

## **LOGISTICA ESTREMA IN ANTARTIDE**

Criticità tecniche e convenienza economica di un'infrastruttura aeroportuale permanente in prossimità della *Stazione Mario Zucchelli*

NINO DI FRANCO

ENEA - Unità Tecnica Efficienza Energetica  
Sezione Industria  
Centro Ricerche Casaccia, Roma

GIUSEPPE DE ROSSI

ENEA - Unità Tecnica Antartide  
Servizio Logistica  
Centro Ricerche Casaccia, Roma

UMBERTO PONZO

ENEA - Unità Tecnica Antartide  
Servizio Ingegneria  
Centro Ricerche Casaccia, Roma

ANTONIO MUSSO

Facoltà di Ingegneria  
Università di Roma "La Sapienza"

FRANCESCO ROMAGNOLI



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,  
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

## LOGISTICA ESTREMA IN ANTARTIDE

Criticità tecniche e convenienza economica di un'infrastruttura  
aeroportuale permanente in prossimità della *Stazione Mario Zucchelli*

NINO DI FRANCO

ENEA - Unità Tecnica Efficienza Energetica  
Sezione Industria  
Centro Ricerche Casaccia, Roma

GIUSEPPE DE ROSSI

ENEA - Unità Tecnica Antartide  
Servizio Logistica  
Centro Ricerche Casaccia, Roma

UMBERTO PONZO

ENEA - Unità Tecnica Antartide  
Servizio Ingegneria  
Centro Ricerche Casaccia, Roma

ANTONIO MUSSO

Facoltà di Ingegneria  
Università di Roma "La Sapienza"

FRANCESCO ROMAGNOLI

Il presente studio è stato realizzato nel periodo settembre 2012/agosto 2013, e deriva da una tesi di laurea svolta dallo studente Francesco Romagnoli, della facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma "La Sapienza"

Per informazioni è possibile contattare gli autori ai seguenti indirizzi di posta elettronica:

giuseppe.derossi@enea.it  
nino.difranco@enea.it  
antonio.musso@uniroma1.it  
umberto.ponzo@enea.it  
rromagnolo@inwind.it

I Rapporti tecnici sono scaricabili in formato pdf dal sito web ENEA alla pagina <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/rapporti-tecnici>

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Agenzia.

The technical and scientific contents of these reports express the opinion of the authors but not necessarily the opinion of ENEA.

## **LOGISTICA ESTREMA IN ANTARTIDE**

Criticità tecniche e convenienza economica di un'infrastruttura aeroportuale permanente in prossimità della *Stazione Mario Zucchelli*

NINO DI FRANCO, GIUSEPPE DE ROSSI, UMBERTO PONZO, ANTONIO MUSSO, FRANCESCO ROMAGNOLI

### **Riassunto**

Per rendere più efficiente la ricerca in Antartide è necessario facilitare la mobilità dei ricercatori verso questo continente. Per perseguire questo obiettivo, nel corso degli ultimi anni, si è sempre di più sviluppato il trasporto aereo intercontinentale rispetto a quello navale.

L'uso dell'aereo ha richiesto lo sviluppo di un minimo di infrastrutture anche in Antartide.

La maggior parte delle piste d'atterraggio per i voli intercontinentali realizzate in Antartide sono su ghiaccio, ma il cambiamento climatico, con un trend di temperature in salita, ne sta riducendo la capacità operativa.

L'ENEA, nel ruolo di attuatore del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, con l'obiettivo di superare l'impasse dovuta alla ridotta operatività della propria pista su ghiaccio e, anzi, ulteriormente migliorare la mobilità del personale di spedizione, ha studiato la possibilità di realizzare una pista di atterraggio permanente con superficie in ghiaia.

In questo Rapporto Tecnico sono stati valutati costi di realizzazione della pista permanente e ne è stata fatta una analisi dei costi benefici con il calcolo del tempo di ritorno dell'investimento.

**Parole chiave:** Antartide, aereo, pista, atterraggio, ghiaccio, ghiaia, cambiamento climatico.

### **Abstract**

*To make research more efficient in Antarctica is necessary to facilitate the access of researchers to this continent. To pursue this goal, over the past few years, it has increasingly developed intercontinental air link compared to the naval one.*

*The use of the aircraft has required the development of a minimum of infrastructure also in Antarctica.*

*Most of the airstrips for intercontinental flights are carried out on the ice, but climate change, with a trend of rising temperatures, it is reducing the operational capacity of the ice runways.*

*ENEA, in charge of the implementation of the National Program for Research in Antarctica (PNRA), with the aim to overcome the impasse due to reduced operability of its ice runway and, indeed, to further improve the mobility of its personnel, has studied the possibility to build a permanent gravel runway.*

*In this Technical Report were assessed costs of construction of the permanent runway and it has been carried out a cost-benefit analysis with the calculation of payback time.*

**Keywords:** Antarctica, aircraft, runway, landing, ice, gravel, climate change.



# INDICE

<b>1</b>	<b>PRESENTAZIONE DEL LAVORO.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>ATTUALE SISTEMA LOGISTICO.....</b>	<b>8</b>
2.1	APERTURA.....	8
2.2	CHIUSURA.....	8
2.3	SITUAZIONE CONTRATTUALE E RELATIVI COSTI DELLA MODALITÀ AEREA.....	8
2.3.1	<i>Costi variabili: carburante.....</i>	<i>10</i>
2.3.2	<i>Altri tipi di costi.....</i>	<i>10</i>
2.3.3	<i>Riepilogo costi e calcolo costi totali.....</i>	<i>10</i>
2.4	SITUAZIONE CONTRATTUALE E RELATIVI COSTI DELLA MODALITÀ NAVALE.....	11
2.4.1	<i>Noleggio.....</i>	<i>11</i>
2.4.2	<i>Combustibili e lubrificanti.....</i>	<i>11</i>
2.4.3	<i>Lavori per migliorie.....</i>	<i>11</i>
2.4.4	<i>Passaggio canali.....</i>	<i>11</i>
2.4.5	<i>Spese assicurative.....</i>	<i>12</i>
2.4.6	<i>Oneri portuali.....</i>	<i>12</i>
2.4.7	<i>Giorni supplementari.....</i>	<i>12</i>
2.5	INEFFICIENZE RILEVATE. PROPOSTA DI SOLUZIONE: PISTA AEROPORTUALE FISSA.....	12
<b>3</b>	<b>LA PISTA AEROPORTUALE.....</b>	<b>13</b>
3.1	INDIVIDUAZIONE DELLA ZONA DI COSTRUZIONE.....	13
3.2	VENTI PRESENTI NELL'AREA INDIVIDUATA.....	14
3.2.1	<i>Stazioni meteo.....</i>	<i>14</i>
3.2.2	<i>Rilevazioni stazioni meteo.....</i>	<i>14</i>
3.3	PROPOSTA DI PROGETTO.....	15
3.3.1	<i>Disegno del profilo altimetrico.....</i>	<i>16</i>
3.3.2	<i>Ipotesi di pista: valutazione del progetto ottimale.....</i>	<i>18</i>
3.3.3	<i>Stima movimentazione terra.....</i>	<i>20</i>
3.4	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLA SCELTA OPERATA.....	20
3.4.1	<i>Normativa NATO.....</i>	<i>21</i>
3.5	CARATTERISTICHE FISICHE DELLA PISTA.....	21
3.5.1	<i>Dimensionamento della pista.....</i>	<i>22</i>
3.5.2	<i>Clearences.....</i>	<i>23</i>
<b>4</b>	<b>ANALISI COSTI BENEFICI PER LA COSTRUZIONE DELLA PISTA.....</b>	<b>25</b>
4.1	RICHIAMI SULLA METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA.....	25
4.1.1	<i>Il metodo Montecarlo.....</i>	<i>25</i>
4.1.2	<i>Applicazione dell'ACB: individuazione delle alternative.....</i>	<i>26</i>
4.2	APPLICAZIONE DELL'ACB ALL'ALTERNATIVA 1.....	26
4.2.1	<i>Flussi di cassa.....</i>	<i>26</i>
4.2.2	<i>Fattore di annualità.....</i>	<i>32</i>
4.3	CALCOLO INVESTIMENTO.....	37
4.4	CALCOLO DEL VAN.....	37
4.4.1	<i>VAN scenario 1.....</i>	<i>37</i>
4.4.2	<i>VAN scenario 2.....</i>	<i>38</i>
4.5	CALCOLO PUNTUALE DEL VAN, DEL TIR (TASSO DI RENDIMENTO INTERNO) E DEL TRA (TEMPO DI RITORNO ATTUALIZZATO).....	39
4.6	ANALISI DI SENSIBILITÀ SCENARIO 1.....	42
4.6.1	<i>Rendimento BOT e riepilogo risultati.....</i>	<i>42</i>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>43</b>



# **Logistica estrema in Antartide: criticità tecniche e convenienza economica di un'infrastruttura aeroportuale permanente in prossimità della *Stazione Mario Zucchelli*.**

## **1 Presentazione del lavoro**

Nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA), l'ENEA ha il compito dell'attuazione delle spedizioni nonché delle azioni tecniche, logistiche ed ha la responsabilità dell'organizzazione nelle zone operative, oltre allo svolgimento di attività di ricerca scientifica in materie di ambiente e clima e di innovazione tecnologica.

Le attività si svolgono sia presso la *Stazione Mario Zucchelli* (MZS) a Baia Terra Nova nella Terra Vittoria (74°42'S, 164°07') che presso la Stazione italo-francese Concordia a *Dome C* sul plateau antartico a quota 3233 m (75°06'S, 123°21'E), nonché presso basi e/o navi straniere e nell'ambito di campagne Oceanografiche nel Mare di Ross.

La logistica costituisce un sistema di attività complesso il cui obiettivo è quello, in primo luogo, di garantire tutte le funzioni necessarie alla sopravvivenza del personale tecnico-scientifico che opera nelle stazioni e, in secondo luogo, di garantire le attività di ricerca.

Il presente lavoro è orientato all'ottimizzazione del sistema di logistica necessario ad ENEA per rifornire di personale, merci e materiali la *Stazione Mario Zucchelli*.

Nella prima parte verrà sinteticamente descritto l'attuale sistema logistico, con particolare riguardo alle modalità di trasporto utilizzate e ai loro costi operativi. Verranno successivamente discusse le principali criticità di tale sistema, proponendo una soluzione basata sulla costruzione di un'infrastruttura aeroportuale permanente, per la quale verrà condotta un'analisi costi-benefici incentrata sulle potenzialità del metodo Montecarlo.

## 2 Attuale sistema logistico

La base antartica *MZS* è utilizzata regolarmente su base stagionale, nel periodo che si sviluppa approssimativamente da fine del mese di Ottobre fino alla fine di quello di Febbraio.

Il trasporto di personale, merci e materiali si concentra in due particolari momenti della campagna: la fase di *apertura*, alla fine del mese di Ottobre, e quella di *chiusura*, alla fine di Febbraio.

### 2.1 APERTURA

In questa fase, la modalità utilizzata per il trasporto di personale, merci e materiale è quella *aerea*. Tale modalità è resa possibile dal fatto che l'apertura corrisponde temporalmente all'inizio dell'estate Antartica. Le temperature sono ancora quindi molto basse perché è appena terminato l'inverno e la zona intorno alla stazione *Mario Zucchelli* è completamente ghiacciata. In questa condizione si trova anche il Gerlache Inlet, la baia di fronte alla base. Lo spessore dello strato di ghiaccio possiede caratteristiche di portanza tali da permettervi l'atterraggio e il decollo di aerei. Su tale superficie viene quindi preparata una pista su ghiaccio marino che viene appunto utilizzata per i voli intercontinentali effettuati da velivoli con carrello con ruote, provenienti dalla Nuova Zelanda.

### 2.2 CHIUSURA

La modalità che invece viene utilizzata nella fase di chiusura della campagna è quella *navale*. Tale fase della campagna coincide con la fine dell'estate Antartica, periodo di temperature più elevate.

Lo strato ghiacciato nella baia di fronte alla base è ormai frantumato, e viene quindi meno la possibilità di sfruttamento di tale superficie come pista per l'atterraggio/decollo dei velivoli da/verso la Nuova Zelanda. Di conseguenza l'unica modalità disponibile per riportare a casa il personale e le merci rimaste risulta essere quella navale.

L'esigenza che induce la scelta obbligata della nave non è in realtà legata esclusivamente allo scioglimento della pista aeroportuale su ghiaccio: a fine campagna si rende infatti necessario trasportare materiali in quantità tali che la capacità di carico di uno o più aerei non risulta sufficiente, e l'unica possibilità che consente elevate capacità di carico, in particolare di carburante, è la nave. E' da rimarcare che le quantità di materiali in gioco tuttavia non saturano comunque la nave, che viaggia sempre con coefficienti di carico molto bassi.

### 2.3 SITUAZIONE CONTRATTUALE E RELATIVI COSTI DELLA MODALITÀ AEREA

In generale non esistono relazioni commerciali preesistenti che collegano l'Antartide a qualsiasi altro punto del pianeta, e per organizzare una rete logistica si rende necessaria la strutturazione di una relazione completamente dedicata. Tale modalità viene realizzata a partire dalla città neozelandese di Christchurch, la quale viene raggiunta dall'Italia tramite le relazioni commerciali esistenti.

Il velivolo più adatto alle esigenze dell'ENEA, per il volo completamente dedicato, è un Lockheed L-100/30 Hercules, visibile in Figura 1, noleggiato da un operatore terzo.



**Figura 1. Lockheed L-100/30 Hercules.**

Un problema legato a questo tipo di velivolo è che, nella sua versione civile, non ha un uso particolarmente diffuso e non è immediato trovare operatori che ne posseggano degli esemplari.

Nelle prime campagne antartiche il velivolo era fornito dall'Aeronautica Militare Italiana. Negli ultimi anni ENEA acquisisce il velivolo dalla Safair Operations Limited Company, compagnia aerea sudafricana. La lontananza tra il paese di origine della compagnia e la base MZS si riflette sui costi da sostenere nella misura in cui la quota parte della *mobilizzazione* e della *demobilizzazione* dell'aeromobile assumono un'importanza rilevante. Le voci principali di costo, infatti, in un contratto di noleggio di un aeromobile sono:

- spese di mobilizzazione e demobilizzazione: sono le spese che il contraente (ENEA) deve corrispondere alla compagnia (Safair) per il solo spostamento del mezzo dal luogo in cui questo si trova (nel caso specifico, il Sud Africa) e il luogo richiesto dal contraente. È un *costo fisso*, indipendente quindi dall'uso che si effettuerà dell'aereo noleggiato;
- spese commisurate ad una quantità di voli prestabilita (*missioni*). È un *costo variabile*, dipendente sia dal numero giorni in cui si richiede la disponibilità del velivolo, sia dal numero di voli che verranno effettuati;
- costi aggiuntivi per voli e giorni di noleggio ulteriori rispetto a quelli prestabiliti nel contratto.

Si riportano in Tabella 1 i costi relativi al contratto stipulato da ENEA per garantire i voli necessari all'apertura della campagna 2012-2013:

Operazione	Costo (\$)
Mobilizzazione e demobilizzazione	648.910
8 voli in 40 giorni di uso	1.349.846
Ogni volo oltre l'8°	95.064
Ogni giorno oltre il 40°	16.000

**Tabella 1. Costi del contratto aereo per la campagna 2012.**

### 2.3.1 Costi variabili: carburante

Le spese di carburante di un velivolo sono correlate al coefficiente di carico.

Senza entrare nel merito del calcolo dei consumi per ogni singolo volo, si riporta che il costo riferito alla campagna 2011/2012 per i rifornimenti dei voli in partenza da Christchurch è stato di 136.219 €.

Una quantità di carburante, all'incirca uguale a quella rifornita a Christchurch nei voli di andata, è stata rifornita a MZS per i voli di ritorno, prelevando il carburante dai depositi della base.

### 2.3.2 Altri tipi di costi

Vanno inoltre considerati altri costi, seppur di minore rilevanza rispetto a quelli contrattuali e di carburante. Di seguito viene data una breve descrizione di ognuno di essi.

#### 2.3.2.1 Costi per la gestione della sala operativa

Sono i costi associati alle normali operazioni di controllo del volo. Considerando una durata del volo (A/R) di 15 ore, più un'ora supplementare per la fase di decollo e una per quella di arrivo, considerando un costo orario del personale di 165 €/h, l'onere per tale voce di costo ammonta a 2.805 €/volo (si fa presente che se nel corso del volo Hercules si dà assistenza ad altri voli, per es. elicotteri o aerei Twin Otter; tale costo va frazionato in rapporto al numero di velivoli cui viene data assistenza contemporaneamente).

Moltiplicando tale valore per il numero di voli (otto) effettuati nella campagna 2012, ne risulta un onere totale di 22.440 €.

#### 2.3.2.2 Costi per l'assistenza aerea a terra (handling)

È una voce di costo che comprende operazioni quali:

- mantenimento pista
- rifornimento combustibile
- sicurezza antincendio
- carico/scarico materiali

I costi unitari per questa voce ammontano a 200 € per ogni ora di volo; quindi, relativamente al singolo viaggio A/R da Christchurch, la voce ammonterà a 3.000 €/volo.

Moltiplicando tale valore per il numero di voli effettuati nella campagna (8), ne risulta un onere totale di 24.000 €.

### 2.3.3 Riepilogo costi e calcolo costi totali

Definite tutte le voci di costo che concorrono agli oneri totali per la modalità aerea, si può calcolare il totale. In Tabella 2 si riporta il riepilogo delle singole voci ed il loro totale.

Si ricorda che il contratto con la compagnia aerea Safair, e quindi i costi associati alla gestione della modalità di movimentazione tramite aereo, sono riferiti alla sola fase di apertura della campagna di ricerca.

Voce di costo	[€]
Costi contrattuali	1.625.004
Costo carburante	136.219
Costi gestione sala operativa	22.440
Costi assistenza area a terra	24.000
<b>Costo totale</b>	<b>1.807.633</b>

Tabella 2. Riepilogo costi modalità aerea (anno 2012).

## **2.4 SITUAZIONE CONTRATTUALE E RELATIVI COSTI DELLA MODALITÀ NAVALE**

La modalità navale viene attuata grazie al noleggio, che avviene direttamente in Italia, della nave *Italica*. La nave attualmente utilizzata è visibile in Fig. 2.



**Figura 2. Nave Italica.**

Si riportano di seguito le voci principali che costituiscono il costo finale per la modalità navale.

### **2.4.1 Noleggio**

È la voce di costo più rilevante. Riguarda gli oneri per il noleggio vero e proprio della nave e quelli per il reclutamento del personale addetto alla navigazione e a tutte le operazioni correlate ad essa. Si tratta di un costo fisso, definito al momento della stipula del contratto, il quale include gli oneri previsti per la sicurezza dell'equipaggio.

### **2.4.2 Combustibili e lubrificanti**

È la seconda voce di costo sul bilancio finale. Non è un costo fisso, ma dipende dalla rotta scelta e quindi dal numero di giorni di navigazione.

### **2.4.3 Lavori per migliorie**

Al momento della stipula del contratto, l'armatore e il contraente pattuiscono delle specifiche riguardanti le attrezzature presenti sulla nave. Ogni miglioria, rispetto a ciò che è stato pattuito, è a spese del contraente.

### **2.4.4 Passaggio canali**

È una voce di onere da affrontare allorchè la rotta della nave preveda l'attraversamento di canali (Panama, Suez, Magellano).

#### 2.4.5 Spese assicurative

È una voce che nasce dal momento in cui la rotta interessa l'attraversamento di zone con situazioni politiche incerte o con possibilità di fenomeni di pirateria marittima. Un caso tipico attuale è quello della circumnavigazione della Somalia, che sempre più spesso diventa discriminante sulla decisione di attraversamento del canale di Suez stesso.

#### 2.4.6 Oneri portuali

Queste spese si riferiscono agli oneri dovuti per l'uso dei servizi dei porti.

#### 2.4.7 Giorni supplementari

Da contratto viene pattuito un numero di giorni di noleggio della nave. Ogni giorno supplementare di uso viene fatturato a parte.

Con riferimento alle spese realmente sostenute per la campagna 2012, sono stati individuati i seguenti costi, riportati in Tabella 3.

Voce di spesa	[€]
Noleggio e catering	3.500.000
Combustibili e lubrificanti	1.700.000
Lavori di migliorie	30.000
Spese portuali	80.000
Spese telecomunicazioni	70.000
Giorni supplementari	100.000
Costi totali	<b>5.480.000</b>

Tabella 3. Costi nave [€]. Dati riferiti alla campagna 2012.

#### 2.5 INEFFICIENZE RILEVATE. PROPOSTA DI SOLUZIONE: PISTA AEROPORTUALE FISSA

Come si può vedere dai valori dei costi attualmente sostenuti, l'onere da sostenere per l'uso della nave (ca 4,4 M€) è molto elevato, e superiore di tre volte a quello dell'aereo (ca 1,8 M€).

Tuttavia attualmente l'uso della modalità navale al termine della campagna è l'unica soluzione possibile a causa del fatto che, come già detto, la superficie della pista su ghiaccio marino nel mese di febbraio è ormai sciolta e non consente il ricorso alla modalità di trasporto aereo.

*Una possibile soluzione per il superamento di tale vincolo tecnico è quella della costruzione di una pista aeroportuale in terra, la quale, non risentendo degli effetti climatici legati alla stagionalità, possa essere usata in ogni periodo dell'anno.*

Come già accennato, l'uso della nave si rende necessario anche nel momento in cui devono essere trasportate grandi quantità di materiali, operazione che la limitata capacità di carico dell'aereo non è in grado di soddisfare. La nave, utilizzata a intervalli annuali come avviene attualmente, viaggia tuttavia con coefficienti di carico molto bassi. La costruzione della pista permetterebbe di diradare la frequenza di uso della nave ad ogni due-tre anni, concentrando le merci in un minor numero di viaggi aumentando così i coefficienti di carico.

Prima di procedere alla realizzazione dell'opera infrastrutturale, è necessario condurre un'analisi costi-benefici per poter verificarne la reale convenienza economica.

Nei due capitoli successivi verranno trattate rispettivamente: 1) le caratteristiche della pista; 2) l'analisi costi-benefici vera e propria.

### 3 La pista aeroportuale

#### 3.1 INDIVIDUAZIONE DELLA ZONA DI COSTRUZIONE

Decidere la posizione ottimale per la pista rappresenta sicuramente la fase più delicata del progetto dell'infrastruttura. La zona scelta deve preferibilmente trovarsi vicino alla base (per facilitare il collegamento alla stessa) e, allo stesso tempo, tale da limitare il più possibile la movimentazione delle terre (scavo e riporto), per poter rispettare il Trattato Antartico (le cui direttive dovranno essere recepite dalla nostra legislazione), che vincola la preservazione dell'ambiente circostante preesistente. Si è perciò limitata l'area di studio alla zona deglaciata circostante la *MZS*, in virtù del fatto che ottenere il permesso di operare uno sbancamento in zone già frequentate è più agevole rispetto ad aree ancora incontaminate.

Verrà dunque considerata la fattibilità concreta di una pista di volo ad Est della *Tethis Bay*, sulle rocce cristalline affioranti: la zona si presenta come un grande pianoro con una morfologia a schiena d'asino nella direzione Est-Ovest, con degrado in una depressione ghiacciata ad Ovest e verso il mare ad Est (v. Fig. 3).

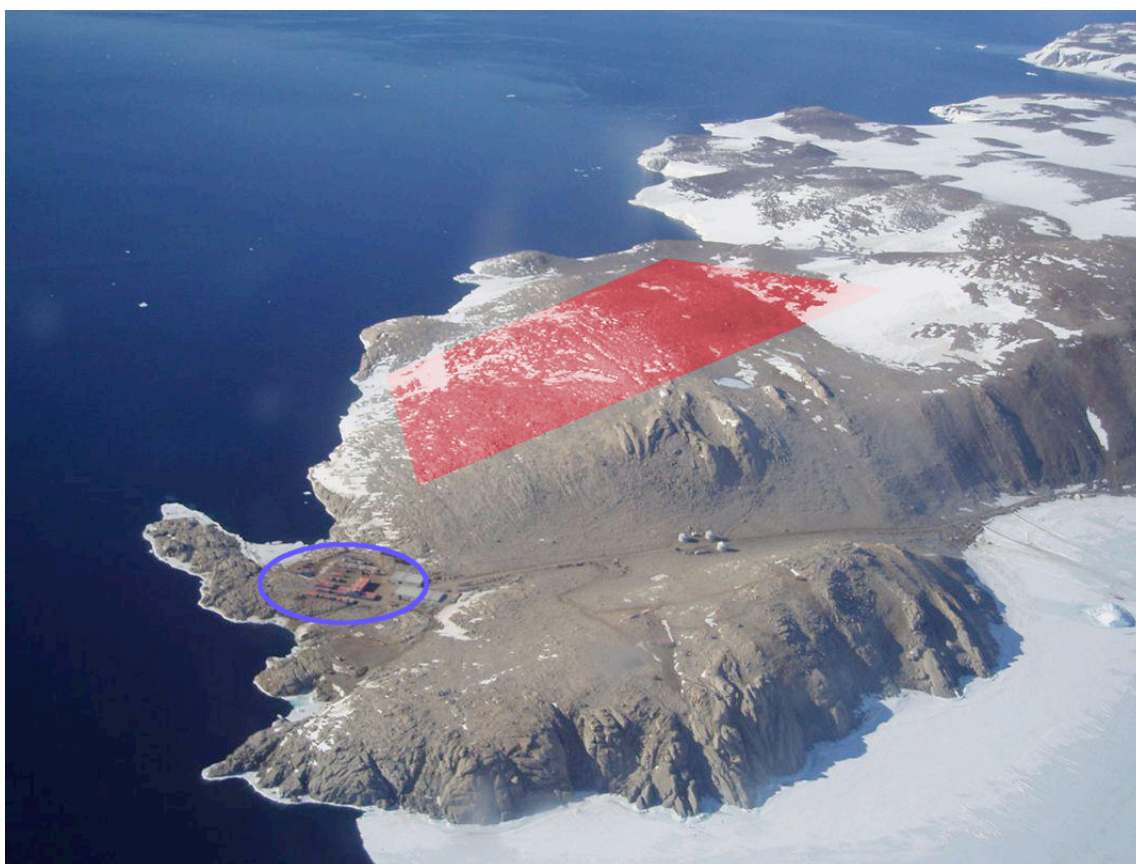


Figura 3. Foto aerea dell'area interessata. La zona rossa identifica la superficie individuata per la pista, il cerchio blu la zona dei fabbricati della *MZS*.

### 3.2 VENTI PRESENTI NELL'AREA INDIVIDUATA

Individuata l'area interessata, prima di proporre delle soluzioni costruttive si devono studiare i venti presenti che influenzano l'orientamento della pista.

#### 3.2.1 Stazioni meteo

In zona, come si può vedere in Fig. 4, sono presenti tre stazioni meteo [Eneide, Enigma (stagionale), Rita], ognuna provvista di anemometro.

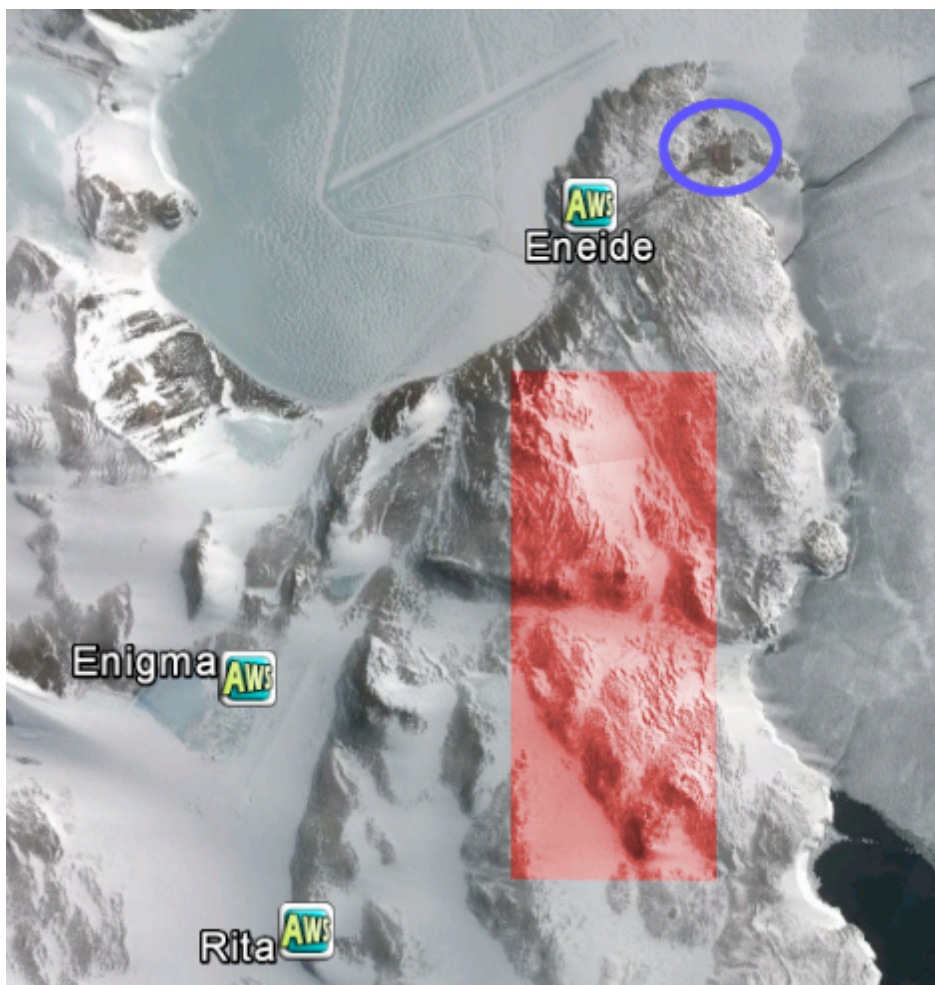


Figura 4. Ubicazione delle stazioni meteo. La zona rossa identifica la superficie individuata per la pista.

#### 3.2.2 Rilevazioni stazioni meteo

Nelle Figg. 5 e 6 si riportano rilevazioni anemometriche caratteristiche e rappresentative.

Come si può vedere (dati rilevati dalle stazioni Eneide e Rita) il più intenso vento prevalente che spirava nella zona proviene da Ovest. Nonostante la sua intensità non sia delle più modeste, a causa della morfologia del terreno, è possibile realizzare la pista solo in direzione nord-sud. Secondo la normativa ICAO vigente, non sono possibili decolli o atterraggi in presenza di una componente del vento in direzione trasversale superiore a 19 km/h (10 nodi), 24 km/h (13 nodi) e 37 km/h (20 nodi) rispettivamente per aerei che necessitano di una pista con lunghezza minore di 1200 m, compresa tra 1200 e 1500 e superiore a 1500 m. Come si evince dalle rose dei venti delle due stazioni meteo (i dati di *Enigma* vengono inviati direttamente in sala operativa e non sono memorizzati) i valori

registrati difficilmente superano i 40 km/h permettendo quindi le operazioni nella maggior parte dei casi.

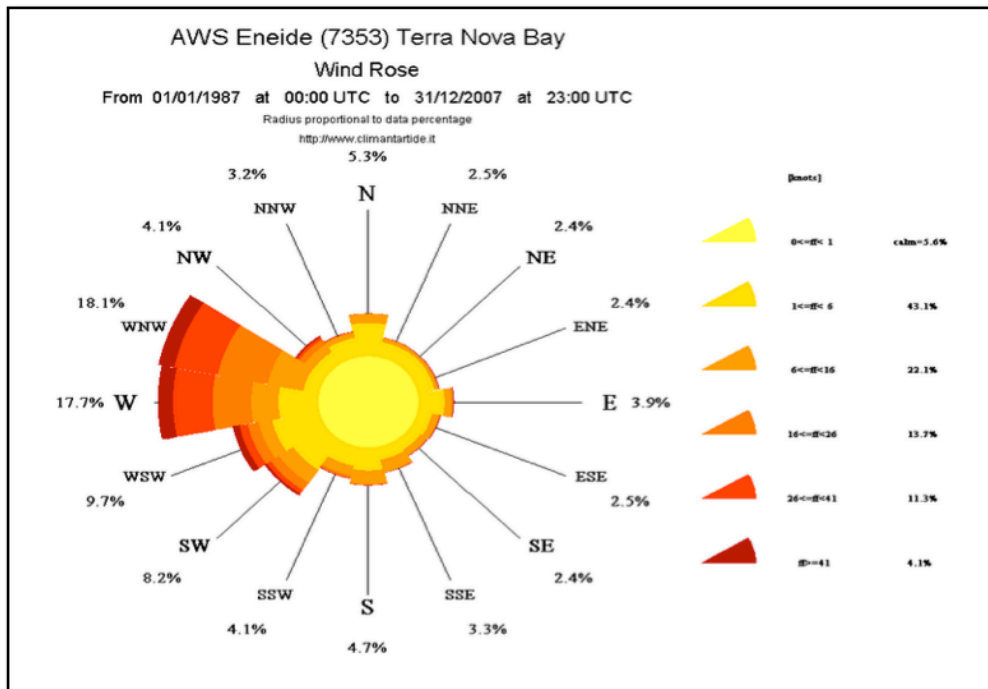


Figura 5. Rosa dei venti realizzata con i dati acquisiti dalla stazione meteo Eneide.

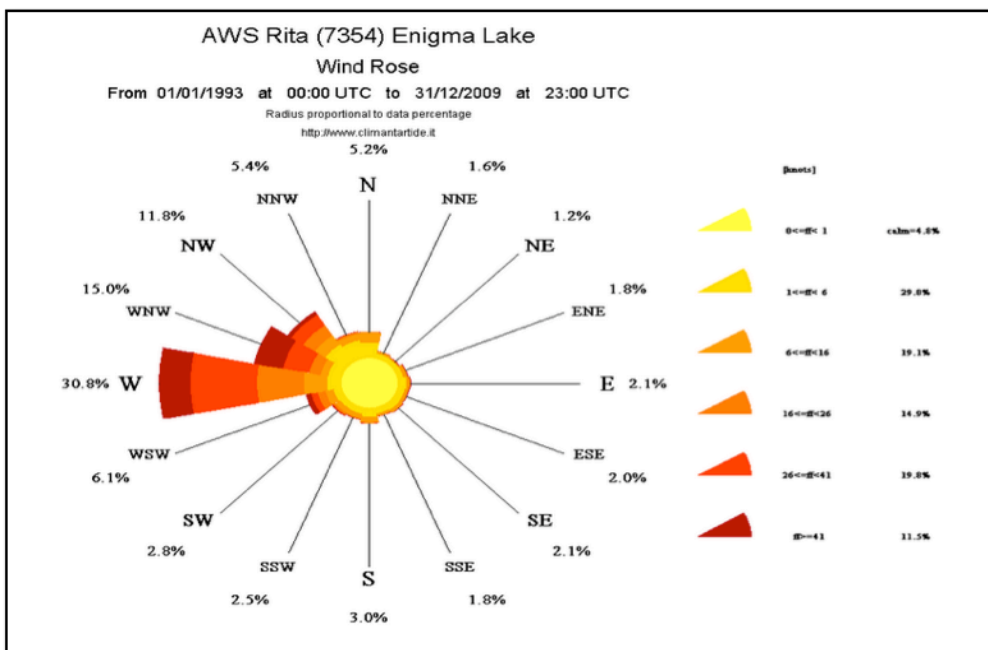


Figura 6. Rosa dei venti realizzata con i dati acquisiti dalla stazione meteo Rita.

### 3.3 PROPOSTA DI PROGETTO

È stata focalizzata l'attenzione su due possibili soluzioni, rispettivamente la "1" e la "2", rappresentate in Fig. 7. Poiché la pista va concepita in prossimità della base MZS, l'orientamento della stessa risulta condizionato dalla conformazione del territorio e il possibile orientamento dell'asse della pista è ridotto a pochi gradi. La scelta migliore, che permette di ottenere la lunghezza

maggiore in relazione alla topografia del terreno, risulta nel posizionamento lungo la direzione N-S. Gli assi delle due piste sono posti lungo i meridiani  $164^{\circ}06'20''E$  (ipotesi 1) e  $164^{\circ}06'10''E$  (ipotesi 2), con lunghezze rispettivamente di 1850 m e 1700 m e larghezza di 65 m. Per la scelta finale tra una delle due soluzioni 1 o 2 è stato necessario riferirsi al disegno del profilo altimetrico per discriminare le diverse curve di livello.

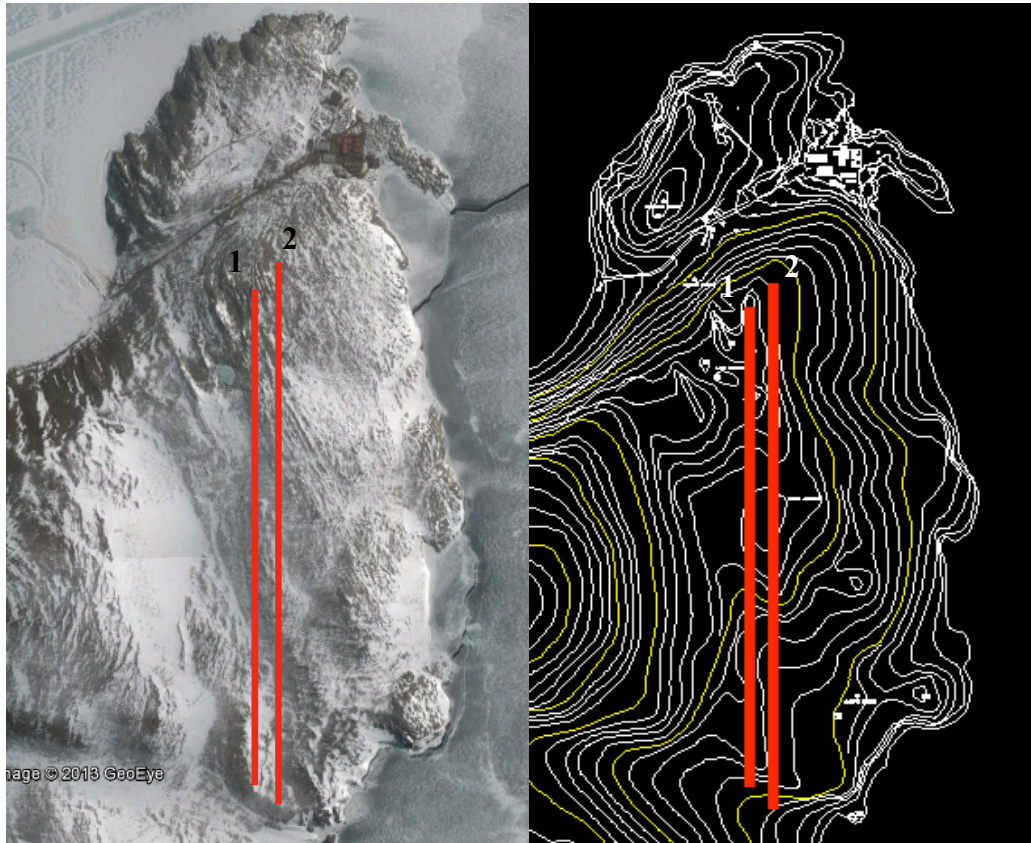


Figura 7. Possibili soluzioni proposte di orientamento della pista.

### 3.3.1 Disegno del profilo altimetrico

Proprio durante la XXVIII spedizione italiana in Antartide sono stati effettuati, nel novembre 2012, i rilievi altimetrici della zona interessata dal progetto della pista con l'ausilio del GPS. Sono state percorse 3 linee per entrambe le ipotesi 1 o 2:

- 1) l'asse centrale,
- 2) il lato Ovest a 33 metri dall'asse centrale
- 3) il lato Est sempre a 33 metri dall'asse centrale.

Ogni linea è stata percorsa 2 volte, prima verso Sud e poi verso Nord, per avere dei dati ridondanti e per minimizzare gli errori. Per elaborare le informazioni ottenute si è utilizzato il programma BaseCamp® sviluppato dalla Garmin®. BaseCamp® permette, oltre alla visualizzazione della mappe topografiche sia in 2D che in 3D, la completa gestione del profilo altimetrico (v. Figg. 8, 9, 10).



**Figura 8. Profilo altimetrico verso di percorrenza Sud, ipotesi 2 asse centrale.**



**Figura 9. Profilo altimetrico verso di percorrenza Nord, ipotesi 2 asse centrale.**

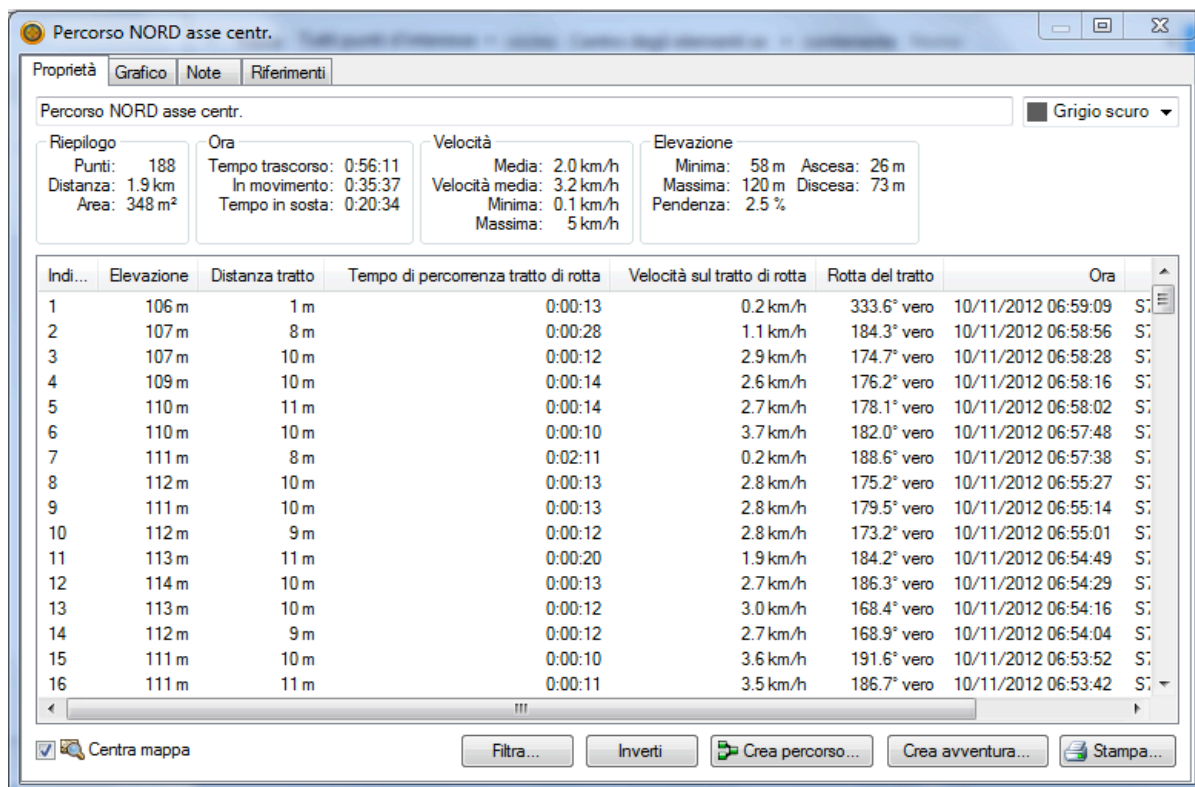


Figura 10. Esempio di layout dei dati numerici rilevati, ipotesi 2 asse centrale.

### 3.3.2 Ipotesi di pista: valutazione del progetto ottimale

Per quanto riguarda la quota e lo sviluppo dei due profili longitudinali di progetto sono state prese in considerazione diverse possibilità, differenti per l'ipotesi 1 e 2.

#### 3.3.2.1 Ipotesi 1

L'idea di base è quella di realizzare una via con un tratto iniziale a pendenza nulla ed un secondo tratto con una pendenza pari al 2%. Per il tratto iniziale sono state pensate differenti lunghezze:

- a) 500 m, con lunghezza del secondo tratto di 1350 m;
- b) 550 m, con lunghezza del secondo tratto di 1300 m;
- c) 600 m, con lunghezza del secondo tratto di 1250 m;
- d) 1050 m; con lunghezza del secondo tratto di 800 m.

Nelle Figg. 11 e 12 viene riportata la rappresentazione delle quattro soluzioni sopra indicate.



Figura 11. Profilo altimetrico pista. Soluzioni 1a, 1b, 1c.



Figura 12. Profilo altimetrico pista. Soluzione 1d.

### 3.3.2.2 Ipotesi 2

L'idea di base di questa ipotesi è quella di realizzare la pista con una pendenza costante del 2%, come visibile in Fig. 13.



**Figura 13. Profilo altimetrico pista. Soluzione 2.**

### 3.3.3 Stima movimentazione terra

A causa dell'andamento non planare della pista, evidenziato dalla configurazione del profilo longitudinale, la possibilità di realizzare una pista su roccia in zona deglaciata comporta necessariamente un intervento con mezzi meccanici per rendere l'acclività dell'area interessata congrua con le caratteristiche richieste dai velivoli sia in fase di atterraggio che di decollo. Per stimare dunque i costi di realizzazione di un'infrastruttura è necessario poter valutare la quantità di materiali da movimentare nel corso dei lavori. In Tab. 4 si riportano gli scavi e i riporti relativi alle soluzioni studiate.

	A Riporti (m <sup>3</sup> )	B Scavi (m <sup>3</sup> )	Rapporto riporti/scavi (A/B)	Movimento terre (m <sup>3</sup> ) (A+B)
Tratto con pendenza nulla=500 metri	876.542	661.845	1,32	1.538.387
Tratto con pendenza nulla=550 metri	928.211	620.713	1,50	1.548.924
Tratto con pendenza nulla=600 metri	984.878	583.342	1,69	1.568.220
Tratto con pendenza nulla=1050 metri	1.406.968	390.839	3,60	1.797.807
Pendenza costante (2%)	885.839	207.311	4,27	1.093.150

**Tabella 4. Quantificazione di scavi, riporti e movimento terre per le soluzioni proposte.**

### 3.4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLA SCELTA OPERATA

Esaminando le prime tre ipotesi di pista appare evidente, oltre ad un movimento complessivo della terra praticamente identico, che il rapporto tra rinterro e sterro è ben lontano da quello indicativamente ragionevole di 3÷4. Estendendo di circa il doppio il tratto a pendenza nulla, cercando cioè di assecondare l'andamento del terreno il più possibile, otteniamo una miglior

correlazione tra riporti e scavi ma anche l'effetto negativo, in termini di costi, di maggiori volumi di terra (circa 200.000 m<sup>3</sup>) da movimentare.

Se ci si sposta sul secondo asse, distante 82 metri rispetto al precedente, essendo più corto di 150 m, si evidenziano notevoli benefici in termini di costi per l'infrastruttura stessa. I volumi interessati dai lavori sono nettamente inferiori (del 30-40% rispetto alle soluzioni precedenti, non solo quindi per la minore lunghezza della pista) ed il rapporto tra rinterro e sterro si attesta su un valore che si ritiene coerente con l'analisi preliminare dei costi.

Rimane inoltre da rimarcare un ultimo aspetto non meno importante dei precedenti: l'asse 'corre' proprio sul culmine di alcuni dossi esistenti, con il notevole vantaggio di incontrare meno ostacoli sia ad Ovest che ad Est.

Una volta scelta l'ubicazione della pista e la conseguente lunghezza, si possono determinare le caratteristiche fisiche seguendo la normativa di riferimento.

### 3.4.1 Normativa NATO

Per il dimensionamento di tutte le grandezze della pista ci si è riferiti alle indicazioni fornite dalla normativa NATO. Nonostante, infatti, l'uso dell'infrastruttura non sia previsto per scopi prettamente militari, le condizioni di esercizio ed il velivolo di progetto si avvicinano maggiormente a questo ambito piuttosto che agli usi civili. Ciò fornisce quindi la possibilità di non attenersi alla normativa ICAO, complessivamente più restrittiva di quella NATO.

### 3.5 CARATTERISTICHE FISICHE DELLA PISTA

La lunghezza e la larghezza della pista sono strettamente correlate con la tipologia di velivolo; calcolate per condizioni standard dell'atmosfera (temperatura 15°C, pressione 1013 mbar) a livello del mare. Variazioni significative si hanno nel caso di elevazione superiore ai 200 m s.l.m. e di località nelle quali la massima temperatura media giornaliera sia maggiore di 35 C°.

In Tab. 5 si riportano le categorie di velivoli individuati dalla NATO e in Tab. 6 le caratteristiche dimensionali delle piste associate.

Airborne Early Warning Control Aircraft	AEW	Grandi velivoli i cui compiti sono il controllo, comando e sorveglianza dello spazio aereo.
Alliance Ground Surveillance Aircraft	AGS	Velivoli senza pilota con incarichi di sorveglianza e/o controllo del suolo.
Maritime Patrol Aircraft	MPA	Aerei impegnati in operazioni marittime, tra cui la sorveglianza, ricognizione, ricerca e soccorso.
Tactical Transport Aircraft	TTA	Aerei con spazio necessario al decollo e all'atterraggio breve, principalmente impiegati per il trasporto di personale (compresi i paracadutisti) e merci su brevi e medie distanze.
Tactical Fighter Aircraft	TFA	Caccia tattico.
Strategic Bomber Aircraft	SBA	Aerei a lungo raggio dotati di bombe e missili.
Strategic Transport Aircraft	STA	Velivoli massicci a lungo raggio per il trasporto di merci e personale.
Rotor Wing Aircraft	RWA	Elicotteri da trasporto.
Unmanned Aerial Vehicle	UAV	Velivoli senza pilota.

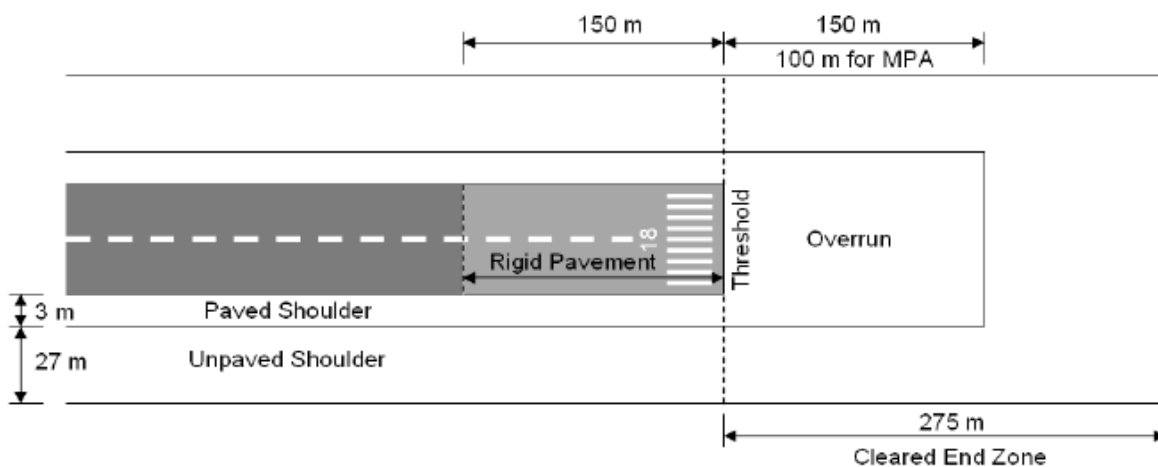
**Tabella 5. Categorie velivoli individuate dalla NATO.**

AOS Groups	Length (m)	Width (m)
RWA	490 <sup>(6)</sup>	22.5
TFA, to include UAV <sup>(7)</sup>	2,440	30 <sup>(7)</sup>
TTA , to include MPA	2,440	30 <sup>(8)</sup>
AGS	2,440	45
AEW	3,000	45
STA, to include AAR	3,000	45
SBA	3,500	60

Tabella 6. Dimensioni base delle piste associate alle categorie di velivoli.

### 3.5.1 Dimensionamento della pista

- *Banchine*: larghezza standard di 30 m (7,5 m solo per i RWA), di cui i primi 3 metri pavimentati;
- *Overruns*: lunghezza pari a 150 m (100 m per i MPA, 22,5 m per i RWA) a partire dalla soglia, con larghezza pari a quella della pista più la zona pavimentata delle banchine;
- *Cleared End Zones*: lunghezza pari a 275 m (125 m per i RWA) a partire dalla soglia, con larghezza pari a quella della pista più le banchine (v. Fig. 14).



Shoulders, Overrun and Cleared End Zone Dimensions.

Figura 14. Dimensioni accessorie della pista.

- *Pista*: la pendenza longitudinale della pista non dovrà superare l'1%; la distanza tra due diversi valori della stessa (distanza tra i punti di tangenza) non sarà inferiore a 300 m con una percentuale di variazione massima dello 0,167% ogni 30 m. Trasversalmente la pendenza non dovrà oltrepassare l'1,5% mentre la minima è governata dalle esigenze di drenaggio.
- *Banchine*: la pendenza trasversale non deve eccedere il 4% e, come nel caso della pista, il valore minimo è disciplinato dalle esigenze di drenaggio (2% per RWA). Può comunque variare lungo la pista per potersi conformare al naturale andamento del terreno.
- *Overruns*: longitudinalmente non si può superare la pendenza dell'1,5%, mentre ortogonalmente, fermi restando i minimi requisiti necessari al drenaggio, il valore limite è il 3%.
- *Lateral Safety Zone and Cleared End Zones*: la pendenza massima è pari al 10%.

### 3.5.2 Clearances

Longitudinalmente, nessun ostacolo deve ostruire la superficie di approccio. Tale superficie, distante 60 m dalla soglia, ha un bordo interno largo 300 metri (150 m per ogni lato della pista) ortogonale all'asse della stessa, che sale con una inclinazione del 2% (1:50) e diverge fino ad incontrare la superficie laterale (v. Fig. 15).

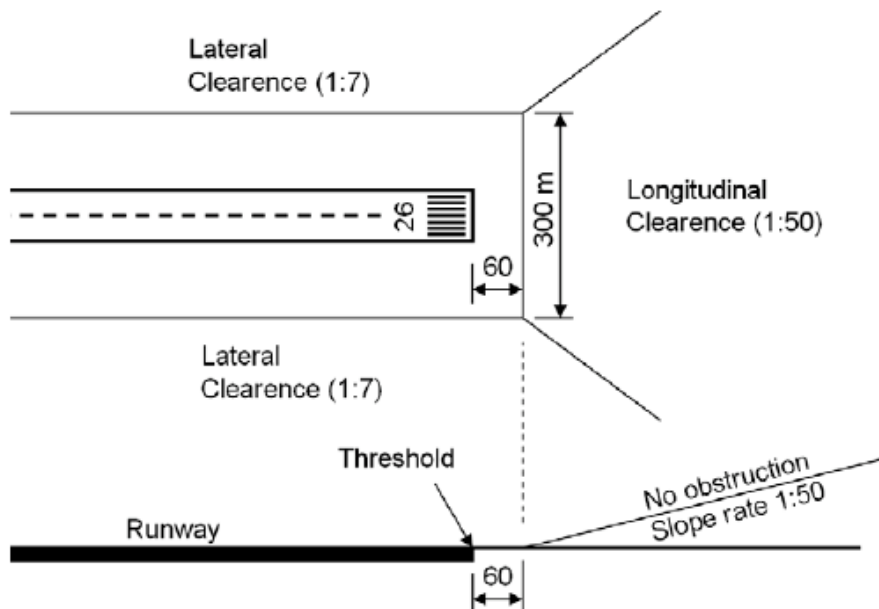


Figura 15. Dimensioni clearances.

Una zona di sicurezza laterale (LSZ) è prescritta per una distanza di 150 m su ciascun lato a partire dall'asse centrale della pista. Con l'eccezione degli aiuti essenziali e dell'assistenza all'atterraggio, non ci dovrebbero essere ostacoli all'interno di questa zona (compresi aeromobili parcheggiati). Dal suo bordo esterno parte una superficie inclinata verso l'alto e verso l'esterno (pendenza 1:7) che incontra la superficie di approccio, e che non deve essere ostruita da nessun oggetto (v. Fig. 16).

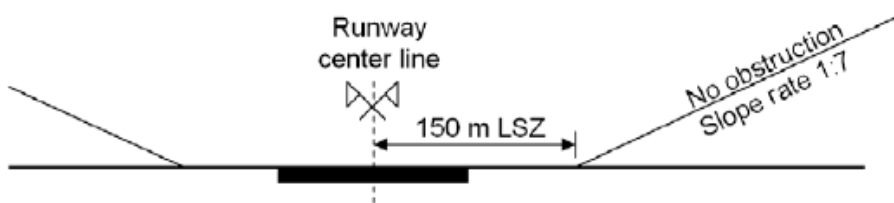
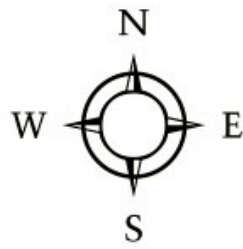
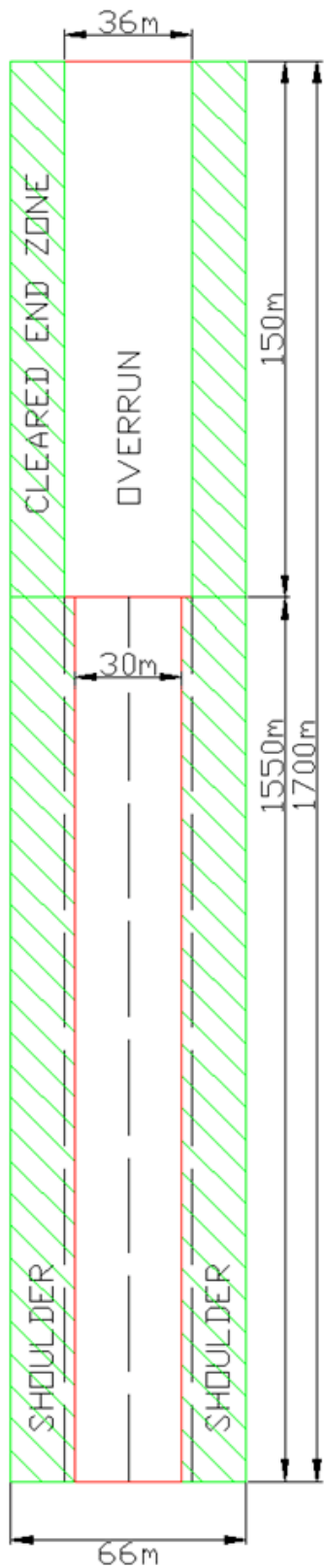


Figura 16. Sezione trasversale pista, indicante l'assenza di ostacoli.

In Fig. 17 vengono in conclusione riportati i dimensionamenti della soluzione definitiva.



COORDINATE ASSE PISTA	LATITUDINE	LONGITUDINE
INIZIO	74° 41' 55.5" SUD	164° 06' 10" EST
FINE	74° 42' 52" SUD	164° 06' 10" EST

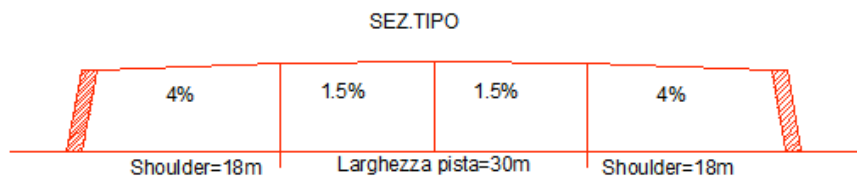


Figura 17. Dimensioni principali e orientamento della soluzione definitiva.

## 4 Analisi Costi Benefici per la costruzione della pista

### 4.1 RICHIAMI SULLA METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA

Gli elementi necessari ad effettuare un'analisi costi benefici (ACB) sono:

- investimento, inteso come costo totale da sostenere, una sola volta, riportato al momento 'zero';
- interesse sul capitale, ossia il costo che l'investitore deve sostenere per avere la disponibilità dell'unità di capitale con cui approvvigionare l'investimento;
- flusso di cassa, dato dalla differenza, per ogni anno di durata del progetto, tra i benefici economici attesi ed i costi correnti.

I precedenti elementi consentono di poter determinare la differenza tra i flussi di cassa cumulati ed attualizzati (*benefici*) e l'investimento totale (*costi*). L'indicatore economico che dà conto di tale differenza è il Valore Attuale Netto (VAN) definito come:

$$VAN = FC \cdot FA - I_0$$

essendo:

*FC*: il flusso di cassa come in precedenza descritto;

*FA*: un numero di anni equivalente, dipendente dalla vita del progetto *n* e dall'interesse *i* adottato per le attualizzazioni secondo la relazione:

$$FA = \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n i}$$

Se il VAN relativo all'iniziativa risulta positivo, l'iniziativa è redditizia. Il contrario avviene nel caso di VAN negativo.

#### 4.1.1 Il metodo Montecarlo<sup>1</sup>

Un'analisi 'tradizionale' origina una valutazione univoca dei flussi di cassa generati nell'esercizio dell'iniziativa.

Come visto in precedenza, i flussi di cassa a loro volta dipendono sia da parametri finanziari (costo del denaro, inflazione, deriva del costo energetico) che da parametri impiantistici (rendimenti e indici di efficienza). Tutti questi parametri normalmente vengono implicitamente supposti *costanti* nell'intera durata dell'attività. In realtà, a causa dell'inevitabile variabilità futura dei parametri economici e del decadimento delle prestazioni delle diverse attrezzature e infrastrutture, i flussi di cassa ne saranno necessariamente influenzati, e ciò originerebbe non più un unico valore di VAN ma una *gamma* di possibili valori di VAN.

Data l'impossibilità di prevedere anno per anno gli effettivi valori dei vari parametri, e quindi di calcolare gli effettivi flussi di cassa generati, si ricorre - quando l'iniziativa è particolarmente complessa e movimentata ingenti flussi monetari, come nel caso in esame - ad un'analisi di tipo statistico basato sul metodo Montecarlo.

Il metodo Montecarlo è un metodo numerico che permette di risolvere problemi matematici attraverso la simulazione di variabili aleatorie.

---

<sup>1</sup> Il capitolo 4.1.1 è mutuato da *Di Franco, P. Iacobone, F., Pragmatica dell'analisi costi-benefici, Aracne, 2009.*

In situazioni in cui i parametri che influenzano il problema hanno limitata variabilità, o variabilità prevedibile, si può utilizzare una simulazione di tipo deterministico, in quanto sono noti i processi di correlazione e sono individuabili le relazioni di causalità degli effetti.

Il modello consiste dunque in un esperimento campionario per monitorare la distribuzione dei risultati di una funzione-obiettivo di interesse - nel nostro caso, il VAN - dipendente da una serie di variabili indipendenti di tipo probabilistico. Si può così produrre uno strumento che, a determinati valori di input, associa una serie di valori di output, con una relativa probabilità.

Con il metodo Montecarlo gli scenari possono essere costruiti con una serie di esperimenti che simulano il comportamento di un particolare fenomeno in termini di distribuzione di probabilità funzione di valori via via assunti casualmente dalle variabili indipendenti all'interno del proprio intervallo di variabilità.

L'efficacia del metodo dipende dall'individuazione delle variabili indipendenti del sistema in esame, dalla logica con la quale sono state definite le relazioni di causa ed effetto e dalla vicinanza delle ipotesi-base dell'algoritmo di generazione dei numeri casuali con le caratteristiche empiriche delle condizioni economiche ed impiantistiche.

#### **4.1.2 Applicazione dell'ACB: individuazione delle alternative**

Per sua natura l'ACB viene utilizzata dal momento in cui si devono confrontare più alternative progettuali, utilizzandola per decidere la convenienza di una rispetto all'altra.

Nel caso oggetto di studio le alternative sono due:

- *alternativa 0*: è l'alternativa di *non progetto*, la possibilità cioè che tutto rimanga invariato, che si continui dunque ad operare negli anni secondo le modalità e le procedure attuali;
- *alternativa 1*: è lo scenario che presuppone la costruzione della pista aeroportuale e che quindi comporta nel sistema le variazioni descritte nei precedenti capitoli.

Il fattore che porterà alla scelta di una o dell'altra alternativa è il VAN: se questo risulta positivo, si ha convenienza nel costruire l'infrastruttura, se questo risulta negativo, si ha convenienza nel mantenere inalterato il sistema logistico attuale.

### **4.2 APPLICAZIONE DELL'ACB ALL'ALTERNATIVA 1**

#### **4.2.1 Flussi di cassa**

In generale le azioni intraprese possono mirare ad incrementare i flussi di denaro entranti, quindi all'aumento dei ricavi, oppure a diminuire quelli uscenti, puntando quindi ad operazioni di risparmio.

In questo caso l'obiettivo della costruzione della pista non è di aumentare le quantità di denaro entranti, ma di diminuire quelle uscenti, mirando quindi ad un'azione di puro risparmio.

I flussi di cassa risulteranno essere, quindi, la semplice differenza tra i costi sostenuti per il sistema logistico attuale e quelli da sostenere per il sistema futuro:

$$FC = C_{attuali} - C_{futuri}$$

Verranno di seguito descritte le variabili che influenzano il calcolo dei flussi di cassa. Molte di esse, con riferimento alla situazione attuale, sono già state illustrate e quantificate nel § 2.3. Ci limiteremo quindi a esporre le loro variazioni in caso di costruzione della pista.

I flussi di cassa vengono supposti costanti nel corso della vita utile dell'opera e quindi calcolati in riferimento ai costi valevoli all'anno zero. Si provvederà successivamente, mediante gli opportuni parametri alla loro rivalutazione.

Indicheremo  $S_0$  lo stato attuale, con  $S_f$  quello futuro.

#### 4.2.1.1 Flusso di cassa in modalità aerea

Tutti gli oneri riguardanti l'uso della modalità aerea sono già state descritti nel § 2.3; ne considereremo ora le variazioni rispetto a  $S_0$ .

- 1) *Mobilizzazione e demobilizzazione* ( $C_{md}$ ): essendo un costo fisso, indipendente dal numero di voli effettuati ma da sostenere in caso di stipula del contratto di noleggio, non subisce variazioni e non ci sono incertezze nella sua valutazione. Si ha di conseguenza:

$$C_{md}[\$] = 648.910$$

- 2) *Spese commisurate alla quantità di voli e di giorni di immobilizzazione del velivolo*: per quantificare questa voce di costo in caso di costruzione della pista e quindi di variazione del numero dei voli annui, ed eventualmente del numero dei giorni durata della campagna, è necessario conoscere quanto, da contratto, costano il singolo volo ( $C_{sv}$ ) e il singolo giorno di affitto del velivolo ( $C_{iv}$ ). Nel contratto queste due voci sono indicate in un'unica voce e non è indicato il peso che  $C_{sv}$  acquista rispetto a  $C_{iv}$ . Si ipotizza quindi che ognuno dei due pesi al 50%.

Con riferimento al contratto stipulato con Safair per il 2012, si ricavano i seguenti valori (v. Tab. 7):

$C_{sv}$ [\\$]	$C_{iv}$ [\\$]
84.365	16.873

Tabella 7. Valori di  $C_{sv}$  e  $C_{iv}$ .

Si devono quindi ora quantificare il *numero di voli* e il *numero di giorni di durata della campagna*, che corrisponderanno al periodo di stipula del contratto. In particolare, per il primo dato sussistono due tipologie:

- *voli effettuati dalla spedizione italiana* ( $N_{vi}$ ): da quantificare perché direttamente collegati ai costi che ENEA dovrà sostenere;
- *voli effettuati per conto di spedizioni non italiane* ( $N_s$ ): sono i voli che utilizzeranno la futura pista in terra effettuati da nazioni che non siano l'Italia. La loro quantificazione è necessaria perché, nell'ipotesi di contratto condiviso, modificherebbero l'incidenza di  $C_{md}$  sul costo del singolo volo.

Data la scarsa attendibilità di questo dato, puramente previsionale e senza la disponibilità di serie storiche, e non derivante da reali accordi ufficiali con altri paesi ma da accordi verbali, verrà al momento opportuno valutato col metodo Montecarlo, effettuando cioè un'estrazione casuale di valori possibili all'interno di un range prestabilito.

Avremo quindi, per  $N_{vi}$  e  $N_s$  (v. Tab. 8):

	$N_{vi}$	$N_s$
<i>Distribuzione</i>	-	Uniforme
<i>Range di variabilità</i>	12	5-10

Tabella 8. Valori di  $N_{vi}$  e  $N_s$ . Per  $N_s$  è indicato il range di variazione.

- 3) *Numero di giorni* ( $N_g$ ): anche la durata della campagna è soggetta a variabilità. Si ritiene opportuno quindi valutarla in un range e applicarvi l'estrazione pseudocasuale del metodo Montecarlo. Avremo quindi un numero di giorni di durata variabile tra 100 e 130.

4) Altre voci di costo ( $C_{ac}$ ): come già illustrato, consistono in particolare in opere di gestione della sala operativa e di assistenza a terra. Sono riferite al singolo volo e si possono supporre costanti. Nell'ipotesi che ogni paese che usufruirà della pista avrà del personale specializzato in tale ambito, esse dovranno essere rapportate solamente al numero di voli italiani. Si può ritenere:

$$C_{ac} [\text{€/volo}] = 5.085$$

Va considerato che tutte le voci di costo appena analizzate, ad esclusione di quelle di gestione  $C_{ac}$ , sono espresse in dollari americani. In effetti la stipula del contratto con Safair viene effettuata da due paesi in cui vigono valute diverse e quindi, di comune accordo, è stato deciso di utilizzare la valuta statunitense.

Tutti gli altri oneri di seguito analizzati, essendo riferiti a soggetti italiani, saranno espressi in Euro, e si dovrà quindi procedere alla riconversione da dollaro a euro.

A causa della sua intrinseca incertezza nel tempo, in particolare nel lungo periodo, il parametro *tasso di cambio euro/dollaro* andrà evidentemente valutato effettuando estrapolazioni dalle serie storiche. Per la valutazione dell'intervallo di estrazione si è fatto riferimento alle serie a partire dal 1999 (fonte: Eurostat), anno in cui l'Euro entrò ufficialmente in vigore per gli scambi commerciali. In Fig. 18 è riportato lo storico, realizzato considerando i valori del tasso di cambio medi annuali.

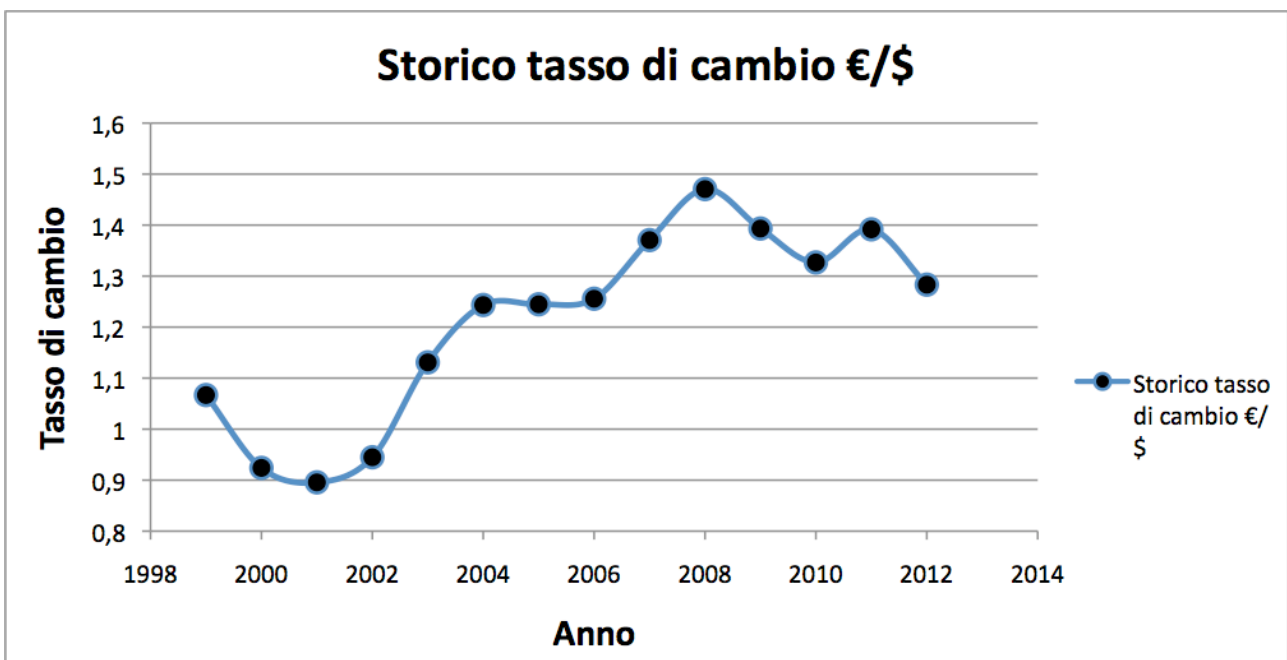


Figura 18. Andamento storico del cambio euro/dollaro.

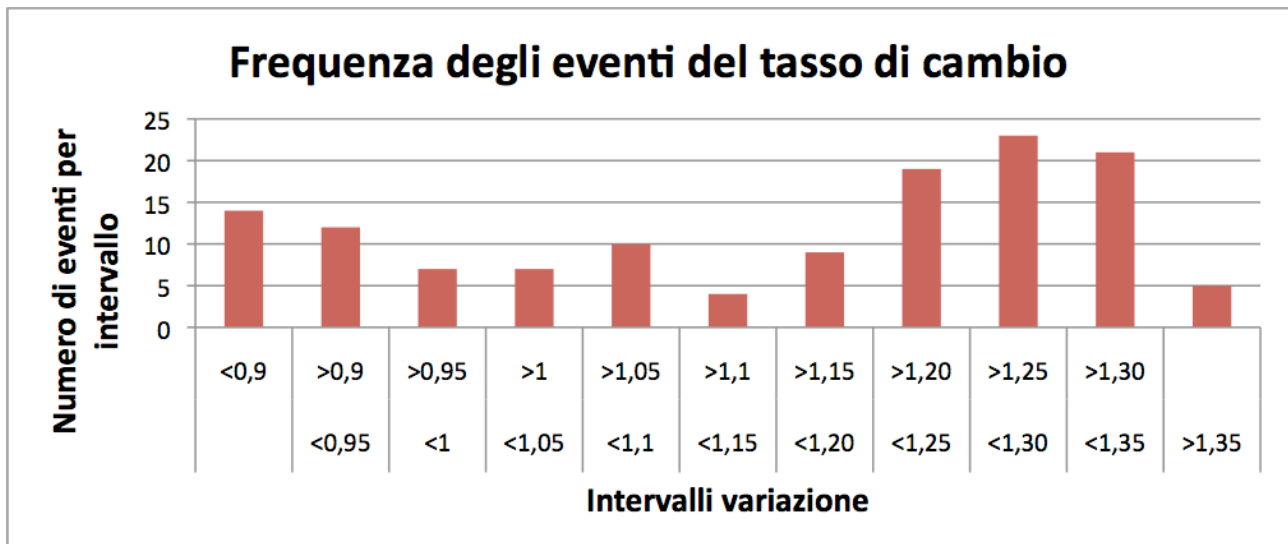


Figura 19. Distribuzione di probabilità del cambio euro/dollaro.

Come si può vedere dal grafico in Fig. 19 la distribuzione della frequenza con cui un determinato tasso di cambio si verifica non segue una legge nota. Non si può quindi assimilarne la legge di distribuzione di probabilità a nessuna di quelle comunemente usate.

L'estrazione verrà quindi effettuata utilizzando una distribuzione uniforme, utilizzando come estremi dell'intervallo il valore massimo e minimo rilevati nella serie storica. Indicando con  $T_c$  il tasso di cambio, si avrà (v. Tab. 9):

	$T_c$ [€/€]
Distribuzione	Uniforme
Range	0,8532 - 1,577

Tabella 9. Valori del range di variazione del tasso di cambio.

L'ultimo parametro che entra in gioco nel calcolo dei costi della modalità aerea è il carburante, non compreso nel contratto, ma a carico di chi utilizza il velivolo.

Il suo costo però ha un andamento nel tempo che seguirà una dinamica diversa da quelle delle voci appena descritte. Mentre queste, infatti, saranno soggette all'inflazione presente in Sudafrica, il carburante, sarà soggetto al mercato, tipicamente globale, del prodotto.

Essendo quindi tali voci influenzate da parametri macroeconomici differenti, non potranno essere inserite nella stessa espressione del flusso di cassa, ma dovranno essere effettuati calcoli separati, prevedendo nella formula i pertinenti parametri macroeconomici.

Si esplicita ora l'espressione del flusso di cassa al primo anno, riassumendo in Tab. 10 le variabili in gioco.

Variabili riferite alla situazione attuale		Variabili riferite alla situazione futura	
$C_{md0}$	Costo mobilizzazione e demobilizzazione	$C_{mf}$	Costo mobilizzazione e demobilizzazione
$C_{ua0}$	Costo di uso e affitto velivolo	$C_{svf}$	Costo contrattuale singolo volo
$C_{ac0}$	Altre voci di costo	$C_{ivf}$	Costo contrattuale singolo giorno affitto velivolo
		$N_{vf}$	Numero di voli effettuati annualmente
		$N_{gf}$	Numero di giorni di durata della campagna
		$C_{acf}$	Altre voci di costo

Tabella 10. Variabili in gioco per il calcolo di  $FC_1$ .

$$FC_1 = \text{Costi } S_0 - \text{Costi } S_f = (X_{md0} + C_{ua0} + C_{ac0}) - (C_{mf} + C_{svf} \times N_{vf} + C_{ivf} \times N_{gf} + C_{acf})$$

Adottando il metodo Montecarlo, viene generata una stringa di 1000 possibili valori per le variabili influenzanti il  $FC_1$ . In Tab. 11 si riporta un sottocampione dei valori delle variabili simulate e i corrispettivi valori dei flussi di cassa  $FC_1$ , avendo fatto variare casualmente ogni variabile all'interno del proprio possibile range di variabilità.

Estrazione n.	$N_s$	$N_g$	$T_c$	$FC_1$ [€]
1	9	110	1,103	-220.289
2	6	105	1,258	-123.260
3	7	118	1,412	-11.871
4	10	121	0,897	-816.086
.....	.....	.....	.....	.....
997	7	110	1,418	14.531
998	8	114	1,087	-331.339
999	10	105	1,331	104.250
1000	6	121	1,384	-85.025

**Tabella 11. Sottocampione dell'estrazione pseudocasuale per il calcolo di  $FC_1$ . Le altre variabili non presenti non sono state riportate perchè costanti.**

#### 4.2.1.2 Flusso di cassa modalità nave

Escludendo le spese del carburante, incluso, come vedremo, in  $FC_3$ , le voci di costo che riguardano questa modalità si riassumono in:

- 1) *Noleggio e catering*: da ritenersi costante;
- 2) *Altre spese*: comprendono tutte quelle voci descritte nel § 2.3 non riguardanti il noleggio, il catering e il carburante. A causa della loro bassa incidenza sul costo finale, si ritiene opportuno introdurre un'unica variabile ( $X_{co}$ ), data dalla somma di ogni voce, ed effettuare le estrazioni solo per questa invece che per ogni singolo contributo alla variabile stessa. La voce relativa alle *altre spese* è ritenuta variabile tra 200.000 e 300.000 euro/anno.

Nell'ottica del metodo Montecarlo, si riporta in Tab. 12 un sottocampione dei valori delle variabili simulate e i corrispettivi valori dei flussi di cassa  $FC_2$ , negli scenari 1 e 2.

Estrazione n.	$N_s$	$FC_2$ [€]	
		Scenario 1	Scenario 2
1	238.200	1.869.100	2.492.133
2	210.068	1.855.034	2.473.379
3	259.648	1.879.824	2.506.432
4	289.911	1.894.955	2.526.607
.....	.....	.....	.....
997	239.647	1.869.823	2.493.098
998	268.548	1.884.274	2.512.365
999	271.746	1.885.873	2.514.497
1000	263.094	1.881.547	2.508.729

**Tabella 12. Sottocampione dell'estrazione pseudocasuale per il calcolo di  $FC_2$ . Le altre variabili non presenti non sono state riportate perchè costanti.**

#### 4.2.1.3 Flusso di cassa: carburante

Gli importi per carburante si intendono riferiti ai consumi dell'aereo e della nave.

Anche in questo caso tutte le voci di costo sono già state esplicitate nel § 2.3 e nel § 2.4; ci si limiterà quindi ad evidenziarne le variazioni ed a indicare quelle che risentono di una maggiore variabilità, necessitando di una trattazione probabilistica tramite il metodo Montecarlo.

- 1) Consumi carburante aereo: dipendono dalla durata del volo (complessivo di andata e ritorno,  $h_v$ ) e dal consumo orario ( $C_{ha}$ ), che a sua volta dipende dal coefficiente di carico ( $\delta_c$ ).

$h_v$ [h]	$C_{ha}$ [l/h]	
Uniforme	Uniforme	<b>Distribuzione</b>
14-16	1.600 – 2.700	<b>Range</b>

**Tabella 13. Valori del range di variazione di  $h_v$ .**

- 2) Consumi carburante (e lubrificanti) nave: i carburanti utilizzati per la navigazione sono di due tipi: MGO e IFO, aventi costi diversi. Nel calcolo si preferisce utilizzare un unico valore costante, dato dal risultato della media dei due costi, pesato con la quota parte di viaggio in cui viene utilizzato.

Carburante	Costo [€/t]	Percentuale di utilizzazione [%]
MGO	550	66
IFO	800	34
La media pesata del costo risulta essere pari a <b>640 €/t</b> .		

**Tabella 14. Costo carburanti e media pesata.**

- Consumi giornalieri ( $C_{gn}$ ): la loro variabilità è data soprattutto dalla quantità di carico trasportato e dalle condizioni atmosferiche. La loro quantificazione è piuttosto difficile, ed il range all'interno del quale dovranno variare sarà quindi piuttosto ampio.
- Numero di giorni di navigazione ( $N_{gn}$ ): come visto in precedenza, le rotte seguite non saranno le stesse ad ogni viaggio, e da ciò deriva una sostanziale incertezza sulla durata.

In Tab. 15 sono riportati i valori di variazione ipotizzati per le ultime due variabili.

	$C_{gn}$ [kg/g]	$N_{gn}$
<i>Distribuzione</i>	Uniforme	Uniforme
<i>Range</i>	12.000 – 14.000	90-130

**Tabella 15. Valori del range di variazione di  $C_{gn}$  e  $N_{gn}$ .**

Si esplicita ora l'espressione per il calcolo del flusso di cassa al primo anno, riassumendo in Tab. 16 le variabili in gioco.

Con la denominazione di *variabili atemporali* si intendono quelle variabili che non risentono delle modifiche apportate al sistema logistico.

<b>Variabili riferite alla situazione attuale</b>	
$N_{va0}$	Numero di voli annuale attuale
$\delta_{c0}$	coefficiente di carico attuale
$C_{h0}$	Consumo orario attuale
$N_{vn0}$	Numero di viaggi nave annuali attuale
<b>Variabili riferite alla situazione futura</b>	
$N_{vif}$	numero di voli italiani futuri
$\delta_{cf}$	coefficiente di carico futuro
$C_{hf}$	Consumo orario futuro
$N_{vnf}$	Numero di viaggi futuro effettuato nell'arco di tre anni

Variabili atemporali	
$h_v$	Durata volo (comprensivo di andata e ritorno)
$C_{gn}$	Consumo giornaliero nave
$N_{gn}$	Numero di giorni di navigazione

**Tabella 16. Variabili in gioco per il calcolo di  $FC_3$ .**

$$QUOTE FC_3 = Costi S_0 - Costi S_f = (h_v \cdot C_{h0} \cdot \delta_{c0} \cdot N_{va0} + N_{gn} \cdot C_{gn}) - \left( h_v \cdot C_{hf} \cdot \delta_{cf} \cdot N_{vif} + N_{gn} \cdot C_{gn} \cdot \frac{3}{N_{vif}} \right)$$

In Tab. 17 si riporta un sottocampione dei valori delle variabili simulate e i corrispettivi valori dei flussi di cassa  $FC_3$ , nel caso di scenario 1 e 2.

Estrazione n.	$h_v$	$C_{gn}$	$C_{ha}$	$N_{gn}$	$FC_3$ [€]	
					Scenario 1	Scenario 2
1	14,91	34.029	2.365	57	465.375	1.047.484
2	14,86	32.772	1.775	53	406.262	923.308
3	15,88	30.367	1.634	44	277.897	680.563
4	15,95	49.069	2.652	49	591.424	1.308.301
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
997	14,05	40.331	2.590	41	390.566	892.648
998	14,97	33.012	2.584	43	312.830	738.747
999	14,57	33.963	1.625	49	389.001	889.418
1000	16,00	40.056	2.319	42	388.936	898.270

**Tabella 17. Sottocampione dell'estrazione pseudocasuale per il calcolo di  $FC_3$ . Le altre variabili non presenti non sono state riportate perché costanti.**

#### 4.2.2 Fattore di annualità

Una volta calcolati i vari flussi di cassa si può passare alla valutazione dei rispettivi Fattori di Annualità. Ne avremo quindi tre, uno per ogni flusso di cassa.

Si riporta di seguito l'espressione del Fattore di Annualità:

$$FA = \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i}$$

in cui:

$i = R - f - f'$  ( $R$ : costo del capitale,  $f$ : inflazione,  $f'$ : deriva rispetto all'inflazione)

$n$  = anni del progetto

##### 4.2.2.1 Tasso di interesse

Il parametro macroeconomico  $R$  nella formula del  $FA$  è il tasso di interesse sul capitale. Esso è riferito a capitali che dovranno essere impegnati da enti italiani (in particolare dal MIUR, Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca), e resta costante per ogni flusso di cassa. La pista verrebbe interamente finanziata con denaro pubblico, derivante in parte dalla vendita di titoli di stato. Il tasso di interesse  $R$  da prendere in considerazione risulta quindi essere quello dei Buoni Ordinari del Tesoro. La quantificazione di questo parametro è stata effettuata tramite lo storico dei BOT negli ultimi dodici anni (v. Fig. 20, fonte Banca d'Italia), comprensivo di relativa distribuzione di frequenza (v. Fig. 21).

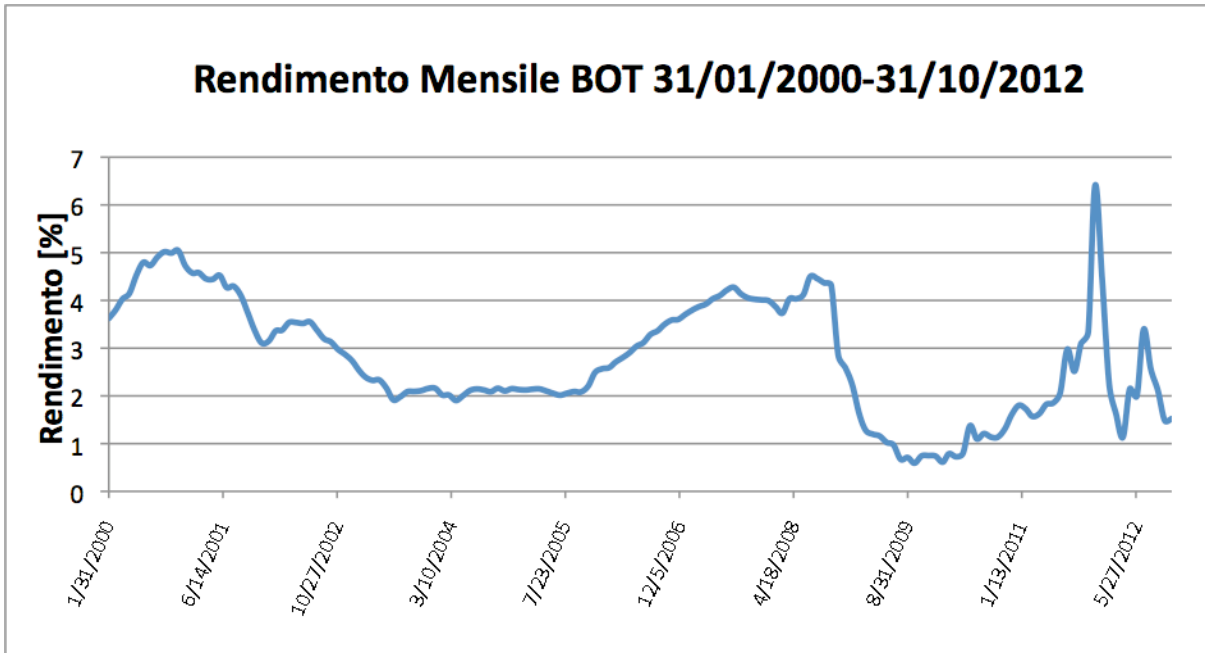


Figura 20. Andamento del valore dei BOT dal 2000 al 2012.

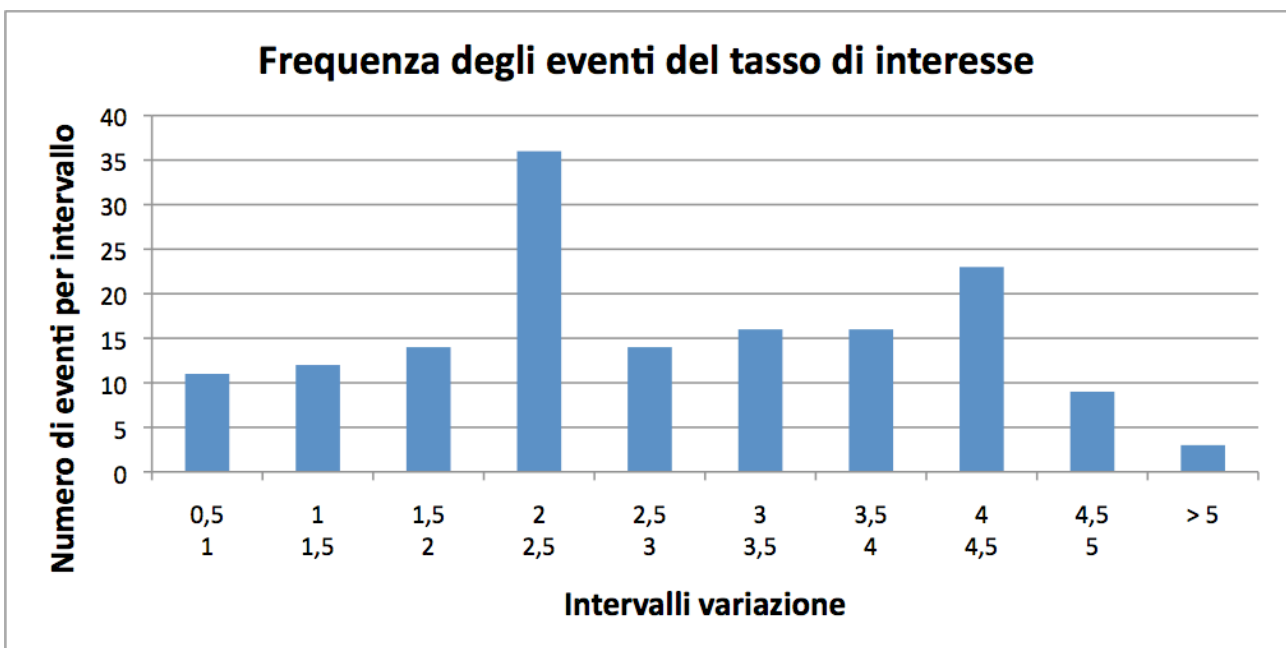


Figura 21. Distribuzione di frequenza dei valori assunti dai BOT nel periodo 2000-2012.

In merito alla Fig. 21, ad esclusione del range tra il 2% e il 2,5%, la distribuzione degli eventi può essere considerata sostanzialmente uniforme e tale sarà la distribuzione usata per l'estrazione delle variabili pseudocasuali.  $R$  varierà dunque tra 0,8 e 6%.

#### 4.2.2.2 Vita utile infrastruttura

Un altro dato necessario al calcolo di FA univoco per tutti i flussi di cassa è la vita del progetto che, nel nostro caso, è la vita utile della pista. Questa è stata assunta variabile tra 15 e 20 anni.

#### 4.2.2.3 Fattore di annualità modalità aerea

Come visto in precedenza, i flussi di cassa relativi alla modalità aerea si riferiscono solamente alle spese contrattuali impegnate con la Safair. Su di essi agirà quindi l'effetto dell'inflazione in Sud Africa ( $f_{sa}$ ), per la cui valutazione si è considerato lo storico degli ultimi cinque anni, fornito direttamente da Statssa, l'ente nazionale di statistica Sudafricano. Lo storico si riferisce in realtà al Consumer Price Index-CPI, la cui variabilità di anno in anno rappresenta proprio l'inflazione indagata (v. Tab. 18).

**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. Tabella 18. Consumer Price Index Sud Africa. Anno di riferimento  $T_0=2008$**

L'ultimo dato elaborato, riferito al settembre 2012, restituisce un valore del CPI pari al 125,3%. Viene assunto come tasso di inflazione l'aumento medio annuo del CPI tramite la relazione:

$$f_{sa} = \left( \sqrt[n]{1 + CPI_f} - 1 \right) \times 100$$

con:

$c$  = inflazione annua media;

$n$  = numero di anni del periodo considerato;

$CPI_f$  = Consumer Price Index finale.

$f_{sa}$  risulta del 5,8% annuo. Tale valore sarà anch'esso valutato pseudocasualmente, con una variabilità di  $\pm 2$  punti percentuali.  $f_{sa}$  varierà di conseguenza tra 3,80 e 7,80%.

Quantificate le variabili necessarie per il calcolo di  $FA_I$ , possiamo ora effettuare le simulazioni delle variabili aleatorie e calcolare  $FA_I$ . Si riporta in Tab. 19 un sottocampione dei valori delle variabili simulate e i corrispondenti valori di  $i_I$  (interesse di calcolo) e di  $FA_I$ .

#### 4.2.2.4 Fattore di annualità modalità navale

Quanto visto per la modalità aerea vale per quella navale; i costi ad essa riferiti infatti devono tener in conto l'inflazione sul territorio nazionale.

I prezzi al consumo sono variati dal 1996 al 2012 come indicato in Tab. 20.

Estrazione n.	$R$ [%]	$n$	$f_{sa}$ [%]	$i_I$ [%]	$FA_I$
1	5,537	16,9	6,75	-1,2	18,90
2	5,541	15,5	5,93	-0,4	16,01
3	3,015	18,0	6,78	-3,8	26,39
4	2,122	19,5	5,16	-3,0	27,16
.....	.....	.....	.....	.....	.....
997	1,584	17,0	5,97	-4,4	26,05
998	1,342	18,4	5,85	-4,5	29,73
999	3,301	18,6	4,17	-0,9	20,28
1000	1,240	18,2	7,49	-6,3	35,65

**Tabella 19. Sottocampione dell'estrazione pseudocasuale e calcolo dell'interesse e del Fattore di Annualità  $FA_I$ .**

Anno	CPI
1996	100
1999	104,6
2000	106,9
2001	109,5

2002	112,0
2003	115,2
2004	117,7
2005	120,0
2006	122,6
2007	125,0
2008	128,9
2009	130,7
2010	132,5
2011	135,0
2012	139,7

**Tabella 20. Prezzi al consumo in Italia 1996-2012.**

L'incremento medio annuo assoluto ( $f_i$ ), è risultato del 2,38%. Anche tale valore sarà valutato pseudocasualmente, con una variabilità di  $\pm 1$  punto percentuale, ottenendo un intervallo di variabilità da 1,38 a 3,88 %.

Quantificate le variabili necessarie ad  $FA_2$ , si possono ora effettuare le simulazioni delle variabili aleatorie e il calcolo di  $FA_2$ . Si riporta in Tab. 21 un sottocampione dei valori delle variabili simulate ed i corrispettivi valori di  $i_2$  (interesse di calcolo) e di  $FA_2$ .

Estrazione n.	R [%]	n	$f_{sa}$ [%]	$I_2$ [%]	$FA_2$
1	5,537	16,9	2,33	3,2	12,90
2	5,541	15,5	3,04	2,5	12,72
3	3,015	18,0	3,04	0,0	18,02
4	2,122	19,5	1,51	0,6	18,32
.....	.....	.....	.....	.....	.....
997	1,584	17,0	1,51	0,1	16,87
998	1,342	18,4	1,92	-0,6	19,51
999	3,301	18,6	3,27	0,0	18,53
1000	1,240	18,2	1,89	-0,7	19,34

**Tabella 21. Sottocampione dell'estrazione pseudocasuale e calcolo dell'interesse e del fattore di annualità  $FA_2$ .**

#### 4.2.2.5 Fattore di annualità carburante

È necessario stimare la variazione del costo del carburante nel tempo per il calcolo del relativo  $FA$ ; in particolare viene osservato il prezzo industriale, cioè la componente defiscalizzata del prezzo finale. In Tab. 22 si riportano tali valori, dal 1970 ad oggi.

Anno	Prezzo industriale	Componente fiscale	Prezzo di consumo	Componente fiscale	Prezzo consumo	Prezzo industriale
	Non attualizzato				Attualizzato	
1970	0,019	0,057	0,076	1,321	0,250	0,330
1971	0,020	0,064	0,084	1,390	0,238	0,331
1972	0,021	0,063	0,084	1,316	0,250	0,329
1973	0,024	0,064	0,088	1,250	0,273	0,341
1974	0,047	0,092	0,139	1,652	0,338	0,559
1975	0,053	0,105	0,158	1,603	0,335	0,538
1976	0,084	0,128	0,212	1,846	0,396	0,731
1977	0,074	0,184	0,258	1,902	0,287	0,546
1978	0,074	0,184	0,258	1,692	0,287	0,485
1979	0,085	0,191	0,276	1,564	0,308	0,482
1980	0,139	0,230	0,369	1,725	0,377	0,650
1981	0,191	0,279	0,470	1,852	0,406	0,753

1982	0,214	0,327	0,541	1,832	0,396	0,725
1983	0,220	0,388	0,608	1,791	0,362	0,648
1984	0,228	0,437	0,665	1,771	0,343	0,607
1985	0,245	0,441	0,686	1,682	0,357	0,601
1986	0,151	0,514	0,665	1,537	0,227	0,349
1987	0,144	0,530	0,674	1,489	0,214	0,318
1988	0,150	0,549	0,699	1,471	0,215	0,316
1989	0,175	0,536	0,711	1,404	0,246	0,345
1990	0,193	0,570	0,763	1,420	0,253	0,359
1991	0,191	0,601	0,792	1,385	0,241	0,334
1992	0,191	0,596	0,787	1,306	0,243	0,317
1993	0,211	0,620	0,831	1,323	0,254	0,336
1994	0,209	0,666	0,875	1,341	0,239	0,320
1995	0,229	0,718	0,947	1,377	0,242	0,333
1996	0,245	0,729	0,974	1,363	0,252	0,343
1997	0,255	0,734	0,989	1,361	0,258	0,351
1998	0,227	0,735	0,962	1,300	0,236	0,307
1999	0,256	0,742	0,998	1,327	0,257	0,340
2000	0,378	0,745	1,123	1,457	0,337	0,490
2001	0,359	0,733	1,092	1,379	0,329	0,453
2002	0,331	0,716	1,047	1,291	0,316	0,408
2003	0,340	0,718	1,058	1,274	0,321	0,409
2004	0,379	0,746	1,125	1,328	0,337	0,447
2005	0,454	0,767	1,221	1,416	0,372	0,527
2006	0,507	0,778	1,286	1,463	0,395	0,577
2007	0,519	0,781	1,299	1,453	0,399	0,580
2008	0,589	0,792	1,381	1,495	0,426	0,637
2009	0,464	0,770	1,234	1,326	0,376	0,499
2010	0,573	0,791	1,364	1,445	0,420	0,607
2011	0,695	0,860	1,555	1,603	0,447	0,717
2012	0,776	1,042	1,818	1,818	0,427	0,776

Tabella 22. Valori monetari delle componenti del carburante distribuito in Italia, attualizzati e non.

L'incremento totale della componente industriale attualizzata risulta essere del 239 %. Seguendo l'approccio analitico utilizzato nel paragrafo riguardante il tasso di inflazione, l'incremento annuo assoluto risulta essere del 4,22 %.

Considerando però che negli ultimi anni all'aumento è stato più marcato, si è assunto un incremento annuo pari al 5%. Tale valore risulta necessario alla definizione del range all'interno del quale effettuare le estrazioni pseudocasuali. Supponendo una variabilità del tasso di incremento annuo medio di  $\pm 2$  punti percentuali, avremo un intervallo di variabilità del costo industriale del carburante tra 3 e 7%.

Quantificate le variabili necessarie ad  $FA_3$ , si possono ora effettuare le simulazioni delle variabili aleatorie e il calcolo di  $FA_3$ . In Tab. 23 si riporta un sottocampione dei valori delle variabili simulate e i corrispettivi valori di  $i_3$  (interesse di calcolo) e di  $FA_3$ .

Estrazione n.	R [%]	n	$i_c$ [%]	$i_3$ [%]	$FA_3$
1	5,537	16,9	5,84	-0,3	17,37
2	5,541	15,5	4,05	1,5	13,75
3	3,015	18,0	4,97	-2,0	21,79
4	2,122	19,5	5,47	-3,3	28,13
...	...	...	...	...	...
997	1,584	17,0	4,80	-3,2	23,07

998	1,342	18,4	4,04	-2,7	24,29
999	3,301	18,6	4,70	-1,4	21,41
1000	1,240	18,2	4,29	-3,0	24,74

**Tabella 23. Sottocampione dell'estrazione pseudocasuale e calcolo dell'interesse e del fattore di annualità  $FA_3$ .**

### 4.3 CALCOLO INVESTIMENTO

L'entità dell'investimento, cioè il costo di costruzione della pista  $I_0$ , è stato stimato variabile tra 9 ed 11 milioni di euro.

### 4.4 CALCOLO DEL VAN

Se  $n$  sono i flussi di cassa parziali, il Valore Attuale Netto  $\square$  è dato da:

$$VAN = \sum_{j=1}^n FC_j \cdot FA_j$$

che, nel caso in esame, si esplicita:

$$VAN = (FC_1 \cdot FA_1 + FC_2 \cdot FA_2 + FC_3 \cdot FA_3) - I_0$$

Il pedice 1 è riferito alla modalità aerea (escluso il carburante), il pedice 2 alla modalità navale (escluso il carburante) e il pedice 3 al carburante (e lubrificanti per la nave) delle due modalità.

Il VAN andrà inoltre calcolato per i due scenari ipotizzati: lo scenario 1 prevede l'uso della nave ogni due anni, e lo scenario due ne prevede l'uso ogni tre.

Incrociando ora i valori pseudocasuali generati per le diverse variabili, che a loro volta consentono la determinazione dei vari FC e FA, e presentati come esempio nelle diverse Tabb. 11, 12, 17, 19, 21, 23.

#### 4.4.1 VAN scenario 1

Tra le due prospettive ipotizzate  $\square$  è sicuramente quella meno vantaggiosa. L'uso della nave ogni due anni comporta costi che sono sicuramente minori rispetto all'attuale modalità di trasporto, ma superiori rispetto allo scenario 2.

A seguito delle estrazioni casuali delle variabili tecnico-economiche, si ottiene un vettore di valori di VAN. In Tab. 24 si riporta un sottocampione dei valori del VAN per lo scenario 1.

Estrazione n.	VAN 1 (€)
1	17.243.622
2	17.863.092
3	29.208.807
...	...
998	25.110.045
999	34.650.568
1000	33.292.997

**Tabella 24. Sottocampione dei valori del VAN per lo scenario 1.**

Viene ora determinata la distribuzione di frequenza dei valori di VAN del vettore. In Tab. 25 e Fig. 22 si riportano gli intervalli di VAN (arbitrariamente stabiliti), il numero di eventi per intervallo e la loro probabilità di accadimento.

Intervallo (€ x 10 <sup>6</sup> )	N. di eventi	Probabilità di accadimento
-----------------------------------	--------------	----------------------------

< 7	9	0,9 %
7 – 10	43	4,3 %
10 – 13	140	14,0 %
13 – 16	219	21,9 %
16 – 19	193	19,3 %
19 – 22	142	14,2 %
22 – 25	121	12,1 %
25 – 28	65	6,5 %
28 – 31	35	3,5 %
> 31	33	3,3 %

Tabella 25. Frequenze di accadimento degli eventi per lo scenario 1.

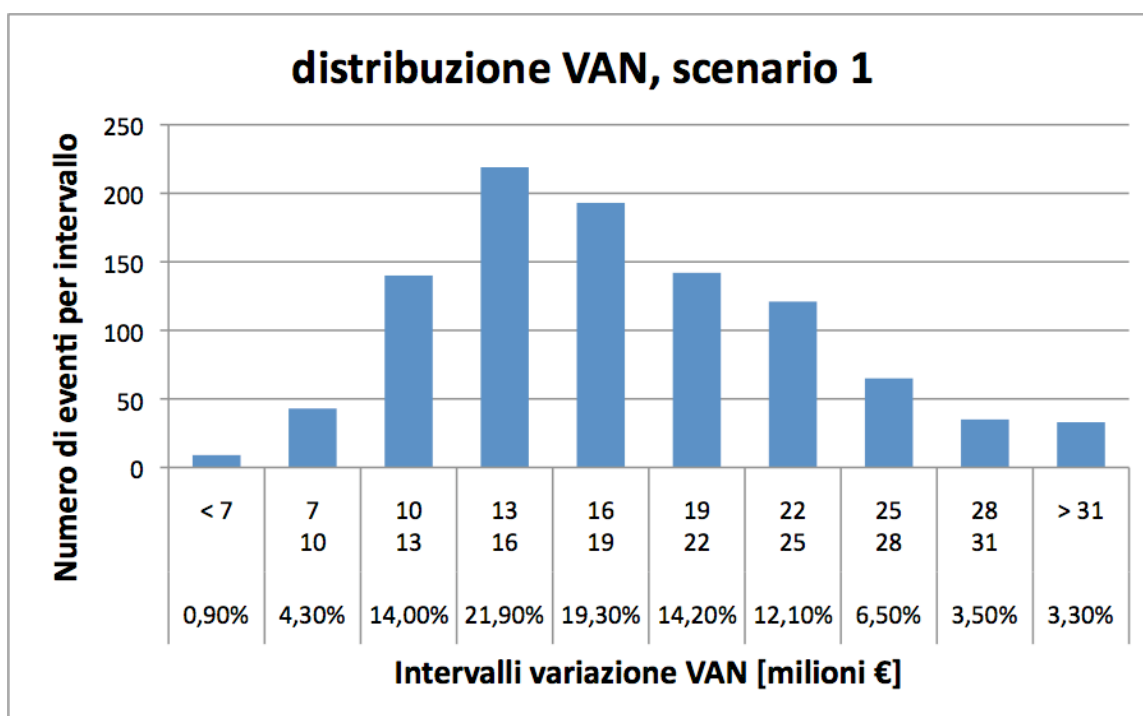


Figura 22. Distribuzione degli eventi VAN per lo scenario 1.

*Per lo scenario 1, il valore di VAN più probabile è compreso nell'intervallo 13-16 M€ (ca 22% di probabilità).*

#### 4.4.2 VAN scenario 2

La prospettiva n. 2 risulta essere, come confermano i risultati, la più vantaggiosa. In Tab. 26 si riporta un sottocampione del VAN, in Tab. 27 le frequenze di accadimento e in Fig. 23 la distribuzione degli eventi.

Estrazione n.	VAN 2 (€)
1	32.247.964
2	26.879.518
3	42.212.483
....	....
998	51.726.767
999	50.021.727
1000	39.845.787

Tabella 26. Sottocampione dei valori del VAN per lo scenario 2.

Intervallo (€ x 10 <sup>6</sup> )	N. di eventi	Probabilità di accadimento
< 25	26	2,6 %
25 – 30	115	11,5 %
30 – 35	200	20,0 %
35 – 40	200	20,0 %
40 – 45	166	16,6 %
45 – 50	124	12,4 %
50 – 55	80	8,0 %
55 – 60	46	4,6 %
> 60	43	4,3 %

Tabella 27. Frequenze di accadimento degli eventi per lo scenario 2.

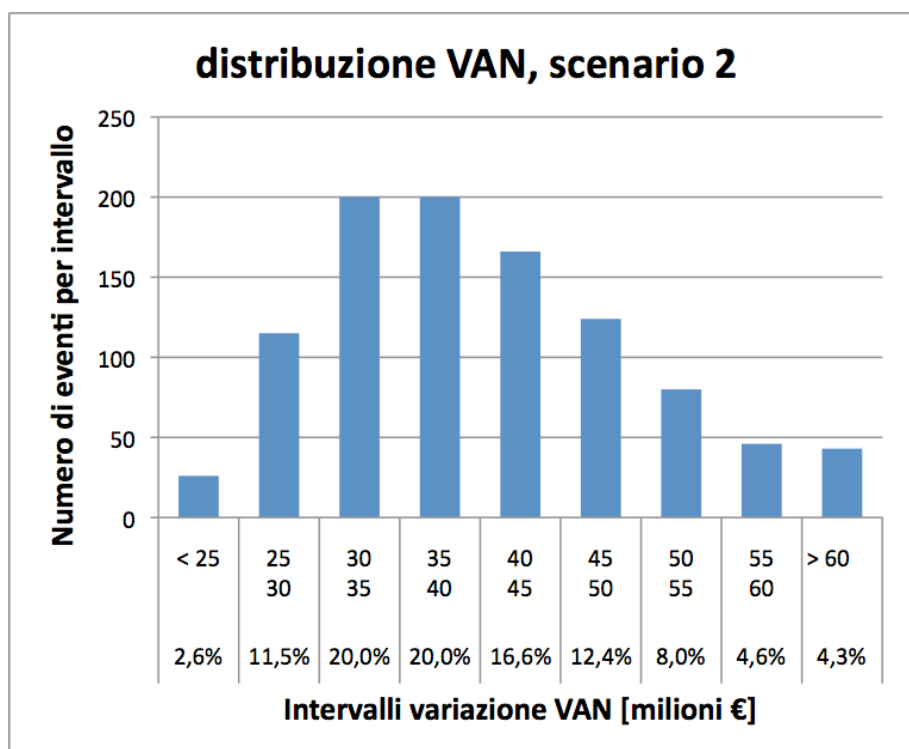


Figura 23 Distribuzione degli eventi VAN per lo scenario 2.

*Per lo scenario 2, il valore di VAN più probabile è compreso nell'intervallo 30-40 M€ (ca 40% di probabilità).*

La scelta di effettuare lo studio ipotizzando i due scenari risiede nel fatto che non vi è certezza sulla frequenza di uso della nave. Si è deciso quindi di verificare la bontà dell'investimento nelle due realtà più probabili, ricadendo i casi reali all'interno di questi due studiati.

In ogni caso il VAN risulta essere positivo. Oltre quindi a rientrare nell'investimento, si produce un reddito extra.

#### 4.5 CALCOLO PUNTUALE DEL VAN, DEL TIR (TASSO DI RENDIMENTO INTERNO) E DEL TRA (TEMPO DI RITORNO ATTUALIZZATO)

A volte può essere necessario effettuare un semplice calcolo puntuale dei vari indicatori di convenienza, la cui lettura del risultato deve comunque essere accompagnata dalla consapevolezza che i valori potrebbero risultare diversi.

Con questo approccio è stato ricalcolato il VAN. Sono inoltre stati valutati il TIR (Tasso Interno di Rendimento) e il TRA (Tempo di Ritorno Attualizzato).

Le variabili in gioco non sono state considerate all'interno di un range, ma come valore unico.

Di seguito (Tab. 28) si riportano i valori assunti per i vari parametri e i risultati ottenuti.

Grandezza	U.M.	Valore
durata volo	[h]	15
consumi	[l/h]	2150
cambio €/€	[€/€]	1,2151
n. voli italiani	\	12
n. voli non italiani	\	8
durata campagna	[gg]	115
consumo giornaliero	[kg]	14.000
durata navigazione	[gg]	95,00
altri costi	[€/anno]	250.000
rendimento BOT [%]	[%]	3,400
Investimento	[M€]	10
Inflazione Italia	[%]	2,380
Inflazione Sud Africa	[%]	5,800
Variazione costo petrolio	[%]	5,000
Vita Utile	[anni]	17,50

**Tabella 28. Valori puntuali dei diversi parametri.**

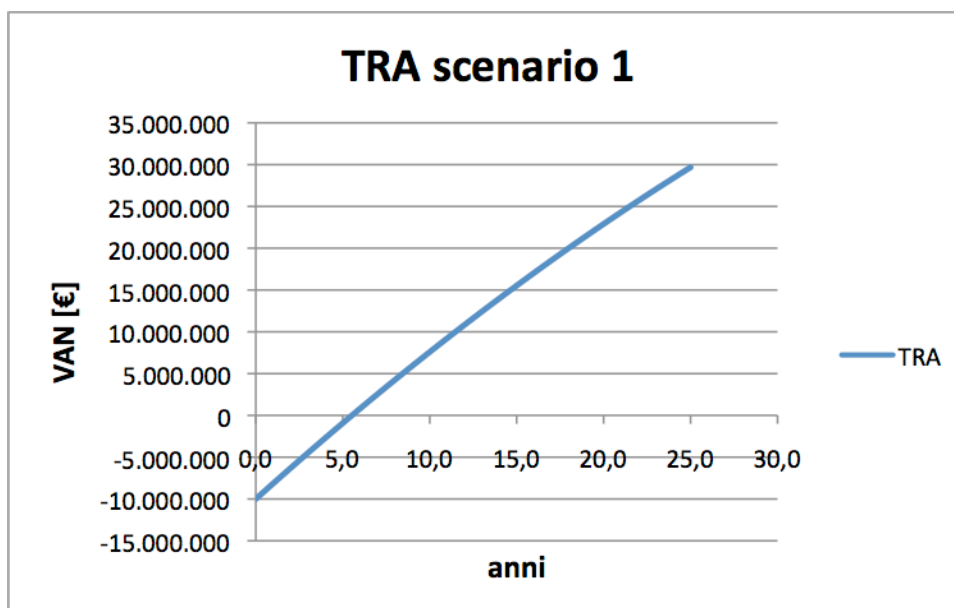
In Tab. 29 vengono riportati i risultati conseguiti per i due scenari in termini di VAN.

Scenario 1		Scenario 2	
VAN (€)	19.288.243	VAN (€)	40.780.310

**Tabella 29. Risultati ottenuti (VAN per i due scenari).**

L'opzione relativa allo scenario 2 è di gran lunga preferibile (41 M€ contro 19 M€).

Nelle successive Figg. 24 e 25 sono riportati i valori di TRA. Nello scenario 1 l'investimento rientra dopo poco più di 5 anni. Nello scenario 2 l'investimento rientra dopo ca 3 anni.



**Figura 24. Risultati ottenuti (TRA scenario 1).**

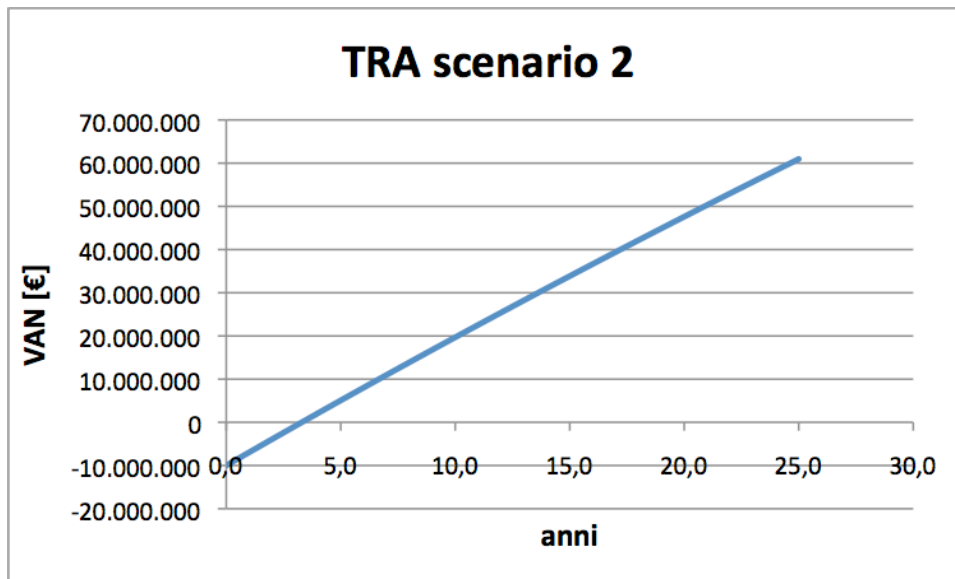


Figura 25. Risultati ottenuti (TRA scenario 2).

In ogni caso, il tempo di ritorno dell'investimento è ampiamente al di sotto della vita utile dell'infrastruttura, in entrambe le ipotesi di scenario, e ciò dà conto dell'ampia redditività dell'iniziativa.

L'analisi del Tasso interno di rendimento TIR per i due scenari mostra valori rispettivamente del 20 e del 33%, valori molto superiori ai tassi di remunerazione attuali del denaro (v. Figg. 26 e 27).

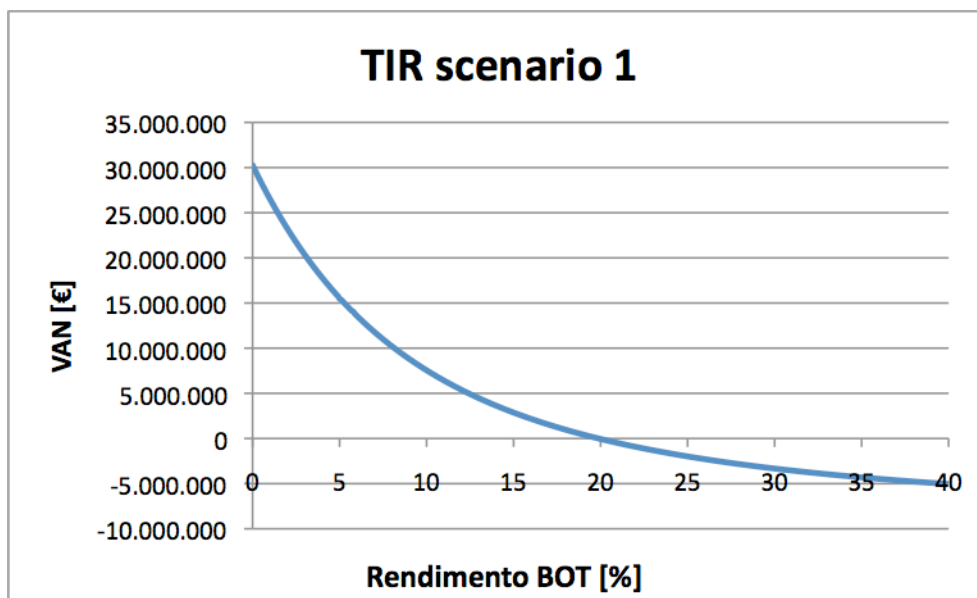


Figura 26. Risultati ottenuti (TIR scenario 1).

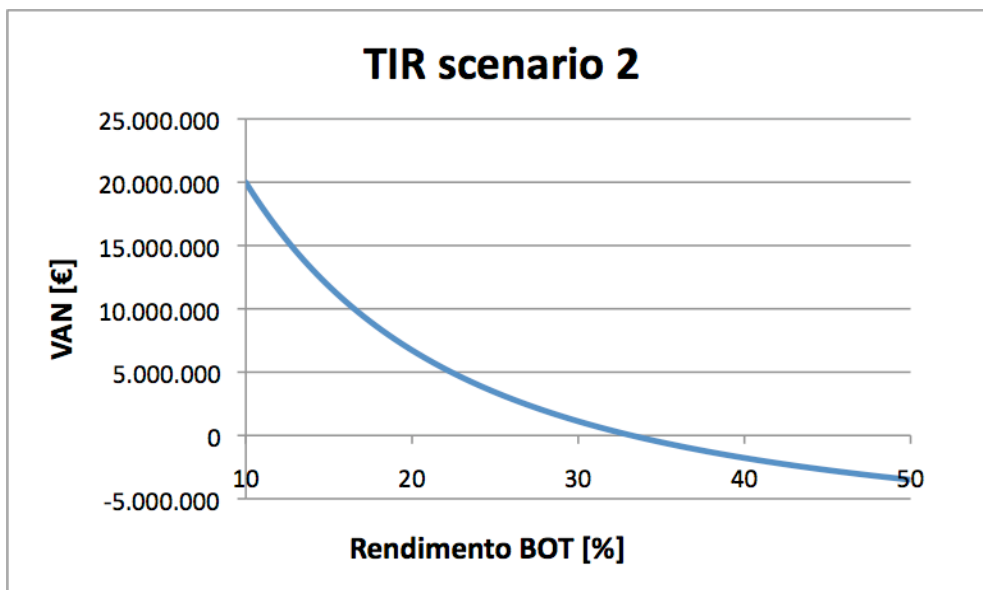


Figura 27. Risultati ottenuti (TIR scenario 2).

#### 4.6 ANALISI DI SENSIBILITÀ SCENARIO 1

Lo studio viene completato effettuando un'analisi di sensibilità sulle variabili ritenute più problematiche, ossia quelle per le quali non si è in grado di effettuare previsioni con elevato grado di attendibilità.

##### 4.6.1 Rendimento BOT e riepilogo risultati

La variabile 'interesse dei BOT' è quella col coefficiente di correlazione col VAN più elevato, che quindi influenza maggiormente il risultato finale.

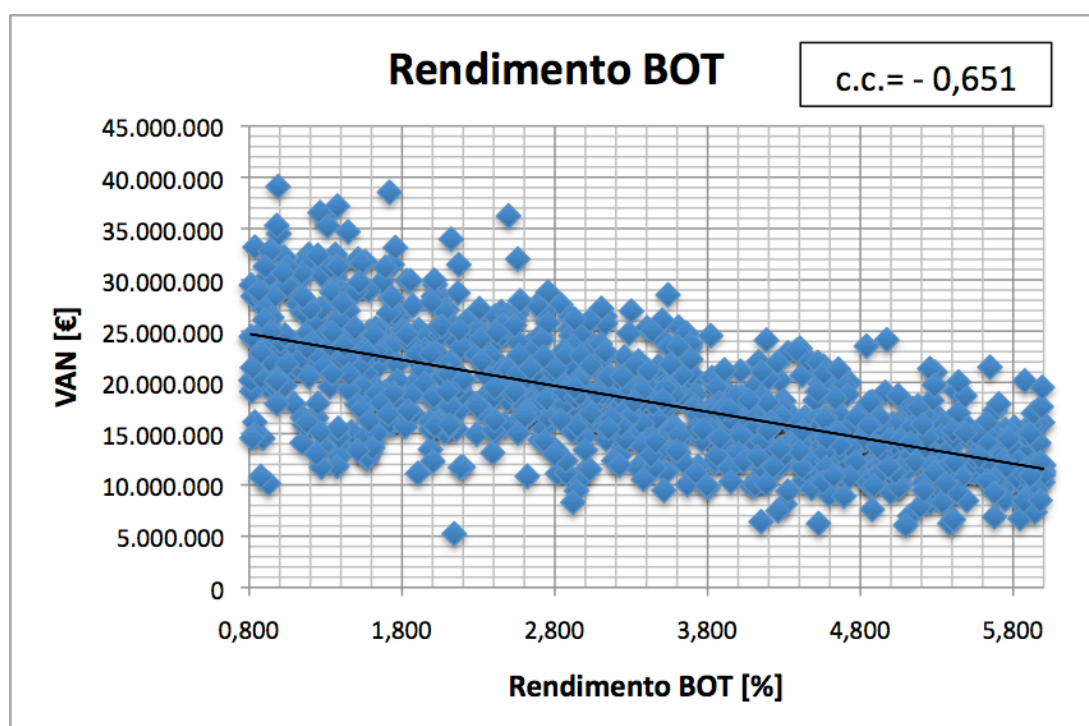


Figura 28. Analisi di sensibilità (rendimento BOT).

In Tab. 30 si riporta il riepilogo dei risultati dell'analisi di sensibilità, associando ad ogni variabile il proprio coefficiente di correlazione.

Variabile	Coefficiente di correlazione
Rendimento BOT	-0,651
Inflazione Sud Africa	-0,302
Durata campagna	-0,225
Consumi orari aereo	-0,037
Investimento	-0,092
Durata volo	-0,0009
Consumo giornaliero nave	0,105
Durata navigazione	0,117
Cambio Ū/\$	0,135
Variazione costo del petrolio	0,204
Inflazione Italia	0,268
Numero di voli non italiani	0,314
Altri costi nave	0,427
Vita utile	0,427

Tabella 30. Coefficiente di correlazione di ogni variabile in gioco.

Bassi valore della correlazione indicano che variazioni significative della variabile corrispondente non influenzano il valore del VAN (es. 'Durata volo', 'Consumi orari aereo', ecc.). Il contrario per correlazioni elevate ('interesse BOT', 'altri costi nave', 'vita utile', ecc.).

## 5 Conclusioni

Una pista aeroportuale permanente in Antartide presso la base *MZS* potrebbe risolvere diversi problemi logistici aumentando la flessibilità nelle operazioni di apertura e chiusura della base, diminuendo al contempo i costi di gestione e, nello stesso tempo, portando a una riduzione delle emissioni di anidride carbonica grazie alla diminuzione della quantità di combustibili bruciati. Considerata la complessità dell'iniziativa, è stata condotta un'approfondita analisi costi benefici che ha confrontato tra di loro diversi scenari possibili.

**I risultati ottenuti evidenziano un'indubbia convenienza alla realizzazione dell'iniziativa.** Anche lo scenario più conservativo, in cui si ipotizza l'uso della modalità marittima con una frequenza biennale, infatti, restituisce quasi nulle probabilità di avere un VAN negativo, azzerando in pratica i rischi di fallimento economico; al contempo sono elevate le probabilità di ottenere VAN intorno ai 20 milioni di euro, con un tempo di ritorno attualizzato di cinque anni ed un tasso interno di rendimento del 20%. I conti migliorerebbero ancor di più se si riuscisse ad utilizzare la nave su base triennale: il VAN raddoppierebbe (ca 41 M€), il tempo di ritorno si dimezzerebbe (ca 3 anni), il TIR arriverebbe addirittura al 33%. Un'attenta programmazione potrebbe rendere senz'altro possibile una simile modalità.

L'analisi Montecarlo adottata nello studio fa giustizia delle imprevedibilità future, consistendo in un inviluppo di tutti gli scenari realisticamente possibili. I risultati ottenuti, provenendo da un simile approccio, mostrano col conforto dei numeri che la costruzione della pista aeroportuale è un'iniziativa che le istituzioni governative dovrebbero prendere seriamente in considerazione.

Edito dall' **ENEA**  
Servizio Comunicazione

Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 00196 Roma

*[www.enea.it](http://www.enea.it)*

Stampa: Tecnografico ENEA - CR Frascati  
Pervenuto il 3.3.2014

Finito di stampare nel mese di marzo 2014