

VALUTAZIONE DELLA SENSIBILITÀ AMBIENTALE ED ECONOMICO-SOCIALE
DEL TERRITORIO ALLA LOCALIZZAZIONE DI INFRASTRUTTURE LINEARI PER IL
TRASPORTO SU GOMMA: APPLICAZIONE AD ALCUNI COMUNI IN PROVINCIA DI
LUCCA

Luisa SANTINI, Serena PECORI, Claudia CASINI, Alessandro SANTUCCI, Massimiliano
PETRI¹

SOMMARIO

Il lavoro, risultato di una ricerca svolta in collaborazione con la CCIA di Lucca, ha l'obiettivo di implementare uno strumento per la valutazione degli effetti positivi e negativi che si producono sul territorio a seguito di interventi di ampliamento o nuova realizzazione di infrastrutture viarie. In particolare la ricerca ha prodotto diverse mappe di sensibilità del territorio rispetto agli impatti generati dalle azioni progettuali relative alla realizzazione o all'ampliamento di viabilità e un'interfaccia grafica, accessibile su internet e user friendly, che consente la valutazione sintetica degli impatti e il confronto tra differenti scenari.

La metodologia implementata si avvale di una base informativa molto dettagliata del territorio e costituisce un valido supporto per pianificatori e valutatori (es. procedure di VAS), ma anche per gli utenti finali degli interventi (es. organizzazioni di rappresentanza delle imprese, associazioni di consumatori, ecc.). Infatti consente di acquisire conoscenza approfondita del territorio, delle sue risorse ambientali ed economiche e delle relazioni tra le componenti; di verificare la sensibilità di ogni punto del territorio rispetto ad azioni progettuali riguardanti la viabilità; di valutare diversi scenari di localizzazione relativi allo stesso tipo di opera o diversi scenari di impatto riferiti alla stessa localizzazione.

¹ L.I.S.T.A. Laboratorio di Ingegneria dei Sistemi Territoriali e Ambientali, Università di Pisa, Dipartimento di Ingegneria Civile, Via Diotisalvi 2, 56126 Pisa, luisa.santini@ing.unipi.it (coordinatrice della ricerca),

1 Introduzione

Il presente lavoro descrive le attività svolte all'interno di una Convenzione di ricerca stipulata tra il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Pisa e la Camera di Commercio Industria, Artigianato e Agricoltura di Lucca con lo scopo di analizzare e valutare la sensibilità del territorio di alcuni comuni della Provincia di Lucca alla localizzazione di infrastrutture di trasporto lineare su gomma.

In sintesi, la metodologia implementata, grazie all'uso di strumenti avanzati per la gestione e l'elaborazione dei dati e per la quantificazione e la valutazione degli impatti (costruzione di indicatori ad hoc), permette non solo di definire una base informativa molto dettagliata su tutte le componenti del territorio in esame, sia naturali che antropiche, ma anche di costruire un "indice sintetico di sensibilità", ottenuto dalla combinazione delle informazioni tematiche relative ad ogni componente e delle relazioni che si instaurano tra di esse, attraverso il quale poter valutare la sensibilità (impatti negativi e risvolti positivi) di ogni punto del territorio rispetto ad una serie di azioni progettuali riguardanti sia la realizzazione di nuova viabilità che l'ampliamento di quella esistente.

La comparazione dei valori del suddetto indice di sensibilità, ottenuti dall'implementazione sul territorio di diversi scenari di intervento, consente agli utenti, siano essi amministratori/tecnici del territorio (es. pianificatori, valutatori) o utenti finali (es. organizzazioni di rappresentanza delle imprese, associazioni di consumatori), di confrontare e valutare le differenti localizzazioni di uno stesso tipo di opera o diverse ipotesi di impatto riferite alla stessa localizzazione, assegnando diversa importanza alle componenti ambientali interessate.

La metodologia implementata, che è stata applicata all'analisi e alla valutazione di sensibilità del territorio di 14 comuni in provincia di Lucca, verrà illustrata nel capitolo 2. L'analisi metodologica, a partire dalla fase di individuazione degli impatti, della loro quantificazione, fino alla ricomposizione di ciascuno di essi e sintesi finale, è stata estesa a tutte le componenti ambientali riportate in Figura 2: tuttavia, non potendo per questioni di spazio illustrare dettagliatamente la quantificazione degli impatti su ciascuna, in questa sede verranno sintetizzate, a titolo di esempio le elaborazioni relative alla componente "Suolo e Sottosuolo" ossia una tipica componente "ambientale" ed alla componente "Sistema socio-economico".

2 Metodologia e fasi di lavoro

Il lavoro si è sviluppato in quattro fasi: analisi preliminare, individuazione delle componenti principali, individuazione degli impatti, costruzione dell'indice sintetico. Di seguito vengono brevemente descritti gli obiettivi e le attività relative alle singole fasi.

2.1 Analisi preliminare

La fase di analisi ha previsto la verifica dell'area di studio, il reperimento e l'analisi dei dati territoriali e socio-economici disponibili e, per ultima, l'analisi della letteratura e di esempi significativi finalizzati ad individuare le azioni relative alle diverse fasi della realizzazione delle infrastrutture oggetto del caso studio.



Figura 1 - Individuazione dell'area di studio all'interno della Provincia di Lucca

I confini dell'area di studio sono stati individuati sulla base delle caratteristiche del territorio della provincia di Lucca e delle funzioni e delle infrastrutture esistenti, per determinare un'area abbastanza omogenea dal punto di vista delle esigenze collegate al sistema della mobilità. Il criterio seguito è stato quello di considerare le aree maggiormente urbanizzate o interessate da fenomeni di antropizzazione diffusa, soprattutto relativi alla localizzazione di impianti industriali, commerciali e turistici e con i quali esistono relazioni in ordine allo sviluppo di attività che possano avere

impatti sul sistema dei flussi e sul sistema socio-economico.

I comuni considerati sono: Lucca, Capannori, Montecarlo, Altopascio, Massarosa, Viareggio, Camaiore, Porcari, Pietrasanta, Forte Dei Marmi, Seravezza, Pescaglia, Borgo A Mozzano, Villa Basilica (vedi Figura 1).

Per quanto riguarda i dati di input, è stato necessario operare una ricognizione dei dati territoriali disponibili soprattutto all'interno dei S.I.T. degli Enti territorialmente interessati: le principali fonti dei dati sono state la Regione Toscana, la Provincia di Lucca, la CCIAA di Lucca (Registro delle Imprese), i Comuni territorialmente interessati e l'ISTAT². Sono stati utilizzati anche dati derivati dall'Autorità di Bacino dei fiumi Arno, Serchio e Toscana Nord, il Corine Land Use per l'uso del suolo e i database regionali Re.Na.to. (REpertorio

² Censimento della Popolazione e delle abitazioni - 2001.

Naturalistico Toscano) e S.I.R.A. (Sistema informativo ambientale della Regione Toscana).per la descrizione del sistema naturalistica e ambientale.

Poiché i dati, provenendo da fonti diverse, risultavano parecchio eterogenei anche se riferiti alla stessa informazione, in alcuni è stato necessario procedere ad una verifica incrociata su dati omologhi forniti da Enti diversi così da poter integrare e confrontare tra loro le informazioni presenti nelle diverse carte ed alle diverse date disponibili.

Come era prevedibile, la fase di analisi e reperimento dati ha comportato un grande sforzo in termini operativi e temporali e l'accuratezza dell'impianto teorico valutativo (metodologia relativa alla costruzione di indicatori specifici per la valutazione dei singoli impatti) si è scontrata in alcuni casi con la qualità dei dati a disposizione per la costruzione degli indicatori di impatto.

Alcune delle principali problematiche riscontrate sono state relative non solo alla qualità del dato, ma anche alla disomogeneità temporale: ad esempio i dati regionali sono di buona qualità e relativamente aggiornati (anni 2007-2010), mentre i dati più idonei alla rappresentazione del territorio in esame, derivanti dal Quadro Conoscitivo del Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lucca, risalgono all'anno 2000, diversamente i dati ufficiali ISTAT fanno riferimento al censimento del 2001.

Per alcune tematiche è stato dunque necessario procedere ad elaborazioni ed integrazioni ad hoc dal dato iniziale in modo da produrre un'informazione più adeguata alle esigenze del lavoro in oggetto.

Per quanto riguarda la scelta del tipo di infrastrutture viarie impattanti sul territorio, si sono integrate le informazioni ricavate dall'analisi della normativa di settore³ con quelle derivanti dall'analisi del sistema infrastrutturale dell'area di studio. Alla luce di queste analisi, in relazione agli impatti provocati, è sembrato opportuno selezionare e analizzare in maniera distinta tre tipologie di infrastrutture, precisamente:

- 1) Autostrade e strade extraurbane principali (strade ad elevata capacità ed accessi controllati, con flussi giornalieri dell'ordine di 30-40.000 veicoli/giorno);
- 2) Strade primarie a quattro corsie (equivalenti alla A ed alla B come dimensioni ma con accessi continui lungo il percorso, sia che sia urbana che extraurbana, con flussi giornalieri dell'ordine di 20-30.000 veicoli/giorno);
- 3) Strade Secondarie (a due corsie con flussi giornalieri dell'ordine di 10-20.000 veicoli/giorno).

Per individuare i diversi impatti si è scelto di limitare le analisi a due differenti tipi di interventi coincidenti l'una con la realizzazione ex novo di nuova viabilità ("costruzione di un nuovo tratto") e l'altra con l'adeguamento, l'ampliamento, la manutenzione di viabilità esistente ("adeguamento di tratto esistente").

³ D.M. 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle Strade".

Poiché ognuno degli interventi precedenti è stato preso in esame per ognuna delle tre tipologie stradali, si è giunti a definire sei diversi gradi di impatto per ogni componente.

Per selezionare nello specifico le azioni di progetto relative alle due tipologie di interventi sopra descritti, è stata effettuata un'analisi di tutte le fasi relative alla realizzazione, all'esercizio ed alla manutenzione di opere stradali. A partire da quanto suggerito dalle Norme Tecniche di Attuazione della Legge Regionale n. 79/98 sulla Valutazione di Impatto Ambientale⁴, si è proceduto ad una semplificazione e selezione dei temi più significativi per il caso in oggetto. In particolare ne sono scaturite sei azioni (riportate in colonna nella Figura 3)

- fase di cantiere: ripulitura del sito, movimento terre, approvvigionamento e smaltimento materiali
- fase di esercizio e manutenzione: occupazione suolo, flussi di traffico, variazione accessibilità.

2.2 Individuazione delle componenti principali

La seconda fase ha portato all'individuazione e alla schematizzazione delle componenti principali suscettibili di essere modificate sia positivamente che negativamente dagli interventi sul sistema della viabilità. In particolare si sono tenute distinte le componenti ambientali (aria, fattori climatici, acqua, suolo e sottosuolo, vegetazione e flora, fauna, ecosistemi, paesaggio) da quelle socio-economiche (assetto socio-economico, assetto demografico, assetto igienico sanitario, patrimonio culturale). Ciascuna componente è stata suddivisa in sotto componenti (fattori) idonei a dettagliare la descrizione della componente stessa, soprattutto in relazione alle modificazioni indotte dalle azioni scelte. In sintesi, le componenti ritenute significative per l'area di studio sono:

- componenti ambientali: aria, acqua, suolo e sottosuolo, vegetazione e flora, fauna, paesaggio
- componenti socio-economiche: pendolarismo, assetto igienico sanitario, assetto infrastrutturale, assetto socio-economico

Nella Figura 2 sono rappresentati, per ognuna delle componenti, i fattori scelti.

⁴ La Regione Toscana ha approvato recentemente la LR 12 febbraio 2010, n. 10 "Norme in materia di valutazione ambientale strategica (VAS), di valutazione di impatto ambientale (VIA) e di valutazione di incidenza." come modificata dalla LR 11/2010, LR 69/2010 e LR 6/2012, per la quale, però, non sono state ancora emanate le norme tecniche.

COMPONENTE	FATTORI	
ARIA	F1	Qualità dell'aria
	F2	Clima Acustico
ACQUA	F3	Idrografia/idrologia
	F4	Qualità delle acque sotterranee
SUOLO E SOTTOSUOLO	F5	Pericolosità geomorfologica/pluviometrica
	F6	Pericolosità idraulica
	F7	Uso del suolo/pedologia
	F8	Geologia/geotecnica
FAUNA	F9	Specie in suolo e sottosuolo
	F10	Specie in acqua/suolo
	F11	Specie in aria
	F12	Specie in acqua/aria
FLORA	F13	Piante
	F14	Ecosistemi ed habitat terrestri
PAESAGGIO	F15	Sensibilità visiva del paesaggio
	F16	Elementi qualificanti del paesaggio
PENDOLARISMO	F17	Pendolarismo
ASSETTO IGIENICO- SANITARIO	F18	Stato sanitario e benessere della popolazione
ASSETTO INFRASTRUTTURALE	F19	Sistema infrastrutturale
ASSETTO SOCIO-ECONOMICO	F20	Attività commerciali
	F21	Aziende di trasporto
	F22	Settore terziario
	F23	Settore turistico- pubblici esercizi
	F24	Attività industriali
VINCOLI	F25	Parchi ed aree protette
	F26	S.I.R., S.I.C. ed A.N.P.I.L.
	F27	Zone umide
	F28	Vincolo monumentale
	F29	Vincolo paesaggistico
	F30	Vincolo idrogeologico
	F31	Aree di rispetto ed aree varie

Figura 2—I fattori caratterizzanti le componenti ambientali e socio-economiche

2.3 Individuazione e spazializzazione degli impatti

Tale fase ha avuto l'obiettivo di individuare gli impatti generati dalle azioni sul sistema ambiente e territorio, ossia sulle componenti ambientali di cui sopra, e i criteri e gli indicatori idonei a quantificare tali impatti in un'opportuna scala numerica e a rappresentarli nello spazio fisico del territorio dell'area di studio attraverso mappe geografiche georeferenziate.

In questa fase, per individuare gli impatti di ogni azione progettuale su ognuno dei fattori caratterizzanti le componenti ambientali, si è costruita una matrice generale a due entrate (vedi Figura 3) corrispondenti rispettivamente alle azioni/parti dell'opera ed ai fattori ambientali: all'interno della matrice sono evidenziati gli incroci in cui si ritiene che la specifica azione possa provocare un impatto sul fattore ambientale in esame.

Gli impatti sono stati valutati e quantificati mediante la costruzione di indicatori che utilizzano variabili di natura diversa non sempre misurabili in modo convenzionale, quali dati derivanti dai censimenti, livelli di inquinamento, presenza di vincoli, ecc: ciascun indicatore è stato costruito sulla base di elementi e fenomeni significativi per ogni fattore, ricavati a partire dalla letteratura e dai dati effettivamente disponibili.

La matrice degli impatti (Figura 3) è essenzialmente identica nel caso di realizzazione di nuove opere o di rifacimento/ ampliamento di strade esistenti, nel senso che l'esistenza o meno dell'impatto non varia nei due casi: varierà invece la quantificazione dello stesso in relazione alla tipologia di intervento.

		Ripulitura del sito	Movimento terre	Approvvigionamento Smaltimento materiali	Presenza dell'opera		
					Occupazione suolo	Flussi di traffico	Variazione accessibilità
ARIA	Qualità dell'aria			X		X	
	Clima acustico			X		X	
ACQUA	Idrografia/idrologia		X				
	Qualità delle acque				X	X	
SUOLO SOTTOSUOLO	Pericolosità geomorfologica	X	X		X		
	Pericolosità idraulica	X	X		X		
	Uso del suolo/pedologia	X			X		
	Geologia/geotecnica		X		X		
FAUNA	Specie in suolo e sottosuolo	X	X	X	X	X	
	Specie in acqua/suolo	X	X	X	X	X	
	Specie in aria	X	X				
	Specie in acqua/aria	X	X				
FLORA	Piante terrestri	X	X				
	Habitat				X		
PAESAGGIO	Sensibilità visiva del paesaggio	X			X		
	Elementi qualificanti del paesaggio	X			X		
ASSETTO DEMOGRAFICO	Pendolarismo						X
ASSETTO SANITARIO	Stato sanitario e benessere popolazione					X	
ASSETTO TERRITORIALE	Sistema infrastrutturale					X	
ASSETTO SOCIO ECONOMICO	Attività commerciali						X
	Aziende di trasporto						X
	Settore terziario						X
	Turismo e pubblici esercizi						X
	Attività industriali						X
VINCOLI	Parchi e aree protette			X			
	SIC, SIR, ANPLI			X			
	Zone umide			X			
	Vincolo monumentale			X			
	Vincolo paesaggistico			X			
	Vincolo idrogeologico			X			
	Aree di rispetto e varie			X			

Figura 3- Matrice degli impatti

L'elemento innovativo del lavoro proposto non è tuttavia relativo alla costruzione degli indicatori relativi ai vari fattori o alla loro modalità di quantificazione, bensì al fatto che ciascun impatto individuato viene "spazializzato" in maniera precisa sul territorio ad un livello di dettaglio molto spinto: infatti l'area di studio è stata preliminarmente modellizzata con una griglia a maglie quadrate di dimensione 10x10 metri e ad ognuna di queste celle viene associato un preciso valore per ogni singolo impatto identificato all'interno della matrice.

Dunque, a ciascuna interazione rilevante tra azione di progetto e fattore ambientale (impatto) corrisponde una mappa geografica georeferenziata (raster) di sensibilità dell'intera area di studio, cioè ogni impatto è stato esplicitato con un criterio di valutazione spaziale ed è stato quindi prodotto un raster che rappresenti la distribuzione spaziale dell'impatto considerato nell'area di studio.

Ogni mappa rappresenta perciò la sensibilità del fattore della componente considerata rispetto a ciascuna delle azioni di progetto che caratterizzano l'infrastruttura in esame. Per ottenere l'impatto totale dovuto a tutte le azioni su tutte le componenti, sintetizzato attraverso l'"indice sintetico di sensibilità", è necessario sommare le mappe relative ai singoli impatti, che tuttavia sono tra loro incommensurabili nel senso che le scale e le unità di misura degli attributi sono diverse fra loro: per questo motivo, successivamente alla quantificazione è stato necessario procedere alla standardizzazione degli impatti.

La standardizzazione serve per rendere comparabili e commensurabili i diversi fattori attraverso la conversione delle diverse scale dimensionali ad una scala comune adimensionale, generalmente compresa nell'intervallo 0-1, dove al valore "0" corrisponde la minima sensibilità dell'area in esame rispetto alla localizzazione dell'infrastruttura in esame (sito potenzialmente idoneo) ed al valore "1" la massima sensibilità (sito potenzialmente non idoneo) (vedi Figura 4).

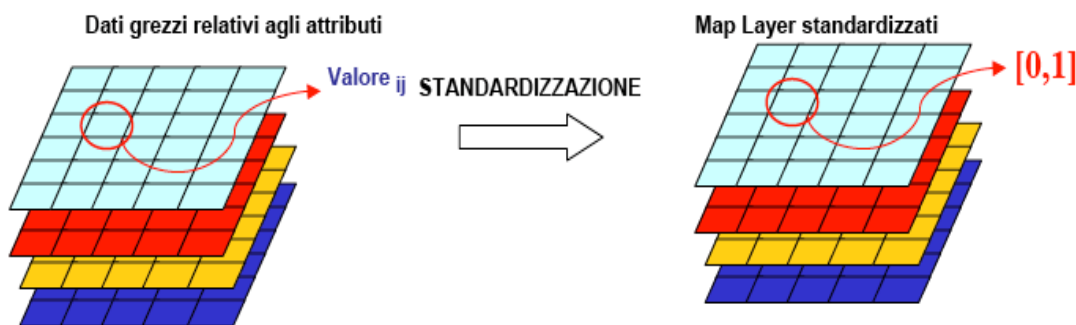


Figura 4- Standardizzazione degli impatti

All'interno del lavoro sono stati utilizzati diversi metodi di standardizzazione a seconda del fenomeno analizzato e del tipo di dato a disposizione. In particolare si sono utilizzati le trasformazioni lineari (maximum score) per i dati continui, perché la trasformazione lineare consente di mantenere il rapporto di grandezza tra dati grezzi anche nei dati standardizzati,

specifiche funzioni di valore/utilità per fenomeni non necessariamente lineari, il metodo del rating-pi (sia come point allocation che come ratio estimation) ed infine anche il confronto a coppie di Saaty (1980).

2.4 La valutazione dell'indice sintetico di sensibilità

I raster definitivi degli impatti di ciascuna componente, successivamente alla standardizzazione, sono stati organizzati all'interno di un software che possiede un'interfaccia grafica attraverso la quale è possibile valutare interattivamente il valore dell'indice di sensibilità. L'utente interviene attivamente nel processo poiché la quantificazione dell'indice sintetico della sensibilità del territorio viene fatta attraverso una "combinazione pesata" delle varie componenti che egli può guidare decidendo (appunto attraverso l'assegnazione di un peso), l'importanza relativa che ogni componente assume nei rispetti delle altre e costruendo criteri personali di valutazione.

Il sistema consente anche di utilizzare un criterio di base preimpostato relativo ad uno scenario equilibrato in cui a tutte le componenti è stata data la stessa importanza.

Alla fine del processo è possibile visualizzare non solo l'indice sintetico finale ma anche ottenere una scheda più dettagliata dove ad ogni componente è assegnato un numero che quantifica la sensibilità del territorio interessato al tracciato disegnato in relazione a quella specifica componente.

La descrizione approfondita di tutte le funzioni del software e dell'interfaccia grafica richiederebbe un dettaglio che non risulta possibile in questa sede e che potrà essere trattato ed approfondito in un successivo contesto.

Si ritiene invece molto utile fornire, nei due paragrafi successivi, il dettaglio relativo alla metodologia di costruzione delle informazioni di base (ossia dei raster finali di sensibilità da dare come input al software di valutazione) in relazione a due componenti ambientali scelte, tra tutte (vedi Figura 3), come esempio, vale a dire la Componente Suolo e Sottosuolo e l'Assetto Socio-economico.

3 Componente Suolo e sottosuolo

La componente suolo e sottosuolo è stata suddivisa in tre fattori, precisamente pericolosità geomorfologica/pluviometrica, pericolosità idraulica e uso del suolo. Nei Paragrafi successivi si riportano i criteri di quantificazione degli impatti relativi ai suddetti fattori.

3.1 Pericolosità geomorfologica/pluviometrica "integrata"

Questo fattore è quello più interessante dal punto di vista metodologico, poichè è stato elaborato combinando tra loro informazioni di tipo diverso: i dati utilizzati sono la Carta della pericolosità geomorfologica e i dati sulle Precipitazioni (elaborazione dei tempi di ritorno delle piogge).

La pericolosità da dissesto geomorfologico, ovvero l'occorrere di movimenti franosi, è fortemente connessa con la sollecitazione climatica: per questo motivo, il fattore in esame non comprende solo la caratterizzazione della pericolosità geomorfologica, da operare sulla base delle mappe di pericolosità, redatte dalle varie Autorità di Bacino, ma ingloba anche il fenomeno della piovosità. Dunque, sia al fine della caratterizzazione dello stato attuale del fattore, sia dei successivi impatti, i dati della pericolosità geomorfologica sono stati integrati con quelli provenienti dalle mappe riguardanti le caratteristiche degli afflussi pluviometrici: in particolare, di questi ultimi fenomeni saranno valutate le condizioni di pericolosità mediante la stima dei tempi di ritorno delle piogge.

La scelta di integrare i due elementi (pericolosità geomorfologica e piovosità) in un unico fattore è motivata dall'obiettivo del lavoro in relazione a questa componente, che è quello di effettuare *un'analisi della sensibilità* con particolare riferimento ai *fenomeni di instabilità* che possono verificarsi in seguito alle varie fasi di realizzazione dell'opera: partendo dal presupposto che i fattori che incidono prevalentemente sulla stabilità dei versanti si possono suddividere in *predisponenti* (che rendono il territorio più o meno sensibile all'innescio di fenomeni franosi) e *determinanti* (che provocano la rottura dello stato di equilibrio di un versante), si è cercato di analizzare, dapprima e separatamente le caratteristiche geomorfologiche dell'area di studio (che sono responsabili dei fattori predisponenti, quali litologia, acclività, presenza di fenomeni franosi, ecc.) e successivamente quelle climatiche (che sono responsabili dei fattori determinanti, prime tra tutte le caratteristiche pluviometriche dell'area).

Si analizzano di seguito separatamente i criteri di elaborazione necessari alla caratterizzazione dei due singoli fattori (pericolosità e piovosità), che verranno successivamente ricomposti per il calcolo degli impatti sul fattore integrato pericolosità/piovosità.

Pericolosità geomorfologica

La pericolosità da dissesto è definita come funzione dei caratteri del dissesto stesso e dei caratteri fisici del contesto territoriale: tra questi la geologia, la litologia, l'idrogeologia, l'uso del suolo e la geomorfologia, con particolare riferimento alla pendenza dei versanti.

La caratterizzazione di questo fattore è fatta a partire dalle carte di pericolosità geomorfologica alla scala di sintesi, che sono state redatte avvalendosi degli studi già in possesso delle varie Autorità, nonché delle elaborazioni contenute nei Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali, peraltro in conformità a quanto previsto nel DPCM 29/09/98, che precisa la necessità di tenere conto degli strumenti di pianificazione di area vasta previgenti. Tali strumenti contengono, di norma, la carta geomorfologica sulla quale sono rappresentate

le frane e gli altri fenomeni geomorfologici di versante, come le forme di intensa erosione, e la carta della pericolosità idrogeologica.

La carta della pericolosità geomorfologica, generalmente, suddivide i versanti in quattro classi di pericolosità, indicate con i termini molto elevata, elevata, media, bassa (o irrilevante).

Le classi sono così articolate e caratterizzate:

- *Classe a pericolosità molto elevata*
- *Classe a pericolosità elevata*
- *Classe a pericolosità media*
- *Classe a pericolosità bassa*

Stima dei tempi di ritorno delle piogge

Per la caratterizzazione di questo fattore, nella prima fase relativa allo stato attuale, l'obiettivo è quello di produrre mappe dell'intera area di studio relative ai tempi di ritorno della pioggia da calcolarsi con l'ausilio delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP).

La rappresentazione della stima dei tempi di ritorno dovrà caratterizzare le piogge riguardo la loro presunta pericolosità: infatti tanto maggiore sarà il tempo di ritorno, calcolato per una stessa quantità di pioggia registrata nel medesimo intervallo di tempo, quanto maggiore sarà la pericolosità di tale afflusso meteorico per una determinata area.

Si riporta sotto la formula utilizzata dal Metodo di stima dei parametri delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica (LSPP):

$$h = a t^n T_r^m$$

h = altezza critica di pioggia (in mm)

t = durata della pioggia (in ore)

T_r = tempo di ritorno (in anni)

Le mappe dei tempi di ritorno sono state elaborate a partire dalle piogge massime degli ultimi 5 anni (periodo 2006-2010) registrate nei pluviometri ricadenti nell'area di studio (o in prossimità di essa); in particolare tali mappe sono state realizzate prendendo in considerazione le piogge massime di durata pari a 12 ore (*t* = 12h).

Valutazione degli impatti

La valutazione degli impatti relativi alla pericolosità geomorfologica "integrata" viene effettuata mediante la combinazione dei due sub-fattori considerati assegnando un peso diverso a ciascuno ed attribuendo, ad ognuno ed in maniera separata, un valore normalizzato secondo una certa funzione di utilità.

Per quanto riguarda i criteri utilizzati per la combinazione si stima che la sensibilità sia principalmente dovuta alla classificazione della pericolosità geomorfologica: essa risulterà cioè maggiore per le aree classificate a "pericolosità elevata" e via via minore fino alle aree a "pericolosità bassa". Le aree a "pericolosità molto elevata" verranno escluse dalla valutazione e saranno, pertanto, classificate come aree "escludenti".

La pioggia, per la cui stima è stato utilizzato come indicatore il tempo di ritorno, rappresenta un fattore aggravante della pericolosità geomorfologia: in particolare, per piogge che si presentano con una certa frequenza nel tempo (T_r compreso tra 0 e 2 anni) è stato assegnato un fattore di sensibilità nullo; tale sensibilità cresce per piogge sempre meno frequenti, fino ad assumere un grado di sensibilità alta in luoghi dove tali piogge assumono tempi di ritorno elevati ($T_r > 10$ anni)

Gli impatti da calcolare saranno differenti a seconda delle varie azioni: ad esempio per all'azione di ripulitura del sito risultano tanto maggiori in funzione del maggior grado di pericolosità geomorfologia; tuttavia, data la natura "provvisoria" delle azioni di ripulitura del sito e di costruzione di rilevati, non sono state previste zone di esclusione ed il grado di sensibilità massimo assegnato è stato pari a 1 per i territori a pericolosità geomorfologia molto elevata.

3.2 Pericolosità idraulica

Per la caratterizzazione del fattore è stata utilizzata la Carta della pericolosità idraulica: gli strati informativi relativi alle aree a diversa probabilità di inondazione sono stati estratti e successivamente integrati con le zone destinate agli interventi idraulici di contenimento delle piene. La costruzione di tale mappa si basa pertanto sugli ambiti individuati dall'Autorità di Bacino (i cui territori di competenza insistono all'interno dell'area di studio) che vengono di seguito individuati secondo quanto riportato nei vari Piani di Assetto Idrogeologico (PAI):

- Aree di Laminazione delle Piene e/o destinate ai principali interventi di Riduzione del Rischio Idraulico: appartengono a questa classe le aree del Piano di Bacino, stralcio Assetto Idrogeologico, rappresentate nella "Carta di riferimento delle norme del Piano nel settore del rischio idraulico", in scala 1:10.000 e nella "Carta degli interventi per la riduzione del rischio idraulico" come "aree destinate ai principali interventi di laminazione delle piene". Nella valutazione degli impatti, queste aree saranno classificate a massima sensibilità
- Aree a Pericolosità Idraulica Molto Elevata (P4): appartengono alla classe di pericolosità idraulica P4 le aree allagate e/o ad alta probabilità di inondazione. Queste aree saranno classificate come zone escludenti.
- Aree a Pericolosità Idraulica Elevata (P3): appartengono alla classe di pericolosità idraulica P3 le aree a moderata probabilità di inondazione ed aree di pertinenza fluviale disponibile per la regimazione idraulica". Queste aree saranno classificate come aree a massima sensibilità.
- Aree a Pericolosità Idraulica Moderata (P2): appartengono alla classe di pericolosità idraulica P2 le aree a moderata probabilità di inondazione definite sulla base di eventi

con tempi di ritorno di 200 anni al di fuori delle aree di pertinenza fluviale. Queste aree saranno classificate come aree a media sensibilità.

- Aree a Pericolosità Idraulica Bassa (P1): appartengono alla classe di pericolosità idraulica P1 le aree a bassa probabilità di inondazione definite sulla base di eventi con tempi di ritorno di 500 anni. Queste aree saranno classificate come aree a minima sensibilità.

Tutte le porzioni di territorio che non fanno parte di nessuna delle categorie di cui sopra vengono classificate come Aree a pericolosità idraulica molto bassa (P0) ed aventi, pertanto sensibilità nulla.

Valutazione degli impatti

Per la valutazione degli impatti relativi alle azioni “reversibili” ossia le azioni di ripulitura del sito e di occupazione del suolo è stato assegnato un grado di sensibilità maggiore in corrispondenza di zone a pericolosità idraulica molto elevata ed in aree di laminazione delle piene; per le altre zone tale sensibilità decresce in funzione del grado di pericolosità via via minore. Per la valutazione, invece, degli impatti relativi al movimento di terre sono state create zone di esclusione in corrispondenza di siti a pericolosità idraulica molto elevata ed in zone di laminazione delle piene; il grado di sensibilità decresce, da alto a nullo, in corrispondenza di zone a pericolosità via via decrescente.

3.3 Uso del suolo/pedologia

Per la caratterizzazione di questo fattore sono stati utilizzati la Carta di uso del suolo (progetto Corine) e la Carta Tecnica regionale in scala 1: 10000. Per quanto riguarda la caratterizzazione dello stato attuale si fa riferimento alla Legenda della Carta Corine, a partire dai valori di uso del suolo a cinque livelli.

Per il successivo calcolo degli impatti sarà calcolata, separatamente per ogni azione, l'influenza che questa ha sulla corrispondente classe di uso del suolo.

Valutazione degli impatti

Per la caratterizzazione degli impatti (ripulitura del sito) sul fattore uso del suolo, sono state in primo luogo aggregate le classi della legenda “Corine Land Cover”, fino ad ottenere 11 classi. Il criterio con cui si è assegnato un valore di sensibilità diversa, rispetto ad ogni categoria di uso del suolo aggregata, si basa essenzialmente sul pregio di ciascuna area: sono stati assegnati valori massimi di sensibilità alle aree boscate, alle aree urbanizzate, a spiagge, dune, reti stradali e ferroviarie e valori minimi alle aree già degradate.

3.4 La sensibilità del territorio

Per la valutazione della sensibilità di ciascuna cella rispetto alla realizzazione delle opere sono stati combinati i risultati relativi ai tre fattori analizzati ai Paragrafi precedenti: in Figura 5 si riporta la mappa della sensibilità complessiva della componente Suolo e Sottosuolo.

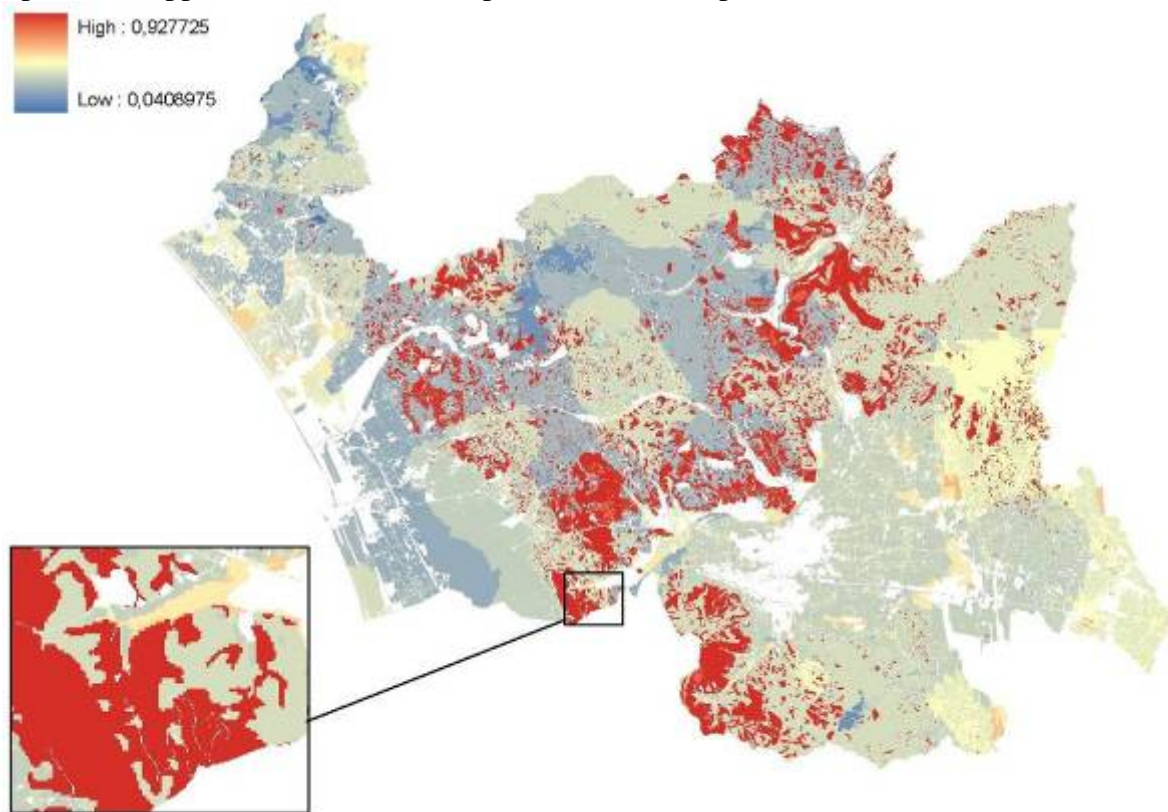


Figura 5- Mappa della sensibilità globale della componente suolo e sottosuolo

4 Componente Assetto socio-economico

L'impatto più significativo che la costruzione o l'adeguamento di una infrastruttura lineare provoca sul sistema socio-economico riguarda prevalentemente la variazione di accessibilità alle varie imprese che si ha in fase di esercizio dell'opera.

Ogni attività economica genera e/o attrae una certa quantità di traffico che dipende essenzialmente dal tipo di lavorazioni effettuate e dal numero di dipendenti che lavorano all'interno dell'attività produttiva: di conseguenza si è assunto che l'aumento di accessibilità che si ha in seguito alla realizzazione di una infrastruttura sia tanto più positivo quanto maggiore è la quantità di traffico indotto/generato dall'attività in oggetto: In altre parole, a parità di aumento di accessibilità, saranno più favorite (e dunque sarà associato un impatto positivo maggiore) quelle attività produttive caratterizzate da più alti livelli di traffico.

Le elaborazioni effettuate sulle varie tipologie di attività sono state finalizzate alla:

- stima dei flussi di traffico indotti dalla presenza di una attività economica;

- stima degli impatti sulla singola attività, sulla base del beneficio che una attività economica avrà per l'aumento di accessibilità dovuta alla presenza di una nuova infrastruttura stradale, in relazione anche al luogo in cui è localizzata.

Per la caratterizzazione della componente Assetto Socio-Economico sono stati utilizzati i dati provenienti dal Registro delle Imprese della Camera di Commercio, in cui ciascuna impresa è classificata con un codice derivante dalla Classificazione ISTAT ATECO 2007, adottata dall'ISTAT a partire dal 1° gennaio 2008, che costituisce la versione nazionale della nomenclatura europea, Nace Rev.2, pubblicata sull'Official Journal il 20 dicembre 2006 (Regolamento (CE) n.1893/2006 del PE e del Consiglio del 20/12/2006).

Tutte le attività presenti sono state quindi localizzate sul territorio dell'area di studio (vedi Figura 6) attraverso un procedimento di geocodifica che ha consentito di associare alla singola attività economica un numero civico lungo una delle infrastrutture della rete stradale esistente.

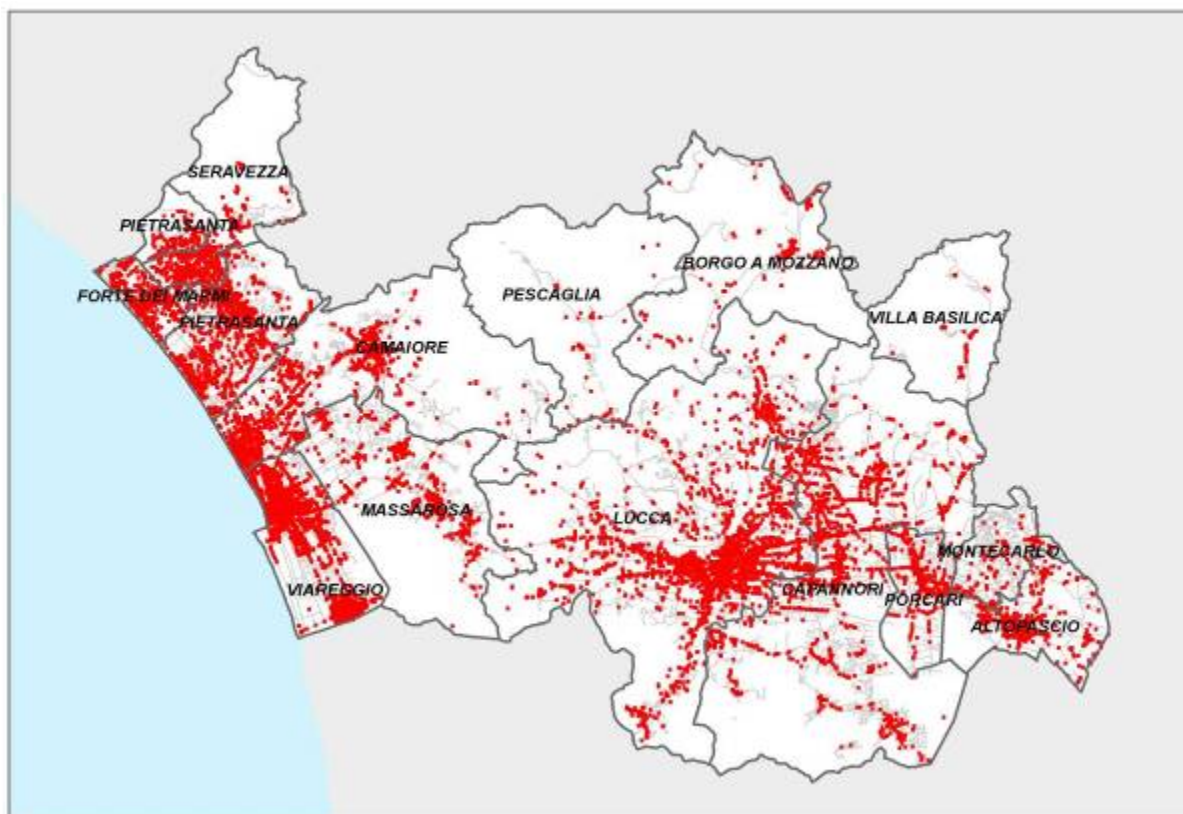


Figura 6- Georeferenziazione delle attività

La bontà del risultato ottenuto dalla procedura di geocodifica dipende dalla qualità dell'indirizzo di input da elaborare; se è in buone condizioni (presenza di tutti i campi, mancanza di errori ortografici, ecc.) si possono georeferenziare attività fino al 90-95% del totale. Nel caso in esame la georeferenziazione ha prodotto una corrispondenza ("matching") tra le attività ed il corrispondente civico pari al 92% del totale, ma è stato necessario normalizzare manualmente un gran numero di record per migliorare la qualità del dato di

partenza: le aziende scartate dalla procedura automatica sono state successivamente reinserite manualmente.

4.1 I flussi di traffico

La componente Assetto socio-economico è stata quindi suddivisa in cinque fattori: attività commerciali, aziende di trasporto, settore terziario, settore turistico- pubblici esercizi, attività industriali: ogni fattore è stato a sua volta suddiviso in sottofattori (vedi Figura 8) secondo il flusso di traffico generato dalle singole tipologie di attività, calcolato con il Metodo Trip Generation. Il metodo scelto rientra tra i modelli che più comunemente si utilizzano per il calcolo della potenziale attrattivo di flussi relativi ad attività georeferenziate, vale a dire i modelli di generazione degli spostamenti.

Institutional (Land Uses 500-599)

CODE	LAND USE	PAGE
501	Military Base.....	922
520	Elementary School.....	933
522	Middle School/Junior High School.....	946
530	High School.....	959
534	Private School (K-8).....	984
536	Private School (K-12).....	991
540	Junior/Community College.....	1002
550	University/College.....	1030
560	Church.....	1043
561	Synagogue.....	1058
565	Day Care Center.....	1067
566	Cemetery.....	1095
571	Prison.....	1103
590	Library.....	1112
591	Lodge/Fraternal Organization.....	1131

Medical (Land Uses 600-699)

CODE	LAND USE	PAGE
610	Hospital.....	1133
620	Nursing Home.....	1161
630	Clinic.....	1183
640	Animal Hospital/Veterinary Clinic.....	1191

Office (Land Uses 700-799)

CODE	LAND USE	PAGE
710	General Office Building.....	1194
714	Corporate Headquarters Building.....	1210
715	Single Tenant Office Building.....	1221
720	Medical-Dental Office Building.....	1228
730	Government Office Building.....	1247
731	State Motor Vehicles Department.....	1250
732	United States Post Office.....	1269
733	Government Office Complex.....	1288
750	Office Park.....	1296
760	Research and Development Center.....	1318
770	Business Park.....	1340

Figura 7 -Esempio di codici presenti nel manuale ITE

ed attratti da ogni categoria di attività: per ogni categoria di attività, inoltre, i flussi si modificano sulla base della sua classe dimensionale, rappresentata da variabile indipendente che può essere il numero di addetti, la superficie, il numero di posti letto od altro.

Per il lavoro in oggetto è stato quindi necessario raggruppare tutte le attività presenti sul territorio, ciascuna caratterizzata da un codice ATECO, in classi omogenee dal punto di vista

Questo modello fa riferimento agli studi americani contenuti nel Manuale Trip Generation (ottava edizione) dell'ITE (Institute of Transportation Engineers) nel quale sono riportate più di 900 classi di attività (vedi Figura 7) per le quali sono disponibili modelli calibrati su reali rilevazioni di flussi attratti da ogni classe di attività.

A questo scopo sono principalmente utilizzati modelli di regressione lineare o logaritmica capaci di prevedere il numero di flussi generati

dei flussi generati, e ciascun sottofattore individuato è stato associato ad un codice del manuale ITE opportunamente scelto e parametro dal contesto americano a quello italiano. Il flusso complessivo indotto per ogni cella è stato calcolato come la somma del numero degli addetti associato a ciascuna attività, moltiplicato per il flusso unitario di ogni addetto.

Fattore	Sottofattore
Commercio	<i>Commercio all'ingrosso</i>
	<i>Commercio al dettaglio – grande distribuzione</i>
	<i>Commercio al dettaglio di carburante</i>
	<i>Commercio al dettaglio – piccoli e medi negozi specializzati</i>
Trasporti	<i>Trasporto merci</i>
	<i>Trasporto marittimo e per vie d'acqua interne</i>
	<i>Trasporto aereo</i>
	<i>Gestione di parcheggi e autorimesse, noleggio vetture, attività di traino e soccorso stradale</i>
Turismo e pubblici esercizi	<i>Strutture ricettive</i>
	<i>Ristorazione con somministrazione</i>
	<i>Ristorazione senza somministrazione</i>
	<i>Pubblici esercizi legati al turismo</i>
Terziario	<i>Attività d'ufficio</i>
	<i>Servizi svolti in uffici aperti al pubblico</i>
	<i>Servizi commerciali</i>
	<i>Servizi ricreativi</i>
Industria	<i>Industria pesante</i>
	<i>Industria leggera</i>
	<i>Manifattura</i>
	<i>Aziende agricole e di allevamento</i>
	<i>Magazzini, stoccaggio</i>

Figura 8-Schema dei fattori e dei sottofattori individuati

In Figura 9 si riporta un esempio del traffico indotto calcolato con il metodo ITE.

Fattore	Sottofattore	Indicatore di flusso nella cella dove si trova l'attività
Commercio	<i>Commercio all'ingrosso</i>	<i>15 veicoli /addetto</i>
	<i>Commercio al dettaglio – grande distribuzione</i>	<i>87 veicoli /addetto</i>
	<i>Commercio al dettaglio – piccoli e medi negozi specializzati</i>	<i>40 veicoli /addetto</i>

Figura 9 -Valori dell' Indicatore di flusso indotto – commercio

A partire dalla posizione delle singole attività sono stati fatti degradare i valori di flusso indotto in maniera differente a seconda del tipo di strada, in modo che per strade di dimensioni ed importanza maggiori si avesse un raggio di influenza più grande e viceversa: per strade esistenti il valore si assume che sia, a parità di tipologia, la metà di quello delle strade di nuova realizzazione. In ogni cella sono stati sommati i valori relativi ai raggi di influenza presenti.

In Figura 10 si riporta un estratto della mappa dei flussi indotti relativa all'area vicino al centro di Lucca: le dimensioni maggiori sono associate a valori maggiori di flusso indotto e viceversa.

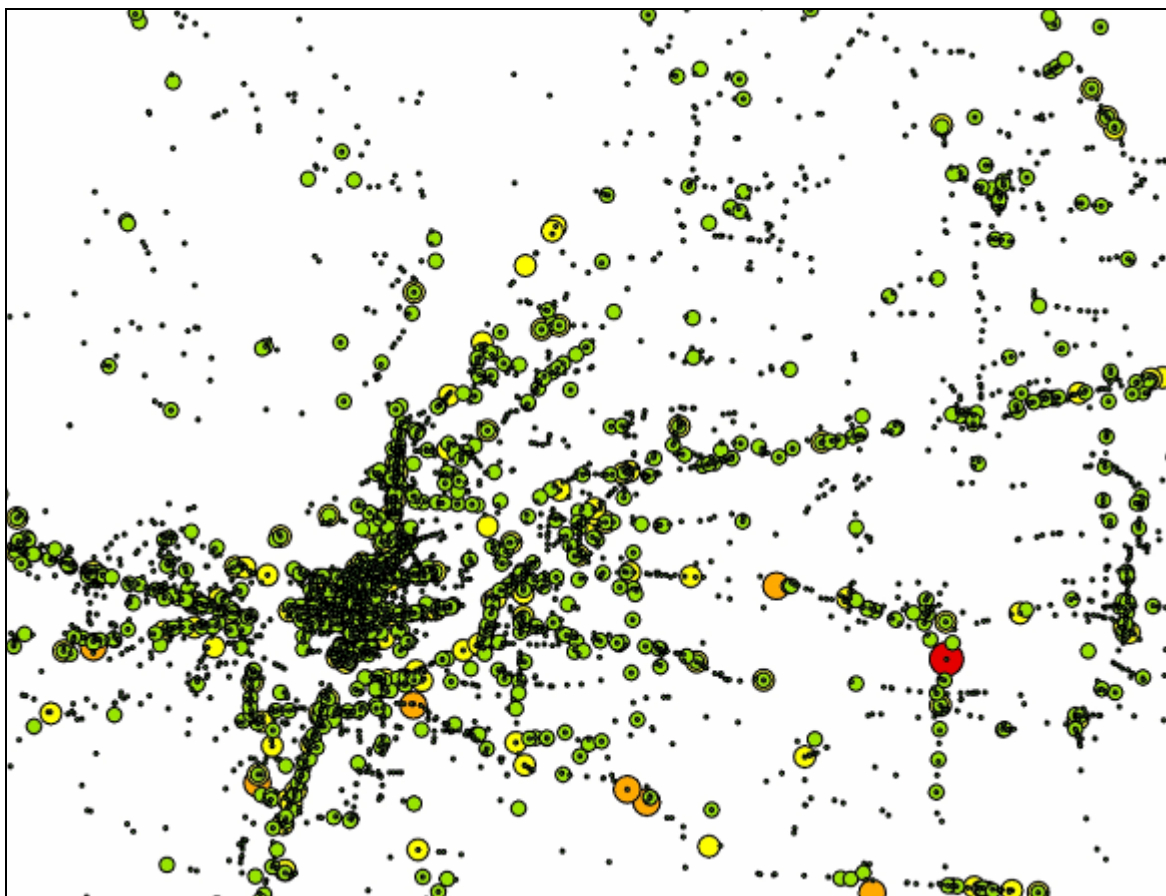


Figura 10 -Particolare della mappa dei flussi indotti (vicinanze di Lucca)

4.2 Misurare l'accessibilità

Il concetto di accessibilità rappresenta uno degli elementi base su cui fondare ogni politica di mobilità, come riportato nelle Linee Guida sulla stesura dei Piani Urbani della Mobilità del Ministero delle Infrastrutture e di Trasporti e in molti Piani regionali della mobilità, tra i quali il piano della mobilità e della logistica toscano.

Calcolare l'accessibilità significa calcolare la centralità di un'area rispetto agli elementi destinazione od origine del calcolo (per esempio si può parlare di accessibilità rispetto alle attività industriali, rispetto ai servizi sanitari, rispetto al sistema scolastico ed altro). Il calcolo consiste nella costruzione della matrice delle distanze (misurate in tempi di percorrenza sul grafo), matrice che riporta per ogni cella i-j il tempo di percorrenza dalla zona i alla zona j.

L'accessibilità attiva si utilizza per capire quanto una zona sia accessibile come origine degli spostamenti verso alcuni obiettivi definiti e si ottiene calcolando la matrice O/D (origine destinazione) dei tempi di spostamento da ogni sezione di censimento verso tutte le altre a

partire dal grafo viario assegnato, che è quello derivante dal modello regionale. La matrice risultante è dunque una matrice quadrata che misura i tempi che servono per arrivare da ogni sezione alle altre: calcolando i marginali di riga e dividendo per il numero di zone si ottiene un indicatore dei tempi medi per accedere alle altre sezioni a partire dalla sezione della riga *i*-esima.

Nel nostro caso, l'esigua dimensione della cella ha reso pressoché impossibile a livello computazionale il calcolo della matrice O/D al livello di disaggregazione di ogni singola cella, quindi nel caso in esame è stata calcolata l'accessibilità attiva sulla base delle sezioni di censimento omogeneizzate per dimensione territoriale (è stata effettuata un'aggregazione delle sezioni di censimento urbane per omogeneizzare la dimensione territoriale di queste ultime alla dimensione territoriale media delle sezioni extraurbane).

I dati di traffico utilizzati per il calcolo sono i dati di picco relativo al periodo temporale compreso tra le 7.00 e le 8.00 del mattino.

Nel caso in oggetto la mappa dell'accessibilità (Figura 11) è stata calcolata per tutte le sezioni di censimento dell'area di studio a partire da tutte le altre sezioni della Regione Toscana.

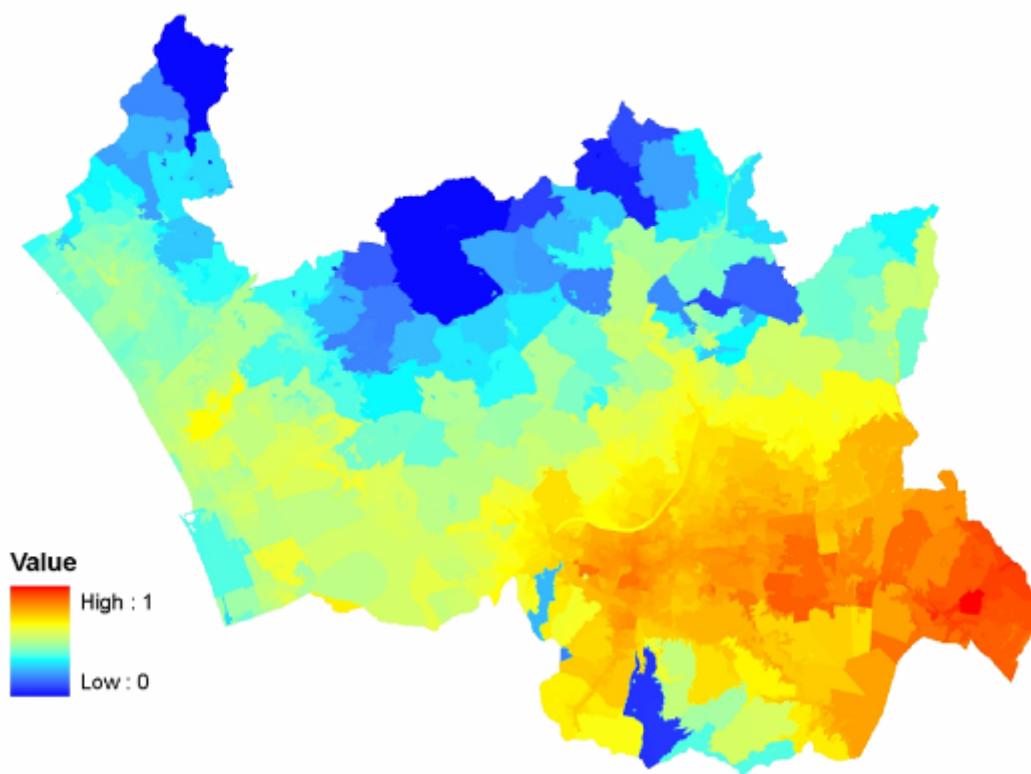


Figura 11 -Mappa dell'accessibilità

4.3 La sensibilità del territorio

Per la valutazione della sensibilità di ciascuna cella rispetto alla realizzazione delle nuove opere sono stati combinati in ogni cella i risultati dell'analisi dei flussi indotti in relazione ad

ogni tipo di attività economica con i dati dell'accessibilità allo stato attuale. Si considera che la sensibilità positiva sia tanto maggiore quanto maggiore è l'indicatore di flusso associato ad ogni cella e minore è l'accessibilità della cella stessa.

Il beneficio complessivo indotto da un qualsiasi tracciato stradale si ottiene sommando i valori degli indicatori complessivi di beneficio di tutte le celle attraversate dal tracciato, il cui valore dipenderà dalla distanza dalle imprese presenti nell'Area e dal valore dell'indicatore di flusso associato ad ogni impresa. In Figura 12 si riporta la mappa della sensibilità complessiva del sistema socio- economico.

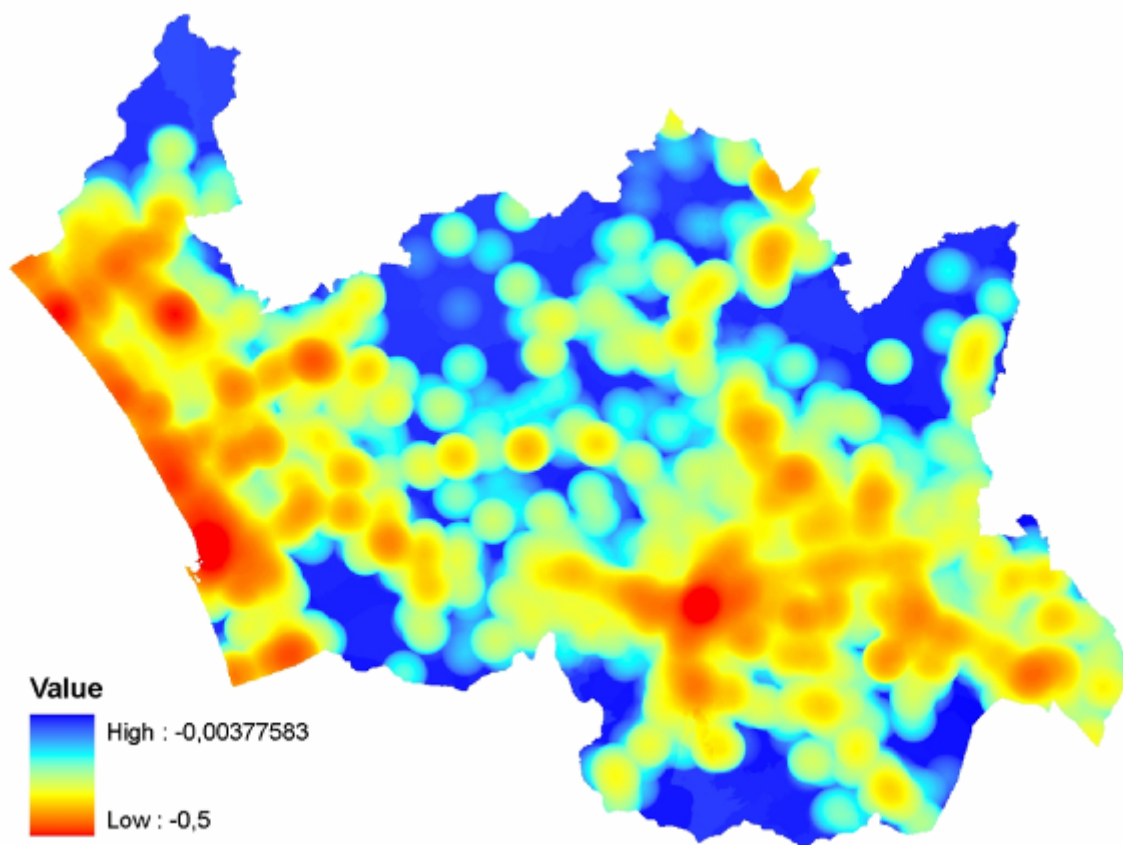


Figura 12 -Sensibilità complessiva del sistema socio economico

5 Conclusioni

Lo strumento costruito, permettendo una preliminare analisi e verifica della compatibilità ambientale e dei benefici socio- economici dei progetti di nuova viabilità o di adeguamento di viabilità esistente, si conforma come un importante strumento a supporto delle amministrazioni che si occupano di analisi e politiche territoriali.

Infatti, sulla base delle mappe di sensibilità costruite si potrà valutare in maniera immediata quali saranno le ricadute positive e negative del tracciato viario proposto su ogni componente

ambientale e, attraverso l'indice sintetico, anche sul sistema territoriale interessato nel suo complesso.

Inoltre, l'interfaccia grafica cui si è accennato al Paragrafo 2.4 consente di poter risalire a ritroso dal risultato finale aggregato a quelli relativi alle diverse componenti e poter così indagare gli impatti su ognuna di esse: in altre parole, qualora dall'analisi di sensibilità relativa ad un determinato tracciato viario di progetto individuato emerga un indice di sensibilità elevata, sarà possibile, dalla consultazione delle mappe delle singole componenti, capire a quali di esse sono associati gli impatti critici.

Lo strumento costruito, inoltre, è facilmente implementabile ed adattabile in funzione di ulteriori criteri di valutazione che dovessero emergere: in altre parole gli scenari costruiti sono esemplificativi, dato che è possibile costruire, a partire dalle stesse mappe di partenza, infiniti scenari, assegnando pesi diversi alle varie componenti ambientali, in funzione delle esigenze dei decisori.

La possibilità di costruire scenari, utilizzando una base dati altamente diversificata e l'opportunità di poter assegnare pesi diversi alle diverse "sensibilità territoriali" (costruzione delle mappe sintetiche di sensibilità) apre, infatti, tale strumento all'uso in contesti altamente finalizzati alla partecipazione degli attori coinvolti nelle trasformazioni territoriali.

ABSTRACT

This work is the result of a research carried out in collaboration with CCIAA of Lucca. The research aims to implement a tool for the assessment of positive and negative effects that occur in a territory interested by interventions of expansion or new construction of roadways. In particular, the research has produced several maps of the sensitivity of the territory to the impacts generated by the project actions of the implementation or expansion of roads and a graphical interface, accessible on the internet and user friendly, allowing a brief evaluation of impacts and comparison of different scenarios.

The methodology implemented uses a very detailed information base of the territory and constitutes a valid support for planners and evaluators (ex. procedures for SEA), but also for end users of the intervention (ex. business representative organizations, consumer associations, etc..)

In fact, it allows you to acquire knowledge of the territory, its resources and environmental and economic relations between the components; to verify the sensitivity of each point in the territory compared to project actions concerning the viability; to evaluate different scenarios of localization for the same type of work or different impact scenarios refer to the same location.