

CONFIGURATION ANALYSIS AND SPATIAL PLANNING IN THE COASTAL SETTLEMENTS OF THE MEDITERRANEAN SEA

Introduction

During the last century, the population along the Mediterranean coasts has been growing with an impressive trend. Since the '50s most of these areas have attracted people from inland cities and marginal rural places, thanks to their economic opportunity and desirable locations, so as to result today clearly overcrowded. The gap between populations living in urban centres as opposed to those in the surrounding urban areas has likewise increased [13]. Schneider & Woodcock however noted that, since the 1980s, cities of different kind, dimension and position all over the world are involved in sudden transition processes, from a compact to a dispersed urban structure [14]. Recent studies proved that such a process involved also the Mediterranean coast [5]. High transformation speed, low urban density and overcrowding are actually a fiddly issue to cope with. Spatial planning is moreover less supplied than it seems to face urban pathologies, than it was before. It is primarily caused by a lack in knowledge, due to the hurdle in acquiring reliable and objective information on urban phenomena. Consequently, urban and territorial planners have difficulty expressing medium/long-term predictions, with impacts on urban and territorial policies. Many models are flourishing to fill the gap, but, in this broad framework, assessing and modeling complexity in cities is gaining momentum, leading the quest for a new "science of urbanism". An approach that is increasingly engaging scholars and practitioners rethinks the way we can look at the city and its problems and potential: an approach that starts from space and urban life at the same time, hence grasping the two dimension of a place, cognitive and geographic. For this purpose, we need to imagine cities as complex systems consisting of many variables that interact with each other, assuming the space as a primary element in such dynamics rather than the mere and inactive background of social and economic phenomena [4] – [10]. Since the *configurational approach* was first pioneered in the early '80s [11], the application to cities and open spaces of the science of complex networks has flourished, providing new knowledge for urban and territorial planning. Hillier's configurational approach, known as *Space Syntax* theory, for the first time proposes non-discursive techniques to appraise the role of space in the making of urban phenomena, and a reduction of the city as a system in a network. This is made by using an indirect (or dual) representation of the space, in which virtual lines crossing urban spaces (divided into convex elementary polygons) are represented as nodes of



Fig. 1 - The analyzed Vesuvian conurbation.

the associated graph, and, conversely, the junctions between these lines are represented as edges. As noted by Michael Batty in 2008 [2], such simplifying model of the city is not rooted primarily in a Euclidean space but deals as much with topologies, such as the social networks. This suggests ways in which our longstanding physical approach to cities can be consistently linked to phenomena that only obliquely manifest themselves in physical terms. The science of complex network is therefore the leading approach in this field, and *Space Syntax* among the most relevant theories, with the set of operative techniques it embeds. In this paper, *Space Syntax* will be applied to analyze the coastal settlements of Vesuvian area, few kilometers southeast from Naples, adopting a diachronic approach to point out a quantitative evaluation of its evolution during the last 60 years, in reference to the safety of its inhabitants to natural risks. Obviously, the presence of the volcano makes the surrounding area an absolutely unique settlement, provided with exceptional territorial features; nonetheless, the co-presence of the outstanding risks and opportunities the volcano involves makes this settlement an ideal case study for a method aimed at highlighting the hidden properties of coastal recent developments. It will show the capabilities of the configurational approach in supporting mid and long term planning decisions in a critical scenario, as the Vesuvius coastal settlement actually is. Aside from the case study, the paper will discuss the potential

of the science of complex network to provide urban and territorial planners with a new significant knowledge tool.

Backgrounds

Configuration analysis was pioneered as a general attempt to relate urban physical dynamics and social processes. Its genesis was in the 1960s urban revolution, in the effort to dominate the contradiction between the impressive architectures that were flourishing and the un-urban nature of their spaces. Among different theoretical specifications and operative techniques, the most important configurational approach is known as *Space Syntax*. As a theory and methodology, it is widely applied and appreciated for its capability of extracting cognitive data and information out of the spatial layout of urban settlements.

Space Syntax theorises that certain configurational measures, resulting from graph analysis, express a potential to embody or transmit social ideas, and then pushes this potential to spatial structures, by geographically linking the graph to the space. Many years of researches have highlighted that centrality is related to several aspects in human interaction [8]. *Space Syntax* refers to several different kinds of centrality, but it is mainly pivoted on closeness centrality, as described by the *integration index*, under the idea that the prominence of a spatial element is determined by its closeness to all the other elements in the graph. *Space Syntax* is based on a particular

network-making process that lies upon the reduction of the city into the set of fattest convex spaces in which the urban public space is divisible, and then on the tracing of the minimal set of longest lines crossing such convex spaces. It appears to invert the traditional urban graph, in that it assumes the lines as the nodes of the graph and their intersection as the edges. In order to associate their meaning to the real urban space, it is therefore necessary to take the opposite way, what is known as dual or indirect approach. Several different operational techniques have been so far developed, all sharing the base assumption that it is the urban space, according to the way it results from the arrangement and alignment of blocks and buildings, what primarily involves the precondition for its use, thus strongly influencing the whole inner geography of the settlement. On this basis, such approach allows drawing out of the grid configuration specific parameters, which were proved suitable for reproducing a wide range of urban aspects. Besides its effectiveness as a knowledge extraction tool, this capability also makes configurational analysis suitable for supporting town planning, in that it allows simulating and predicting the effects of any planned transformation of the physical consistency of the grid.

The Vesuvius coast: configurational analysis for risk mitigation

The slopes of Mount Vesuvius, on its western side, are home to one of the most critical urban areas all over Europe, frequently discussed with concern and serious alarm (among others, [1]). Mount Vesuvius has a long eruptive history, which has been continuing for over 400,000 years, periodically peaking in major eruptions alternated with moderate energy events according to a cycle of about 20 years. Such a long-lasting and dramatic occurrence is therefore expected to have deposited into the historical memory of the local communities a deep ancestral fear of the volcano as well as a full awareness of the deadly risks coming from it. On the other hand, as the settlements have recently gone spontaneously growing despite that hazard, it may be presumed that the form and the structure of the settlement were somehow oriented by such fear and awareness, so as to safeguard the safety of its inhabitants and to enhance its own resilience.

The whole area is completely urbanized, as a result of the rapid growth of the several ancient nuclei in the second post-war period, so as to presently appear a unique wide conglomeration sprawled over the western slopes of Mount Vesuvius.

The presence of volcanic risk suggested in 2001 to encompass a wide area around Vesuvius, called 'red zone', including the 18 municipalities where, in case of violent eruption, a complete destruction is predicted and ought to be expected. The red zone includes 27 municipalities, around 350 kmq, with a population over 1,100,000 inhabitants. In the present research the attention will be focused on the most exposed portion of this red zone, the coastal strip lying between the western slopes of Vesuvius and the seaside. It is bounded on the north by the southern edge of Naples and on the south by the northern edge of the Sorrento

peninsula, covering an area of about 120 sq.km, including nine municipalities and a population of about 380,000 inhabitants (fig01). The thesis of this paper is that the presence of the volcano and the effects it induces on the surrounding urban area are somehow internalized within the configurational properties of its grid and can therefore be investigated and made to emerge by means of *Space Syntax* techniques.

The singular case of the Vesuvius area brings to the attention two themes, closely correlated. First, the making of a conurbation, as the result of the development of several pre-existing nuclei, which have gone growing and mutually merging so as to form a radically different urban settlement, provided with a new and different inner geography. The *Space Syntax* techniques appear a suitable tool for pointing out the transformation the configurational state of each single system undergoes, as it progressively grows, merges to the others and concurs in forming a greater global system, whose centrality has shifted from the original nuclei and addressed towards the connection fabric between them, as observed in other case studies [7].

The second theme is more specific and involves the presence of the volcano, whose close proximity to this conurbation actually creates a condition of great and permanent risk: what introduces the wide issue of hazard and urban resilience. Such issue has been frequently and variously discussed over the recent years, analyzing several aspects from different points of view [9] – [3] – [6]. What appears linking all them is the reference to some impending hazard that cannot be avoided as well as the purpose of bearing the destructions it may cause and going ahead. *Space Syntax* techniques have been also proposed as a tool for analyzing the role of the grid configuration on vulnerability to disasters [12] – [6]. In the present paper, a notion of resilience intended as a network property will be taken into account and proposed as a suitable tool for evaluating the efficiency of the streets network in the immediate post-perturbation phase, referred to its capacity to assure urban accessibility and an ease evacuation. Therefore, since the assumed notion appraises resilience as a matter of diffused richness in alternative paths from any origin to any destination, our configurational approach suggested to observe three main configurational indices that have been so far introduced and tested.

A first parameter is the mean connectivity value of the whole grid, suitable for roughly reproducing the density and variety of paths that connect each line to all the others of the axial map.

Another index of network resilience takes into account the distribution of shortest paths all over the grid, and assumes their widespread presence as a clue of resilience of the system, indicating vulnerable, on the contrary, a system that is characterized by their dense concentration through a small number of spatial elements. In order to quantify such feature, the ratio of the highest choice value and the maximum frequency a line could present, what would occur if it were located on all the shortest paths between any

couple of the other lines, can be assumed as an indicator of resilience [6].

A further parameter that appears suitable for indicating resilience is the R^2 coefficient of the correlation radius 3 versus radius n integration (called *synergy*): since integration was proved suitable for reproducing the distribution of urban centrality at different values of radius, a narrow correspondence of global and local integration is a clue of steadiness of the system: any perturbation will be expected not to upset the local distribution of accessibility, as strongly anchored to its global pattern.

Grid configuration and risk mitigation

One of the most interesting points in *Space Syntax* is its capability to take into account the multiscale of urban grids, in terms of global and local scales. The first one refers to the urban network as a whole, focusing on the main urban structure that sews local settlements up in a great patchwork. Conversely, the local scale looks at the urban network as a harmonic set of sub-networks, whose dimension is defined by the value of analysis radius. The reliability of *Space Syntax* multi-scalar approach is widely proved and it rests on the existence, in real cities, of interacting global and local phenomena [11].

At the global scale, the set of lines with the highest values of integration (called *integration core*, or simply *core*) collects the main roads crossing the whole urban system. Integration and choice distributions follow a decay trend as the distance from the core increases.

At a local scale, the distribution of radius 3 integration clearly highlights the historical original nuclei, as well as their weld joint along the main road axis. Local choice at different metric radii better highlights this process of merging. The syntactic resilience of the urban system could be evaluated by calculating the indexes here previously introduced (tab01).

Mean Connectivity	Synergy	Frequency Coefficient
4.62	0.169	0.396
Angular Segment Analysis T1024 – Topological Radius 3		

Tab. 1 - Resilience Indexes for Vesuvian conurbation.

The Vesuvius coastal settlement relies on a restricted set of critical lines (as to say, of few highly accessible urban spaces). It depends on a long-term process of urban evolution that changed a cluster of urban nuclei into a conurbation of about 400.000 inhabitants. This revolution in structure implies, in term of resilience, a poor capability of the system to reorganize after a perturbation, as it is unable to replace affected lines. Assuming a wider notion of resilience as an endogenous property of the urban network, a deeper analysis of this case study could be performed observing and discussing the synchronic and diachronic scenarios. Such a study is aimed at understanding if, and how, the cited changes in urban structure have gone influencing the resilience of the system. Two additional scenarios have been generated to serve the purpose. A first one, describing the Vesuvius coastal system at 1957 (SC_1957), and a second

one (SC_2015_MWY), describing the system at 2015, supplemented by the motorway A3 that crosses it. The resilience indexes have been calculated with reference to those three scenarios. Their comparison clearly highlights the evolutionary process previously described (fig02). The actual increase in synergy values between 1957 and 2015 appears a consequence of this transition (the more uniform the system, the higher the synergy).

The considerable decrease of main connectivity conversely refers to the decrease of settlement density, caused by the way the new spaces have been arranged. The transition to the actual urban structure also caused a concentration of shortest paths toward a small number of highly crowded lines, as the massive increase of the frequency value witnesses. It implies a decrease in resilience and explains the relevant transport problems affecting the system.

To sum up, the uncontrolled urbanization registered in the last 60 years provides a much more vulnerable Vesuvian coastal system, since it results significantly more exposed to the isolation of some of its parts, or to the complete collapse, in case of a major event.

Taking specifically into account the motorway A3, the two scenarios referred to 2015 are quite equivalent. Only the frequency index, in fact, registers a significant decrease in presence of the motorway, due to the supplement it gives to the urban system, reinforcing street connections in the area and, consequently, enhancing its own resilience. It has to be noted that such a role complicates the working of A3, causing a great part of the traffic congestion that characterizes its behaviour: what is confirmed by the actual data of traffic flows along the motorway, provided by its operator (Autostrade Meridionali S.p.A.). As reported in figure 3, the greatest part of those flows refers to vehicular within the Vesuvian coastal settlement and between it and the city on Naples (due to daily commute).

Conclusions

In the general scenario of the urban development along the Mediterranean coasts, the case study of the Vesuvian area offers the opportunity to observe the way the fear of a catastrophic event has been interiorized within the spatial structure of the settlement. As a matter of fact, the spontaneous and uncontrolled development of the Vesuvius area appears to have provided

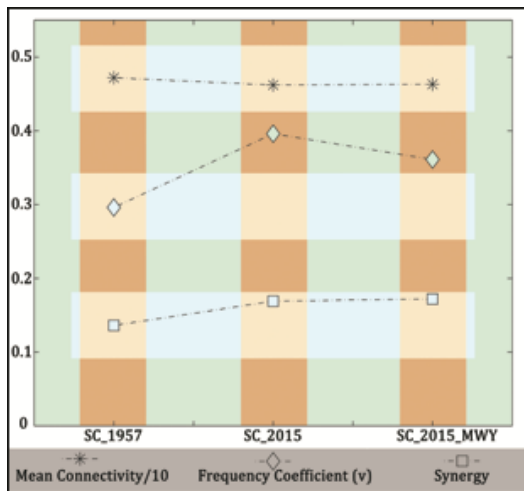


Fig. 2 - Comparison of resilience indexes among the three urban scenarios

slightly positive effects on the spatial possibility of coming out of the conurbation, as a result of the moderate increase of escape routes from the area. Moreover, the lowering of the density of the system, due to the spatial organization of the new development areas, widespread all over the conurbation and polarized around a dominant traffic route, is likely to expose more people at risk of being isolated and cut off in the event of a catastrophic eruption. Furthermore, the A3 motorway actually appears to play a decisive role in supporting the local transport system in the area, whether in the case of catastrophic event or in everyday ordinary behaviour; even though such role involves serious traffic problems. We can conclude that the development of the last decades has significantly reduced the resilience of the whole area, thus increasing its vulnerability to possible eruptions.

Aside from this case study, *Space Syntax* proved capable to provide precious knowledge about urban phenomena by the analysis of the urban grid configuration, ensuring support in decision processes and planning design, even in complex urbanized areas, as Mediterranean coastal settlements actually are.

REFERENCES

- [1] BARNES K., *Europe's ticking time bomb*. Nature, 473, 140-141, 2011
- [2] BATTY M., *The size, scale, and shape of cities*, Science 319 (5864), 769-771, 2008
- [3] CARPENTER A., *Disaster resilience and the social fabric of space*, In Kim, Y.O., Park H.T. & Seo, K.W. (eds.), Proc. of the Ninth Int. Space Syntax Symp. (pp. 105:1-105:14). Sejong Univ. Press.
- [4] CRUCITTI P., LATORA V. and PORTA, S., *Centrality in Networks of Urban Streets*, Chaos, 16(1), 2006
- [5] CUTINI V., *La rivincita dello spazio urbano*. Pisa Univ.Press, 2010
- [6] CUTINI V., *The city when it trembles. Earthquake destructions, post-earthquake reconstruction and grid configuration*, In Kim, Y.O., Park H.T. & Seo, K.W. (eds.), Proc. of the Ninth Int. Space Syntax Symp. (pp. 102:1-102:17). Sejong Univ. Press, 2013

- [7] CUTINI V., *Motorways in Metropolitan Areas: The Northwestern Growth of Florence and the Urban Use of Motorway A1*, in Int Journal of Geo-Information, 5, 77, 1-18, 2016
- [8] FREEMAN L., *Centrality in Social Networks. Conceptual Clarification*, Social Networks, 1, 215-239, 2008
- [9] GIL J. and STEINBACH P., *From flood risk to indirect flood impact: evaluation of street network performance for effective management, response and repair*, In Proverbs, D., Brebbia C.A. & Penning-Roswell E. (eds.) Proc. FRIAR 2008 (pp. 335-345). Wessex Inst. of Techn. Press.
- [10] HILLIER B., *Space is the machine*. Cambridge Univ. Press., 1996
- [11] HILLIER B. and HANSON J., *The Social Logic of Space*. Cambridge Univ. Press, 1984
- [12] MARCUS, L. & COLDING J., *Toward an integrated theory of spatial morphology and resilient urban systems*, Ecology and Society, 19(4), 55, 2014
- [13] SALVATI L., MUNAFO M., GARGIULO MORELLI V., SABBI A., *Low-density settlements and land use changes in a Mediterranean urban region*, in Landscape and Urban Planning, 105(1), 43 - 52, 2012
- [14] SCHNEIDER A., WOODCOCK C. E., *Compact, dispersed, fragmented, extensive? A comparison of urban growth in twenty-five global cities using remotely sensed data, pattern metrics and census information*, in Urban Studies, 3(45), 659 - 692, 2008

ANALISI CONFIGURAZIONALE E PIANIFICAZIONE TERRITORIALE DEGLI INSEDIAMENTI COSTIERI IN AREA MEDITERRANEA.

Introduzione

Durante l'ultimo secolo, la popolazione insediata lungo la costa mediterranea è andata crescendo con un notevole andamento positivo. Già dagli anni '50, queste aree hanno attratto persone dai centri interni e dai contesti rurali marginali, grazie alle opportunità economiche ed alle localizzazioni particolarmente allettanti che esse possono offrire, con il risultato di presentarsi allo stato attuale decisamente sovraffollate. La differenza tra la popolazione residente in centri urbani e quella residente nelle aree urbane periferiche è andata anch'essa aumentando [13]. Schneider e Woodcock hanno evidenziato che dagli anni '80 è in atto la generalizzata tendenza, delle città di ogni dimensione e localizzazione

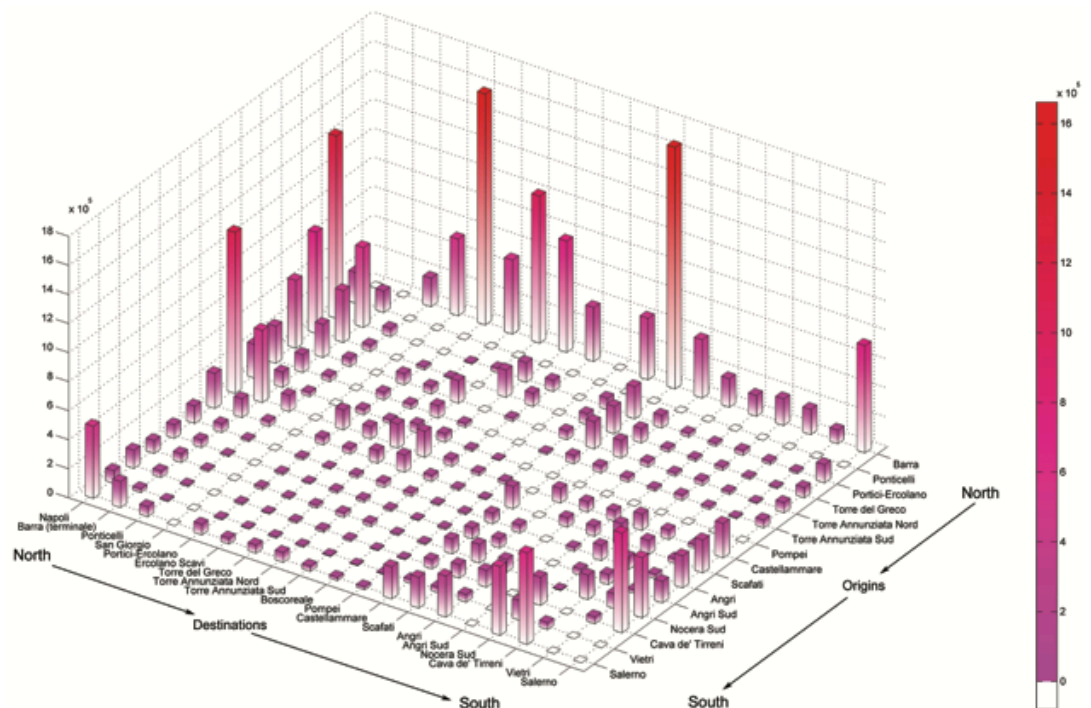


Fig. 3 - 3D bar graph representing the O-D matrix of A3 motorway, referred to year 2015. Hollow square means no relation between the gates.

geografica, alla transizione da strutture urbane compatte a strutture disperse [14]. Studi recenti hanno dimostrato la sussistenza di tali processi anche lungo la costa mediterranea [5].

L'alta velocità con cui le trasformazioni sono avvenute, la bassa densità urbana dell'aggregato e il sovrappollamento generalizzato rappresentano, nel loro insieme, una sfida complessa. La pianificazione spaziale è, peraltro, molto meno attrezzata, anche rispetto al passato, di strumenti tecnici e metodologici adatti per affrontare le patologie urbane. Ciò è dovuto, innanzitutto, alla difficoltà nel reperire informazioni oggettive ed affidabili sui fenomeni urbani. Ne deriva la difficoltà, per i pianificatori urbani e territoriali, di formulare previsioni di medio-lungo termine, con riverberazioni sulle politiche di governo del territorio. Numerosi modelli si stanno sviluppando per cercare di colmare questa lacuna, seguendo disparati approcci. In questo ampio panorama, lo studio e la trattazione modellistica della complessità urbana stanno acquisendo particolare rilievo e, di fatto, guidano la ricerca di una nuova "scienza dell'urbanistica". Si tratta di un approccio che sta coinvolgendo accademici e professionisti, e che ripensa al modo con cui si guarda alla città, ai suoi problemi ed alle sue potenzialità. Un approccio che tiene in conto lo spazio urbano e la vita urbana allo stesso tempo, cogliendo la doppia dimensione di ogni luogo: cognitiva e geografica. A tal proposito, è necessario immaginare la città come un sistema complesso, composto da molte variabili che interagiscono l'un l'altra, ed assumere lo spazio quale elemento primario della dinamica urbana, piuttosto che semplice e passivo sfondo dei fenomeni sociali ed economici [10] – [4].

Da quando nei primi anni '80 l'approccio configurazionale è stato per la prima volta formalizzato (Hillier & Hanson, 1984), l'applicazione alla città ed agli spazi aperti della scienza delle reti complesse si è fortemente sviluppata, garantendo una nuova fonte di conoscenza per la pianificazione urbana e territoriale. La declinazione hillieriana dell'analisi configurazionale, nota come Space Syntax, ha proposto per la prima volta tecniche non-discorsive per la valutazione del ruolo dello spazio urbano nello svolgersi dei fenomeni urbani, in relazione alla semplificazione della città quale sistema a rete. Ciò viene fatto con l'utilizzo di una rappresentazione indiretta (o duale) dello spazio, in cui le linee virtuali che attraversano gli spazi urbani (suddivisi in poligoni convessi elementari) rappresentano i nodi di un grafo associato alla città e, di converso, le intersezioni tra queste linee ne rappresentano gli archi. Come evidenziato da Michael Baty nel 2008 [2], questa tipologia di semplificazione modellistica della città non si basa primariamente su rapporti spaziali di tipo euclideo, bensì su rapporti essenzialmente topologici, come avviene per le reti sociali. Ciò suggerisce la possibilità di mettere in relazione in maniera solida l'approccio fisico alla città con i fenomeni urbani che si manifestano solo residualmente in termini fisici. In questo campo la scienza delle reti urbane è senza dubbio l'approccio di riferimento e Space syntax una delle più importanti ed affidabili teorie, completa di un'ampia gamma di tecniche operative.

Nel presente contributo, Space Syntax sarà implementata per analizzare gli insediamenti costieri dell'area vesuviana, pochi chilometri a sud-est di Napoli, adoperando un approccio diacronico per condurre una valutazione quantitativa della sua evoluzione nel corso degli ultimi 60 anni, con particolare riferimento alla sicurezza dei suoi abitanti rispetto ai rischi naturali. La presenza di un vulcano attivo, unita alle eccezionali caratteristiche del territorio, fanno dell'area di studio un caso di grande interesse, pressoché unico in Europa. Peraltro, proprio il doppio valore del vulcano quale fonte di rischio e di opportunità economiche, fa che la stessa area sia ideale anche in termini metodologici per una ricerca, qual è il caso di specie, mirata ad evidenziare le proprietà latenti della recente crescita degli insediamenti costieri mediterranei.

In definitiva, il contributo mostra le potenzialità dell'approccio configurazionale nel supporto alle decisioni di medio e lungo periodo per il governo del territorio in scenari territoriali critici, qual è l'insediamento costiero vesuviano. Al di là del caso specifico del Vesuvio, il contributo mostra il più generale potenziale della scienza delle reti urbane complesse nel rappresentare, per i pianificatori urbani e territoriali, un nuovo e significativo strumento di conoscenza.

Backgrounds

L'analisi configurazionale è stata originariamente sviluppata nell'intento di relazionare la dinamica fisica dello spazio urbano con i processi sociali. La sua origine si trova nella rivoluzione urbana degli anni '60, nel tentativo di dominare la contraddizione tra le impressionanti forme architettoniche che si andavano diffondendo e la natura non-urbana dei loro spazi. Tra le numerose teorie e tecniche operative, il più importante degli approcci configurazionali è noto come Space Syntax. Quest'ultima, come teoria e come metodologia operativa, è sempre più diffusamente apprezzata ed applicata per la sua capacità di estrarre informazioni e dati di tipo cognitivo dal layout spaziale del tessuto urbano. Space Syntax teorizza che alcune misure configurazionali, derivate dall'analisi dei grafi urbani, siano in grado di esprimere il potenziale di trasmettere e di incubare idee sociali, provvedendo successivamente a caratterizzare lo spazio urbano con lo stesso potenziale, ricorrendo a relazionare geograficamente il grafo e il tessuto urbano che esso rappresenta. Anni di ricerca hanno evidenziato, peraltro, che molti aspetti dell'interazione umana sono strettamente correlati al concetto di centralità sui grafi [8]. Space Syntax fa riferimento a diversi tipi di centralità, pur se si sviluppa prettamente attorno al concetto di centralità di vicinanza, per come espressa dal cosiddetto Integration Index, nell'idea che l'importanza di un elemento urbano sia determinata dalla sua vicinanza ad ogni altro elemento del grafo.

Space Syntax è peraltro basata su un particolare processo di creazione della rete urbana che si fonda sulla riduzione della città nell'insieme degli spazi convessi di massima dimensione in cui lo spazio urbano liberamente accessibile può essere scomposto e, successivamente, sul tracciamento dell'insieme minimale di linee che attraversano gli stessi spazi convessi. Si ottiene in tal maniera un grafo che è l'inverso del tradizionale grafo urbano, cioè in cui le linee sono i nodi e le loro intersezioni gli archi. Per associare gli elementi del grafo allo spazio urbano reale è ovviamente necessario fare il percorso inverso: ciò è noto come approccio indiretto o duale. Su questa base sono state sviluppate numerose tecniche operative, tutte condividenti l'assunzione di base secondo cui è lo spazio urbano, quale risultato della sistemazione e dell'allineamento di isolati ed edifici, che determina il modo con cui esso stesso viene utilizzato, influenzando in tal maniera la geografia interna del tessuto costruito. Su questa base concettuale, l'approccio configurazionale permette di estrapolare dalla configurazione della griglia urbana specifici parametri di cui è stata comprovata la capacità di riprodurre e di interpretare un ampio spettro della casistica dei fenomeni urbani. Al di là della efficacia come strumento di conoscenza, le peculiarità dell'approccio configurazionale lo rendono adatto a supportare la pianificazione della città, in quanto esso è in grado di fornire simulazioni e previsioni affidabili degli effetti di qualsivoglia trasformazione fisica della griglia urbana.

Area costiera vesuviana: analisi configurazionale per la mitigazione del rischio naturale

Le pendici del Monte Vesuvio, sul suo versante occidentale, ospitano una delle aree urbane a maggiore criticità dell'intera Europa, di frequente oggetto di allarmanti e preoccupanti discussioni (tra gli altri, [1]). Il Monte Vesuvio ha una unga storia eruttiva, che si protrae da oltre 400.000 anni, con eventi catastrofici periodici, alternati ad eventi di minore rilevanza dal ciclo ventennale. Ci si aspetta, a tal proposito, che una così

durevole e drammatica scia di eventi abbia lasciato nella memoria storica delle comunità locali una profonda ed ancestrale paura del vulcano, così come la piena consapevolezza del rischio di morte cui lo stesso le espone. D'altro canto, considerando che l'insediamento urbano costiero ha subito una notevole espansione anche in tempi recenti, nonostante il citato pericolo, si può immaginare che la forma e la struttura dell'insediamento siano in qualche modo influenzate da quella stessa paura e consapevolezza, in modo da garantire la sicurezza dei suoi abitanti ed aumentare la sua stessa resilienza. L'intera area si presenta oggi completamente urbanizzata, a causa della repentina crescita di numerosi nuclei antichi nel secondo dopoguerra, al punto da apparire come un'unica grande conurbazione che si snoda lungo le pendici occidentali del Vesuvio. La presenza del rischio vulcanico ha suggerito nel 2001 di perimetrare un'estesa area attorno al Vesuvio, denominata 'zona rossa', che include 18 comuni dove, nel caso di una violenta eruzione, è prevedibile la completa distruzione. Attualmente la zona rossa include 27 comuni, circa 350 kmq, ed una popolazione di oltre 1.100.000 abitanti. Nel presente contributo si pone l'attenzione su una delle porzioni più esposte della zona rossa, ovvero la linea costiera che si estende tra le pendici occidentali del Vesuvio e il mare. L'area risulta confinata, a nord, dall'estremità meridionale della città di Napoli e, a sud, dalla propaggine settentrionale della penisola sorrentina, e copre una superficie di circa 120 kmq che include 9 municipalità e circa 380.000 abitanti (fig01).

La tesi del presente lavoro è che la presenza del vulcano e gli effetti che esso ha sull'area urbana che lo circonda abbiano lasciato una profonda traccia nelle proprietà configurazionali della griglia urbana che può essere messa in luce ricorrendo alle tecniche Space Syntax. Il singolare caso dell'area vesuviana porta l'attenzione su due tematiche strettamente correlate. Innanzitutto, lo sviluppo di una conurbazione, risultato dell'evoluzione di numerosi nuclei preesistenti che sono cresciuti fino a fondersi per formare un tessuto urbano che possiede una geografia interna profondamente diversa da quella d'origine. Le tecniche Space Syntax costituiscono a tal proposito un efficace strumento per evidenziare la trasformazione dello stato configurazionale che ogni singolo sotto-sistema subisce nel corso della sua crescita e della sua fusione con altri nuclei (sotto-sistemi) per formare un sistema globale di ordine superiore, in cui la centralità si sposta dai nuclei verso il tessuto connettivo che li collega, come già osservato in altri studi [7]. La seconda tematica è di maggiore specificità e riguarda più direttamente la presenza del vulcano, la cui vicinanza alla conurbazione in esame crea una condizione di incombente e permanente rischio: ciò introduce il complesso tema del rapporto tra rischio e resilienza del tessuto urbano. Quest'ultimo tema è stato variamente e frequentemente dibattuto negli ultimi anni, analizzando molteplici aspetti sotto diversi punti di vista [9] – [3] – [6]. Ciò che sembra accomunare tutti i precedenti lavori è il riferimento ad un rischio incombente che non può essere eliminato così come all'obiettivo di assorbire la distruzione che esso può causare ed andare avanti. Le stesse tecniche Space Syntax sono state all'uopo proposte come uno strumento per analizzare il ruolo della configurazione della griglia urbana sulla vulnerabilità ai disastri naturali [12] – [6]. Nel presente lavoro si dà al concetto di resilienza la valenza di una proprietà della rete urbana e, in riferimento alla capacità del sistema di assicurare accessibilità e facilità di evacuazione, viene di fatto considerata come un vero e proprio strumento adatto a valutare l'efficienza del sistema stradale nella fase di immediata post-perturbazione. In considerazione di una nozione di resilienza che di fatto si riferisce alla ridondanza di percorsi alternativi tra qualunque origine e destinazione (di fatto una resilienza di rete), l'approccio configurazionale adottato suggerisce di riferirsi a tre indici già introdotti e testati in letteratura. Il primo parametro è il valore della connettività media dell'intera griglia, adatto a stimare grossolanamente la

densità e la varietà dei percorsi che connettono ogni linea a tutte le altre della mappa.

Un ulteriore indice di resilienza prende in considerazione la distribuzione dei percorsi minimi lungo l'intera griglia, assumendo che la loro distribuzione omogenea sia un indicatore di resilienza ed indicando come vulnerabili i sistemi caratterizzati da una loro alta concentrazione su pochi elementi spaziali. Per quantificare tale caratteristica, viene calcolato il rapporto tra il massimo valore dell'indice di scelta e il massimo valore di frequenza che una linea può presentare, che si verifica quando una linea si trova sul percorso minimo tra qualunque altra coppia di linee sul grafo urbano [6]. Un ulteriore parametro che sembra adatto ad essere un indicatore di resilienza è il coefficiente di correlazione R^2 tra l'integrazione locale di raggio 3 e l'integrazione di raggio n (globale), chiamato Synergy: dal momento che l'integrazione è stata provata adatta a riprodurre la distribuzione della centralità urbana a differenti valori del raggio d'indagine, una stretta corrispondenza tra integrazione globale e locale è un indicatore di solidità del sistema, dal momento che ci si aspetta che per quanto una perturbazione possa alterare il tessuto locale non sarà in grado di alterarne in maniera determinante l'accessibilità in quanto questa viene garantita dal disegno globale.

Configurazione spaziale e mitigazione del rischio

Uno degli aspetti di maggiore interesse di Space Syntax è la sua capacità di tenere in conto la multi-scalarità delle griglie urbane, in termini di scale globale e locali. La prima riguarda la rete urbana nella sua interezza, focalizzandosi sulla struttura urbana principale che cuce assieme i tessuti locali in un grande mosaico. Di converso, la scala locale guarda alla rete urbana come ad un insieme armonico di sotto-reti, la cui dimensione è definita dal valore del raggio d'analisi. L'affidabilità dell'approccio multi-scalare di Space Syntax è ampiamente provata e si basa sull'esistenza, nelle città reali, di fenomeni globali e locali interagenti [11]. Venendo al caso del Vesuvio, alla scala globale, l'insieme di linee con il più alto valore dell'indice di integrazione (noto come Integratio core o più semplicemente core) colleziona le principali arterie stradali che attraversano l'intero insediamento urbano. La distribuzione del valore degli indici di integrazione e scelta segue un trend di abbattimento direttamente proporzionale alla distanza dal core.

A scala locale, la distribuzione dell'integrazione di raggio topologico 3 evidenzia i nuclei originali, come anche i loro punti di saldatura, lungo gli assi di collegamento. La scelta locale calcolata a differenti raggi metrici evidenzia con maggiore chiarezza il processo di fusione. La resilienza sintattica (resilienza di rete) del sistema urbano può essere infine valutata calcolando gli indici all'uopo introdotti in precedenza (tab. 1).

In definitiva, il sistema costiero vesuviano si basa su un ristretto insieme di linee critiche (che equivale a dire su di un insieme di pochi spazi urbani ad alta accessibilità). Ciò dipende da un lungo processo di evoluzione urbana che ha trasformato un insieme di nuclei urbani indipendenti in una conurbazione di circa 400.000 abitanti. Questa rivoluzione strutturale implica, in termini di resilienza, la scarsa capacità del sistema di riorganizzarsi dopo una perturbazione, in quanto incapace di sostituire le linee colpite. Avendo assunto la nozione di resilienza come una proprietà della rete urbana, un'analisi di maggiore dettaglio del caso di studio può essere portata avanti, analizzando differenti scenari diacronici e sincronici. Tale approccio è mirato a capire se, e nel caso come, i citati cambiamenti della struttura urbana abbiano effettivamente influenzato la resilienza del sistema. Due ulteriori scenari sono stati all'uopo sviluppati. Il primo rappresenta il sistema costiero vesuviano all'anno 1957 (SC_1957); il secondo (SC_2015_MTWY), descrive il sistema al 2015, con l'aggiunta del collegamento dell'autostrada A3, che lo attraversa.

Gli indici di resilienza sono stati calcolati per i tre scenari. La loro comparazione conferma ed evidenzia con

chiarezza il processo evolutivo prima descritto (fig02). L'incremento del valore dell'indice di sinergia tra il 1957 e il 2015, in particolare, è conseguenza della citata transizione (più il sistema è uniforme e più la sinergia è alta). Di converso, la significativa diminuzione del valore della connettività media è imputabile alla diminuzione delle densità media degli insediamenti, dovuta al modo con cui i nuovi spazi urbani sono stati sistemati. La transizione verso l'attuale struttura conurbativa ha inoltre causato un forte incremento della concentrazione dei percorsi minimi su un numero molto limitato di linee, come testimonia il forte incremento del valore dell'indice di frequenza. Ciò implica una diminuzione della resilienza del sistema e fornisce un'interpretazione dei notevoli problemi di trasporto che affliggono il sistema. Riassumendo, l'incontrollata urbanizzazione registrata negli ultimi 60 anni ha generato un sistema costiero vesuviano molto più vulnerabile, in quanto è molto più esposto all'isolamento di alcune sue parti o addirittura al completo collasso, in caso di un evento catastrofico. Con specifico riferimento all'autostrada A3, i due scenari riferiti all'anno 2015 sono pressoché equivalenti. L'unico indice che registra un cambiamento significativo è l'indice di frequenza, che diminuisce in presenza dell'autostrada, a causa del sostegno che questa dà al sistema urbano, rinforzando le connessioni stradali nell'area e, di conseguenza, migliorando la sua resilienza. Va però evidenziato che questo ruolo complica notevolmente il funzionamento ordinario dell'autostrada, essendo causa di una parte consistente della congestione del traffico che si registra sull'infrastruttura: ciò è confermato dai dati inerenti i flussi veicolari lungo la A3, forniti dal concessionario alla sua gestione (Autostrade Meridionali S.p.A.). Come riportato in figura 3, gran parte dei citati flussi si riferisce a spostamenti interni all'insediamento costiero vesuviano e tra esso e la città di Napoli (spostamenti casa-lavoro).

Conclusioni

Nel quadro generale dello sviluppo urbano della costa mediterranea, il caso di studio dell'area del Vesuvio offre l'opportunità di osservare il modo in cui la paura di un evento naturale catastrofico possa essere interiorizzata nella struttura spaziale di un insediamento. In effetti, la spontanea e non pianificata crescita dell'area costiera vesuviana ha portato lievi benefici sulla possibilità offerta dallo spazio urbano di permettere l'uscita dalla conurbazione, quale risultato del moderato aumento dei percorsi di fuga dall'area. Differentemente, la diminuzione della densità del sistema urbano, dovuta all'organizzazione spaziale dei nuovi tessuti urbani, diffusi in tutta la conurbazione e polarizzati lungo le principali arterie viarie, espone una larga parte della popolazione al rischio di rimanere isolata in caso di una catastrofica eruzione. Peraltro, l'autostrada A3 sembra giocare, allo stato attuale, un decisivo ruolo di supporto del sistema di trasporto locale interno all'area, sia in caso di evento catastrofico, sia nel funzionamento ordinario. Tale ruolo, tuttavia, crea grossi problemi di congestione del traffico veicolare.

Si può quindi concludere che lo sviluppo urbano degli ultimi decenni ha significativamente ridotto la resilienza dell'intera area, rendendola più vulnerabile in caso di eruzione.

Al di là del caso di studio, Space Syntax ha dimostrato di essere uno strumento in grado di fornire un prezioso contributo alla conoscenza dei fenomeni urbani, grazie all'analisi della configurazione della griglia urbana, assicurando adeguato supporto nei processi decisionali e di pianificazione anche in aree urbane di particolare complessità, quali effettivamente sono gli insediamenti costieri del Mediterraneo.