



PROVINCIA DI FORLÌ-CESENA

SP 7 "CERVESE"- REALIZZAZIONE DI UNA VARIANTE
TRA IL CASELLO DI CESENA E L'ABITATO DI CALABRINA

-
DOCUMENTO DI FATTIBILITÀ DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI
CUP: G11B24000330004

RELAZIONE ANALISI MULTICRITERIA

Codice: S25108-DF-RE-0004-0

REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO
0	Agosto 2026	M. Mainardi	D. Mingozzi
1			
2			

APPROVATO
G. Musinu

ENSER SRL

C.F./P.IVA/Registro Imprese RA 02058800398 N. REA RA-167939 - Cap. Sociale € 105 000,00 i.v.

SEDE LEGALE
Viale A. Baccarini, 29/2
48018 Faenza (RA)
Tel. (+39) 0546 663423

SEDE DI BOLOGNA - Via E. Zacconi, 16 - 40127 Bologna (BO)
SEDE DI SANTARCANGELO - Via A. Costa, 115 - 47822 Santarcangelo di Romagna (RN)
SEDE DI FIRENZE - Viale S. Lavagnini, 42 - 50129 Firenze (FI)
SUCCURSALE DI PARIGI - 1 Rue de Stockholm, 75008 Paris (France)

www.enser.it
www.enser.fr
ingegneria@enser.it
ensersrl-ra@legalmail.it

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
1.1	PROCESSO METODOLOGICO.....	5
2	APPLICAZIONE.....	7
2.1	DEFINIZIONE DEI CRITERI DI VALUTAZIONE E AGGREGAZIONE DEI DATI	7
2.1.1	Complessità infrastrutturale	8
2.1.2	Socio-economico	8
2.1.3	Ambiente.....	10
2.1.4	Economia.....	11
2.1.5	Salute e qualità della vita	12
2.1.6	Conformità con i piani URBANISTICI	13
2.2	ASSEGNAZIONE DEI PESI	14
2.3	ANALISI DEI RISULTATI	15
2.4	ANALISI DI SENSIBILITÀ.....	17
3	CONCLUSIONI	20

1 INTRODUZIONE

Il presente documento si propone di esporre dettagliatamente l'Analisi Multicriteria (AMC) condotta per il progetto denominato "Variante Calabrina".

L'Analisi Multicriteria è definibile come una struttura formale nella quale i risultati di diversi approcci, (ad es. tecnici, economici, sociali, ambientali) possono essere integrati ed utilizzati come strumento di supporto per scegliere, fra diverse alternative, la soluzione che meglio si adatta agli obiettivi e alle priorità dei decisori. È un approccio metodologico utilizzato per affrontare problemi decisionali complessi, in cui è necessario considerare più criteri contemporaneamente. Questa tecnica è particolarmente utile quando le decisioni non possono essere basate su un solo fattore (come il costo), ma devono tenere conto di elementi qualitativi e quantitativi differenti.

Tutte le Analisi Multicriteria vengono svolte individuando ed inserendo in un modello decisionale i seguenti elementi fondamentali:

- un obiettivo o un insieme di obiettivi che rappresentano lo scopo generale da raggiungere con la decisione da attuare;
- un decisore o un gruppo di decisori, coinvolti nel processo di scelta. Il soggetto titolato o incaricato a prendere la decisione valutando i risultati della AMC deve essere chiaramente identificato. In mancanza di quest'ultimo la AMC si configura come analisi tecnica di tipo "orientativo" senza finalità decisionali.
- un insieme di alternative decisionali che rappresentano gli oggetti della valutazione e della scelta.
- un insieme di criteri di valutazione e relativi attributi o indicatori sulla base dei quali i decisori valutano le alternative.
- la priorità fra i criteri individuati: ad ogni criterio di valutazione viene assegnato un peso che è espressione dell'importanza di quest'ultimo rispetto agli altri (la somma dei pesi di tutti i criteri viene ovviamente a costituire il 100% dei pesi stessi). I pesi sono funzione delle priorità percepite da parte del decisore e possono quindi variare in funzione di esso.
- un insieme di punteggi che esprimono il valore dell'alternativa i-esima rispetto al criterio j-esimo e che costituiscono gli elementi di una matrice, detta matrice di valutazione. Sulla base delle performance delle alternative rispetto ai criteri considerati, i diversi valori ottenuti vengono ricondotti, mediante valutazioni o formule matematiche, ad indici confrontabili (scala di normalizzazione). In talune metodiche l'aggregazione ponderata di questi ultimi consente di ottenere, infine, un ordinamento di preferenza.

Nel processo decisionale tradizionale, le scelte potrebbero essere fatte basandosi esclusivamente su costi, tempi o un'altra metrica singolare. Tuttavia, nel mondo reale, le decisioni raramente sono così semplici. Ad esempio, quando si sceglie una sede per una nuova struttura, fattori come l'impatto ambientale, la vicinanza alle risorse, il sentimento della comunità e il potenziale di crescita futura

entrano tutti in gioco. Il metodo fornisce un approccio strutturato per integrare questi diversi criteri in un processo di valutazione coeso.

L'Analisi Multicriteria rappresenta un insieme di metodologie avanzate per la selezione e valutazione di alternative in contesti complessi, caratterizzati dalla presenza di criteri multipli e spesso contrastanti.

1.1 PROCESSO METODOLOGICO

L'analisi è stata condotta utilizzando il software D-Sight, che adotta un framework ibrido capace di combinare tre diverse scuole metodologiche:

1. Definizione della Gerarchia e Gestione dei Pesi (AHP)

Il problema viene scomposto in livelli (Obiettivo, Criteri, Alternative). Per l'assegnazione dei pesi, D-Sight offre tre modalità operative fondamentali (Weight Operations):

- Elicit Weights (AHP): basato sul metodo di Saaty, permette di assegnare l'importanza tramite confronti a coppie. Il software verifica la coerenza dei giudizi tramite il Rapporto di Consistenza (CR); se $CR < 0.10$, il modello è considerato solido.
- Equalize Weights: assegna automaticamente lo stesso peso a tutti i criteri, utile per scenari di neutralità.
- Normalize Weights: consente l'inserimento manuale dei pesi, riproporzionandoli automaticamente affinché la somma totale sia pari al 100% (1.00).

2. Normalizzazione e Utilità (MAUT)

Per rendere confrontabili parametri con unità di misura differenti, il software applica i principi della *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT). Questa metodologia permette di trasformare le prestazioni grezze in una scala di utilità scalare compresa tra [0, 1] attraverso specifiche funzioni (lineari, concave o convesse). L'utilità totale di ogni alternativa A_i viene calcolata come somma pesata:

$$U(A_i) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot u_j(A_i)$$

Dove w_j è il peso derivato dalle operazioni precedenti e u_j è il valore di utilità calcolato sul singolo criterio.

Si specifica che tutti i criteri, siano essi qualitativi o quantitativi, sono stati preventivamente ricondotti a una scala omogenea da 1 a 5. Questo passaggio permette di uniformare le valutazioni su una base comparabile, semplificando l'interpretazione dei dati grezzi.

3. Classificazione e Ranking (PROMETHEE)

Per determinare la classifica finale, il software utilizza il metodo *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*. A differenza della MAUT, PROMETHEE analizza le relazioni di dominanza tra le alternative attraverso:

- Funzioni di Preferenza: Modellano il grado di preferenza del decisore in base alla differenza delle prestazioni tra le alternative.

- a. Flusso Positivo Φ^+ : misura quanto l'alternativa domina le altre (la sua forza).
- b. Flusso Negativo Φ^- : misura quanto l'alternativa è dominata dalle altre (la sua debolezza).
- c. Flusso Netto $\Phi^+ - \Phi^-$: rappresenta il valore di sintesi che determina il ranking finale. Un valore di Phi più elevato indica un'alternativa migliore.

4. Analisi Visuale GAIA e Sensibilità

Il framework si completa con due strumenti diagnostici essenziali per l'interpretazione dei risultati:

- Piano GAIA: una proiezione visuale che mostra graficamente i conflitti tra i criteri (vettori in direzioni opposte) e le sinergie, indicando con l'asse di decisione (π) la direzione della soluzione ottima.
- Analisi di Sensibilità (Stability Analysis): consente di verificare la robustezza della decisione, osservando come la classifica delle alternative vari al modificare dei pesi, garantendo la stabilità della scelta finale.

L'adozione congiunta di AHP, MAUT e PROMETHEE+GAIA consente di ottimizzare il processo decisionale attraverso un'integrazione sinergica. La combinazione garantisce un processo decisionale solido, giustificabile e replicabile, applicabile in numerosi ambiti, dalla selezione di fornitori alla pianificazione strategica, fino alla valutazione di investimenti complessi.

2 APPLICAZIONE

2.1 DEFINIZIONE DEI CRITERI DI VALUTAZIONE E AGGREGAZIONE DEI DATI

La definizione dei criteri di valutazione, elaborata in collaborazione con il Gruppo di Lavoro (GdL), si basa su un'analisi approfondita delle esigenze specifiche del progetto. Tutti i criteri e i relativi indicatori sono stati stabiliti tenendo conto del grado di dettaglio delle postazioni e della disponibilità di informazioni settoriali, garantendo così un approccio omogeneo per l'intero territorio interessato e per le diverse alternative considerate. Questo processo mira a garantire una valutazione equa e coerente, permettendo di confrontare efficacemente le varie opzioni in base a parametri definiti e misurabili. Nell'ambito della multicriteria condotta, le postazioni sono state valutate relativamente alle seguenti categorie:

- complessità infrastrutturale;
- socio-economico;
- ambiente e paesaggio;
- economico;
- salute e qualità della vita;
- coerenza con i piani urbanistici.

Ciascuna categoria è stata a sua volta rappresentata da criteri di valutazione per cui sono stati definiti uno o più indicatori. Si riporta di seguito uno schema in sintesi delle categorie.

Tabella 1: sintesi criteri ed indicatori di valutazione.

Categoria	Criterio	Indicatori
Complessità infrastrutturale	Funzionalità e sicurezza stradale	Velocità media di tracciato
	Infrastrutture	Numero opere (ponti, viadotti, sottovia)
Socio-economico	Efficacia trasportistica	Variazione tempo domanda tendenziale passeggeri rete stradale
		Variazione tempo domanda tendenziale merci rete stradale
	Impatto sulla Mobilità	Variazione percorrenze veicoli leggeri (strada urbana)
		Variazione percorrenze veicoli pesanti (strada urbana)
Ambiente e paesaggio	Consumo di suolo	Occupazione complessiva del corpo stradale
	Idrogeologia	Attraversamento delle aree a pericolosità idraulica P2, P3 e P4
Economia	Costi	Costo dell'intervento rapportato all'alternativa a costo minore
	Rendimento	Tasso di rendimento economico (TIRE)
Salute e qualità della vita	Salute e qualità della vita	Riduzione dell'incidentalità stradale
		Riduzione delle emissioni inquinanti

		Riduzione delle emissioni acustiche
		Riduzione delle emissioni di gas che concorrono al riscaldamento globale
Coerenza con i piani urbanistici	Coerenza con i piani vigenti	Coerenza con PTCP & PPR
	Coerenza con progettazione pregressa	Coerenza con progettazione pregressa

Si propone di seguito una descrizione dettagliata dei criteri di analisi con i valori normalizzati, come già anticipato, secondo una scala da 1 a 5.

2.1.1 COMPLESSITÀ INFRASTRUTTURALE

La categoria “*Complessità infrastrutturale*” approfondisce la validità tecnica e la sostenibilità realizzativa dei tracciati. L’analisi è finalizzata a misurare l’efficienza funzionale dell’infrastruttura e la sua sostenibilità realizzativa. Gli indicatori di questa categoria sono di tipo quantitativo e vengono normalizzati per permettere il confronto tra unità di misura differenti (velocità, quantità numeriche e costi).

1) Funzionalità e sicurezza stradale

- **Velocità media di tracciato:** rappresenta l’efficienza del collegamento. Si calcola come media delle velocità dei singoli tratti, pesata in base alla loro lunghezza. Valuta la fluidità della circolazione. Un valore più alto indica una migliore geometria del percorso e tempi di viaggio più brevi.
- **Numero di opere:** consiste nel conteggio complessivo delle strutture, quali ponti, viadotti e sottovia, necessarie per superare gli ostacoli naturali o le interferenze con la rete infrastrutturale esistente, con l’obiettivo di valutare la complessità realizzativa e i potenziali rischi tecnici durante la fase di costruzione; la valutazione segue una logica di minimizzazione, attribuendo un punteggio migliore ai tracciati che riducono al minimo il numero di interventi strutturali per favorire una maggiore semplicità del progetto.

Tabella 2: sintesi Criteri e indicatori – Categoria *Complessità infrastrutturale*.

Criterio	Indicatore	ALT 1A	ALT 1B	ALT 2A	ALT 2B	ALT 3	ALT 4
Funzionalità e sicurezza stradale	Velocità media di tracciato	5.0	4.5	4.2	3.9	1.0	3.9
Infrastrutture	Numero opere (ponti, viadotti, sottovia)	5.0	5.0	1.0	1.0	5.0	1.0

2.1.2 SOCIO-ECONOMICO

La categoria “*Socio-economico*” analizza il valore aggiunto generato dai 6 tracciati in termini di efficienza del sistema territoriale e benefici per la collettività.

La riduzione dei tempi di percorrenza si configura come un obiettivo fondamentale e strategico nelle moderne politiche di sviluppo, potenziamento e miglioramento dell’efficienza delle infrastrutture di

trasporto, sia a livello nazionale che sovranazionale. Tale obiettivo non risponde solo a una mera esigenza di velocità, ma si traduce in un significativo impatto sulla competitività economica, sull'accessibilità territoriale e sulla qualità della vita dei cittadini.

In questo contesto, l'analisi delle variazioni dei tempi di percorrenza assume un ruolo cruciale nella valutazione della performance delle diverse ipotesi progettuali o "alternative" in esame. L'indicatore d'area che monitora la variazione delle percorrenze stradali assume un ruolo cruciale nella valutazione dell'impatto complessivo, poiché influenza direttamente la generazione dei costi esterni, i costi operativi relativi ai mezzi di trasporto e i costi di gestione delle infrastrutture viarie. Una comprensione dettagliata di queste variazioni è pertanto fondamentale per una corretta analisi costi-benefici (ACB).

1) Efficacia trasportistica

- **Variazione tempo domanda tendenziale passeggeri rete stradale:** misura il risparmio temporale netto per gli utenti privati (minuti/passeggero), valutando il miglioramento dell'accessibilità e della qualità degli spostamenti quotidiani rispetto allo scenario senza intervento.
- **Variazione tempo domanda tendenziale merci rete stradale:** quantifica l'incremento di efficienza della catena logistica (minuti/tonnellata), riflettendo la riduzione dei costi di trasporto per le imprese e la maggiore competitività economica del territorio.

2) Impatto sulla mobilità

- **Variazione percorrenze veicoli leggeri (strada urbana):** calcola la riduzione dei chilometri percorsi dalle auto all'interno della rete urbana ($Milioni * veicoli * km/anno$), evidenziando la capacità del tracciato di fungere da variante esterna. L'obiettivo primario è il drenaggio dei flussi di attraversamento dai centri abitati di Calabrina e Villa Calabra, migliorando la vivibilità locale e riducendo la congestione residenziale.
- **Variazione percorrenze veicoli pesanti (strada urbana):** Misura la sottrazione del traffico merci pesante dalle strade cittadine ($Milioni * veicoli * km/anno$). Questo indicatore è cruciale per certificare l'allontanamento dei mezzi ingombranti dai nuclei abitati di Calabrina e Villa Calabra, con benefici diretti sulla sicurezza stradale, sulla riduzione delle vibrazioni e sulla conservazione delle pavimentazioni urbane.

Per gli indicatori di mobilità, sebbene i valori numerici rappresentino una riduzione di traffico sulla rete esistente, la valutazione segue una logica di massimizzazione: il punteggio più alto viene attribuito all'alternativa che presenta il valore assoluto di variazione più elevato, ovvero quella capace di sottrarre la quota maggiore di veicoli dai centri abitati.

Occorre evidenziare che, come si evince dal modello trasportistico, l'appetibilità e l'utilizzo della variante nelle Alternative 1A e 1B sono differenti, nonostante la somiglianza geometrica. L'Alternativa 1B presenta un braccio in più nella rotatoria Medri che garantisce il collegamento con via Medri in direzione via Cervese: questa configurazione garantisce una maggiore fluidità di collegamento tra via Calcinaro e la variante, bypassando le tre rotatorie a sud dell'autostrada.

Al contrario, nell'Alternativa 1A tale collegamento diretto è assente e il percorso sulla variante risulta meno competitivo, dovendo obbligatoriamente attraversare il sistema delle tre rotonde. L'incremento dei tempi di percorrenza induce gli utenti a continuare a prediligere il percorso storico attraverso il centro abitato di Calabrina. Ciò comporta una riduzione solo marginale del traffico nel centro abitato, assegnando all'Alternativa 1A il punteggio minimo negli indicatori di mobilità. Tale soluzione risulta non ottimale rispetto agli obiettivi dell'opera, poiché la variante non riuscirebbe ad assorbire efficacemente il traffico di attraversamento, mantenendo volumi di traffico impropri su una viabilità locale ed intersezioni non idonee a sostenerli.

Tabella 3: sintesi Criteri e indicatori – Categoria *Socio-Economico*.

Criterio	Indicatore	ALT 1A	ALT 1B	ALT 2A	ALT 2B	ALT 3	ALT 4
Efficacia trasportistica	Variazione tempo domanda tendenziale passeggeri	2.2	1.0	5.0	5.0	3.5	1.5
	Variazione tempo domanda tendenziale merci	3.1	1.0	1.2	1.2	1.3	5.0
Impatto sulla Mobilità	Variazione percorrenze veicoli leggeri	1.0	5.0	2.7	2.7	4.1	3.8
	Variazione percorrenze veicoli pesanti	1.0	4.9	4.8	4.8	2.8	5.0

2.1.3 AMBIENTE

La categoria “*Ambiente*” valuta l'impatto fisico diretto dei tracciati sulle matrici naturali e territoriali, concentrandosi specificamente sul criterio del consumo di suolo.

1) Consumo di suolo

- **Occupazione complessiva dal corpo stradale:** quantifica l'occupazione complessiva generata dal corpo stradale, calcolata come l'area di ingombro dell'alternativa progettuale al netto dei tratti in galleria e degli adeguamenti in sede esistente, al fine di misurare l'effettiva sottrazione di suolo non impermeabilizzato; la valutazione, espressa in km², segue una logica di minimizzazione, attribuendo un punteggio migliore ai tracciati che limitano l'impronta a terra dell'infrastruttura e preservano l'integrità del territorio rurale o naturale attraversato.

2) Geologia ed idrogeologia

- **Attraversamento delle aree a pericolosità idraulica P3 e P4:** l'indicatore valuta l'attraversamento delle aree a pericolosità idraulica (classificate come P3 e P4 dai piani di assetto idrogeologico), calcolando la sommatoria delle superfici o delle lunghezze interferite dall'alternativa progettuale; l'obiettivo della valutazione, espressa in termini

lineari (L) o di superficie, segue una logica di minimizzazione per identificare i tracciati che riducono l'esposizione dell'infrastruttura a rischi naturali e limitano l'interferenza con le zone di esondazione o instabilità, garantendo una maggiore resilienza dell'opera e la sicurezza del territorio circostante.

Tabella 4: sintesi Criteri e indicatori – Categoria *Ambiente*.

Criterio	Indicatore	ALT 1A	ALT 1B	ALT 2A	ALT 2B	ALT 3	ALT 4
Consumo di suolo	Occupazione complessiva dal corpo stradale	5.0	5.0	1.2	1.0	1.6	1.7
Geologia ed idrogeologia	Attraversamento delle aree a pericolosità idraulica P3 e P4	1.1	1.0	4.1	5.0	1.4	1.7

2.1.4 ECONOMIA

La categoria “*Economia*” si concentra sull’impatto finanziario del progetto. Valuta la sostenibilità economico-finanziaria dell’intervento, considerando i costi diretti dell’opera e le spese accessorie legate alla progettazione e alla gestione.

1) Costi

- **Costo dell'intervento:** costo complessivo dell’opera rapportato all’alternativa progettuale meno costosa. Consente di valutare l’efficienza economica relativa dell’opzione scelta. Si esprime come variazione % rispetto all’alternativa a costo minore.

2) Rendimento

- **TIRE (Tasso di rendimento economico):** è un indicatore essenziale nell'analisi costi-benefici per la valutazione della convenienza economica e sociale di progetti pubblici o di interesse collettivo. Esso misura il rendimento generato dall'investimento per la collettività nel suo complesso, considerando tutti i benefici e i costi economici (utilizzando i prezzi ombra) lungo l'orizzonte temporale del progetto.

Tabella 5: sintesi Criteri e indicatori – Categoria *Economia*.

Criterio	Indicatore	ALT 1A	ALT 1B	ALT 2A	ALT 2B	ALT 3	ALT 4
Costo	Costo dell'intervento	5.0	4.9	1.0	1.0	3.9	4.4
Rendimento	TIRE	3.9	1.0	5.0	4.9	3.1	2.9

2.1.5 SALUTE E QUALITÀ DELLA VITA

La categoria “*Salute e qualità della vita*” ha l’obiettivo di valutare e quantificare le principali esternalità generate dai 6 tracciati analizzati. In questo contesto, le esternalità sono intese come gli effetti (positivi o negativi) che la realizzazione dell’infrastruttura produce su soggetti terzi (la collettività) e che non rientrano direttamente nei costi di costruzione o di esercizio dell’opera.

Tutti gli indicatori afferenti a questa categoria sono espressi in termini monetari (**M€2025**), consentendo una valutazione omogenea dei benefici sociali prodotti da ciascuna alternativa.

1) Salute e qualità della vita

- **Riduzione delle emissioni inquinanti:** valuta l’impatto sulla salute pubblica locale attraverso la monetizzazione dei danni evitati legati all’emissione di inquinanti atmosferici (come NO_x e polveri sottili PM10. Il valore riflette il minor carico di patologie respiratorie e costi sociali associati.
- **Riduzione delle emissioni acustiche:** quantifica il benessere derivante dalla riduzione dell’inquinamento acustico per la popolazione residente. L’esternalità è calcolata stimando il differenziale di disturbo sonoro sui ricettori sensibili lungo i tracciati.
- **Riduzione dei gas climalteranti:** valuta il contributo di ciascun tracciato alla sostenibilità globale. L’indicatore monetizza le variazioni delle emissioni di CO₂ (basate su flussi di traffico e lunghezze dei percorsi) utilizzando il costo sociale del carbonio stimato per l’anno 2025.
- **Riduzione dell’incidentalità stradale:** misura il beneficio sociale derivante dalla variazione attesa del numero e della gravità degli incidenti. La monetizzazione trasforma la maggiore sicurezza del tracciato in un valore economico basato sul risparmio dei costi sanitari e sulla riduzione del danno umano.

Tabella 6: sintesi Criteri e indicatori – Categoria *Salute e qualità della vita*.

Criterio	Indicatore	ALT 1A	ALT 1B	ALT 2A	ALT 2B	ALT 3	ALT 4
Salute e qualità della vita	Riduzione dell’incidentalità stradale	1.0	5.0	3.3	3.3	3.3	3.0
	Riduzione delle emissioni inquinanti	1.0	5.0	3.4	3.4	2.7	2.7
	Riduzione delle emissioni acustiche	1.0	4.8	3.5	3.5	3.0	5.0
	Riduzione delle emissioni di gas che concorrono al riscaldamento globale	3.8	4.6	5.0	5.0	2.8	1.0

2.1.6 CONFORMITÀ CON I PIANI URBANISTICI

La categoria “Conformità con i piani urbanistici” valuta il grado di integrazione delle alternative progettuali rispetto al quadro normativo e pianificatorio vigente, nonché la loro coerenza con gli indirizzi strategici definiti negli studi di fattibilità precedenti. Questa dimensione è fondamentale per garantire la fattibilità autorizzativa dell’opera e la sua corretta collocazione nel contesto vincolistico territoriale.

1) Conformità con i piani vigenti

- **Coerenza con PTCP & PPR:** verifica la coerenza del tracciato con le prescrizioni del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) e del PPR (Piano Paesaggistico Regionale). L'indicatore, di tipo binario (1: sì / 0: no), attesta se l'infrastruttura rispetta i vincoli di tutela e le direttive di trasformazione del suolo previste dagli enti di governo del territorio. In questo caso, tutte le alternative mostrano piena conformità, assicurando il rispetto formale della legalità urbanistica.

2) Conformità con progettazione pregressa

- **Conformità con progettazione pregressa:** valuta la continuità dell'alternativa rispetto agli orientamenti e alle soluzioni tecniche già validate in fasi di studio precedenti. L'indicatore binario (1: sì / 0: no) premia le soluzioni (alternative 1A, 1B e 3) che mantengono l'aderenza ai corridoi infrastrutturali storicamente individuati, garantendo una maggiore solidità del percorso amministrativo-progettuale e minimizzando il rischio di varianti sostanziali rispetto agli impegni già assunti con il territorio.

Tabella 7: sintesi Criteri e indicatori – Categoria *Conformità con i piani urbanistici*.

Criterio	Indicatore	ALT 1A	ALT 1B	ALT 2A	ALT 2B	ALT 3	ALT 4
Conformità con i piani vigenti	Coerenza con PTCP & PPR	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Conformità con Progettazione pregressa	Conformità con Progettazione pregressa	5.0	5.0	1.0	1.0	5.0	1.0

2.2 ASSEGNAZIONE DEI PESI

L'analisi è stata condotta ipotizzando tre livelli di peso associati rispettivamente alle categorie, ai criteri e agli indicatori. Per la determinazione dei pesi relativi alle categorie è stata utilizzata la metodologia AHP (*Analytical Hierarchy process*) che è un modello decisionale multicriteria utilizzato per l'assegnazione dei pesi delle categorie.

Il metodo è basato su valori e giudizi, sia quantitativi che qualitativi determinati in base a una struttura gerarchica multilivello al fine di ottenere delle priorità. Le valutazioni, oggettive o soggettive, sono convertite in valori numerici ed utilizzate per assegnare una priorità alle singole categorie.

Coerentemente con la finalità principale dell'opera — ovvero ridurre il traffico di attraversamento che attualmente grava su via Cervese e sui centri abitati di Calabrina e Villa Calabra — la categoria di valutazione più rilevante è quella socio-economica, che include i parametri relativi alle variazioni dei tempi e delle percorrenze.

Tabella 8: sintesi dei pesi adottati.

Categoria	Peso categoria	Criterio	peso criterio	Indicatori	peso indicatore
Complessità infrastrutturale	4%	Funzionalità	50%	Velocità media di tracciato	100%
		Infrastrutture	50%	Numero opere (ponti, viadotti, sottovia)	100%
Socio-economico	34%	Efficacia trasportistica	60%	Variazione tempo domanda tendenziale passeggeri rete stradale	60%
				Variazione tempo domanda tendenziale merci rete stradale	40%
		Impatto sulla Mobilità	40%	Variazione percorrenze veicoli leggeri (strada urbana)	60%
				Variazione percorrenze veicoli pesanti (strada urbana)	40%
Ambiente e paesaggio	13%	Consumo di suolo	50%	Occupazione complessiva dal corpo stradale	100%
		Idrogeologia	50%	Attraversamento delle aree a pericolosità idraulica P3 e P4	100%
Economia	26%	Costi	30%	Costo dell'intervento rapportato all'alternativa a costo minore	100%
		Rendimento	70%	Tasso di rendimento economico (TIRE)	100%
Salute e qualità della vita	12%	Salute e qualità della vita	100%	Riduzione dell'incidentalità stradale	25%
				Riduzione delle emissioni inquinanti	25%
				Riduzione delle emissioni acustiche	25%
				Riduzione delle emissioni di gas che concorrono al riscaldamento globale	25%
Coerenza con i piani urbanistici	11%	Coerenza con i piani vigenti	5%	Coerenza con PTCP & PPR	100%
		Coerenza con progettazione pregressa	95%	Coerenza con progettazione pregressa	100%

2.3 ANALISI DEI RISULTATI

Una volta determinati i pesi, D-Sight genera una matrice di preferenza che sintetizza le performance delle opzioni progettuali rispetto ai criteri stabiliti. Questa analisi preliminare permette di identificare immediatamente i punti di forza e le criticità di ogni proposta.

Successivamente, il software integra i pesi e i punteggi ottenuti per calcolare una valutazione aggregata. Tale valore finale riflette l'aderenza complessiva di ciascuna alternativa all'obiettivo di progetto.

Per facilitare l'interpretazione dei dati, D-Sight offre una visualizzazione grafica immediata tramite radar chart o bar chart. Questi strumenti non solo agevolano il confronto visivo tra le alternative, ma chiariscono quali criteri abbiano inciso maggiormente sul risultato finale, evidenziando i margini di miglioramento di ogni soluzione.

In particolare, dall'analisi dei risultati emerge che la soluzione preferibile, cioè quella con il punteggio più alto, è l'alternativa 2A (56.48). Il ranking vede a seguire l'alternativa 2B, seguita dalle opzioni 1A, 3, 1B e la 4.

Occorre specificare che le alternative 2A e 2B appartengono alla stessa tipologia progettuale, differenziandosi solo per la collocazione di una rotatoria; in questo contesto, pertanto, le alternative 1A e 3 diventano il termine di paragone più significativo.

Le alternative 1A, 3 e 1B presentano punteggi molto prossimi tra loro, compresi in un range ristretto tra 48.83 e 47.89.

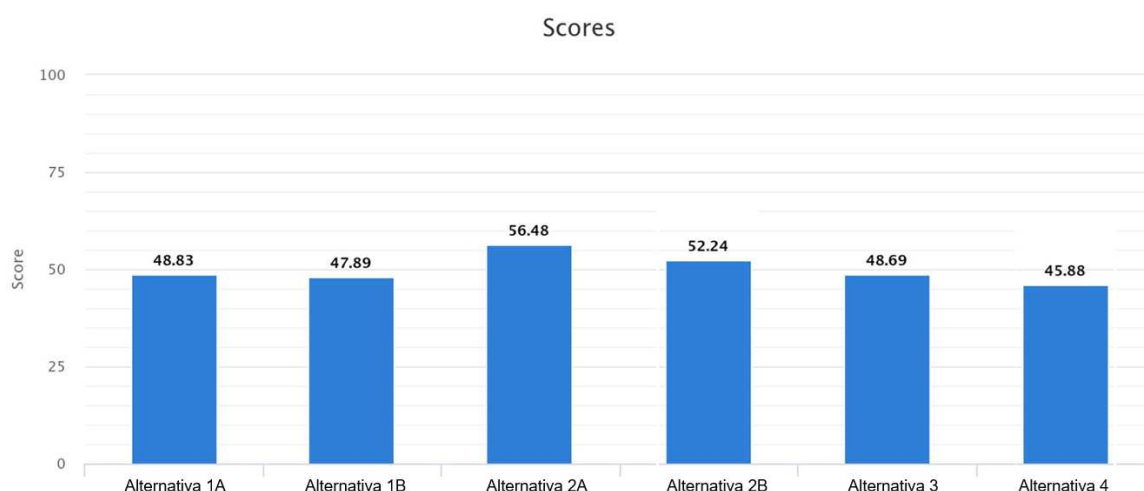


Figura 1: confronto punteggio delle alternative.

Il grafico del contributo dei criteri, riportato in Figura 2, permette di visualizzare come ogni opzione progettuale risponda ai diversi obiettivi prefissati.

Coerentemente con la finalità principale dell'opera — ovvero ridurre il traffico di attraversamento che attualmente grava su via Cervese e sui centri abitati di Calabrina e Villa Calabra — la categoria di valutazione più rilevante è quella socioeconomica, che considera i parametri relativi alle variazioni dei tempi e delle percorrenze.

L'Alternativa 2A emerge come la soluzione preferibile, in quanto rappresenta il miglior compromesso tra efficacia funzionale e sostenibilità economica.

Le **Alternative 1A e 3**, pur attestandosi su valutazioni complessive simili, si differenziano notevolmente nella ripartizione dei punteggi delle singole categorie e assumono un ruolo distinto rispetto all'obiettivo

generale: l'Alternativa 1A risulta economicamente più competitiva, con costi e TIRE (Tasso Interno di Rendimento Economico) migliori rispetto alla 3, ma si rivela la meno efficace nel reindirizzare i flussi di traffico fuori dai centri abitati. Al contrario, l'Alternativa 3 garantisce una migliore risposta trasportistica a fronte di un impegno economico superiore.

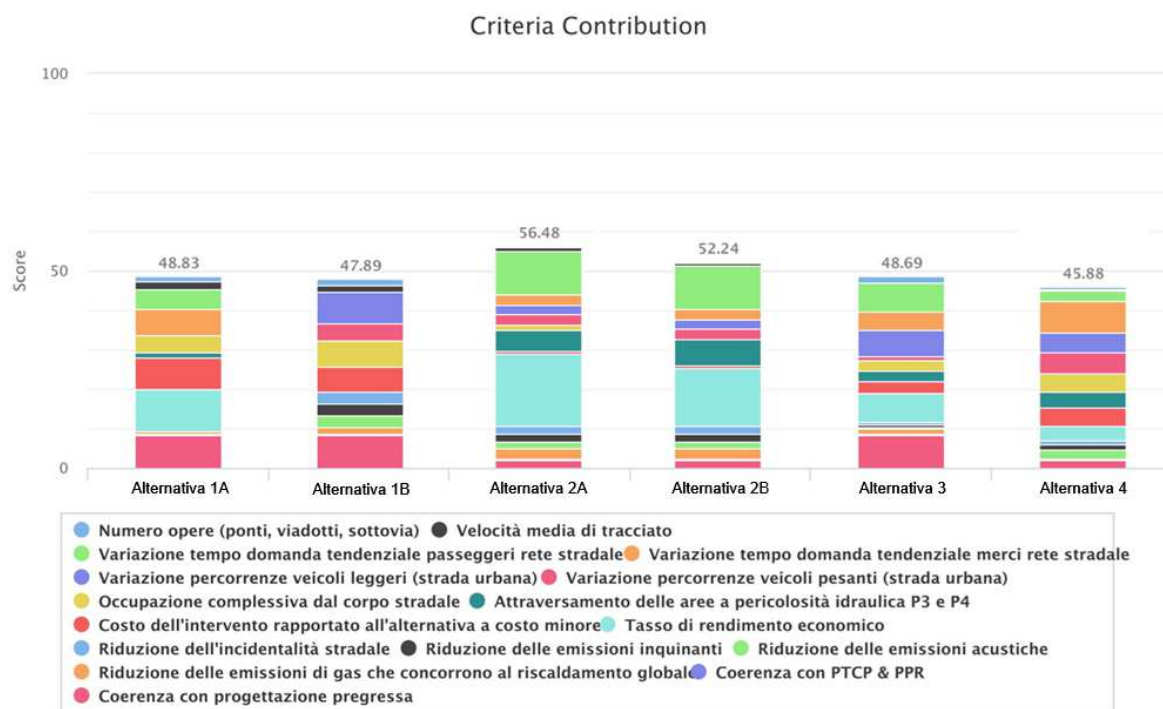


Figura 2: contributo dei singoli indicatori.

Di seguito si riporta un diagramma a raggiera (Figura 3) che esplicita il confronto prestazionale tra le Alternative 1A, 3 e 2A rispetto a ciascun indicatore analizzato. Questo grafico permette di visualizzare i punteggi normalizzati ottenuti dalle opzioni progettuali per ogni singolo criterio, evidenziandone graficamente i punti di forza e le carenze.

La scelta di focalizzare il confronto su queste tre opzioni risiede nella loro rappresentatività: sebbene l'Alternativa 2A risulti la migliore in termini assoluti, le Alternative 1A e 3 costituiscono i termini di paragone fondamentali per valutare il rapporto tra sostenibilità economica e benefici trasportistici.

Dall'analisi dei profili emerge chiaramente come l'Alternativa 2A presenti un'area complessiva maggiore e più equilibrata.

Al contrario, l'Alternativa 1A mostra un profilo fortemente polarizzato verso gli indicatori di convenienza economica (Costo e TIRE), a fronte di punteggi sensibilmente inferiori negli indicatori di mobilità urbana; ciò conferma la sua ridotta capacità di attrarre i flussi di traffico lontano dai centri abitati rispetto alle altre soluzioni.

L'Alternativa 3 mostra invece un profilo intermedio: garantisce prestazioni superiori negli indicatori di mobilità rispetto alla 1A, confermando una migliore capacità di alleggerire la rete storica, ma registra una flessione nelle prestazioni relative ai costi.

In conclusione, l'Alternativa 2A si conferma la migliore soluzione capace di massimizzare simultaneamente le prestazioni in tutte le aree di indagine. Mentre le altre opzioni risultano sbilanciate — privilegiando alternativamente la sostenibilità economica (Alt. 1A) o la sola funzionalità (Alt. 3) — la

Soluzione 2A ottimizza il rapporto tra efficacia trasportistica e rendimento economico, configurandosi come la scelta progettuale più idonea al raggiungimento degli obiettivi prefissati.

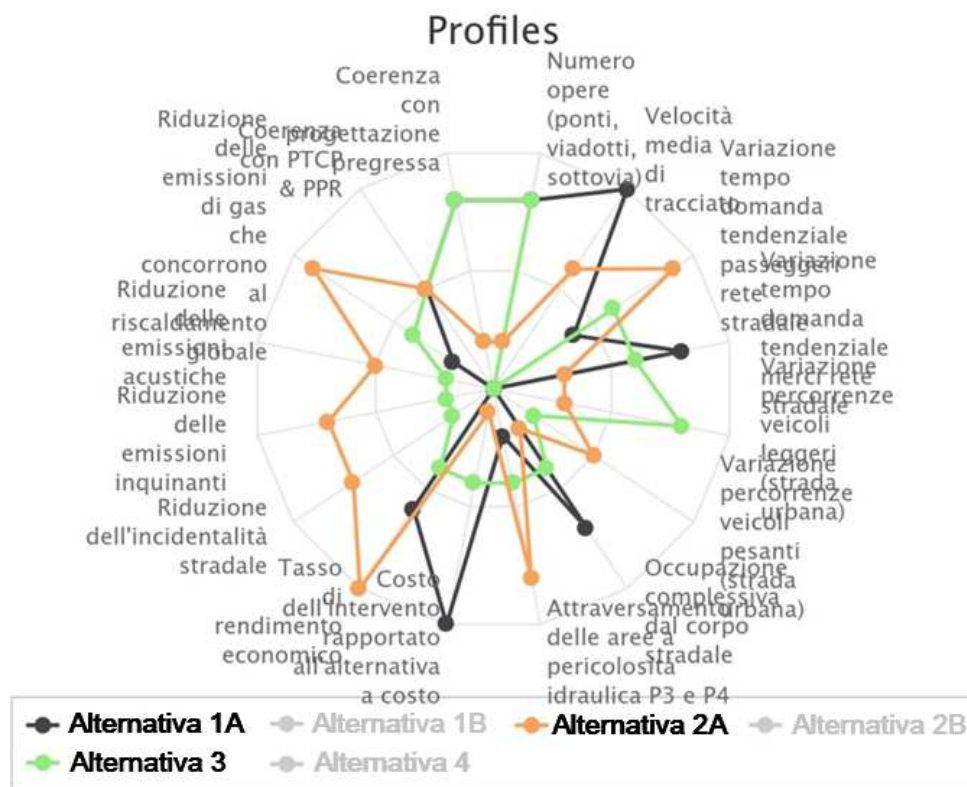


Figura 3: confronto alternative 1A,3 e 2A.

2.4 ANALISI DI SENSIBILITÀ

L'analisi di sensibilità esamina come le variazioni dei parametri del modello — siano esse strutturali o relative ai pesi e ai valori assegnati — influenzino il ranking delle alternative. L'obiettivo principale è definire l'intervallo di stabilità, ovvero il range entro cui la soluzione ottimale rimane invariata nonostante le oscillazioni dei dati in ingresso.

Questo processo permette di testare la robustezza della scelta, individuando i fattori critici per i quali anche minime variazioni possono ribaltare il risultato finale. Di seguito si riportano gli intervalli ammissibili per i pesi delle categorie, oltre i quali la classifica delle alternative subirebbe mutamenti.

Dall'analisi degli intervalli di stabilità emerge che il modello decisionale è, nel complesso, notevolmente robusto. La maggior parte dei criteri presenta un intervallo di stabilità molto ampio (le barre blu), il che significa che il peso assegnato a quel criterio può variare sensibilmente senza che la classifica delle alternative subisca cambiamenti.

In particolare, si osserva che:

- Per criteri chiave come la Variazione del tempo domanda passeggeri, il Tasso di rendimento economico e la Coerenza con PTCP & PPR, l'intervallo di stabilità si estende fino al 100%. Ciò indica che, anche assegnando la massima priorità possibile a questi indicatori, la soluzione ottimale non cambierebbe.

-
- I criteri legati alla sostenibilità ambientale (emissioni e gas serra) mostrano anch'essi intervalli molto vasti, confermando che la scelta dell'Alternativa 2A non è influenzata da oscillazioni nelle politiche di peso ambientale.
 - Anche per i criteri con intervalli più ristretti (come il Numero opere o la Velocità media), il peso attuale (punto nero) è ben distante dai limiti critici, garantendo che non vi sia il rischio di instabilità del ranking a seguito di piccoli aggiustamenti tecnici.

Questa evidenza conferma che la scelta dell'Alternativa 2A non è frutto di una specifica combinazione di pesi, ma è una soluzione strutturalmente superiore nel panorama decisionale analizzato.

Stability Intervals

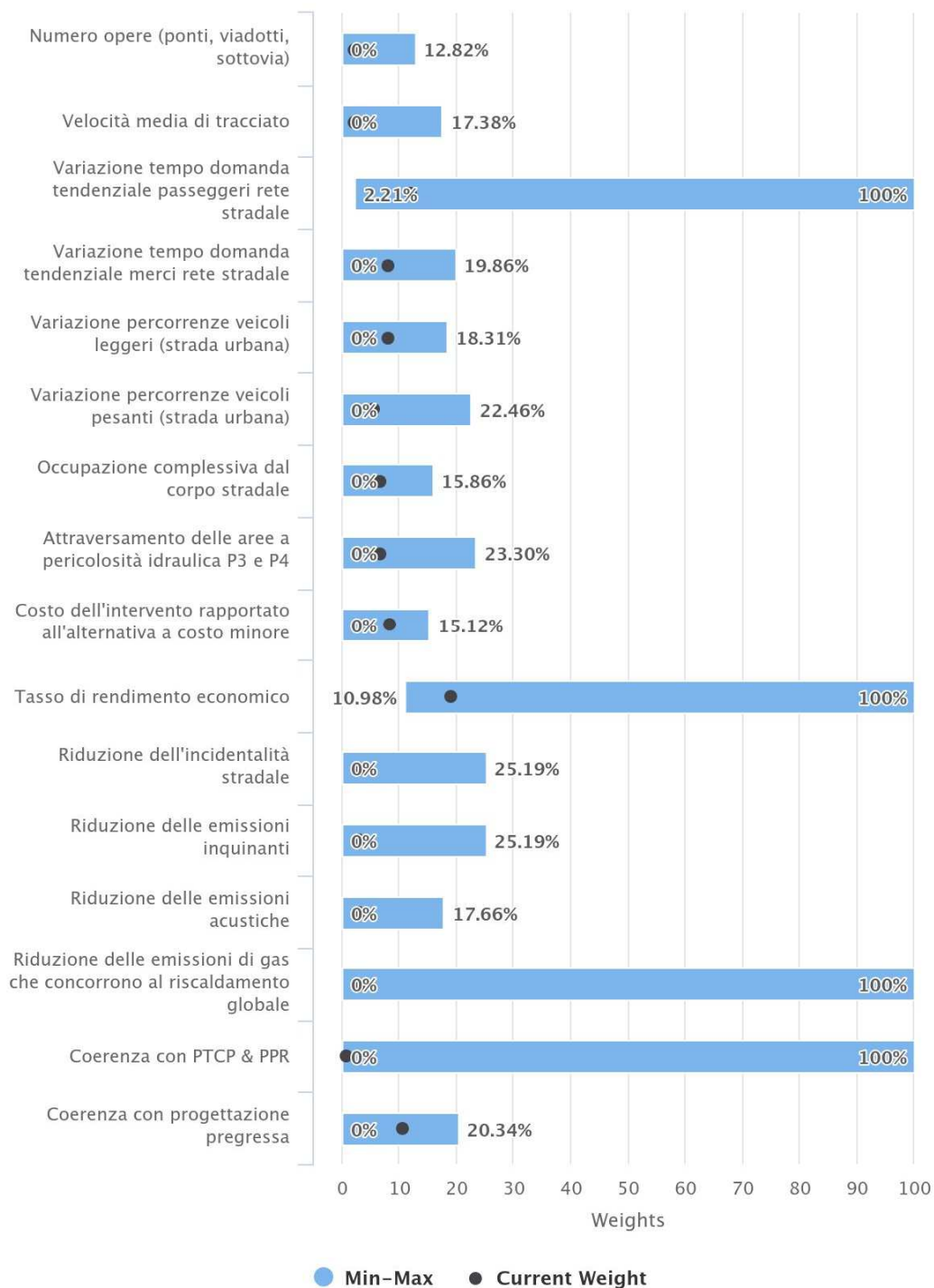


Figura 4: analisi di sensibilità.

3 CONCLUSIONI

Il presente documento ha esposto l'Analisi Multicriteria (AMC) condotta per il progetto "Variante Calabrina". Tale metodologia costituisce una struttura formale in cui approcci tecnici, economici, sociali e ambientali vengono integrati per supportare la scelta della soluzione che meglio risponde agli obiettivi dei decisori. L'AMC risulta fondamentale in contesti decisionali complessi, dove la valutazione non può basarsi su un singolo fattore (come il costo), ma deve sintetizzare elementi qualitativi e quantitativi eterogenei.

Coerentemente con la finalità primaria dell'opera — la riduzione del traffico di attraversamento su via Cervese e nei centri abitati di Calabrina e Villa Calabra — la categoria di valutazione socio-economica (incentrata sulla variazione dei tempi e delle percorrenze) è stata considerata la più rilevante, seguita strettamente dai criteri di economia di progetto.

Dalla sintesi dei risultati emerge che l'alternativa 2A è la soluzione preferibile, avendo ottenuto il punteggio più elevato (56.48). Essa si configura come la scelta progettuale più idonea, rappresentando l'unica proposta capace di massimizzare simultaneamente le prestazioni in tutte le aree di indagine.

Il valore dell'Alternativa 2A risalta in modo particolare nel confronto con le opzioni 1A e 3 (termini di paragone più significativi per tipologia progettuale). Mentre queste ultime risultano sbilanciate — privilegiando alternativamente il solo risparmio economico (Alternativa 1A) o la sola funzionalità trasportistica (Alternativa 3) — la Soluzione 2A ottimizza il rapporto tra efficacia e costi, garantendo un drenaggio dei flussi veicolari incisivo senza gravare eccessivamente sulle risorse economiche.

La validità di tale scelta è ulteriormente confermata dall'analisi di sensibilità, che ha evidenziato un'estrema robustezza del modello decisionale. Gli ampi intervalli di stabilità rilevati dimostrano che il primato dell'Alternativa 2A è strutturale e non influenzato da possibili oscillazioni nelle priorità assegnate ai singoli criteri.

In definitiva, l'Alternativa 2A rappresenta la scelta più solida e funzionale per risolvere le criticità viarie dell'area e migliorare sensibilmente la qualità della vita dei residenti, garantendo al contempo la massima efficienza nell'impiego della spesa pubblica.