

Francesco Gentili¹
Emanuele Piergentili¹
Francesco Giuseppe
Rossi¹
Antonino Scarelli²
Lorenzo Venzi²

¹ Centro Studi Tuscia per lo Sviluppo
e la Sicurezza del trasporto aereo nel
rispetto dell'ambiente (STASA)

² Università degli Studi della Tuscia,
Dipartimento di Ecologia e Sviluppo
economico sostenibile (DECOS)

Parole chiave: *decisione
multicriteriale, AHP, sitizzazione
aeroportuale, qualità della vita,
sviluppo sostenibile*

Studio di sitizzazione aeroportuale mediante analisi multi-criterio¹

This study aims at implementing the multi-criteria approach in the selection of the most suitable airport site in the province of Tuscia-Viterbo. After analysing 4 sites supposed feasible in principle, collecting data and other information on the different locations, the selection criteria have been defined as: proximity to urban settlements, logistic infrastructures, visibility and air manoeuvrability, investment costs, environmental constraints, geological suitability, flood risk, seismic risk. The Analytical Hierarchical Process (AHP) has been chosen as the most suitable methodology for selecting from pairwise comparison, the most appropriate site for the airport, considering all criteria put forward. At the end of the process, the best location comes out quite clearly as one site, which keeps at the top of the ranking, both in an eco-centric and anthropocentric vision. Not the same if we consider the whole ranking of the other sites, which differs quite substantially. All this shows the suitability of the AHP method and the software implemented in responding to the general socio-political context for choosing the most relevant site for a public work such as an airport.

1. Introduzione

Nell'ambito dell'estesa letteratura sull'*economia territoriale*, si viene ad osservare il modo in cui le attività economiche si organizzano nel territorio. Studiando la dimensione territoriale dei problemi economici, si deduce che lo sviluppo economico di un paese dipende dallo sviluppo delle diverse economie locali che lo costituiscono. Per questo motivo il quadro tecnico-metodologico proposto dall'economia territoriale risulta essere un essenziale riferimento in termini di pianificazione territoriale per la contestualizzazione di grandi infrastrutture.

Lo studio qui proposto ha lo scopo di proporre una "metodologia decisionale", quale strumento *ante operam* in grado di inquadrare e facilitare scelte politiche e, quindi, di massimizzare l'efficienza per determinati progetti, specialmente grandi opere in campo ambientale. Lo scopo principale di questo lavoro è quello di fornire un risultato adeguato alle esigenze territoriali e ambientali sotto l'aspetto socio-economico e della qualità della vita della popolazione coinvolta nell'area in esame. Con un'analisi a larga scala si è tenuto conto dei vincoli territoriali e ambientali,

¹ Gli Autori ringraziano la Rivista per le utili osservazioni formulate. Com'è ovvio la responsabilità dello scritto e, in particolare, di eventuali errori è degli autori. Il lavoro è frutto di uno studio comune su questa problematica; in particolare l'introduzione e le conclusioni sono state redatte insieme, mentre i paragrafi 1,3 e 4 sono stati redatti dai 3 componenti dello STASA; il prof. Scarelli ha redatto il paragrafo 2.

non sottovalutandone gli effetti che possono dar luogo a inefficienze economico-funzionali. Il problema affrontato riguarda la scelta del sito per il terzo aeroporto civile del Lazio, dopo Fiumicino e Ciampino. La scelta operata politicamente a livello regionale, ha riguardato la Toscana e in particolare il Comune di Viterbo. Al fine di verificare l'ottimalità di tale scelta e di confrontarla con altri siti limitrofi in termini di attuabilità, si è proceduto ad uno studio che, partendo da un'analisi generale a grande scala, ha confrontato 4 siti nell'area dell'Alta Toscana deputata ad accogliere la struttura in questione.

Si è optato per l'utilizzo di una metodologia articolata, quale l'analisi Multi-criterio, che ha permesso di confrontare variabili e mutabili che coinvolgono gli aspetti ambientali, socio-economici e le interazioni che sussistono tra loro. Ciascun elemento è stato inoltre studiato e calibrato per le singole aree e adattato al caso della realizzazione dell'opera considerata in questo studio. Si è ottenuto, quindi, un risultato oggettivo e univoco che considera le interazioni tra la struttura, il sito di ubicazione, l'area circostante, gli effetti sull'ambiente, gli aspetti socio-economici della popolazione locale l'indotto sulle aree circostanti in relazione allo scopo per cui l'opera dovrà essere realizzata. Si tratta della realizzazione di una struttura aeroportuale internazionale con un afflusso di passeggeri non inferiore ai 5 milioni l'anno.

Tale opera ha un ruolo strategico rispetto alla sua sitizzazione nell'Italia centrale, in quanto adempie al ruolo di delocalizzazione dei voli Low Cost nelle regioni centrali della penisola. L'afflusso di utenti verso la capitale è quindi uno degli aspetti rilevanti e alla base sua della localizzazione. Ciò porta a considerare l'ambiente come soggetto principalmente coinvolto nello sviluppo dell'area circostante la struttura, in quanto vi sono dei *feedback* che si instaurano tra questo, gli utenti usufruenti e l'aeroporto stesso.

Le alternative di sitizzazione prese in esame ricadono tutte all'interno del territorio prescelto al livello sub-regionale dell'Alta Toscana. Tali aree sono rappresentative delle diverse caratteristiche orografiche e ambientali del Viterbese. Dalla costa verso l'entroterra il loro elenco è il seguente:

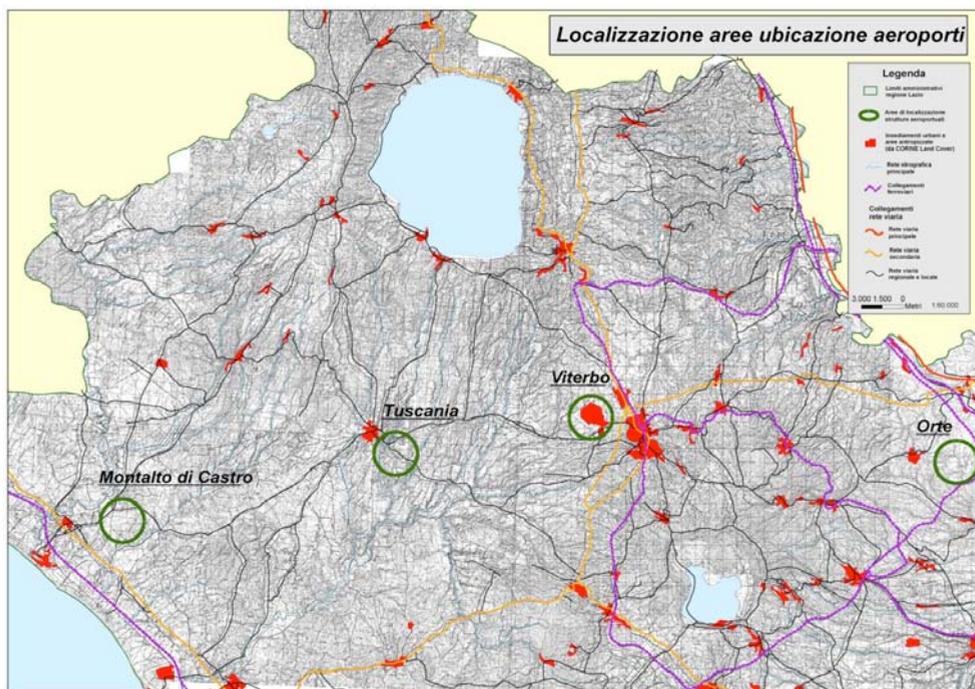
1. Montalto di Castro;
2. Tuscania;
3. Viterbo;
4. Orte.

La scelta dei criteri decisionali invece è stata effettuata spaziando dal settore ambientale a quello economico e logistico, per quanto riguarda l'intermodalità, fino al fattore sicurezza in ambito aeronautico. Fermo restando che le ipotesi di sitizzazione proposte non sono ricadenti in zone ad altissima tutela ambientale (SIC, ZPS, parchi, riserve), l'obiettivo principale è stato quello di ricercare una ubicazione "il più possibile compatibile" e di scegliere criteri "il più possibile pertinenti" con gli eventuali impatti dell'opera, avendo come scopo principale quello di renderli incisivi. Un aspetto interessante emerso in questo studio, è rappresentato dalla flessibilità della metodica adottata, poiché, si può sempre affrontare l'analisi semplicemente togliendo o aggiungendo altri criteri e rendendo il "modello" sempre più ricco di approfondimenti.

Le parti che compongono questo studio sono le seguenti:

1. La scelta del sito;
2. L'analisi multicriteriale e l'AHP;
3. Criteri per la scelta delle Alternative;
4. Risultati e commenti;
5. Conclusioni.

Figura 1. Carta dei siti considerati nello studio.



2. La scelta del sito

Gli aeroporti di Fiumicino e di Ciampino sono le strutture che all'interno della regione Lazio risultano essere dedicate alla ricezione annuale di circa 35 milioni di passeggeri per il primo e di circa 5 milioni per il secondo. Il Leonardo Da Vinci di Fiumicino è stato scelto come Hub internazionale dalla compagnia di bandiera Alitalia; per adempiere a tale finalità, in previsione della crescita del numero di voli e di passeggeri, è in atto un'operazione di riformulazione e ampliamento della struttura aeroportuale e dei collegamenti che hanno la funzione di servire l'aeroporto.

Tematica a se riguarda la struttura di Ciampino. Il Giovan Battista Pastine in questione è localizzato tra la via Appia e il centro abitato del Comune di Ciampino a 15 km circa dalla città di Roma. La presenza di abitazioni, e quindi di un insediamento urbano continuo a ridosso della pista, sono le cause della problematica sollevata per la presenza degli intensi movimenti giornalieri dei velivoli. Tali problematiche interessano aspetti sociali e ambientali quali inquinamento acustico-ambientale e vivibilità dell'area e coinvolgono in maniera diretta la popolazione limitrofa.

Al fine di risolvere tali problemi è sorta la questione per la scelta di un nuovo aeroporto e il territorio deputato a tale sitizzazione è quello dell'Alta Tuscia. L'ubicazione è stata formulata in base alla funzione che la nuova struttura aeroportuale dovrebbe svolgere, e cioè l'accoglienza delle compagnie Low Cost che attualmente utilizzano il Pastine di Ciampino e tale decentramento nei confronti della zona a sud est di Roma andrebbe ad alleggerire il flusso di passeggeri in arrivo e in partenza.

L'entità del flusso sulla Tuscia è quello di un aeroporto classificato a regime come comunitario, compreso tra i 10 e i 5 milioni di passeggeri l'anno. Le rotte principali sono quindi verso località italiane servite da un aeroporto regionale e in più le principali capitali europee munite di un impianto aeroportuale adeguato allo smaltimento degli utenti di questo tipo di struttura. Aeroporti di tale tipologia e dimensione sorgono in genere in aree non prossime ai centri delle città e sono serviti da infrastrutture di collegamento, che hanno subito potenziamenti o sono state costruite *ex novo*. Tali impianti permettono una facile e adeguata fruizione evitando tra l'altro problemi di sovraffollamento e di congestione del traffico locale, in concomitanza con l'arrivo continuo di utenti.

I punti cruciali per un buon sviluppo della struttura possono essere così schematizzati:

- presenza di un area sufficientemente ampia per ospitare l'intera struttura;
- rete viaria strutturata in modo da smaltire i diversi flussi in entrata e in uscita;
- infrastrutture adeguate all'isolamento del traffico aeroportuale rispetto a quello locale.

La presenza, inoltre, di una rete ferroviaria adeguata e di ultima generazione risolverebbe le tematiche di congestione delle rete viaria nel caso questa fosse carente, o di obsoleta concezione, o a carattere locale. L'ampliamento di tale tipologia di trasporto è da verificarsi nei casi in cui sia già presente sul territorio una linea ferroviaria a carattere locale e da aggiornare in termini di tecnologia al livello di un collegamento ad alta velocità. I fondi di investimento, sia nel caso in cui si dovesse ristrutturare una linea già esistente o nel caso in cui si dovesse progettare una nuova linea, sarebbero ingenti e potrebbero aggirarsi intorno a centinaia di milioni di Euro. È da non sottovalutare, inoltre, la questione dell'inserimento di nuove corse ferroviarie all'interno di una rete già in sofferenza, avente già problematiche nelle utenze sovraffollate per la presenza di utenti pendolari e abituali. Tutto questo incide sui tempi di percorrenza della tratta Firenze-Roma già satura di utenze.

Le dimensioni di un aeroporto sono correlate al volume dei passeggeri che usufruiscono di tale struttura: la sua capacità di ricezione deve essere tale e deve

occupare uno spazio fisico sul territorio necessario ad espletare tutte le funzioni operative che interessano tutte le operazioni, dalla ricezione fino alla partenza degli utenti presso le località di destinazione. Un aeroporto di tipo comunitario, cioè con un flusso di oltre 10 milioni di passeggeri l'anno, avrà un impatto notevolmente superiore rispetto a un aeroporto di tipo regionale (fino a 5 milioni passeggeri anno) o nazionale (tra i 5 e i 10 milioni di passeggeri anno).

L'influenza principale e diretta sul territorio di una così grande struttura è sicuramente rappresentata dell'eventuale impatto che essa provoca sui comparti ambientale, socio-culturale, storico e sanitario. L'esperienza di Ciampino insegna che una struttura di tale dimensione può causare criticità specialmente nel comparto acustico. Trasferire l'impianto di Ciampino altrove è una soluzione che sollevarebbe il territorio romano da una problematica grave e reale, ma comporterebbe il trasferimento della stesse criticità altrove, se non vengono concepite in fase progettuale le giuste mitigazioni

Un aeroporto compatibile con il territorio sotto l'aspetto ambientale, culturale e sociale è la finalità di un investimento efficace. L'efficacia dell'investimento è stimabile attraverso le ripercussioni che esso provoca nell'area; per questo motivo con tale studio si cerca di dimostrare che l'MCDM (Multy Criteria Decision Methodology) rappresenta un valido strumento di analisi preliminare utile se contemplato dagli strumenti normativi.

3. L'analisi multicriteriale e l'AHP

L'analisi multicriteriale è andata affermandosi recentemente per l'esigenza di ampliare la considerazione dei criteri rilevanti al fine di ottenere una decisione razionale e "ottimale", superando per le grandi opere pubbliche, la consueta seppur rilevante analisi monocriteriale di tipo economico e/o finanziario (analisi benefici-costi, costo-efficacia ecc.).

Sulla metodologia multi-criteriale ormai è sviluppata una notevole e articolata letteratura, che negli ultimi 30 anni ha visto arricchire il suo campo con nuovi contributi teorici da un lato (B. Roy, Z. Vargas, E. Nijkamp, G. Munda, R. Slowinski, T.L. Saaty, M. Zeleny, H. J. Zimmermann) e dall'altro migliorando nelle metodiche aspetti relativi al rischio, alla "sfocatura" (fuzzy), a relazioni stocastiche, e così via.

Ne è derivato da questo sviluppo teorico-metodologico un ampio materiale di consultazione che non è il caso di riprendere in dettaglio qui per il "taglio" che questo contributo vuole avere, ma in generale sottolinea che ormai l'approccio multicriteriale va generalizzandosi nell'impiego, soprattutto per la sua capacità di rispondere a più aspetti decisionali, basandosi su contributi quantitativi, ma anche su quelli qualitativi per completezza di analisi, spaziando da un contesto deterministico ad uno stocastico.

L'Analytic Hierarchy Process (AHP) è uno dei metodi d'analisi multicriteriale sviluppata, da Thomas Lorie Saaty verso la fine degli anni '70. Oggi esistono numerose applicazioni del metodo a problemi di valutazione nei settori più varia-

ti. Il metodo AHP può essere utilizzato per integrare il rapporto benefici/costi di un progetto quando non è possibile valutare in termini esclusivamente monetari i vantaggi e gli svantaggi che deriverebbero dalla sua realizzazione. Il metodo, in generale, consente di valutare le priorità di azioni che possono essere a seconda dei casi: programmi, strategie d'intervento, piani, progetti ecc. Lo scopo dell'AHP è quindi di raggiungere il conseguimento degli obiettivi nel loro insieme. Il suo uso conduce "alle decisioni razionali" secondo la seguente definizione: "una decisione razionale è quella che realizza al meglio il gran numero di obiettivi del decisore" (Saaty).

Il metodo prevede una fase analitica nella quale si ha la scomposizione del problema complesso in elementi costitutivi. Successivamente viene costituita una gerarchia, una sorta di albero rovesciato con alla radice lo scopo (goal), a cui segue il livello dei *Criteri* e successivamente quello dei *Sub Criteri* per finire con il livello delle *Alternative Progettuali*.

L'AHP è un processo che permette a chi prende le decisioni di arrivare alla decisione che meglio soddisfa la moltitudine di obiettivi consentendo al decisore la misura e la sintesi della moltitudine di fattori/criteri o sub-criteri.

3.1. Il modello

Il modello si fonda su alcuni assiomi fondamentali, così riassunti:

Assioma 1: Tutti criteri e le alternative sono rappresentati nella gerarchia e avere assegnate delle priorità.

Assioma 2: Date due alternative o criteri i e j , il decisore è in grado di fornire una comparazione a coppie assegnando un valore a_{ij} per mezzo di una scala di rapporti che è reciproca, cioè per qualunque $i, j \in A$, $a_{ij} = 1/a_{ji}$.

Assioma 3: Nella comparazione di due alternative, il decisore non può giudicare l'una infinitamente migliore dell'altra, cioè $a_{ij} \neq \infty$.

Assioma 4: Il problema decisionale è strutturato in una gerarchia in cui i livelli superiori dominano i livelli inferiori (mutuamente esclusivi).

Questo ultimo assioma presuppone la scomposizione per via gerarchica di un problema complesso in più livelli. Il decisore è libero di organizzare gerarchicamente il problema nel modo meglio rispondente alle sue esigenze. Risultati analoghi possono essere raggiunti strutturando il problema in modi diversi e, da questo punto di vista, l'AHP assicura una notevole flessibilità. La gerarchia viene scomposta in una serie di matrici di comparazioni a coppia, e il decisore è chiamato ad esprimere le valutazioni estranee alla diagonale in una metà di ciascuna matrice (i valori reciproci sono collocati nelle posizioni trasposte). I giudizi relativi alle comparazioni a coppia devono essere espressi in termini numerici; a tal fine occorre avvalersi di una scala che sia attendibile e realizzabile. Saaty ha suggerito l'uso della scala (1-9): il valore 1 sta ad indicare indifferenza tra due alternative; il valore 9 l'assoluta preferenza dell'una sull'altra, e 2,3,...,8 per le valutazioni di preferenza intermedie. Essa ha il vantaggio di essere facilmente comprensibile da chi deve formulare giudizi, ha mostrato una elevata attendibilità dei risultati e ben

si adatta a decisioni di gruppo. In caso di scelta non individuale, ma di gruppo, le singole valutazioni raccolte costituiranno la base per il raggiungimento di un accordo su specifici giudizi. Se un accordo non è possibile, un'analisi della sensitività consentirà di accertare fino a che punto giudizi divergenti conducono a differenze significative nei risultati.

3.2. Decomposizione del problema

Il primo passo è quello di individuare la gerarchia decomponendo il problema nei livelli componenti. I tre maggiori livelli della gerarchia si possono riassumere in obiettivi, criteri e alternative. Per obiettivo intendiamo una politica od un proposito da conseguire; per criteri i fattori che devono essere considerati per raggiungere la decisione ultima e per alternative le possibili azioni che sono disponibili per il pieno conseguimento dell'obiettivo prescelto. Versioni sofisticate dell'AHP possono comprendere gerarchie più complesse contenenti ad esempio: *sottocriteri*, che danno una maggiore specificità al modello; *scenari o stati della natura*: da modellare considerando decisioni alternative sotto una varietà di circostanze; *gli attori del processo decisionale*: le decisioni spesso devono raccogliere il consenso di un gruppo di attori del processo, per i quali è difficile riassumere le diverse posizioni.

3.3. Calcolo delle priorità

Date n alternative A_1, A_2, \dots, A_n , e un vettore $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ esprime i pesi assegnati ad esse, sia \mathbf{A} la matrice formata dalle comparazioni a coppie dei pesi:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ w_1 & w_2 & \dots & w_n \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \\ w_1 & w_2 & \dots & w_1 \end{bmatrix}.$$

Si può notare che, dati quei rapporti, se volessimo riottenere il vettore dei pesi \mathbf{w} , possiamo prendere il vettore prodotto della matrice \mathbf{A} per il vettore dato dei pesi \mathbf{w} ottenendo $\lambda \mathbf{w}$. Conoscendo \mathbf{A} , ma non \mathbf{w} , per trovare quest'ultimo possiamo risolvere il problema dell'autovalore con l'equazione $\mathbf{A} \cdot \mathbf{w} = \lambda \mathbf{w}$, rispetto a \mathbf{w} . La risoluzione della corrispondente equazione caratteristica di grado n rispetto a λ fornisce n soluzioni (autovalori), ciascuna con un associato vettore \mathbf{w} (autovettore). In particolare, la matrice \mathbf{A} , avendo la specificità di avere rango 1, tutti gli auto-

valori, eccetto uno, sono allora nulli, e ancora, avendo traccia n , l'autovalore non nullo, e quindi l'autovalore massimo λ_{\max} , vale n . Generalmente non si conoscono i rapporti w_i/w_j , ma si possono stimare con l'ausilio dei dati, di prove e di giudizi sperimentali. Dedotto il giudizio e automaticamente inserito il suo reciproco nella posizione trasposta, si producono perturbazioni in A , che si riflettono nell'autovalore di A . Si può mostrare come, per ottenere una stima dei pesi w , sia necessario risolvere il problema $A \cdot w = \lambda_{\max} w$. Per confrontare i contributi relativi degli elementi di ciascun livello della gerarchia con quelli di un livello immediatamente superiore, è usata la matrice reciproca delle comparazioni di coppia. Ciascun peso, e quindi l'autovettore principale, è derivato dai mutui confronti delle priorità in relazione al loro contributo al criterio del livello più alto. Per ottenere il peso globale o priorità di contribuzione di ciascun elemento dell'intera gerarchia, gli autovettori, pesati, possono essere sommati a mò di componenti. Il processo di estrazione dell'autovettore principale, di ponderazione e composizione gerarchica conduce ad una scala unidimensionale per le priorità degli elementi appartenenti a qualsiasi livello della gerarchia. Le priorità risultanti rappresentano, quindi, l'intensità della percezione del decisore circa l'importanza relativa degli elementi rappresentati nella gerarchia.

3.4. Calcolo della consistenza

Se tra gli elementi della matrice A , per $i, j, k=1, 2, \dots, n$, vale l'eguaglianza $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$, allora il decisore è perfettamente coerente nei suoi giudizi e la matrice A è detta consistente. È stato provato come sia sempre $\lambda_{\max} \leq n$, ($\lambda_{\max} > n$ inconsistenza) e come $H = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ possa essere usato come indice di consistenza nella stima dei rapporti w_i/w_j ; la consistenza massima si ha se e solo se $\lambda_{\max} = n$. L'indice di consistenza è comparato con il valore che esso avrebbe qualora i nostri giudizi numerici fossero presi a caso dalla scala $1/9, 1/8, 1/7, \dots, 1/2, 1, 2, \dots, 9$ (usando una matrice reciproca). Abbiamo allora il rapporto di consistenza definito come H/H' , dove H' è, come detto sopra, la media degli indici di consistenza aleatori, ossia l'indice di consistenza derivato da una consistenza media casuale, ottenuto da matrici di confronti a coppie generati con procedure random. In virtù di osservazioni empiriche, è stato trovato (per matrici reciproche con un differente ordine casuale di entrata), che H' dipende dal numero di elementi da confrontare e ha un range che va da 0, per matrici di 1 o 2 elementi, a 0,9 per matrici di 4 elementi, fino a 1,49 per matrici con 10 elementi. Un rapporto di consistenza di circa il 10% o meno è considerato molto buono. Quando la consistenza è scarsa, è necessario disporre di maggiori informazioni sulle attività che si stanno comparando su quel criterio; generalmente la raccolta di informazioni è poi seguita da un altro giro di giudizi. La misura della consistenza va, comunque, estesa all'intera gerarchia. Vediamo ora alcune cause circa la presenza di inconsistenza, le informazioni possibili che fornisce e come ridurla. Una causa sono i possibili *errori* nell'introduzione in A di valori errati dei giudizi. Una seconda causa è la *manca*za di informazioni: se per i fattori in considerazione si ha a disposizione scarsa informazione, i giudizi diventeranno

aleatori e l'inconsistenza elevata. Vi è poi la *perdita di concentrazione* durante l'assegnazione dei giudizi: ciò avviene in caso di stanchezza di colui che li formula, oppure nel caso in cui quest'ultimo non sia realmente interessato alla decisione. Un'altra causa è insita in *ciò che viene modellato*: la rappresentazione del reale è raramente in perfetta consistenza; la squadra *A* vince sulla *B*, la *B* vince sulla *C*, ma poi *C* vince sulla *A*. Subentrano fluttuazioni aleatorie, cause sottostanti, combinazioni di eventi che tenderanno ad inficiare, comunque, i giudizi. Per ultima è una *inadeguata struttura del modello*: una decisione complessa può essere strutturata gerarchicamente in fattori comparabili per ciascun livello solo entro un certo ordine di grandezza.

Ora per quanto un modello possa essere valido e sofisticato, la bontà della soluzione proposta dipende essenzialmente da una oggettiva e pertinente attribuzione dei pesi ai singoli criteri. Tale assegnazione viene fatta in un dialogo interattivo con il Decision Aider attraverso procedure che sempre più si vanno affermando in letteratura, come il metodo Simos, dello steady-state vector e delle pairwise comparisons. In quest'ultimo è possibile rilevare anche la coerenza del Decision Maker nel processo di attribuzione dei pesi attraverso il calcolo dell'indice di consistenza nei giudizi espressi.

4. Criteri utilizzati per la scelta delle alternative

Sono stati identificati all'interno della provincia di Viterbo diversi siti alternativi che sono stati valutati e confrontati con l'aerea aeroportuale di Tommaso Fabbri, al fine di controllare se esista un sito più idoneo per ospitare un'infrastruttura di tali dimensioni. Sono stati scelti, oltre a Viterbo, altri tre siti. Ogni sito si presenta con la stessa superficie, ma con caratteristiche ben diverse. Nella fattispecie sono stati scelti siti nel comune di Orte, di Tuscania e Montalto di Castro.

Orte: il sito si presenta a Sud di Orte Scalo a 5,4 km dal comune di Orte all'interno della valle del Tevere. Il sito presenta ottimi collegamenti con le infrastrutture autostradali e ferroviarie che lo collegano con la Capitale.

Tuscania: il sito si trova a Sud del centro abitato a circa 2,8 km dallo stesso all'interno della pianura dell'Alto Lazio, che rende idonea la costruzione di sedimi aeroportuali proprio per la quasi completa assenza di pendii e di insediamenti urbani e rurali

Montalto di Castro: il sito è posto ad Est del centro abitato a 3,8 km, all'interno della pianura litoranea dell'Alto Lazio. Oltre all'assenza di pendii e vallate presenta dei buoni collegamenti viari e ferroviari con la Capitale.

Per poter effettuare l'analisi multicriterio sono stati selezionati alcuni criteri, che rappresentano la scomposizione del problema principale. I criteri scelti sono stati i seguenti:

- vicinanza ad insediamenti (vicinanza popolazione);
- logistica (internodalità);
- visibilità e manovrabilità;

- costi di investimento (economicità);
- ambiente (naturalità, qualità atmosferica, zone protette, energia alternative);
- proprietà geologiche;
- rischio esondazione;
- rischio sismico.

4.1. Vicinanza ad insediamenti

Per svolgere il calcolo di tale elemento direttamente interessato dall'opera si è dapprima verificata l'entità della popolazione sul territorio comunale. In seguito si è calcolata la distanza tra centro teorico della struttura aeroportuale e centro dell'abitato. Successivamente sono stati calcolati i raggi delle circonferenze che meglio approssimano i nuclei abitativi. I raggi delle frazioni sono stati sommati ai raggi dei rispettivi comuni di appartenenza. Utilizzando la seguente equazione è stato possibile calcolare il valore di sensibilità P (ossia il valore quantificato della vicinanza agli insediamenti) per la popolazione direttamente interessata dall'opera:

$$P = (\text{Pop} * 10^3) / (D * r)$$

Dove Pop è la popolazione, D la distanza centro-sito e r il raggio, o la somma dei raggi. Sono stati ottenuti i seguenti risultati che poi sono stati normalizzati:

Tabella 1. Indici per il criterio Vicinanza Popolazione.

Comuni	P	%
Montalto	2,33	18
Orte	1,46	11
Tuscania	4,52	35
Viterbo	4,60	36

4.2. Logistica (internodalità)

Per calcolare questa voce sono stati individuati i tragitti che collegano i siti con la città di Roma, i relativi volumi smaltibili e il tempo impiegato a percorrerli. Per ogni tragitto è stato identificato il tipo di strada, il numero di corsie e il limite di velocità. Per procedere a tale identificazione è stato usato il sito <<http://www.via-michelin.com>>. Per ogni tragitto è stato calcolato il livello di sensibilità I utilizzando la seguente formula:

$$I = \frac{\sum_i^n vcs}{t}$$

Dove v è la velocità massima del tratto stradale (m/s), c il numero di corsie in quel tratto, s è la lunghezza del tratto considerato (m) e t è il tempo totale impiegato per coprire la distanza (s). Per tutte le alternative progettuali è stato scelto il miglior tragitto ed è stato addizionato ai tragitti alternativi senza tratti in comune.

Successivamente sono stati calcolati i tempi ferroviari per tener conto dell'apporto della rete ferroviaria a questa voce. Le informazioni sono state ricavate dai siti <<http://www.ferroviedellostato.it>> e <<http://www.metroroma.it>>.

Sui dati è stato effettuato il reciproco e in seguito sono stati normalizzati al fine di ottenere un valore utilizzabile:

Tabella 2. Indici per il criterio Logistica (strade).

	Viterbo	Orte	Montalto	Tuscania
tot	0,017	0,026	0,014	0
%	0,30	0,46	0,24	0

Tabella 3. Indici per il criterio Logistica (ferrovie).

	Viterbo	Orte	Montalto	Tuscania
tot	0,015	0,022	0,012	0
%	0,30	0,45	0,25	0

Tuscania presenta valore 0 perché non ha, ne potrà avere allo stato dei fatti collegamenti ferroviari e autostradali.

4.3. *Visibilità e manovrabilità*

Per tale criterio – in assenza di dati meteorologici ufficiali – si è proceduto in modo empirico riportando i valori di confronto a coppie così come fissati da piloti professionisti dalla lunga esperienza di volo, quelli ascensionali/discensionali dovuti alla morfologia del territorio intorno). I numeri positivi indicano la preferenza dei siti in colonna rispetto a quelli della riga superiore, i negativi l'opposto. Ciò vale per tutte le tabelle dei confronti a coppie.

Tabella 4. Confronto a coppie del criterio visibilità e manovrabilità.

	Viterbo	Tuscania	Orte	Montalto di Castro
Viterbo	-	2	4	-4
Tuscania	-	-	3	-5
Orte	-	-	-	-8
Montalto di Castro	-	-	-	-

4.4. Costi di investimento

Per valutare questa voce è stato effettuato un confronto tra i valori dei terreni nei siti alternativi e gli eventuali costi di trasferimento delle unità militari presenti in Tommaso Fabbri (ove si rendesse necessario) e di demolizioni delle strutture Aves/AM inutilizzabili dalla nuova infrastruttura. Per effettuare una valutazione economica (seppur approssimativa) del valore dei terreni è stata presa in considerazione la destinazione d'uso. L'impiego di questi appezzamenti è prettamente agricolo. L'area presa in esame, per una totalità di circa 770 ettari, è stata suddivisa in base alle diverse colture. Per ognuna di queste aree ne è stato calcolato il valore in base ai valori forniti dall'Agenzia del Territorio nei Valori Agricoli medi della Provincia del 2008. Per quanto concerne la zona di Viterbo sono stati presi in considerazione i dati assunti dalle autorità competenti, relativi a un eventuale trasferimento dell'impiantistica militare dell'Aves e i costi di demolizione delle strutture presenti e non utilizzabili (cfr. lavori precedenti Centro Studi). Tale stima, considerando il trasferimento di velivoli, personale e infrastrutture trasferibili, si aggira attorno ai 300.000.000 di euro. In base a queste stime è stata effettuata la valutazione in base ai costi. I valori ottenuti sono stati normalizzati e moltiplicati per un fattore di 10⁶.

Tabella 5. Indici del criterio Costi di investimento.

Zona	Costi	Normalizzati
Montalto di Castro	10.889.300	0,32
Viterbo	300.000.000	0,01
Tuscania	10.905.414	0,33
Orte	10.587.306	0,34

Questi valori sono serviti "indicativamente" a compilare un confronto a coppie, per il quale si è tenuto conto anche dell'eventuale mancanza delle infrastrutture esistenti e da costruire e degli impatti socio-economici quali quelli su turismo termale, storico o balneare.

Tabella 6. Confronti a coppia per il criterio Costi di investimento.

	Viterbo	Tuscania	Orte	Montalto di Castro
Viterbo	-	-2	-5	-4
Tuscania	-	-	-3	-3
Orte	-	-	-	2
Montalto di Castro	-	-	-	-

4.5. Ambiente

La voce comprende quattro sotto criteri (naturalità, qualità atmosferica, zone protette ed energie alternative), che sono stati analizzati separatamente con un peso stabilito in base a un confronto a coppie interno.

Tabella 7. Confronti a coppia dei sottocriteri per il criterio Ambiente.

	Energie alternative	Naturalità	Qualità atmosferica	S.I.C. e Z.P.S.
Energie alternative	-	-3	-3	-6
Naturalità	-	-	-2	-6
Qualità atmosferica	-	-	-	-3
SIC e ZPS	-	-	-	-

4.5.1. Naturalità

Per valutare questa voce è stato utilizzato il Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) disponibile sul sito <www.regione.lazio.it>. Come si evince dalle carte del PTPR quasi tutti i siti in questione presentano un basso grado di naturalità. I valori sono stati stimati sulla base dei dati riportati con un confronto a coppie.

Tabella 8. Confronto a coppia per il sottocriterio Naturalità.

	Viterbo	Tuscania	Orte	Montalto di Castro
Viterbo	-	4	4	1
Tuscania	-	-	1	-4
Orte	-	-	-	-4
Montalto di Castro	-	-	-	-

Da notare la bassa naturalità nel comune di Montalto di Castro dovuta all'elevato uso agricolo del territorio dell'altrettanto bassa naturalità del sito di Viterbo per la forte industrializzazione nell'intorno.

4.5.2. Qualità atmosferica ante operam

Per verificare la qualità dell'aria nelle zone prese in esame è stato consultato il Rapporto Salute Ambiente del 2003 (Provincia di Viterbo), in particolar modo la

campagna di biomonitoraggio della qualità dell'aria della Provincia di Viterbo. Tale campagna è stata basata essenzialmente sull'utilizzo dei licheni quali bioindicatori e sulla loro sensibilità a contaminanti gassosi fitotossici quali, ad esempio, SO₂ e NO_x, che agiscono alterando i rapporti simbiotici tra fungo e alga. Specie diverse possiedono tolleranza diverse a questi inquinanti per cui la flora lichenica tende a impoverirsi progressivamente lungo gradienti di contaminazione crescente. La biodiversità dei licheni epifiti ha dimostrato di essere un eccellente indicatore dell'inquinamento prodotto da sostanze gassose fitotossiche in quanto i licheni rispondono con relativa velocità alla diminuzione della qualità dell'aria e possono ricolonizzare in pochi anni ambienti urbani e industriali qualora si verificano dei miglioramenti delle condizioni ambientali. I licheni sono anche sensibili ad altri tipi di alterazioni ambientali, tra queste l'eutrofizzazione rappresenta uno degli esempi più conosciuti.

Un risultato di questa campagna è stata la redazione della carta della qualità atmosferica della Provincia di Viterbo.

Tale carta è stata utilizzata come riferimento per determinare la qualità atmosferica ante operam e quantificare quindi la sensibilità. I valori sono stati valutati immettendo sia scala sia valori con incidenza decrementale.

Tabella 9. Indici del sottocriterio Qualità atmosferica.

Sito	Rank
Viterbo	4
Montalto	2
Orte	3
Tuscania	3

4.5.3. SIC (Siti di Interesse comunitario) e ZPS (Zone Protezione speciale)

È stata verificata anche la presenza di eventuali zone protette nell'intorno dei siti di interesse che potrebbero essere alterate dalla costruzione dell'opera. Si evince che il solo sito in grado di alterare le zone protette è quello di Tuscania. Nelle zone di Orte e Montalto di Castro sono state trovate 3 aree protette, mentre nell'intorno di Viterbo non è stata trovata nessuna area protetta. Per valutare il potenziale danno che può essere arrecato alla zona protetta è stato considerato come parametro la distanza tra il centro della zona di intervento e il limite della zona di tutela. I risultati sono stati normalizzati per ottenere un valore compreso fra 0 e 1, da poter inserire nei "ranking" del software.

Essendo assenti zone di tutela nell'intorno dell'area di Viterbo è stato assegnato valore 0. Essendo presenti zone di tutela nell'area di intervento di Tuscania è stato assegnato valore 1.

Tabella 10. Indice del sottocriterio SIC e ZPS.

Zona	Distanza (km)			Totale	Valore
	1	2	3		
Montalto	5,2	6,4	7,5	0,48	0,53
Viterbo	-			0	0
Tuscania	Interno			1	1
Orte	5,8	6,9	9,8	0,42	0,47

4.5.4. Energie alternative

Per stimare tale criterio si è effettuato un confronto a coppie fra i vari siti. Sono state prese in considerazione la presenza di fonti geotermiche nelle zone interessate, la presenza di impianti di termovalorizzazione e di trattamento dei rifiuti, la morfologia del territorio intesa come esposizione del sole (per quanto concerne lo sviluppo dell'energia fotovoltaica) e l'orografia (poiché determinante per eventuali installazioni eoliche).

Tabella 11. Confronto a coppie del sottocriterio Energie alternative.

	Viterbo	Tuscania	Orte	Montalto di Castro
Viterbo	-	9	2	2
Tuscania	-	-	-3	-3
Orte	-	-	-	1
Montalto di Castro	-	-	-	-

In particolare sono state considerate per il comune di Viterbo la capacità di sfruttare energie di tipo geotermico, e per Montalto di Castro energie di tipo eolico.

4.6. Proprietà geologiche

È stata studiata la geologia dei siti per determinare quale substrato sia più idoneo ad accogliere la struttura in questione. A parità di lavorazioni sono preferibili terreni non argillosi, ancor meglio se litoidi. Terreni sabbiosi concrezionati sono da preferire a sabbie o ignimbriti sciolte. Sulla base di questo concetto si è stimata una classifica e quindi svolto un confronto a coppie per tale criterio.

Il sito di Montalto di Castro è stato preferito proprio per le sue caratteristiche geotecniche di sabbie arenacee ad altre località tufacee con intercalazioni travertinose o calcaree e argillose.

Tabella 12. Confronto a coppie per il criterio Proprietà geologiche.

	Viterbo	Tuscania	Orte	Montalto di Castro
Viterbo	-	4	1	-2
Tuscania	-	-	-4	-6
Orte	-	-	-	-2
Montalto di Castro	-	-	-	-

4.7. Rischio esondazione

Tale criterio è stimato in base alle caratteristiche morfologiche e delle pendenze dell'area di studio con le informazioni derivate dalla presenza di corsi d'acqua cioè del reticolo idrografico superficiale. Una morfologia, con presenza di molti dislivelli, e pendenze molto sviluppate, associate all'esistenza di un reticolo idrografico ben sviluppato composto da molti corsi d'acqua, possono creare elementi di criticità ai fini della localizzazione dei siti di interesse. Nelle immagini riportare di seguito sono evidenziate in verde le aree di inquadramento dei quattro siti scelti. Il reticolo idrografico superficiale è riportato in blu. In base alla legge 8 agosto 1985 n. 431 è stata creata una area di *buffer* di 150 m per evidenziare l'area di pericolo da rischio di esondazione dei corsi d'acqua. A causa della conformazione morfologica si può osservare che il sito con maggiore pericolosità è quello relativo alla zona di Orte; questo è spiegabile per la presenza di numerosi corsi d'acqua e un aspetto morfologico non pianeggiante associato anche a un rischio di frana per la conformazione dei versanti. L'ipotesi migliore per questo criterio è rappresentata dallo scenario di Viterbo. L'assetto dell'area di studio, caratterizzato da un basso numero di corsi d'acqua e da una morfologia più livellata, contribuisce a conferire a tale area un rischio di esondazione minore rispetto alle altre quattro. Tale metodologia viene applicata all'analisi delle aree ricavate dal *buffer* effettuando delle elaborazioni sui dati ottenuti dall'esame con i GIS delle carte tematiche.

Tabella 13. Superficie sensibile a inondazione.

Zona	Area Ha
Montalto di Castro	252.9897
Orte	418.8887
Tuscania	238.7600
Viterbo	190.6500

Utilizzando "indicativamente" tali valori, tenendo presenti anche le componenti morfologiche, si è potuto stilare un confronto a coppie fra i vari siti.

Tabella 14. Confronto a coppie del criterio Esondazione.

	Viterbo	Tuscania	Orte	Montalto di Castro
Viterbo	-	7	9	6
Tuscania	-	-	4	6
Orte	-	-	-	-2
Montalto di Castro	-	-	-	-

4.8. Rischio sismico

Tale parametro è stato calcolato ricorrendo alla classificazione sismica della Regione Lazio del 2003. Tale scala e tali valori sono stati inseriti in rapporto incrementale.

Tabella 15. Indice del criterio Rischio sismico.

Sito	Rank
Viterbo	2
Montalto	1
Orte	2
Tuscania	2

I parametri così ottenuti sono stati normalizzati per poter essere utilizzati nel confronto a coppie.

5. Risultati e commenti

A fronte di quanto descritto, sono stati poi stimati i pesi dei criteri, e i valori di ogni alternativa per ciascun criterio. Nel primo caso si è ricorsi a un confronto a coppie, invece per ciascun criterio si è proceduti in 3 diversi modi:

1. Confronto a coppie fra dati oggettivi: si è eseguito un confronto a coppie basato su carte tematiche costruite *ad hoc* o sulla base di esperienze maturate in campi specifici da alcuni professionisti. I criteri così stimati sono: *Economicità, Energie alternative fruibili, Naturalità, Proprietà geologiche, Rischio esondazione, Visibilità e manovrabilità.*
2. Valori e scale già esistenti: per i criteri circa la *Qualità atmosferica* e *Rischio sismico* esistono già delle classificazione territoriali, per essere confrontabili sono state normalizzate e poste in ordine crescente o decrescente a seconda del caso.

3. Calcoli numerici su base matematica: si sono utilizzati coefficienti *ad hoc* per tale studio, costruiti in base alle caratteristiche di ogni criterio per rendere le alternative “comparabili” fra loro. Sono calcolati in questa maniera i valori del criterio: *Lontananza da SIC e ZPS, Viabilità, Vicinanza della popolazione, e Logistica (internodalità)*.

La bontà dei risultati dei confronti a coppie eseguiti, ovvero il confronto fra i criteri stessi e il confronto fra le alternative (secondo caso sopra descritto), può trasparire dai valori del “Coefficiente di inconsistenza” sempre inferiore al 5%. Ovvero i “voti” attribuiti nei confronti, hanno seguito una gerarchia di importanza; logica e con trascurabili incongruenze.

Tabella 16. Riassunto dei confronti a coppia tra i criteri.

	Vicinanza	Visibilità e Viabilità (in	Economicità	Ambiente	Proprietà	Rischio Es	Rischio Sit
Vicinanza Popolazione		2,0	2,0	4,0	5,0	8,0	8,0
Visibilità e Manovrabilità			3,0	4,0	5,0	8,0	8,0
Viabilità (internodalità)				3,0	1,0	7,0	7,0
Economicità					1,0	5,0	5,0
Ambiente						2,0	4,0
Proprietà Geologiche							1,0
Rischio Esondazione							
Rischio Sismico	Incon: 0,04						

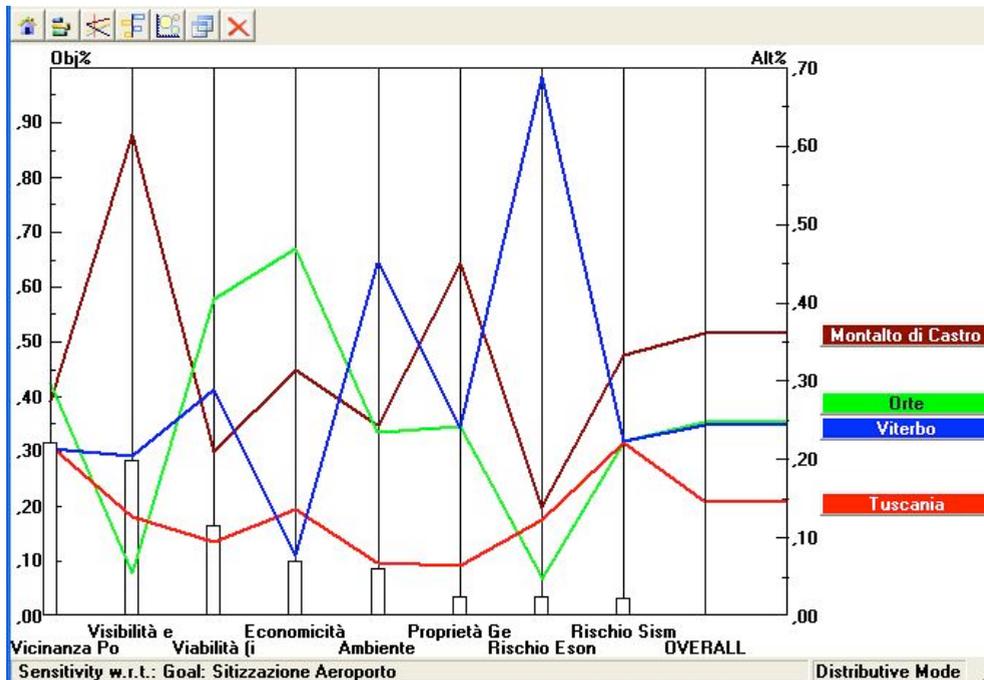
L’ottica dell’intero lavoro è “antropocentrica”, si sono cioè prediletti criteri quali economicità e sicurezza del volo, rispetto ad altri più “ecocentrici” ai quali si sono dati pesi minori. Ciò perché sono come state scelte alternative “adatte” a priori, non in contrasto con forti vincoli ambientali e paesaggistici. Si può pensare infatti che i fattori ambientali hanno di fatto una conseguenza principale sull’uomo. L’aspetto ambiente, quindi, è il soggetto che influenza in modo maggiore la popolazione. Questo si rivela attraverso *feedback* tra i due comparti analizzati che si manifestano come conseguenze finali sulla vita dell’uomo. Alcuni criteri sono molto correlati fra loro, ad esempio il rischio di esondazione dipende non solo alle caratteristiche del sito ma anche dal costo della messa in sicurezza della struttura. Appare evidente infatti che per aumentare la sicurezza di un’area, fino a un certo livello, le difese costeranno diversamente.

Il sito di Montalto di Castro è risultato il più adatto in questo studio, come evidenziato nell’immagine sottostante; i suoi punti forti sono i seguenti:

- vicinanza col mare;
- bassa incidenza sulla popolazione;
- buone vie di comunicazione.

L’uso della scelta “multicriterio”, proprio per la sua plasticità, può essere utile anche in caso di verifiche di stima o di modifiche sostanziali del “goal” finale. L’esempio di seguito mostra come, la sitizzazione dell’Aeroporto in oggetto, può variare, utilizzando gli stessi criteri e le stesse alternative ma modificando sostanzialmente l’approccio dello studio condotto. Nel caso specifico sono stati attribu-

Figura 2. Grafico dei risultati.



Montalto di Castro 36,2%
 Orte 24,8%
 Viterbo 24,4%
 Tuscania 14,6%

iti pesi diversi, privilegiando su tutti, i criteri “ambiente” e “rischio sismico”. Di conseguenza sono stati ripetuti i confronti a coppia, utilizzando i dati determinati nel primo scenario. Anche in questo caso il sito più idoneo è risultato “Montalto di Castro”, ma come si può notare, le percentuali di preferenza sono cambiate, al punto che tra il comune di Montalto di Castro e Viterbo vi è uno scarto appena il 3% circa, contro quasi il 12% dell’analisi precedente.

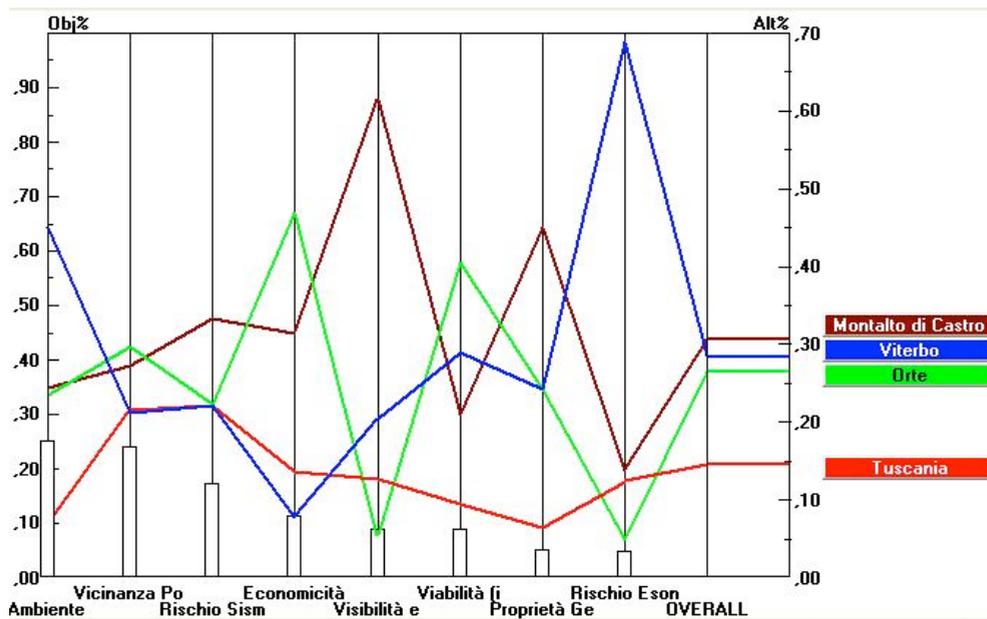
6. Conclusioni

Questo contributo, se pur frutto di un lungo periodo di lavoro di raccolta di dati e informazioni territoriali, rappresenta ancora un tentativo di applicare un procedimento multi-criteriale attraverso il quale individuare in un territorio un sito per la realizzazione di una rilevante infrastruttura. Una decisione sul sito più cogente e impegnativa avrebbe richiesto un impianto nel lavoro sostanzialmente analogo, ma articolato su una più estesa e “ricca” determinazione delle variabili e mutabili impiegate, una più ampia discussione dei criteri e una determinazione

Tabella 17. Riassunto nuova attribuzione dei pesi.

	Ambiente	Vicinanza I	Rischio Sism	Economicità	Visibilità e Viabilità (in	Proprietà C	Rischio Es
Ambiente		1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	6,0
Vicinanza Popolazione			2,0	2,0	3,0	3,0	6,0
Rischio Sismico				4,0	2,0	2,0	3,0
Economicità					1,0	1,0	3,0
Visibilità e Manovrabilità						1,0	2,0
Viabilità (internodalità)							2,0
Proprietà Geologiche							1,0
Rischio Esondazione	Incon: 0,03						

Figura 3. Grafico dei risultati con la nuova attribuzione dei pesi.



Montalto di Castro 30,6%
 Viterbo 28,4%
 Orte 26,5%
 Tuscania 14,5%

dei pesi maggiormente giustificata. Resta, però, il fatto importante che anche così al decisore pubblico viene presentato un quadro sistematico di elementi determinanti e interagenti, che in primis indicano la complessità della questione e soprattutto spiegano l'effetto sinergico dei vari criteri sul meccanismo decisionale.

Lo svolgimento di questo studio è stato suddiviso in diverse fasi. In principio sono stati scelti i siti alternativi all'interno dell'intero territorio della Provincia di Viterbo. Successivamente sono stati decisi i criteri di analisi e le metodiche per poter quantificare in numeri tali criteri. Infine è stato effettuato il confronto a coppie seguendo la metodica AHP per determinare quale alternativa fosse più idonea a ospitare l'area aeroportuale.

La metodica utilizzata presenta punti di forza e punti deboli. Nella metodologia AHP persiste infatti una parte di soggettività, dovuta essenzialmente alle scelte nei confronti a coppia o nell'attribuzione dei pesi che il Decisore effettua e la determinazione dei pesi ai vari criteri. Tra i suoi punti di forza è possibile riscontrare un'elevata flessibilità, oltre alla capacità di intervenire, nelle scelte effettuate, in ogni fase dell'analisi anche in quelle finali.

La soluzione ottenuta mediante questa metodologia è quella che soddisfa al meglio i 12 criteri e risulta abbastanza stabile al variare delle condizioni di contorno, pur con diverso grado di preferibilità. Altro elemento ottenuto da questo studio è la riconosciuta utilità e capacità di impiego delle metodiche MCDA, in particolare l'AHP, per la ricchezza di considerazioni che nel problema posto possono venire sviluppate. Ciò rappresenta un grosso passo in avanti rispetto ai precedenti metodi di stima monocriteriali, come l'analisi Costi/Benefici. Infatti essa risulta essenziale nella proposizione di infrastrutture rilevanti, quando la complessità dell'opera, i suoi eterogenei impatti e implicazione devono essere sintetizzati e confrontati tra diverse alternative. Per il Decisore pubblico questo approccio potrebbe contribuire a generare scelte più accurate e consapevoli, fin ora invece basate su costi e disponibilità finanziarie per le grandi opere.

Tabella 18. Riassunto vantaggi e svantaggi della metodica multi criterio AHP.

Punti deboli	Punti di forza
Parziale soggettività nell'attribuzione dei pesi	Flessibilità
Parziale soggettività nel confronto a coppie	Possibilità di intervento in ogni fase dello studio Consente di valutare ogni aspetto del problema

Note

- Per quanto concerne la voce Logistica è stata calcolata la quantità massima di volume smaltibile. Non sono stati presi in considerazione ravvicinata:
 - colli di bottiglia quali ad esempio brevi tratti di centro abitato, che in realtà possono causare gravi inconvenienti alla circolazione;
 - brevi tratti di SS1 sono a una corsia sono stati considerati a doppia corsia;
 - che dal 14 dicembre Orte non avrà più linea veloce, ma per dovere di analisi è stata comunque inserita nelle linee presenti.
- Per quanto concerne l'economicità sono stati paragonati i soli valori dei terreni con i costi di trasferimento Aves. Non sono stati considerati:
 - costi dovuti alla costruzione della struttura aeroportuale stessa, mancando un preventivo;
 - abitazioni presenti nelle aree di studio;
 - eventuali espropri aggiuntivi nell'area di Viterbo.
 Per quanto concerne la valutazione, i diversi impieghi dei suoli sono stati considerati nel seguente modo:

- colture agrarie e seminativo come orto;
 - paludi interne come canneto;
 - uliveto, frutteto e vigneto come frutteto.
3. Per il criterio vicinanza popolazione sono state considerate le distanze tra i centri storici e il centro del sito che dovrebbe ospitare la struttura in questione, ma le distanze tra centro abitato e sito risultano essere oggettivamente minori.
 4. Per maggior chiarezza nella visione e comprensione delle carte si raccomanda di visionare il sito <<http://www.csaeropototuscia.it>>. In particolar modo:
 - per il criterio economicità visionare le tavole inerenti all'uso del suolo
 - per il criterio SIC e ZPS visionare le tavole inerenti alla posizione delle zone protette.
 5. Per identificare zone protette nell'intorno delle aree di intervento è stato utilizzata una tavola con scala 1:50.000.
 6. Non è stato possibile reperire dati attendibili sulle problematiche di gestione dello spazio aereo e di convivenza tra attività di traffico aereo commerciale (GAT) e traffico aereo militare operativa (OAT), riferite ai siti presi in esame e che evidentemente inciderebbero in modo rilevante sulle conclusioni del presente studio, in quanto le autorità civili e militari preposte, pur convenendo sulla localizzazione dell'eventuale secondo scalo aeroportuale del Lazio nell'area posta a nord di Roma non hanno ancora esaminato tale tematica sul piano delle opzioni territoriali disponibili. Appare tuttavia di tutta evidenza che solo il sito di Viterbo farebbe emergere problemi di convivenza tra traffico militare operativo e traffico civile commerciale.

Sitografia

- <<http://www.viamichelin.it>>, tragitti stradali.
- <<http://maps.google.it>>, tragitti stradali.
- <<http://www.ferroviedellostato.it>>, tragitti e tempi ferroviari.
- <<http://www.metroroma.it>>, tragitti e tempi ferroviari.
- <<http://www.agenziaterritorio.it>>, valori agricoli medi provincia di Viterbo annualità 2008.
- <<http://www.provincia.vt.it>> Rapporto Salute Ambiente 2003 (qualità atmosferica).
- <<http://www.regionelazio.it>>, tabelle PTPR, tavole PTPR, Nuova classificazione sismica della Regione Lazio, Progetto IFFI per le frane, PAI fiume Tevere e fiume Fiora, 2003.

Bibliografia

- Bana e Costa C.A. (a cura di) (1990). *Reading in Multiple Criteria Decision Aid*, Germany, Springer-Verlag.
- Bernetti I., Marangon F. e Rosato P. (a cura di) (1996). *Metodi e applicazioni dell'analisi multicriteriale nel settore agro-forestale e ambientale* (Atti del seminario di studi SIDEA), Venezia.
- Bernetti I. e Fagarazzi C. (2002). L'impiego dei modelli multicriteriali geografici nella pianificazione territoriale, *Aestim*, 41: 1-26.
- Bernetti I. (2006) *Modelli di valutazione ambientale*. In Menghini S. (a cura di). *Risorse naturali e ambiente*. Milano, FrancoAngeli.
- Casini L., Bernetti I. e Menghini S. (2002). *Agricoltura e lo sviluppo rurale nei nuovi strumenti per il governo del territorio*. Milano, FrancoAngeli.
- Forman E.H. (1990). *Multicriteria Decision Making and the Analytic Hierarchy Process*. In Bana e Costa C.A. (a cura di). *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag.
- Keeney R. e Raiffa H. (1976). *Decisions with multiple objectives; preferences and value trade-offs*. J. Wiley and Sons.

- Marangon F. e Troiano S. (2007). *Gli interventi paesaggistico-ambientali nelle politiche regionali di sviluppo rurale*. In Marangon F. (a cura di). *Il paesaggio: un valore senza prezzo*. Udine, Forum: 9-51.
- Marangon F., Reho M. e Brunori G. (2007). *La gestione del paesaggio rurale tra governo e governance territoriale*, Milano, FrancoAngeli.
- Marangon F., Spoto M. e Visintin Fontana F. (2008). *An Environmental Accounting Model for a Natural Reserve*. In Schaltegger S., Bennett M., Burritt R.L., Jasch Ch. (a cura di). *Environmental Management Accounting and Cleaner Production*. Dordrecht, Springer: 267-282.
- Raiffa H. e Keeney R. (1976). *Decision with multiple objectives*, New York, Wiley & Sons.
- Saaty T.L. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw Hill Publishing Company.
- Scarelli A. e Venzi L. (1994). *An eco system and its equilibrium points*. In Maruccini M. (a cura di). *Applying Multiple Criteria Aid Decisions to Environmental Management*. Dordrecht, Netherlands, Kluwer Academic Publishers: 233-246
- Scarelli A. e Venzi L. (1997). Non parametric statistics in multicriteria analysis. *Theory and Decision*, 43: 89-2015.
- Scarelli A. e Narula S. (2002). An extension of the assignment problem. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11: 65-74.
- Vargas L.G. (1982). Reciprocal Matrices with Random Coefficients. *Mathematical Modelling*, 3: 69-81.
- Voodg H. (1983). *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. London, UK, Pion Limited.
- Zeleny M. (1982). *Multiple criteria decision making*, McGraw-Hill.