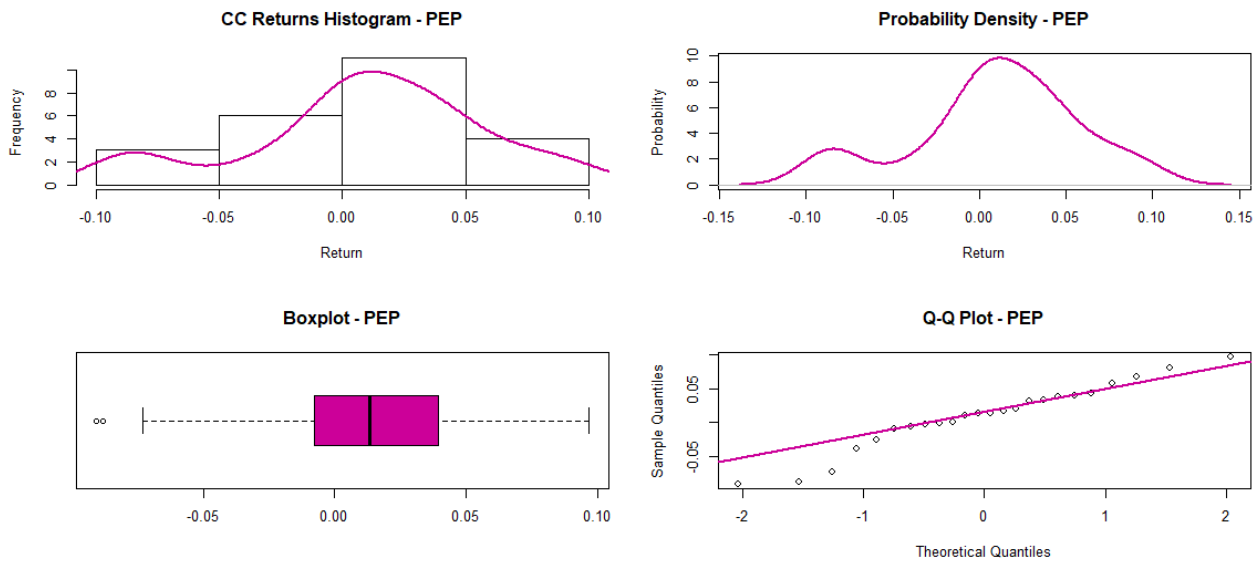


Figura 12 – Diagnostic Plots di PEP

MEDIA	VARIANZA	DEV. STANDARD	SKEWNESS	KURTOSIS
0.00955894	0.002332091	0.04829172	-0.477013	-0.0764567

Considerando il Boxplot, e leggendo i valori dei quantili stampati in console, si nota che i ritorni di PEP si distribuiscono nel range compreso tra -0.09 e 0.09, e la loro deviazione standard è la più bassa in assoluto tra tutti i titoli considerati.

Il Q-Q Plot mostra nella parte sinistra un'evidente distanza dei punti rispetto alla bisettrice sulle code, e una maggiore concentrazione di punti nella parte centrale, ovvero nell'intorno di 0, rispetto alle code.

### 2.3 – Covarianza

Vengono riportati i valori della covarianza dei ritorni tra tutte le coppie di titoli, calcolati con diverse granularità temporali dei dati.

Covarianza dei ritorni con granularità giornaliera:

	<b>SBUX</b>	<b>MCD</b>	<b>AXP</b>	<b>AON</b>	<b>KO</b>	<b>PEP</b>
<b>PEP</b>	0.0002453879	0.0002007497	0.0002805853	0.0001827717	0.0002270107	0.0003112960
<b>KO</b>	0.0002224812	0.0001881793	0.0002988959	0.0001946618	0.0002873622	0.0002270107
<b>AON</b>	0.0002389530	0.0002186338	0.0003371189	0.0003854527	0.0001946618	0.0001827717
<b>AXP</b>	0.0004452121	0.0003811849	0.0007560629	0.0003371189	0.0002988959	0.0002805853
<b>MCD</b>	0.0003230184	0.0003646666	0.0003811849	0.0002186338	0.0001881793	0.0002007497
<b>SBUX</b>	0.0004848699	0.0003230184	0.0004452121	0.0002389530	0.0002224812	0.0002453879

Covarianza dei ritorni con granularità settimanale:

	<b>SBUX</b>	<b>MCD</b>	<b>AXP</b>	<b>AON</b>	<b>KO</b>	<b>PEP</b>
<b>PEP</b>	0.001092309	0.000918256	0.001474004	0.001197140	0.001142719	0.001261703
<b>KO</b>	0.001409536	0.001205001	0.002051115	0.001460470	0.001676756	0.001142719
<b>AON</b>	0.001499390	0.001302079	0.002300212	0.002226831	0.001460470	0.001197140
<b>AXP</b>	0.002198754	0.001856167	0.004041558	0.002300212	0.002051115	0.001474004
<b>MCD</b>	0.001226737	0.001334559	0.001856167	0.001302079	0.001205001	0.000918256
<b>SBUX</b>	0.001939435	0.001226737	0.002198754	0.001499390	0.001409536	0.001092309

Covarianza dei ritorni con granularità mensile:

	<b>SBUX</b>	<b>MCD</b>	<b>AXP</b>	<b>AON</b>	<b>KO</b>	<b>PEP</b>
<b>PEP</b>	0.002406501	0.002536588	0.003343169	0.002708161	0.002090528	0.002332091
<b>KO</b>	0.003229443	0.002965394	0.004011201	0.003176132	0.003197326	0.002090528
<b>AON</b>	0.003466091	0.003391552	0.005746684	0.006234563	0.003176132	0.002708161
<b>AXP</b>	0.004978613	0.004491453	0.007491038	0.005746684	0.004011201	0.003343169
<b>MCD</b>	0.003927619	0.004039927	0.004491453	0.003391552	0.002965394	0.002536588
<b>SBUX</b>	0.005954463	0.003927619	0.004978613	0.003466091	0.003229443	0.002406501

## 2.4 – Correlazione

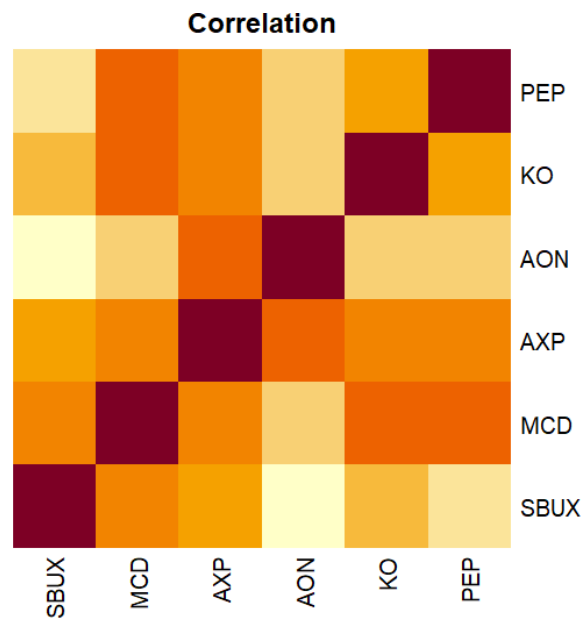


Figura 13 – Heatmap

	SBUX	MCD	AXP	AON	KO	PEP
PEP	0.65	0.83	0.80	0.71	0.77	1
KO	0.74	0.83	0.82	0.71	1	0.77
AON	0.57	0.68	0.84	1	0.71	0.71
AXP	0.75	0.82	1	0.84	0.82	0.80
MCD	0.80	1	0.82	0.68	0.83	0.83
SBUX	1	0.80	0.75	0.57	0.74	0.65

La heatmap riportata è stata calcolata con i ritorni a granularità mensile e permette di individuare visivamente le coppie di titoli che sono fra correlati fra di loro. La mappa è simmetrica, e i colori più scuri indicano una maggiore correlazione. Nella tabella vengono inoltre riportati i valori numerici effettivi (nell'intervallo  $[-1, 1]$ ).

Il colore più scuro in assoluto (corrispondente quindi al valore più elevato) si trova logicamente sulla diagonale, dato che la correlazione di ciascun titolo con sé stesso è uguale ad 1.

Analizzando il rapporto fra stock dello stesso settore, si può leggere che la correlazione fra SBUX e MCD (settore *Consumer Discretionary*) è pari a 0.80, quella fra i titoli del settore *Financials* (AON e AXP) è 0.84 (che è inoltre quella più alta nell'intera matrice) e infine la correlazione tra KO e PEP (settore *Consumer Staples*) è pari a 0.77.

Per quanto riguarda altre correlazioni significative, tra stock appartenenti a settori differenti, si nota quella tra i ritorni di KO e MCD, e tra PEP e MCD, entrambe con valore 0.83.

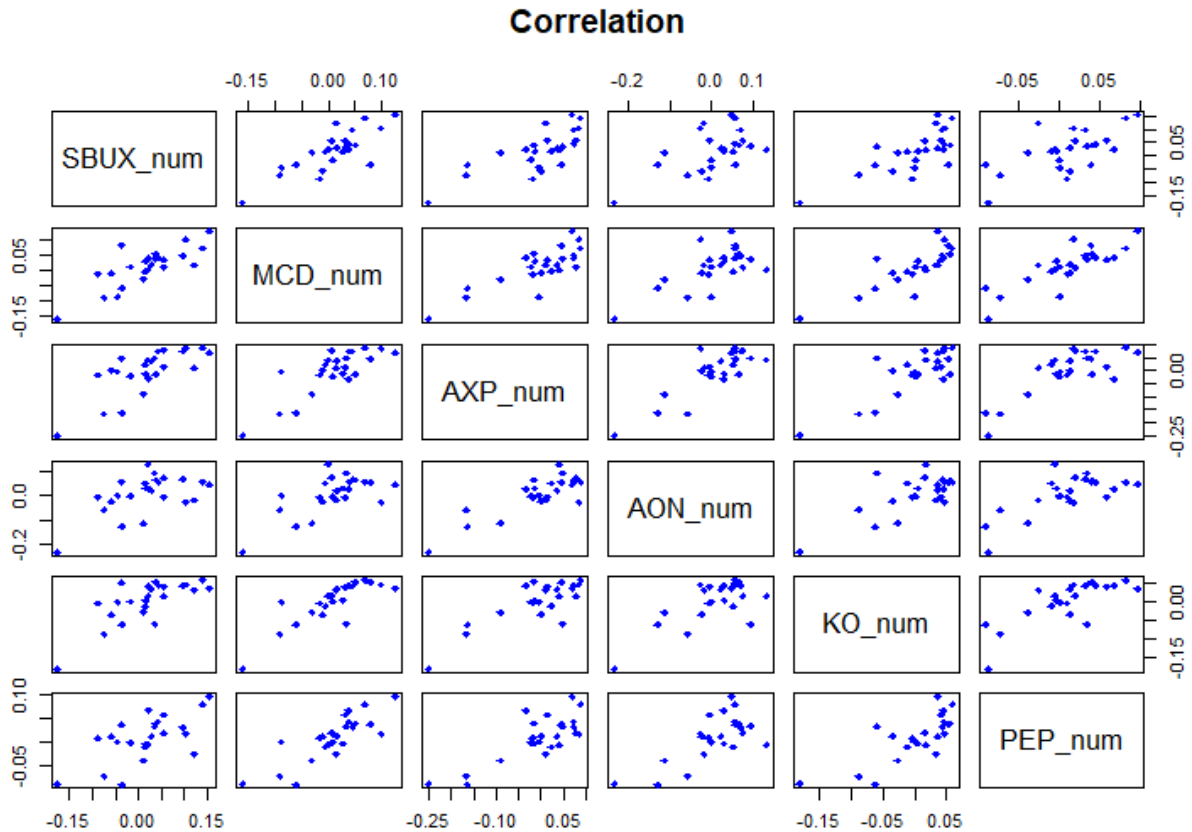


Figura 14 – Scatter Plots

Si possono trarre conclusioni simili a quelle riportate relativamente alla heatmap anche analizzando gli scatter plot dei vari stock (a coppie), in cui l'asse delle ascisse rappresenta i ritorni di un titolo e l'asse delle ordinate i ritorni dell'altro.

Questo significa che nel caso limite in cui venisse generato il grafico di dispersione di un titolo con sé stesso, i punti sarebbero posizionati sulla retta bisettrice del primo e del terzo quadrante ( $y = x$ ).

Facendo un esempio tra due titoli precedentemente considerati correlati, si nota che i punti di SBUX e MCD sono sostanzialmente approssimabili da una retta.

### 3 - PREDICTIVE ANALYTICS

Per la parte di forecasting si è deciso di utilizzare ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) sulla time series relativa ai Continuously Compounded Returns a granularità mensile degli stock.

È stato utilizzato un periodo di training di  $n = 80$  mesi, un periodo di test pari a  $m = 30$  mesi e infine è stata effettuata una predizione su  $l = 10$  mesi.

Sono stati preliminarmente generati i grafici riguardanti la seasonal decomposition di ciascun titolo, che comprendono *seasonal* (che dà informazioni riguardo alla stagionalità, ovvero la presenza di variazioni che avvengono ad intervalli regolari), *trend* (il quale indica la progressione, il trend appunto, della serie) e *remainder* (ovvero la componente irregolare, il rumore, ottenuta rimuovendo le altre componenti dai dati iniziali). Viene riportata a titolo di esempio la seasonal decomposition di SBUX.

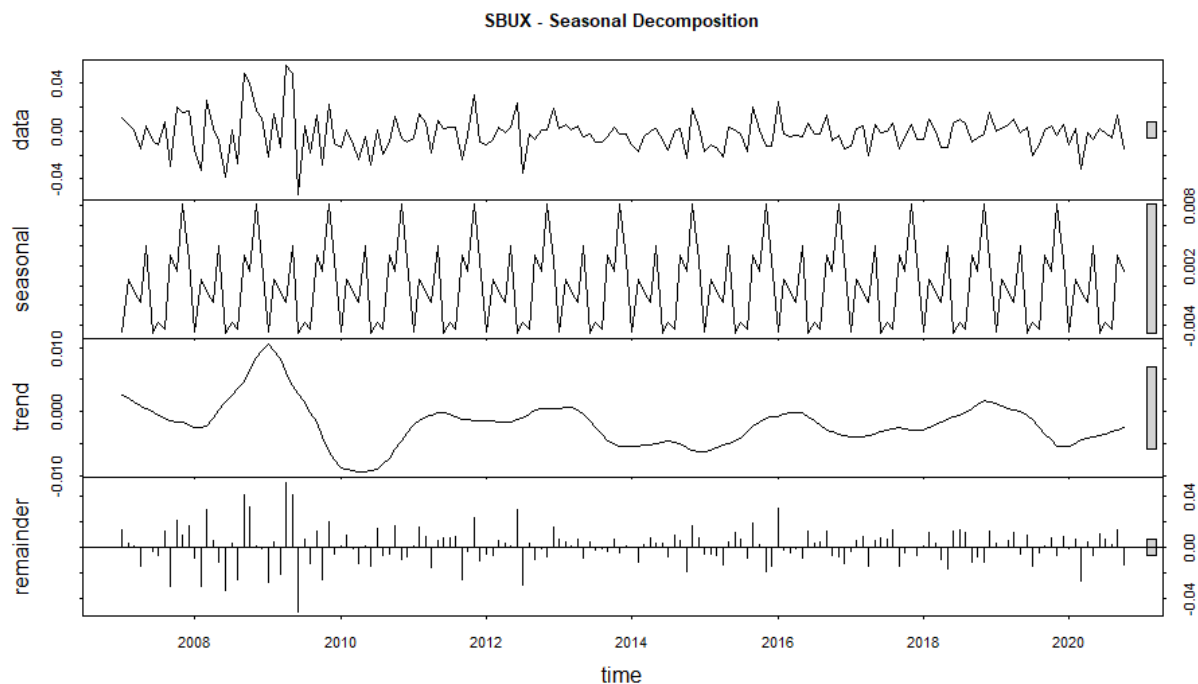


Figura 15 – Seasonal Decomposition (SBUX)

In base ai periodi indicati, si è ottenuto che il training set include i ritorni relativi al periodo compreso tra *novembre 2010* e *giugno 2017*, il test set va dal *luglio 2017* a *dicembre 2019* (momento in cui viene costituito il portfolio nella sezione di Portfolio Management) e infine l'ultimo periodo (su cui viene effettuata la previsione effettiva) va da *gennaio 2020* a *ottobre 2020*.

Dal punto di vista implementativo, è stata definita la funzione *getBestModel*, la quale genera sul training set un modello per tutti i valori AR compresi tra 1 e 10 e tutti i valori di MA compresi tra 1 e 10. Per ciascuno modello viene considerato il Root Mean Square Error (RMSE) rispetto al test set, allo scopo di selezionare e ritornare il modello che ha prodotto l'errore minore.

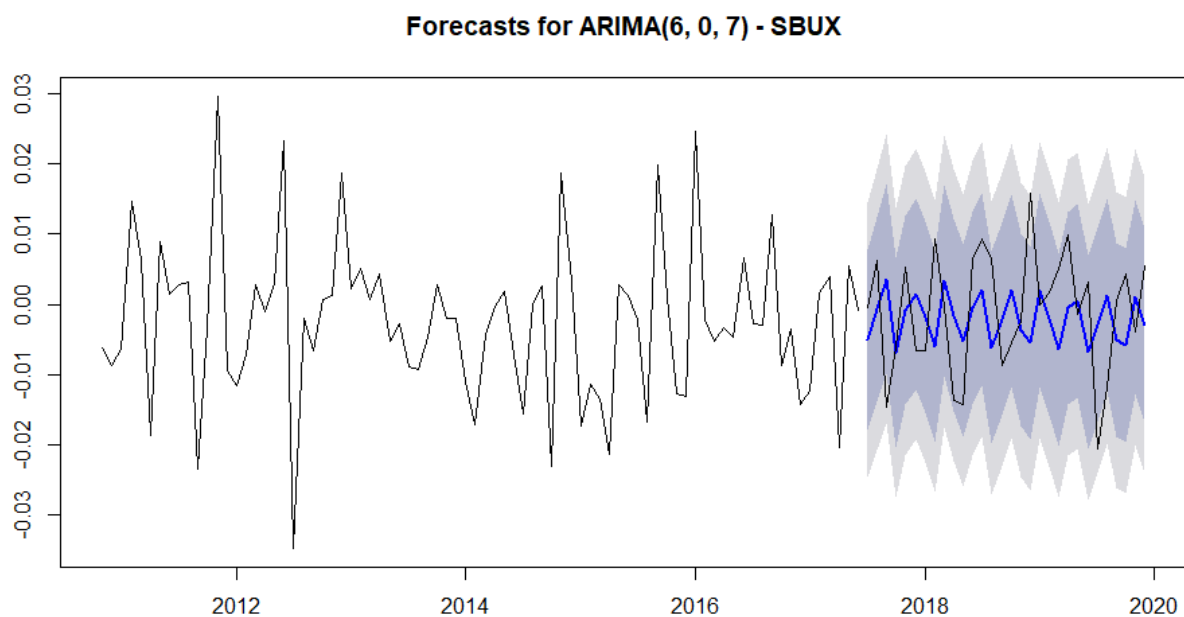


Figura 16 – Forecasting (SBUX)

Il miglior modello ottenuto per SBUX, ad esempio, è quello con  $AR = 6$ ,  $I = 0$  e  $MA = 7$  (con  $RMSE = 0.001123222$ ), il cui grafico (con l'intervallo di confidenza per 0.8 e 0.95) viene riportato nella Figura 16.

In base ai parametri ottenuti, è stata quindi effettuata una previsione sui ritorni nel periodo di 1 mesi, utilizzati per generare i pesi di un Portfolio ottimale di Markowitz, che ha prodotto i seguenti pesi:

SBUX	MCD	AXP	AON	KO	PEP
0.1399066	0.356297	0.06713336	0.103483	0.094173	0.239007

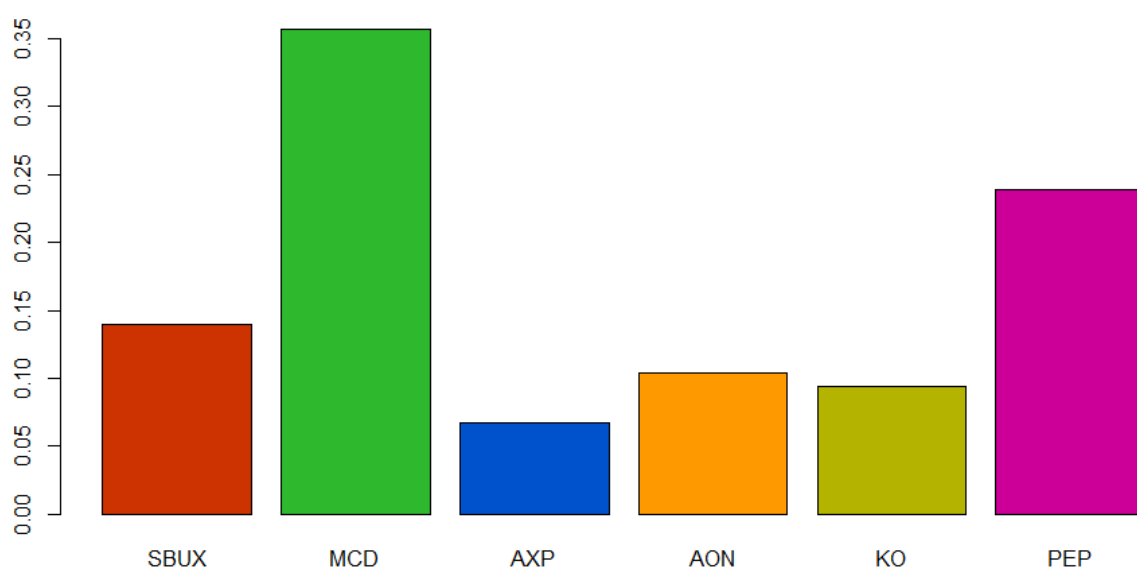


Figura 17 – Pesi (Forecasting)



Questi sono i pesi che si utilizzerebbero per la scelta degli stock nella fase di costituzione di un portfolio, come spiegato successivamente nella sezione del Portfolio Management.

A differenza di quanto effettuato nella sezione di Portfolio Management, in cui i pesi sono stati scelti basandosi sui ritorni passati, in questo caso sono stati calcolati su previsioni di dati “futuri”.

#### 4 – BETA

Il coefficiente Beta viene utilizzato per confrontare l'andamento di un titolo rispetto al mercato. Come rappresentazione del mercato è stato utilizzato l'indice Standard & Poor 500, di cui fanno parte tutti gli stock considerati.

Beta viene calcolato come il rapporto tra  $\sigma_{im}$  (covarianza tra i ritorni del titolo e quelli del mercato) e  $\sigma_m$  (varianza dei ritorni del mercato).

Il valore di  $\beta$  può essere interpretato come segue, indicando con  $\rho$  l'indice di correlazione, con  $\sigma_i$  la varianza (volatilità) del titolo e con  $\sigma_m$  la varianza del mercato (in questo caso dell'indice):

- **$\beta < 0$**   
Implica che  $\rho$  sia minore di zero e che la volatility ratio ( $\sigma_i/\sigma_m$ ) sia maggiore di zero.  
L'interpretazione di ciò è che lo stock si muove in direzione opposta rispetto al mercato.
- **$\beta = 0$**   
Vuol dire che  $\rho$  è uguale a zero, con il conseguente significato che l'andamento del titolo e del mercato sono totalmente incorrelati.
- **$0 < \beta < 1$**   
Ne consegue che  $\rho$  è maggiore di zero, mentre la volatility ratio è compresa tra zero e  $1/\rho$ . Significa che il titolo si muove nella stessa direzione del mercato, ma è importante tenere presente (allo scopo di fare interpretazioni errate) che può avere volatilità molto maggiore o molto minore del mercato.
- **$\beta > 1$**   
 $\rho$  è maggiore di zero, mentre la volatility ratio è compresa tra  $\sigma_i/\sigma_m$  e 1. La conseguenza è che l'asset ha andamento analogo a quello del mercato (nella stessa direzione), e la sua volatilità è però maggiore di quella del mercato.

Vengono successivamente riportati i grafici relativi a ciascun titolo ottenuti utilizzando una finestra temporale di 4 mesi, fatta "scorrere" su tutto il periodo considerato (in pratica per calcolare il valore di ciascun punto del grafico si usano i 4 mesi precedenti).

Nella tabella sono invece mostrati i valori Beta calcolati usando come periodo temporale l'intero intervallo considerato (2 anni).

SBUX	MCD	AXP	AON	KO	PEP
0.9270171	0.7740346	1.277108	0.9805103	0.6756419	0.6017451

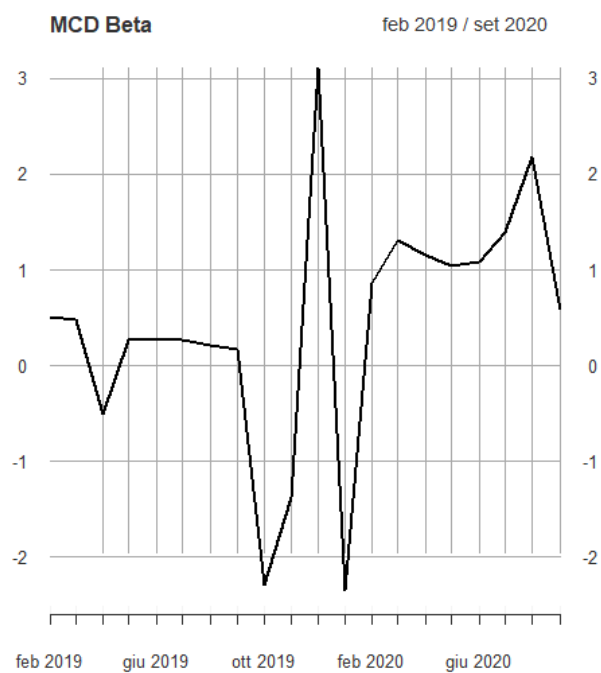
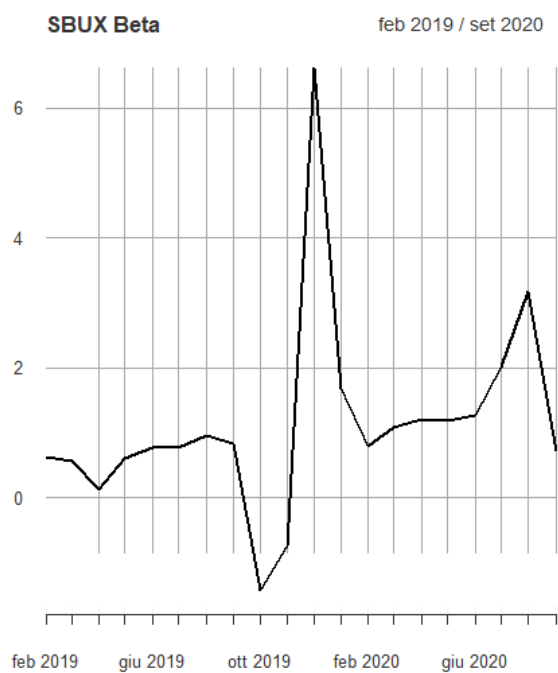


Figura 18 – Beta (SBUX e MCD)

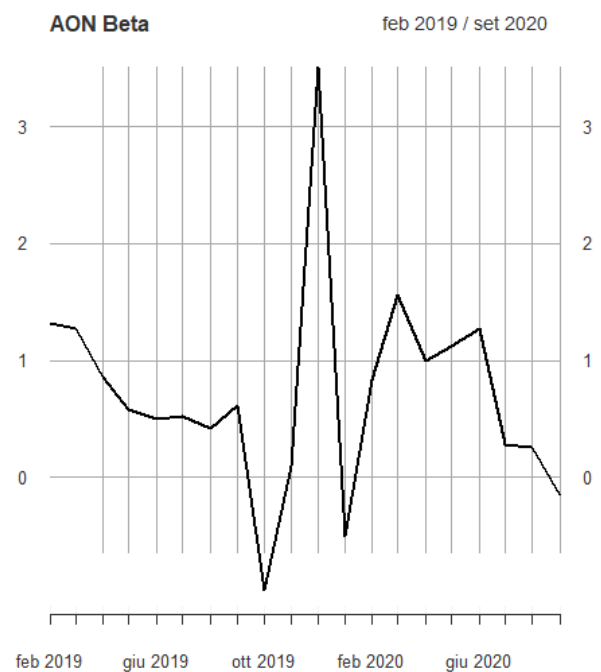
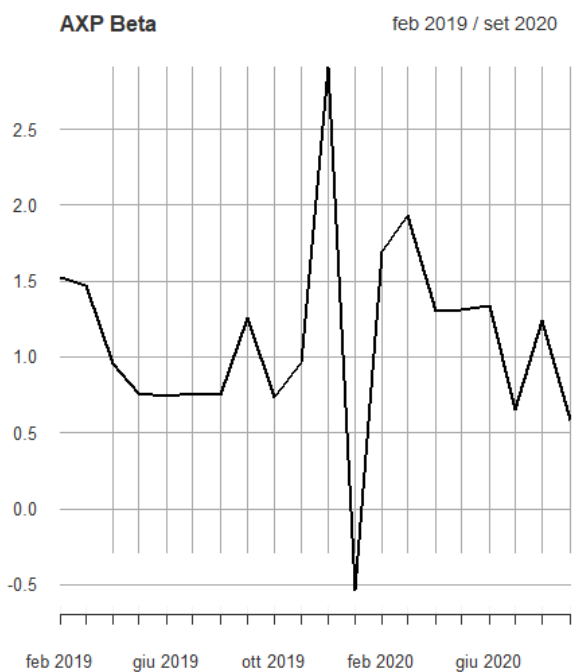


Figura 19 – Beta (AXP e AON)

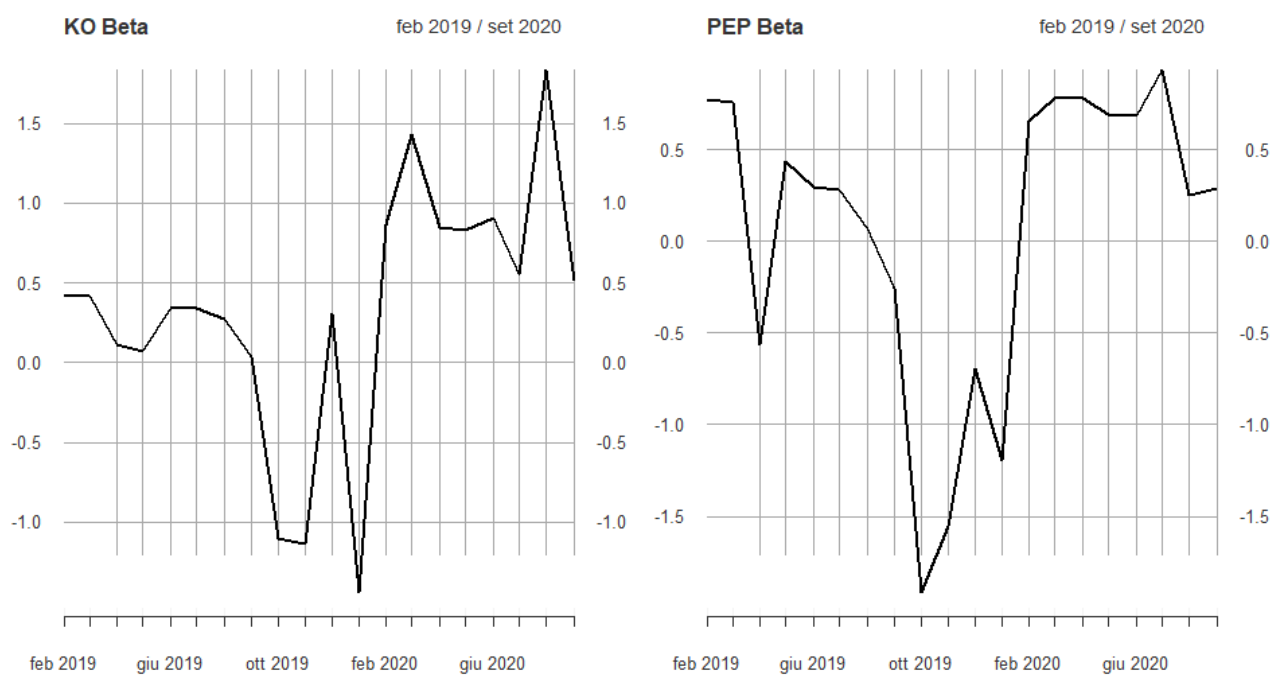


Figura 20 – Beta (KO e PEP)

Attraverso il coefficiente Beta, è inoltre possibile calcolare il ritorno atteso di un asset, nel seguente modo:

$$E(R_i) = r_f + \beta(E(R_m) - r_f)$$

Dove  $r_f$  è il ritorno di un asset risk-free e  $E(R_m)$  è il ritorno atteso del mercato

In questo modo sono stati ottenuti i seguenti ritorni attesi:

SBUX	MCD	AXP	AON	KO	PEP
1.011821	1.023333	1.018167	1.01809	1.020747	1.020065

## 5 – PORTFOLIO MANAGEMENT

Il processo di Portfolio Optimization consiste nel trovare, per tutti gli stock considerati, i pesi migliori allo scopo di massimizzare i ritorni e minimizzare il rischio.

Per svolgere adeguatamente questa operazione di calcolo del Market Portfolio (basandosi sui ritorni annuali), sono stati utilizzati tutti i dati storici fino al 31 *ottobre 2020* (quindi non solo i dati dei due anni precedentemente considerati).

I pesi ottimali che sono stati ottenuti sono i seguenti:

SBUX	MCD	AXP	AON	KO	PEP
0.0584849	0.389877	-2.749421e-19	0.2799415	0.2237817	0.04791489

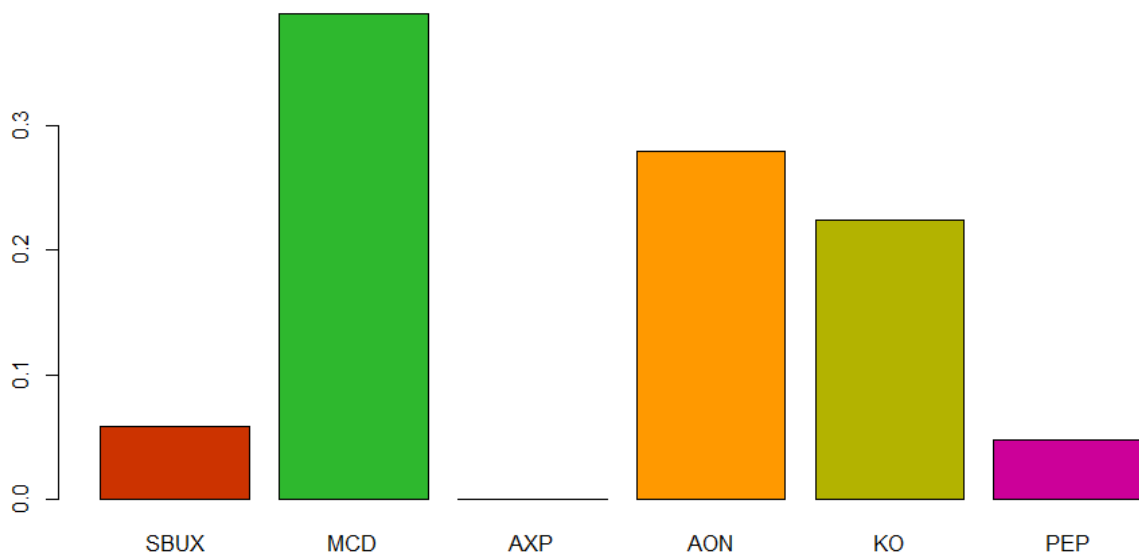


Figura 21 – Pesi

Il peso ottimale calcolato per AXP, permette di effettuare due osservazioni:

- ha valore negativo in quanto non è stato disabilitato lo short-selling (parametro opzionale della funzione *portfolio.optim*)
- il valore prossimo a zero, indica che la sconvenienza di includere il titolo AXP nel portfolio per raggiungere l'obiettivo di ottimizzazione precedentemente enunciato

Successivamente è stato generato il grafico relativo alla frontiera efficiente (sul piano  $\sigma$ - $\mu$ ), calcolando per 150 valori di ritorno atteso (tra 0 e 1) la varianza (rischio) corrispondente.

Il punto rosso è la rappresentazione grafica del Market Portfolio precedentemente calcolato, ovvero del miglior portafogli per quanto riguarda il rapporto ritorno/rischio (che è inoltre il punto di tangenza della Capital Market Line con la frontiera efficiente).

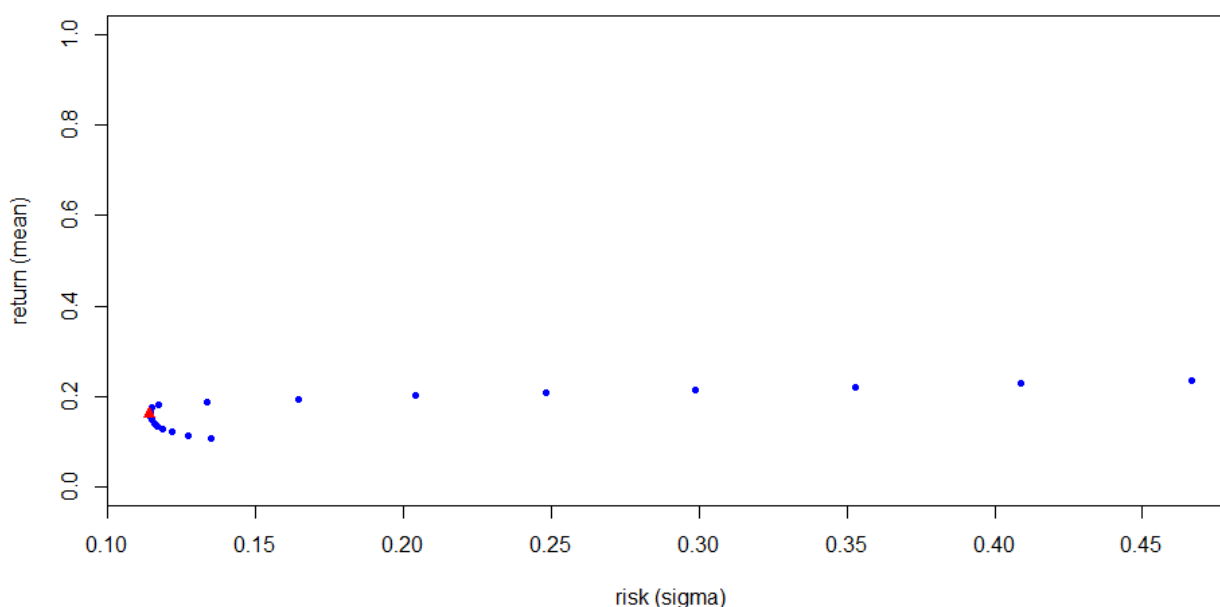


Figura 22 – Frontiera Efficiente

Supponendo un budget iniziale di 10000 euro e costi di transazione pari al 2% del titolo, è stato simulato un investimento in base ai pesi indicati dal Market Portfolio, con una successiva strategia di tipo Buy & Hold. Sono stati considerati i prezzi degli stock di  $l = 10$  mesi precedenti al *31 ottobre 2020*, ovvero del *30 dicembre 2019*.

Nella seguente tabella sono riportati, per ciascun titolo, il numero di azioni che verrebbero acquistate e la quantità di denaro investita (come già detto, è stato consentito lo short-selling).

	SBUX	MCD	AXP	AON	KO	PEP
# azioni	6	19	-1	13	6	6
€ investiti	514.04	3650.22	-122.12	2674.66	2191.09	398.81

Il totale effettivo investito è stato di € 9306.70, lasciando quindi un residuo di € 693.30

Il ritorno atteso ottenuto dal calcolo di beta è di 0.02045709, il ritorno predetto tramite il forecasting sarebbe del -0.00367314, mentre quello effettivo (dato che sono disponibili i dati degli  $l$  mesi successivi) è del -0.01345683.

Per effettuare il calcolo con i ritorni derivanti dal forecasting è stata utilizzata la somma degli  $l$  ritorni predetti, in quanto si tratta di log returns, sfruttando la proprietà tal per cui:

$$\begin{aligned}
 r_t[l] &= \ln(1 + R_t[l]) = \ln[(1 + R_t)(1 + R_{t-1})(1 + R_{t-2}) \dots (1 + R_{t-l+1})] \\
 &= r_t + r_{t-1} + r_{t-2} + \dots + r_{t-l+1}
 \end{aligned}$$

## 6 – WEB APPLICATION

Tramite la libreria RShiny, è stata realizzata una Web Application, allo scopo di permettere una consultazione di alcuni risultati in modo più immediato e dinamico.

In particolare, le funzionalità che sono state introdotte nell'applicazione, riguardano le sezioni relative alla Descriptive Analytics, alla Predictive Analytics e al Portfolio Management.

Si è deciso di sviluppare la UI e il server della Web Application in due file separati, *ui.r* e *server.r*, allo scopo di rendere il codice più leggibile e separarlo da tutte le altre sezioni del progetto.

La Web Application utilizza i dati calcolati (e predetti) nel corso di tutte le sezioni precedenti del progetto, invece di ricalcolarli, allo scopo di garantire una risposta rapida agli input dell'utente.

La prima sezione della pagina web permette la consultazione dei risultati della Descriptive Analytics. Il pannello in alto a sinistra viene usato per selezionare il range temporale all'interno del quale si desiderano considerare le statistiche. Gli estremi inizialmente selezionati sono l'indice (data) del primo e dell'ultimo valore disponibile presenti nella time series. Se venissero selezionate date escluse da questo range, verrebbe automaticamente usata la prima (o l'ultima nel caso di data di fine) data disponibile. Nello stesso pannello è possibile scegliere lo stock al quale si è interessati, tra quelli considerati all'interno del progetto. L'ultima opzione disponibile per questa sezione riguarda la visualizzazione del grafico della densità di probabilità in sovrapposizione all'istogramma (si è fatto in modo che questa opzione non sia disponibile quando il grafico correntemente visualizzato non è un istogramma).

La funzionalità di aggiornamento automatico dei contenuti visualizzati in risposta all'input dell'utente, è stata implementata tramite il meccanismo *reactive*.

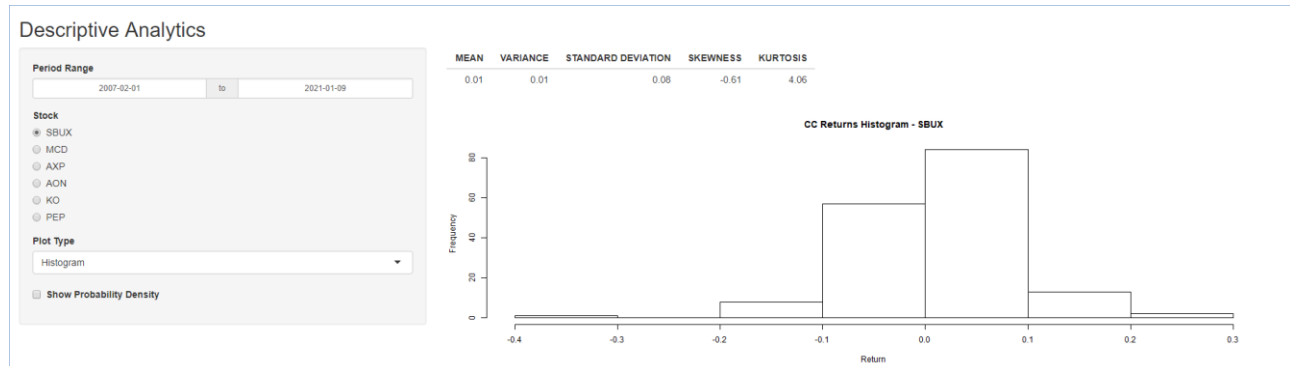


Figura 23 – Web Application (Descriptive Analytics)

La seconda sezione della pagina web, permette invece la visualizzazione del grafico dei Continuously Compounded Returns, con la possibilità di selezionare dinamicamente gli stock di cui si vuole visualizzare la linea sul grafico, allo scopo di aumentare la leggibilità dello stesso o viceversa di farne un confronto. I dati visualizzati fanno riferimento allo stesso periodo selezionato nel range input precedentemente illustrato.

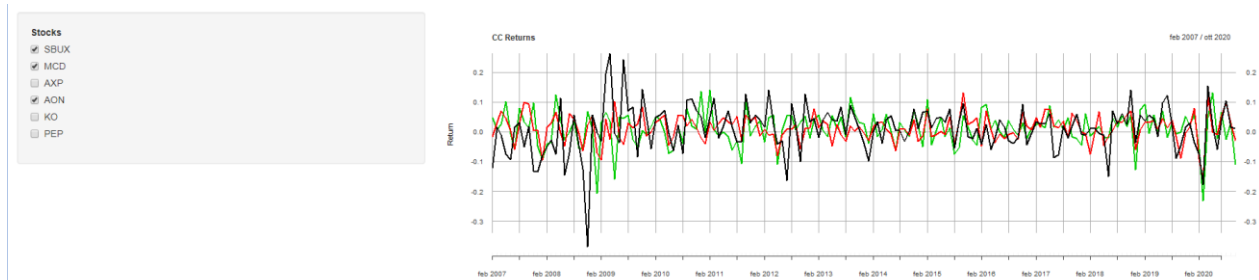


Figura 24 – Web Application (Ritorni)

La sezione successiva implementa alcune funzioni di simulazione del Portfolio Management.

In particolare, il pannello a sinistra permette di selezionare il budget a disposizione (fino a 100000 euro), allo scopo di simulare una strategia di investimento derivante dal calcolo del Portfolio ottimale di Markowitz. I pesi ottimali degli stock vengono quindi visualizzati attraverso un grafico a torta, oltre all'elenco dei prezzi di ciascuno stock (sono stati utilizzati gli stessi prezzi considerati in *main.r* al momento della costituzione del portfolio, ovvero ad una data antecedente di 1 mesi).

Nel pannello centrale viene riportato un barplot allo scopo di indicare il numero di azioni di ciascuno stock che verrebbero acquistate in relazione al budget scelto e ai pesi ottimali calcolati.

In questo caso, il calcolo del portfolio ottimale è stato effettuato utilizzando tutti i ritorni annuali disponibili, e non è quindi correlato con il range di date selezionate nel pannello superiore.

A differenza della sezione relativa al Portfolio Management si è deciso, a scopo dimostrativo, di disabilitare lo short-selling, per mostrare il diverso funzionamento di entrambe le opzioni. Per questo motivo i valori calcolati potrebbero differire rispetto a quelli riportati in precedenza nella sezione 5.

#### Portfolio Management

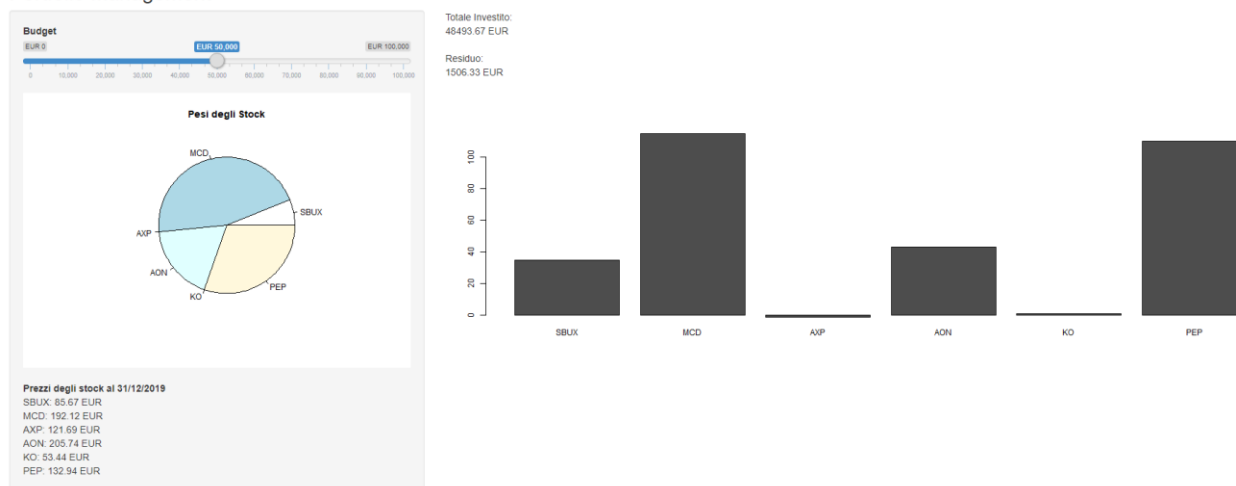


Figura 25 – Web Application (Portfolio Management)



L'ultima sezione dell'applicazione, infine, riguarda la visualizzazione dei grafici relativi ai ritorni predetti tramite il forecasting.

Come anticipato, i dati visualizzati sono quelli che sono stati generati nella sezione 3 del progetto, quindi i ritorni non vengono predetti nuovamente ogni volta che l'utente ne richiede la visualizzazione (questo riduce chiaramente il tempo di attesa).

La funzione prevista da questa sezione della Web Application è quella di selezionare nel pannello a sinistra il nome dello stock che si vuole considerare, ottenendo a destra il grafico con i valori predetti e le fasce relative ai livelli di confidenza dell'80 e del 95 percento.

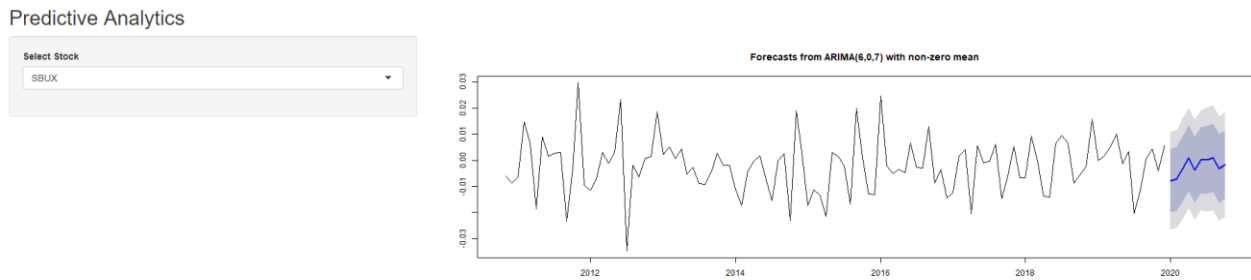


Figura 26 – Web Application (Predictive Analytics)

## 7 – CONCLUSIONI

In seguito a tutte le osservazioni esposte, i valori calcolati e i grafici mostrati, è possibile trarre diverse conclusioni, anche in relazione alle premesse iniziali.

Le notizie riportate nella sezione iniziale hanno trovato un riscontro nei grafici, ad esempio per quanto riguarda il picco negativo nel primo trimestre determinato dalla diffusione della pandemia.

L'interesse iniziale riguardo alla possibilità di una correlazione tra i titoli appartenenti allo stesso settore è stata in alcuni casi confermata dall'analisi effettuata (ad esempio per quanto riguarda AON e AXP) e smentita in altri (per esempio non è così evidente per quanto riguarda KO e PEP).

Per quanto riguarda le possibilità di investimento, si può concludere che un titolo particolarmente rischioso e poco profittevole è AXP, caratterizzato da varianza più alta rispetto agli altri titoli e media dei ritorni negativa. Questo è stato inoltre confermato dal peso di questo titolo in un portfolio ottimale secondo Markowitz, nullo disabilitando lo short-selling.

Un titolo che si è invece rivelato interessante per un investimento è MCD, contraddistinto da media positiva dei ritorni e bassa varianza, e avrebbe infatti un peso del 38% nel portfolio ottimale.

Un'altra conclusione riguarda il fatto che la scelta dei pesi del portfolio ottimale basata sui ritorni ricavati dal forecasting, avrebbe prodotto in alcuni casi valori simili a quella basata sui ritorni reali (ad esempio MCD rispettivamente 0.35 e 0.38), ma piuttosto diversi in altri casi (come PEP, con un peso di 0.23 in base ai valori predetti e di 0.04 con quelli reali).

È stato quindi possibile osservare come ogni step dell'analisi abbia permesso di ricavare informazioni diverse e complementari riguardo agli stock considerati, in base a cui è possibile progettare una strategia di investimento e prendere decisioni di business.

## 8 – NOTE IMPLEMENTATIVE

- Le istruzioni R utilizzate per produrre gli stessi indici (es. covarianza) calcolati con granularità diverse (giornaliera, settimanale, mensile), così come i grafici visualizzati con granularità diverse, non sono state riportate nel codice per una questione di leggibilità.  
I valori o i grafici con granularità diversa rispetto a quella utilizzata nel codice, ma mostrati nel report, sono stati generati invece dalla console, sfruttando i dati presenti nel Global Environment.
- Per effettuare il forecasting utilizzando gli intervalli temporali imposti dalla consegna ( $n = 80$ ,  $m = 30$  e  $l = 10$ ), i dati scaricati all'inizio dello script non erano sufficienti, in quanto facevano riferimento al periodo compreso tra ottobre 2018 e ottobre 2020 ( $n + m + l > 24$  mesi).  
Per questo motivo è stato necessario scaricare i dati relativi ad un periodo più ampio, in particolare sono stati scaricati tutti quelli disponibili fino ad ottobre 2020, partizionandoli poi come richiesto. Sarebbe stato possibile, per ottimizzare il codice, scaricare da subito i dati su un periodo più ampio, estraendone un subset di due anni per lo svolgimento delle prime sezioni del progetto, tuttavia si è deciso, per attenersi alla traccia, di scaricare inizialmente solo i dati necessari (*"loading data from Yahoo! Finance to get price data from October 2018 to October 2020"*), ricaricando successivamente tutti i dati per la fase di forecasting.
- Sarebbe stato possibile, per migliorare la compattezza del codice e per evitare la ridondanza delle stesse operazioni per ciascuno stock, introdurre dei cicli.  
Tuttavia, si è deciso di ripetere le stesse istruzioni per ciascun titolo per chiarezza e completezza.