



*Dipartimento di Impresa e Management  
Cattedra di Matematica Finanziaria*

Cash Flow at Risk: strumento di misurazione  
del rischio delle imprese e sue ulteriori  
potenzialità

RELATORE

Prof. Gennaro Olivieri

CANDIDATO

Lorenzo Cavallari

Matr.189471

ANNO ACCADEMICO 2016/2017

# Indice

Introduzione.....	1
Capitolo 1: Cash Flow At Risk: Definizione e caratteri generali	
1.1 Differenze tra CFaR e VaR.....	5
1.2 Altre misure di rischio	
1.2.1 EaR o EPSaR.....	9
1.2.2 Sensitivity Analysis.....	10
1.2.3 Expected Shortfall.....	11
1.2.4 Scarto quadratico medio.....	13
1.2.5 Misure qualitative del rischio.....	14
Capitolo 2: Calcolo CFaR	
2.1 Approccio bottom up e top down.....	19
2.2 Processo di calcolo del CFaR	
2.2.1 Definizione dei rischi.....	21
2.2.2 Definizione delle distribuzioni di probabilità.....	29
2.2.3 Simulazione degli scenari.....	34
2.2.4 Stima del CFaR.....	39
2.3 Calcolo CFaR tramite Python.....	39
Capitolo 3: Vantaggi e Svantaggi del CFaR	
3.1 CFaR come strumento di misurazione del rischio di liquidità.....	49
3.2 CFaR come strumento di creazione del valore.....	53
3.3 CFaR come strumento di valutazione dell'azienda.....	58
Conclusioni.....	62
Appendice A – Codice Python per il calcolo del CFaR.....	64
Bibliografia.....	66

## INTRODUZIONE

In un mondo sempre più imprevedibile e complesso, le imprese si ritrovano sempre più esposte a rischi e la figura del Risk Manager all'interno dell'azienda risulta fondamentale. Il rischio è definito<sup>1</sup> come un evento che ha una probabilità di verificarsi e che può avere un impatto positivo o negativo su di un progetto. Nel documento ISO 31000:2009<sup>2</sup> abbiamo una definizione ancora più completa: il rischio è “l'effetto dell'incertezza sugli obiettivi” dove l'effetto rappresenta la deviazione positiva o negativa da quanto atteso, gli obiettivi possono essere di diverso tipo e relativi a diversi livelli funzionali e l'incertezza è definita come lo stato in cui si trova un'azienda in caso di deficit di informazioni relative ad un evento, alle sue conseguenze e alla sua probabilità di verificarsi. In questo senso il rischio non è visto solo dal punto di vista negativo, tipico di un approccio assicurativo, ma anche come strumento per la creazione di valore per l'azienda. Si è passati quindi dalla necessità di voler evitare il più possibile i propri rischi ad una gestione più attiva degli stessi, stabilendo quali mantenere e quali invece trasferire, in modo da minimizzare quelli che sono gli effetti negativi e massimizzare invece gli effetti positivi. Il risk management, definito quindi come l'identificazione, la misurazione e la gestione dei rischi in maniera più attiva e il bilanciamento fra prevenzione dei rischi e generazione di valore, si presenta come una nuova sfida per molte aziende. Come attestato nella 4<sup>a</sup> edizione dell'Osservatorio Cineas-Mediobanca sulla diffusione del risk management nelle medie imprese<sup>3</sup> però, ancora il 36,9% dichiara di non possedere un sistema di gestione del rischio e di questi addirittura il 17,2% ancora non ha valutato la possibilità di adottarne uno. A questo si aggiunge il fatto che solo nel 4,5% dei casi il rischio viene gestito da una figura specializzata come il Risk Manager. Questo risulta molto grave tenendo conto del fatto che la soluzione più avanzata, cioè la gestione integrata e trasversale di tutti i rischi e le attività, garantisce una redditività maggiore del 38% rispetto a quelli che non dispongono di un sistema di risk management. Tali tipi di valutazioni possono essere estese anche a piccole o grandi imprese pur con percentuali differenti. Ultimamente però i segnali positivi sono tanti. In particolare uno studio svolto

---

<sup>1</sup> Public Health Emergency (2014) *Risk management plan*

<sup>2</sup> ISO 31010 (2009) *Risk Management—Principles and guidelines*

<sup>3</sup> Cineas-Mediobanca, *Osservatorio Cineas-Mediobanca sulla diffusione del risk management nelle medie imprese 4<sup>a</sup> edizione (comunicato stampa)*, 27 settembre 2016 - Milano

da LabERM SDA Bocconi e KPMG Italia<sup>1</sup> ha evidenziato che fra le società quotate il 73% possiede una funzione che si occupa della gestione dei rischi, in aumento rispetto ad uno studio analogo svolto nel 2012. Le aziende si sono quindi rese conto dell'importanza di una gestione di rischi integrata, grazie anche ai molteplici vantaggi che offre. Fra i vantaggi ottenibili annoveriamo<sup>2</sup>: 1) l'identificazione dei rischi a cui l'impresa è esposta e delle relative strategie di copertura al fine di aumentare quello che è il valore dell'azienda, 2) una riduzione della variabilità del valore aziendale nell'interesse del management, 3) una riduzione delle probabilità di ricadere in una situazione di dissesto finanziario. Proprio l'interesse per una gestione integrata dei rischi ha portato allo sviluppo di diversi strumenti per la loro misurazione, che rappresentano il punto di partenza per sviluppare strategie adeguate di risk management. Lo scopo di questa tesi sarà quindi quello di evidenziare l'importanza della gestione dei rischi focalizzandosi sull'utilizzo di uno strumento di misurazione del rischio: Cash Flow at Risk (CFaR). Nel primo capitolo cercheremo di descrivere per linee generali il CFaR e le caratteristiche che lo contraddistinguono rispetto agli altri strumenti di misurazione del rischio. Il lavoro si focalizzerà in particolare sulle differenze rispetto a strumenti tipici delle imprese finanziarie, come il VaR, ma anche strumenti che, per certi aspetti, sono considerati sostitutivi del CFaR, quali l'EaR e l'EPSaR. Nel secondo capitolo si passerà ad una descrizione più analitica del CFaR, mettendo in mostra i diversi possibili approcci e i punti critici del processo di calcolo. Nel terzo capitolo invece si descriveranno i vantaggi e gli svantaggi nell'utilizzo di tale strumento per un'impresa e le possibili applicazioni anche dal punto di vista strategico.

---

<sup>1</sup> LabERM SDA Bocconi, KPMG Italia (2016) *Enterprise Risk Management* 3<sup>a</sup> Edizione

<sup>2</sup> Kenneth A. Froot, and David S.Scharfstein and Jeremy C. Stein. 1993.

*Risk Management Coordinating Corporate Investment and Financing Policies*, Journal of finance 48:1629-1658.

## CAPITOLO 1: Cash Flow at Risk: Definizione e caratteri generali

In ogni contesto aziendale, i rischi al quale un'impresa è sottoposta sono numerosi, anche se con diversi livelli di tollerabilità e di probabilità di verificarsi. La presenza di tali rischi porta ad un'incertezza nei guadagni e nei cash flow futuri ed è proprio il disallineamento fra livello di rischio e livello di rendimento che può contribuire ad una modifica delle posizioni competitive delle singole aziende e al verificarsi di crisi aziendali. In tale contesto si sono sviluppati diversi strumenti per cercare di misurare l'impatto di questi rischi sui rendimenti aziendali e in particolare il Cash Flow at Risk ha avuto e ha tuttora un ruolo fondamentale. Fra i primi a studiare questo strumento si ricorda il RiskMetrics Group che in una sua pubblicazione<sup>1</sup> definisce il Cash Flow at Risk come la perdita massima dei flussi di cassa generati, rispetto ad uno specifico valore target, che si può verificare a causa dell'impatto dei rischi di mercato su uno specifico insieme di esposizioni, per uno specifico periodo di riferimento e livello di confidenza. CFaR è quindi una misura che fornisce una statistica riassuntiva del rischio relativo al portafoglio di cash flow di un'impresa non finanziaria<sup>2</sup>. Infatti il suo valore rappresenta tutte le varie esposizioni al rischio dell'azienda ed è perfettamente in linea con l'approccio di gestione integrata dei rischi contro l'idea di una gestione invece indipendente e separata per funzione. Per il suo calcolo si parte quindi dalla distribuzione di probabilità dei cash flow futuri dell'azienda sulla base delle informazioni disponibili oggi<sup>3</sup>. Da tale distribuzione si può ricavare quanto i flussi di cassa di un'azienda possono scostarsi dal suo valore atteso in base ad una determinata probabilità, esposizione al rischio e periodo di riferimento. Non si cerca quindi di identificare la peggiore ipotesi in cui può trovarsi l'azienda ma di calcolare la massima perdita rispetto ad un valore atteso e una certa probabilità. Più nel dettaglio rappresenta la differenza fra valore atteso e il minimo cash flow potenziale. Il minimo cash flow potenziale (MCFP) è calcolato come il percentile di una distribuzione di probabilità dei cash flow futuri rispetto ad un prefissato orizzonte temporale, ad esempio un anno, sulla base di un determinato livello di confidenza  $\alpha$ . La

---

<sup>1</sup> RiskMetrics Group (1999) *Corporate Metrics: The Benchmark for Corporate Risk Management. Technical Document*. RiskMetrics Group

<sup>2</sup> Jankensgard, H. (2008) *Cash Flow-at-Risk and Debt Capacity*. Lund Institute of Economic Research Working Paper Series

<sup>3</sup> Stein, J.C., Usher, E., LaGattuta D., Youngen J., 2001. *Comparables Approach to Measuring Cashflow-at-risk for Non-financial firms*. Journal of Applied Corporate Finance 13(4): 100-109

scelta del livello di confidenza dipende dal livello di probabilità su cui si vuole analizzare la propria esposizione al rischio. Più alto sarà il livello di confidenza più l'impresa cercherà di cautelarsi da eventuali perdite, in quanto la probabilità che si verifichi una situazione peggiore rispetto a quella calcolata è più bassa. Solitamente si prende come livello di confidenza il 95% o il 99%. In particolare supponiamo che il livello di confidenza sia pari al 95%, il minimo cash flow potenziale sarà calcolato come 5° percentile della distribuzione di probabilità dei cash flow futuri e rappresenterà il cash flow minimo che ci si attende di ottenere dopo un anno con probabilità 95%. Prendere il solo minimo cash flow potenziale non sarebbe sicuramente utile, in quanto il valore che otteniamo, essendo un percentile, non è indipendente dal valore atteso della distribuzione e quindi non dà una buona misura di dispersione. Da qui il calcolo del CFaR che rappresenta il valore che soddisfa la seguente relazione:

$$P(E(CF) - CFaR \geq MCFP) = 95\%$$

dove:

$E(CF)$  = valore atteso dei flussi di cassa futuri ad un anno.

Il valore che si ottiene ci permette quindi di rispondere ad una domanda: "Fino a quanto i cash flow dell'azienda possono diminuire rispetto a quanto previsto nel prossimo anno con una probabilità del 95%?". Nella figura 1 viene rappresentato graficamente il CFaR e la differenza rispetto al MCFP.

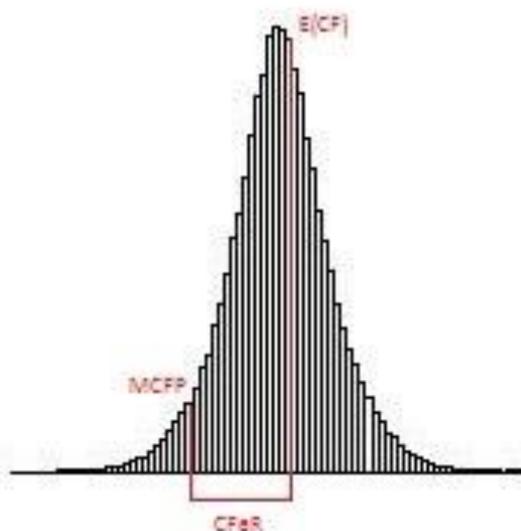


Figura 1 – Rappresentazione grafica CFaR

Riprendendo la definizione data da RiskMetrics Group, i rischi su cui si dovrebbe basare il calcolo del CFaR sono solo rischi di mercato. Tale definizione può però essere estesa anche a tutti i rischi ai quali l'azienda si espone, a partire da quelli di business, considerati la principale fonte di rischio per le imprese. Infine per quanto riguarda la scelta dei cash flow come valore di riferimento, questa è legata agli interessi delle aziende e degli investitori poiché porta a diversi vantaggi. In particolare sono un ottimo indicatore di liquidità e profittabilità. Una maggiore volatilità nei cash flow può portare infatti ad un maggiore probabilità di non essere in grado di sostenere i propri costi. Questo induce necessariamente l'impresa a dover rivedere i propri investimenti, in particolare, ad abbassare il livello di spesa allocata nell'area R&D o nel marketing e a rivedere la propria politica di dividendi. Questo comporta inevitabilmente una diminuzione della generazione di reddito da parte dell'impresa (ROI) e quindi una minore profittabilità. L'aumento della volatilità dei cash flow induce anche a verificare la sostenibilità di un possibile aumento del tasso di leva finanziaria. Infatti un aumento del ricorso a debito da parte dell'impresa porta ad un incremento delle probabilità di default e quindi ad un aumento del costo del capitale preso a prestito. Questo determina due conseguenze: un aumento dei costi per l'impresa, che può andare a peggiorare ulteriormente la sua profittabilità, e dall'altra parte l'abbandono di alcuni progetti di investimento, in particolare quando il rendimento del progetto risulta essere inferiore rispetto al costo da sostenere sul capitale preso a prestito, cioè quando:

$$r > ROI$$

dove

$r$  = tasso di finanziamento

ROI = tasso di rendimento del progetto di investimento

## 1.1 Differenze CFaR e VaR

La nascita del Cash Flow at Risk risale alla fine degli anni '90 in virtù del forte interesse delle imprese di applicare nell'ambiente aziendale uno dei principali strumenti utilizzati dalle imprese finanziarie. Tale strumento, denominato Value at Risk (VaR), è in grado di misurare i potenziali effetti dei rischi di mercato sui portafogli di strumenti finanziari. Il VaR è uno strumento relativamente recente, che è stato utilizzato per la prima volta alla fine degli anni '80, ma che ha avuto la sua definitiva espansione negli anni '90 anche

grazie alla divulgazione di un documento da parte di J.P. Morgan.<sup>1</sup> In questo documento il Value at Risk (VaR) è definito come la misura di massimo potenziale cambio nel valore di un portafoglio di strumenti finanziari con una data probabilità e orizzonte temporale. Tale cambio di valore è dato dall'esposizione del portafoglio a determinati rischi di mercato. Il VaR è dato quindi dal risultato della seguente formula:

$$P(E(V) - VaR \geq MVP) = \alpha$$

Dove

$E(V)$ =valore atteso del portafoglio

MVP=minimo valore potenziale

$\alpha$  = livello di confidenza

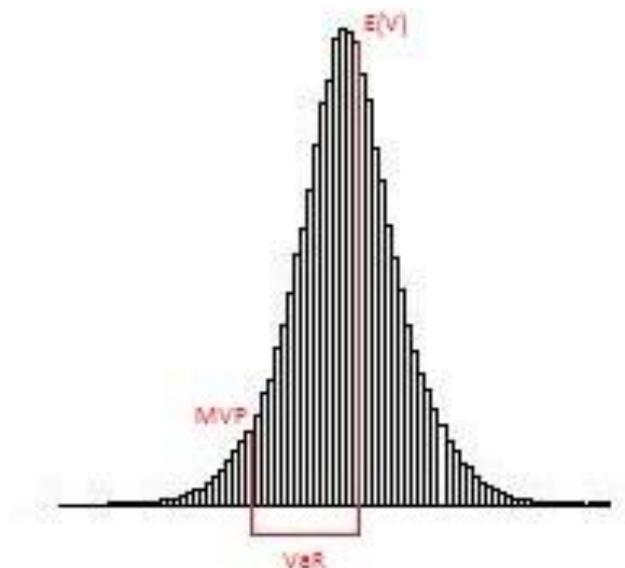


Figura 2 - Rappresentazione grafica VaR

Le definizioni di CFaR e VaR quindi concettualmente risultano simili. Gli aspetti principali che invece li differenziano sono:

- Orizzonte temporale: Nel VaR è molto breve ed è compreso fra 1 giorno e 1 mese, solitamente 1 giorno, mentre nel CFaR è da 2 mesi a 24 mesi. Questo perché le imprese non finanziarie preferiscono un orizzonte temporale di valutazione più ampio che sia coerente con i tempi decisionali aziendali e di pianificazione, ma

---

<sup>1</sup> J.P. Morgan, Reuters (1996). *RiskMetrics—Technical Document* 4<sup>a</sup> edizione.

soprattutto con la loro minor sensibilità a fluttuazioni giornaliere dei fattori di rischio.

- Misure di valore: Nel VaR si utilizza come valore di riferimento il valore del portafoglio, mentre nel CFaR si preferisce prendere il livello dei cash flow. Questo perché gli asset di un'impresa finanziaria risultano essere molto più liquidi rispetto a quelli di un'impresa non finanziaria e quindi risultano anche più facili da valutare. Le due misure di valore sono comunque fra loro collegate in quanto il valore delle attività non è altro che un'attualizzazione dei potenziali cash flow futuri
- Tipologia di esposizione al rischio: Il VaR viene utilizzato principalmente per calcolare l'esposizione ai rischi di mercato, mentre CFaR può essere utilizzato anche per altre tipologie di rischio.
- Approccio di calcolo: Il VaR prevede tre possibili approcci<sup>1</sup>: simulazione storica, simulazione Monte Carlo, metodo parametrico. Tutti e tre gli approcci risultano validi anche se il metodo parametrico risulta quello più utilizzato in quanto di più facile e veloce da implementare, grazie ai dati forniti da RiskMetrics relativamente a varianze e correlazioni necessarie per il calcolo. In dettaglio, nel caso della simulazione storica si vanno a prendere le variazioni storiche dei fattori di rischio di mercato e quindi dei valori del portafoglio e sulla base di questi dati si va a costruire una distribuzione di probabilità delle possibili perdite o guadagni futuri. Il VaR sarà quindi calcolato come percentile di tale distribuzione (5° percentile nel caso in cui il livello di confidenza sia pari al 95%). Nel caso della simulazione Monte Carlo, si parte dalla scelta di una distribuzione di probabilità che si pensa possa approssimare l'andamento dei fattori di rischio e in base a questa si simulano un numero molto elevato di scenari che portano ad altrettanti possibili valori di portafoglio futuri. Dalla distribuzione di probabilità di tali valori andiamo a calcolare il VaR, prendendo sempre il percentile in base al livello di confidenza prefissato. Infine nel caso del metodo parametrico, l'approccio più utilizzato è il delta-normal. Il nome delta-normal indica due assunzioni da cui bisogna partire: 1) normal = i fattori di rischio assumano una distribuzione di

---

<sup>1</sup> Linsmeier T.J., Pearson N.D. (2000) *Value at Risk*. Financial Analysts Journal, 56 , pp. 47–67

probabilità normale 2) delta = l'esposizione del portafoglio ai fattori di rischio è lineare. Da qui possiamo dire che nel caso di un portafoglio formato da una sola posizione esposta ad un solo rischio di mercato:

$$Var = E(V) \times \delta \times \sigma \times z$$

dove

$E(V)$  = valore atteso del portafoglio

$\delta$ =sensibilità del valore del portafoglio al variare del fattore di rischio

$\sigma$ =volatilità del fattore di rischio

$z$ =rappresenta il percentile  $\alpha$  di una distribuzione normale standardizzata dato un livello di confidenza pari a  $1-\alpha$ .

Nel caso invece di un portafoglio costituito da più posizioni, dove ogni posizione è esposta ad un solo rischio di mercato, bisogna tener conto della correlazione tra i fattori di mercato:

$$VaR = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (E(V)_i \times \delta_i \times \sigma_i \times z) \times (E(V)_j \times \delta_j \times \sigma_j \times z) \times \rho_{ij}}$$

dove:

$\rho_{ij}$  = correlazione tra fattori di mercato

Infine se ci troviamo di fronte ad un portafoglio costituito da più posizioni esposte a più rischi di mercato allora:

$$VaR = \sqrt{(\bar{v} \times C \times \bar{v}^T)}$$

dove:

$$\bar{v} = \begin{pmatrix} VaR_1 \\ VaR_2 \\ \dots \\ VaR_n \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} 1 & \rho_{1,2} & \dots & \rho_{1,2} \\ \rho_{1,2} & 1 & \dots & \rho_{1,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{1,2} & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

$\bar{v}^T$  = vettore trasposto di  $\bar{v}$

Per quanto riguarda il CFaR l'approccio delta-normal non viene utilizzato in quanto l'ipotesi di normalità della distribuzione è di difficile applicazione, visto

l'orizzonte temporale di riferimento più ampio, che aumenta la probabilità di eventi che si discostano dal valore atteso, e la difficoltà nel calcolo della varianza e delle correlazioni fra i vari rischi a cui è sottoposta un'impresa.

## 1.2 Altre Misure di rischio

### 1.2.1 EAR O EPSAR

Cash Flow at Risk, Earning at Risk, Earning Per Share at Risk sono strumenti di misurazione del rischio considerati solitamente fra di loro sostitutivi. Tutti e tre infatti sono calcolati allo stesso modo, ciò che li differenzia è solo la misura di valore utilizzata: nel caso del CFaR abbiamo i cash flow, nel caso del EaR abbiamo gli utili, nel caso del EPSaR abbiamo gli utili per azione. EaR infatti è definito come è la perdita massima degli utili generati, rispetto ad uno specifico valore target, che si può verificare a causa dell'impatto dei rischi di mercato su uno specifico insieme di esposizioni, per uno specifico periodo di riferimento e livello di confidenza.<sup>1</sup> Un aspetto che distingue gli utili rispetto ai cash flow come valore di riferimento è la disciplina contabile a cui sono sottoposti. Ad esempio nel caso degli ammortamenti, essi rientrano nel calcolo degli utili ma non in quello dei cash flow in quanto considerati costi di competenza dell'esercizio, ma che allo stesso tempo non comportano un'uscita di cassa. La scelta degli utili come valore di riferimento piuttosto che i cash flow porta inoltre ad alcuni vantaggi, ma anche alcuni svantaggi. In particolare risulta vantaggioso perché gli utili sono utilizzati per calcolare il valore di un'azienda. Infatti secondo la formula base del dividend discount model:

$$P_0 = \frac{D_1}{(r_e - g)}$$

dove

$P_0$  = prezzo dell'azione in t=0

$D_1$  = dividendo per azione in t=1

$r_e$  = rendimento che un investitore si aspetta da un'azione

$g$  = tasso di crescita dei dividendi

---

<sup>1</sup> RiskMetrics Group (1999) *Corporate Metrics: The Benchmark for Corporate Risk Management. Technical Document*. RiskMetrics Group

Una possibile diminuzione degli utili porta sicuramente ad una riduzione del valore dell'azione in quanto sia  $D_1$  che  $g$  diminuiscono. In questo modo monitorando i fattori di rischio che incidono sul valore degli utili sono in grado di monitorare il prezzo delle azioni. Un altro vantaggio è dato dal fatto che gli utili sono alla base di indicatori molto utilizzati dagli investitori per valutare lo stato di benessere di un'azienda e la sua redditività, quali ad esempio il rapporto prezzo/utili o il ROE. Gli svantaggi invece sono dati dal fatto che tramite i cash flow possiamo monitorare meglio il rischio di liquidità della nostra impresa e ridurre le probabilità di ricadere in situazioni di dissesto finanziario. La distinzione fra EaR e EPSaR invece nasce dal fatto che l'EPSaR è più adatto in caso di società quotate per avere un'ottica migliore in termini di singolo investitore.

### 1.2.2 SENSITIVITY ANALYSIS

La Sensitivity analysis è un'analisi comunemente utilizzata all'interno delle aziende poiché più facile da implementare soprattutto nel caso in cui si voglia calcolare l'impatto di pochi fattori di rischio. Tale approccio si basa su un'analisi di tipo what-if, e in particolare si immagina un ipotetico cambiamento nel valore di uno o più fattori di rischio, per poi vedere l'impatto che questo ha sul valore dei cash flow. Solitamente viene utilizzato per capire qual è la situazione peggiore in cui un'impresa può trovarsi dal punto di vista dei risultati finanziari, in virtù di scenari che possono intaccare perfino la vitalità dell'azienda. Ci si focalizza quindi sul probabile periodo meno favorevole lungo un orizzonte temporale di riferimento. In questo caso tale tipo di analisi prende il nome di stress test che può essere definito come una tecnica di risk management per valutare l'effetto del cambiamento dei fattori di rischio sulla condizione finanziaria di un'impresa. Tramite lo stress test si cerca di ricoprire tutti i business possibili dell'azienda in modo da avere dei risultati più attinenti alla realtà. Alcune possibili aree di analisi in cui tale strumento risulta più efficace e migliore rispetto ad altri, in quanto più facile da implementare, sono:

- Mitigazione del rischio: nel caso in cui il mercato risulta avverso e porta ad un eccesso di domanda di determinati strumenti di copertura del rischio e quindi ad una maggiore difficoltà per l'impresa nel coprirsi. Questo tipo di rischio risulta difficile da quantificare nel calcolo del CFaR per questo è preferibile lo stress test.

- Rischio reputazionale: nel caso in cui l'azienda subisce un improvviso crollo di apprezzamento presso la clientela. In questo caso risulta difficile inserirlo per il calcolo del CFaR in quanto è difficile stabilire una distribuzione di probabilità da applicare a tale fattore di rischio.
- Rischi di eventi straordinari (catastrofi naturali, etc.): nel caso in cui l'azienda subisce un improvviso danno che può colpire la sua profittabilità. In questo caso è possibile ottenere una distribuzione di probabilità, ma questa potrebbe essere poco attendibile per via della natura straordinaria degli eventi trattati.

Uno dei vantaggi di tale strumento si può ottenere a livello manageriale in quanto esso ci consente di identificare i rischi ai quali si è effettivamente esposti e i punti di debolezze che sono stati trascurati, molte volte per via di altri strumenti di misurazione del rischio che non sono in grado di rilevare alcuni eventi estremi. Il problema principale però è che non si tiene conto della probabilità di riscontro degli scenari generati, a differenza del CFaR, dove si è in grado di simulare diversi scenari dei fattori di rischio al quale corrispondono differenti scenari dal punto di vista dei risultati finanziari con differenti livelli di probabilità. Un altro problema della sensitivity analysis, in particolare dello stress test, è dato dal fatto che la situazione peggiore che si può verificare ha probabilità infinitesime di verificarsi. In tal caso il CFaR risulta più efficiente in quanto va a guardare possibili scenari di perdita che hanno una probabilità sostanziale di verificarsi.

### 1.2.3 EXPECTED SHORTFALL

Expected shortfall (ES) misura il valore atteso dell'insieme di perdite superiori al CFaR. In formula:

$$ES_{\alpha} = E(X | X \geq CFaR_{\alpha})$$

Nella figura 3 ES è rappresentato dall'area rossa.

Con tale strumento abbiamo un margine di sicurezza superiore in quanto possiamo tenere in considerazione anche quelle perdite che hanno una probabilità  $(1-\alpha)$  di verificarsi che con il calcolo del CFaR si perdeva completamente e che con la sensitivity analysis invece non si coglieva a pieno perché si analizzava esclusivamente la situazione peggiore verificabile e non una media delle perdite superiori al CFaR. Inoltre l'ES è in grado di distinguere fra le due situazioni espresse nella figura 4 che secondo il CFaR dovrebbero

avere lo stesso rischio, ma dove chiaramente la situazione del grafico di destra risulta più rischiosa rispetto a quella espressa nel grafico di sinistra.

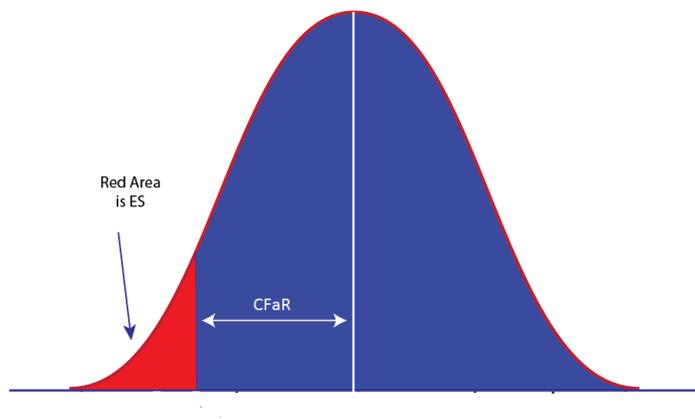


Figura 3 - Rappresentazione grafica ES

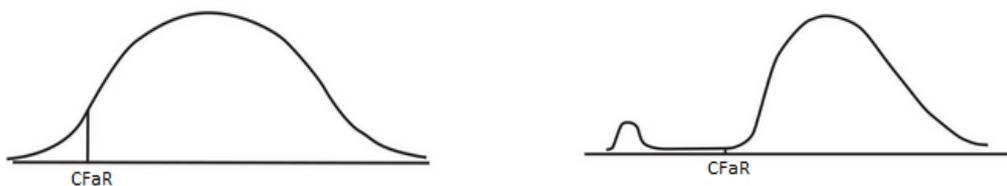


Figura 4 – Rappresentazione capacità dell'ES di rilevare eventi estremi

Il vantaggio principale di tale strumento è dato però dal fatto che è considerata una misura coerente di rischio a differenza del CFaR, o anche del VaR. Questo perché gode della proprietà di subadditività, che descrive i vantaggi della diversificazione, in base al quale:

$$\forall X_1, X_2 \in G \Rightarrow ES(X_1 + X_2) \leq ES(X_1) + ES(X_2)$$

dove

G = insieme dei rischi

In aggiunta, se si decide di utilizzare l'ES come strumento di riferimento e si attuano delle strategie volte alla sua riduzione, questo non porta alcun problema dal punto di vista del CFaR, in quanto, per come è strutturato l'ES, una sua minimizzazione porta necessariamente ad una riduzione del CFaR. Proprio per i suoi numerosi punti di forza il comitato di Basilea nel suo ultimo accordo *Basilea III* ha consigliato alle imprese

finanziarie di modificare il proprio strumento di misurazione del rischio passando dall'utilizzo del VaR a quello dell'ES e di passare ad un livello di confidenza di riferimento più basso, dal 99% al 97.5%, in modo da rilevare lo stesso livello di rischio. Uno dei problemi principali di tale strumento però è la necessità di dati storici di lungo periodo in quanto i dati di breve periodo possono non essere sufficienti per ottenere un valore attendibile. Questo perché nel calcolare l'ES si vanno a prendere solo i pochi valori che ricadono all'interno della coda sinistra della distribuzione di probabilità. Allo stesso tempo l'utilizzo di dati storici poco recenti può dare una rappresentazione dell'esposizione al rischio dell'impresa non veritiera.

#### 1.3.4 SCARTO QUADRATICO MEDIO

Lo scarto quadratico medio rappresenta lo strumento di misurazione del rischio più comunemente utilizzato. Viene calcolato<sup>1</sup>:

$$\sigma(X) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [x_i - E(X)]^2 \times p_i}$$

Un valore dello scarto quadratico medio minore comporta una maggiore probabilità che il risultato finanziario sia vicino al risultato atteso. Nel caso estremo in cui  $\sigma(X) = 0$  abbiamo la certezza di ottenere il valore atteso. Tale strumento presenta alcune proprietà che lo rendono un ottimo indicatore. In particolare gode della proprietà di omogeneità e invarianza a traslazioni che lo rende dipendente solo dalla dispersione dei risultati e non dal valore atteso della variabile aleatoria. In formula<sup>2</sup>:

$$\sigma(a + bX) = b\sigma(X)$$

La scelta di un indicatore come il CFaR piuttosto che lo scarto quadratico medio è legata al fatto che il CFaR è un indicatore di volatilità unidirezionale, cioè guarda solo alle possibili variazioni rispetto al valore atteso dei flussi di cassa e quindi in un certo senso più utile per l'attività di risk management all'interno di un'azienda. Per risolvere tale problema si è deciso di introdurre due nuove forme di deviazione standard: downside ed

---

<sup>1 2</sup> Floreani, A.,(2004) *Enterprise risk management. I rischi aziendali e il processo di risk management*. Milano: ISU - Università Cattolica del Sacro Cuore

upside. In particolare la deviazione standard downside, che può essere comparabile con il CFaR, è calcolata come radice quadrata della semivarianza, cioè la varianza ottenuta solo inserendo le realizzazioni sotto il valore atteso. Più nel dettaglio<sup>1</sup>:

$$\sigma_d(X) = \sqrt{\sum_{x_i \leq E(X)} [x_i - E(X)]^2 \times p_i}$$

Un altro problema dello scarto quadratico medio è la mancata valutazione dell'asimmetria della distribuzione di probabilità. Questo è collegato direttamente alla configurazione dell'indicatore stesso, in quanto tutti i valori sono elevati al quadrato, non facendo così distinzione fra valori positivi e negativi. Per risolvere tale problema si è pensato da una parte di fare riferimento alle deviazioni standard downside e upside in modo da mettere a confronto la variabilità dei dati positivi rispetto a quelli negativi, dall'altra di introdurre affianco allo scarto quadratico medio di un indicatore di asimmetria che metta in evidenza il fatto che la distribuzione dipenda più da valori positivi piuttosto che negativi. Un esempio di indicatore è rappresentato dalla seguente formula<sup>2</sup>:

$$A(X) = \frac{\sum_{i=1}^n [x_i - E(X)]^3 \times p_i}{\sigma^3(X)}$$

dove

$A(X) > 0$  asimmetria positiva

$A(X) < 0$  asimmetria negativa

### 1.3.5 MISURE QUALITATIVE DEL RISCHIO

L'analisi dei rischi può essere fatta in modo più o meno dettagliato a seconda dell'intento dell'analisi e della disponibilità di informazioni e dati. Per questo motivo accanto a strumenti di misurazione del rischio di tipo quantitativo si trovano anche strumenti qualitativi che non si basano su approcci di tipo statistico-matematico, ma valutano il rischio sulla base di alcune indicazioni generiche. Uno strumento qualitativo molto

---

<sup>1 2</sup> Floreani, A., (2004) *Enterprise risk management. I rischi aziendali e il processo di risk management*. Milano: ISU - Università Cattolica del Sacro Cuore

utilizzato è la matrice impatto-probabilità. Tale strumento si basa sulla classificazione dei rischi dell'impresa secondo due variabili:

- Impatto: capacità del rischio di incidere sul raggiungimento degli obiettivi aziendali
- Probabilità: possibilità che un rischio si verifichi

Per quanto riguarda l'impatto, abbiamo diversi livelli:

- Insignificante = viene assorbito tramite la normale attività aziendale
- Minore = è necessario un piccolo sforzo manageriale per affrontare tale impatto
- Moderato = è necessario uno sforzo manageriale più consistente
- Maggiore = è necessario uno sforzo straordinario che richiede un coordinamento globale per limitare l'impatto di tali rischi e riuscire a raggiungere i propri obiettivi di business in tempo
- Catastrofico = porta quasi inevitabilmente ad una crisi aziendale

Per quanto riguarda la probabilità, i livelli previsti sono:

- Raro = 5% probabilità
- Improbabile = 20% probabilità
- Moderato = 50% probabilità
- Probabile = 80% probabilità
- Quasi certo = 95% probabilità

Sulla base di queste variabili possiamo identificare 4 possibili situazioni:

- Extreme (alto impatto, alta probabilità) = l'azione da intraprendere in questo caso è cercare di eliminare tali rischi il prima possibile
- High (medio-alto impatto, media-alta probabilità) = in tal caso è possibile sia eliminare tali rischi, ma anche attuare alcune strategie di gestione del rischio
- Moderate (medio-basso impatto, media-bassa probabilità) = in tal caso è preferibile gestire tali rischi tramite un processo di pianificazione ben strutturato
- Low (basso impatto, bassa probabilità) = in questo caso tali rischi dovrebbero essere ignorati in quanto non dovrebbero causare alcun problema

Nella tabella 1 troviamo rappresentato quanto detto.

		Consequence				
		Insignificant 1	Minor 2	Moderate 3	Major 4	Catastrophic 5
Likelihood	A Almost Certain	High	High	Extreme	Extreme	Extreme
	B Likely	Moderate	High	High	Extreme	Extreme
	C Moderate	Low	Moderate	High	Extreme	Extreme
	D Unlikely	Low	Low	Moderate	High	Extreme
	E Rare	Low	Low	Moderate	High	High

Tabella 1 – Matrice impatto-probabilità

Fonte: Global CCS Institute

Tale strumento risulta molto utile dal punto di vista gestionale come prima valutazione di quelli che sono i rischi a cui un'impresa è sottoposta. Una volta individuati i rischi meno tollerabili, si può passare all'utilizzo di altri strumenti, quali ad esempio il Cash Flow at Risk, e ottenere quindi una misura più quantitativa del loro impatto e della probabilità di verificarsi.

## CAPITOLO 2: Calcolo CFaR

Il calcolo del CFaR si basa principalmente, come già visto, su approcci simulati e in particolare sono previste due principali metodologie: simulazione storica e simulazione Monte Carlo.

L'approccio della simulazione storica come sappiamo utilizza direttamente dei dati storici per immaginare quello che potrebbe accadere in futuro. In particolare sono previste 4 fasi:

- 1) Definizione dei rischi: identificazione dei fattori di rischio e della formula che descriva l'impatto che tali fattori possono avere sul valore dei cash flow di riferimento
- 2) Acquisizione dati storici: acquisizione dei dati storici sull'andamento dei fattori di rischio
- 3) Simulazione degli scenari: Calcolo delle variazioni storiche percentuali dei fattori di rischio lungo il periodo di osservazione e applicazione ad oggi di tali percentuali al valore dei fattori di rischio per poi ottenere quindi un insieme di possibili cash flow futuri.
- 4) Stima del CFaR: ordinare i possibili valori dei cash flow da quello con perdita più alta a quello con guadagno più alto, formando così una distribuzione di probabilità e prendere quindi il percentile in base al livello di confidenza prefissato.

La simulazione storica risulta quindi una buona metodologia perché facile da implementare e inoltre non si devono fare ipotesi a priori sull'andamento del fattore di rischio in quanto ci si basa direttamente su dati storici. Tale approccio però presenta anche alcune problematiche legate principalmente al fatto che i valori storici su cui si basa la simulazione possano essere soggetti a forti variazioni improvvise. Questo potrebbe rendere tali valori poco attendibili e di conseguenza anche la simulazione non sarebbe in grado di dare un risultato corrispondente alla realtà. Il metodo Monte Carlo invece, che prende tale nome dal casinò di Monte Carlo, simbolo del gioco d'azzardo, consiste nel campionamento di una determinata distribuzione di probabilità tramite l'utilizzo di numeri casuali. Tale metodo venne utilizzato per la prima volta negli anni '40 da S. M. Ulam, J. Von Neumann, E. Fermi all'interno del progetto Manhattan relativamente all'analisi del trasporto dei neutroni. Nel 1946 infatti S. M. Ulam in alcune osservazioni mai pubblicate dice che<sup>1</sup>: "I primi tentativi di utilizzo del Metodo Monte Carlo sono nati da una domanda che mi è venuta nel 1946 in un periodo di convalescenza e mentre giocavo a solitario. La domanda

---

<sup>1</sup> R. Eckhardt (1987) *Stan Ulam, John Von Neumann, and the Monte Carlo Method* Los Alamos Science, Special Issue

era quali erano le possibilità di riuscita di un solitario con 52 carte? Dopo aver speso molto tempo per stimarlo tramite il puro calcolo combinatorio, ho pensato che un migliore metodo rispetto al pensiero astratto fosse giocare un centinaio di volte il solitario e contare il numero di successi. Questo metodo era ormai possibile grazie all'avvento di calcolatori veloci e ho subito pensato a soluzioni per problemi simili riguardo alla diffusione dei neutroni e di fisica matematica. [...] Più tardi ho descritto l'idea a John von Neumann e abbiamo cominciato a pianificare veri e propri calcoli a riguardo.”. Alcuni attribuiscono però il primo utilizzo di tale strumento a E. Fermi all'interno di esperimenti svolti negli anni precedenti. L'obiettivo comune era comunque quello di riuscire a trovare una soluzione accettabile a problemi troppo complessi da risolvere analiticamente. Tale metodo infatti riesce a raggiungere risultati attendibili in situazioni complesse e per farlo si basa sulla Legge dei grandi numeri, secondo il quale all'aumentare del numero di campioni presi in esame si ha che la media di tale campione tenderà a quella reale. Il campo di applicazione di tale metodo è molto vasto: dalla fisica alla matematica fino ad arrivare al nostro campo d'interesse, cioè l'economia e la finanza. In quest'ultimo ambito la simulazione Monte Carlo si differenzia da quella storica principalmente per il fatto che invece di basarsi direttamente sui dati storici, prevede la scelta di una distribuzione di probabilità che meglio approssima l'andamento dei fattori di rischio. Sono previste sempre 5 fasi: 1) Definizione dei rischi: identificazione dei fattori di rischio e della formula che descriva l'impatto che tali fattori possono avere sul valore dei cash flow di riferimento 2) Definizione delle distribuzioni di probabilità 3) Simulazione degli scenari: generazione di N numeri pseudo-casuali per ottenere N possibili scenari dei fattori di rischio e quindi N possibili valori di cash flow 4) Stima del CFaR: ordinare tali valori da quello con perdita più alta a quello con guadagno più alto, formando così una distribuzione di probabilità e prendere il percentile in base al livello di confidenza prefissato. Il metodo Monte Carlo, nonostante sia più difficile da implementare rispetto alla simulazione storica, in quanto la scelta della distribuzione di probabilità da applicare richiede molta esperienza e capacità di giudizio, risulta comunque il metodo preferibile in quanto nella realtà abbiamo pochi dati storici attendibili.

## 2.1 Approccio bottom up e top down

Un'altra distinzione prevista nelle metodologie di calcolo del CFaR evidenzia la presenza di due tipi di approcci utilizzabili sia nella simulazione storica che nella simulazione Monte Carlo: l'approccio bottom up e l'approccio top down. L'approccio bottom up viene utilizzato anche nel calcolo del VaR e prevede che venga analizzato prima ogni singolo fattore di rischio che incide sul valore delle componenti che costituiscono i cash flow, nel caso del calcolo del CFaR, o sul valore degli asset che costituiscono un portafoglio, nel caso del VaR, dopo di che si passa ad analizzare i cash flow o il portafoglio complessivo dell'azienda. Tale approccio risulta molto efficace se si è in grado di identificare le principali fonti di rischio di un'azienda e se si riesce a quantificare l'interdipendenza fra le varie fonti. Infatti in caso di mancata considerazione di alcuni rischi a cui l'impresa è sottoposta si ha una sottostima nel calcolo del CFaR o del VaR. Tale situazione si verifica più spesso in caso di imprese non finanziarie in quanto i rischi risultano più difficilmente determinabili e per questo motivo potrebbe essere più vantaggioso un approccio top down. Tale approccio, che si caratterizza per la sua semplicità, invece prevede che si vadano a guardare i dati storici del valore dei cash flow in quanto sono in grado di riassumere al loro interno tutti i fattori di rischio e la loro volatilità può rappresentare una proxy dell'andamento del CFaR. Il principale problema di tale approccio è l'insufficiente quantità di dati. Infatti solitamente si vanno a prendere i dati trimestrali degli ultimi 5 anni, questo perché oltre tale periodo i dati vengono considerati statisticamente inaffidabili. Ne consegue che abbiamo a disposizione solo 20 osservazioni, sicuramente troppo poche per ottenere dei valori statistici accettabili. Per questo motivo si vanno a guardare i dati di imprese comparabili alla nostra ottenendo così un maggior numero di osservazioni, in particolare nel caso di 25 aziende abbiamo ben 500 osservazioni. Le imprese vengono considerate comparabili sulla base di 4 dimensioni<sup>1</sup>:

- Capitalizzazione di mercato: questo perché imprese con maggiore capitalizzazione presentano minore volatilità nei cash flow, anche in virtù del fatto che sono maggiormente diversificate

---

<sup>1</sup> Stein, J.C., Usher, E., LaGattuta D., Youngen J., 2001. *Comparables Approach to Measuring Cashflow-at-risk for Non-financial firms*. Journal of Applied Corporate Finance 13(4): 100-109

- **Profittabilità:** cioè il valore degli utili deve essere simile, in modo che il valore dei cash flow da cui si parte è simile e le imprese sono più facilmente comparabili
- **Rischio settoriale:** cioè devono essere soggette a stesso rischio sistematico, in modo che le differenze fra le varie aziende nella volatilità dei cash flow possa essere data solo da componenti specifiche
- **Volatilità del prezzo delle azioni:** cioè le volatilità dei prezzi di mercato delle azioni delle varie aziende devono mantenersi sugli stessi livelli in quanto rappresenta una stessa volatilità nel valore dei cash flow.

Una volta individuate le possibili imprese comparabili, si vanno ad eliminare quelle che hanno un valore degli asset troppo basso rispetto alle altre aziende, ma anche quelle aziende per le quali si è verificata una variazione di valore delle immobilizzazioni materiali e immateriali superiore al 50% (questo per evitare aziende che siano state soggette ad acquisizioni o fusioni e che potrebbero dare valori non attendibili per la nostra analisi). Una volta effettuata la scrematura si vanno a reperire i dati necessari per il calcolo del CFaR. L'approccio top down, per via della scelta di prendere diverse imprese simili fra di loro per ottenere maggiori dati attendibili, presenta necessariamente ulteriori problemi. In particolare prendendo in considerazione più imprese fra loro comparabili, si andrebbe a calcolare il CFaR del settore e non dell'impresa presa in esame, e in aggiunta se l'impresa risulta essere atipica rispetto alle imprese del suo settore, il valore del CFaR potrebbe addirittura essere forviante. Inoltre bisogna tenere in considerazione anche un altro problema che è rappresentato dal fatto che questo approccio non riesce a rilevare a pieno l'impatto sul valore del CFaR di un cambiamento delle strategie aziendali. Per le problematiche sin qui evidenziate molte volte si preferisce utilizzare un approccio di tipo bottom up, mentre l'approccio top down potrebbe essere utilizzato come ulteriore verifica dei risultati ottenuti. Un'alternativa all'approccio top down per identificare tutti i rischi a cui un'impresa è esposta, in particolare quei rischi che hanno una relazione non propriamente lineare con il valore dei cash flow e quindi non analizzabili tramite l'adozione di un approccio bottom up, è rappresentata dall'utilizzo di strumenti statistici, in particolare modelli di regressione in grado di legare i fattori di rischio con il valore dei cash flow. In particolare si prende un modello di regressione multivariato del tipo:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{t=1}^n \beta_t x_{it} + \varepsilon_i$$

Dove:

$y_i$  = valore dei cash flow

$x_{it}$  = fattori di rischio

In questo modo i  $\beta_t$  così stimati ci dicono l'impatto che i singoli fattori di rischio hanno sul valore dei cash flow.

## 2.2 Processo di calcolo del CFaR

### 2.2.1 DEFINIZIONE DEI RISCHI

Prendendo in considerazione l'utilizzo del metodo Monte Carlo e dell'approccio bottom up, la prima fase da analizzare nel processo di calcolo del CFaR è la definizione dei rischi, durante il quale si stabilisce quali rischi prendere in considerazione e quali hanno effettivamente un impatto sulla nostra azienda. Innanzitutto è possibile fare una distinzione fra rischi esterni, cioè i rischi che impattano sull'azienda ma che provengono dall'esterno (ad esempio rischio di variazione di valore di variabili macroeconomiche), e rischi interni, provenienti invece direttamente dall'interno (ad esempio rischio di malfunzionamento dei processi interni). La differenza principale riguarda il fatto che per i rischi esterni non è possibile intervenire sull'evento che li genera ma risulta necessario invece un intervento sugli effetti che hanno sull'azienda. Una seconda classificazione fondamentale prevede da una parte i rischi speculativi (ad esempio rischio di tasso d'interesse), cioè nel caso in cui i fattori di rischio presentano una distribuzione di probabilità simmetrica, e in particolare quando la probabilità di incorrere in perdite è speculare a quella di incorrere in maggiori guadagni, e dall'altra parte i rischi puri (ad esempio rischio di catastrofi naturali), cioè nel caso invece di una marcata asimmetria negativa, e in particolare quando abbiamo basse probabilità che si verifichi un evento negativo, anche se comportano un effetto forte sull'azienda, e alte probabilità che non si verifichi un evento positivo, anche se comportano un effetto poco marcato sull'azienda. Nella figura 5 troviamo una rappresentazione delle due tipologie di rischio

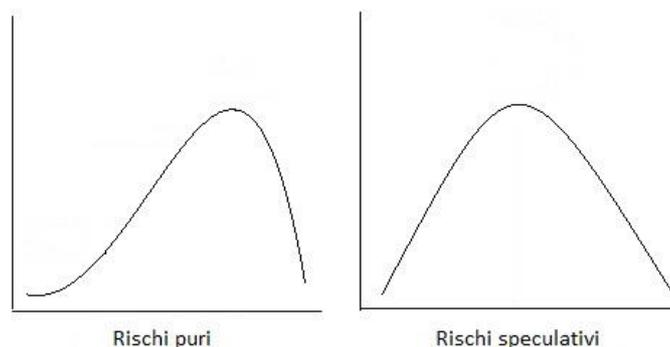


Figura 5 – Rischi puri e rischi speculativi

Altre differenze fra le due tipologie di rischio sono:

- Effetti economici che sono immediati nel caso dei rischi puri, mentre sono progressivi nel caso dei rischi speculativi
- Nel caso dei rischi puri l'attività di prevenzione risulta fondamentale a differenza del caso dei rischi speculativi.

A partire dalla distinzione fra rischi speculativi e rischi puri è possibile identificare altre tipologie di rischio (guarda figura 6). In particolare all'interno dei rischi speculativi sono compresi:

- Rischi di business, cioè rischi derivanti dall'attività caratteristica dell'azienda. Al suo interno sono compresi i rischi strategici, cioè i rischi di una possibile riduzione dei cash flow legata alle decisioni strategiche prese, ad esempio decisioni d'investimento sbagliate o politiche di prezzo e di marketing non adeguate, ma anche per via dell'ambiente competitivo in cui opera l'impresa, in particolare l'incapacità di adeguarsi rapidamente a modifiche del contesto competitivo, che potrebbe portare ad una maggiore incertezza nei volumi di vendita futuri. Tali rischi però vengono assunti direttamente dall'impresa perché proprio tramite essi che l'azienda può generare profitti. Un altro rischio compreso fra quelli di business è il rischio operativo, che rappresenta, come definito dal Comitato di Basilea, il rischio di subire perdite per via dell'inadeguatezza e il malfunzionamento di procedure, risorse umane e sistemi interni, oppure anche per via di eventi esogeni. In Basilea 2 inoltre vengono individuate 7 categorie di

possibili eventi che possono generare tali rischi<sup>1</sup>: 1) frode interna – esempi: alterazione intenzionale di dati, sottrazione di beni e valori, operazioni proprie basate su informazioni riservate 2) frode esterna – esempi: furto, contraffazione, falsificazione, emissione di assegni a vuoto, pirateria informatica. 3) rapporti di impiego e sicurezza sul lavoro – esempi: risarcimenti richiesti dai dipendenti, violazione delle norme a tutela della salute e sicurezza del personale, attività sindacale, pratiche discriminatorie, responsabilità civile 4) pratiche connesse con la clientela, i prodotti e le attività – esempi: violazione del rapporto fiduciario, abuso di informazioni confidenziali, transazioni indebite effettuate per conto della banca, riciclaggio di denaro di provenienza illecita, vendita di prodotti non autorizzati 5) danni a beni materiali – esempi: atti di vandalismo o errori umani 6) disfunzioni ed avarie di natura tecnica – esempi: anomalie di infrastrutture e applicazioni informatiche, problemi di telecomunicazioni, interruzioni nell'erogazione di utenze 7) conformità esecutiva e procedurale – esempi: errata emissione di dati, gestione inadeguata delle garanzie, documentazione legale incompleta, indebito accesso consentito a conti di clienti, inadempimenti di controparti non clienti, controversie legali con fornitori. Oltre ai rischi operativi si aggiungono ai rischi di business anche i rischi finanziari, cioè i rischi collegati all'andamento di alcuni aspetti del mercato finanziario. Fra i rischi finanziari sicuramente fondamentali sono i rischi di mercato, cioè i rischi di una possibile riduzione dei cash flow legato a variazioni dei tassi di mercato, i quali invece di essere assunti dalle aziende vengono principalmente gestiti in modo da ridurre l'impatto. All'interno dei rischi di mercato troviamo: rischio tasso d'interesse, rischio di cambio, rischio di commodity, rischio azionario. Altri rischi finanziari sono: rischio di credito e rischio di liquidità. Il rischio di credito è un rischio preponderante nelle imprese finanziarie in virtù dell'attività svolta ma è considerato un rischio importante anche per alcune tipologie di imprese non finanziarie. Tale rischio è definito come quel rischio che abbiamo nel caso in cui prestando dei soldi e il soggetto a cui li prestiamo potrebbe non restituirceli. Abbiamo diverse tipologie di rischio di credito: 1) rischio di credito legato all'attività di

---

<sup>1</sup> Comitato di Basilea per la vigilanza bancaria (2003) *Prassi corrette per la gestione e il controllo del rischio operativo* Banca dei regolamenti Internazionali

lending, in cui sono compresi il rischio di credito in senso stretto, quando c'è il default della controparte, e il rischio di migrazione, in caso invece di downgrading del merito creditizio della controparte 2) rischio di controparte, che è presente in caso di derivati OTC, poiché nei mercati regolamentati abbiamo la clearing house. 3) rischio emittente, che è presente in caso di obbligazioni 4) rischio paese, che è presente in caso di emittenti stranieri di obbligazioni. Per quanto riguarda invece il rischio di liquidità, esso può essere suddivisa in due principali tipologie: 1) funding liquidity risk, che rappresenta il rischio di incapacità di accedere a fondi addizionali a costi favorevoli 2) market liquidity risk, che rappresenta il rischio di incapacità di convertire attività aziendali in liquidità. A queste categorie se ne possono aggiungere altre 2: 1) mismatch liquidity risk, cioè il rischio collegato alla non conformità nell'ammontare e nelle scadenze delle entrate ed uscite di cassa 2) contingency liquidity risk, cioè il rischio che eventi futuri inattesi possano richiedere un ammontare di liquidità superiore alle proprie disponibilità.

- Rischi derivati, cioè i rischi collegati all'attività finanziaria di un'impresa e sono strettamente collegati ai rischi di mercato. Al suo interno sono infatti compresi: rischi di struttura finanziaria, cioè rischi legati all'attività di reperimento dei mezzi finanziari per aziende in deficit di fondi e possono essere collegati ad esempio all'andamento dei tassi d'interesse che può rendere il costo del capitale preso a prestito più oneroso, rischio di investimento, cioè rischi legati all'attività di impiego dei mezzi finanziari per aziende in surplus, e rischio di asset-liability, cioè rischi legati all'attività di asset-liability management, cioè quei rischi che colpiscono sia l'attività di finanziamento che quella d'investimento.

All'interno dei rischi puri invece sono compresi:

- Rischi sui beni, cioè il rischio che si verifichino eventi che possano danneggiare beni aziendali (definito in senso ampio come riduzione di valore delle attività aziendali)
- Rischi sulle persone, cioè il rischio che si verifichino eventi che possano colpire persone fisiche che operano all'interno dell'azienda
- Rischi di responsabilità, cioè il rischio che si verifichino eventi negativi per il quale l'azienda risulta direttamente responsabile.

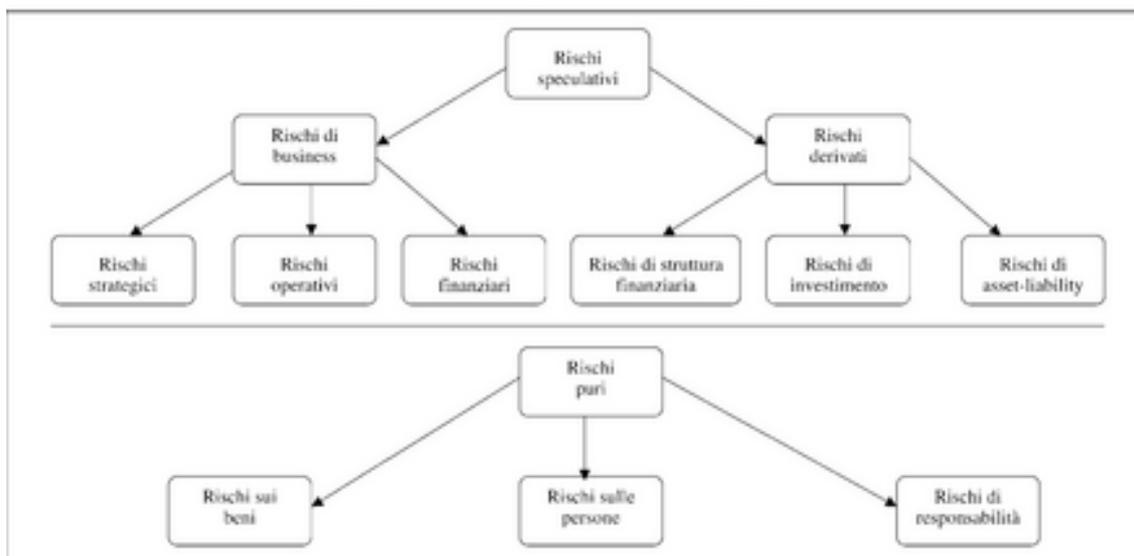


Figura 6 – Classificazione rischi aziendali

Fonte: Floreani, A.,(2004) *Enterprise risk management. I rischi aziendali e il processo di risk management*. Milano: ISU - Università Cattolica del Sacro Cuore

I risultati finanziari di un'impresa sono esposti quindi a tutti questi rischi, il cui peso può variare a seconda del tipo di attività svolta. Nella figura 7 viene rappresentato il grado di minaccia di ciascun fattore di rischio secondo un campione di aziende italiane.

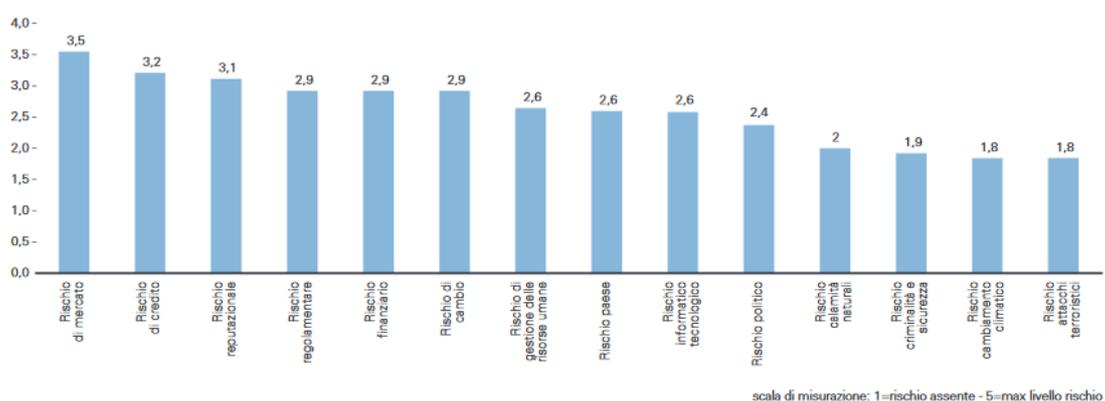


Figura 7 – Rischi più critici per le società italiane

Fonte: LabERM SDA Bocconi, KPMG Italia (2010) *Enterprise Risk Management 1ª Edizione*

Una volta definiti i rischi di cui si vuole conoscere l'impatto bisogna stabilire in che modo questi rischi possano incidere sulla generazione di cash flow futuri. In tal caso è possibile

utilizzare due strumenti: equazioni matematiche o proforma statement dei cash flow. Un esempio di equazione matematica può essere quella che lega i ricavi, il cui valore rientra nel calcolo dei cash flow, con la variazione dei tassi di cambio. In particolare:

Ricavi = Ricavi in valuta nazionale + Ricavi in valuta estera x tasso di cambio rispetto alla valuta estera.

A partire da questa equazione si può stabilire se tenere in considerazione solo i rischi di mercato, tenendo quindi fissi i ricavi in valuta estera, oppure prendere anche in considerazione i rischi di business, cioè le decisioni di business che l'impresa effettuerebbe a seconda dello scenario di mercato che gli si presenta, facendo muovere i ricavi in valuta estera in base all'andamento del tasso di cambio. La relazione fra ricavi in valuta estera e tasso di cambio non è però lineare in quanto può dipendere da diverse variabili. Infatti l'impresa può decidere di ridurre le proprie vendite all'estero, cambiando così la propria esposizione al tasso di cambio, in base all'andamento della domanda dei consumatori, in seguito a variazioni del tasso di cambio. Per questo prendere in considerazione anche i rischi di business renderebbe il modello più complesso anche se più efficace. Il proforma statement dei cash flow rappresenta invece una stima del rendiconto finanziario futuro, che ci fornisce un'idea di quale sia ad oggi la situazione finanziaria prospettica dell'azienda e le possibili entrate ed uscite di cassa. Tale proforma statement può essere redatto con riferimento all'intera azienda oppure ad un singolo business. Tale strumento risulta inoltre più utile nel caso in cui si voglia calcolare l'esposizione a più fattori di rischio, questo perché si ha una panoramica di tutte le componenti che contribuiscono alla generazione dei cash flow e si può stabilire volendo a quale rischio sono sottoposte ognuna di esse. Analizzando quindi ogni singola componente è possibile stabilire più facilmente quali siano i rischi che possono avere un impatto sulla generazione dei cash flow. In particolare è noto innanzitutto che i cash flow possono essere generati da tre aree:

- Area operativa: in tal caso tale area ha la funzione di autofornitura di fondi in quanto al suo interno vengono rappresentate entrate ed uscite di cassa relative alla gestione operativa dell'azienda. In particolare si parte dagli utili netti dopo di che:
  - 1) si sommano ammortamenti e accantonamenti (in quanto rappresentano un costo nel calcolo dell'utile netto ma nel calcolo dei cash flow non rientrano poiché sono poste che non generano flussi di cassa)
  - 2) si sottraggono gli incrementi o si

sommano i decrementi dell'attivo circolante, al cui interno sono compresi investimenti finanziari a breve termine o destinati alla vendita, crediti verso clienti a breve, rimanenze in magazzino, ratei e risconti attivi, ma non la cassa. 3) si sommano gli incrementi o si sottraggono i decrementi del passivo circolante, al cui interno sono invece compresi debiti a breve termine (verso banche, fornitori, etc.) e ratei e risconti passivi

- Area d'investimento: in tal caso ci si riferisce alla domanda di fondi in quanto al suo interno vengono rappresentate entrate ed uscite di cassa relative all'investimento in attività a lungo termine. In particolare in questo caso si sommano tutti gli investimenti in immobilizzazioni (materiali, immateriali e finanziarie) e si sottraggono invece tutti i disinvestimenti.
- Area di finanziamento: in tal caso invece è collegato al concetto di fornitura esterna di fondi in quanto si guarda all'entrate ed uscite di cassa relative all'attività di reperimento di capitale a lungo termine. In particolare si sommano tutti gli aumenti di debiti a lungo termine (sia in termini di capitale di rischio che di capitale di credito) e si sottraggono tutti i rimborsi. Si prende in considerazione anche il pagamento dei dividendi.

Una volta stabilite tutte le aree e le componenti appartenenti a ciascuna area è possibile identificare da quali rischi ogni singola componente può essere influenzata, tenendo conto del fatto che una fluttuazione del valore dei fattori di rischio potrebbe incidere in ciascuna delle 3 aree individuate.

In termine di rischi di mercato ad esempio RiskMetrics nel suo framework<sup>1</sup> identifica quali particolari fattispecie di rischio di mercato incidano direttamente sulle singole componenti che contribuiscono alla generazione dei cash flow. In particolare:

- Ricavi (componente da cui si parte per il calcolo degli utili netti): in tal caso può subire l'impatto di due tipologie di rischio di mercato: rischio di cambio, nel caso in cui l'azienda risulta percepire ricavi in valuta diversa da quella nazionale, e rischio di commodity, in particolare nel caso in cui l'azienda sia specializzata

---

<sup>1</sup> RiskMetrics Group (1999) *Corporate Metrics: The Benchmark for Corporate Risk Management. Technical Document*. RiskMetrics Group

nella vendita di materie prime, il cui prezzo viene determinato in base all'andamento del mercato.

- Costi operativi diretti (componente che incide negativamente sulla generazione degli utili netti): in tal caso tali costi possono aumentare per via dell'impatto sempre di due tipologie di rischio di mercato: rischio di cambio, se i pagamenti vengono effettuati in una valuta estera, e rischio di commodity, se l'azienda acquista materie prime per la produzione dei propri beni e servizi.
- Costi operativi indiretti (componente che incide negativamente sulla generazione degli utili netti): in termini di rischio di mercato può essere esposto esclusivamente a rischio di cambio, se il pagamento avviene in valuta estera
- Proventi finanziari (componente che aumenta il valore degli utili netti): In questo caso sono presenti principalmente rischi di tasso d'interesse, il quale può variare a seconda dell'investimento finanziario effettuato dall'azienda, ma anche rischio di cambio, se investimenti effettuati in titoli denominati in valuta estera, rischio di commodity, se la profittabilità degli investimenti dipende dall'andamento del mercato delle materie prime, e infine rischio azionario, se si parla di proventi legati ad investimenti in titoli azionari oppure ad investimenti la cui profittabilità dipende dall'andamento dell'indice azionario a cui è collegato.
- Oneri finanziari (componente che diminuisce il valore degli utili netti): in questo caso sono presenti gli stessi rischi previsti per i proventi finanziari
- Tasse (componente che diminuisce il valore degli utili): non subisce direttamente variazioni in base all'andamento dei fattori di rischio di mercato in quanto rimane sempre una percentuale dell'EBT calcolato precedentemente.
- Attivo e passivo circolante: in tal caso si guarda principalmente all'impatto dei rischi di mercato sulle scelte relative a crediti, rimanenze e debiti. In particolare, nel caso di rischio di commodity, una possibile diminuzione del prezzo delle materie prime potrebbe portare un aumento delle rimanenze, visto il prezzo più vantaggioso, e una diminuzione dei debiti, in quanto si cerca di pagare subito i fornitori per evitare un possibile futuro aumento dei prezzi. Questo comporterebbe un aumento dei flussi di cassa in uscita.
- Investimenti e disinvestimenti: in tal caso i rischi di mercato possono avere un impatto direttamente sull'aumento o decremento degli investimenti finanziari.

Questo però viene compensato da diverse componenti. In particolare in caso di rischio di tasso d'interesse, una possibile diminuzione dei tassi potrebbe disincentivare gli investimenti finanziari, ma questo porterebbe l'impresa ad investire la liquidità in attività non finanziarie o comunque se si preferisce non investire diminuire il capitale preso a prestito per effettuare tali investimenti effettuando parte del rimborso del debito e quindi comportando in entrambi i casi comunque un'uscita di cassa. Stesso ragionamento vale per gli altri rischi di mercato.

- Attività di finanziamento: anche in questo caso i rischi di mercato hanno un impatto diretto sull'aumento o la diminuzione del capitale preso a prestito. In particolare in caso di rischio di tasso d'interesse, se i tassi diminuiscono diventa più vantaggioso prendere a prestito capitale ma l'aumento dei flussi di cassa derivante dal maggior capitale sarebbe compensato dal fatto che tali flussi sarebbero poi utilizzati per investire in nuove attività. In termini di dividendi invece l'impresa preferisce mantenere invariato il tasso di distribuzione degli utili e quindi i rischi di mercato non hanno alcun impatto sulla politica aziendale dei dividendi.

Stesso tipo di approccio di identificazione dei rischi può essere applicato anche per le altre tipologie di rischio.

### 2.2.2 DEFINIZIONE DELLE DISTRIBUZIONI DI PROBABILITÀ

La fase successiva invece riguarda la definizione dell'andamento potenziale dei fattori di rischio. Per generare i diversi scenari possibili in cui un'impresa può ricadere infatti risulta necessario partire dalla definizione della distribuzione di probabilità dei diversi fattori di rischio analizzati. In particolare si deve stabilire qual è la distribuzione che meglio approssima il possibile andamento di un fattore di rischio. Tale fase risulta molto complicata soprattutto per orizzonti temporali di riferimento superiori ad un mese, come nel nostro caso. Una volta definita la distribuzione di probabilità è necessario definire i suoi principali parametri (valore atteso e varianza). Nel caso dei rischi di mercato abbiamo 2 principali metodologie: informazioni correnti dal mercato e metodi econometrici. Oltre a queste metodologie è prevista anche la possibilità di creare un proprio modello personalizzato di stima delle distribuzioni di probabilità (user-defined

scenario). Per quanto riguarda il metodo delle informazioni correnti dal mercato, l'impresa può utilizzare l'andamento dei prezzi spot e dei prezzi degli strumenti derivati per stimare le distribuzioni di probabilità e i suoi principali parametri. Questo perché i prezzi di mercato possono rappresentare una proxy dei prezzi futuri, contenendo al loro interno le aspettative del mercato. Per quanto riguarda invece i metodi econometrici, essi si basano principalmente su serie storiche e modelli parametrici per la stima delle distribuzioni. Il problema principale è rappresentato però dal fatto che la media e la varianza calcolate sulla base delle serie storiche possono risultare fuorvianti soprattutto in caso di dati soggetti a forti variazioni di valore lungo il periodo di osservazione, ma anche per il fatto che non sono in grado di rilevare il futuro in quanto si basano esclusivamente su quanto avvenuto storicamente. Entrando più nel dettaglio, possiamo dire che il metodo delle informazioni correnti dal mercato prevede una stima dei principali parametri tramite l'utilizzo del prezzo di futures, forward ed opzioni. In particolare solitamente i prezzi di forward e futures vengono utilizzati come punto di partenza per calcolare il valore atteso del fattore di rischio in esame, mentre i prezzi delle opzioni ci permettono di definire la volatilità dello fattore di rischio considerato. Per quanto riguarda i contratti forward, essi sono dei contratti in cui due controparti si impegnano a scambiarsi un'attività sottostante dopo una certa data ad un certo prezzo (prezzo forward). I contratti futures si differenziano solo per il fatto che sono scambiati in mercati regolamentati, in virtù del quale vi è la presenza di una clearing house che obbliga le controparti a versare dei margini iniziali ed essere sottoposti al metodo del mark to market, secondo il quale il prezzo del contratto viene regolato giorno per giorno in base all'andamento del mercato. Per questo motivo mentre i prezzi dei forward dipenderanno esclusivamente dal prezzo futuro atteso dell'attività sottostante, i prezzi dei futures saranno legati anche all'andamento del tasso d'interesse a breve termine, tenendo anche in considerazione il legame che quest'ultimo ha con il prezzo futuro atteso dell'attività sottostante. Nella realtà però tale differenza non è molto accentuata, ma nonostante questo si preferiscono i contratti forward come proxy piuttosto che i futures. Per quanto riguarda le opzioni invece abbiamo due principali tipi di contratto: l'opzione call, cioè un contratto che dà il diritto ad acquistare una certa attività ad un certo prezzo ad una certa data, e l'opzione put, cioè un contratto che dà invece il diritto a vendere una certa attività ad un certo prezzo ad una certa data. Tramite la formula per la

determinazione del prezzo delle opzioni di Black-Scholes siamo in grado di determinare la volatilità implicita, necessaria per determinare la volatilità del fattore di rischio preso in considerazione. In particolare sappiamo che nel caso di un'opzione call<sup>1</sup>:

$$c = S_0 \times N(d_1) - K \times e^{-r \times T} \times N(d_2)$$

Mentre nel caso di un'opzione put<sup>2</sup>:

$$p = K \times e^{-r \times T} \times N(-d_2) - S_0 \times N(-d_1)$$

Dove:

$S_0$  = prezzo corrente dell'attività sottostante

$N(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^d e^{-\frac{1}{2}x^2} dx$  = funzione di ripartizione di una distribuzione normale

standardizzata

$K$  = prezzo strike (cioè il prezzo al quale sarà possibile acquistare il bene sottostante)

$r$  = tasso d'interesse risk free

$T$  = vita residua

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \times T}{\sigma \times \sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) \times T}{\sigma \times \sqrt{T}} = d_1 - \sigma \times \sqrt{T}$$

$\sigma$  = deviazione standard del prezzo dell'attività sottostante

Da tali equazioni possiamo dire che tutte le variabili che li compongono sono note tranne  $\sigma$ , che prende il nome di volatilità implicita. Tale variabile può essere ricavata quindi dalle formule di Black-Scholes, anche se non direttamente in quanto non è possibile esplicitare  $\sigma$ . Un metodo che può essere utile è il metodo di Newton o metodo delle tangenti. Questo metodo si basa sulla creazione di scenari, usando la greca vega, cioè la derivata prima parziale del prezzo rispetto alla volatilità. In particolare ci si basa sulla seguente formula:

---

<sup>1 2</sup>John C. Hull (2015) *Opzioni, Futures e Altri Derivati*. 9a ed

$$\sigma_{n+1}^{imp} = \sigma_n^{imp} - \frac{C(\sigma_n^{imp}) - C_0}{\partial C(\sigma_n^{imp}) / \partial \sigma_n^{imp}}$$

Dove:

$\sigma_0^{imp}$  è un valore stabilito arbitrariamente sulla base di quello che potrebbe essere il valore della volatilità implicita

$0 < n < scen$  dove  $scen$  è il numero di scenari che si vogliono generare per ottenere un'approssimazione adeguata

$$\partial C(\sigma) / \partial \sigma = S_0 N(d_1) \sqrt{T} = \text{vega dell'opzione}$$

Tale formula permette, una volta eseguiti tutti i scenari, di ottenere un'approssimazione della volatilità implicita molto vicina a quella reale.

I problemi che si possono verificare nel calcolo della volatilità implicita sono collegati alla struttura dello stesso modello di Black-Scholes. Infatti può succedere che opzioni che hanno come sottostante lo stesso asset possano avere volatilità diverse. Un esempio può essere fornito dalla volatilità implicita di un'opzione deep in the money o deep out of the money che è molto più alta della volatilità implicita di un'opzione at the money oppure dal fatto che la volatilità implicita, una volta fissati i vari parametri, viene considerata costante durante il periodo stabilito quando invece può variare.

Una volta stabilite le varie possibilità per stimare i parametri della distribuzione di probabilità che approssima l'andamento del nostro fattore di rischio, bisognerà scegliere la migliore alternativa tenendo conto che i valori di riferimento relativi a strumenti che sono fortemente liquidi risultano essere più desiderabili. Più nel dettaglio nel caso di:

- Rischio tasso di cambio: in questo caso si preferisce guardare al mercato OTC dei derivati piuttosto che quello regolamentato in quanto forward e opzioni su tasso di cambio sono più liquidi, anche se abbiamo comunque dei problemi nell'ottenere dati a lungo termine.
- Rischio azionario: in questo caso invece si fa riferimento al mercato regolamentato, in particolare a futures e opzioni legate ad un indice azionario, che risultano gli strumenti più trattati sul mercato (piuttosto che derivati OTC o legati all'andamento del prezzo di una singola azione)

- Rischio di commodity: in questo caso si preferisce il mercato regolamento con l'utilizzo di futures e opzioni su futures, ad eccezione dell'oro per il quale si fa riferimento al mercato OTC.
- Rischio tasso d'interesse: in questo caso vengono principalmente utilizzati come valori di riferimento per calcolare il valore atteso quelli ottenuti dai titoli di stato, dagli swap su tassi d'interesse e dai FRAs. Per quanto riguarda invece la volatilità si fa riferimento a cap, floor e collar, che sono opzioni che hanno come sottostante il tasso d'interesse.

Per quanto riguarda invece i metodi econometrici, sappiamo che si basano sulle serie storiche dei valori di mercato, e in particolare si possono utilizzare le serie storiche dei tassi di variazione. Tale modello si basa sull'ipotesi di log-normalità dei prezzi prevista dal modello di Black-Scholes e in particolare che<sup>1</sup>:

$$\ln\left(\frac{S_T}{S_0}\right) \sim N\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \times T, \sigma^2 \times T\right]$$

Dove:

$\mu$  = tasso di rendimento atteso

$\sigma$  = volatilità

S = valore del fattore di rischio

T = lunghezza intervallo di osservazione

Prendiamo quindi:

$$u_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)$$

Dove:

$S_i$  = valore del fattore di rischio alla fine dell'intervallo i

e calcoliamo s, cioè la stima della deviazione standard degli  $u_i$

---

<sup>1</sup> John C. Hull (2015) *Opzioni, Futures e Altri Derivati*. 9a ed

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2}$$

Poiché la deviazione standard delle  $u_i$  è uguale a  $\sigma\sqrt{T}$  possiamo stimare  $\sigma$  ponendo:

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

### 2.2.3 SIMULAZIONE DEGLI SCENARI

Una volta definite le varie distribuzioni di probabilità dei fattori di rischio analizzati, bisognerà simulare un insieme  $N$  di scenari sulla base di tali distribuzioni. Per ottenere tale risultato si fa utilizzo del metodo dell'inversione, tramite il quale è possibile generare numeri casuali distribuiti secondo una certa distribuzione di probabilità. Tale metodo si basa innanzitutto su tale proprietà<sup>1</sup>:

Supponiamo  $F$  sia una funzione di ripartizione continua e che  $F^{-1}$  sia la sua inversa, dove

$$F^{-1}(u) = \inf \{x | F(x) = u, 0 < u < 1\}$$

Possiamo quindi dire che se  $U$  è una variabile casuale uniforme tra  $[0,1]$  allora  $F^{-1}$  segue la funzione di distribuzione  $F$

Una volta che tale proprietà è verificata possiamo calcolare i numeri casuali  $u$  sulla base della variabile casuale  $U$  e ottenere i valori della  $x$  corrispondenti tale che  $F(x) = u$  tramite l'utilizzo della funzione di ripartizione inversa  $F^{-1}$

Nella figura 8 possiamo vedere come avviene tale procedimento.

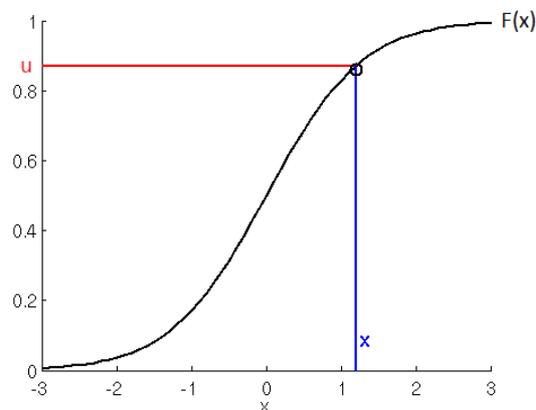


Figura 8 – Metodo dell'inversione

<sup>1</sup> Luc Devroye. *Non-Uniform Random Variate Generation*. New York: Springer-Verlag, 1986

Il vantaggio principale di tale metodo è che risulta essere molto efficace ma allo stesso tempo può risultare complicato calcolare la funzione di ripartizione inversa. Ad esempio nel caso della normale risulta impossibile determinare la funzione inversa in forma esplicita. Per questo motivo si utilizzano dei modelli in grado di approssimare il valore ricercato. In particolare un primo modello approssimativo può essere quello di sommare  $N$  variabili casuali uniformi (solitamente  $N = 12$ ) per ottenere un variabile casuale che segue una distribuzione normale. Tale modello si basa sul teorema del limite centrale il quale dice che<sup>1</sup> la somma di  $N$  variabili casuali indipendenti tende alla distribuzione di una variabile casuale normale quando  $N$  diventa infinitamente grande. In particolare: Dati  $R_i$  variabili casuali indipendenti, con  $E[R_i] = \mu$  e  $Var[R_i] = \sigma^2$ , si prende la somma di tali variabili

$$Y_N = \sum_{i=1}^N R_i$$

che avrà  $E[Y_N] = n\mu$  e  $Var[Y_N] = n\sigma^2$ .

Se si standardizza  $Y_N$ , sottraendo il suo valore atteso  $n\mu$  e dividendo per la sua deviazione standard  $\sigma\sqrt{n}$ , si ottiene

$$Z_N = \frac{Y_N - \mu}{\sigma\sqrt{N}}$$

che rappresenta una variabile casuale standard con  $E[Z_N] = 0$  e  $Var[Z_N] = 1$ .

Il teorema del limite centrale dice quindi che se  $n \rightarrow \infty$  allora

$$Z_N \xrightarrow{d} N(0,1)$$

Da qui possiamo dire che nel nostro caso si va a prendere come  $X_i$ , un insieme di variabili casuali uniformi  $U_i(\vartheta_1, \vartheta_2)$  che avranno quindi  $E[U_i] = \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{2}$  e  $Var[U_i] = \frac{\vartheta_2 - \vartheta_1}{12}$ .

Poiché ci interessa generare dei numeri casuali in un intervallo compreso tra 0 e 1 si prenderanno  $\vartheta_1 = 0$  e  $\vartheta_2 = 1$  e quindi si avrà  $E[U_i] = \frac{1}{2}$  e  $Var[U_i] = \frac{1}{12}$ .

$Y_N$  avrà quindi  $E[Y_N] = \frac{N}{2}$  e  $Var[Y_N] = \frac{N}{12}$  e potrà essere standardizzato ottenendo

---

<sup>1</sup> Monti A.C., (2008) *Introduzione alla statistica* 2<sup>a</sup> edizione

$$Z_N = \frac{Y_N - \frac{N}{2}}{\sqrt{N/12}}$$

Grazie al teorema del limite centrale è possibile dire che

$$Z_N \xrightarrow{d} N(0,1)$$

Quindi si può ricavare da  $Z_N$  una variabile casuale normale non standardizzata  $X$  che permetterà di ottenere i valori ricercati partendo dalla generazione di numeri casuali tramite una variabile casuale uniforme.

$$X = \mu + \sigma \times \frac{Y_N - \frac{N}{2}}{\sqrt{N/12}}$$

Da qui si può notare che, nel caso in cui  $N = 12$ , la formula risulta più facile da calcolare e sarà pari:

$$X = \mu + \sigma \times (Y_{12} - 6)$$

Un altro modello che può risultare più efficace e meno approssimativo, sempre in caso di distribuzione normale, è l'algoritmo di Box-Müller. In tal caso si riesce ad ottenere una coppia di variabili casuali normali standardizzate partendo dall'estrazione di 2 numeri casuali da una distribuzione uniforme  $U(0,1)$ . In particolare una volta estratti due numeri  $u_1$  e  $u_2$  è possibile costruire due variabili casuali normali standardizzate  $Z_1$  e  $Z_2$  in modo che:

$$Z_1 = \sqrt{-2 \ln r_1} \times \cos(2\pi r_1) \quad Z_2 = \sqrt{-2 \ln r_1} \times \sin(2\pi r_1)$$

Affianco al metodo dell'inversione, un secondo metodo utilizzabile facilmente sia in caso di distribuzione di probabilità normali che non, è il metodo del rigetto. In tal caso si parte da una funzione di densità di probabilità ( $f(x)$ ), si individua il punto di massimo di tale funzione ( $f_{\max}$ ) e si definisce un intervallo di valori ( $x_1, x_2$ ) della variabile casuale descritta dalla funzione di densità. Dopo di che si generano coppie di numeri casuali uniformemente distribuiti. In particolare si generano  $N$  valori di  $x_i$  uniformemente distribuiti in ( $x_1, x_2$ ) e per questi  $N$  valori di  $x$  si generano altri  $N$  valori  $y_i$  uniformemente distribuiti in ( $0, f_{\max}$ ). Dopo di che si confrontano gli  $y_i$  generati con gli  $f(x_i)$  e in particolare:

- Se  $y_i < f(x_i)$  il punto  $x_i$  viene accettato

- Se  $y_i > f(x_i)$  il punto  $x_i$  viene rigettato

Nella figura 9 è possibile avere una rappresentazione del funzionamento di tale metodo

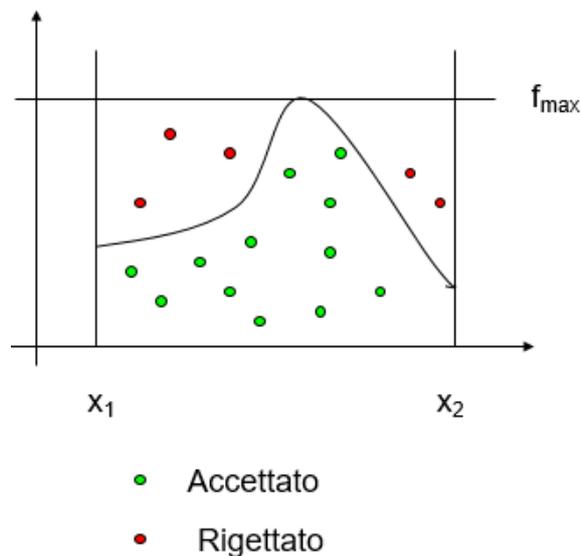


Figura 9 – Metodo del rigetto

I vantaggi di tale metodo sono dati dalla sua semplicità ma allo stesso tempo comporta alcuni problemi per via della scelta difficile degli estremi dell'intervallo  $(x_1, x_2)$ , ma soprattutto in termini di qualità del calcolo quando  $f(x)$  presenta picchi molto accentuati che portano a rigettare un'elevata quantità di numeri generati casualmente.

I numeri generati casualmente tramite questi metodi in realtà possono anche non essere definiti numeri casuali. Infatti sono previste 3 categorie di numeri casuali<sup>1</sup>:

- Numeri veramente casuali: sono numeri che per essere generati non seguono un determinato algoritmo e quindi sono completamente imprevedibili
- Numeri pseudo-casuali: sono numeri che invece si basano su un algoritmo e quindi la loro sequenza è determinabile. Possono sembrare casuali solo per coloro che non conoscono l'algoritmo sottostante.
- Numeri quasi casuali: sono numeri che si basano sempre su un algoritmo che non cercano di sembrare casuali ma cercano piuttosto di riprodurre una serie di numeri nella maniera più uniforme possibile

<sup>1</sup> James F. (1988) *A Review of Pseudorandom Number Generation*, CERN Report Data Handling Division DD/88/22, Ginevra

Per verificare inoltre la qualità del generatore di numeri casuali, tali generatori devono possedere alcune proprietà<sup>1</sup>:

- Buona distribuzione: cioè i numeri casuali generati seguono la funzione di distribuzione di partenza
- Lungo periodo: questo è riferito al fatto che, nel caso di numeri pseudo-casuali e quasi casuali, essendo basati su algoritmo, dopo una certa quantità i numeri generati si ripetono. Maggiori saranno i numeri generabili senza la presenza di ripetizioni, maggiore sarà la qualità del generatore.
- Ripetibilità: cioè la possibilità di ripetere il calcolo con gli stessi numeri casuali della precedente generazione
- Efficienza: cioè la capacità di generare il maggior numero di numeri casuali nel minor tempo possibile

Sono presenti anche alcuni test statistici per confermare la qualità dei generatori utilizzati e in particolare il più importante è il test chi-quadrato. Tale test si basa sulla comparazione fra funzione di distribuzione ottenuta con i numeri casuali e funzione di distribuzione di partenza. In particolare si prendono le frequenze  $n_i$  dei valori ottenuti tramite la generazione di numeri casuali e li si confronta con le frequenze  $e_i$  attese ricavabili dalla distribuzione di probabilità di partenza. Dopo di che si costruisce la statistica test partendo da una funzione di perdita

$$Q = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i}$$

In questo modo

$$Q \xrightarrow{d} X_{k-1, \alpha}^2$$

Se  $Q = 0$ , le frequenze generate corrispondono a quelle teoriche, se  $Q > 0$ , invece, non coincidono.

Una volta stabilito il metodo da utilizzare per il calcolo dei numeri casuali, Kim, J., Malz, A. M., Mina, J.<sup>2</sup> hanno previsto la suddivisione della procedura di simulazione in 2 fasi:

---

<sup>1</sup> James F. (1988) *A Review of Pseudorandom Number Generation*, CERN Report Data Handling Division DD/88/22, Ginevra

<sup>2</sup> Kim, J., Malz, A. M., Mina, J. (1999). *LongRun Technical Document*. RiskMetrics Group.

- Simulazione di livello 1: simulazione dell'andamento dei fattori di rischio alle date prefissate
- Simulazione di livello 2: simulazione dell'andamento dei fattori di rischio nei periodi di tempo non ricoperti dalla simulazione di livello 1 (in particolare quelli compresi fra due date prefissate)

#### 2.2.4 STIMA DEL CFAR

Una volta simulati i diversi scenari dei fattori di rischio si passa a calcolare il valore dei cash flow a seconda dei diversi scenari, tramite l'utilizzo di equazioni o del proforma statement dei cash flow come abbiamo visto. I valori così ottenuti vengono messi in ordine in modo da ottenere una distribuzione di probabilità e sulla base di tale distribuzione si passa al calcolo del CFaR, come visto nel capitolo 1. In particolare si calcola il percentile di tale distribuzione in base al livello di confidenza prefissato, che ci fornisce il MCFP e dalla differenza fra valore atteso dei cash flow e MCFP possiamo determinare il CFaR.

Dalla distribuzione finale ottenuta, oltre al CFaR, è possibile in realtà calcolare anche altre misure di rischio come: expected shortfall, cioè il valore atteso delle perdite superiori al CFaR, come definito nel Capitolo 1, deviazione standard, in questo caso riferita chiaramente al valore dei cash flow simulati, e livello di confidenza, cioè la probabilità che i cash flow non scendano sotto un certo livello target. Questo permette di ottenere ulteriori informazioni utili sull'impresa e rende i metodi simulati più vantaggiosi rispetto ad altri metodi.

### 2.3 Calcolo CFaR tramite Python

Python è definito come<sup>1</sup> un linguaggio di programmazione interpretato, ad alto livello ed orientato agli oggetti, che negli ultimi anni risulta essere molto diffuso e avere un campo di applicazione molto ampio. Fino a poco tempo fa, Python però era considerato quasi completamente irrilevante all'interno delle imprese finanziarie e non. A partire dal 2014 si sono sviluppati diversi progetti presso grandi istituti finanziari che avevano come obiettivo la diffusione del linguaggio di programmazione Python. Alcuni esempi possono

---

<sup>1</sup> <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>

essere il progetto Quartz della Bank of America Merrill Lynch o il progetto Athena di JP Morgan Chase, i quali hanno portato alla nascita di piattaforme dove migliaia di sviluppatori hanno la possibilità di utilizzare i codici già creati, modificarli oppure crearne di nuovi, proprio per permettere una più veloce diffusione di Python all'interno del mondo finanziario. I motivi per il quale Python ha ottenuto una recente diffusione e successo sono dati dalle caratteristiche proprie di questo linguaggio di programmazione. In particolare:

- Open source: infatti Python e la maggior parte delle librerie disponibili sono open source
- Multiplatforma: cioè Python è disponibile per i principali sistemi operativi (Windows, Linux, Mac OS)
- Sintassi facile da imparare: il quale può dipendere dal fatto che le tipologie di funzioni vengono dedotte direttamente dal programma e non devono essere dichiarate ogni volta, come invece avviene nei principali linguaggi di programmazione, ma anche dal fatto che in Python per dividere i vari blocchi di codice e dare un ordine di lettura al programma si preferisce utilizzare l'indentazione, piuttosto che parentesi o punti e virgola. Questo permette una maggiore leggibilità e una riduzione dei costi di manutenzione.
- Ampia disponibilità di librerie: infatti Python può essere considerato un ecosistema in cui sono disponibili un gran numero di librerie che possono essere utilizzate in qualsiasi momento importandole quando risulta necessario. Fra le librerie disponibili particolarmente interessanti e che verranno utilizzate nel corso della trattazione sono: 1) math, fornisce alcune funzioni matematiche non disponibili direttamente su Python 2) NumPy, serve principalmente per creare un insieme ordinato di elementi omogenei o eterogenei 3) SciPy, fornisce alcune funzioni utili in finanza 4) matplotlib, serve per disegnare e visualizzare grafici

L'obiettivo di questo paragrafo sarà quindi quello di dimostrare come il linguaggio di programmazione Python possa essere utilizzato anche per la misurazione dei rischi all'interno delle aziende e in particolare per il calcolo del CFaR descritto precedentemente.

Per descrivere le potenzialità di tale linguaggio si partirà da un esempio semplice di calcolo del CFaR. In particolare si prenderà in considerazione un'impresa che risulta

soggetta ad un unico fattore di rischio, in particolare rischio di cambio EUR/USD, il quale avrà un impatto esclusivamente sul valore dei ricavi, componente che abbiamo visto essere alla base del calcolo dei cash flow aziendali. Tale impatto viene descritto dall'equazione già vista precedentemente:

$$\text{RICAVI} = \text{RICAVI IN VALUTA NAZIONALE} + \text{RICAVI IN VALUTA ESTERA} \times \text{TASSO DI CAMBIO USD/EUR}$$

Per analizzare l'impatto sul valore dei cash flow, che è quello che serve effettivamente per il calcolo del CFaR, conviene utilizzare il proforma statement dei cash flow. In particolare supponiamo l'impresa si trovi di fronte ad un proforma statement di questo tipo:

Cash flow statement riferito ad un anno (01/06/2017-01/06/2018) (espresso in milioni di euro):

<b>Utile Netto</b>	348
Ammortamenti/Accantonamenti	100
Variazione attivo/passivo circolante	10
Investimenti/Disinvestimenti attività a lungo termine	(120)
Variazione livello del capitale acquisito a lungo termine	(20)
Dividendi (30% Utile netto)	(104.4)
<b>Cash Flow</b>	<b>213.6</b>

Poiché il rischio di cambio incide esclusivamente sul valore dei ricavi dell'impresa conviene prendere in considerazione anche il proforma statement del conto economico. In particolare avremo:

Conto Economico riferito ad un anno (01/06/2017-01/06/2018) (espresso in milioni di euro):

Ricavi	3000
di cui in valuta USD (10%)	300
Costi operativi diretti	(1800)
Costi operativi indiretti	(500)
Proventi finanziari	30
<b>EBITDA</b>	<b>730</b>
Ammortamenti/Accantonamenti	(100)

<b>EBIT</b>	630
Oneri finanziari	(50)
<b>EBT</b>	580
Tasse (40%)	(232)
<b>Utile Netto</b>	348

Una volta definiti i rischi e come impattano sul valore dei cash flow, nella seconda fase si passa alla definizione della distribuzione di probabilità che descrive il fattore di rischio preso in esame, cioè il rischio di cambio. In tal caso si è deciso di prendere come distribuzione di probabilità che meglio approssima l'andamento del tasso di cambio la distribuzione normale. Di tale distribuzione dobbiamo quindi essere in grado di definire valore atteso e deviazione standard. Come abbiamo visto durante la trattazione del capitolo 2, possiamo ricavare tali parametri tramite due metodologie, ma in questo caso utilizzeremo il metodo delle informazioni correnti dal mercato. In particolare per quanto riguarda il valore atteso si andrà a guardare il prezzo dei futures EUR/USD ad un anno che al 01/06/2017 è uguale a 1.145. Ne consegue che il valore atteso del tasso di cambio USD/EUR sarà uguale a 0.873. Per quanto riguarda la deviazione standard si farà riferimento al concetto di volatilità implicita e si andrà a guardare il prezzo delle opzioni call su EUR/USD e le varie componenti necessarie e alla base del Modello di Black-Scholes. A questo punto possiamo applicare il modello di Newton o metodo delle tangenti utilizzando un codice Python e ottenere quindi la nostra volatilità implicita.

Innanzitutto si vanno ad importare alcune funzioni dalle librerie math e SciPy:

```
from math import log, sqrt, exp
from scipy import stats
```

Dopo di che si passa a definire i valori del modello di Black-Scholes che già conosciamo:

```
S0 = 1.121
K = 1.12
T = 1
r = -0.0033
sigmastimato = 0.10
C0 = 0.052
```

Dove:

$S_0$  è il tasso di cambio EUR/USD al 01/06/2017

$r$  è il tasso risk free e viene preso come valore di riferimento l'Euribor a 3 mesi al 01/06/2017

$\sigma$  è il primo valore della volatilità implicita che si inserisce all'interno del modello di Newton e che si pensa sia il valore che stiamo cercando

$C_0$  è il prezzo che si osserva sul mercato per tale tipologia di opzione

Dopo di che si vanno a generare i vari scenari come previsto dal modello di Newton e in particolare se ne vanno a prendere 100:

```
scen = 0
while scen<100:
    d1 = (log(S0/K)+(r+0.5*sigmastimato**2)*T)/(sigmastimato*sqrt(T))
    d2 = (log(S0/K)+(r-0.5*sigmastimato**2)*T)/(sigmastimato*sqrt(T))
    value=(S0*stats.norm.cdf(d1,0.0,1.0)-K*exp(-r*T)*stats.norm.cdf(d2,0.0,1.0))
    vega = S0*stats.norm.cdf(d1,0.0,1.0)
    sigmastimato -= (value - C0)/vega
    print sigmastimato
    scen += 1
```

In questo modo otterremo come output tutti i valori delle volatilità implicite stimate da ogni singolo scenario e notiamo che con il passare degli scenari la volatilità implicita tende ad un determinato valore pari a 0.11919948762 che possiamo approssimare al 12%. Tale valore della volatilità implicita è riferito al tasso di cambio EUR/USD ma può essere applicato anche al tasso USD/EUR in quanto direttamente collegato.

La terza fase del processo di calcolo del CFaR prevede la generazione degli scenari. Anche in questo caso tramite un codice Python siamo in grado di generare un numero elevatissimo di numeri pseudo-casuali che seguano in questo caso una distribuzione normale. In particolare come prima cosa andiamo ad importare la libreria NumPy che ci servirà per generare i numeri pseudo-casuali:

```
import numpy as np
```

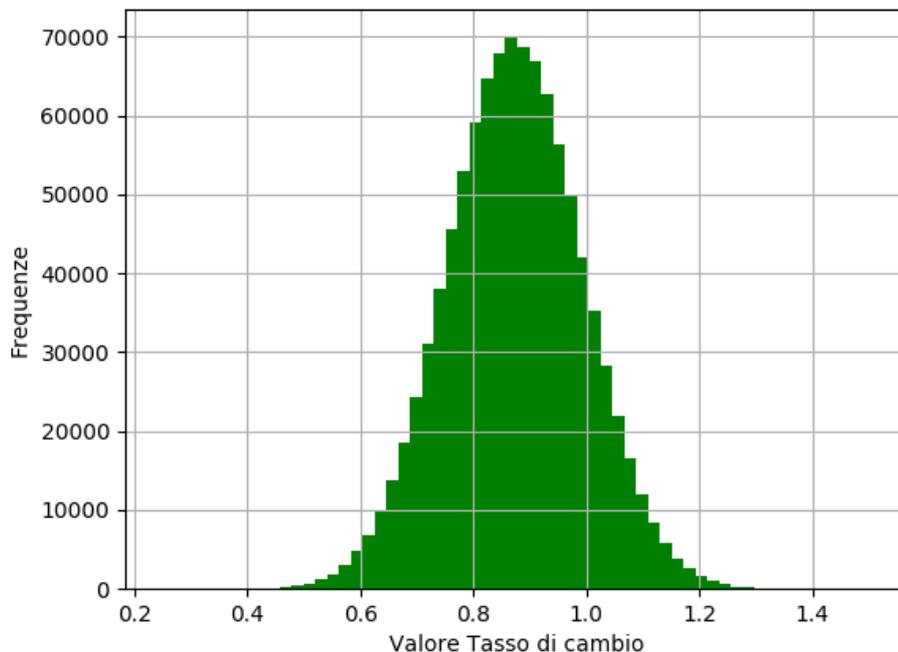
Dopo di che si passa alla generazione dei numeri pseudo-casuali tenendo in considerazione valore atteso e scarto quadratico calcolato precedentemente:

```
valoreatteso = 0.873
scartoquadratico = 0.12
x = np.random.normal(valoreatteso, scartoquadratico, 1000000)
```

All'interno della funzione `np.random.normal`, 1000000 rappresenta il numero di scenari che si intende generare. Maggiore sarà tale valore, più attendibile sarà il CFaR calcolato. NumPy mette a disposizione anche altre funzioni nel caso in cui il fattore di rischio si distribuisca secondo una diversa funzione. Alcuni esempi sono `np.random.exponential` oppure `np.random.lognormal`, nel caso di una distribuzione esponenziale o lognormale. Tramite l'utilizzo della libreria `matplotlib` siamo in grado di dimostrare e verificare che i valori ottenuti pseudo-casualmente si distribuiscono effettivamente con una normale. In particolare:

```
import matplotlib.pyplot as plt
plt.hist(x, bins=60, color='g')
plt.xlabel('Frequenze')
plt.ylabel('Valore Tasso di cambio')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Come output si avrà:



Nella quarta ed ultima fase si ha la stima del CFaR. In tale fase, come abbiamo visto, bisogna innanzitutto calcolare il valore dei cash flow sulla base degli scenari del tasso di cambio e per farlo bisogna utilizzare il proforma statement definito precedentemente. Al livello di Python possiamo anche qui fare uso di un codice. In particolare inizialmente definiamo le singole variabili che portano al valore del cash flow come descritto nel proforma statement:

```
ricaviEUR = 2700
ricaviUSDineuro = 300
ricaviUSD = 300/valoreatteso
costiopdir = 1800
costiopind = 500
provfin = 30
amm = 100
onerifin = 50
tasse = 0.4*(ricaviEUR+ricaviUSDineuro-costiopdir-costiopind+provfin)\
        -amm-onerifin)
attpasscirc = 10
inlungotermine = 120
capitlungotermine = -20
div = 0.3* (ricaviEUR+ricaviUSDineuro-costiopdir-costiopind+provfin)\
        -amm-onerifin-tasse)
cashflowatteso = ricaviEUR+ricaviUSDineuro-costiopdir-costiopind+provfin-amm\
        -onerifin-tasse+amm+attpasscirc\
        +inlungotermine+capitlungotermine-div
```

Dove il valore di cashflowatteso che si ottiene da tale codice dovrebbe restituire 213.6 come calcolato nel proforma statement. Dopo aver impostate tutte le variabili andiamo a calcolare i vari cash flow simulati prendendo in considerazione la funzione x definita precedentemente e che mi restituiva il valore dei tassi di cambio simulati. In particolare si ha:

```
cashflowsimulati = ricaviEUR+(ricaviUSD*x)-costiopdir-costiopind+provfin-amm\
        -onerifin-tasse+amm+attpasscirc\
        +inlungotermine+capitlungotermine-div
```

Successivamente si passa ad ordinare i cash flow ottenuti dal più piccolo al più grande e si va a calcolare il percentile a seconda del livello di confidenza prefissato che mi darà il MCFP. La differenza fra valore atteso e MCFP mi restituisce il CFaR. In particolare tale

procedimento tramite Python si ottiene tramite l'utilizzo della libreria NumPy e in particolare:

```
import numpy as np
Cashflowordinati = np.sort(cashflowsimulati)
percentile = 5
MCFP = np.percentile(Cashflowordinati,percentile)
CFaR = cashflowatteso - MCFP
print 'Cash Flow at Risk 95% =', CFaR
```

In questo caso si otterrà come output il valore del CFaR al 95% che è all'incirca 67.91 e ci indica che con probabilità del 95% il valore dei cash flow non diminuirà più di 67.91 partendo dal valore atteso di 213.6. Se ripetiamo la simulazione più di una volta otterremo valori diversi del CFaR anche se molto vicini al valore di 67.91. Per far sì che non ci siano grandi differenze fra una simulazione ed un'altra è sufficiente aumentare il numero di scenari simulati del fattore di rischio in esame, che in questo caso erano 1000000.

In appendice A è possibile trovare il codice Python completo e ordinato per il calcolo del CFaR.

## CAPITOLO 3: Vantaggi e svantaggi del CFaR

Durante la trattazione dei primi due capitoli è stato possibile descrivere alcuni dei vantaggi e svantaggi dati dall'utilizzo di strumenti di misurazione del rischio all'interno delle imprese, nonché dalla scelta del CFaR come strumento di riferimento piuttosto che altri strumenti. In questo capitolo si cercherà di analizzare in maniera più dettagliata in che modo il CFaR può essere utile per le aziende, tenendo però in considerazione anche alcuni svantaggi derivanti dall'utilizzo di questo strumento.

È possibile individuare 3 vantaggi fondamentali:

- Possibilità di monitorare il rischio di liquidità. Questo perché se si calcola il CFaR si può rilevare eventuali sue variazioni in aumento che comportano un incremento della probabilità che l'impresa non riesca a generare sufficienti cash flow per far fronte ai propri costi ed evitare così che per risolvere questo problema l'impresa sia costretta a chiedere nuovo capitale a prestito, aumentando il rischio di default, oppure a ridurre i propri investimenti, diminuendo quindi la profittabilità dell'impresa. Il monitoraggio del rischio di liquidità è reso possibile anche grazie alla scelta dei cash flow come valori di riferimento piuttosto che utili o valore delle attività. Tale argomento verrà analizzato più nel dettaglio all'interno del paragrafo 3.1.
- Possibilità di creare valore per l'azienda. Questo è strettamente collegato alla maggiore consapevolezza che l'azienda acquisisce in tema di intervento per ridurre i rischi. In particolare il CFaR permette di tenere sotto controllo il livello di rischio dell'impresa e prendere decisioni di copertura adeguate in quanto è possibile verificare la situazione aziendale in caso di copertura o in assenza di copertura e dà quindi la possibilità di capire se conviene effettivamente coprirsi da un determinato rischio oppure no. In questo modo si dovrebbe riuscire a diminuire la volatilità dei cash flow e quindi garantire una minore variabilità del prezzo delle azioni. Tale argomento verrà analizzato più nel dettaglio all'interno del paragrafo 3.2
- Possibilità di applicazione di tale strumento per la valutazione aziendale. In particolare è possibile strutturare un modello di valutazione aziendale che si basa sul CFaR e che può essere considerato sostitutivo del Discounted Cash Flow

(DCF). Tale argomento verrà analizzato più nel dettaglio all'interno del paragrafo 3.3

Altri vantaggi molto rilevanti derivanti dall'uso del CFaR possono essere:

- Maggiore consapevolezza dei rischi a cui l'impresa è sottoposta. Questo risulta essere molto importante in quanto c'è una sempre maggiore necessità di conoscere i propri rischi aziendali in virtù anche di un sempre più vasto processo di globalizzazione che ha portato ad un aumento dei rischi al quale un'impresa è sottoposta. In particolare particolarmente importanti sono gli aumenti in termine di rischi di mercato, soprattutto per quanto riguarda il rischio di cambio. Infatti per via della globalizzazione le imprese investono sempre di più in diversi paesi, sostenendo dei costi e ottenendo ricavi in una valuta diversa da quella nazionale.
- Miglioramento dei rapporti interni ed esterni. Questo perché l'utilizzo di strumenti di misurazione del rischio come CFaR portano ad essere più agevolati anche nei rapporti con gli intermediari finanziari (es. banche) poiché la banca si interfaccia con soggetti che sono in grado di monitorare e gestire i propri rischi e quindi di conseguenza il loro merito creditizio migliora. Altri vantaggi riguardano i rapporti con gli investitori, che risultano essere più sicuri e quindi più incentivati ad investire quando l'azienda possiede un sistema di gestione dei rischi in quanto i guadagni e i cash flow aziendali risultano essere meno volatili e quindi la profittabilità dell'azienda risulta essere meno soggetta a rischio.
- Approccio integrato del CFaR. Questo permette di analizzare contemporaneamente più fonti di rischio anche diversi tra di loro e stabilire quali abbiano una maggiore incidenza sul valore dei cash flow attuando poi le opportune azioni per migliorare il profilo di rischio dell'azienda.
- Miglioramento delle scelte d'investimento, cioè l'impresa può decidere di modificare le proprie scelte d'investimento anche in virtù di un possibile aumento del CFaR che possono comportare, cosa che non avrebbe fatto prima in virtù dell'assenza di strumenti di misurazione del rischio.
- Miglioramento nella scelta della struttura finanziaria aziendale, in particolare l'impresa tenendo conto dei rischi a cui è esposta sceglierà una struttura finanziaria, cioè un rapporto d'indebitamento, che non possa comportare il default dell'azienda nel caso in cui si verifichi una diminuzione dei cash flow.

Gli svantaggi derivanti dall'utilizzo del CFaR riguardano invece:

- Impossibilità di rilevare situazioni di forte stress. Per questo motivo è stato introdotto un nuovo strumento di misurazione del rischio in grado di rilevare tali situazione e denominato expected shortfall
- Possibilità di minore accuratezza del CFaR. Questo può dipendere da alcune scelte svolte per il calcolo dello stesso CFaR. In particolare per quanto riguarda:  
1) metodologie di stima dei parametri delle distribuzioni di probabilità. In questo caso la scelta del metodo delle informazioni correnti dal mercato può portare a risultati fuorvianti nel caso in cui gli strumenti di riferimento presenti sul mercato possano essere poco liquidi e quindi i loro valori risultino essere poco indicativi; in queste situazioni si preferisce quindi i metodi econometrici. Questi ultimi metodi risultano invece fuorvianti se i dati storici sui valori che stiamo analizzando sono soggetti a forti variazioni improvvise. 2) qualità del metodo utilizzato per legare l'andamento del fattore di rischio al valore dei cash flow. In particolare l'impresa può non avere utilizzato un metodo adeguato per collegare l'andamento di un fattore di rischio al valore dei cash flow oppure può non aver tenuto conto di alcuni rischi.

### 3.1 CFaR come strumento di misurazione del rischio di liquidità

Fra i vari vantaggi analizzati è stato evidenziato il fatto che il CFaR sia una buona proxy del rischio di liquidità al quale un'azienda è sottoposta. Allo stesso tempo però il CFaR non ci fornisce tutte le informazioni necessarie. In particolare misurare la volatilità dei cash flow non avrebbe alcun senso se non si tenesse conto dei costi che si potrebbero generare se l'azienda generasse determinati livelli di cash flow. L'obiettivo principale dei risk manager all'interno delle aziende dovrebbe essere infatti quello non di eliminare la volatilità ma di eliminare l'esposizione a quei rischi che possono comportare situazioni maggiormente costose per l'azienda. In particolare fra i costi aggiuntivi che l'impresa deve sostenere in caso di determinati livelli di cash flow abbiamo i costi di fallimento, che possono essere diretti, ad esempio la nomina dei liquidatori, oppure indiretti, ad esempio peggioramento dei rapporti con soggetti terzi quali fornitori, clienti o banche oppure processo decisionale più rigido che può comportare il rischio di non accettare

progetti d'investimento anche se a VAN positivo. Altri costi si presentano in una situazione ancora non di fallimento ma semplicemente di dissesto finanziario, cioè quando l'azienda non è in grado di far fronte alle proprie obbligazioni finanziarie ma non si trova ancora in una procedura concorsuale, e in tal caso si parla principalmente di costi indiretti. Un esempio è legato al conflitto d'interessi che si viene a creare fra azionisti e obbligazionisti. In particolare gli azionisti hanno incentivo ad investire in progetti d'investimento rischiosi anche se a VAN negativo, il che comporterebbe un aumento dei costi e una maggiore uscita di cassa. Questo avviene perché il prezzo delle loro azioni aumenta in quanto c'è una possibilità che tale progetto possa avere successo, mentre se il progetto va male in una situazione di dissesto l'azionista non perderebbe nulla, in quanto la cassa in eccesso andrebbe a ripagare il debito degli obbligazionisti. Per fare in modo che vengano presi in considerazione anche tali costi bisognerà legare il valore del CFaR alla capacità d'indebitamento dell'azienda. In particolare si terranno conto di tali costi a partire da un certo livello predeterminato di cash flow, che corrisponde al punto in cui l'azienda si trova in una situazione di dissesto finanziario e che quindi sarà collegato alla capacità di indebitamento dell'azienda. In questo modo una riduzione del livello dei cash flow più alta, in quanto meno desiderabile, verrà penalizzata maggiormente.

Il primo a prendere in considerazione questi aspetti è stato Fishburn<sup>1</sup> con il modello Lower Partial Moment (LPM). Tale modello si basa su questa formula:

$$F_{\alpha}(t) = \int_{-\infty}^t (t - x)^{\alpha} dF(x)$$

Dove

$F(x)$  rappresenta la probabilità che i cash flow non scendi al di sotto di un certo livello  $x$

$x$  rappresenta il livello dei cash flow futuri

$t$  rappresenta il livello soglia al di sotto del quale abbiamo bisogno di nuovi fonti di finanziamento

$\alpha$  rappresenta la penalità che l'impresa paga per superare un certo livello soglia

---

<sup>1</sup> Fishburn, P.C. (1977) *Mean-risk Analysis with Risk Associated with Below Target Returns*. American Economic Review

Successivamente si è sviluppato un nuovo modello il Conditional Lower Partial Moments (CLPM)<sup>1</sup> che si differenzia dal primo modello per il fatto che tiene conto anche della capacità d'indebitamento dell'azienda. In particolare tale modello si basa sulla seguente formula:

$$F_{\alpha}(t_1 t_2) = \int_{-\infty}^{t_1} (t_1 - x)^{\alpha} dF(x) \quad \text{con} \quad (t_1 - x) = 0 \quad \forall y \leq t_2$$

Dove

$t_1$  rappresenta il livello soglia al di sotto del quale abbiamo bisogno di nuovi fonti di finanziamento

$t_2$  rappresenta il livello soglia della proxy della capacità di indebitamento oltre il quale non possiamo più indebitarci

$y$  è il nostro livello della proxy della capacità di indebitamento

Tramite questa formula possiamo suddividere i livelli di cash flow non rischiosi, dove è possibile coprire la diminuzione del livello del cash flow tramite capitale preso a prestito e mantenere i progetti di investimento su cui si è investito, da quelli rischiosi, dove non è possibile la piena copertura tramite capitale preso a prestito.

Particolarmente importante è il metodo di calcolo del parametro  $t_2$ . In particolare si guarda a 3 possibili proxy:

- Rapporto di indebitamento: ci indica il peso del capitale di credito rispetto al capitale di rischio. Ponendo un livello soglia a tale rapporto indichiamo quanto capitale di credito l'impresa può acquisire rispetto al suo capitale di rischio senza cadere in una situazione di dissesto finanziario e subire ulteriori costi. Questo si verifica perché un rapporto d'indebitamento alto comporta una maggiore difficoltà nel ripagare il debito preso a prestito e quindi anche una maggiore difficoltà a reperire ulteriore capitale perché per la banca l'azienda risulta essere più rischiosa.

---

<sup>1</sup> Jankensgard, H. (2008) *Cash Flow-at-Risk and Debt Capacity*. Lund Institute of Economic Research Working Paper Series

- **Convenant:** è un accordo tra impresa e finanziatori con il quale si vincola il rapporto d'indebitamento dell'azienda. È possibile quindi prendere come proxy tale livello al di sopra del quale i finanziatori ritirerebbero tutto il capitale, comportando una situazione di dissesto
- **Indici finanziari:** si possono prendere come proxy tutti quegli indici che solitamente portano ad un downgrading del merito creditizio dell'azienda e quindi ad una maggiore difficoltà a reperire ulteriore capitale a prestito.

Se si volesse mantenere invece l'utilizzo del CFaR come strumento di misurazione del rischio si potrebbe calcolare la capacità di indebitamento, prendendo in considerazione le proxy viste per il CLPM, e quantificare quindi in termini monetari quanto ancora debito posso acquisire. Dopo di che verificare se il CFaR supera la soglia oltre il quale risulta necessario nuovo debito e, se supera anche la soglia oltre il quale non posso più indebitarmi, bisognerà aggiungere i costi aggiuntivi che si presuppone di sostenere in caso di situazione di dissesto finanziario al valore del CFaR. In questo modo il CFaR risulterà molto più alto proprio per evidenziare il maggiore rischio dovuta alla possibilità che ha l'impresa di ricadere in una situazione di dissesto finanziario.

Un altro aspetto in termini di rischio di liquidità che non viene descritto a pieno nel CFaR è la flessibilità finanziaria. Un'impresa si dice flessibile dal punto di vista finanziario se è in grado di rispondere in modo adeguato a shock negativi dei cash flow. Tale caratteristica dipende dal livello di cassa dell'azienda e dalle scelte sulla struttura finanziaria e sulla politica di dividendi che permettono di ottenere capitale aggiuntivo a costi contenuti. La capacità di indebitamento incide quindi direttamente sulla flessibilità finanziaria dell'azienda. Più nel dettaglio le fonti principali di flessibilità finanziaria sono:

- **Cassa detenuta:** la cassa infatti rappresenta una fonte di liquidità disponibile in qualsiasi momento a differenza delle linee di credito dove la liquidità risulta essere condizionata e in particolare risulta dipendere dalla capacità dell'impresa di mantenere sempre lo stesso merito creditizio e di rispettare i covenant. Questo comporta che le due fonti di liquidità vengano utilizzate differentemente. In particolare la cassa viene utilizzata come protezione da eventuali shock futuri dei cash flow, mentre le linee di credito rappresentano un strumento utile per sfruttare eventuali progetti d'investimento redditizi futuri.

- Capacità d'indebitamento: come già visto esso rappresenta la capacità massima dell'impresa di richiedere nuovo capitale a prestito e superato il livello massimo l'impresa può incorrere in una situazione di dissesto finanziario. Viene considerata una fonte di flessibilità finanziaria proprio perché ci indica quanto può essere grande lo shock dei cash flow che può essere coperto tramite la richiesta di nuovo capitale. Più è grande la capacità d'indebitamento più ovviamente l'impresa avrà flessibilità finanziaria.
- Asset vendibili: nelle imprese non finanziarie la presenza di diversi asset illiquidi rappresenta un problema per la stessa flessibilità finanziaria dell'azienda. Questo perché non si è in grado di vendere in qualsiasi momento i propri asset in modo da fronteggiare eventuali shock dei cash flow.
- Distribuzione di cassa agli azionisti: Meno azioni proprie e dividendi da distribuire più flessibilità finanziaria. Inoltre la distribuzione di azioni proprie piuttosto che dei dividendi garantisce una maggiore flessibilità. Questo perché si preferisce che i dividendi siano costanti e quindi in periodi di shock dei cash flow in caso di un livello di dividendi più basso l'azienda non si troverebbe obbligata a dover pagare maggiori dividendi ma può utilizzare la cassa disponibile per ripagare la diminuzione dei cash flow.

Un'elevata flessibilità finanziaria non rappresenta sempre un bene per un'azienda. Infatti se l'impresa decide di mantenere troppa cassa ferma, la flessibilità finanziaria sicuramente aumenta, ma dall'altra parte la redditività aziendale diminuisce in virtù del fatto che non si investe in progetti che possono portare a maggiori ricavi e quindi maggiori flussi di cassa per l'azienda.

### 3.2 CFaR come strumento di creazione del valore

Un altro vantaggio che il CFaR garantisce è la possibilità di fornire informazioni necessarie per prendere decisioni di copertura, che permettono di aumentare il valore dell'azienda. Per analizzare questo vantaggio, si parte dalla descrizione delle tre aree che come già visto possono generare cash flow: area operativa, area d'investimento e area di finanziamento. Sapendo che l'area operativa è l'area fornitrice di fondi interni, l'area di finanziamento è l'area fornitrice di fondi esteri e infine l'area d'investimento rappresenta

la domanda di fondi, allora dobbiamo fare in modo che fondi interni + fondi esterni = domanda di fondi, questo indipendentemente da come si muovono le tre aree in base all'andamento dei fattori di rischi a cui è esposta l'impresa. Per questo motivo bisogna chiedersi se in caso di andamento avverso dei fattori di rischio la nostra azienda sia in grado di coprire tramite fonti di finanziamento interne ed esterne la domanda di fondi o sono necessari ulteriori interventi di copertura. Entrando più nel dettaglio, dopo aver reso variabile il prezzo di vendita dei prodotti e considerato tale variabilità un fattore di rischio aziendale, è possibile analizzare gli effetti su ogni singola area. In particolare nel caso dell'area operativa, la figura 10 descrive come variano i cash flow derivanti dall'area operativa al variare dei diversi scenari di prezzo. Più aumenta il prezzo più aumenta il valore dei cash flow.

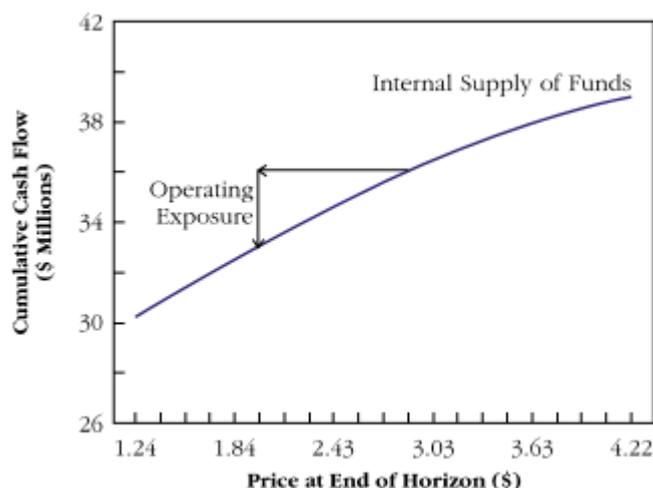


Figura 10 – Andamento cash flow area operativa

Fonte: Mello, A., J. Parsons (1999) *Strategic Hedging*. Journal of Applied Corporate Finance, 12(3), pp.43-54

Per quanto riguarda l'area d'investimento, anche quest'area è legata all'andamento dei fattori di rischio e in particolare nel nostro caso è soggetta alla variabilità del prezzo di vendita dei prodotti. In questo caso variazioni piccole di prezzo non hanno un impatto forte sulle scelte d'investimento e quindi la curva che spiega l'andamento dei cash flow dell'area d'investimento sarà più elastica. Nella figura 11 viene rappresentato questo andamento.

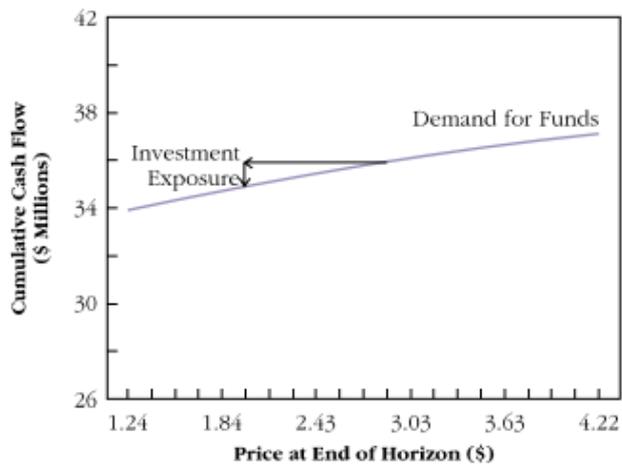


Figura 11 - Andamento cash flow area d'investimento

Fonte: Mello, A., J. Parsons (1999) *Strategic Hedging*. Journal of Applied Corporate Finance, 12(3), pp.43-54

Dal confronto fra fonti interne di finanziamento e domanda di fondi, è possibile determinare un eventuale deficit di fondi interni. Dalla figura 12 possiamo notare come tale deficit è presente al di sotto di un certo livello di prezzo di vendita.

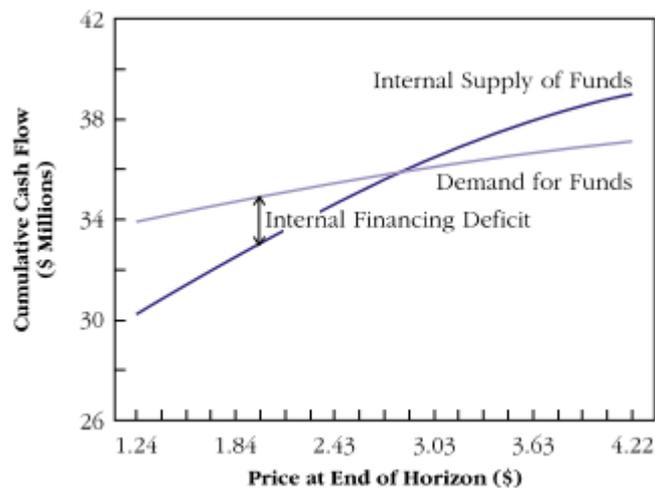


Figura 12 – Deficit di fondi interni

Fonte: Mello, A., J. Parsons (1999) *Strategic Hedging*. Journal of Applied Corporate Finance, 12(3), pp.43-54

Nella figura 13 viene evidenziato il fatto di come sia importante esaminare non solo l'area operativa ma anche le altre aree. Infatti è possibile notare il fatto che in caso di

domanda di fondi elastica per qualsiasi variazione di prezzo non si abbia alcuna situazione di deficit. In questo caso l'azienda non ha alcun incentivo ad intervenire sulla variabilità di tale fattore di rischio.

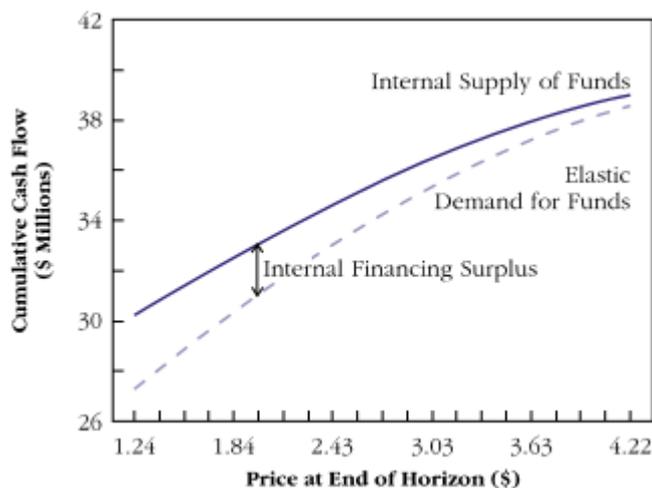


Figura 13 – Surplus di fondi interni con domanda di fondi elastica

Fonte: Mello, A., J. Parsons (1999) *Strategic Hedging*. Journal of Applied Corporate Finance, 12(3), pp.43-54

Riprendendo il caso in cui vi è la possibilità di deficit di fondi interni, si può affermare che tale deficit può essere colmato tramite i flussi di cassa derivanti dall'attività di finanziamento. In tal caso fondamentale è capire qual è la capacità di indebitamento dell'azienda tramite l'utilizzo di alcune proxy come visto nel paragrafo precedente. I flussi di cassa che riusciamo ad ottenere permettono di spostare verso l'alto la curva dell'andamento dei cash flow dell'area operativa, che ora prende il nome di curva della fornitura totale di fondi. Questo fa muovere verso sinistra il livello del prezzo di vendita al di sotto del quale vi è deficit di fondi. La differenza fra le due curve non rappresenta più il deficit di fondi interni ma prende il nome di funding gap. Questa differenza rappresenta un problema sotto un certo livello di prezzo poiché l'impresa non sarebbe in grado di sostenere l'intera domanda di fondi e quindi risulta costretto ad attuare alcune azioni correttive, ad esempio riduzione degli investimenti. Se tali azioni non sono sufficienti si arriva necessariamente ad un aumento dei costi per via della situazione di dissesto in cui si trova l'azienda, come visto nel paragrafo precedente. Tali costi aggiuntivi possono portare quindi ad una riduzione del valore dell'azienda. Per questo

motivo potrebbe essere conveniente attuare delle azioni di copertura, le quali permettono di spostare liquidità da periodi in cui sia ha surplus a periodi di deficit, riducendo il rischio di dissesto e aumentando quindi il valore aziendale (in quanto diminuisce la probabilità di incorrere nei costi aggiuntivi). Tali azioni di copertura vengono incentivate anche dal management, soprattutto per via della loro avversione al rischio. In particolare i manager dell'azienda, a differenza degli azionisti che possono diversificare il proprio rischio tramite scelte di portafoglio adeguate, hanno incentivo a tenere sotto controllo l'esposizione al rischio dell'azienda e ad attuare le opportune azioni di copertura affinché il prezzo delle azioni della propria azienda rimanga stabile nel tempo. Graficamente, come si può vedere nella figura 14, grazie alle azioni di copertura dovremmo ottenere una rotazione della curva dell'andamento dei cash flow dell'area operativa e quindi anche della curva della fornitura totale di fondi.

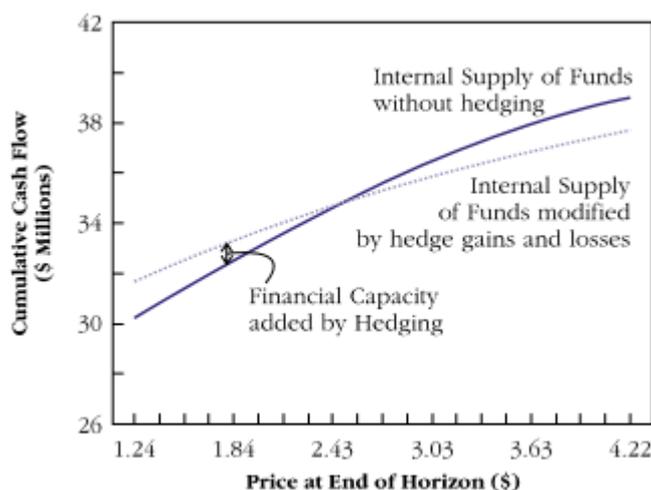


Figura 14 – Azione di copertura

Fonte: Mello, A., J. Parsons (1999) *Strategic Hedging*. Journal of Applied Corporate Finance, 12(3), pp.43-54

L'attività di copertura porta però anche ad alcuni svantaggi come ad esempio:

- Costi aggiuntivi per l'attività di copertura che potrebbero essere utilizzati per ulteriori investimenti
- Problemi di liquidità legati al sistema del mark to market e dei margini

### 3.3 CFaR come strumento di valutazione dell'azienda

Il modello Discounted Cash Flow (DCF) è sicuramente il modello di valutazione aziendale più utilizzato negli ultimi 30 anni, nonostante siano stati proposti nuovi modelli che però non hanno avuto successo al livello pratico, forse perché troppo difficili da implementare. Tale modello si basa su una struttura a due stadi in cui per i primi  $n$  anni i flussi di cassa non seguono un andamento costante, mentre dopo  $n$  anni si presuppone una crescita dei flussi di cassa costante ad un tasso  $g$ . In formula:

$$V(A) = \sum_{i=1}^n \frac{FdC_i}{(1+r_a)^i} + \frac{FdC_{n+1}}{(1+r_a)^n} \frac{r_a - g}{r_a - g}$$

Due sono le variabili da definire in tale formula:

- $FdC$ , che rappresentano i flussi di cassa aziendali. Per calcolare tali flussi si va a prendere il NOPAT al quale si sommano gli ammortamenti e si sottraggono investimenti e variazioni del capitale circolante netto.
- $r_a$ , che invece rappresenta il tasso di attualizzazione. In tal caso viene preso come riferimento il WACC (Weighted Average Cost of Capital) che è definito.

$$WACC = \frac{E}{E+D} r_e + \frac{D}{E+D} r_d (1-t)$$

Dove:

$E$  e  $D$  rappresentano rispettivamente il livello di capitale proprio e di debito

$r_e$  e  $r_d$  rappresentano rispettivamente il tasso d'interesse del capitale proprio e del debito

$t$  rappresenta l'aliquota d'imposta, che risulta presente poiché non abbiamo preso in considerazione gli interessi e il beneficio fiscale della loro deducibilità nel calcolo dei flussi di cassa

Il risultato che si ottiene da tale formula ci fornisce il valore attuale degli asset aziendali, mentre per ottenere il valore del capitale proprio basterà sottrarre a  $V(A)$  la posizione finanziaria netta dell'azienda (rappresentata da  $PFN = \text{Debito} - \text{Cassa}$ ).

Nonostante sia il modello più utilizzato, il DCF presenta alcune limitazioni. Fra le critiche principali che gli vengono mosse abbiamo:

- il tasso utilizzato per attualizzare i flussi di cassa viene calcolato prendendo alcuni parametri da imprese considerate comparabili
- mancata considerazione in modo rilevante di un impatto di un diverso livello di indebitamento sul valore aziendale, in quanto nonostante sia rappresentato il rapporto d'indebitamento all'interno del WACC, il valore di tal tasso tendenzialmente rimane stabile anche in caso di scelte diverse della propria struttura finanziaria.
- FdC che vengono attualizzati sono dei valori attesi dei FdC futuri senza tenere in considerazione la possibilità che tali valori possano essere soggetti ad una determinata variabilità. Inoltre i FdC futuri possono essere costituiti da componenti soggette a diversi fattori di rischio e quindi soggetti a diversa volatilità, quindi il fatto che vengano tutti attualizzati allo stesso tasso non permette di ottenere una stima adeguata del valore aziendale.

Il modello basato sul Cash Flow at Risk invece prevede la suddivisione dei cash flow in due parti, una parte che sarà finanziata tramite debito e quindi verrà attualizzata al tasso d'interesse del debito e un'altra parte che invece sarà finanziata con capitale proprio e quindi sarà attualizzato al tasso d'interesse del capitale proprio. Per ottenere tale suddivisione viene utilizzato il concetto di capitale economico. Il capitale economico è l'ammontare di capitale proprio che l'impresa dovrebbe detenere per coprirsi dal rischio di caduta del valore dei cash flow in base ad una certa probabilità e sarà quindi finanziato tramite equity. Tutto ciò che eccede tale valore viene coperto tramite capitale di debito. In base a questa definizione il capitale economico dovrebbe coincidere con il CFaR. Nella figura 15 abbiamo una rappresentazione di tale suddivisione.

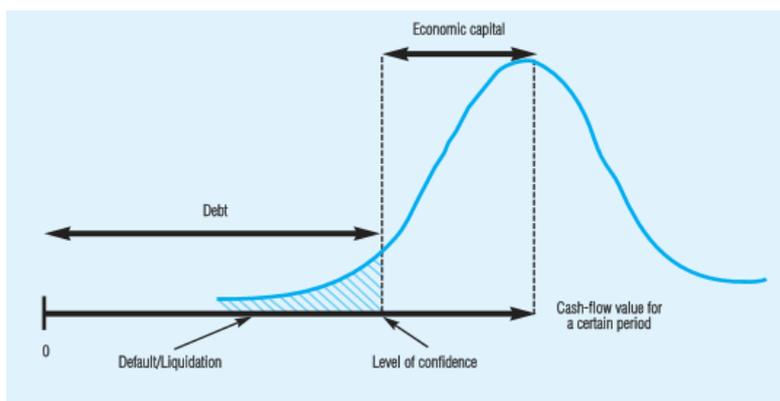


Figura 15 – Rappresentazione situazione di dissesto finanziario

Fonte: Kuti, M. (2011) *Cash Flow at Risk, Financial Flexibility and Financing Constraint*, *Public Finance Quarterly*, 56, 505-517.

Partendo quindi dal livello dei cash flow attesi, che rappresentano FdC utilizzati nel modello DCF, e dalla distribuzione di probabilità che descrive l'andamento dei cash flow futuri, andiamo a calcolare MCFP in base ad un certo livello di confidenza. Questo valore così ottenuto rappresenterà il flusso di cassa che verrà finanziato tramite capitale di credito, in quanto è il livello dei cash flow minimo che si pensa sia in grado di ripagare il debito. Una volta ottenuto il MCFP possiamo calcolare la seconda parte dei cash flow come differenza fra E(CF) e il MCFP che rappresenta il CFaR e che come detto sarà finanziato tramite capitale proprio e quindi attualizzato al tasso di interesse del capitale proprio. In formula si otterrà:

$$V(A) = \sum_{i=1}^n \frac{MCFP_i}{(1+r_d(1-t))^i} + \frac{CFaR_i}{(1+r_e)^i} + \frac{MCFP_{n+1}}{(1+r_d(1-t))^n} + \frac{CFaR_{n+1}}{(1+r_e)^n}$$

La scelta del livello di confidenza risulta determinante in questo caso. Infatti esso dipenderà dal grado di avversione al rischio dell'azienda e quindi dalle sue decisioni sulla struttura finanziaria aziendale. In particolare più si è avversi al rischio più si cerca di ridurre il proprio rapporto d'indebitamento. Un rapporto d'indebitamento più basso farà aumentare il livello di confidenza e sposterà quindi il percentile di riferimento verso sinistra. In questo modo una maggiore perdita inattesa verrà coperta da capitale proprio.

I vantaggi principali dell'utilizzo del metodo di valutazione d'azienda basato sul Cash Flow at Risk sono:

- Una maggiore considerazione dell'esposizione al rischio dell'azienda rispetto al modello DCF
- Il livello d'indebitamento incide direttamente nella valutazione aziendale a differenza del DCF

## Conclusioni

L'elaborato nasce con l'intento di dimostrare l'importanza del ruolo del Risk Management all'interno dell'impresa grazie alla sua capacità di creare valore per l'azienda. Si è voluto quindi analizzare in tutti i suoi aspetti uno degli strumenti di misurazione del rischio più efficaci, il Cash Flow at Risk, e descriverne le sue potenzialità per un utilizzo pratico all'interno delle imprese. In particolare si è evidenziato come tale strumento sia fondamentale come base per permettere al Risk Management di effettuare una gestione dei rischi integrata.

Nella prima parte dell'elaborato si è cercato di descrivere il CFaR e lo si è confrontato con i principali strumenti di misurazione del rischio, mettendo in risalto il fatto che il CFaR rappresenti lo strumento più adatto per le imprese non finanziarie. Uno degli aspetti che sicuramente contraddistingue tale strumento dagli altri è il fatto che, prendendo come benchmark i cash flow aziendali, rappresenta un'ottima proxy del rischio di liquidità, seppur tralasciando alcuni aspetti importanti relativi a tale rischio come è stato descritto anche nell'ultimo capitolo dell'elaborato. Si è cercato comunque di tenere in considerazione che altri strumenti di misurazione del rischio sono comunque molto importanti e considerati per certi versi complementari del CFaR, a partire dall'expected shortfall che nasce proprio dalla mancata analisi da parte del CFaR di una parte di distribuzione dei cash flow futuri che in alcune situazioni risulta invece essere importante da analizzare.

Nel secondo capitolo si è analizzato invece da un punto di vista più analitico il CFaR, evidenziando alcuni punti critici del processo di calcolo che per certi versi potrebbero disincentivarne l'utilizzo, favorendo strumenti di misurazione del rischio più semplici anche se considerati meno efficaci. In particolare si sono evidenziate criticità nel processo di definizione delle distribuzioni di probabilità che dovrebbero rappresentare l'andamento dei fattori di rischio, nel processo di determinazione dei parametri relativi alle distribuzioni di probabilità e infine nel processo di generazione degli scenari e in particolare nella difficoltà dell'applicazione di un metodo adeguato per la generazione di numeri casuali che seguano una determinata distribuzione di probabilità. Parte di queste criticità sono state risolte anche grazie all'utilizzo di Python. Tale linguaggio di programmazione in piena diffusione in altri ambiti risulta essere completamente innovativo nell'ambiente aziendale e potenzialmente potrebbe essere molto utile

soprattutto in termine di gestione dei rischi aziendali come evidenziato nell'esempio ideato all'interno del secondo capitolo. In particolare la sua semplicità nella sintassi permette una facile lettura e comprensione anche per coloro poco esperti nell'utilizzo di tale linguaggio di programmazione.

Nell'ultimo capitolo invece si è cercato di evidenziare il più possibile quali potessero essere i potenziali utilizzi di tale strumento. In particolare si è evidenziato il fatto che oltre ad essere un ottimo strumento di misurazione del rischio, in grado di rappresentare in un unico valore tutte le potenziali perdite a cui può essere esposta l'azienda, esso viene utilizzato anche per altre finalità. In particolare rappresenta il punto di partenza per poter prendere decisioni d'investimento e decisioni relative alla struttura finanziaria dell'azienda, ma soprattutto per prendere decisioni di copertura che permetterebbero di creare maggiore valore per l'azienda. Rilevante è anche la possibilità di utilizzo del Cash Flow at Risk per ottenere una valutazione dell'azienda alternativa a quella ottenuta tramite il modello DCF e che permetterebbe di mettere maggiormente in risalto l'esposizione al rischio dell'azienda.

## APPENDICE A – Codice Python per il calcolo del CFaR

Di seguito il codice Python utilizzato per calcolo del CFaR nell'esempio del paragrafo

### 2.3

```
from math import log, sqrt, exp
from scipy import stats
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

S0 = 1.121
K = 1.12
T = 1
r = -0.0033
sigmastimato = 0.10
C0 = 0.052

scen = 0
while scen<100:
    d1 = (log(S0/K)+(r+0.5*sigmastimato**2)*T)/(sigmastimato*sqrt(T))
    d2 = (log(S0/K)+(r-0.5*sigmastimato**2)*T)/(sigmastimato*sqrt(T))
    value=(S0*stats.norm.cdf(d1,0.0,1.0)-K*exp(-r*T)*stats.norm.cdf(d2,0.0,1.0))
    vega = S0*stats.norm.cdf(d1,0.0,1.0)
    sigmastimato -= (value - C0)/vega
    scen += 1

valoreatteso = 0.873
scartoquadratico = sigmastimato
x = np.random.normal(valoreatteso,scartoquadratico,1000000)

plt.hist(x, bins=60, color='g')
plt.xlabel('Frequenze')
plt.ylabel('Valore Tasso di cambio')
plt.grid(True)
plt.show()

ricaviEUR = 2700
ricaviUSDineuro = 300
ricaviUSD = 300/valoreatteso
costiopdir = 1800
costiopind = 500
provfin = 30
```

```

amm = 100
onerifin = 50
tasse = 0.4*(ricaviEUR+ricaviUSDineuro-costiopdir-costiopind+provfin\
    -amm-onerifin)
attpasscirc = 10
inlungotermine = 120
capitlungotermine = -20
div = 0.3*(ricaviEUR+ricaviUSDineuro-costiopdir-costiopind+provfin\
    -amm-onerifin-tasse)
cashflowatteso = ricaviEUR+ricaviUSDineuro-costiopdir-costiopind+provfin-amm\
    -onerifin-tasse+amm+attpasscirc\
    +inlungotermine+capitlungotermine-div

cashflowsimulati = ricaviEUR+(ricaviUSD*x)-costiopdir-costiopind+provfin-amm\
    -onerifin-tasse+amm+attpasscirc\
    +inlungotermine+capitlungotermine-div
Cashflowordinati = np.sort(cashflowsimulati)
percentile = 5
MCFP = np.percentile(Cashflowordinati,percentile)
CFaR = cashflowatteso - MCFP
print `Cash Flow at Risk 95% =`, CFaR

```

## Bibliografia

- RiskMetrics Group (1999) *Corporate Metrics: The Benchmark for Corporate Risk Management. Technical Document*. RiskMetrics Group
- Kim, J., Malz, A. M., Mina, J. (1999). *LongRun Technical Document*. RiskMetrics Group.
- J.P. Morgan, Reuters (1996). *RiskMetrics—Technical Document* 4<sup>a</sup> edizione.
- Floreani, A.,(2004) *Enterprise risk management. I rischi aziendali e il processo di risk management*. Milano: ISU - Università Cattolica del Sacro Cuore
- Oral, C., Akkaya, G.C.(2015) *Cash Flow at risk: A Tool for financial planning*. *Procedia Economics and Finance*, vol. 23, pp. 262–266
- Jankensgard, H. (2008) *Cash Flow-at-Risk and Debt Capacity*. Lund Institute of Economic Research Working Paper Series
- Acerbi,C., C. Nordio, C. Sirtori (2008) *Expected Shortfall as a Tool for Financial Risk Management*. Working paper, Abaxbank
- Fishburn, P.C. (1977) *Mean-risk Analysis with Risk Associated with Below Target Returns*. *American Economic Review*
- Mello, A., J. Parsons (1999) *Strategic Hedging*. *Journal of Applied Corporate Finance*, 12(3), pp.43-54
- Kuti, M. (2011) *Cash Flow at Risk, Financial Flexibility and Financing Constraint*, *Public Finance Quarterly*, 56, 505-517.
- Bancel, F., Tierny, J. (2010) *Firm valuation with cash-flow@risk*.
- Deangelo, H., Deangelo, L., Whited, T. M. (2011) *Capital structure dynamics and transitory debt*. *Journal of Financial Economics*.99, pp. 235–261
- Kenneth A. Froot, David S.Scharfstein, Jeremy C. Stein. 1993. *Risk Management: Coordinating Corporate Investment and Financing Policies*. *Journal of finance* 48:1629-1658.
- Stein, J.C., Usher, E., LaGattuta D., Youngen J., 2001. *Comparables Approach to Measuring Cashflow-at-risk for Non-financial firms*. *Journal of Applied Corporate Finance* 13(4): 100-109

- Wiedemann A., Hager P., Roehrl A. (2003) *Integrated Risk Management With Cash Flow At Risk Earnings At Risk Methods*
- Linsmeier T.J., Pearson N.D. (2000) *Value at Risk*. Financial Analysts Journal, 56, pp. 47–67
- Andrén N., Jankensgård H., Oxelheim L., (2010) *Exposure-Based Cash-Flow-At-Risk For Valuecreating Risk Management Under Macroeconomic Uncertainty*. IFN Working Paper No. 843.
- Public Health Emergency (2014) *Risk management plan*
- ISO 3010 (2009) *Risk Management—Principles and guidelines*
- Sai Global (2004) *HB 436:2004: Risk Management Guidelines Companion to AS/NZS 4360:2004*
- Cineas-Mediobanca, *Osservatorio Cineas-Mediobanca sulla diffusione del risk management nelle medie imprese 4ª edizione (comunicato stampa)*, 27 settembre 2016 – Milano
- LabERM SDA Bocconi, KPMG Italia (2010) *Enterprise Risk Management 1ª Edizione*
- LabERM SDA Bocconi, KPMG Italia (2016) *Enterprise Risk Management 3ª Edizione*
- Chang, Chia-Lin and Jiménez-Martin, Juan-Angel and Maasoumi, Esfandiar and McAleer, Michael and Perez Amaral, Teodosio, (2016) *Choosing Expected Shortfall Over VaR in Basel III Using Stochastic Dominance*. USC-INET Research Paper No. 16-05
- Artzner, P.; Delbaen, F.; Eber, J. M.; Heath, D. (1999). *Coherent Measures of Risk*. Mathematical Finance., 9, pp. 203–228
- James F. (1988) *A Review of Pseudorandom Number Generation*, CERN Report Data Handling Division DD/88/22, Ginevra
- R. Eckhardt (1987) *Stan Ulam, John Von Neumann, and the Monte Carlo Method* Los Alamos Science, Special Issue
- Comitato di Basilea per la vigilanza bancaria (2003) *Prassi corrette per la gestione e il controllo del rischio operativo* Banca dei regolamenti Internazionali
- John C. Hull (2015) *Opzioni, Futures e Altri Derivati*. 9a ed
- Luc Devroye. *Non-Uniform Random Variate Generation*. New York: Springer-Verlag, 1986
- Monti A.C., (2008) *Introduzione alla statistica 2ª edizione*
- Hilpisch Y. (2014) *Python for finance 1ª edizione*

## Sitografia

Global CCS Institute - <https://hub.globalccsinstitute.com/publications/strategic-analysis-global-status-carbon-capture-storage-report-5/72%C2%A0background>

Repubblica.it - [http://www.repubblica.it/economia/affari-e-finanza/2016/12/19/news/risk\\_management\\_le\\_aziende\\_si\\_attrezzano-154500056/](http://www.repubblica.it/economia/affari-e-finanza/2016/12/19/news/risk_management_le_aziende_si_attrezzano-154500056/)

Python.org - <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>

Investopedia - <http://www.investopedia.com/articles/04/033104.asp>