

Parte IV

La caratterizzazione del patrimonio edilizio esistente

1. L'evoluzione e le condizioni attuali dell'armatura insediativa (a cura di Alberto Benedetti, Giorgio Graj, Massimo Rossati)

1.1. *Multiple Centrality Assessment e Space Syntax: le network analysis nell'area urbana comasca*

Riflettere sul tema delle centralità è ancor più stimolante laddove si consideri che *“un posto centrale ha alcune qualità speciali da offrire in molti modi a chi vive e lavora in una città: è più visibile, è più accessibile dall'immediato contesto del quartiere così come dal contesto più grande della città e della metropoli, è più frequentato in termini di flussi di persone a piedi e potenziali clienti, ha più probabilità di evolvere in un polo di attrazione e in un catalizzatore sociale, di configurare una localizzazione adeguata per funzioni primarie come teatri o sedi centrali di aziende così come di offrire una più vasta varietà di beni commerciali e opportunità”*¹.

Per questo è utile che le reali (ed effettive) centralità di un contesto dato emergano attraverso la sua trama infrastrutturale: saranno più centrali i luoghi più accessibili e, perciò, più prossimi all'intersezione della viabilità principale, in una condizione in cui l'espansione storica del reticolo ha moltiplicato gli isolati e, dunque, la loro attuale configurazione permette d'individuare sia l'ultima fase del processo diacronico della crescita urbana, sia le interdipendenze tra la gerarchia infrastrutturale e la centralità disvelabili; ma esaminiamo nel seguito il complesso teorico che ha accompagnato tali riflessioni, esaminando alcune idee che nel tempo sono andate consolidandosi: la “network community”, lo Space Syntax e il *Multiple Centrality Assessment*.

Intanto, la nozione di “network community” apre a quell’*«area della ricerca scientifica che indaga i sistemi complessi attraverso l'uso della metafora della rete (network) e della matematica dei grafi»*², e alcune applicazioni di rilievo della teoria delle reti s'individuano in Watts and Strogatz, 1998³, quando delineano la possibilità d'individuare una qualche forma di regolarità dentro i “piccoli mondi”, rappresentativi di reti (di relazioni, di soggetti o di elementi) dove ogni nodo risulta legato ad altri in maniera apparentemente casuale: in effetti, è sempre risultata evidente una certa dicotomia tra reti del tutto ordinate, in cui ogni nodo è collegato agli altri secondo una regola esplicita⁴, e reti i cui nodi appaiono connessi agli altri in termini del tutto casuali e dove, tuttavia, possano individuarsi forme di regolarità nascosta tra eventi accidentali.

La possibilità d'individuare un ordine matematico in realtà e contesti apparentemente privi di “ordine” ha permesso quindi di constatare, nell'ambito dello studio dei fenomeni urbani, che *“i pianificatori ortodossi [...] usano gli strumenti giusti per il problema sbagliato: le città sono fenomeni complessi organizzati di tipo organico e devono essere indagati con le scienze della complessità”*⁵, per cui *“solo attraverso le nuove scienze della complessità l'ordine meraviglioso della città vecchia può essere colto e trattato, un ordine che, a differenza della geometria euclidea, non è visibile alla prima occhiata, non è imposto da un'agenzia centrale, ma all'opposto è il risultato del contributo di piccolissimo taglio e graduale nel tempo di innumerevoli soggetti agenti nell'ambiente sociale, fisico e culturale, e in costante reciproco rapporto, ognuno impegnato dalla sua individuale traiettoria”*⁶.

Ricordiamo come nell'evoluzione della *Network Community* – area della ricerca scientifica che appunto indaga i sistemi complessi attraverso l'uso della metafora della rete e della matematica dei grafi – sia stata sviluppata una capacità computazionale senza precedenti, che ha permesso di comprendere come tutti i network condividano proprietà topologiche del tutto simili alla corrispondente struttura relazionale; in tal senso, di

¹ Porta S. e Latora V., 2006, “Multiple Centrality Assessment. Centralità e ordine complesso nell'analisi spaziale e nel progetto urbano”, *Territorio*, n. 39.

² Porta S. e Latora V. 2007, “Multiple Centralità Assessment. Centralità e ordine complesso nell'analisi spaziale e nel progetto urbano”, *Territorio*, n. 39.

³ Watts D.J. and Strogatz S.H., 1998, “Collective Dynamics of Small-world Networks”, *Nature*, n. 393.

⁴ Modelli perfetti, ideali, utili ad avanzare qualche teoria esplicativa ma tuttavia assai poco rappresentativi della realtà.

⁵ Jacobs J., 1961, *The Death and Life of Great American Cities*, Random House, New York.

⁶ Porta S. e Latora V., 2006, “Multiple Centrality Assessment. Centralità e ordine complesso nell'analisi spaziale e nel progetto urbano”, *Territorio*, n. 39.

qualche peso appaiono alcuni studi su network urbani (Porta *et al.*, 2006a⁷, b⁸, c⁹; Cardillo *et al.*, 2006¹⁰; Crucitti *et al.*, 2006a¹¹, b¹²; Scellato *et al.*, 2006¹³) per il riconoscimento dell'ordine nascosto delle città auto/organizzate, un passo “verso il superamento dell'eredità modernista nella pianificazione e nel progetto urbani, così come verso una nuova generazione di strumenti di analisi e di opportunità di progetto per gli urban designers”¹⁴; la centralità risulta pertanto il fattore cruciale di quel percorso, ed emerge sia come variabile principale che rende possibile il riconoscimento delle regole comuni dei sistemi auto/organizzati, sia anche come fattore cardine nell'evoluzione della geografia dei sistemi urbani complessi.

In materia di centralità, l'evoluzione delle network analysis ha raramente coinvolto gli studi urbani e, se alcuni primi contributi sono ascrivibili alla metà del Novecento, è l'apporto di Freeman (1977¹⁵, 1979¹⁶) che individua indici e proprietà dei network complessi muovendo dal presupposto che – di qualsiasi natura siano – essi condividono alcune proprietà strutturali comuni; i punti base di Freeman coinvolgono un insieme di indici (di *centralità di grado* = degree, *vicinanza* = closeness, *medietà* = betweenness) e le loro proprietà comuni coinvolgono la distanza e l'aggregazione (*clustering*)¹⁷, oltre alla centralità e al grado (*degree*) dei singoli nodi, pari al numero di connessioni esistenti tra i medesimi e altri nodi della rete.

A partire da tali premesse è stata poi introdotta negli anni Ottanta l'analisi configurazionale, attualmente “uno dei più interessanti e fruttuosi approcci allo studio dei sistemi urbani”¹⁸, in grado di riprodurre la distribuzione dei livelli di accessibilità (e, dunque, l'andamento dell'attrattività delle parti di un aggregato urbano) rendendosi strumento utile sia per un'approfondita lettura del contesto insediativo, sia per il planning.

Prima di considerare come, in termini operativi, sia possibile stimare il grado di centralità dei nodi di un network si procede, in apertura del successivo paragrafo, a presentare in termini formali i concetti e gli indici alla base delle teorie fin qui richiamate.

Il modello concettuale alla base delle network analysis: dallo Space Syntax al Multiple Centrality Assessment

Si procede ora – per introdurre le successive applicazioni delle network analysis al contesto urbano di Como – a illustrare i modi in cui il network infrastrutturale risulta rappresentato dagli indicatori di centralità, considerando l'evoluzione applicativa dallo Space Syntax al *Multiple Centrality Assessment*.

Inizialmente s'assuma che un network possa risultare rappresentato in termini formali come un *grafo* $G = (N, K)$, entità matematica definita da due insiemi di *nodi* (N) e di *coppie non ordinate di nodi* (K), ossia archi: nel caso in cui due nodi siano sottesi al medesimo arco, tali nodi risulteranno *adiacenti*.

⁷ Porta S., Crucitti P. and Latora V., 2006, “The Network Analysis of Urban Streets: A Dual Approach”, *Physical A, Statistical mechanics and its applications*, vol. 369, n. 2.

⁸ Porta S., Crucitti P. and Latora V., 2006, “The Network Analysis of Urban Streets: A Primal Approach”, *Environmental Planning B: Planning and Design*, vol. 33, n. 5.

⁹ Porta S., Crucitti P. and Latora V., 2006, “Multiple Centrality Assessment in Parma: A Network Analysis of Paths and Open Spaces”, *Urban Design International*, in print.

¹⁰ Cardillo A., Scellato S., Latora V. and Porta S., 2006, “Structural Properties of Planar Graphs of Urban Street Patterns”, *Physical Review E, Journal of the American Physical Society*, vol. 73, n. 6.

¹¹ Crucitti P., Latora V. and Porta S., 2006, “Centrality Measures in Spatial Networks of Urban Streets”, *Physical Review E, Journal of the American Physical Society*, vol. 73, n. 3.

¹² Crucitti P., Latora V. and Porta S., 2006, “Centrality in Networks of Urban Streets, Chaos”, *Quarterly of the American Institute of Physics*, vol. 16, n. 1.

¹³ Scellato S., Cardillo A., Latora V. and Porta S., 2006, “The Backbone of a City”, *The European Physical Journal B*, vol. 50, n. 1-2.

¹⁴ S. Porta e Latora V., 2006, “Multiple Centrality Assessment. Centralità e ordine complesso nell'analisi spaziale e nel progetto urbano”, *Territorio*, n. 39.

¹⁵ Freeman L.C., 1977, “A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness”, *Social Networks*, n. 1.

¹⁶ Freeman L.C., 1979, “Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification”, *Social Networks*, n. 1.

¹⁷ Giacché è dimostrato che la distanza topologica tra singoli nodi è molto limitata se comparata con la dimensione del network, da cui l'appellativo “small worlds”.

¹⁸ Cutini V., Petri M. e Santucci A., “Mark Point Parameter Analysis (MaPPA): metodo Gis di analisi configurazionale”, *VII conferenza nazionale degli utenti Esri*, aprile 2004, Roma.

I grafi debbono essere *pesati* quando s'attribuisce ai singoli archi della rete considerata un valore specifico con $G = (N, K, \Omega)$, laddove Ω è il peso associato; in questo caso, un grafo pesato può venire descritto tramite due e/o tre matrici:

- i) di *adiacenza* (A), restituendo un comune grafo $G = (N, K)$,
- ii) contenenti i pesi degli archi (W);
- iii) espressive di un *grafo spaziale* (o *geografico*), dove i nodi hanno una posizione data in uno spazio euclideo a due o tre dimensioni, e gli archi rappresentano reali connessioni fisiche: di conseguenza, alla matrice (W) si sostituisce la matrice (L), riferita alla lunghezza metrica dell'arco.

È inoltre importante determinare nel modello la “*lunghezza del percorso minimo tra due nodi*”, definita come “*somma minima delle lunghezze degli archi tra tutti i percorsi possibili nel grafo che connettono i due nodi*”¹⁹; in questo senso, si definisce come tale la media calcolata su tutte le coppie di nodi del network, espressa nel seguito e assunta come misura della “*proprietà di connettività del network*”:

Lunghezza

Misura della proprietà di connettività del network.

1

$$L = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j \in N} d_{ij}$$

lunghezza media dei percorsi minimi,

dove d_{ij} = distanza, somma minima delle lunghezze degli archi tra

tutti i percorsi possibili che nel grafo connettono i a j

Altro indice significativo è quello di *efficienza globale*, basato sul presupposto che l'efficienza nella comunicazione (ε_{ij}) tra due nodi i e j del grafo sia inversamente proporzionale alla lunghezza del percorso minimo che li connette.

Efficienza globale

Misura quanto bene i nodi comunicano attraverso il network.

1

$$E_{glob}(G) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j \in N} \varepsilon_{ij} =$$

1

$$= \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j \in N} 1/d_{ij}$$

dove ε_{ij} = efficienza nella comunicazione tra due generici nodi i e j , inversamente proporzionale alla lunghezza del percorso minimo che li connette ($\varepsilon_{ij} = 1/d_{ij}$)

L'efficienza globale risulta comunque normalizzabile nei sistemi metrici tradotti in grafi pesati (a differenza di quelli topologici, non pesati) dividendo $E_{glob}(G)$ per l'efficienza $E_{glob}(G^{ideal})$ di un sistema completo ideale in cui è presente l'arco che connette la generica coppia di nodi $i-j$ con lunghezza uguale alla distanza euclidea tra i e j .

Normalizzazione del grafo pesato

$E_{glob}(G)$

1)

$$\frac{E_{glob}(G)}{E_{glob}(G^{ideal})}$$

dove $E_{glob}(G^{ideal})$ = efficienza di un ideale sistema completo nel quale l'arco che connette la generica coppia di nodi $i-j$ è presente con lunghezza uguale alla distanza euclidea (lungo una linea retta) tra i e j .

1

$$E_{glob}(G^{ideal}) = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j \in N} 1/d_{ij}^{Eucl}$$

oppure

$$\frac{\sum d_{ij}^{Eucl}}{d_{ij}}$$

¹⁹ S. Porta e V. Latora, 2006, “Multiple Centrality Assessment. Centralità e ordine complesso nell'analisi spaziale e nel progetto urbano”, *Territorio*, n. 39.

$$2) E_{glob}(G) = \frac{\sum_{i,j \in N, i \neq j} a_{ij}}{N(N-1)}$$

Definite le modalità di rappresentazione del *network*, consideriamo ora i tre indici di centralità individuati originariamente da Freeman, raggruppabili in due famiglie distinte: x) *essere centrali come essere vicini agli altri*, dove confluiscono la *centralità di grado* C^D e la *centralità di vicinanza* C^C , oppure y) *essere centrali come essere tra gli altri*, in cui confluisce la *centralità di medietà* C^B ; comunque, nel corso degli anni tali indici sono stati modificati nel corso dell'applicazione a diversi contesti settoriali, tra cui la pianificazione dei trasporti dove l'accessibilità di un nodo è definita dalla sua proprietà di essere raggiunto in breve dagli altri nodi (C^C); molti altri nuovi indici di centralità sono stati poi introdotti rispetto a quelli già considerati, tra cui quello di *efficienza* (efficiency), *direttività* (straightness), *informazione* (information).

Nel seguito, consideriamo singolarmente gli indicatori di centralità, descritti schematicamente in relazione alla categoria d'appartenenza:

1 – Essere vicini agli altri: C^D e C^C

Centralità di grado (degree, C^D), esprime l'idea che i nodi siano tanto più importanti quanto sia maggiore il numero di archi che vi convergono, ed è calcolata sommando quanti archi convergono in quel nodo. Il grado di centralità di un nodo è una delle proprietà comuni riconosciute ai network complessi ed è determinato dal numero di connessioni che il nodo considerato intrattiene con gli altri nodi appartenenti al sistema.

Centralità di vicinanza (closeness, C^C), si basa sul concetto di percorso minimo.

$$C_i^D = \frac{k_i \sum_{j \in N} a_{ij}}{N-1 \sum_{j \in N} a_{ij}} = \frac{k_i}{N-1}$$

Il grado di un nodo (i) è definito da:

$$k_i = \sum_{j \in N} a_{ij}$$

dove a_{ij} = archi che incidono nel nodo

$$C_i^C = L_i^{-1}$$

dove:

$$L = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i,j \in N, i \neq j} d_{ij}$$

2 – Essere tra gli altri: C^B

Centralità di medietà (betweenness, C^B), esprime come l'interazione tra due nodi non adiacenti dipenda dai nodi intermedi, che possono giocare un ruolo strategico di controllo e influenza sugli altri.

La posizione centrale di un nodo in un network è data dalla capacità di influenzare e controllare gli altri nodi della rete.

$$C_i^B = \frac{1}{(N-1)(N-2)} \sum_{j,k \in N, j \neq i, k \neq i} n_{ij}(i)n_{ik}(i)$$

dove $n_{ij}(i)$ = numero di percorsi minimi tra j e k (nodi) che passano per il nodo i

3 – Essere raggiungibili linearmente dagli altri: C^S

Centralità di efficienza (efficiency, C^E), esprime quanto bene i nodi comunichino attraverso il network, ed è inversamente proporzionale alla lunghezza del percorso minimo che li connette.

$$C_i^E = \frac{\sum_{j \in N, j \neq i} 1/d_{ij}}{\sum_{j \in N, j \neq i} 1/d_{ij}^{Eucl}}$$

Centralità di direttività (straightness, C^S), indica quanto i percorsi reali che connettono un nodo con tutti gli altri nodi della rete deviano dai percorsi line-

$$\sum_{j \in N, j \neq i} d_{ij}^{Eucl} / d_{ij}$$

ari; l'efficienza nella comunicazione tra due nodi è uguale all'inverso della lunghezza del percorso minimo tra i due nodi.

$$C_i^S = \frac{E_{glob,2} E_{glob,2} (G) - E_{glob,2} (G')}{N - 1}$$

4 – Essere critici per gli altri: C^I

Centralità di informazione (information, C^I), incorpora C^C e C^B ed esprime la perdita di efficienza del network qualora vengano eliminati dal nodo gli archi incidenti, generando così un incremento della lunghezza dei percorsi minimi.	$C_i^I = \frac{\Delta E_{glob,2} E_{glob,2} (G) - E_{glob,2} (G')}{E_{glob,2} E_{glob,2} (G)}$ dove $G' =$ il network con N nodi e $K - k$ archi, e si ha rimuovendo da G gli archi incidenti nel nodo i.
--	---

Questi indicatori permettono di procedere operativamente con analisi di tipo configurazionale; in tal senso, per definire la distribuzione delle centralità un'ultima considerazione deriva da $P(k) = N(k) / N \sim k^{-\gamma}$, a cui possono essere ricondotte tutte le reti teoricamente analizzabili.

Distribuzione delle centralità	$P(k) = N(k) / N \sim k^{-\gamma}$ Legge che regola la distribuzione per gradi, dove: k = numero di archi che arrivano al nodo $N(k)$ = numero di nodi aventi k archi γ = coefficiente correttivo, $2 < \gamma < 3$
---------------------------------------	---

In apertura di paragrafo è stata richiamata l'esistenza di due metodi/applicazioni delle network analysis, lo *Space Syntax* e il *Multiple Centrality Assessment*; in particolare, il primo è stato introdotto negli anni Ottanta da studi mirati a costruire un processo configurazionale “in cui il sistema urbano viene individuato come una intima compenetrazione di pieni e di vuoti”²⁰ attraverso il grado d'integrazione degli spazi convessi; tra l'altro, lo *Space Syntax* ha postulato e poi verificato una relazione esplicita tra l'accessibilità topologica delle strade e i fenomeni della dinamica socio/economica urbana, e alcune critiche sul metodo²¹ – prima di giungere alla formulazione di una nuova impostazione poi sfociata nel *Multiple Centrality Assessment* – hanno sollecitato l'adeguamento degli aspetti deboli dello *Space Syntax*: una sua prima forma evolutiva è stata sperimentata presso il Casa (Center for Advanced Spatial Analysis) dell'University College of London con lo sviluppo del nuovo strumento “*Axwoman*”, orientato all'analisi configurazionale in un motore Gis (concepito quindi come vera e propria estensione di ArcView 3.x) e tale da prevedere il passaggio dalle “Linee assiali”, rappresentative delle direzioni interrotte di movimento e visibilità, ai “Punti caratteristici” (*Mark points*) in cui cambia la percezione umana dello spazio urbano (intersezioni di strade, etc.: nient'altro, quindi, che i nodi della rete); i valori di connettività s'intendono a tal proposito calcolati, rispetto a ogni elemento (punto), in relazione al numero di punti direttamente visibili o alle linee intersecanti.

Sebbene lo *Space Syntax* non sia stato del tutto abbandonato come metodo operativo (torneremo nel paragrafo successivo su alcune sperimentazioni del modello), per le criticità emerse e soprattutto per l'avvenuta intersezione con percorsi disciplinari differenti (relativi, in particolare, alla fisica dei sistemi complessi e alla sociologia strutturale) è stata sviluppata un'innovazione che generalizza, articola e supera la *Space Syntax*, vale a dire la *Multiple Centrality Assessment* (Mca), configurata come applicazione di analisi urbana e spaziale fondata sulla scienza dei sistemi complessi a rete e rivolta alla pianificazione sostenibile.

²⁰ Cutini V., Petri M. e Santucci A., “Mark Point Parameter Analysis (MaPPA): metodo Gis di analisi configurazionale”, VII Conferenza nazionale degli utenti Esri, aprile 2004, Roma.

²¹ I principali problemi erano infatti connessi, per quanto riguarda l'impostazione originaria, alla delimitazione univoca degli spazi convessi, problema che interferiva con la stima degli indici sia di connettività, rappresentato dal numero di spazi connessi tra loro, sia d'integrazione, che descrive il modo in cui ogni spazio convesso è collegato agli altri; oltre a ciò, emergeva il problema di una corretta derivazione delle linee assiali, non computabile in maniera automatica, per cui la loro generazione manuale in dimensioni urbane di ragguardevoli dimensioni “comporta una notevole perdita di tempo senza garantire l'univocità del risultato” (Cutini V. et al., cit.).

Si espongono nel seguito i tre principi fondanti di Mca (*grafo primale*, *distanza metrica* e *indici multipli di centralità*), mostrando dove possibile le principali differenze tra tale approccio e quello dello *Space Syntax*.

Grafo primale: utilizzare la rappresentazione standard della rete urbana, superare il “length problem” e incorporare la dimensione metrica dello spazio geografico.

In questo senso, nel *Multiple Centrality Assessment* i network di spazi sono rappresentati tramite grafi dove le entità geografiche a zero dimensioni (p. es. le intersezioni) vengono tradotte in entità del grafo a zero dimensioni (i nodi), e le entità geografiche a una dimensione (le strade) sono tradotte in entità del grafo a una dimensione (gli archi).

Vengono di seguito riportate, in modo schematico, le differenze tra *Space Syntax* e Mca a tal proposito.

Space Syntax

Utilizza una rappresentazione duale, o indiretta, in cui le strade sono tradotte in nodi e le intersezioni in archi, e dove:

- a) la rappresentazione duale richiede a ogni applicazione la costruzione di una nuova base informativa;
- b) la centralità non è calcolata su ogni nodo del grafo;
- c) l'identità della strada (che in questa rappresentazione è rappresentata da un nodo del grafo) si mantiene costante lungo una pluralità di intersezioni (gli archi).

Multiple Centrality Assessment

Il grafo primale, o pesato, contraddistingue Mca in tre modi:

- a) lavora sulla base di strati informativi secondo lo standard più diffuso e utilizzato nelle attività di pianificazione e georeferenziazione (formato ‘road centerline between – nodes’), a favore dell'affidabilità e controllabilità dei risultati, oltre che della spesa;
- b) la costruzione di questo grafo permette di ottenere mappe più dettagliate rispetto a *Space Syntax*: calcolando la centralità su ogni nodo del grafo, ciò garantisce che ogni arco sia sempre e solo compreso tra due nodi, e che solo attraverso tali nodi ci possa connettere all'intero sistema;
- c) la distribuzione spaziale delle centralità segue il flusso naturale dei valori di centralità del sistema, dipendendo solo dalle sue condizioni strutturali.

Distanza metrica: migliorare il realismo dell'analisi mettendo insieme i fattori cognitivi e performativi dei comportamenti sociali.

Nel Mca, i valori di centralità sono calcolati attraverso la distanza metrica anziché quella topologica (*step – distance*): la prima è tradizionale nelle scienze spaziali, mentre la seconda è lo standard per i network non spaziali; considerare la distanza metrica invece di quella topologica rende la rappresentazione più realistica e, oltre allo studio dello spazio cognitivo (che influenza l'uso degli spazi da parte dell'utenza), si consideri anche lo spazio performativo, nella misura in cui ambedue concorrono a formare i comportamenti collettivi.

Space Syntax

Utilizza la distanza topologica, che è data dal numero di passaggi (nodi) che è necessario eseguire nel percorso tra i due nodi che presenta minor numero di passaggi. Dati due percorsi di differente distanza metrica, ma con uguale numero di passaggi l'applicazione *Space Syntax* considererà (erroneamente) i due percorsi come aventi la stessa distanza.

Multiple Centrality Assessment

- Utilizza la distanza metrica: la distanza tra due nodi (d_{ij}) è un valore numerico che equivale alla lunghezza metrica degli archi che connettono i due nodi lungo il percorso minimo. La natura metrica di Mca è il risultato dell'utilizzo del grafo primale, che trattiene l'informazione metrica dell'entità geografica rendendo questa applicazione accessibile anche ai sistemi Gis.

Gli indici multipli di centralità: abbandonare i modelli di generalizzazione e superare l'«effetto bordo».

Mca percepisce la centralità come concetto molteplice, muovendo dall'assunto che i luoghi urbani (tanto centrali come marginali) hanno differenti modi di essere tali anche in considerazione del diverso processo evolutivo alla base della rete degli spazi considerati.

Space Syntax

Assegna importanza solo all'integrazione, alla centralità di vicinanza e alla concentrazione di tutti valori più alti verso il centro della mappa, col risultato di una rappresentazione fortemente distorta, definita "effetto bordo".

→

Multiple Centrality Assessment

Esistono molte prospettive in relazione alle quali un medesimo spazio può essere definito centrale, riconosciute in quattro definizioni: "essere vicini a", "essere tra", "essere raggiungibili in modo linealmente diretto da", "essere critici per".

La nozione di centralità gioca un ruolo fondamentale poiché evita il ricorso a qualunque "processo di riduzione della complessità utilizzato da geografi nella riduzione di scala di una mappa, costituito da un primo momento di unione dei segmenti stradali in un'unica entità e da una successiva selezione per importanza nella visualizzazione"²²: Space Syntax ricorre a una particolare procedura "axial mapping" che funziona come modello di generalizzazione (in quanto due strade adiacenti sono unite nell'entità superiore "asse" se sono allineate in termini rettilinei), procedura in buona parte soggettiva che permette però di sfuggire all'effetto bordo prima ricordato; in tal senso, procedere con Mca risolve il problema alla radice poiché non vi si basa esclusivamente sulla "closeness" ma, al contrario, risultano utilizzabili gli altri indici disponibili (possibilità offerta dal molteplice e non univoco approccio di Mca alla nozione di centralità).

Multiple Centrality Assessment e Space Syntax: risultati di ricerca e applicazioni pratiche

È già stato detto prima che un punto di forza del Mca è rappresentato dalle differenti applicazioni di stima della centralità; per esempio, da alcune analisi urbane emerge come luoghi centrali per "betweenness" siano senz'altro più vocati a sostenere attività quali il piccolo commercio e i servizi di comunità ma – anche se ciò mostra come ai luoghi centrali corrispondano determinate attività, qui potenzialmente localizzabili – è altrettanto vero che il risultato muta radicalmente laddove si consideri lo stesso contesto territoriale a una scala differente, per cui luoghi considerabili centrali potranno così ritenersi marginali.

È in ogni modo assodato che ogni struttura urbana risulta caratterizzata da un "ordine nascosto [...] organico ed evolutivo, lontanissimo da una geometria visibile di tipo euclideo", ordine che "assicura al sistema storico tradizionale il miglior rapporto tra efficienza e costo"²³ e che fa intuire un valore predittivo del Mca come supporto operativo alle pratiche di piano soprattutto per l'individuazione dei siti di riqualificazione urbana²⁴.

²² Porta S. e Latora V., 2006, "Multiple Centrality Assessment. Centralità e ordine complesso nell'analisi spaziale e nel progetto urbano", *Territorio*, n. 39.

²³ Porta S. e Latora V., 2006, "Multiple Centrality Assessment. Centralità e ordine complesso nell'analisi spaziale e nel progetto urbano", *Territorio*, n. 39; in questo senso la ricerca di Porta e Latora ha chiarito aspetti essenziali della natura della centralità spaziale e della sua distribuzione in network di strade urbane, mostrando come la centralità caratterizza l'ordine che presiede la forma della struttura urbana e come i tessuti di matrice storica medievale presentino caratteri di efficienza che li avvicinano ai sistemi "small worlds".

²⁴ Applicazioni di questo genere sono da almeno tre decenni il "core business" di due strutture, Space Syntax Ltd. e Intelligent Space Partnership Ltd., nate direttamente come spin-off di attività di ricerca interna ad ambiti universitari; se, in quest'ottica si è trattato prevalentemente di Mca, ciò non vuol dire che lo Space Syntax sia del tutto superato: diversi sono gli esperimenti che di recente hanno mostrato l'utilità dello strumento integrato con le nuove releases di strumenti Gis, tramite cui sono effettuabili ulteriori analisi spaziali integrando i dati provenienti dall'analisi configurazionale con altre informazioni: tramite "Visual Basic for Application", comando interno agli oggetti di ArcObjects, con l'utilizzo dei dati territoriali sugli assi delle strade urbane e sugli edifici del centro esaminato; una particolare applicazione di Space Syntax è riportata in Lombardo S. and Petri M., 2007, "The simulation of spatial change: what relation between knowledge and modelling? A proposal and its application" in *The Dynamics of Complex Urban Systems. An Interdisciplinary Approach*, Albeverio S., Andrey D., Giordano P. and Vancheri A. (edited by), Physica-Verlag Heidelberg, New York, 335-356. Rispetto a queste esperienze di configurazione urbana, dalla mappa delle centralità è emerso come gli spazi a maggior grado di centralità siano quelli che gli psicologi gestaltici considerano "più aperti", ma risultano alcuni spazi nel centro cittadino a bassi valori di centralità: la difficoltà di raggiungere tali aree, accessibili tramite vicoli e stradine, si presenta a livello sia di percezione gestaltica ("forme ostili") sia di calcolo vettoriale (basso grado di centralità).

Tornando a considerare il *Multiple Centrality Assessment*, è possibile individuarlo come strumento utile per esaminare un'armatura urbana, e la valutazione di centralità consente di stimare i potenziali dei suoi spazi nell'attrarre i flussi pedonali, l'attenzione collettiva, le funzioni primarie e secondarie di tipo commerciale e di servizio, facendo produrre in ambiente Gis mappe dettagliate di centralità dei luoghi; lo sviluppo delle corrispondenti applicazioni di campo procede oggi in quattro direzioni:

- a) un primo approfondimento concerne le relazioni tra centralità e dinamiche localizzative urbane (sperimenti in tal senso hanno luogo a Barcellona²⁵ e nel Regno Unito, col progetto "City Form"²⁶);
- b) un secondo filone riguarda l'evoluzione storica delle forme urbane, alla ricerca del ruolo delle centralità nello sviluppo dell'assetto spaziale (in questa direzione ci si muove più oltre, con l'analisi delle soglie storiche nell'evoluzione dell'armatura urbana e del reticolo infrastrutturale di Como);
- c) un terzo punto è rappresentato dalla sperimentazione di Mca per valutare quanto una porzione urbana sia centrale rispetto alla sua posizione locale (il territorio d'analisi) e globale (il network reale), senza dimenticando le funzioni distintive del tessuto socio/economico²⁷ della realtà comunale analizzata;
- d) infine, un ultimo sviluppo in atto concerne l'applicazione della "*modellistica convenzionale della simulazione dei trasporti e del traffico di diversi indici di centralità*"²⁸, assumendo da quella tradizione una ponderazione del network più complessa rispetto alla semplice distanza metrica.

Diamo conto nel seguito delle definizioni operative dei possibili indicatori di *Multiple Centrality Assessment*, che verranno poi considerati nella caratterizzazione dell'assetto spaziale urbano comasco.

Betweenness Globale

La centralità di *betweenness* di un nodo si ottiene calcolando quanti – tra i percorsi più brevi che connettono un nodo a ogni altro nodo – lo attraversano; ripetuto il calcolo per ogni nodo, la *betweenness* dell'arco è la media di quella dei suoi due nodi iniziale e finale; in un sistema urbano, la centralità di *betweenness* risulta in genere assai correlata alla localizzazione dei negozi e servizi, ed è una misura rilevante specie per le politiche di riqualificazione urbanistica dei quartieri, in quanto consente di individuare le strade di maggior potenziale per l'assunzione del ruolo di "spine" dei quartieri, centri erogatori dei servizi di base e ordinatori dell'assetto urbanistico complessivo; in tali spazi dovrebbero concentrarsi le azioni di "*traffic calming*" o i progetti d'interazione sociale per sostenere la vitalità delle reti di piccolo commercio e di erogazione di servizi.

Straightness Globale

La centralità di *straightness* di un nodo si ottiene calcolando quanto il percorso minimo stradale, che collega quel nodo con ogni altro nodo, si discosta dal percorso virtuale rettilineo, o topologico (in "linea d'aria"): se esiste realmente un percorso rettilineo, la sua *straightness* è = 1, al contrario è tra 0 e 1; l'interpretazione della misura è meno immediata della *betweenness*, ma la *straightness* cattura una componente rilevante per la psicologia ambientale e le scienze cognitive, i fenomeni legati alla percezione e all'orientamento nei sistemi ambientali complessi: luoghi con più *straightness* sono più presenti e riconoscibili nelle "mappe mentali" degli utilizzatori come componenti dell'ossatura percettiva dello spazio.

Closeness Globale

La centralità di *closeness* di un nodo viene stimata calcolando la sua distanza da tutti gli altri nodi (misura globale) o da un sottoinsieme di nodi posti entro una distanza *d* da esso (misura locale); è la misura più vicina alla "accessibilità" di tradizione trasportistica e geo/economica ma, nel nostro contesto, assume un significato

²⁵ <http://www.bcnecologia.net/>

²⁶ <http://www.city-form.com/>

²⁷ Si ricorda che ogni spazio, da intendersi come realtà/sistema complesso, esprime propri caratteri e possibili elementi ricorrenti; ma, per far emergere le più caratteristiche correlazioni spaziali occorre effettuare un'esplorazione socio economica locale che, in questo caso, è stata redatta partendo dall'analisi della banca dati Tarsu (Db del Servizio tributi, utilizzato per la riscossione della tassa dei rifiuti solidi urbani rispetto ai mq a ruolo delle utenze domestiche e non domestiche, ora in molte realtà comunali divenuta tassa di igiene ambientale), assumendo di escludere le attività produttive e considerando invece tutte le attività commerciali e artigianali, il terziario avanzato e quello specializzato, le attività di servizio alla residenza e i luoghi di aggregazione.

²⁸ S. Porta e V. Latora, 2006, "Multiple Centrality Assessment. Centralità e ordine complesso nell'analisi spaziale e nel progetto urbano", *Territorio*, n. 39.

diverso: al variare della d , infatti, la *closeness* individua i sistemi spaziali più compatti e interconnessi, quelli dove le opportunità territoriali sono più “a portata di mano”; tali sistemi, componente rilevante degli “hot spot” urbani, assumono un significato di rilievo (specie nella pianificazione urbana e territoriale) in quanto consentono di localizzare i nodi su cui articolare sia il network dei trasporti pubblici di linea sia il reticolo insediativo dei quartieri e distretti sia, infine, l’armatura dei servizi.

Le fasi operative per il calcolo degli indici di centralità del network stradale (MCA)

Il dato di input è, nel caso di Como, il grafo geografico²⁹ alla soglia del 2006 (network reale).

Tramite le routines in ambiente Gis per la valutazione della bontà del network è stata ricavata la matrice di connettività³⁰ assegnando come output uno strato informativo identico (dal punto di vista fisico) al network di input, col valore aggiunto di aver associato a ogni arco del network la lunghezza reale e le coordinate (rispetto al sistema di riferimento assunto) del TNode e del FNode.

Nel seguito, s’evidenzia uno stralcio di tale tabella:

EDGE_ID	FNODE	X_FNODE	Y_FNODE	TNODE	X_TNODE	Y_TNODE	LENGTH
1	542	1509469,27499999000	5031573,33000000000	543	1509429,39599999000	5031556,50700000000	43,28218998610
2	543	1509429,39599999000	5031556,50700000000	540	1509497,99542999000	5031383,87939000000	185,75836977200
3	540	1509497,99542999000	5031383,87939000000	541	1509394,76218999000	5031343,69464000000	110,77867733000
4	540	1509497,99542999000	5031383,87939000000	538	1509524,32337000000	5031319,72236000000	69,34900966440
5	538	1509524,32337000000	5031319,72236000000	539	1509339,33495000000	5031177,06649999000	277,19470479600
6	538	1509524,32337000000	5031319,72236000000	536	1509534,71598000000	5031294,36440000000	27,40497361730
7	534	1509348,34188000000	5031445,81933999000	537	1509324,09246000000	5031515,10338999000	73,40513670090
8	543	1509429,39599999000	5031556,50700000000	537	1509324,09246000000	5031515,10338999000	113,15076226500
9	537	1509324,09246000000	5031515,10338999000	535	1509185,52435000000	5031467,50523999000	146,51519556300
10	539	1509339,33495000000	5031177,06649999000	532	1509462,72985000000	5030909,14506999000	294,97151024600
...	...	...	...	...	...	...	...

La matrice di connettività è stata trattata all’interno dell’applicativo CLI³¹, che calcola la centralità dei nodi di un network come valore medio dei nodi estremi e il cui output consiste in nove nuove tabelle: 1) MST (*Minimum Spanning Tree*) *Betweenness*; 2) *Nodes Betweenness*; 3) *Nodes Straightness*; 4) *Nodes Global Closeness*; 5) sei intervalli, partendo da 200 m, di passo 200 m di *Nodes Local Closeness*; 6) *Edges Betweenness*; 7) *Edge Straightness*; 8) *Edge Global Closeness*; 9) sei intervalli, partendo da 200 m, di passo 200 m di *Edge Local Closeness*; si veda sotto uno stralcio della tabella attributi, dopo il *join* con gli esiti degli indicatori sopra esposti:

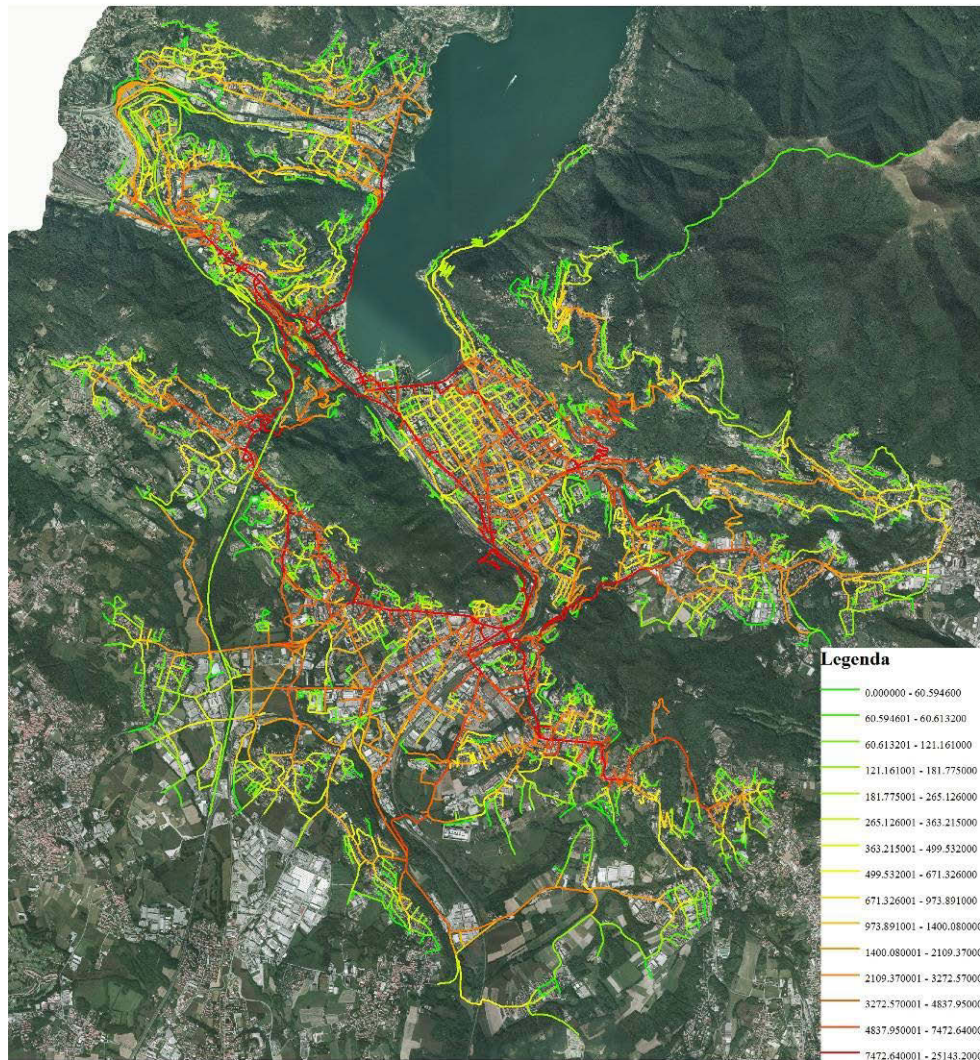
Shape	EDGE_ID	FNODE	X_FNODE	Y_FNODE	TNODE	X_TNODE	Y_TNODE	LENGTH	BET	STR	CLOS	CLOS200	CLOS400	CLOS600	CLOS800	CLOS1000	CLOS1200	MST
Polyline	1	542	1509469,275	5031573,33	543	1509429,396	5031556,507	43,282190	732,21	71098,90000	26,1053	878,966	454,256	363,638	344,787	223,101	132,593	0,007322
Polyline	2	543	1509429,396	5031556,507	540	1509497,995	5031383,879	185,758370	1826,6	71002,70000	26,9089	810,954	462,101	381,326	326,637	191,355	127,167	0,018266
Polyline	3	540	1509497,995	5031383,879	541	1509394,762	5031343,694	110,778677	1094,39	68289,60000	27,1607	776,055	435,882	339,057	281,524	171,33	123,747	0,010944
Polyline	4	540	1509497,995	5031383,879	538	1509524,323	5031319,722	69,349010	2548,24	70699,60000	27,8268	974,049	439,738	351,213	286,051	159,24	123,348	0,025482
Polyline	5	538	1509524,323	5031319,722	539	1509339,334	5031177,066	277,194705	3264,42	71285,50000	29,2258	2133,32	404,413	270,498	209,414	152,911	125	0,032644
Polyline	6	538	1509524,323	5031319,722	536	1509534,715	5031294,364	27,404974	1453,85	69941,60000	27,9808	1347,17	428,261	307,133	247,353	158,818	122,979	0,014539
Polyline	7	534	1509348,341	5031445,819	537	1509324,092	5031515,103	73,405137	793,25	65109,60000	25,2725	785,25	456,513	365,431	270,98	242,55	167,224	0,003673
Polyline	8	543	1509429,396	5031556,507	537	1509324,092	5031515,103	113,150782	1099,51	69088,60000	25,6784	786,828	471,889	387,79	336,156	227,164	148,634	0,010995
Polyline	9	537	1509324,092	5031515,103	535	1509185,524	5031467,505	146,515196	367,298	64638,20000	25,0491	749,838	440,741	337,757	271,298	224,433	164,615	0,003673
Polyline	10	539	1509339,334	5031177,066	532	1509462,729	5030909,145	294,971510	3975,15	72234,20000	31,7857	2172	366,083	245,081	185,666	157,828	137,531	0,039752
Polyline	11	532	1509462,729	5030909,145	533	1509468,965	5030994,595	15,629549	4539,9	72921,60000	33,2903	1241,89	373,61	260,777	201,948	169,191	148,746	0,045399
Polyline	12	533	1509468,965	5030994,595	530	1509323,468	5030890,438	145,655883	2452,41	71201,30000	33,5385	1032,2	415,709	267,436	206,307	169,807	146,18	0,034524
Polyline	13	530	1509323,468	5030890,438	531	1509292,155	5030974,962	98,557062	77,0747	72074,60000	33,4124	761,851	441,826	288,364	205,416	165,328	141,889	0,000000
Polyline	14	530	1509323,468	5030890,438	528	1509324,161	5030830,854	59,588312	398,674	71425,00000	34,0132	779,102	451,826	276,235	213,638	173,247	145,664	0,000000
Polyline	15	528	1509324,161	5030830,854	529	1509497,371	5030835,703	173,278014	2939,41	72245,60000	34,1927	829,428	403,302	276,536	211,73	174,717	150,174	0,023934
Polyline	16	529	1509497,371	5030835,703	533	1509468,965	5030894,595	65,384472	4993,15	72921,60000	33,718	1082,52	367,186	267,738	204,399	171,277	150,69	0,049932
Polyline	17	532	1509462,729	5030909,145	527	1509678,896	5030877,967	272,650448	2164,57	69204,60000	31,8379	580,43	349,766	229,482	160,565	152,055	133,692	0,021646
Polyline	18	529	1509497,371	5030835,703	526	1509568,041	5030697,620	155,116594	6072,87	73882,60000	34,9081	873,624	373,147	265,695	209,326	179,098	152,998	0,060729
Polyline	19	526	1509568,041	5030697,620	525	1509762,036	5030788,105	214,060094	3822,36	73842,30000	34,5003	892,749	373,489	247,645	194,346	168,978	144,693	0,038224
Polyline	20	525	1509762,036	5030788,105	524	1509667,117	5030978,636	274,979734	367,298	70611,50000	31,8637	440,184	330,453	227,644	165,36	139,211	123,066	0,003673
Polyline	21	525	1509762,036	5030788,105	523	1509851,482	5030856,489	113,588822	367,298	73247,50000	32,6461	880,368	334,065	225,144	167,874	144,425	128,928	0,003673
Polyline	22	521	1509804,138	5030793,025	522	1509917,995	5030610,184	184,462925	367,298	75530,00000	34,3973	598,022	400,732	235,956	171,093	142,827	117,304	0,003673
Polyline	23	522	1509917,995	5030610,184	519	1510009,727	5030347,043	278,288408	367,298	70522,50000	33,8908	326,964	375,804	223,725	170,623	138,459	116,266	0,003673
Polyline	24	522	1509917,995	5030610,184	520	1509884,046	5030493,648	121,380835	1099,51	76541,30000	36,2655	666,828	373,245	232,049	190,261	152,01	119,415	0,010995
Polyline	25	520	1509884,046	5030493,648	517	1509899,288	5030601,731	123,064332	732,21	76004,00000	36,2494	746,155	364,109	225,768	187,877	150,76	119,193	0,007322
Polyline	26	519	1509899,288	5030601,731	518	1509917,995	5030610,184	184,462925	4073,67	76106,60000	36,4748	746,155	364,109	225,768	187,877	150,76	119,193	0,007322

²⁹ Stradario digitale.

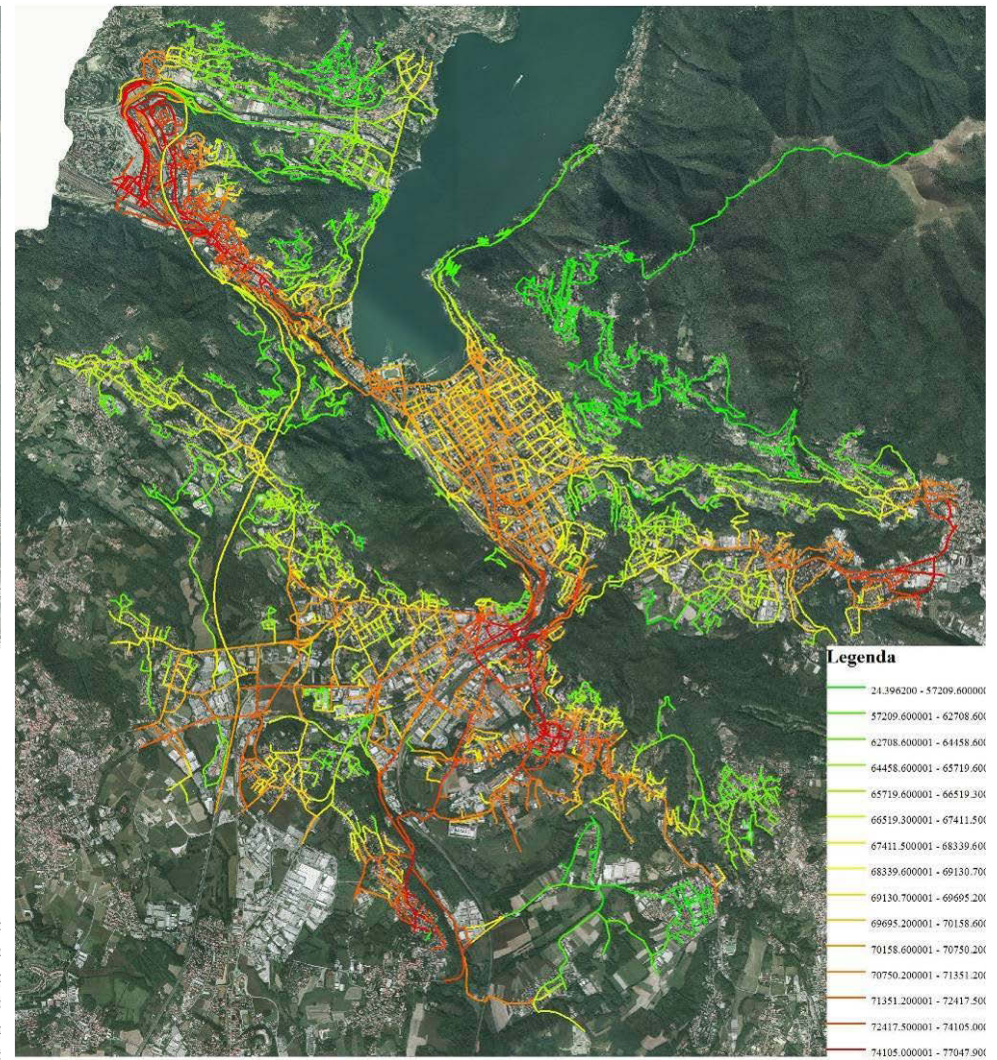
³⁰ Consiste nell’elaborazione di una matrice di connettività partendo dall’elaborazione degli archi e dei nodi del network reale.

³¹ Shell in ambiente Dos che restituisce in output dieci files *.txt di analisi.

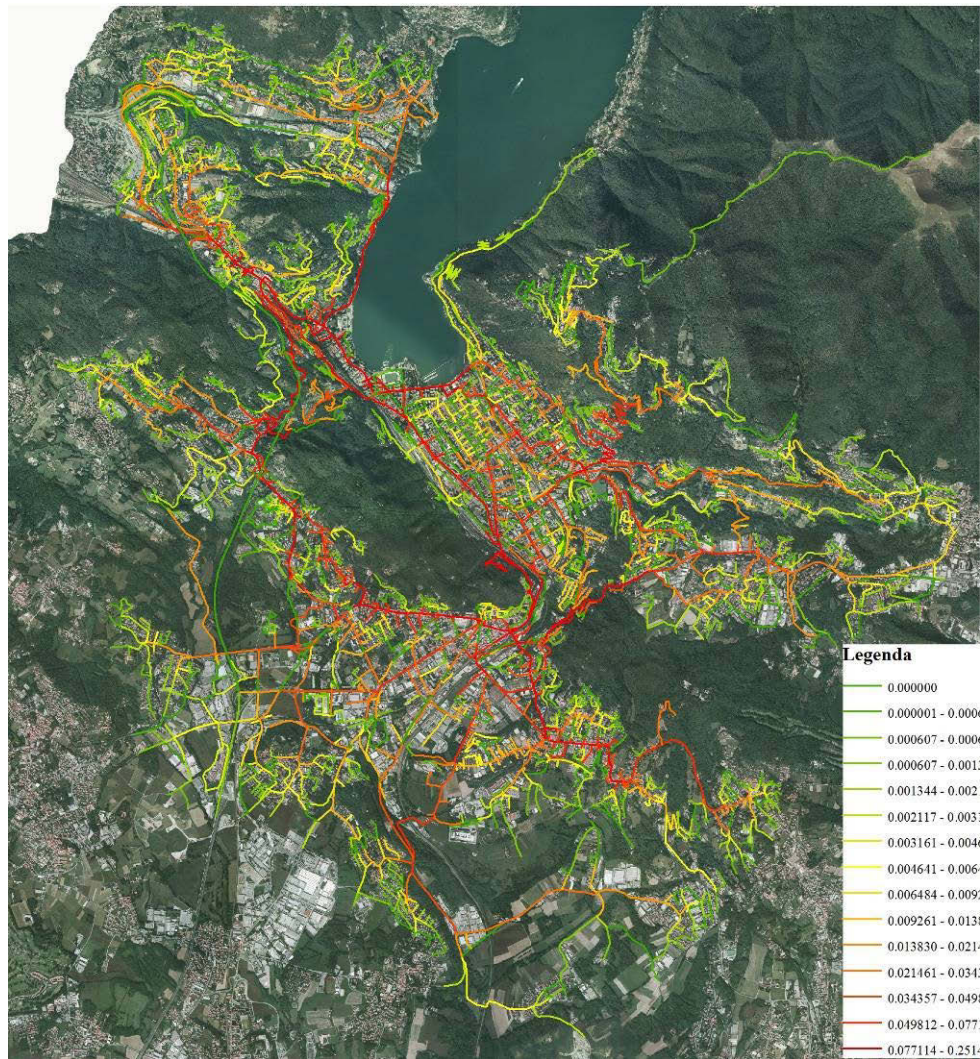
Ogni indice di centralità viene mappato; nel seguito la rappresentazione delle misure prodotte:



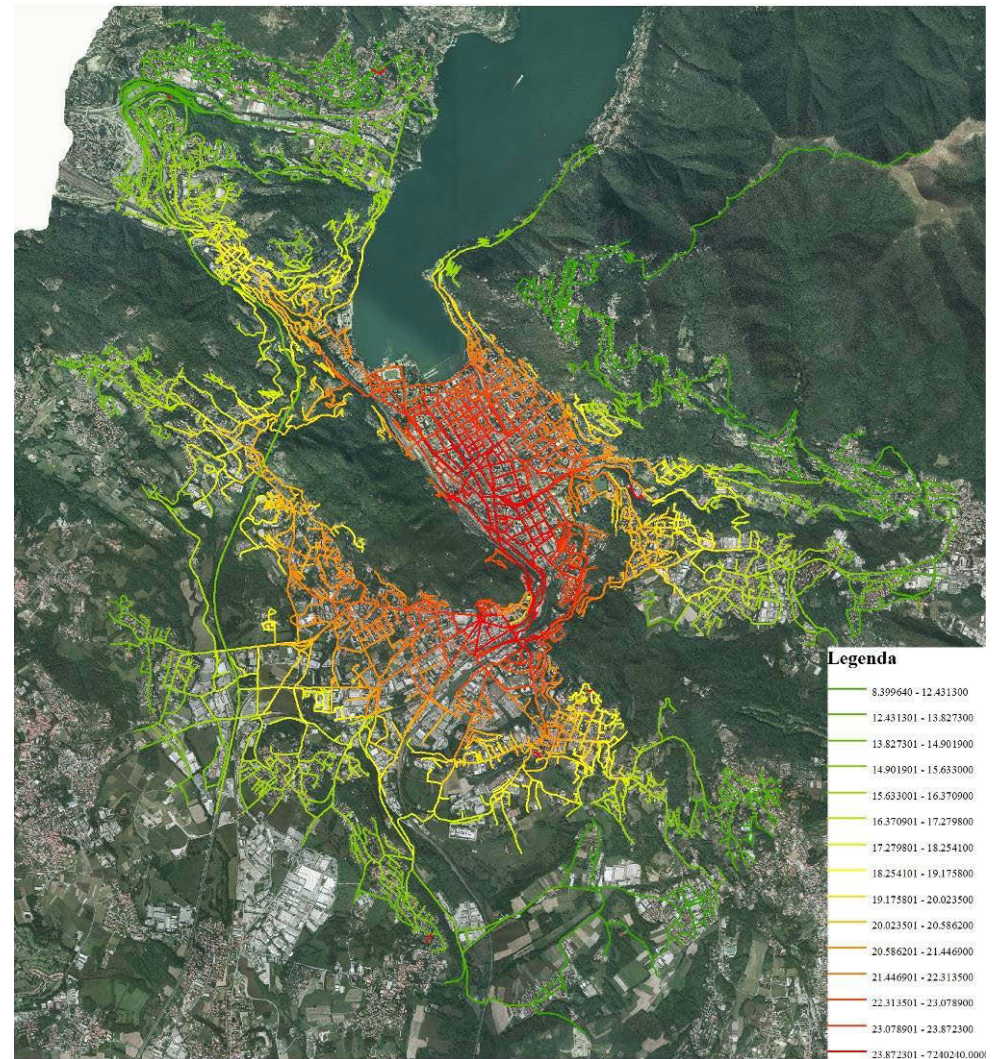
Edge Betweenness (network 2006)



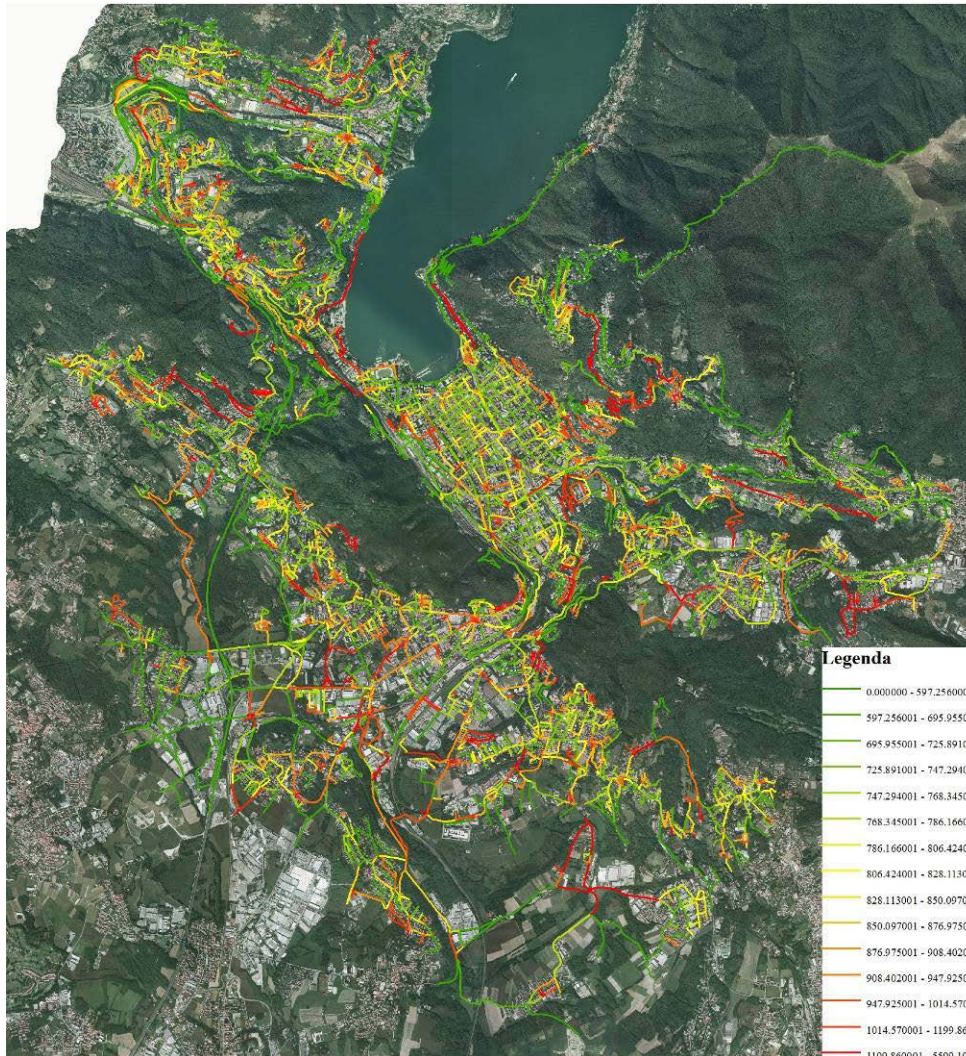
Edge Straightness (network 2006)



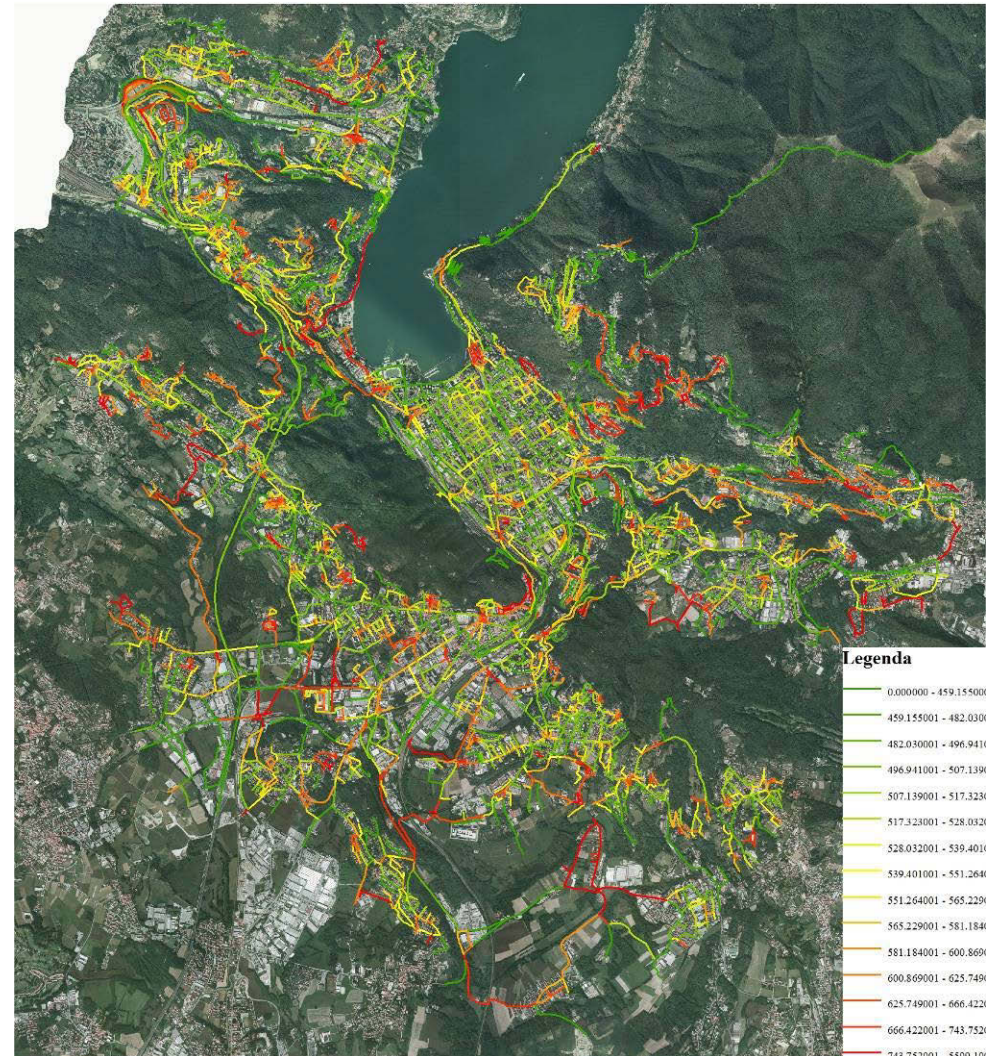
Mst (Minimum Spanning Tree) (network 2006)



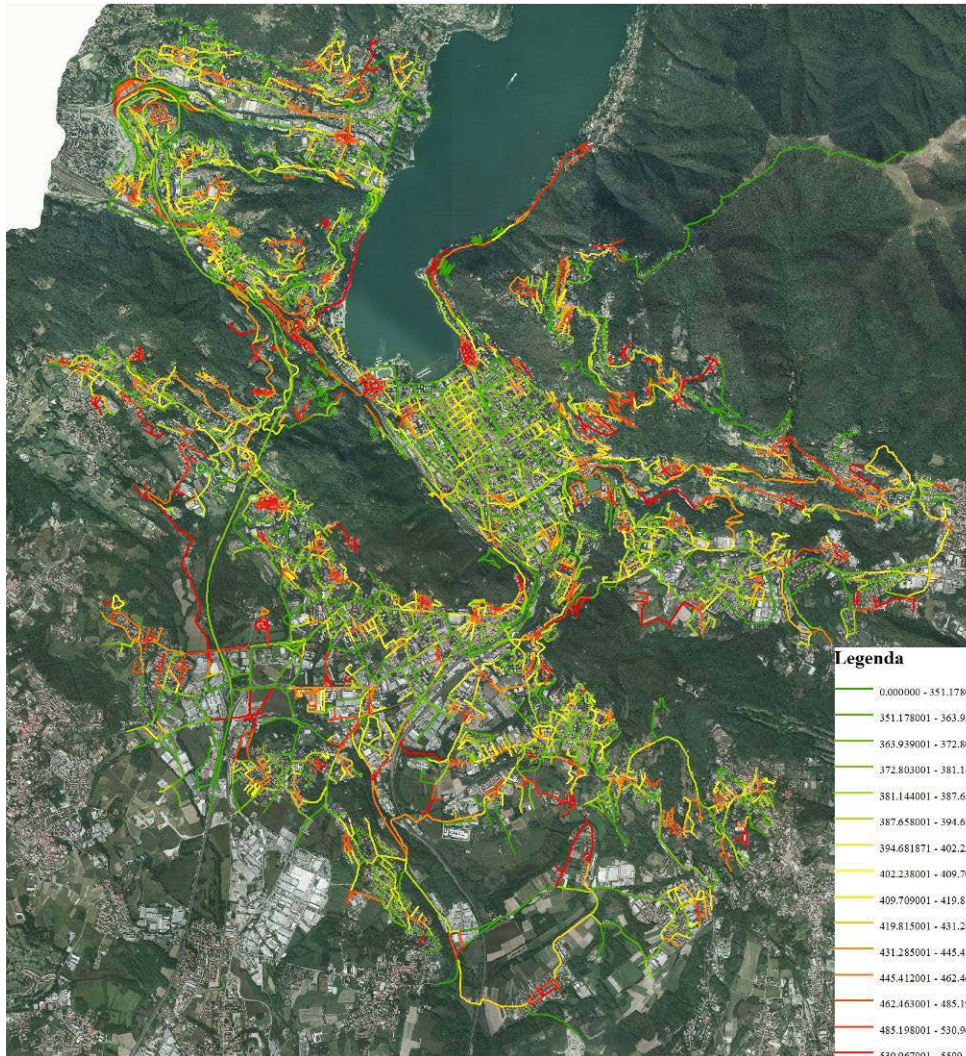
Global Closeness (network 2006)



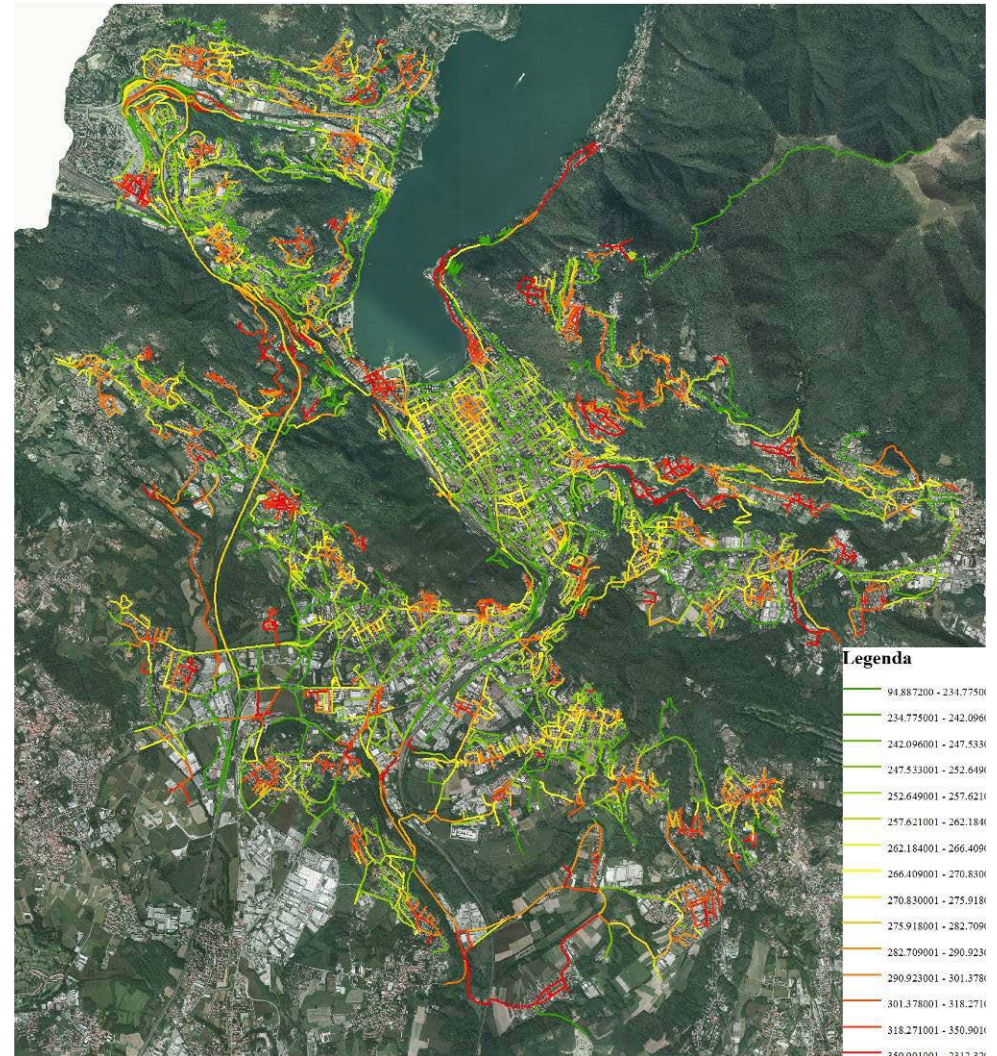
Local Closeness 200 (network 2006)



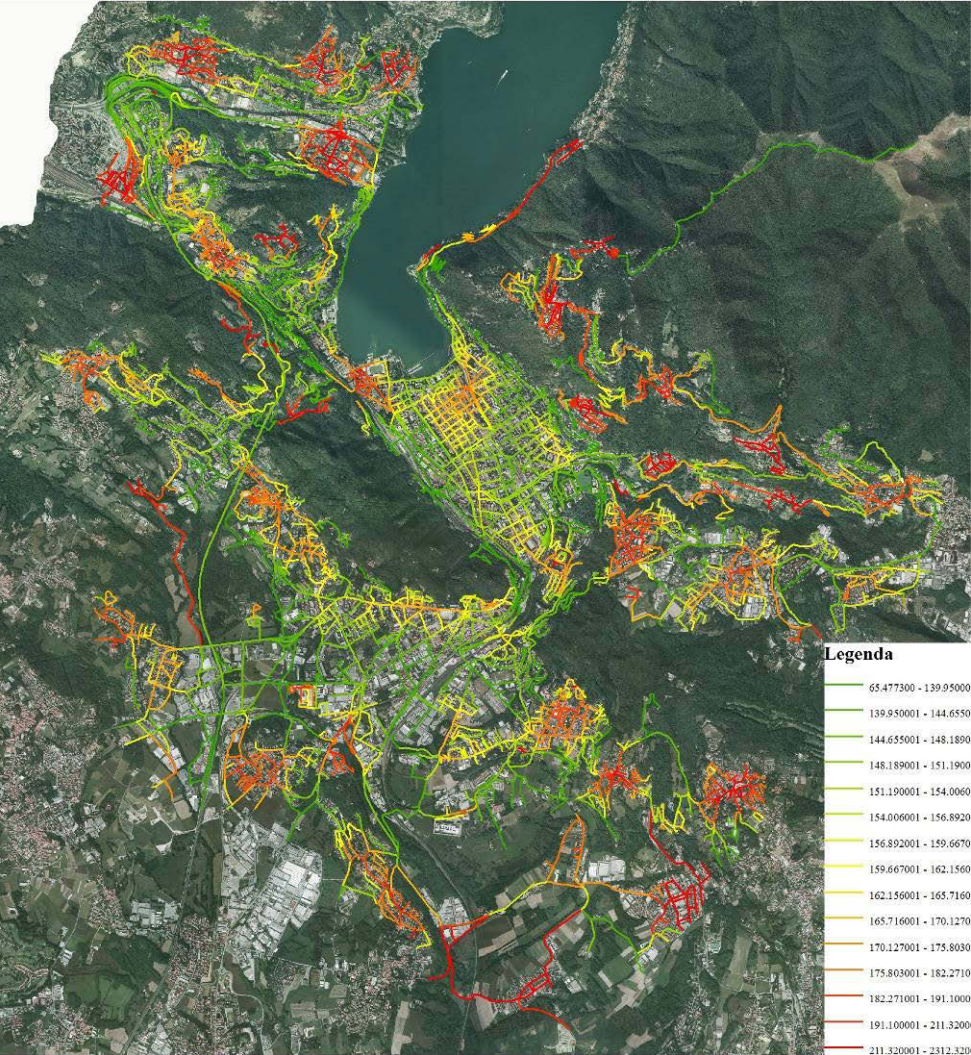
Local Closeness 300 (network 2006)



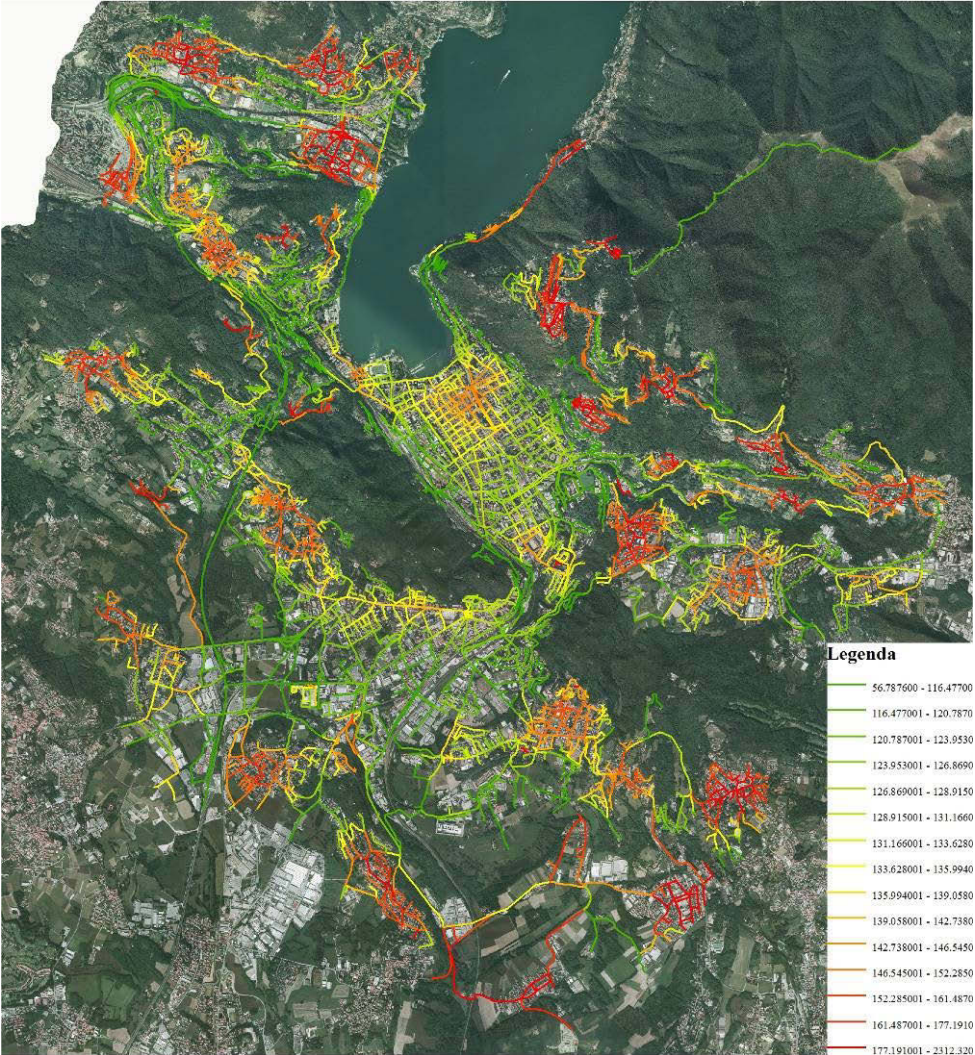
Local Closeness 400 (network 2006)



Local Closeness 600 (network 2006)



Local Closeness 1000 (network 2006)



Local Closeness 1200 (network 2006)

La Kernel – density³² degli indici di centralità

Le dinamiche spaziali non hanno natura binaria (c'è/non c'è) né procedono a “salti”³³, e l'applicazione geo-statistica di *Kernel Density* ne stima la gradualità disaggregando un'area studio in celle di lato noto muovendo³⁴, nell'analisi, dall'ambiente continuo a quello discreto; quindi, per ogni cella si “conteranno” gli eventi disponibili entro una distanza h stabilita³⁵ assegnando maggiore importanza a quelli più vicini alla cella, e calcolando così la densità degli eventi considerati.

Nel caso di Como, le strade (network 2006, pesate secondo la loro centralità di *betweenness*) e le categorie di attività correlate con la componente socio economica³⁶, raggiungono il duplice risultato:

i) da un lato, di ottenere rappresentazioni più accurate e incisive nella distribuzione spaziale delle proprietà analizzate (centralità e presenza di attività),

ii) dall'altro, la stima della correlazione statistica tra le due variabili rispetto allo spazio discreto analizzato).

L'esito della misura di densità determinerà così quanto, all'aumentare di una variabile, aumenti anche l'altra: nel caso urbano comasco considerato, verranno di conseguenza rappresentate le celle espressive di maggior densità di centralità e maggior densità di attività³⁷.



³² Si tratta di una funzione di analisi spaziale, presente nell'estensione *Spatial Analyst* di ArcGis, per rappresentare una mappa di densità basandosi sull'algoritmo di Kernel (funzione statistica *quadratic kernel function* descritta da Silverman, 1986) il cui esito esprime una superficie di forma circolare, uniformemente distribuita, dal valore maggiore in corrispondenza del punto e progressivamente decrescente all'aumentare della distanza dal punto, fino a raggiungere il valore nullo alla distanza corrispondente al raggio d'indagine assegnato; la densità di ogni cella è calcolata sommando i valori di tutte le superfici che interessano il suo centro.

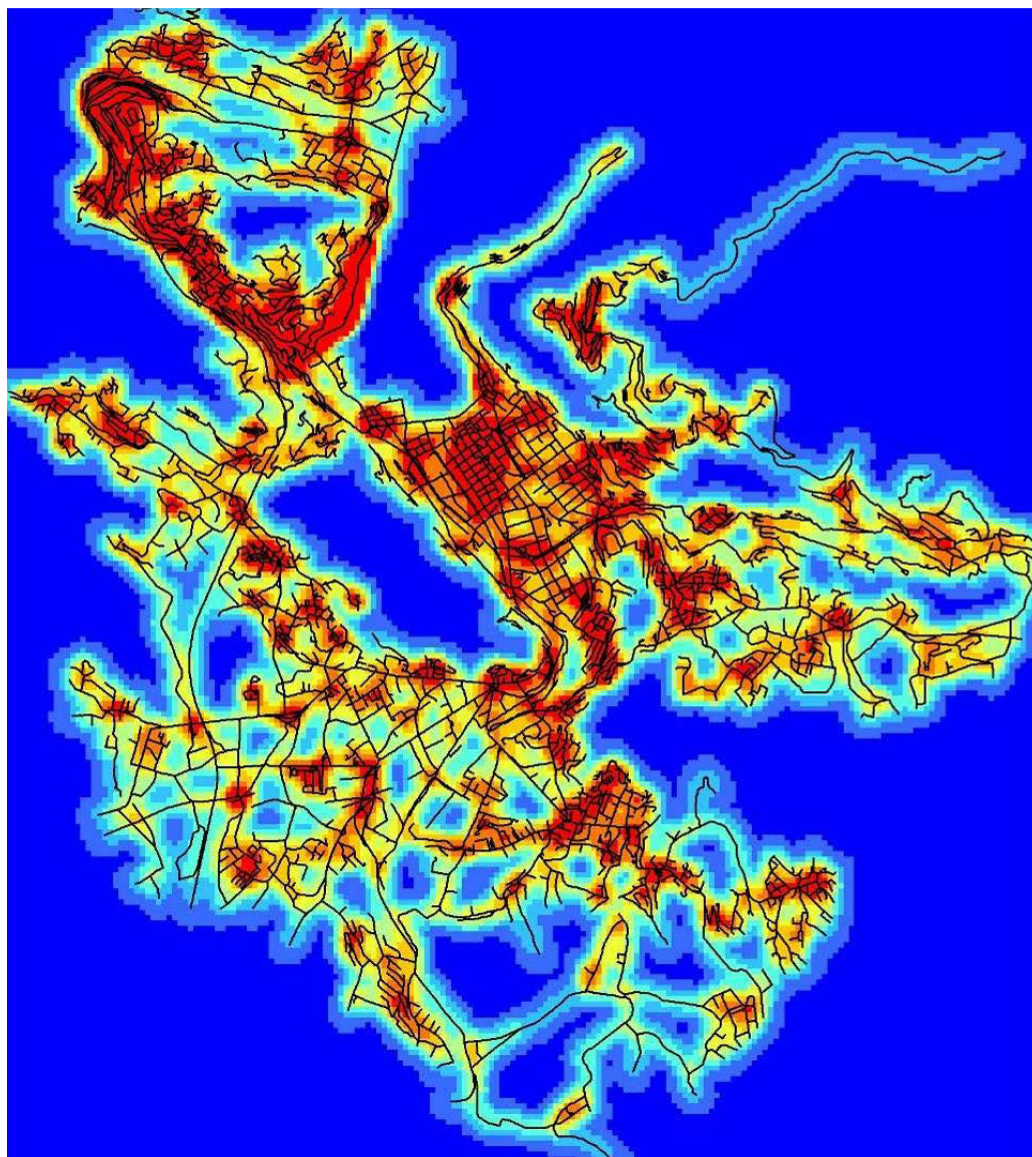
³³ Per esempio, in una posizione urbana data, il maggior beneficio deriva dalla sua prossimità alla strada più centrale ma, allo spostarsi sulla strada parallela, indubbiamente quel beneficio prosegue anche se con intensità minore; ancora, sempre in quella stessa posizione, si utilizzano campi fenomenologici graduati (“smooth”) che declinano all'allontanarsi della sorgente del fenomeno e, per dirla una, se si decide che il campo d'utilizzo massimo è di 400 m (distanza pedonale), dalla posizione data si potrà fruire di tutti gli eventi entro 400 m ma si percepiranno più quelli vicini e meno gli altri.

³⁴ Nel nostro caso sono state considerate celle di lato 50 m.

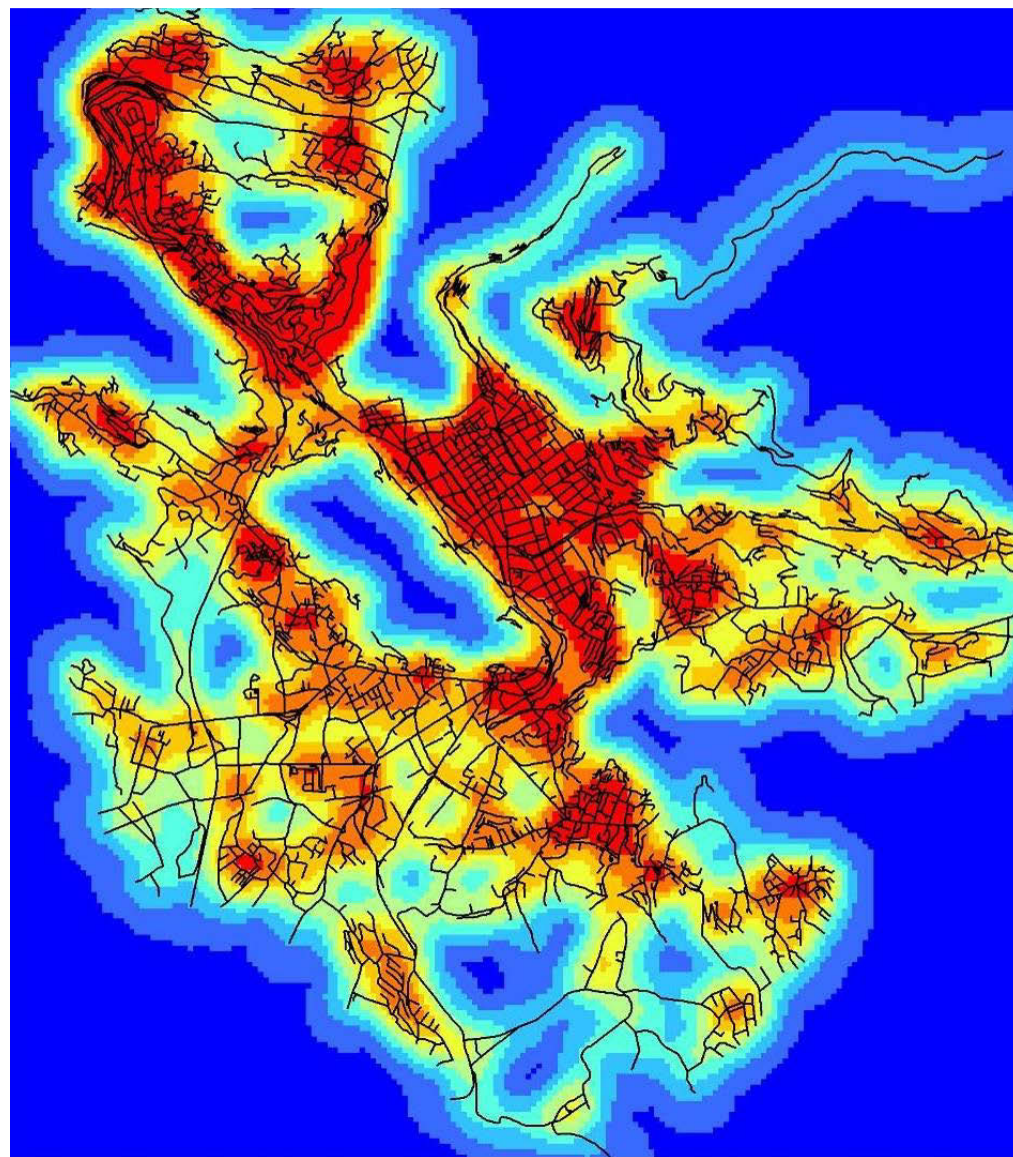
³⁵ Nell'analisi di Como sono stati assunti 400 m.

³⁶ Si è assunto, quindi, di escludere i capannoni e le attività produttive (luoghi nei quali si svolge esclusivamente produzione), e considerando invece tutte le attività commerciali, le attività artigianali, il terziario avanzato, il terziario specializzato, le attività di servizio alla residenza e i luoghi di aggregazione.

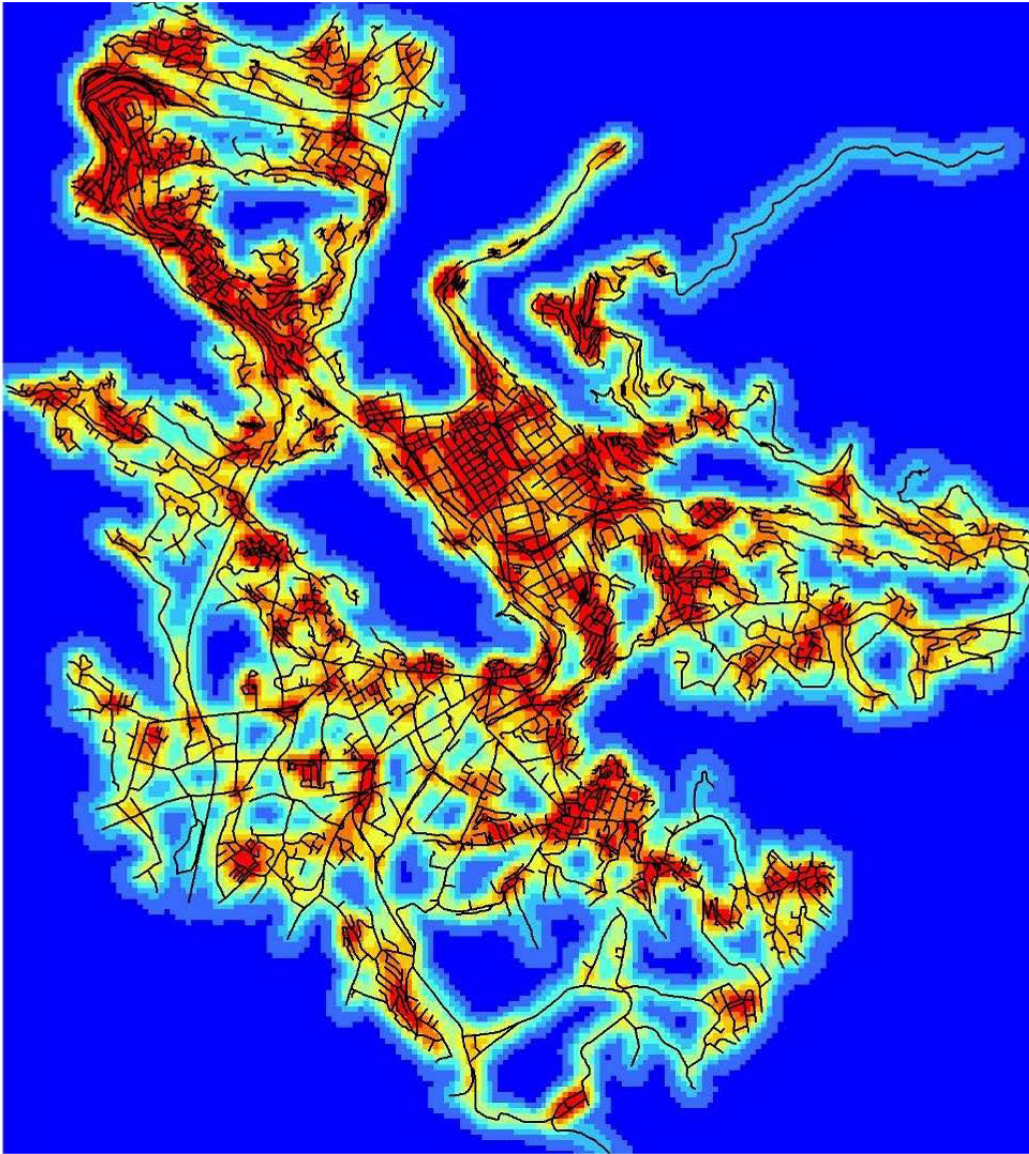
³⁷ Sempre entro un raggio di 400 m; ma ovviamente non sono da trascurare anche le altre modalità determinate.



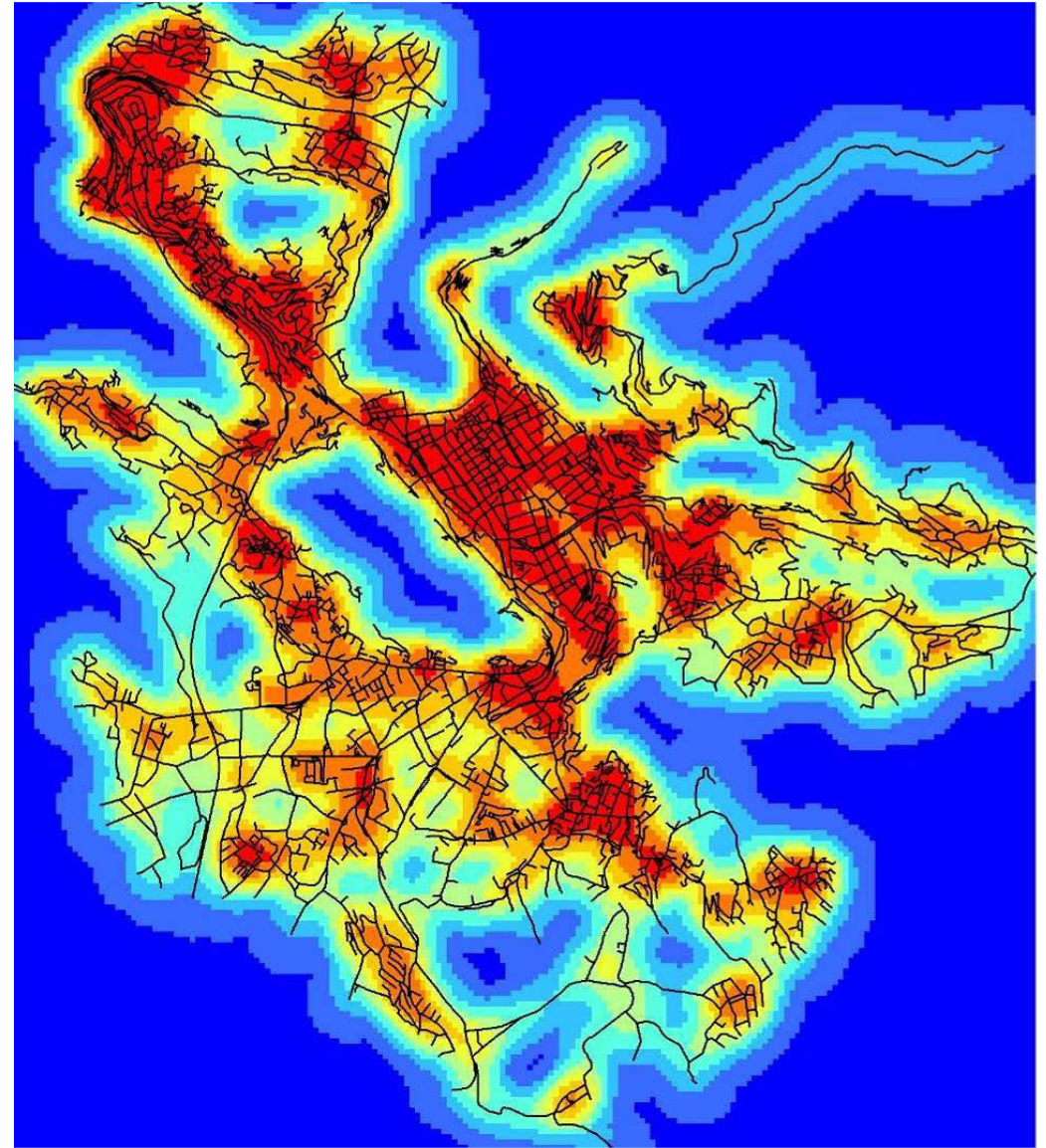
KD Edge Local Closeness 400 (network 2006)
cell size 50m radius 200m (9 cls – Quantile)



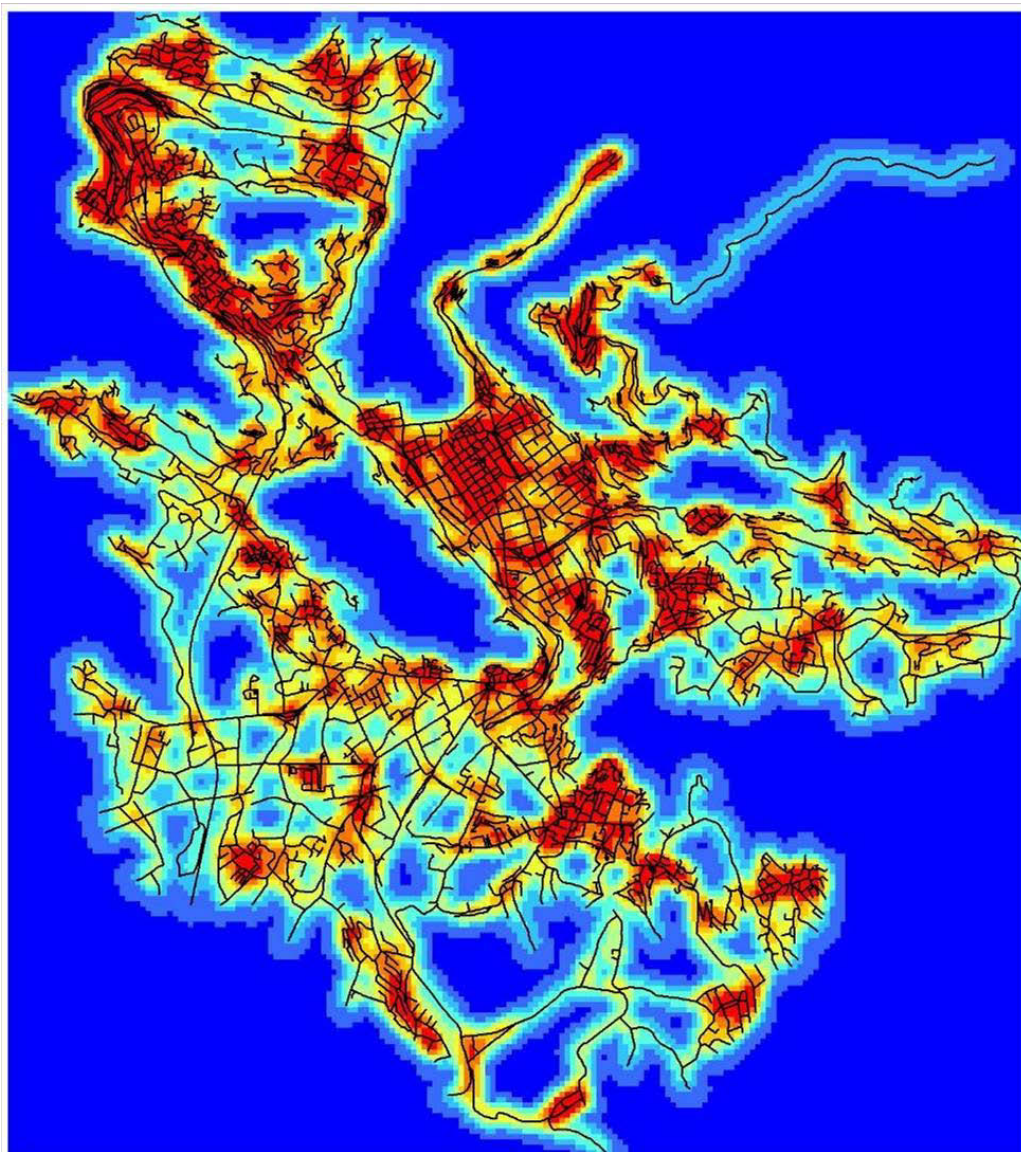
KD Edge Local Closeness 400 (network 2006)
cell size 50m radius 400m (9 cls – Quantile)



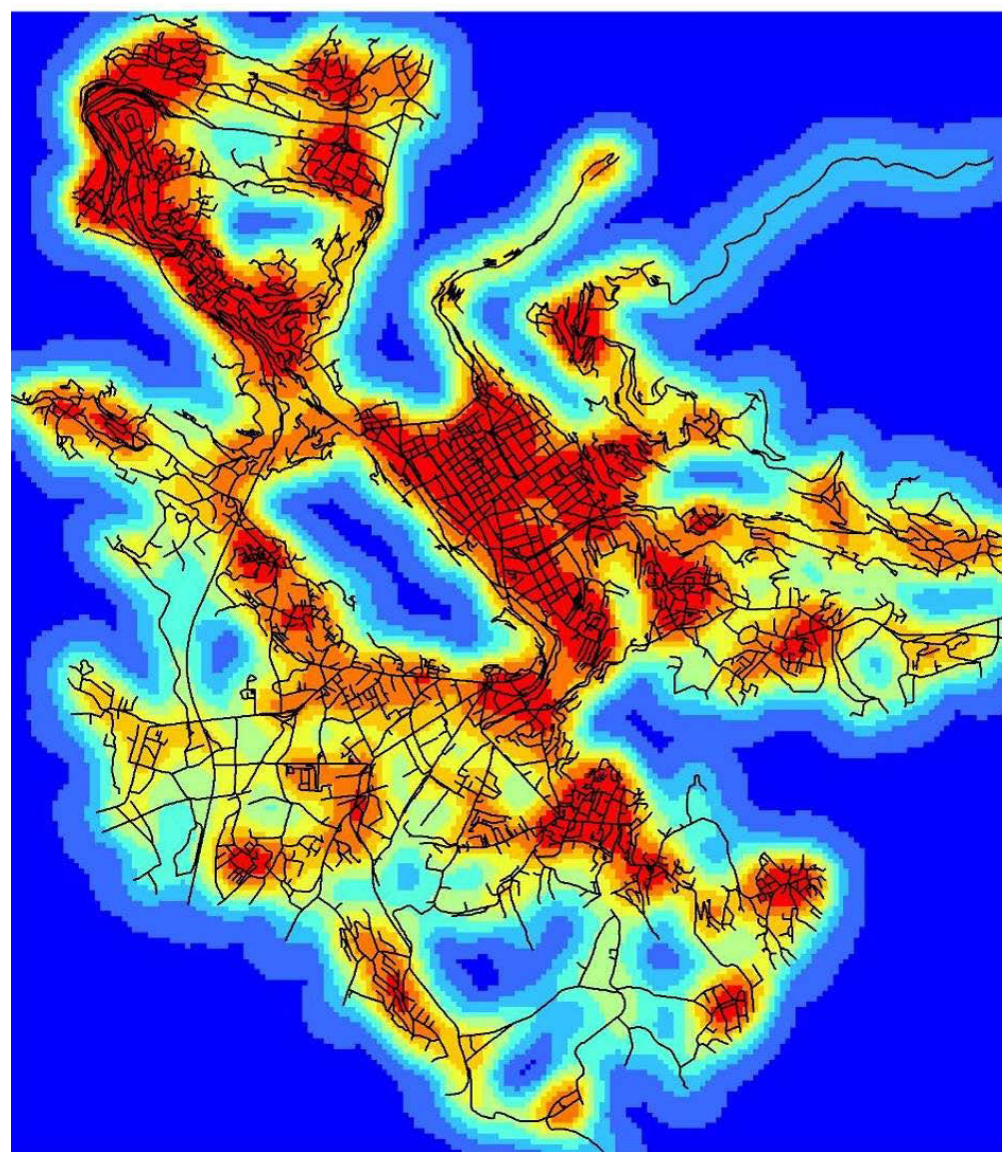
KD Edge Local Closeness 600 (network 2006)
cell size 50m radius 200m (9 cls – Quantile)



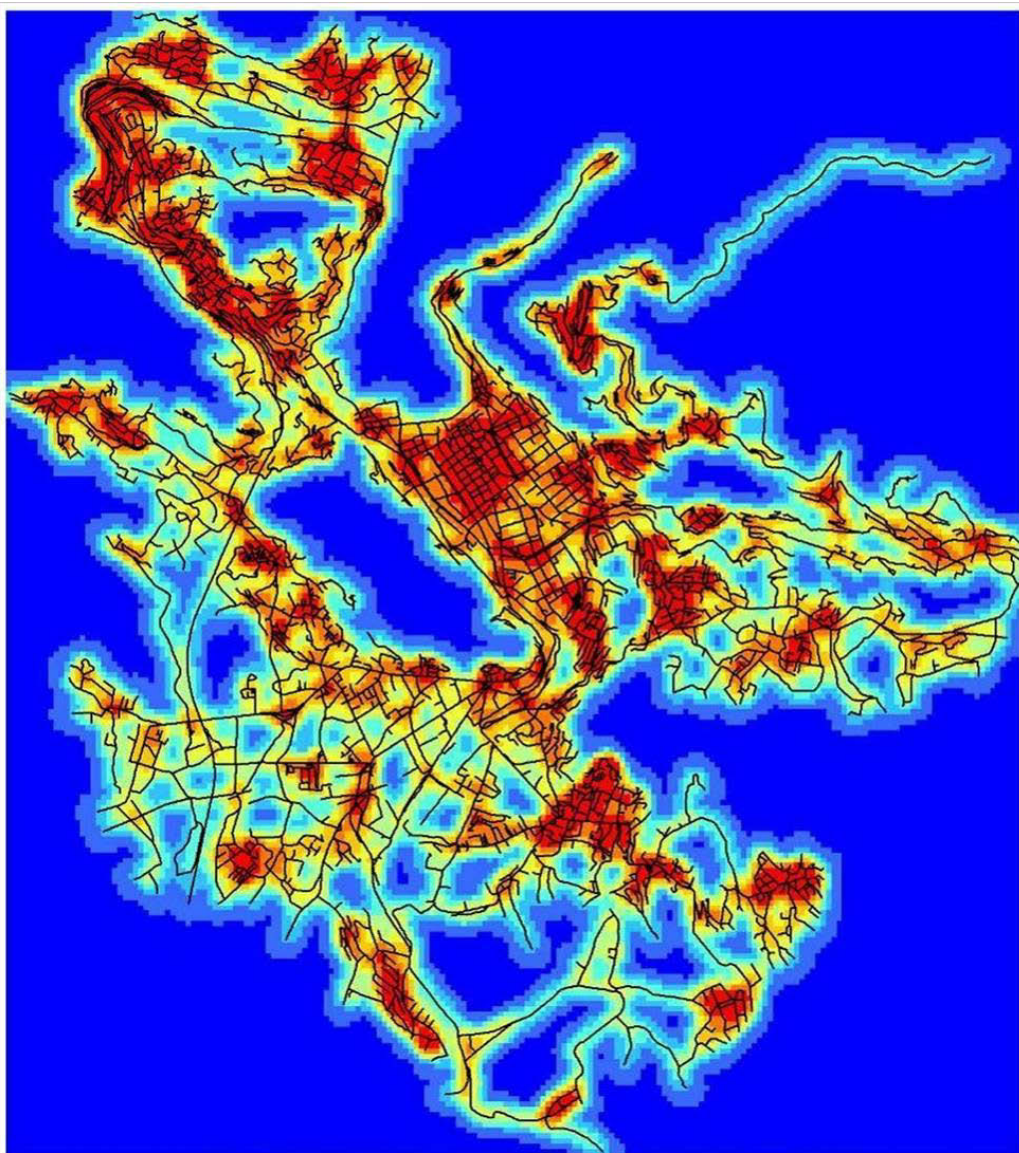
KD Edge Local Closeness 600 (network 2006)
cell size 50m radius 400m (9 cls – Quantile)



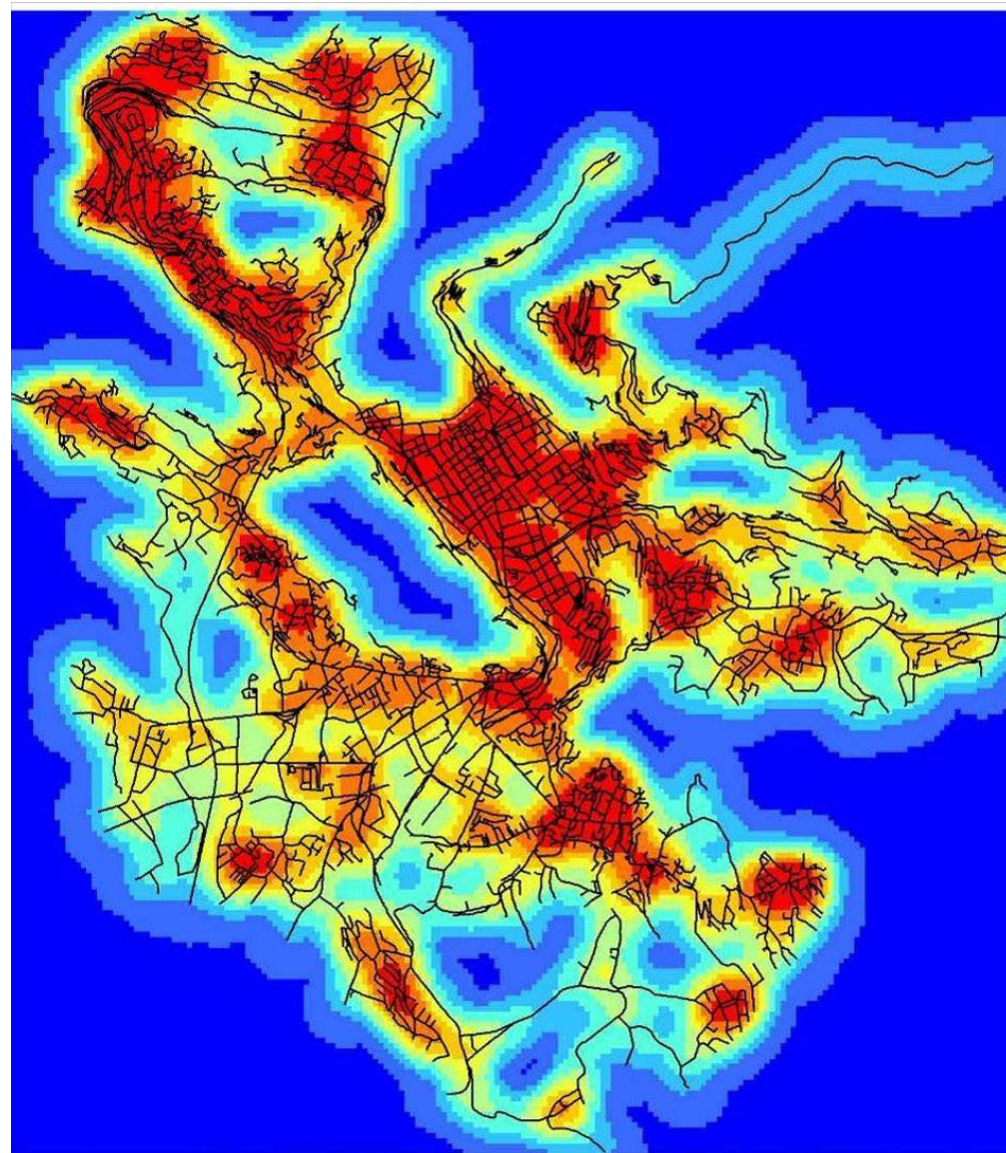
KD Edge Local Closeness 1000 (network 2006)
cell size 50m radius 200m (9 cls – Quantile)



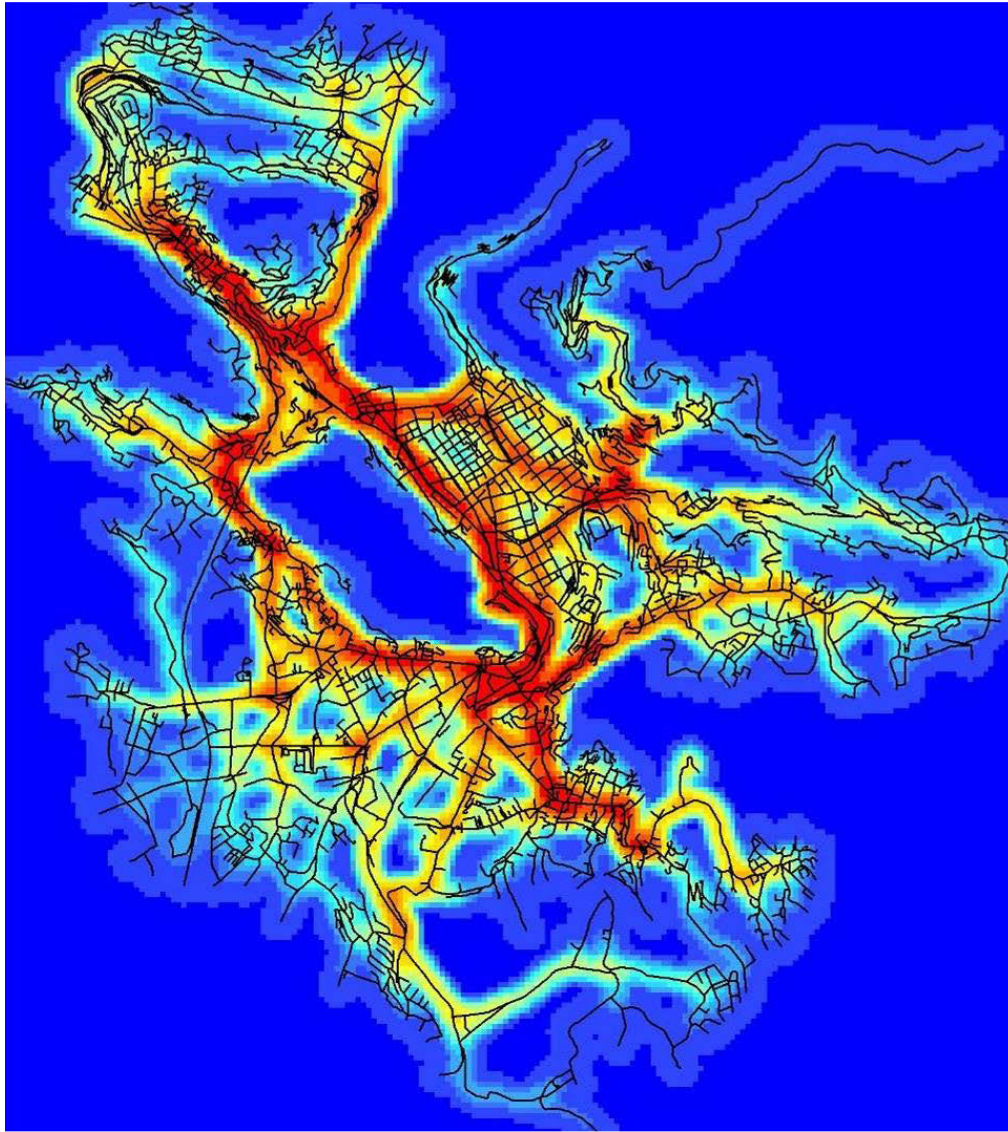
KD Edge Local Closeness 1000 (network 2006)
cell size 50m radius 400m (9 cls – Quantile)



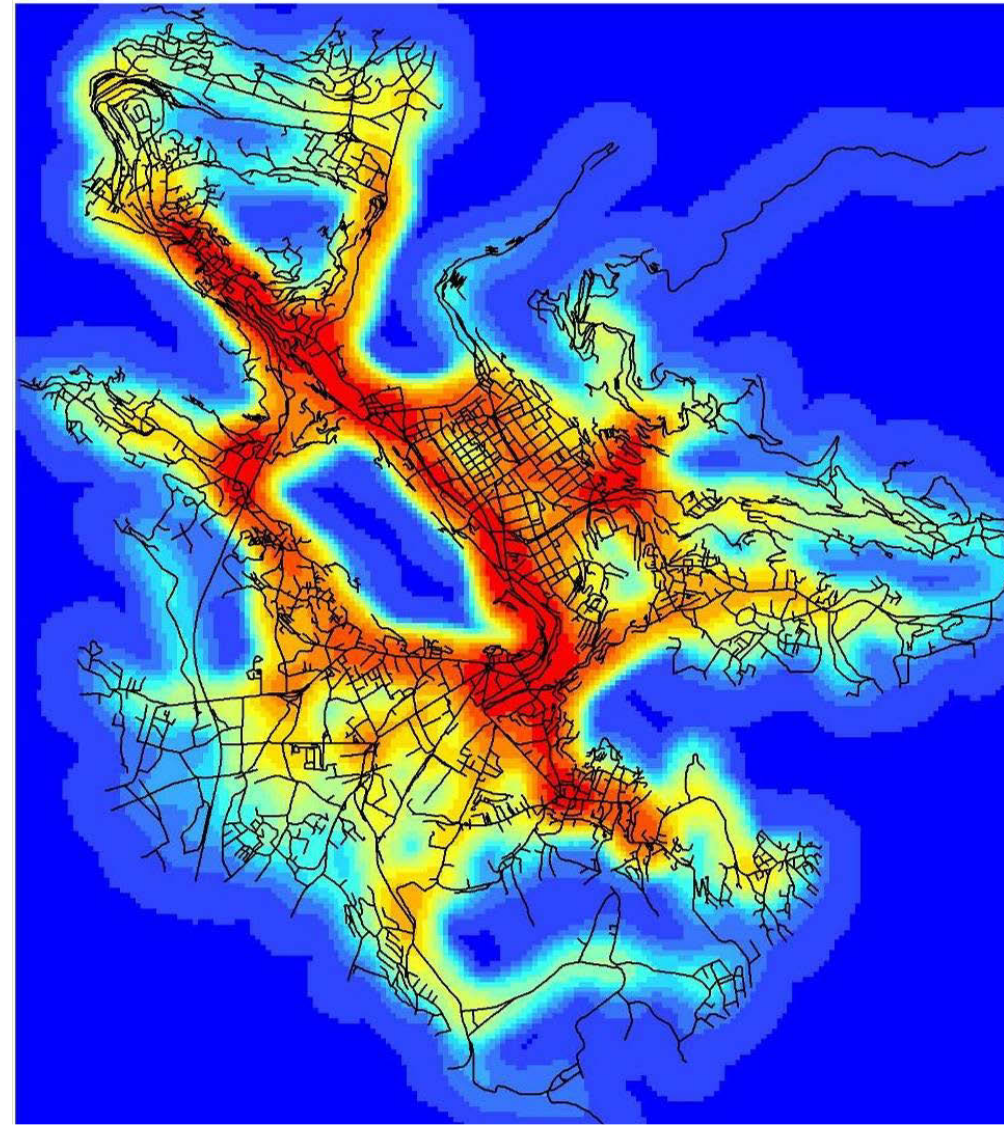
KD Edge Local Closeness 1200 (network 2006)
cell size 50m radius 200m (9 cls – Quantile)



KD Edge Local Closeness 1200 (network 2006)
cell size 50m radius 400m (9 cls – Quantile)



KD Global Betweenness (network 2006)
cell size 50m radius 200m (15 cls – Quantile)



KD Global Betweenness (network 2006)
cell size 50m radius 400m (15 cls – Quantile)

1.1.1. L'indice sintetico di propensione alla centralità (I_{pc})

Abbiamo finora rappresentato gli esiti cartografici delle misure di densità, e ravvisiamo ora la necessità di determinare un indicatore sintetico che esprima quanto una porzione urbana sia centrale rispetto alla sua posizione locale (lo spazio analizzato) e globale (il network reale), senza peraltro dimenticare le funzioni distintive del tessuto socio/economico³⁸ della realtà comunale analizzata; assumiamo pertanto che un territorio sia coinvolto dalle due differenti dimensioni locale e globale, determinate la prima dalla prossimità col network di carattere capillare, la seconda dall'ossatura in grado di garantire una centralità globale (sovente accade che ambedue i fenomeni coincidano, e tratti di network risultano centrali tanto localmente quanto globalmente³⁹). Altro elemento, concorrente a determinare la centralità endogena, è il *land use* della distribuzione spaziale di tutte le attività commerciali che qualificano lo spazio d'analisi⁴⁰, ed è quindi opportuno rappresentare⁴¹ la distribuzione spaziale dei vari tipi d'attività⁴² nella consapevolezza che il tessuto economico influenza la formazione e struttura del tessuto urbano determinandone la vitalità/vivacità: è usuale constatare che i quartieri più dinamici s'attestano su strade con alta centralità locale e, al contempo, assai connessi al reticolo infrastrutturale globale, e l'assunto è formalizzabile con:

$$I_{pc} = X = f(A, B) = f(X_1, X_2) = f(a_1, a_2, b_1, b_2)$$

$$X_1 = f(a_1, a_2), \text{ con } a_1, a_2 \in A \text{ e con } b_1, b_2 \in B, \text{ dove:}$$

X_1 = l'intensità di interazione del network stradale;

X_2 = l'intensità di vitalità del tessuto economico

a_1 = la misura della centralità globale (*betweenness*);

a_2 = la misura della centralità locale (*local closeness*);

b_1 = la densità della distribuzione funzionale;

b_2 = la misura dell'eterogeneità funzionale generata dal tessuto urbano.

1.1.2. Le endocentralità rilevate e l'indice dell'intensità d'interazione del network stradale

La misura del parametro $X_1 = f(a_1, a_2)$ con $a_1, a_2 \in A$ avviene attraverso algoritmi di *Multiple Centrality Assessment*, per ambedue le misure è stata utilizzata una rappresentazione in percentili⁴³ assumendo l'intervallo più significativo (espresso, per l'indice di *betweenness*, dal 20° percentile alto e per l'indice di *local closeness*⁴⁴ dal 25° percentile alto).

³⁸ Si ricorda che ogni spazio, inteso come sistema complesso, possiede propri caratteri e possibili elementi ricorrenti; in questo caso, per far emergere le più ricorrenti correlazioni urbane è stato esplorato l'assetto socio/economico locale muovendo dall'analisi della banca dati Tarsu (Db del Servizio comunale tributi, finalizzato alla riscossione dell'imposta dei rifiuti solidi urbani rispetto alla superficie a ruolo delle utenze domestiche e non, ora in molte realtà comunali divenuta tassa d'igiene ambientale); sono state escluse le attività produttive (luoghi dove si svolge esclusivamente produzione) considerando invece tutte le attività commerciali e artigianali, il terziario avanzato, il terziario specializzato, le attività di servizio alla residenza e i luoghi di aggregazione.

³⁹ Fenomeno, questo, significativo per fornire utili stimoli di carattere urbanistico – valutativo.

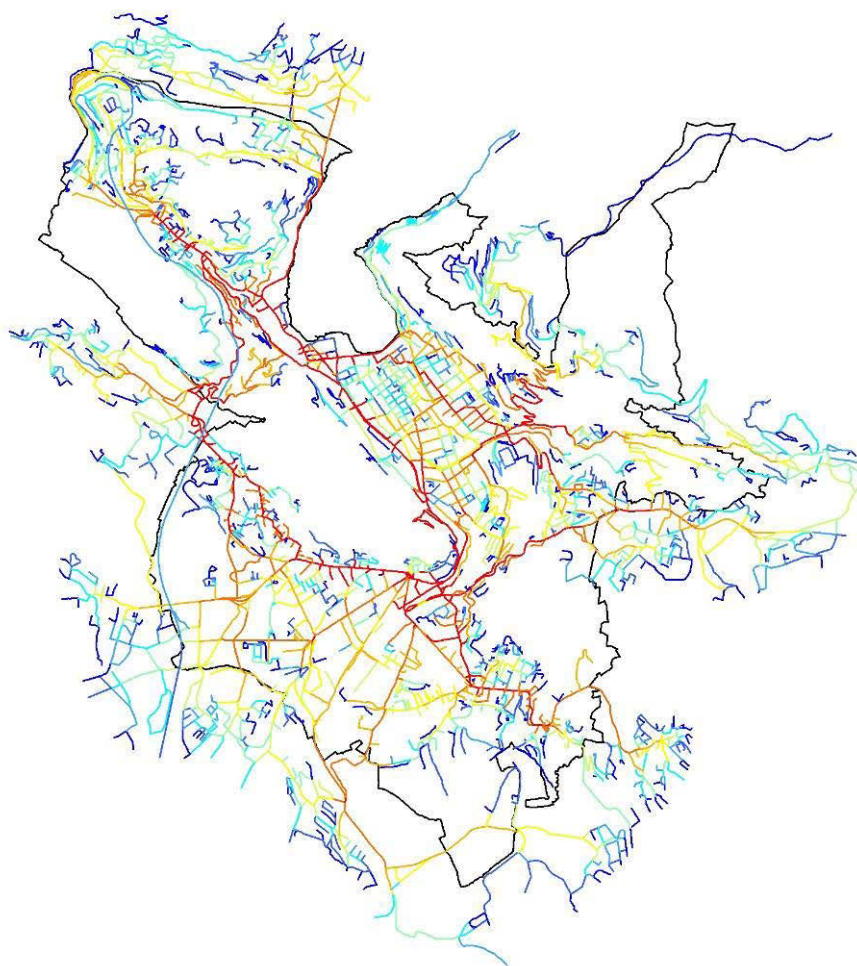
⁴⁰ Pur senza ricorrere a modelli statistici, è oltremodo nota la correlazione esistente tra network e attività, anche se non sono immediatamente percepibili i caratteri che essa genera nello spazio.

⁴¹ Utilizzando il numero civico come fattore connettivo all'attività.

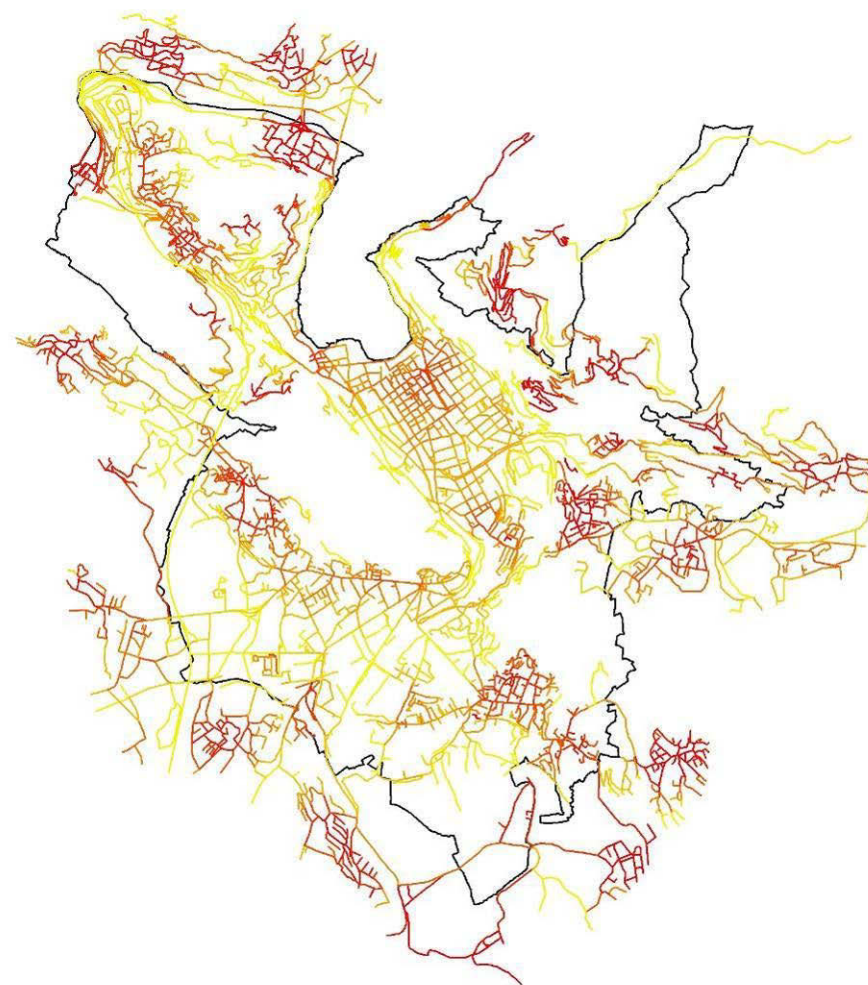
⁴² Le attività commerciali, le attività artigianali, il terziario avanzato, il terziario specializzato, le attività di servizio alla residenza e i luoghi di aggregazione.

⁴³ Si è suddiviso l'indicatore in venti classi quantile, per facilitare l'individuazione dei percentili alti, ma si opta per una rappresentazione più snella in dieci classi.

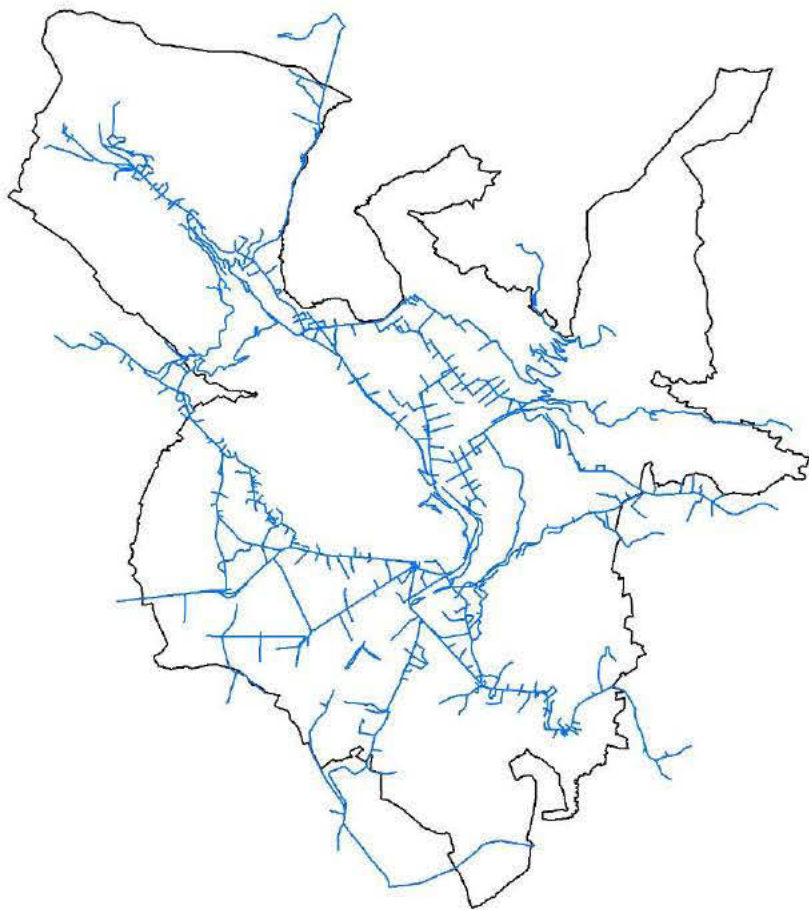
⁴⁴ Assumendo *Edge Local Closeness* 1200, meglio rispondente alla realtà comasca.



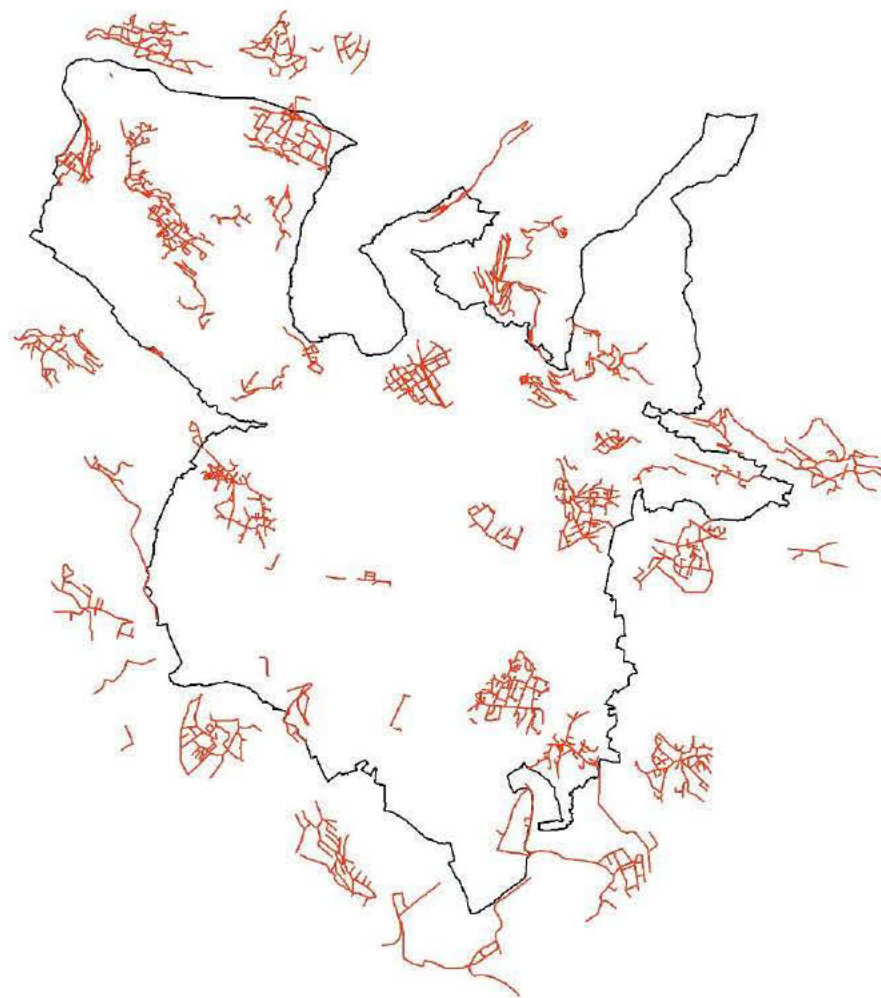
a_1 – Edge Betweenness (network 2006)
10 classi di eguale ampiezza



a_2 – Edge Local Closeness 1200 (network 2006)
10 classi di eguale ampiezza

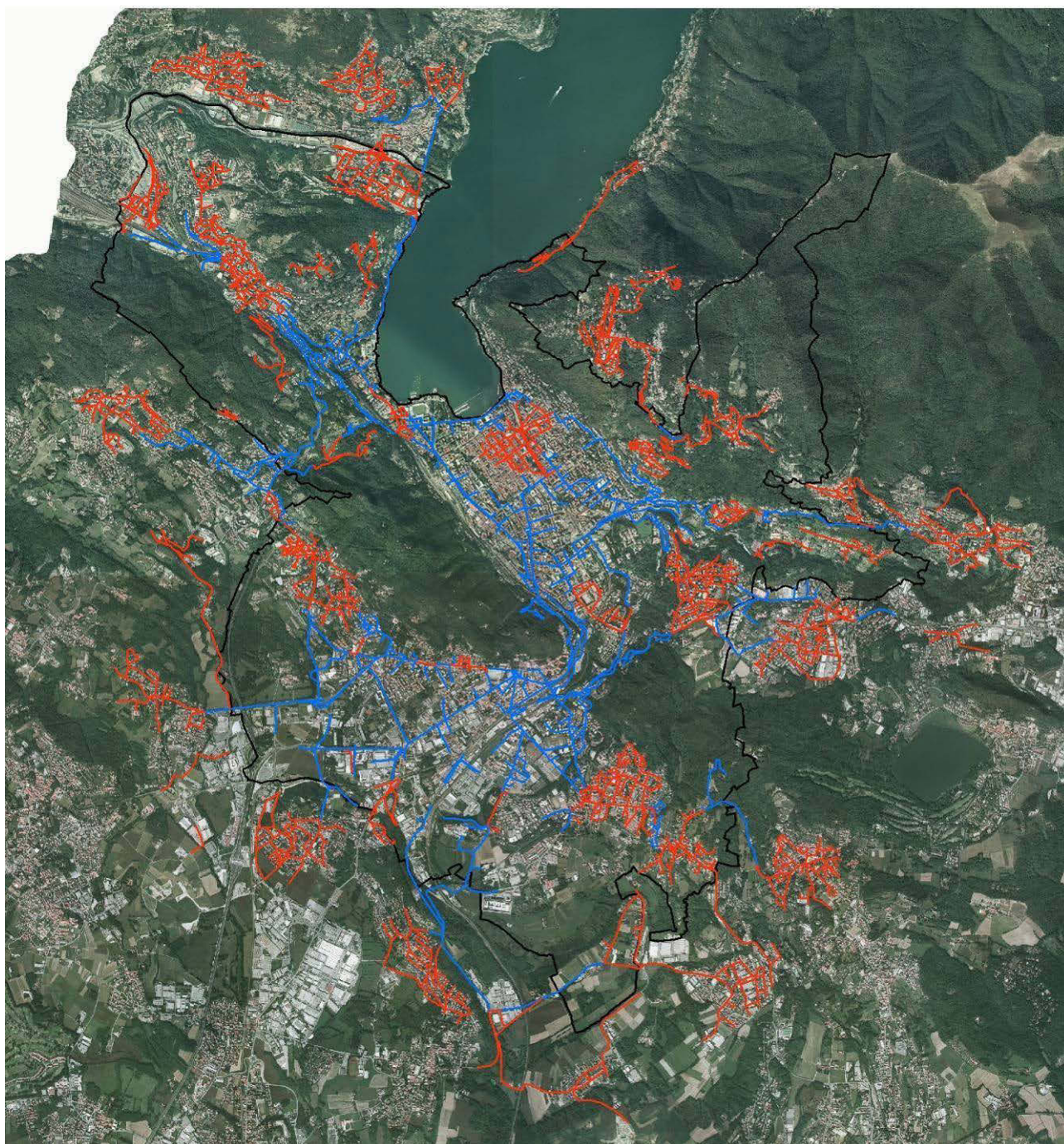


Edge Betweenness (network 2006)
selezione 35° percentile



Edge Local Closeness 1200 (network 2006)
selezione 25° percentile

Nella rappresentazione successiva, vediamo la sovrapposizione della selezione delle classi di percentile delle due misure:



Sovrapposizione di $a_1, a_2 \in A$



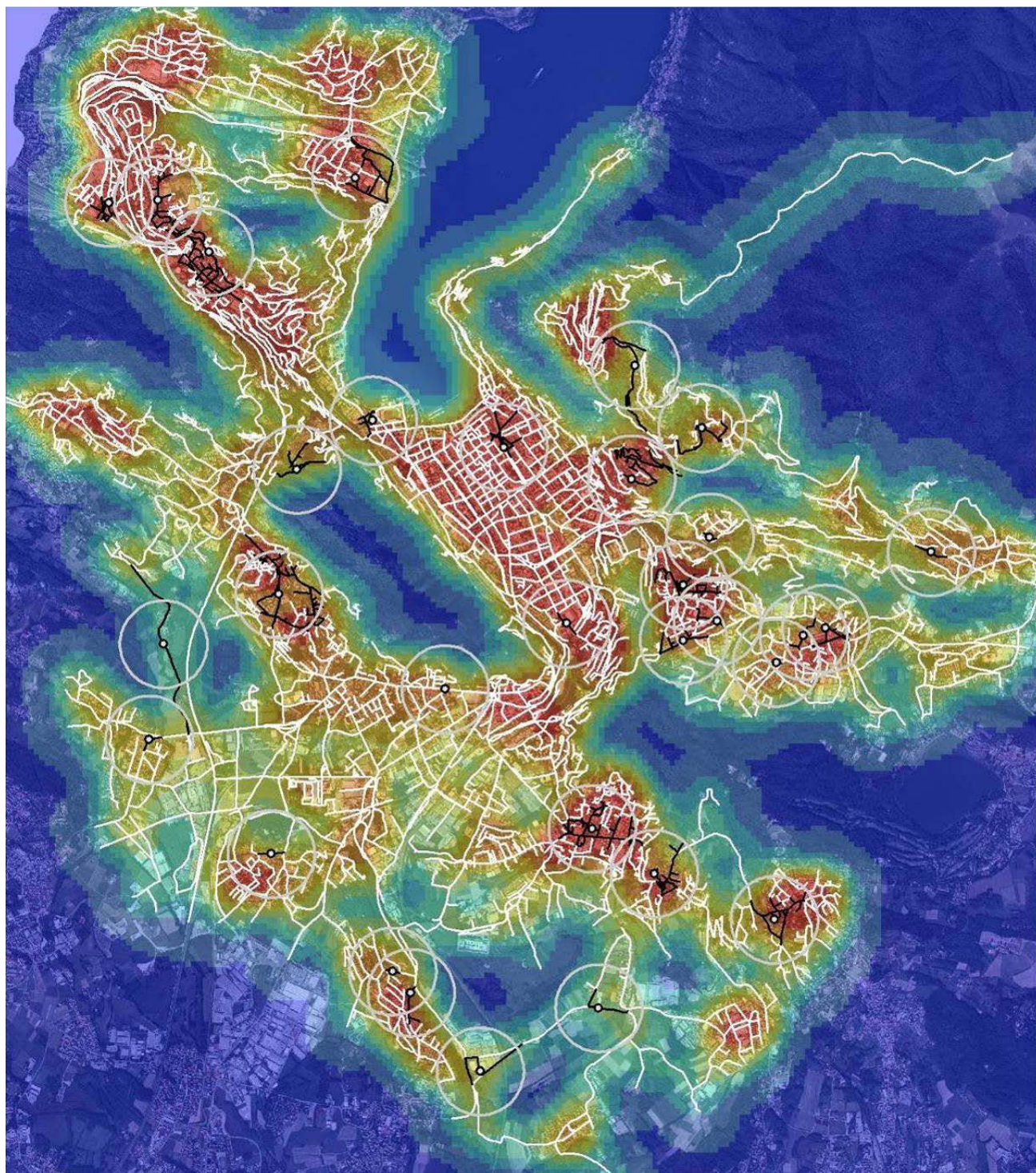
Inteseect tra $a_1, a_2 \in A$

Dall'*inteseect* (rappresentazione in alto) tra *local closeness* e *betweenness* emergono gli assi centrali locali e globali, permettendo d'identificare la porzione di network con maggior potenzialità e presumibilmente di alto valore strutturale del tessuto urbano (per identificare possibili ambiti d'influenza, come i quartieri più strutturati derivati dall'*intersect* tra le misure di network, è accettabile un buffer di 400⁴⁵ m rispetto al baricentro dei network).

Nella pagina seguente si evidenzia la carta di sintesi e sovrapposizione tra la *kernel density local closeness* (rappresentazione discreta in 9 classi quantile), il network 2006 (rete reale di colore bianco), l'*inteseect* tra *edge betweenness* ed *edge local closeness* (network parziale di colore nero), i buffer di 400 m (circonferenze di

⁴⁵ I "classici" five minute to a steps, vale a dire la distanza percorribile in cinque minuti a piedi, assunta come elemento di riconoscimento dei quartieri.

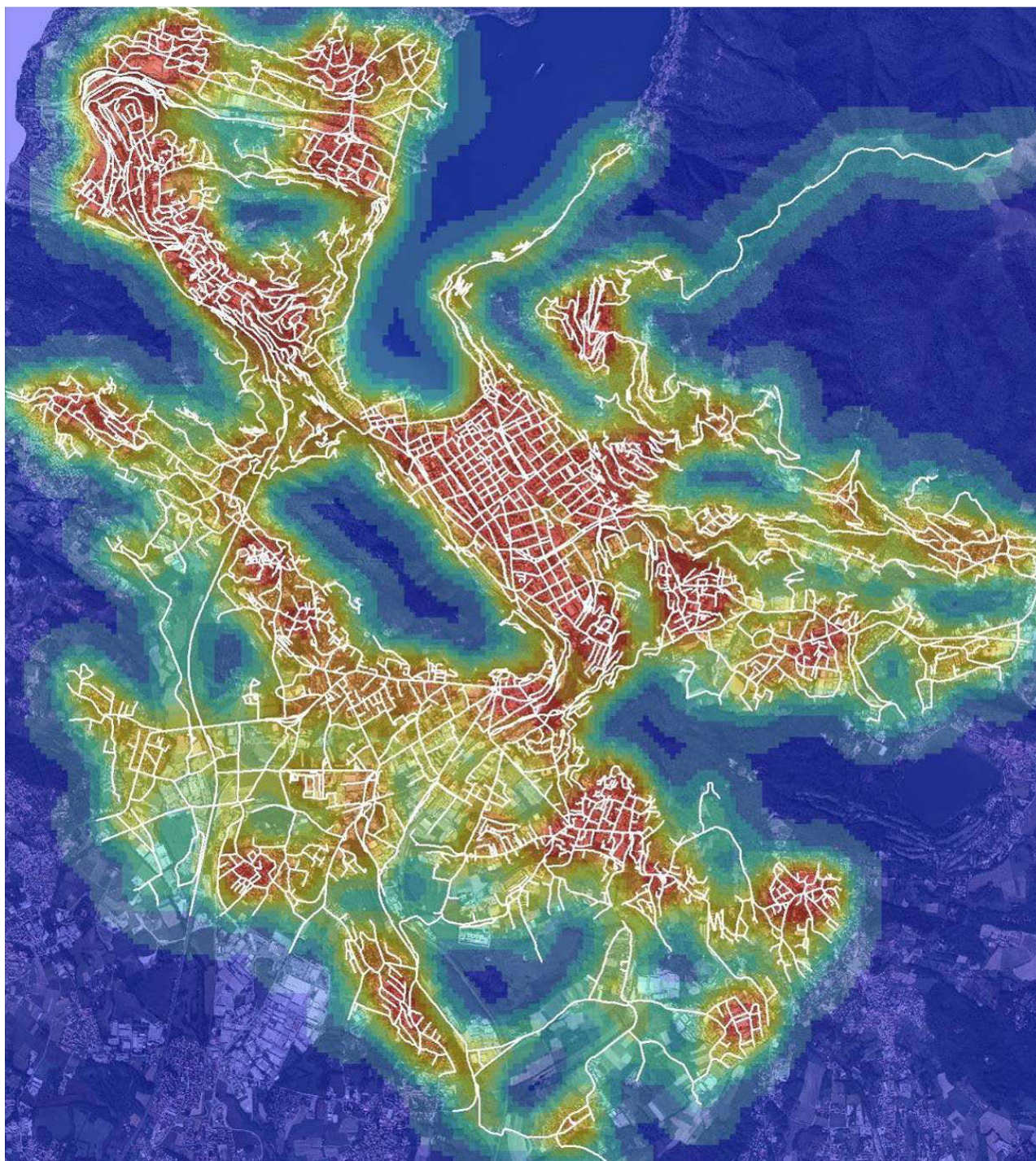
colore grigio) rispetto ai centroidi (elementi puntuali di colore grigio) ricavati dagli intersect tra *edge betweenness* ed *edge local closeness* (network parziale di colore nero) sull'ortofotocarta.



Si sono rivelati determinanti, a questo punto, il momento sintetico X_1 = intensità di interazione tra network locale e globale, stimabile in ambiente Gis con la determinazione dei fattori a_1 = misura della centralità globale (*betweenness*), a_2 = misura della centralità locale (*local closeness*) e *kernel density*, stimando l'intensità X_1 con la preliminare standardizzazione⁴⁶ dei due vettori per renderli confrontabili, e aggregandoli poi me-

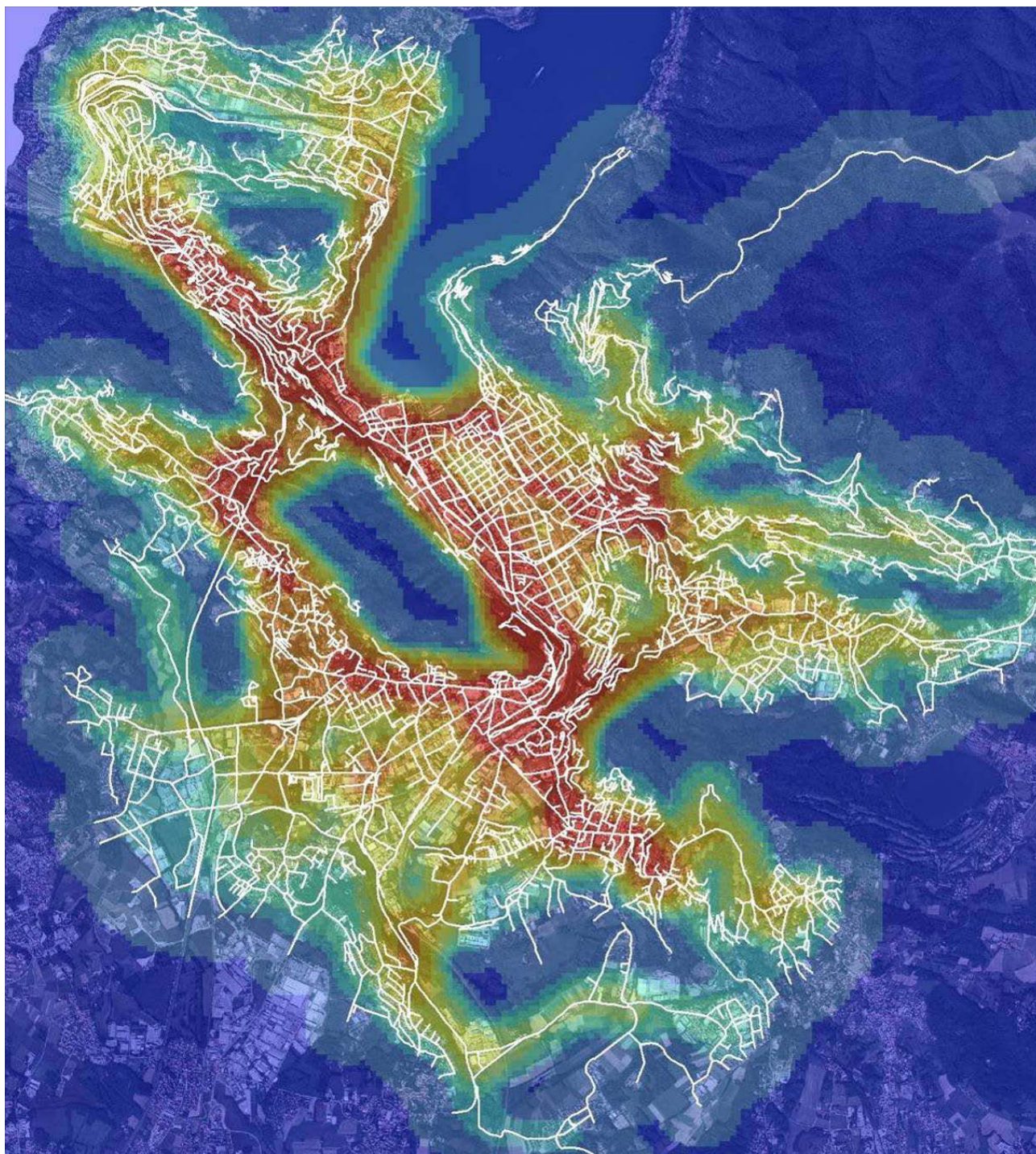
⁴⁶ Si utilizza la normalizzazione rispetto al valore massimo della serie per determinare un riproporzionamento nell'intervallo 0 – 1.

dianete media aritmetica per determinare un unico vettore colonna di sintesi che, successivamente, viene trasformato in vettore categoriale⁴⁷.



*Kernel density edge local closeness 1.200 standardizzato (network 2006)
radius 400 m – 9 classi quantile*

⁴⁷ Tale passaggio è fattibile utilizzando un algoritmo (formalizzazione statistica di Jenks detta *Natural Breaks*) in ambiente Gis, che determina l'interruzione naturale della serie identificando le partizioni che si vogliono utilizzare: nel nostro caso s'assumono tre intervalli identificativi delle tre classi d'intensità di interdipendenza (Alta interrelazione. Media interrelazione e Bassa Interrelazione).

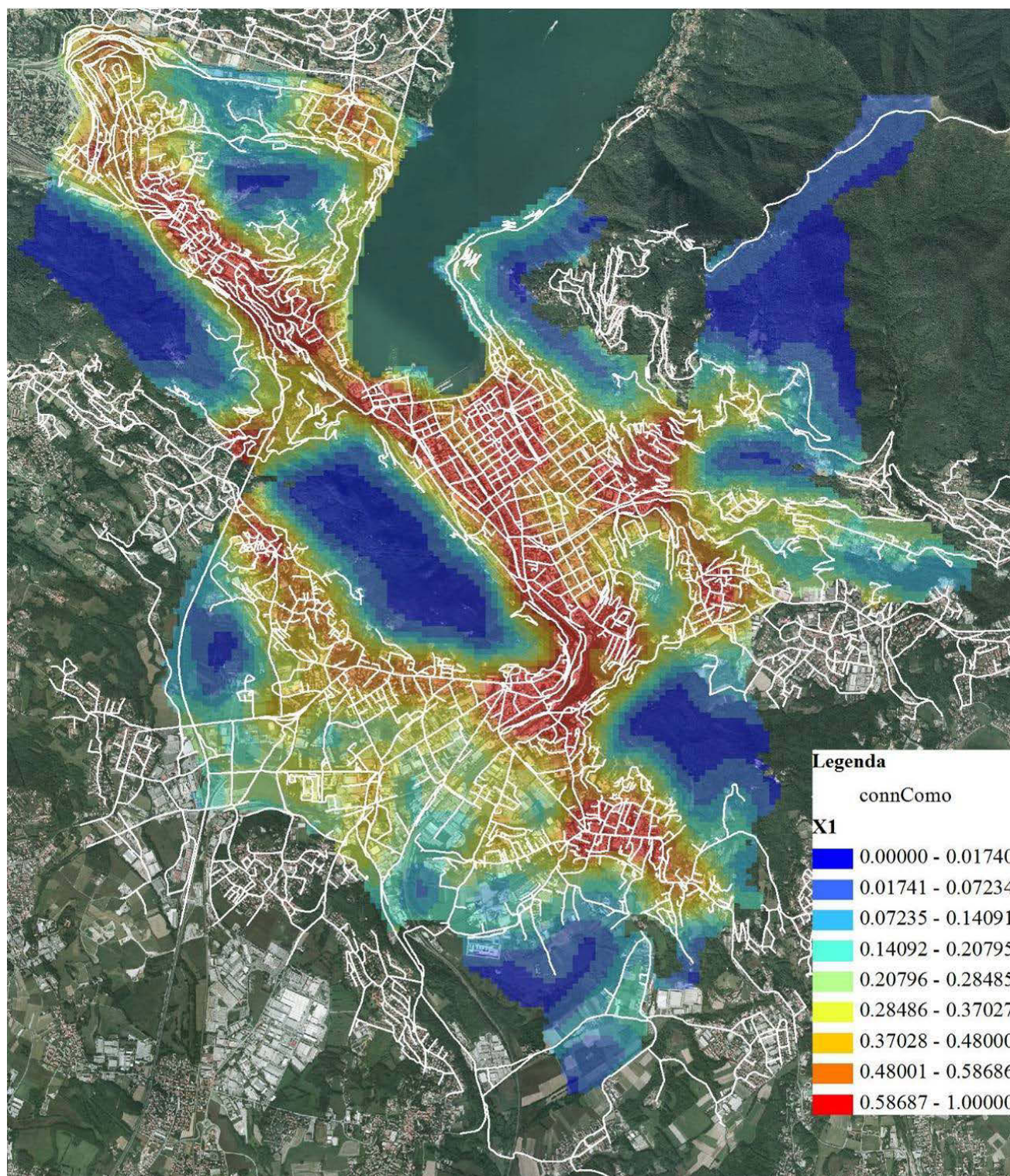


*Kernel density edge betweenness standardizzato (network 2006)
radius 400 m – 9 classi quantile*

Le *kernel density* presentate sono state standardizzate rispetto alle misure di *edge betweenness* e di *edge local closeness* 1200, operazioni (il cui esito viene rappresentato dalla carta di sintesi della pagina successiva) rilevanti per il loro riversamento in ambiente discreto; tale passaggio analitico consente infatti di riportare le misure di centralità rilevate sugli archi – originariamente computate in ambiente continuo – alla dimensione spaziale espressiva dell'intera municipalità comasca.

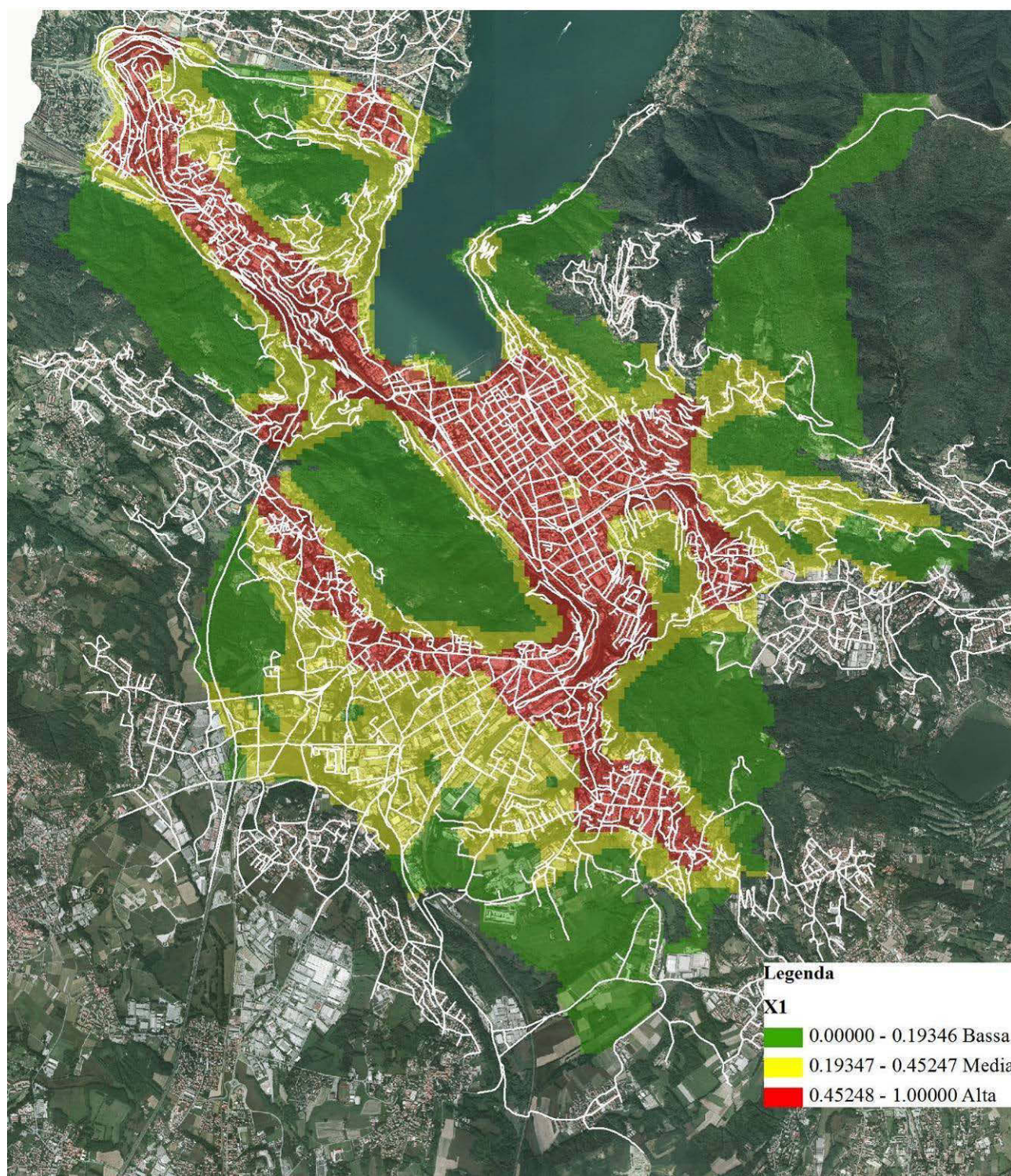
S'osserva al proposito come i raggi di ricerca per entrambe le densità siano stati impostati a 400 m: così, la sintesi consente di determinare gli ambiti con maggiore intensità d'interazione locale e globale.

X_1 Carta di sintesi dell'intensità d'interazione tra network locale e globale



La carta, ottenuta sulla base di nove classi quantile standardizzate, evidenzia – in gradazione cromatica dal blue al rosso – l'individuazione dei nuclei (porzioni di armatura urbana) più strutturati, che rappresentano a pieno titolo gli ambiti strutturali di rilevanza tanto locale come globale.

X_1 Carta di classificazione dell'intensità d'interazione tra network locale e globale



Risultano ben riconoscibili gli assi principali delle maggiori direttrici di interesse sovralocale:

- i) la strada statale 36, nel tratto della cosiddetta Napoleona, che pone in comunicazione il centro della città con le aree periferiche di Camerlata e, in generale, con l'alta Brianza;
- ii) l'asse di comunicazione che collega la stazione di Como Lago Nord con la dimensione esterna di Camnago Volta;
- iii) l'asse di collegamento tra Como centro e Ponte Chiasso, con la Svizzera e con la tangenziale;
- iv) il nodo d'interazione fondamentale di piazza Camerlata.

- v) media, ma pur significativa interazione tra il network locale e globale, si riscontra nelle località di Camerlata e Rebbio.

1.1.3. *La distribuzione dei land uses e l'indice dell'intensità di vitalità funzionale*

La seconda componente dell'indice sintetico di propensione alla centralità è espressa da $X_2 = f(b_1, b_2)$ con $b_1, b_2 \in B$, dove X_2 = intensità di vitalità del tessuto economico, determinata dall'esplicitazione dei due fattori b_1 = densità della distribuzione funzionale e b_2 = misura dell'eterogeneità funzionale generata dal tessuto urbano; tale momento sintetico esplora la vivacità socio/economica della realtà comasca descrivendo la sinergia/correlazione tra il grado d'intensità infrastrutturale e la localizzazione e frequenza delle infrastrutture, nell'ipotesi che una maggior frequenza di attività su distanze ridotte determini una maggior centralità rispetto a situazioni con minor frequenza di attività, distribuite su distanze maggiori, oltre al fatto che una più elevata intensità infrastrutturale può incentivare l'infittirsi di relazioni a scala locale di carattere endogeno; è appunto, d'altro canto, che la presenza di centralità globali può favorire la generazione di fruizioni sociali di consumo tipicamente esogene (caratteristiche delle grandi strutture commerciali).

S'assiste quindi all'identificazione di due tipi di vivacità funzionale, strettamente correlata alle due tipologie di centralità (locale e globale) e alla densità e distribuzione delle attività⁴⁸; indubbiamente la vitalità dei quartieri è assai influenzata da tale dualismo centralistico, oltre agli influssi che la localizzazione delle funzioni può esprimere sulla fruizione⁴⁹ e vitalità del tessuto urbano e sui modi in cui le sue parti vengono vissute, percorse, percepite nell'arco della giornata.

È il caso ora di descrivere l'esplorazione condotta sul data base⁵⁰ Tarsu iniziando con l'elenco delle categorie assunte: dapprima, in funzione del tipo d'utenza e di vivacità generabile dalle attività non residenziali presenti sul territorio comunale, è stata operata la distinzione tra esercizi commerciali di vendita e attività a supporto della residenza, il che ha generato la seguente catalogazione:

- i. artigianato;
- ii. terziario di carattere finanziario e professionale;
- iii. esercizi commerciali di vendita;
- iv. attività di supporto alla residenza;
- v. luoghi di culto o di aggregazione;
- vi. strutture scolastiche⁵¹,

così suddivise rispetto alle voci individuate nei differenti database utilizzati per la rappresentazione delle attività sul territorio:

i) artigianato

Autofficine riparaz. Parti meccaniche
Laboratori
Serre

ii) terziario finanziario e professionale

Commerciale – sede di banca
Amministrativo
Amministrativo – municipio
Amministrativo – sede ambasciata
Amministrativo – sede provincia
Amministrativo – sede regione

⁴⁸ Si pensi alla localizzazione delle attività commerciali di vicinato, dei servizi alla residenza ecc.

⁴⁹ La frequenza e la tipologia di un'attività determinano le differenti tipologie di utenti.

⁵⁰ Si evidenzia la necessità che il nuovo Sit comunale si doti di data base immediatamente trattabili, vista la necessità di rappresentare, grazie allo stradario digitale, le attività sul territorio per consentire le più opportune analisi spaziali: in questa esperienza si è riscontrata un'estrema difficoltà nel trattare il Db fornito dal Ced comunale, che presentava mancanze la cui piena trattabilità è stata raggiunta solo dopo una settimana d'inteso lavoro.

⁵¹ L'attività di ricostruzione delle attività presenti sul territorio si è basata sul data base Tarsu, integrandolo con le informazioni contenute nel Database topografico e con i dati del Piano dei servizi 2006.

Sede Asl – sede di ospedale
 Sede Asl – sede di servizio socio assistenziale
 Servizio pubblico
 Servizio pubblico – casello forestale
 Servizio pubblico – sede ASL
 Servizio pubblico – sede di clinica
 Servizio pubblico – sede di polizia
 Servizio pubblico – sede di poste – telegrafi
 Servizio pubblico – sede di scuola, università, laboratorio di ricerca
 Servizio pubblico – sede di tribunale
 Servizio pubblico – sede di vigili del fuoco
 Ospedali
 Uffici e studi

iii) esercizi commerciali/strutture di vendita

Commerciale
 Commerciale – mercato
 Commerciale – sede di albergo, locanda
 Commerciale – sede di centro commerciale
 Commerciale – sede di supermercato, ipermercato
 Bar – pasticcerie
 Grandi magazzini supermercati
 Mense – ristoranti
 Negozi
 Pensioni alberghi e locande con allg.ost

iv) attività di supporto alla residenza

Altre attività ricreative – campeggio
 Ricreativo
 Ricreativo – altre attività ricreative
 Ricreativo – sede di attività culturali
 Ricreativo – sede di attività sportive
 Sede di attività culturali – biblioteca
 Sede di attività culturali – cinema
 Sede di attività culturali – museo
 Sede di attività culturali – pinacoteca
 Sede di attività culturali – teatro, auditorium
 Sede di attività sportive – palaghiaccio
 Sede di attività sportive – palestra
 Sede di attività sportive – piscina coperta
 Aree scoperte adibite a parcheggio
 Associazioni fondazioni enti morali
 Autolavaggio
 Autorimesse – autonoleggi
 Campeggi e lidi
 Centri sportivi palestre e piscine
 Conventi e convitti comunità ricoveri
 Minigolf
 Teatri cinema e locali di divertimento

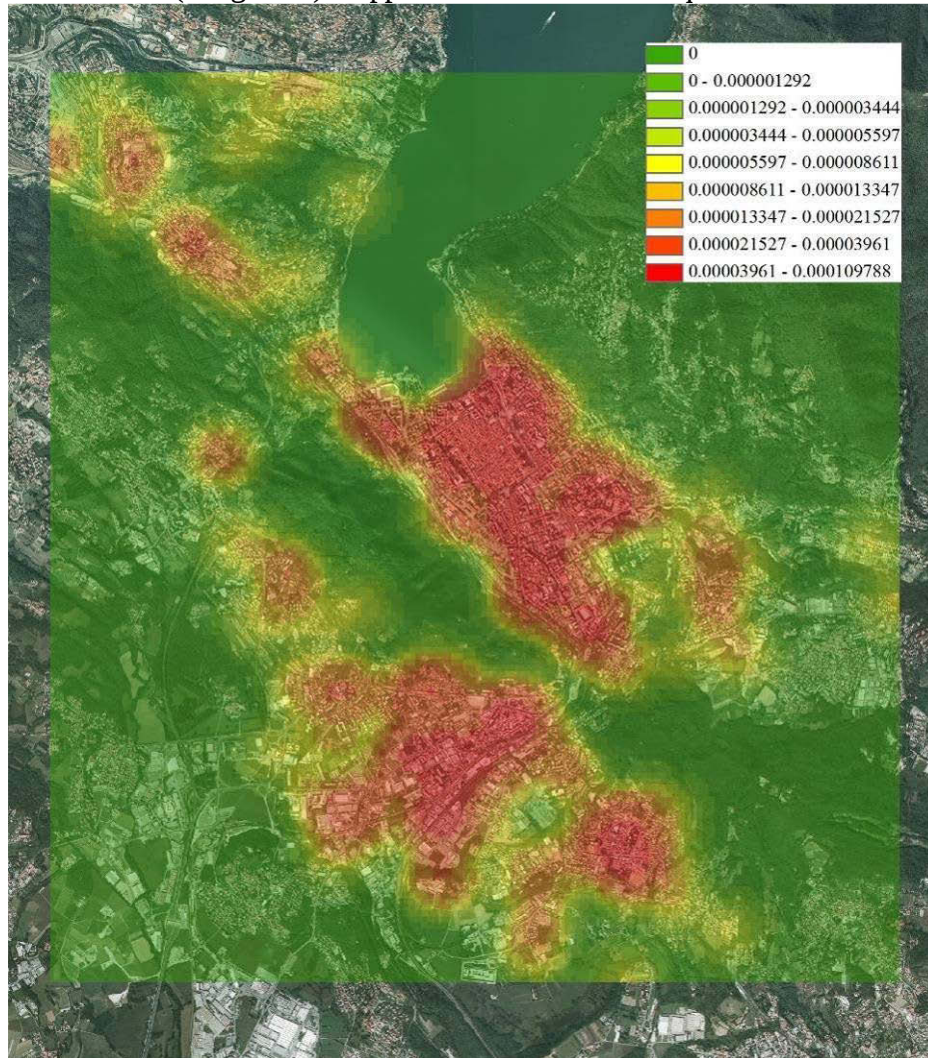
v) luoghi di culto/religiosi

Luoghi di culto

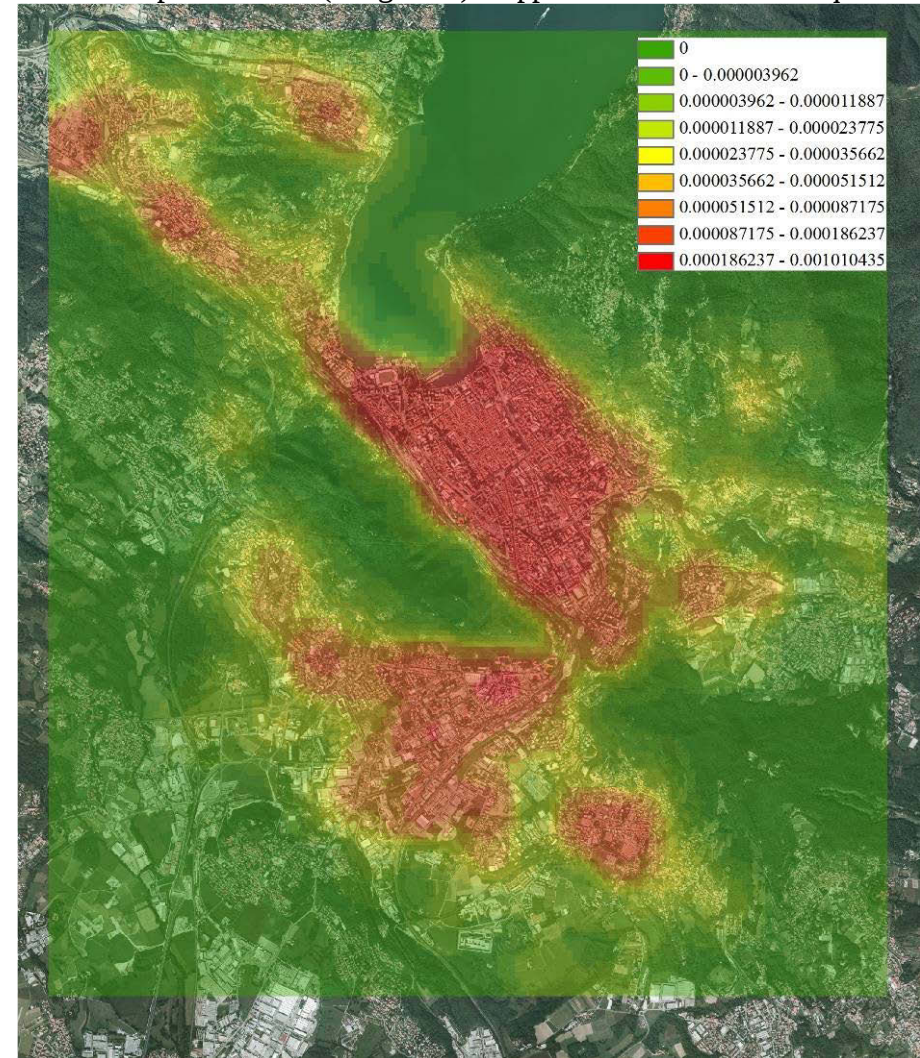
vi) istruzione

Scuole

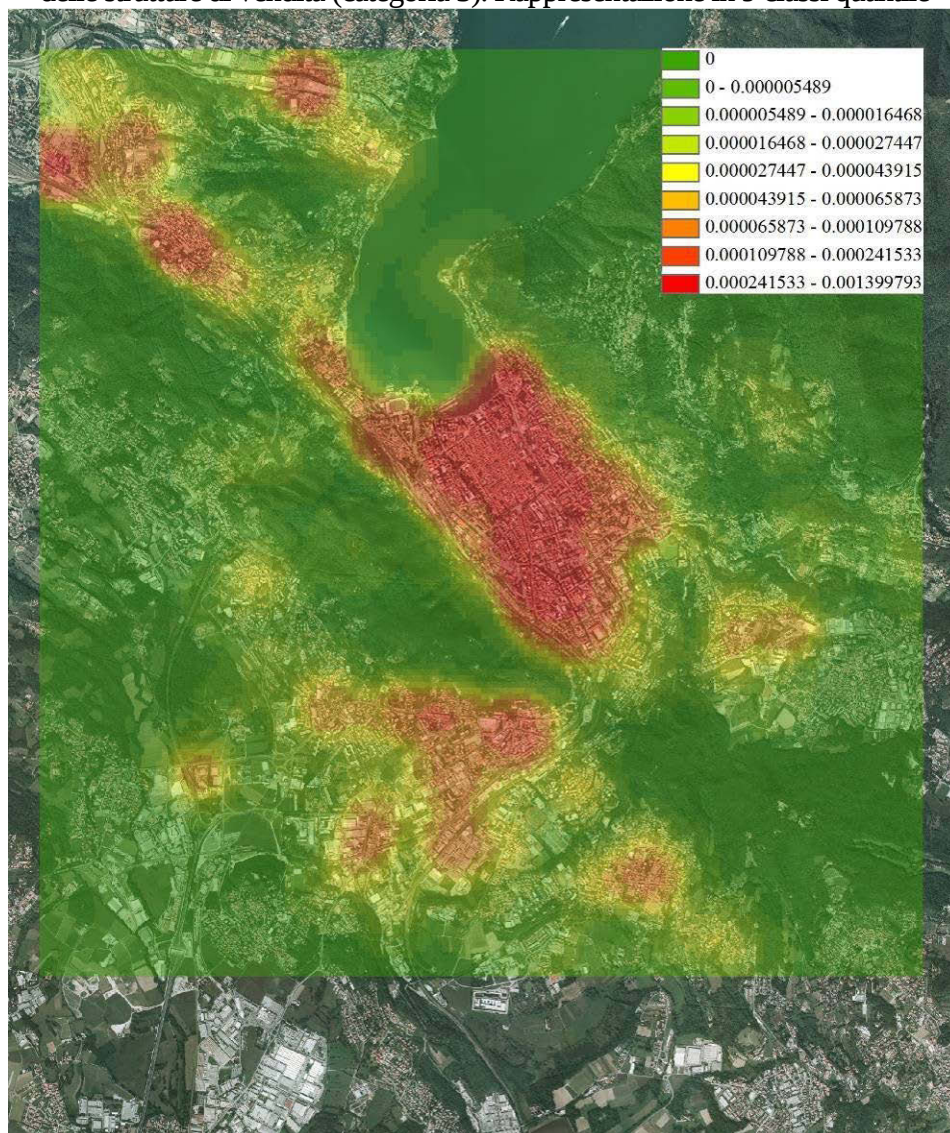
La carta di densità, entro 400 m, della distribuzione delle attività artigianali (categoria 1). Rappresentazione in 9 classi quantile



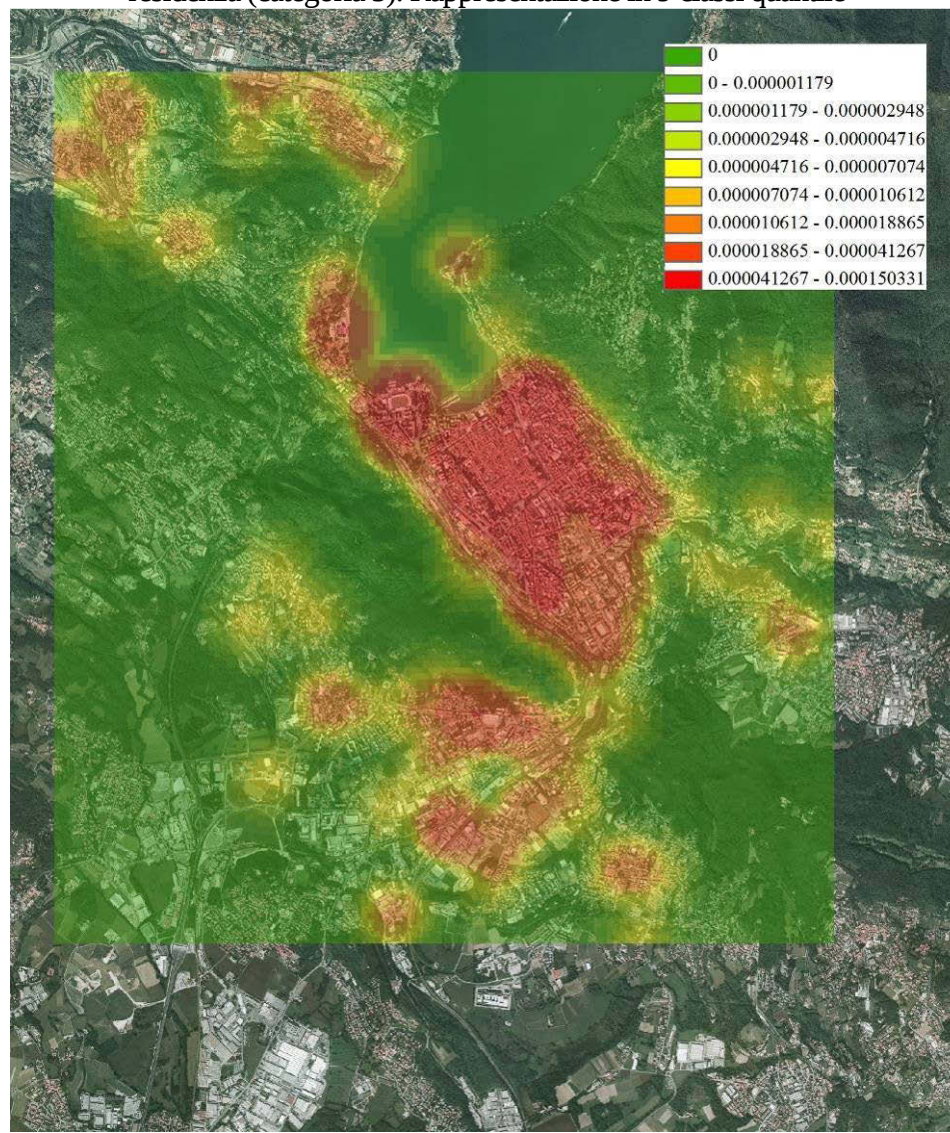
La carta di densità, entro 400 m, della distribuzione delle attività di terziario finanziario e professionale (categoria 2). Rappresentazione in 9 classi quantile



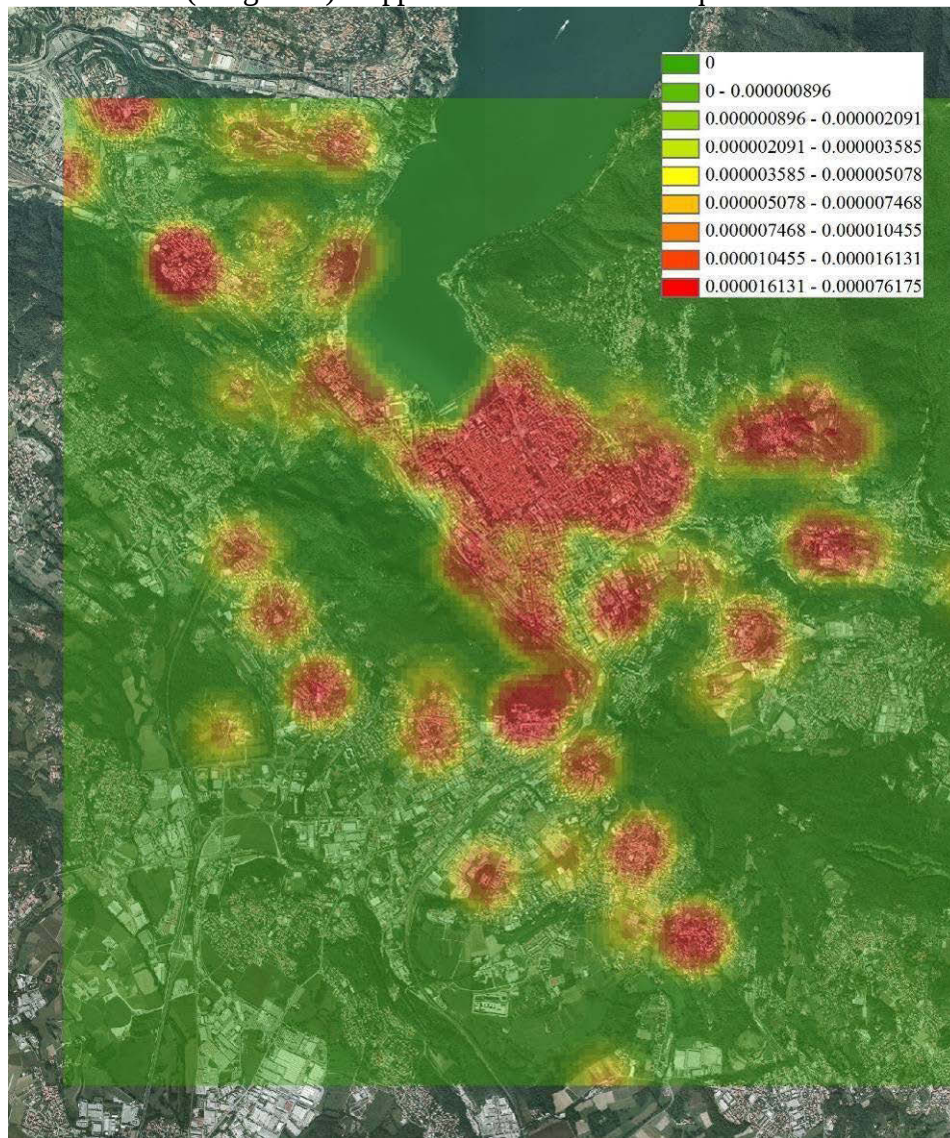
La carta di densità, entro 400 m, della distribuzione degli esercizi commerciali e delle strutture di vendita (categoria 3). Rappresentazione in 9 classi quantile



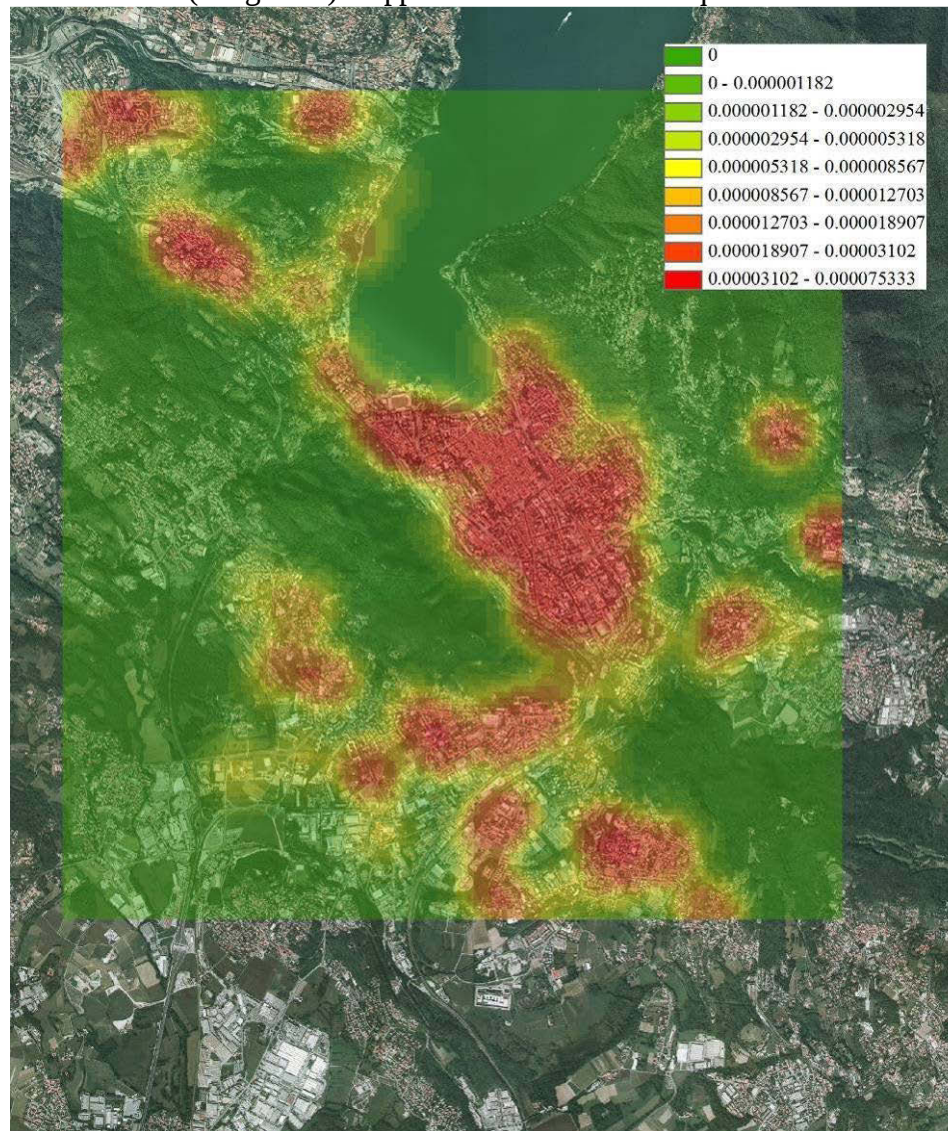
La carta di densità, entro 400 m, della distribuzione delle attività di supporto alla residenza (categoria 5). Rappresentazione in 9 classi quantile



La carta di densità, entro 400 m, della distribuzione dei luoghi di culto e religiosi (categoria 6). Rappresentazione in 9 classi quantile



La carta di densità, entro 400 m, della distribuzione dei luoghi per l'istruzione (categoria 7). Rappresentazione in 9 classi quantile



Fin qui è stata evidenziata la densità di distribuzione delle categorie sopra individuate: in rosso gli spazi a maggior concentrazione di attività (ambiti di vitalità commerciale, o d'interazione sociale, o di servizio alle funzioni residenziali); al contempo, s'individuano alti livelli di attività produttiva e, di conseguenza, alti valori d'interferenza con le altre funzioni presenti: emerge una sostanziale omogeneità distributiva non residenziale (per lo più artigianale e terziaria) con buona copertura dello spazio comunale; più deboli, nelle parti periferiche, sono le funzioni commerciali e di supporto alla residenza; diradati sono le strutture religiose e le attrezzature dell'istruzione (esito connesso alla loro tipica natura puntuale e non estensiva).

L'operazione successiva ha riguardato il calcolo di X_2 = intensità di vitalità del tessuto economico con:

- b_1 = densità della distribuzione funzionale, per la cui stima sono state selezionate solo le attività economico/sociali con ricadute positive sulla fruizione e vitalità del tessuto urbano e con relazioni di socialità anche attraverso gli spazi collettivi, escludendo gli ambiti esclusivi di produzione, considerati separatamente nel capitolo successivo⁵²; dopo tale selezione, i valori di densità della distribuzione funzionale sono stati ottenuti attraverso la *Kernel Density* assumendo un raggio di ricerca di 400 metri (compatibile con la distanza percorribile a piedi in cinque minuti), passando quindi da una distribuzione puntuale a una discreta distribuita su tutto il territorio comunale e ottenendo un valore di densità che indica per ogni porzione di territorio l'intensità di presenza di attività socio – economiche;
- b_2 = misura dell'eterogeneità funzionale generata dal tessuto urbano, attraverso l'indice di Shannon H , espressivo dell'eterogeneità strutturale H_{st} del tessuto urbano in funzione della distribuzione puntuale delle tipologie di funzioni presenti, entro i 400 metri per ogni cella 50 x 50 metri mediante cui è discretizzato il territorio comunale, attraverso:

$$H_{st} = - \sum_{k=1}^S p_k \ln p_k, \text{ dove:}$$

S = numero delle categorie funzionali prese individuate con $n=1$ fino a 7;

P_k = percentuale d'incidenza di ogni categoria funzionale sul totale delle attività presenti entro il raggio di 400 m dal centroide della cella.

I valori assumibili dall'indice vanno da 0 (tessuto urbano dominato da un solo tipo di attività) a $\ln(n)$ (quando tutte le tipologie di attività si presentano in situazione di max eterogeneità), e viene poi standardizzato il best raggiungibile di massima eterogeneità, ottenendo così l'indice di Evennes strutturale E_{st}

$$E_{st} = \left(\frac{H_j}{H_{max}} \right) \times 100, \text{ dove:}$$

H_j = eterogeneità strutturale del tessuto urbano = H_{st} ;

$H_{max} = \ln(n)$ = valore che si raggiungerebbe nel caso in cui tutte le categorie funzionali fossero presenti con la stessa percentuale di superficie o avessero la medesima probabilità di essere presenti;

n = categorie di attività prese in considerazione per il calcolo della diversità:

$$E_{st} = \frac{H_j}{H_{max}} = \frac{H_j}{\ln(n)}$$

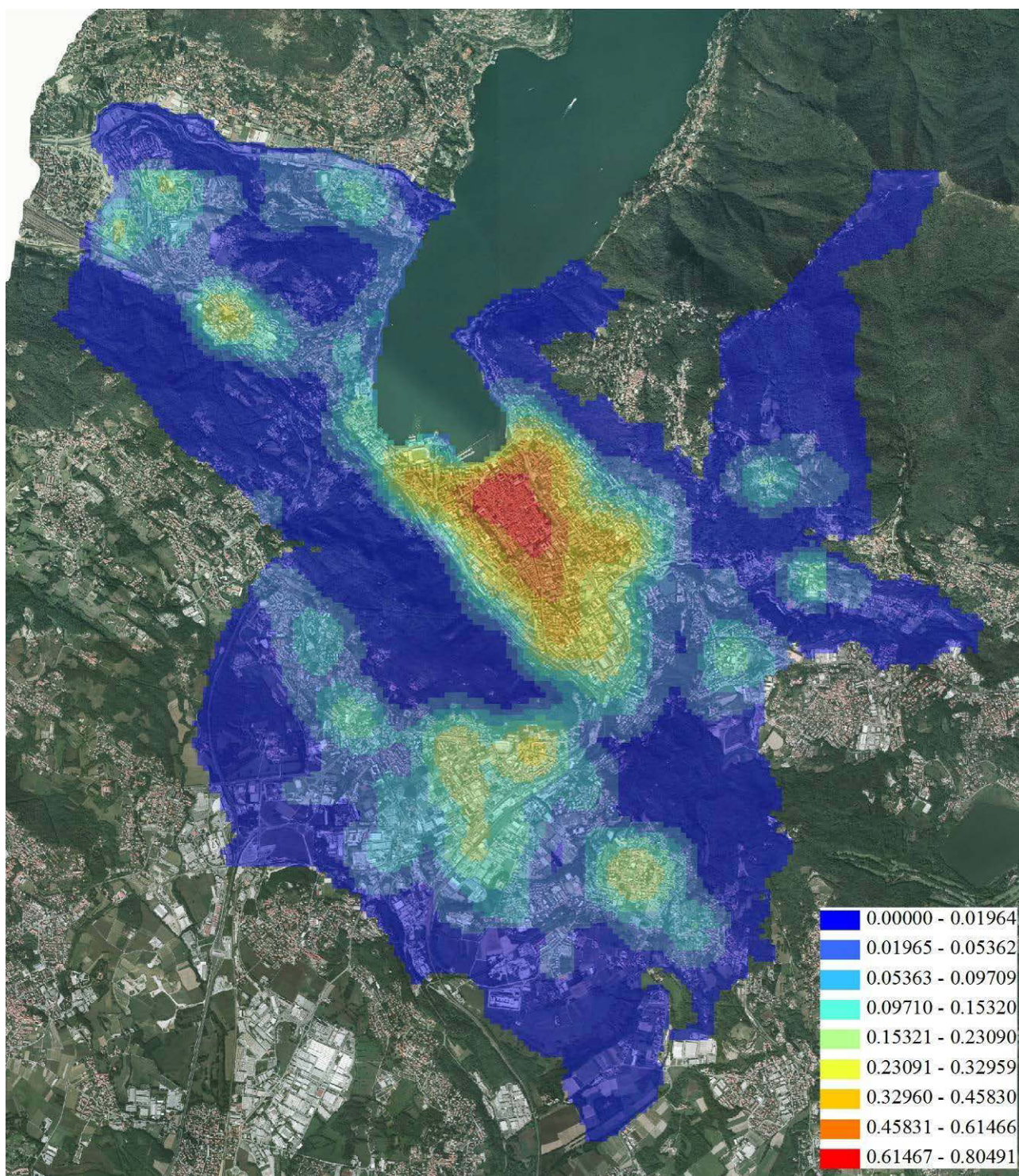
Anche qui i valori raggiungibili dall'indice vanno da 0 (tessuto urbano dominato da un solo tipo di attività) a 1, miglior risultato di eterogeneità funzionale raggiungibile nell'area d'indagine, ricordando che per determinare il momento sintetico X_2 (intensità di vitalità del tessuto economico) occorre prima standardizzare⁵³ i due vettori e poi aggregarli con $b_1 \cdot (1 + b_2)$, onde determinare un unico vettore colonna di sintesi, quindi trasformato in vettore categoriale⁵⁴.

⁵² A tal fine, le categorie selezionate per il calcolo dei due termini b_1 e b_2 sono rappresentate da: i) artigianato; ii) terziario finanziario e professionale; iii) esercizi commerciali di vendita; iv) attività di supporto alla residenza; v) luoghi di culto o di aggregazione; vi) strutture scolastiche, per un complesso di sette categorie d'attività sulle nove considerate.

⁵³ Si utilizza la normalizzazione rispetto al valore massimo della serie per generare un riproporzionamento nell'intervallo 0 – 1.

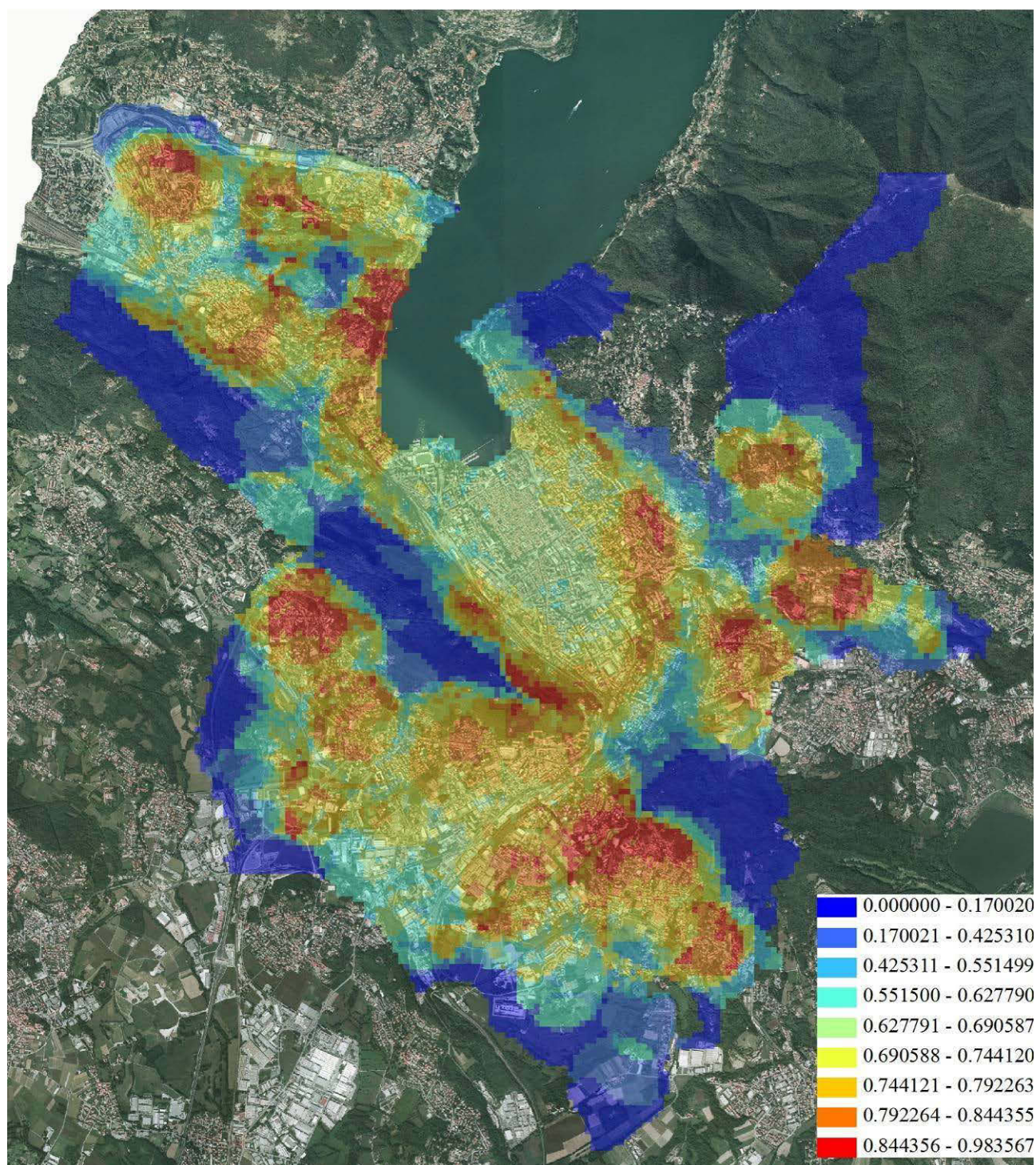
⁵⁴ Tale passaggio è fattibile utilizzando un algoritmo (formalizzazione statistica di Jenks detta Natural Breaks) in ambiente Gis che determina l'interruzione naturale della serie identificando le partizioni che si vogliono utilizzare. Nel nostro caso si assumeranno tre intervalli che identificheranno tre classi di intensità di vitalità (Alta vitalità. Media vitalità e Bassa vitalità).

b_1 = Carta di densità, entro 400 m, della distribuzione funzionale.
Rappresentazione in 9 classi quantile



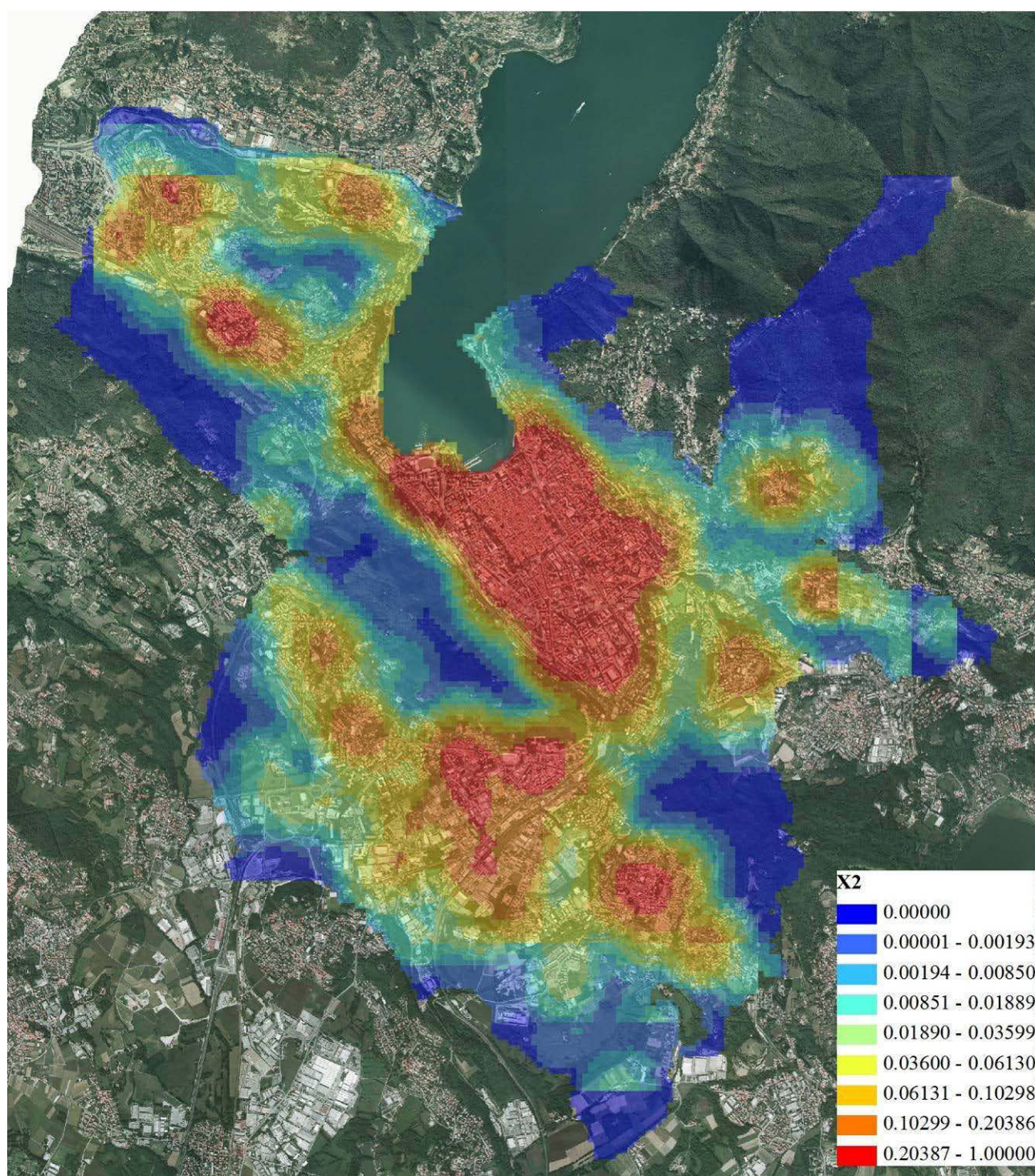
La carta mostra l'andamento peculiare della distribuzione delle attività non residenziali sul territorio, vale a dire un'elevata densità di attività terziarie, commerciali e di supporto alla residenza che hanno nella convalle la concentrazione maggiore; la minor densità di funzioni si riscontra nei quartieri periferici di Camerlata, Rebbio, Albate e Monte Olimpino, col minimo a Caviglio e Camnago Volta.

b_2 = Carta di densità, entro 400 m, dell'eterogeneità funzionale del tessuto urbano accessibile.
Rappresentazione in 9 classi quantile

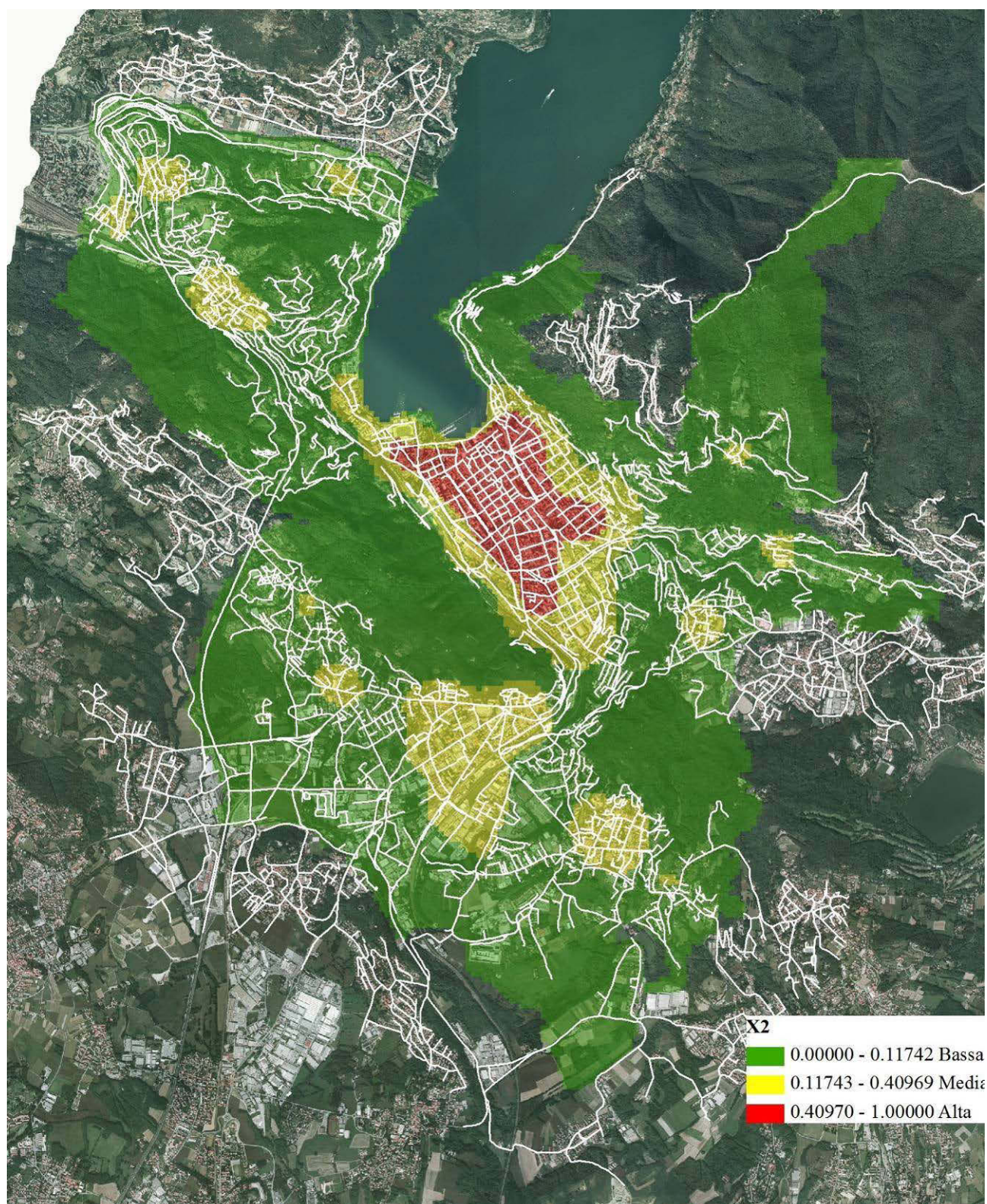


La distribuzione dei valori d'eterogeneità delle distribuzioni puntuali fa emergere gli ambiti a prevalenza monofunzionale, rappresentati dai due comparti produttivi consolidati nei quartieri periferici; è di qualche interesse osservare come l'eterogeneità funzionale coinvolga la banda lacuale di Monte Olimpino, in corrispondenza della fascia urbanizzata attestata lungo la direttrice stradale che conduce verso Cernobbio; altro elemento peculiare è la media eterogeneità dell'area di convalle corrispondente al centro storico, che presenta un innalzamento significativo ai suoi margini.

X_2 = Carta dell'intensità di vitalità del tessuto economico



X_2 = Carta di classificazione dell'intensità di vitalità del tessuto economico



Si può concludere come la maggior vitalità del tessuto economico comasco s'attesti nella convalle, con valori alti dell'indice nell'area del centro storico; valori comunque considerevoli, rispetto alla classificazione adottata, sono quelli della fascia intermedia che caratterizza tutti i nuclei dei quartieri periferici; sono ben riconoscibili Camerlata, Albate, Rebbio, Camnago Volta, Monte Olimpino, Ponte Chiasso, Tavernola.

1.1.4. *Il momento sintetico: la propensione alla centralità*

La sintesi dell'intensità interattiva tra network globale e locale (X_1) e vitalità del tessuto socio economico (X_2) è rappresentata dall'indicatore di propensione alla centralità (I_{pc}):

$$I_{pc} = X = f(A, B) = f(X_1, X_2) = f(a_1, a_2, b_1, b_2)$$

In termini analitici, le due carte di seguito riportate rappresentano due vettori colonna quantitativi che – attraverso un algoritmo di Natural Break – permettono l'individuazione di tre classi categoriali per ogni classificazione da cui, come s'osserva, scaturiscono sei modi espressivi:

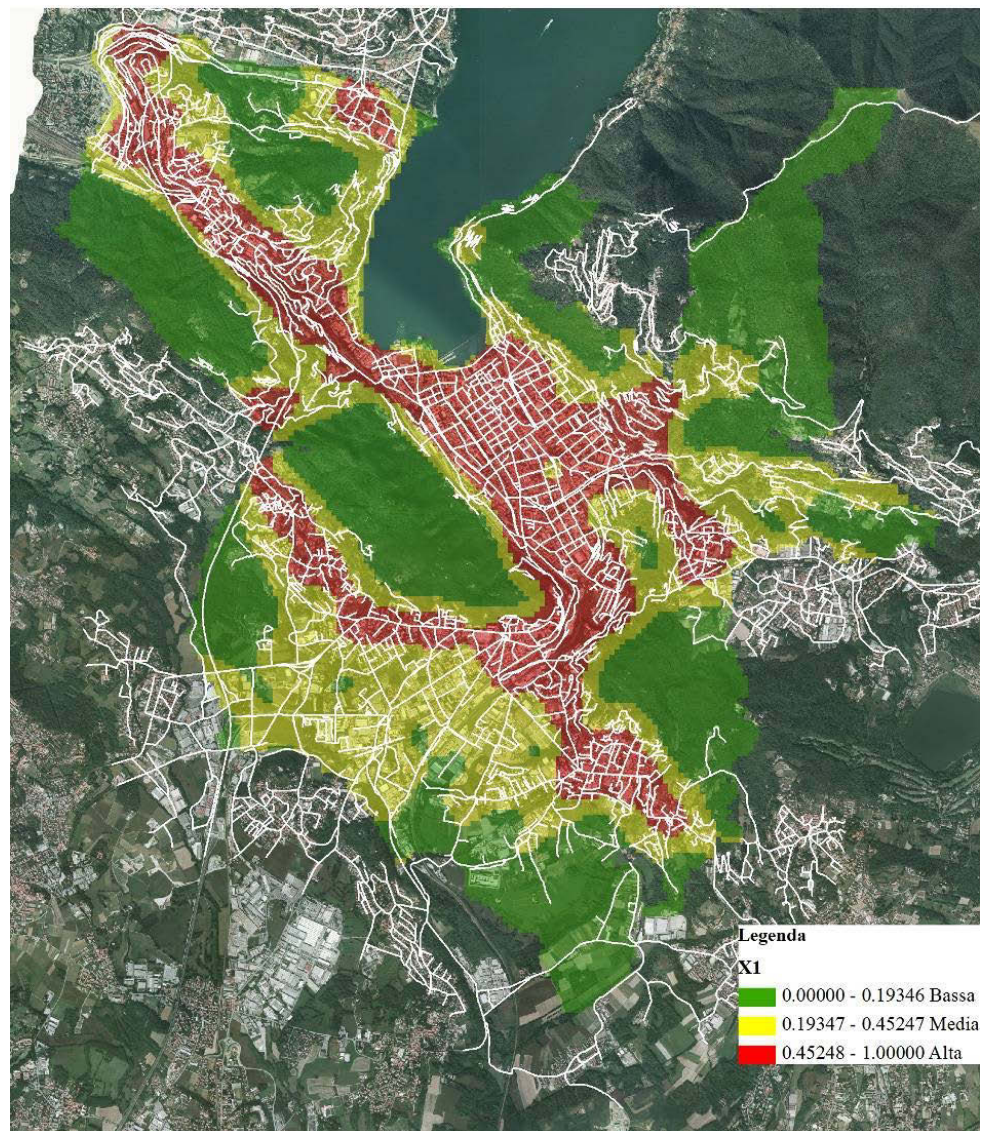
- x) rispettivamente i primi tre del grado d'intensità della interazione,
- y) e gli ulteriori del grado di vitalità economica.

Occorre ora procedere alla sintesi delle modalità totali, mediante il loro incrocio: l'esito atteso dalla procedura analitica riguarderà l'identificazione di tutte le possibili combinazioni (generalmente il prodotto delle modalità originali) o, per meglio dire, di tutti i profili riga che si paleseranno.

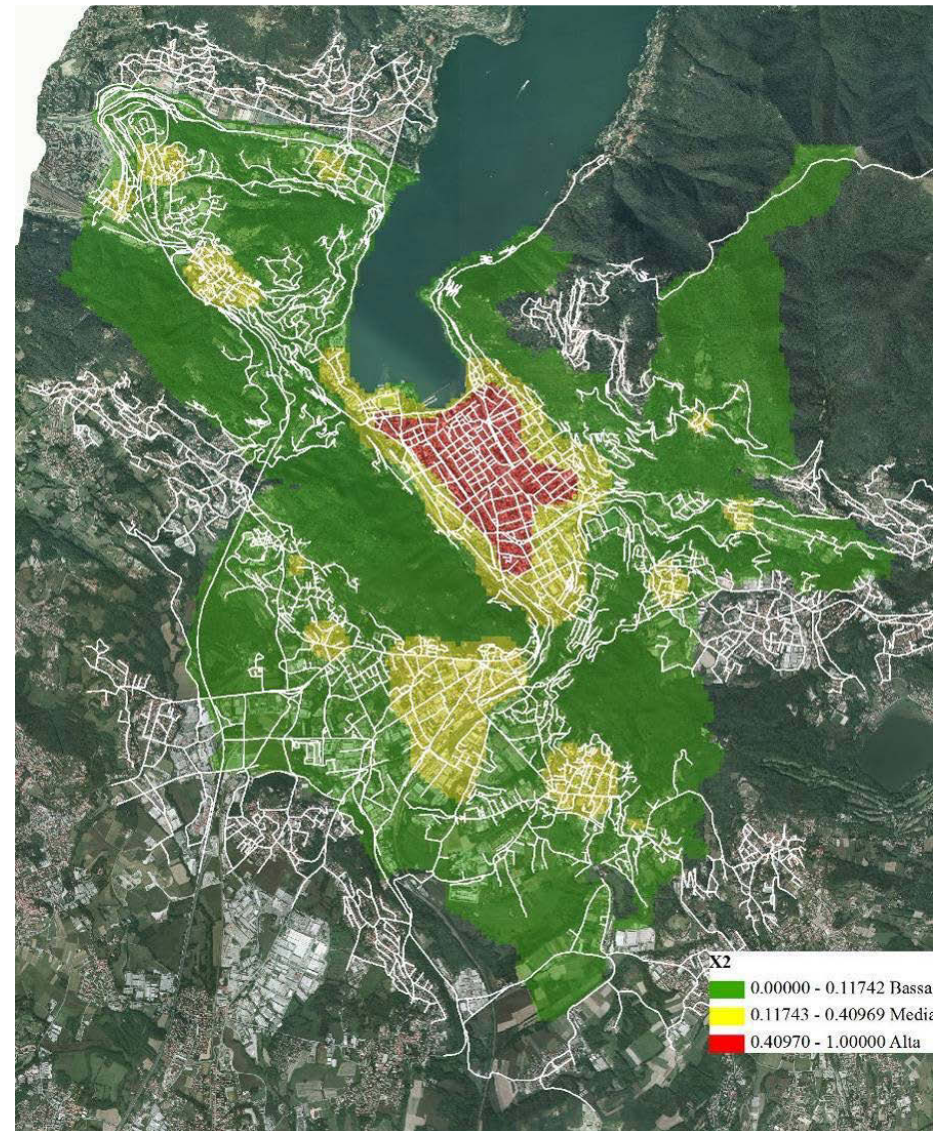
Successivamente, si procederà alla loro descrizione e alla conseguente aggregazione finale in cinque classi di intensità.



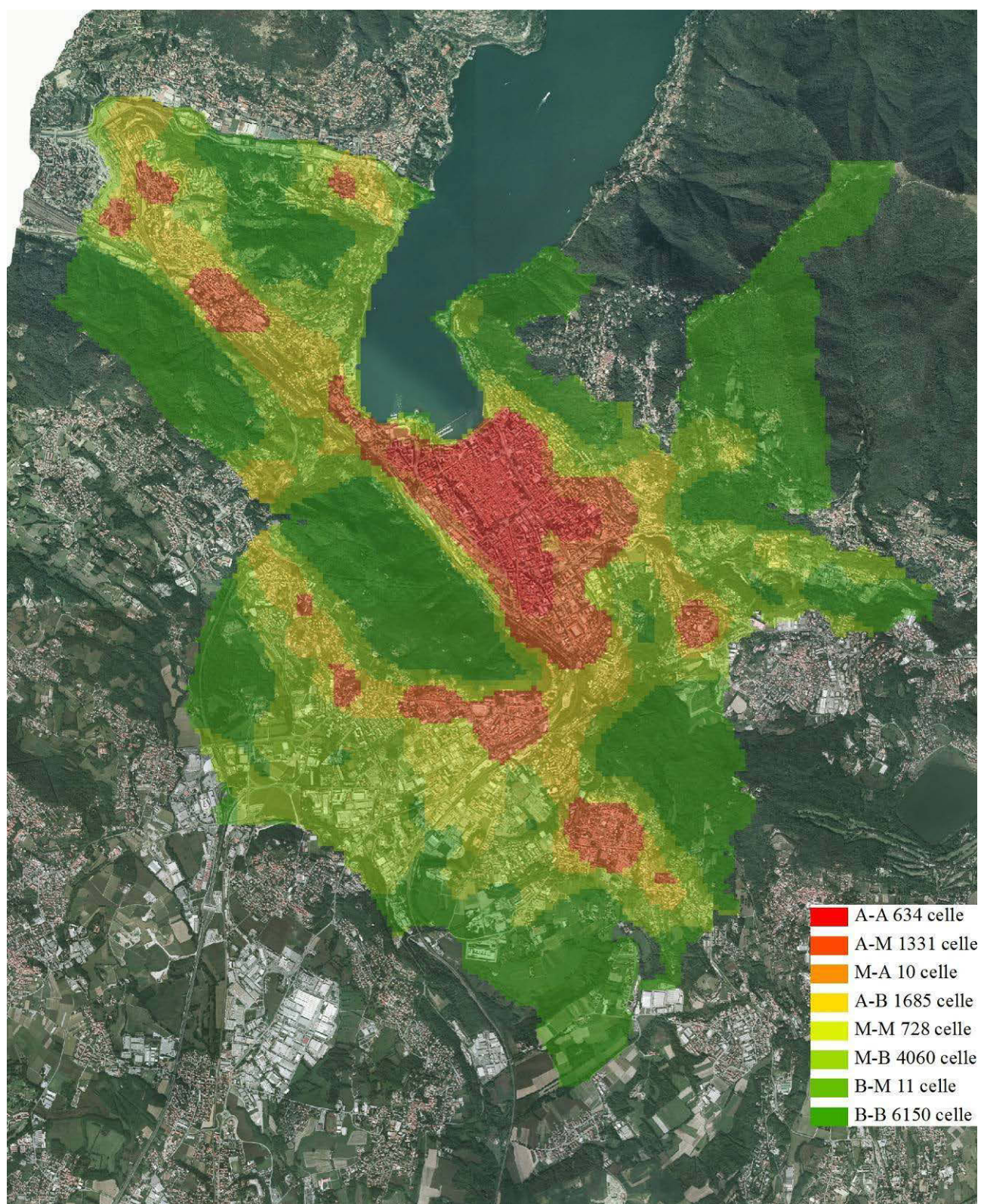
X_1 Carta di classificazione dell'intensità interrelazionale tra network locale e globale



X_2 Carta di classificazione della vitalità del tessuto socio economico

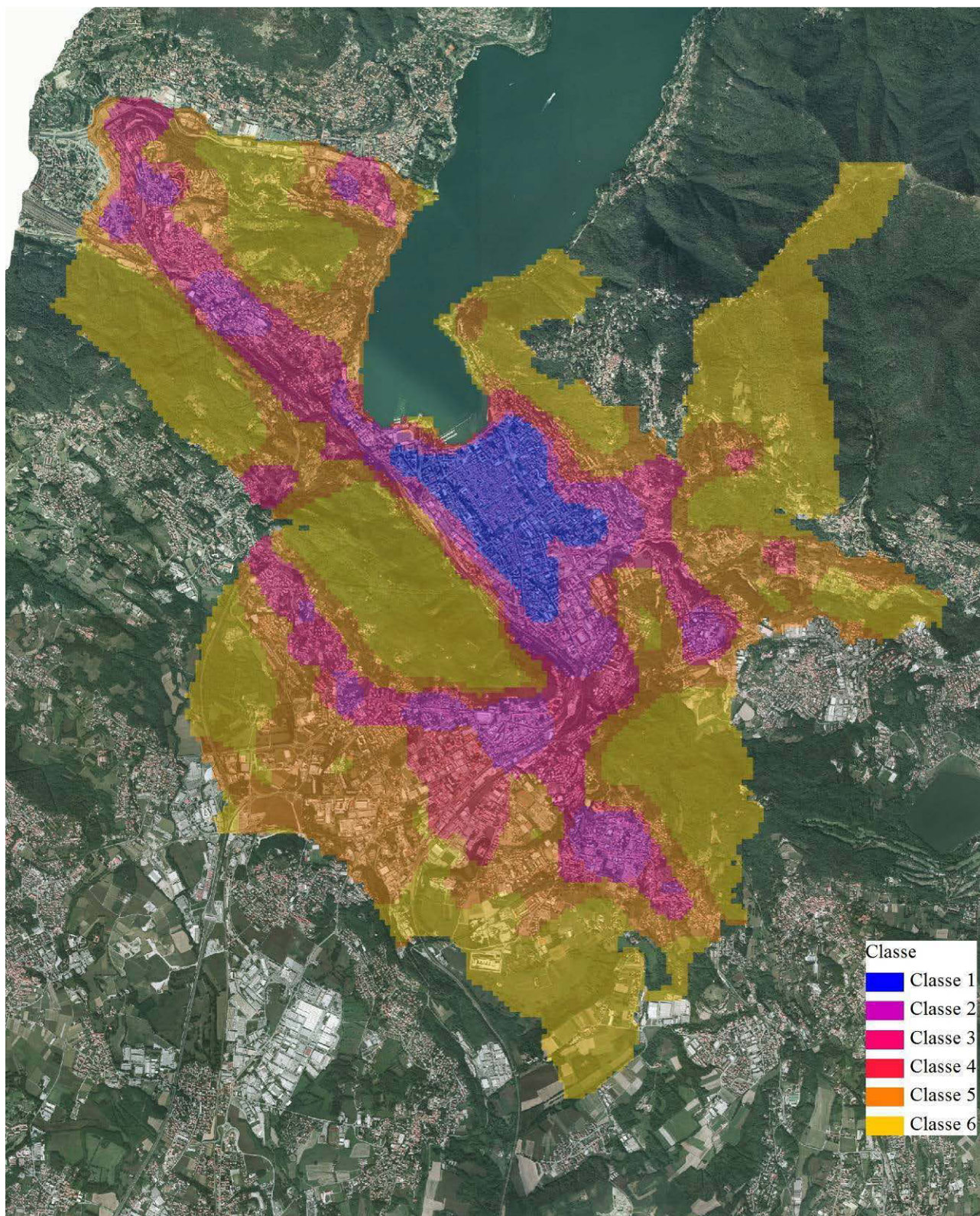


Rappresentazione discreta (celle di 50 m di passo) delle modalità computate dall'analisi delle tipologie



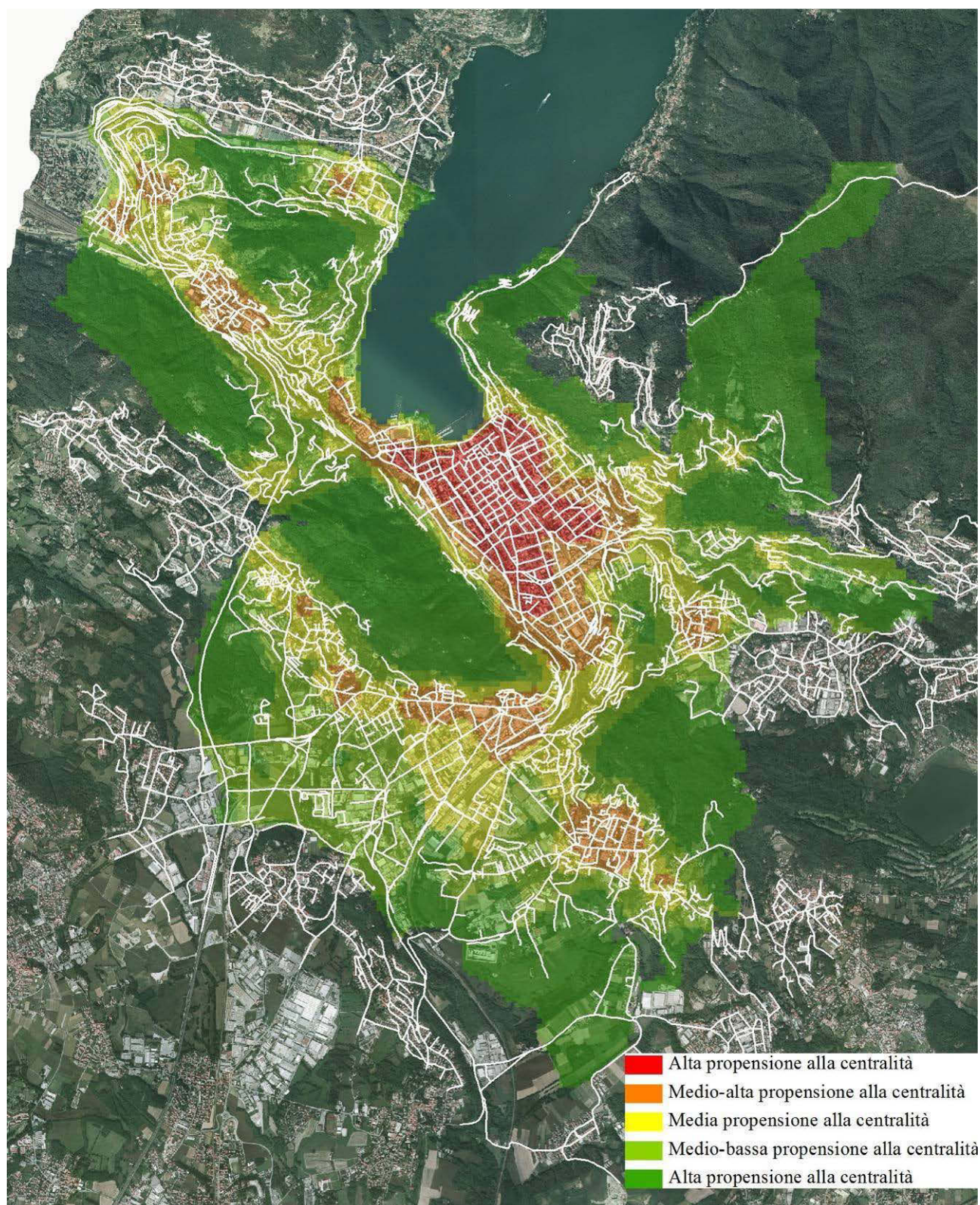
Vengono individuate in prima battuta le sei classi seguenti, poi localizzate cartograficamente nella pagina successiva.

Categoria		Riclassificazione	Descrizione della classe	Classe I_{pc}
X₁	X₂			
A	A	1	Ambiti a centralità consolidata con maggior potenzialità strutturale e vivacità economica Spazi di mantenimento e potenziamento dei legami economici e sociali derivanti dalle attività presenti che generano vitalità, aumentando la commistione funzionale (ma evitando l'insediamento e la permanenza di attività generatrici di interferenze ed esternalità con le funzioni della residenza e della pubblica fruizione), anche attraverso azioni di riequilibrio funzionale, riqualificazione della qualità architettonica del tessuto urbano e valorizzazione attraverso fasce pedonali e ciclo – pedonali con inserti di verde, per incrementare la fruibilità e l'accessibilità pedonale del tessuto urbano e delle attività presenti.	A (5)
A M	M A	2	Tessuto urbano con ruolo connettivo di collegamento tra ambiti più strutturati Spazi di medio – alta vitalità funzionale più prossimi (o di collegamento) agli ambiti urbani a centralità consolidata. Presenza di assi con maggiore accessibilità ai luoghi centrali.	MA (4)
A	B	3	Ambiti di sostegno funzionale Ambiti su cui intraprendere politiche di incentivazione della vitalità socio – economica, data la potenzialità del tessuto urbano dal punto di vista dell'intensità infrastrutturale; sono idonei per attività di dettaglio a supporto della residenza se in ambiti "localmente" centrali, o per la localizzazione di medio – grandi strutture se in corrispondenza di ambiti "globalmente" locali.	M (3)
M	M	4	Aree di sostegno generico Aree di transizione per le quali non servono specifiche politiche di intervento, ma che possono risultare interessate dagli effetti delle politiche intraprese per gli ambiti più centrali attorno ai quali tali aree gravitano, per accentuare la vitalità insieme all'avvio della riqualificazione degli spazi urbani interessati; il tutto nell'ottica di rendere possibile un salto di classe per propensione alla centralità	M (3)
B, M	M B	5	Aree corollario di primo livello Aree di possibile completamento, riammagliamento e/o infittimento insediativo mediante funzioni idonee (con la prevalenza dell'uso in atto) che non richiedano condizioni di centralità. Per eventuali trasformazioni rispetto all'uso in atto, risulta opportuno incentivare le azioni tese all'incremento del network.	MB (2)
B	B	6	Aree corollario di secondo livello Ambiti periferici a contenuta vivacità (bassa interazione socio – economica), generalmente caratterizzati da comparti monofunzionali attestati su isolati di grande dimensione (a bassa interazione col reticolo viario esistente)	B (1)



- 1 Ambiti a centralità consolidata con maggior potenzialità strutturale e vivacità economica
- 2 Tessuto urbano con ruolo connettivo di collegamento tra ambiti più strutturati
- 3 Ambiti di sostegno funzionale
- 4 Aree di sostegno generico
- 5 Aree corollario di primo livello
- 6 Aree corollario di secondo livello

Nella rappresentazione sottostante, l'aggregazione delle sei classi precedenti in cinque classi di propensione alla centralità, sovrapposte al network 2006



Carta di classificazione dell'indicatore sintetico di propensione alla centralità (I_{pc})

Questa carta rappresenta le ricadute analitiche sul comune di Como della declinazione degli elementi quantitativi in classi categoriali di centralità strutturale, e deriva dal trattamento dei dati in discreto con celle di pas-

so 50 m, frutto del ricorso alla *Kernel Density*; emerge chiaramente il cosiddetto “effetto bordo”, sintomatico della procedura, che identifica le ricadute anche in assenza del dato sorgente/indicatore parziale, e dunque:

1. la *classe a bassa propensione alla centralità* (che interessa il 42,06% dello spazio comunale di Como) caratterizza la più parte delle aree assoggettate a vincolo ambientale, a parco e a massima naturalità, con una buona riconoscibilità dell'area del Parco regionale della Spina Verde così come delle aree boschive di Sagnino, Como nord e Monte Olimpino, nonché dell'Oasi delle Torbiere di Albate;
2. la *classe a medio/bassa propensione alla centralità* (che copre il 27,84% del comune di Como) identifica le porzioni di territorio più periferiche rispetto alle aree a elevata naturalità, corrispondendo grosso modo ai corridoi di transizione da tali ambiti a quelli urbanizzati, oltre ai bacini che – pur essendo assoggettati a vincoli di diversa tutela – risultano fortemente interferiti dalle attività antropiche;
3. la *classe a media propensione alla centralità* (che interessa il 16,50% del territorio comunale) è terza in ordine di presenza e in tal contesto, derivato dall'aggregazione delle categorie 3 e 4, fa emergere uno stato d'incerta caratterizzazione rispetto agli indicatori assunti: infatti, si riscontra qui un avvicinamento di alta, media e bassa vivacità economica e d'intensità interattiva, trattandosi di aree di margine e transizione verso la dimensione urbana e/o infrastrutturale a partire da situazioni di naturalità, come si conferma nel riscontro (per dirla una) rispetto alla strada per Brunate; la seconda caratterizzazione della classe è da identificare nelle aree della piastra industriale, caratterizzate da un minor raffittimento della dotazione infrastrutturale;
4. la *classe a media/alta propensione alla centralità* (sul 9,17% della dimensione comunale comasca) coinvolge le parti di urbanizzato corrispondenti alle piastre residenziali attestate lungo gli assi infrastrutturali principali, come è possibile riconoscere rispetto al nodo centrale di Camerlata e ai nuclei di Monte Olimpino, Sagnino e Tavernola;
5. infine, la *classe ad alta propensione alla centralità* (limitata al 4,33% del comune di Como) interessa il nucleo della convalle, del centro storico e delle espansioni degli anni Venti e Trenta; qui è stata quantificata la massima intensità interattiva per la presenza d'infrastrutture che generano un'accessibilità tanto locale quanto globale; inoltre qui si concentrano le massime densità di funzioni non residenziali, garantendo quindi un importante dinamismo che fa intravedere occasioni di potenziamento e/o riequilibrio delle funzioni in atto.

L'indice di dinamicità del tessuto urbano

L'indice è finalizzato a stimare la dinamicità del tessuto urbano rispetto alle destinazioni d'uso presenti, assumendo le sezioni censuarie Istat 2001 come unità d'indagine; a differenza dell'indice di propensione alla centralità (in precedenza stimato), che esamina la densità dei fenomeni, questo indice valuta la dimensione dell'isolato e restituisce, quindi, un'immagine riconducibile alla trama di ogni sezione di censimento con:

$$X_3 = f(d_1, d_2) \text{ con } d_1, d_2 \in D, \text{ dove:}$$

d_1 = indice di prevalenza delle funzioni terziarie sull'uso residenziale,

d_2 = indice d'eterogeneità funzionale.

L'indice di prevalenza terziaria d_1 è stato stimato determinando la prevalenza dell'uso terziario (a) rispetto a quello residenziale (b), espressi in mq per ogni sezione censuaria 2001, con $a / (a + b)$.

L'indice di eterogeneità funzionale d_2 è stato calcolato attraverso la stima di Shannon – Wiener:

$$H_{sc} = - \sum_{k=1}^S p_k \ln p_k, \text{ dove:}$$

S = numero delle categorie funzionali considerate, con $n=1$ fino a 5;

P_k = percentuale d'incidenza di ogni categoria funzionale sul totale delle attività presenti entro il raggio di 400 m dal centroide della cella.

A tal fine si sono considerate le funzioni: i) artigianato; ii) terziario di carattere finanziario e professionale; iii) esercizi commerciali di vendita; iv) attività di supporto alla residenza; v) residenza.

I valori che l'indice può assumere vanno da 0 (tessuto urbano dominato da un solo tipo di funzione) a $\ln(n)$ (quando tutte le tipologie di attività si presentano con la stessa importanza, presentando così una situazione di massima eterogeneità).

È stata successivamente applicata la standardizzazione sul best raggiungibile di massima eterogeneità, ottenendo così l'indice di Evennes strutturale E_{st}

$$E_{st} = \left(\frac{H_j}{H_{max}} \right) \times 100, \text{ dove:}$$

H_j = eterogeneità strutturale del tessuto urbano = Hst;

$H_{max} = \ln(n)$ = valore che si raggiungerebbe nel caso in cui tutte le categorie funzionali fossero presenti con la stessa percentuale di superficie o avessero la medesima probabilità di essere presenti;

$$E_{st} = \frac{H_j}{H_{max}} = \frac{H_j}{\ln(n)}$$

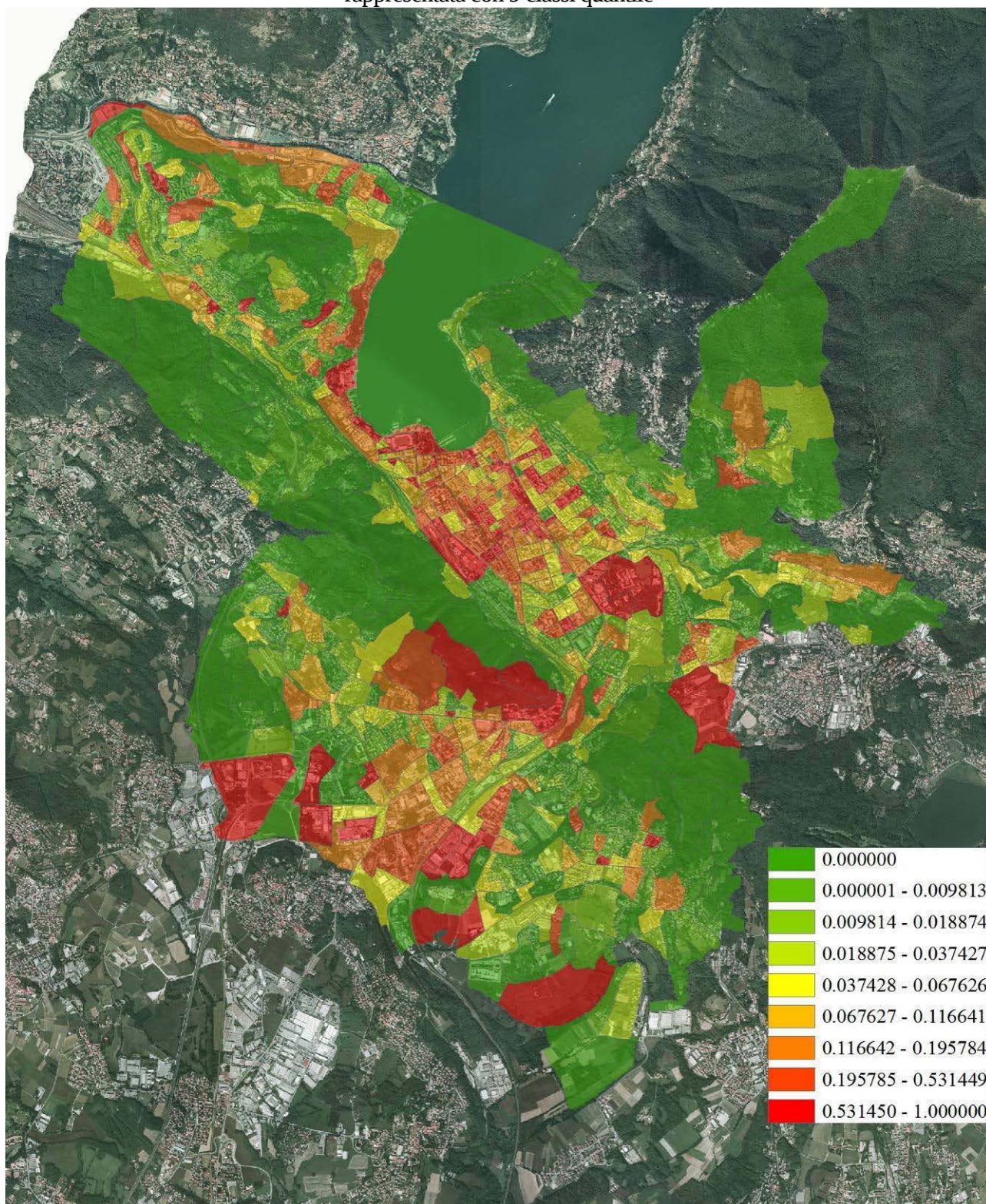
Anche in questo caso i valori raggiungibili dall'indice vanno da 0 (tessuto urbano dominato da un solo tipo di attività) fino a 1, rappresentativo del miglior risultato di eterogeneità funzionale raggiungibile nell'area di indagine assunta.

I due indicatori così calcolati sono stati quindi ricondotti alla dimensione discreta sulla griglia composta di celle da 50 x 50 m, per tutto il territorio comunale.

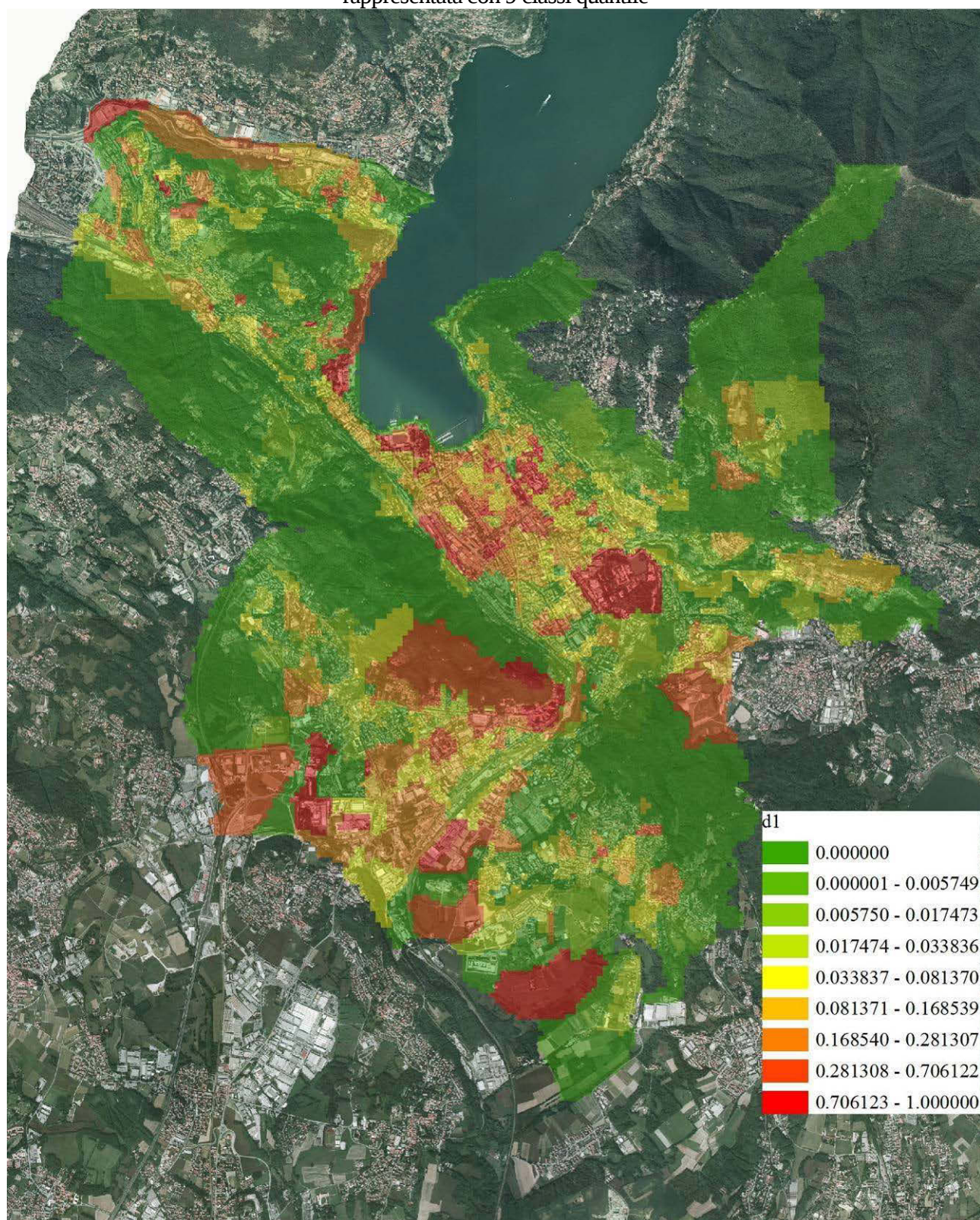


COMO - Panorama.

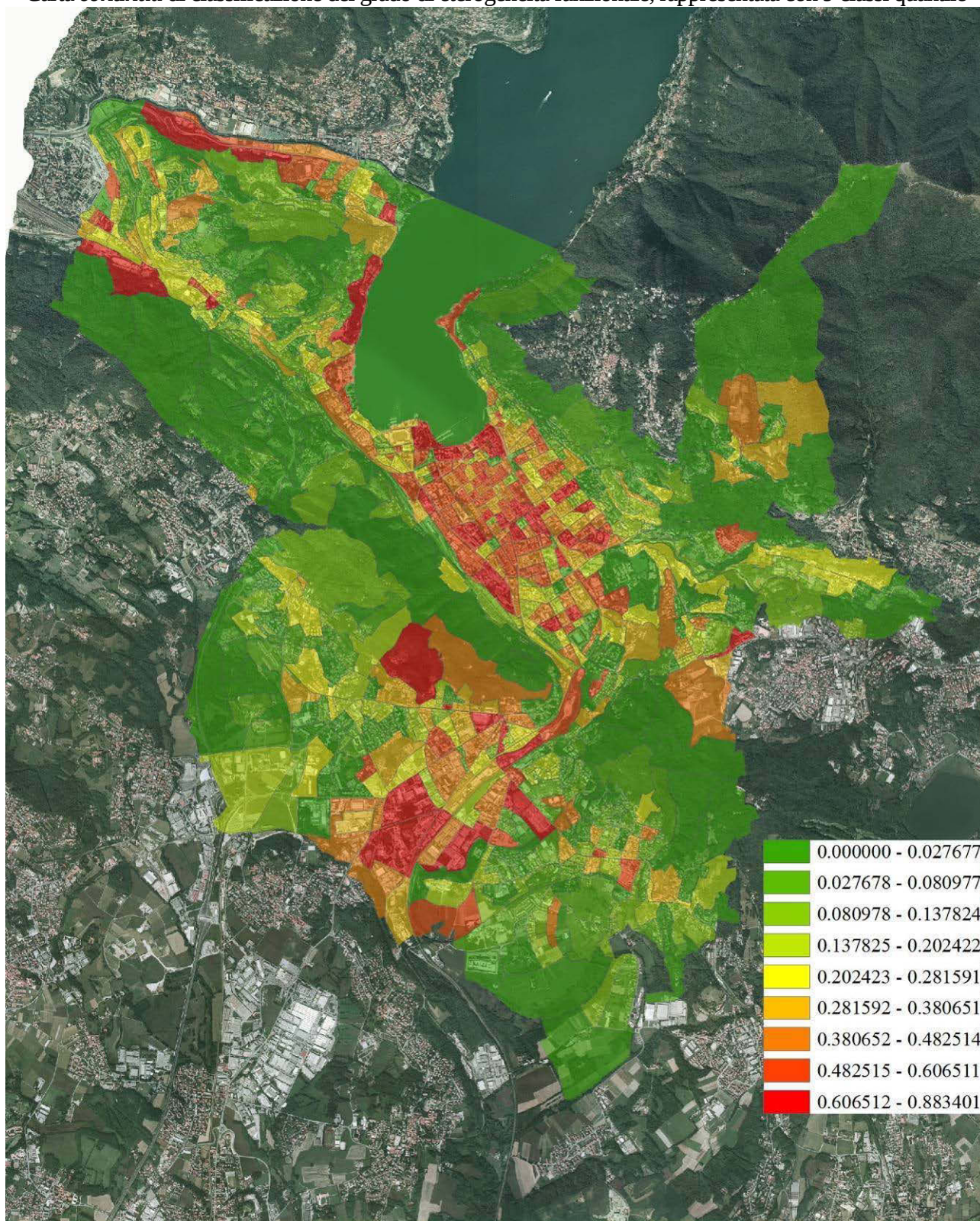
Carta *continua* di classificazione della prevalenza di funzioni terziarie sull'uso residenziale, rappresentata con 9 classi quantile



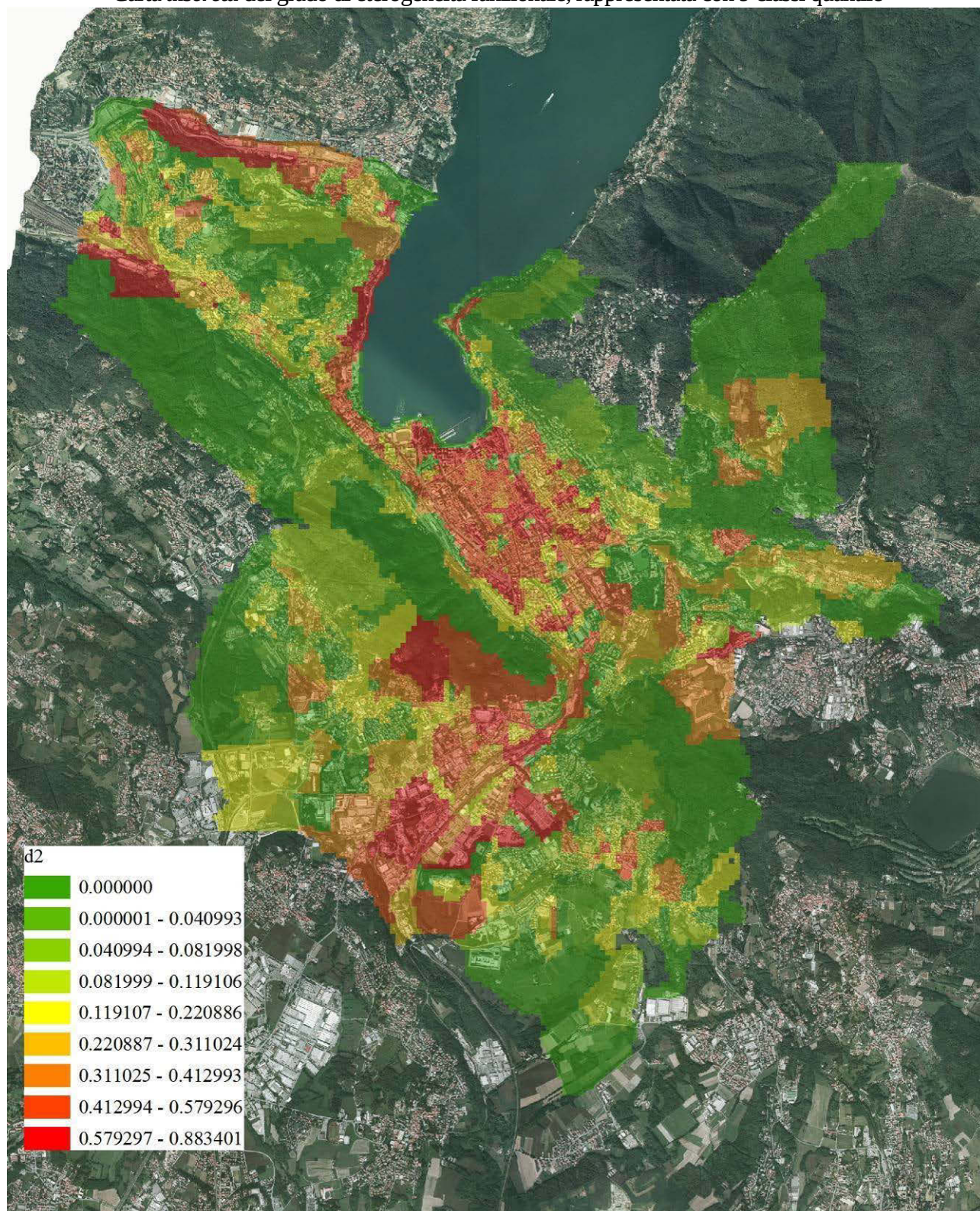
Carta *discreta* dell'indice di prevalenza di funzioni terziarie sull'uso residenziale, rappresentata con 9 classi quantile



Carta *continua* di classificazione del grado di eterogeneità funzionale, rappresentata con 9 classi quantile



Carta **discreta** del grado di eterogeneità funzionale, rappresentata con 9 classi quantile



Le risultanze sono state quindi aggregate rispetto a:

$$X_3 = f(d_1, d_2) \text{ con } d_1, d_2 \in D$$

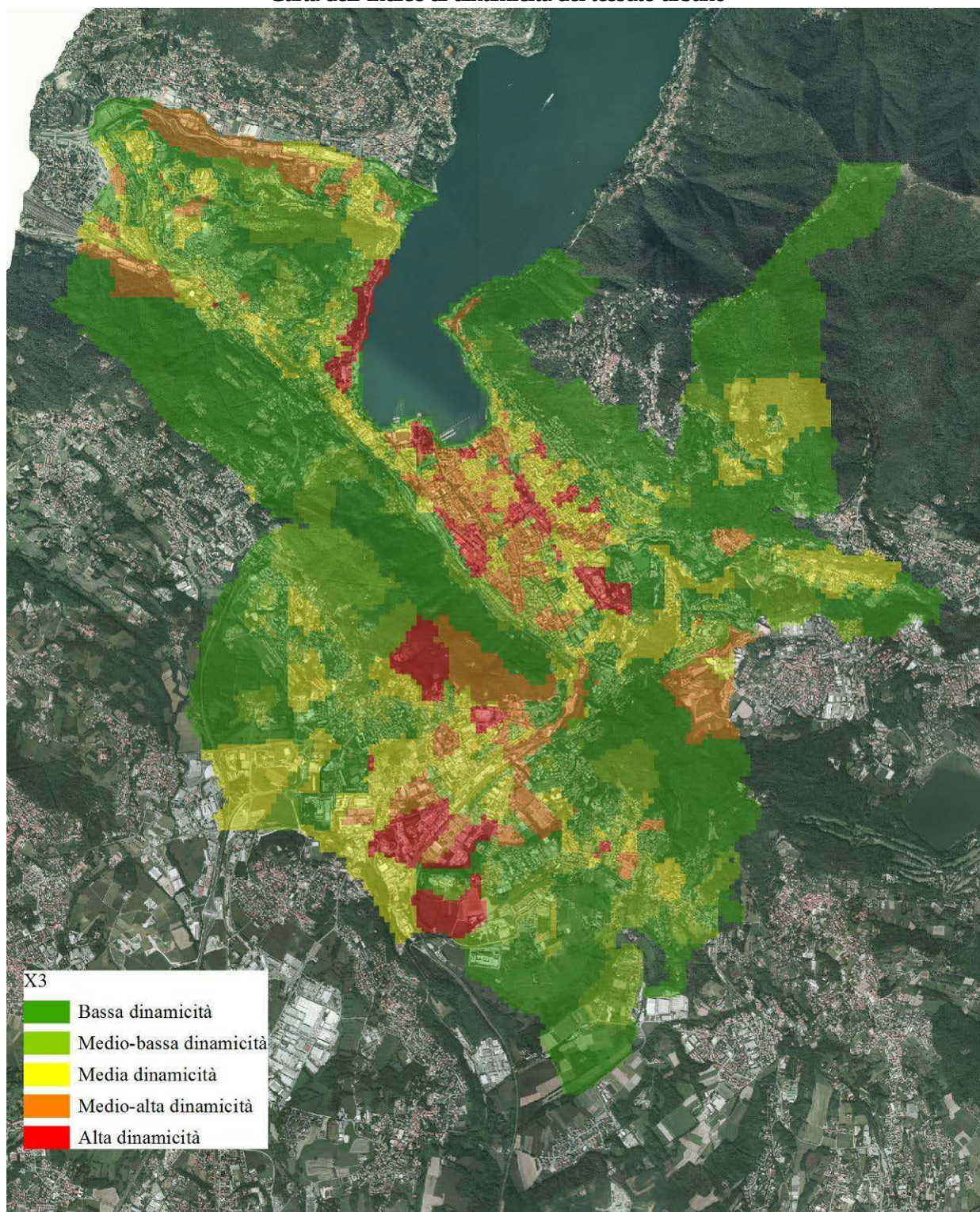
$$X_3 = d_2 \cdot (1 + d_1), \text{ dove:}$$

d_1 = indice di prevalenza delle funzioni terziarie sull'uso residenziale;

d_2 = indice di eterogeneità funzionale,

il cui risultato è stato quindi normalizzato per la scala di valori compresa tra 0 e 1.

Carta dell'indice di dinamicità del tessuto urbano



Come s'evince sopra le aree d'alta dinamicità corrispondono al corollario dell'ambito storico nell'intorno immediatamente prospiciente le mura, con alta prevalenza di funzioni terziarie, e lungo la direttrice che collega la tangenziale alla via Dante Alighieri, in direzione di Torno; altre aree assai dinamiche sono intorno al polo universitario e all'ospedale, nelle aree produttive di Rebbio e lungo la strada per Cernobbio; su valori medio – alti s'attestano l'area tra i viali Varese e Innocenzo XI e lo spazio prospiciente il lago, con valori dettati dalla presenza di attività a supporto del turismo.