

Un modello GIS come strumento per l'analisi dell'interazione trasporti-territorio in Molise

Sara Cacucci (*), Luciano De Bonis (*), Angelica Marinelli (*), Rossella Nocera (*)

(*) Dipartimento Bioscienze e Territorio (DiBT) dell'Università del Molise, Contrada Fonte Lappone - 86090 – Pesche, sara.cacucci@tiscali.it lucianodebonis@unimol.it angelica.marinelli@hotmail.it rossella.nocera@unimol.it

Riassunto

Il filo conduttore dello studio sono l'accessibilità e il sistema della viabilità nel Molise. Lo studio è stato avviato con l'individuazione e l'acquisizione dei dati necessari che sono stati successivamente organizzati in un *geodatabase* tramite l'uso dei Sistemi Informativi Geografici in modo da permettere la realizzazione di specifiche analisi spaziali e la relativa rappresentazione. È stato approfondito il concetto di accessibilità che evidenzia la dipendenza tra il sistema delle attività localizzate in un territorio ed il sistema dei trasporti che lo serve. Sono stati studiati i diversi modelli esistenti di accessibilità ed applicati al Molise tramite l'ausilio di indicatori in funzione dei flussi di spostamenti, dei tempi, dei mezzi di spostamento, della lunghezza e della tipologia della rete stradale. In relazione ai risultati delle analisi di accessibilità sono state effettuate delle precise ipotesi di progetto inerenti il potenziamento dell'assetto infrastrutturale esistente per soddisfare le esigenze di mobilità della popolazione e generare un vettore di sviluppo regionale. Dall'insieme delle diverse analisi è stato possibile proporre un progetto che mira a migliorare e ad aumentare l'efficienza dell'infrastruttura di trasporto regionale, attraverso un'azione mirata al completamento ed all'adeguamento sia qualitativo che quantitativo delle reti stradali e ferroviarie.

Abstract

Transport network systems and accessibility for the Molise region are the main themes of this paper. The study begins with the identification and acquisition of relevant data that have been then organized in a *geodatabase* using geographic information systems, in order to implement specific spatial analysis and its representation. An important aspect of spatial analysis is the concept of accessibility, which characterizes the dependence of regional activities on transport systems. Existing accessibility models have been applied to the Molise region using appropriate indicators for network flow, times distances, travel means, as well as length and type of road network. In the framework of accessibility analyses, concepts for the improvement of existing transport networks have been formulated, so to satisfy the mobility needs of people and to promote regional development. This proposal aims at improving regional transport infrastructure and increasing its efficiency through targeted qualitative and quantitative adjustments of rail and road networks.

Introduzione

Il lavoro di ricerca che si presenta di seguito ha come obiettivo la creazione di un modello di dati, e la loro organizzazione in un GIS (*Geographic Information System*), volto ad analizzare l'accessibilità della regione Molise per comprendere lo stretto legame tra trasporti e territorio. L'accessibilità è l'attitudine di un luogo ad essere facilmente raggiungibile, visitabile ed usufruibile da coloro che per i motivi più vari lo frequentano e dipende da molti fattori sia di carattere tecnico, come la qualità delle infrastrutture ed i livelli di servizio dei sistemi di trasporto, sia di carattere sociale come le categorie di soggetti che si spostano, il loro stile di vita e le loro

abitudini. Il presente lavoro mira ad analizzare l'interazione trasporti-territorio, sia da un punto di vista concettuale che metodologico, prestando particolare attenzione alla nozione di accessibilità ed effettuando un confronto tra l'assetto infrastrutturale esistente e la proposta di un nuovo modello policentrico della regione Molise.

Applicazione GIS e cartografie tematiche

Lo studio è stato avviato con l'individuazione e l'acquisizione di dati tramite bibliografie, sitografie, open source, planimetrie, carte tematiche e immagini da satellite per ricercare informazioni geografiche sulle estensioni e confini comunali, sull'uso del suolo, la localizzazione dei centri urbani, sull'orografia, le pendenze del territorio, la distribuzione e la tipologia delle reti di collegamento con i relativi tempi di percorrenza.

Questa fase di acquisizione dei dati è stata fondamentale ed è avvenuta attraverso la ricerca di carte tematiche e immagini da satellite per avere un quadro d'insieme delle peculiarità e delle infrastrutture presenti in Molise. Molto utile è stato l'utilizzo di GIS già esistenti per conoscere la viabilità regionale, le distanze tra i vari comuni, l'estensione e i confini comunali. Sono stati valutati anche l'orografia e le pendenze della regione mediante il Modello Digitale del Terreno, le informazioni inerenti l'uso del suolo della regione grazie al Corine Land Cover, i tempi di percorrenza in automobile tra i vari comuni, le compagnie di trasporto pubblico su gomma per valutare quanto il territorio sia ben servito, la frequenza con cui si effettuano le corse per conoscere come i vari comuni sono tra loro collegati. Inoltre per ogni tratta sono stati calcolati i tempi di percorrenza in autobus e su strada ferrata individuando i comuni attraversati dalla rete ferroviaria.

Per la gestione dei dati e delle informazioni ottenute è stato creato un *geodatabase* per avere una banca dati capace di raccogliere informazioni ottenute sia delle fonti bibliografiche che sitografiche ed organizzata in modo da poter essere facilmente accessibile per consultazioni e modifiche.

A seguito dell'acquisizione dei dati e della loro organizzazione in *geodatabase* si è passati allo studio del concetto di accessibilità.

Esistono differenti modi di misurare l'accessibilità in funzione degli indicatori utilizzati. Questi servono a definire nel bacino di influenza dei possibili fruitori, l'interazione tra sistema dei trasporti e sistema delle attività e per confrontare varie ipotesi o scenari alternativi.

A seguito di una approfondito studio dei possibili metodi esistenti in letteratura per valutare l'accessibilità sono stati selezionati quelli che meglio si adattano al presente studio e che utilizzano dati inerenti i tempi di percorrenza e le peculiarità della rete di collegamento stradale. In questo studio l'analisi dell'accessibilità è stato considerato come uno strumento per valutare le criticità di un sistema di trasporti e quindi predisporre adeguati interventi nella fase di programmazione strategica. Questi modelli sono stati applicati a ogni comune della regione per valutare quanto ognuno sia maggiormente accessibile e posseda migliori collegamenti con nodi nevralgici del territorio.

Sono stati individuati i comuni caratterizzati dal maggior numero di servizi e quindi potenzialmente soggetti a un maggior flusso di spostamenti e capaci di determinare una maggiore attrattività da parte dei comuni circostanti. Questi, che sono stati definiti i poli regionali, risultano essere i capoluoghi regionali che sono Campobasso e Isernia, e Termoli.

Sono stati ricercati i tempi di percorrenza in automobile, espressi in minuti, calcolati attraverso i Map Browser valutando il tempo impiegato per spostarsi da un qualsiasi comune della regione verso ognuno dei poli. È stato preso come punto di riferimento di partenza e di arrivo, per valutare il tempo impiegato, il centro di ogni nucleo urbano.

Sono state elaborate le cartografie relative alle isocrone per ogni polo, dove per isocrona si intende una curva che descrive il luogo dei punti aventi le stesse caratteristiche di tempo, che permette di descrivere la durata del viaggio e genera un risultato rappresentabile da un numero n di curve concentriche pari alle n isocrone costruite.

Dopo aver valutato i tempi di percorrenza in automobile, sono stati valutati anche quelli in autobus. Per quanto riguarda le autolinee, sono state ricercate tutte le compagnie di autobus regionali e non che effettuano dei collegamenti tra i comuni della regione ed i poli suddetti. Sono stati confrontati i tempi di percorrenza offerti dalle varie compagnie e filtrati tra tutte, quelli che riescono ad effettuare il collegamento in un tempo inferiore.

Per i comuni non direttamente collegati ai poli è stato realizzato un ulteriore approfondimento, analizzando in che modo sarebbe stato più conveniente collegarli, prevedendo lo scalo più vicino al comune di partenza per giungere a destinazione.

Quindi, è stato ipotizzato che i comuni non direttamente collegati effettuino un cambio di autobus, in modo da permettere a un viaggiatore sprovvisto di mezzo proprio di recarsi nel polo regionale.

Tra le varie alternative possibili, è stata considerata più conveniente quella che permette di giungere a destinazione in un tempo inferiore, in modo da risultare più agevole per gli utenti.

Lo stesso studio è stato effettuato per i collegamenti in treno per ottenere un confronto tra i tempi necessari con i vari mezzi di collegamento su ruota e su gomma.

È stata inizialmente localizzata la rete ferroviaria in Molise, ricercati i comuni provvisti di stazione ferroviaria e valutati i tempi di percorrenza necessari per collegare questi comuni ai poli.

Raccolti tutti i dati necessari sono stati inseriti i valori dei tempi ottenuti nel *geodatabase* per collegare i vari comuni con i poli per ricavare le cartografie come quelle indicate di seguito.

Per tutte queste analisi inerenti i tempi di percorrenza sono state realizzate anche delle carte deformate in funzione dei valori degli attributi ottenuti per ogni comune. Questo tipo di carte hanno un impatto visivo che espone dei territori e ne ridimensiona degli altri.

Prendendo ad esempio le carte ottenute in funzione dei tempi di percorrenza si evince che oltre l'informazione colorimetrica, è presente anche quella inerente la deformazione che permette di capire come i comuni caratterizzati da un maggiore tempo di percorrenza rispetto ai poli tendono a dilatarsi, mentre quelli con tempi ridotti a contrarsi. A titolo di esempio si riportano i risultati ottenuti per il comune di Termoli.

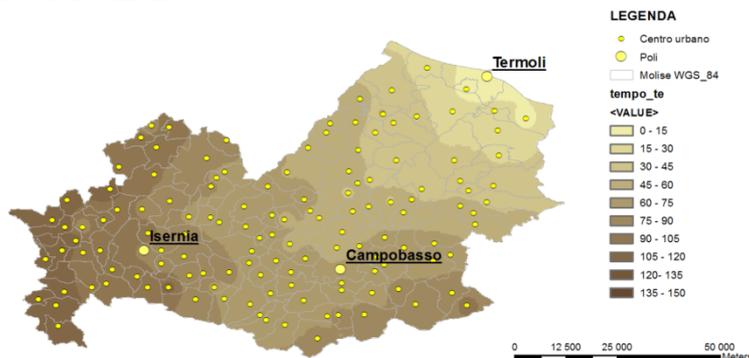


Figura 1 - Rappresentazione delle isocrone in auto rispetto a Termoli

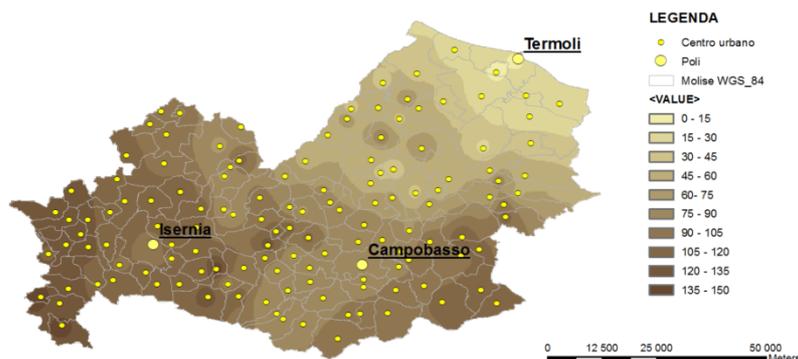


Figura 2 - Rappresentazione delle isocrone in autobus rispetto a Termoli

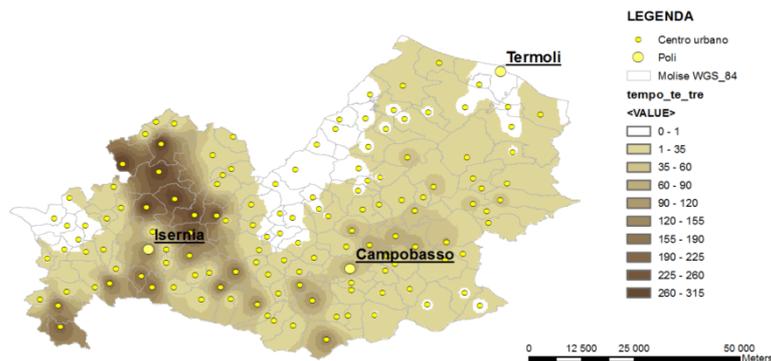


Figura 3 - Rappresentazione delle isocrone in treno rispetto a Termoli

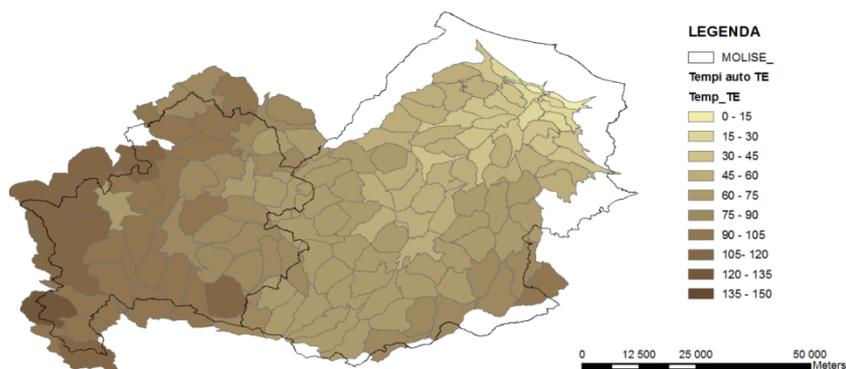


Figura 4 - Rappresentazione tramite mappa deformata delle isocrone in auto rispetto a Termoli

Oltre la valutazione dei tempi di percorrenza, è stata calcolata anche l'accessibilità topologica che fornisce utili indicazioni sullo sviluppo della rete di trasporto utilizzata.

Un primo semplice indicatore è la densità delle intersezioni dato dal rapporto tra il numero di nodi della rete e la superficie territoriale comunale e cioè (Alleva, Falorsi, 2009):

$$D_n = \frac{N}{S}$$

dove N rappresenta il numero di nodi della rete ricadenti all'interno del comune ed S la superficie del territorio comunale espressa in chilometri quadrati. Questo rapporto è utile per valutare quante intersezioni stradali, e quindi quanti nodi, sono presenti all'interno di ogni comune. Si riportano di seguito i risultati ottenuti che indicano come ogni comune sarà tanto accessibile quanto maggiore è il numero dei nodi.

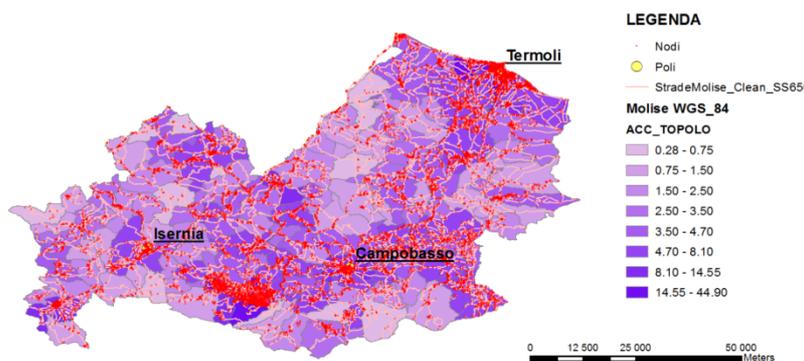


Figura 5 - Carta della densità delle intersezioni

Un secondo indicatore è l'indice di densità di rete D_1 , che esprime il rapporto tra la lunghezza degli archi che costituiscono la rete e la superficie servita, e può essere espressa con la seguente formula (Alleva, Falorsi, 2009):

$$D_1 = \frac{L}{S}$$

dove L rappresenta la somma della lunghezza degli archi della rete ricadente nell'area comunale ed S la superficie comunale espressa in chilometri quadrati. L'informazione relativa alla lunghezza degli archi della rete per ogni comune è stata riportata di seguito ed ottenuta ritagliando la rete stradale ricadente in ogni confine comunale della regione e calcolandone la somma.

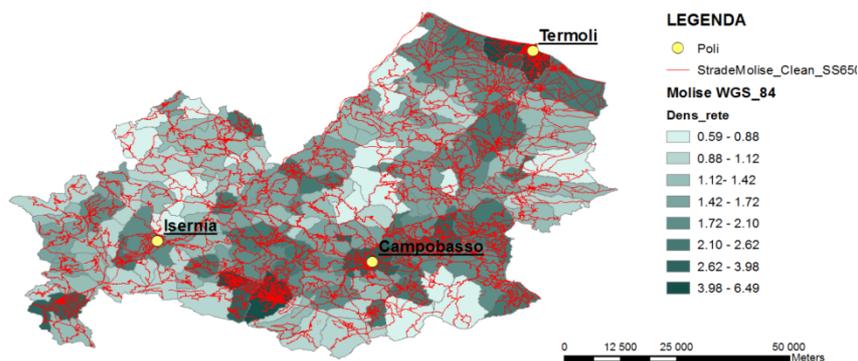


Figura 6 - Carta della densità di rete

Questi due tipi di indicatori offrono informazioni di tipo quantitativo ma non qualitativo, in quanto forniscono elementi per valutare la distribuzione della rete ma non la qualità dei servizi offerti.

Un tipo di analisi che invece considera anche la qualità della rete stradale è la densità di rete ponderata in cui viene utilizzata una *Functional Road Class* (FRC) associata a dei pesi calcolati che dipendono dalla tipologia di strada, attribuendo un valore crescente in funzione dell'importanza e della velocità di percorrenza della strada.

La lunghezza degli archi stradali può essere ponderata su ogni parte di arco che la costituisce e la formula diviene dunque (Alleva, Falorsi, 2009):

$$D_{ip} = [l_1(p_1) + l_2(p_2) + \dots + l_n(p_n)]/S$$

dove:

D_{ip} è l'indice di densità topologica ponderata

l_1, l_2, \dots, l_n sono le lunghezze degli archi stradali espresse in km

$p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ rappresentano i coefficienti di importanza funzioni della tipologia dell'arco stradale che dipendono dai pesi attribuiti

S è la superficie del comune considerato in km^2 .

Ad ogni tipologia stradale corrisponde un limite massimo di velocità:

Tipologia di strada	Limiti di velocità	Functional Road Class (FRC)
Strade urbane, svincoli	50 km/h	1
Strade extraurbane secondarie	90 km/h	2
Strade extraurbane principali	110 km/h	3
Autostrade	130 km/h	4

Figura 7 - Limiti e coefficienti di importanza in base alla tipologia di strada

Si illustra di seguito la cartografia della densità di rete ponderata ottenuta.

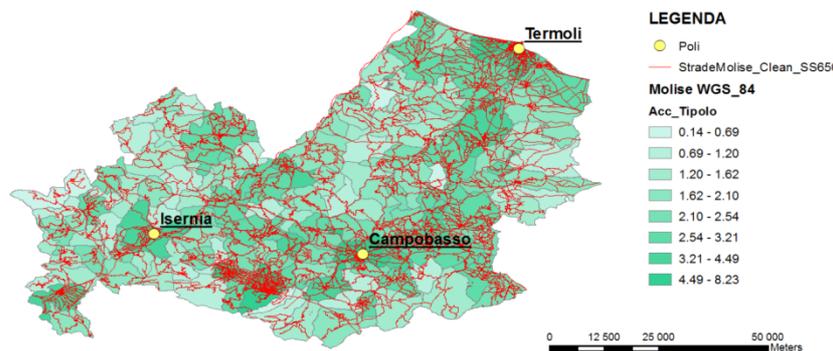


Figura 7 - Carta della densità di rete ponderata

Dalle analisi alle ipotesi future

A seguito della fase di analisi si è passati a quella di progetto finalizzato a migliorare e ad aumentare l'efficienza dell'infrastruttura di trasporto regionale, attraverso un'azione volta al completamento ed all'adeguamento quali-quantitativo delle reti.

Gli obiettivi specifici di questa idea progettuale sono di:

- 1) Rafforzare i collegamenti di nodi a livello locale con le reti nazionali, al fine di agevolare i flussi di merci, risorse finanziarie e capitale umano da e verso il Molise e migliorare la qualità e l'articolazione dei servizi erogabili, nel rispetto degli standard di sicurezza
- 2) Rafforzare e migliorare l'interconnessione delle reti a livello locale, elevando la qualità dei servizi, migliorando l'utilizzo delle strutture trasportistiche esistenti, in modo da soddisfare la domanda proveniente dalle attività economiche.

Per raggiungere il primo obiettivo, e collegare il Molise con Roma, Napoli e Benevento si ipotizza una rivalorizzazione e potenziamento dell'attuale infrastruttura stradale che unisce la fascia adriatica con quella tirrenica, trasformando le strade statali extraurbane secondarie in principali. La stessa tipologia di intervento si prevede anche per collegare il capoluogo molisano con Foggia.

Per raggiungere il secondo obiettivo, si prevede il miglioramento delle reti a livello locale, in modo da soddisfare la domanda proveniente dalle attività economiche, mettendo in connessione i comuni che attraggono il maggior numero di persone. Per definire quali comuni presentano queste peculiarità, si prendono come riferimento i Sistemi Locali del Lavoro e dei Servizi ottenuti a seguito di uno studio eseguito dallo stesso team di ricerca del presente articolo. Il suddetto studio ha permesso di individuare i poli regionali caratterizzati dal maggior numero di servizi (Campobasso, Casacalenda, Isernia, Termoli, Trivento e Venafro) e i cinque Sistemi Locali del Lavoro e dei Servizi soggetti a un maggior flusso di pendolarismo per motivi di lavoro, individuati dai dati ISTAT (Agnone, Bojano, Campobasso, Isernia e Termoli).

L'obiettivo principale è quello di collegare tra loro tutti questi Sistemi Locali del Lavoro e dei Servizi, in quanto ognuno per una sua peculiarità è in grado di attrarre flussi di persone per diversi scopi, da occupazionali, a ludici. Per garantire questo obiettivo occorrerà potenziare le reti di collegamento da Termoli a Isernia, passante per Trivento, da Isernia a Venafro, da Termoli a Bojano e tra Bojano e Isernia. Si riporta lo schema delle Strade Provinciali esistenti in cui si prevede di intervenire per migliorarne la viabilità e i collegamenti.

Per migliorare il collegamento da Termoli a Isernia, passante per Trivento occorrerà potenziare le SS16 e SS 650, da Isernia a Venafro la SS 85, da Termoli a Bojano la SS 647 e da Bojano e Isernia la SS17. Per collegare gli altri poli occorrerà potenziare le strade provinciali esistenti e migliorarne il tracciato. Emerge la necessità di mettere in comunicazione Agnone con Trivento che diventa uno snodo fondamentale per la regione, infatti da esso partono le diramazioni verso Bojano, Campobasso e Casacalenda in modo da potenziare la rete nella direzione nord-sud che risulta fortemente carente in questa parte centrale della regione. Il collegamento tra Agnone e Trivento è attualmente garantito dalla SP86 e la SP 72 che si immette sulla SS 650. Il collegamento tra

Trivento e Bojano è possibile mediante il passaggio per le Strade Provinciali SP 15, SP 41 e SP 139 per poi giungere sulla SS 647 che arriva a Bojano.

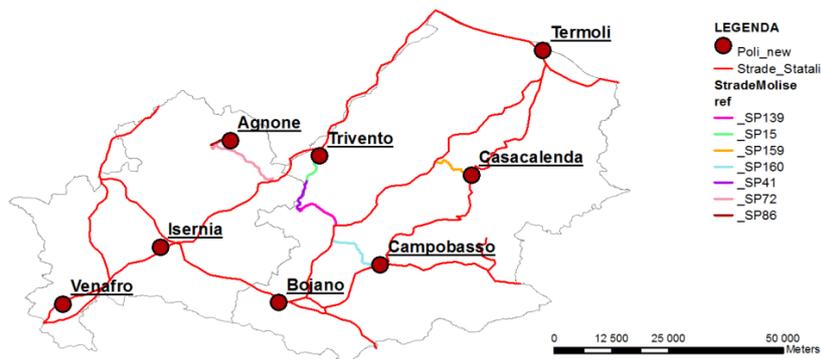


Figura 8 - Indicazione delle Strade Statali attuali e delle Strade Provinciali da potenziare

Per queste strade indicate risulta necessario attuare degli interventi per migliorare il collegamento tra i poli, e quindi, renderle a più veloce percorrenza per essere più funzionali.

Si lasciano invece inalterati i percorsi in cui è possibile scorgere bei panorami, e perché sono delle potenzialità da un punto di vista turistico e paesaggistico.

Negli interventi del primo obiettivo si prevede la trasformazione di strade statali extraurbane secondarie in principali passando da strada ad unica carreggiata con una corsia per senso di marcia a una strada a carreggiate indipendenti, ciascuna con due corsie di marcia.

Nel secondo un miglioramento del tracciato stradale, ed entrambe concorrono allo scopo di ridurre i tempi di percorrenza per agevolare i collegamenti verso le reti principali e tra i nuovi poli regionali. Questi interventi implicano il passaggio dalla velocità massima consentita da 90 km/h a 110 km/h e quindi un incremento di 20 km/h generando dei vantaggi in termini di tempo di percorrenza.

Per avvalorare queste proposte è stato effettuato un confronto tra i tempi di percorrenza attuali e quelli che si avrebbero mettendo in pratica queste ipotesi.

Conoscendo le distanze stradali e i tempi di percorrenza tra i poli si ricava la velocità di percorrenza tramite il loro rapporto. Acquisite le distanze stradali e le nuove velocità otterremo i tempi di percorrenza sulle strade dove sono state applicati le operazioni di miglioramento ottenendo nuovi valori di tempi di percorrenza mediante il rapporto tra la lunghezza della strada da percorrere e la velocità media stimata. I risultati ottenuti applicando queste formule e confrontando le durate di viaggio tra tutti i poli prima e dopo l'applicazione delle ipotesi di progetto, fanno emergere come si riducono i tempi di percorrenza rispetto ai poli in un intervallo compreso tra i 5 minuti e i 20 minuti per quelli più distanti. Successivamente è stata ricalcolata l'accessibilità topologica ponderata considerando i nuovi pesi delle strade applicando un maggiore coefficiente d'importanza alle strade sulle quali si prevede di effettuare degli interventi di potenziamento. Si riporta la cartografia generata dalla nuova analisi di accessibilità topologica ponderata, in cui sono indicate le strade sulle quali si prevedono degli interventi di potenziamento.



Figura 9 - Nuova accessibilità topologica ponderata con indicazione delle strade da potenziare

Per tutte queste strade si prevede, quindi, un potenziamento che migliori la viabilità riducendo i tempi di percorrenza per evitare il degrado dell'infrastruttura viaria regionale in termini di efficienza e prevedendo un innalzamento del livello di sicurezza tramite:

- Sostituzione di strade extraurbane secondarie con principali per i collegamenti suddetti
- Riduzione dei raggi di curvatura delle strade di percorrenza primaria
- Potenziamento della segnaletica stradale verticale
- Eliminazione di incroci semaforici a favore di rotonde
- Installazione di nuovi guard rail nelle aree sprovviste per aumentare la protezione
- Rifacimento della segnaletica orizzontale
- Asfaltatura del fondo stradale.

Per quanto riguarda la rete ferroviaria molisana, si ritiene di dare priorità assoluta alla linea ferrata Venafrò - Campobasso - Termoli e prevedere il suo ammodernamento ed elettrificazione.

Si prevedono inoltre interventi di consolidamento, riabilitazione ed adeguamento ponti, opere di difesa, consolidamento galleria lungo la tratta Venafrò - Campobasso, insieme a miglioramenti planimetrici e rinnovo dell'armamento. Si propone, in accordo a quanto ipotizzato dallo studio di fattibilità della Regione Puglia, il collegamento ferroviario Molise - Puglia attraverso la realizzazione di una nuova linea tra le città di Campobasso e Lucera per la creazione di un nuovo corridoio tra Puglia e le regioni Lazio, Toscana e Liguria, alternativo all'attuale più lungo via Caserta. Lo sviluppo della tratta Lucera - Campobasso sarebbe di km 68,809 con una velocità commerciale di 84 km/ora, e tempi di percorrenza di 50 minuti tra Lucera e Campobasso, e di circa un'ora tra Foggia e Campobasso. Gli scali in territorio molisano sarebbero quattro oltre Campobasso: Riccia, Gambatesa, Gildone e Mirabello sannitico.

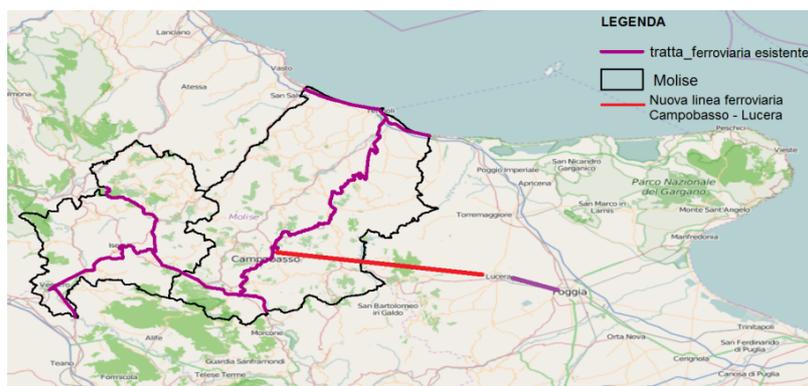


Figura 10 - Indicazione dell'attuale collegamento ferroviario e delle proposte di progetto

BIBLIOGRAFIA:

Alleva G., Falorsi P.D. (2009), Indicatori e modelli statistici per la valutazione degli squilibri territoriali, Edizioni Franco Angeli;

Cascetta, E. (1990), Metodi quantitativi per la pianificazione dei sistemi di trasporto. Padova, Cedam-Casa;

Harvey, J., (2007), Modelling accessibility using space-time prism concepts within geographical information systems. Department of Geography, University of Utah;

Juliao, P., (1999), Accessibility and GIS. Department of Geography and Regional Planning, New University of Lisbon;

Piano regionale dei trasporti regione Molise. (2002-2012). Relazione di dettaglio;

Pirie G H, (1979), Measuring accessibility: a review and proposal. Environment and Planning;

Torrieri, V., (1990), Analisi del sistema dei trasporti. Editore Falzea.