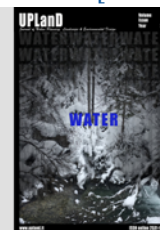


UPLanD

Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design



Research & experimentation
Ricerca e sperimentazione

DIACHRONIC ANALYSIS OF THE SETTLEMENT STRUCTURE IN AREAS OF HYDRAULIC HAZARD: THE CASE STUDY OF THE MUNICIPALITY OF L'AQUILA

Francesco Zullo

Department of Civil, Construction-Architectural and Environmental Engineering, University of L'Aquila, IT

HIGHLIGHTS

- An analysis of urban evolution in the areas of hydraulic hazard
- Effects of the earthquake on the organizational and functional structure of the territory of L'Aquila
- Deleterious effects on the urban system deriving from a low level of social capital

ABSTRACT

The themes of risk mitigation regardless of its nature, together with that of increased urban resilience and adaptation to climate change, now define crucial issues in the political agendas of public administrations. While on the one hand the extreme fragility of the Italian territory represents the invariant aspect of the problem, however on the other hand, the lack of an integrated and organic approach to the theme has sharpened over time the effects on the anthropization of environments. The potentially calamitous events, which follow one another with a reoccurrence within a few years, denounce the weaknesses of the Italian settlement each time, often with dramatic consequences in economic terms and with the loss of many lives. The current national settlement structure derives from a poor cogency of the vast area planning, which has given the municipalities more and more decision-making powers on the territorial transformations. Adding to this is the lack of a full awareness and perception of the risk on the part of the social component, which therefore has generated a substantial indifference towards the multiplicity of natural hazards and increasing their exposure to risk. The objective of the work is to therefore reconstruct the evolution of the settlement in the areas characterized by a high hydraulic hazard in the municipality of L'Aquila, before and after the approval of the F.D.E.P. (Flood Defense Excerpt Plan) that occurred in 2008, also in light of the transformative dynamics induced by the earthquake of the following year. The punctual analysis of the structural and functional characteristics of urban fabrics and of the environmental context also makes it possible to provide targeted indications aimed at mitigating risk in such areas.

ARTICLE HISTORY

Received: January 28, 2019
Reviewed: March 15, 2019
Accepted: March 20, 2019
On line: May 20, 2019

KEYWORDS

Land planning
Land uptake
Hydraulic hazard
Urban Sprinkling

1. INTRODUCTION

The recent IPCC report (Allen et al., 2018) approved on October 8th of last year underlines the urgency of the measures to be implemented to contain the increase in global warming by 1.5° C, compared to the levels of the pre-industrial period. The scenarios envisaged above this limit are alarming and once again highlight the devastating effects that could irreversibly compromise the biosphere (Keppel-Aleks et al., 2018; Higgins and Harte, 2012). These effects could be further amplified in a fragile territory such as Italy (Moccia and Sgobbo, 2016; Losasso, 2016; Rianna et al., 2016; Polemio and Lonigro, 2012; Ciaravino et al., 2005). In fact, Italy is one of the European countries most affected by landslides and floods (Trigila et al., 2018) with one sixth of its territory (about 50,000 km²) that falls into areas of greatest hazard due to landslides and floods. Already 91% of the municipalities and over 3 million households reside today in these highly vulnerable areas. We live also consider that Italy is one of the European countries with the highest population density (Eurostat, 2018) and an urbanization density that reaches 8% of the territory (Ispra, 2018). The substantial local indifference to the multiplicity of natural hazards that are found today in the Italian settlement has in part a reason that is linked to the historical presence of urban centers, especially in areas at risk, but the current appearance of the urban landscape took shape starting from the second post-war period. The years of intense urbanization of Italian soil coincide with a period of almost stagnant legislation on the prevention of hydrogeological risk (the law on basin plans dates back to 1989) which was encouraged by a public opinion that measured the good administrative management by Mayors and municipal councils through the increase in urban land coverings (Romano et al., 2016). The territorial planning, weak and with poor cogency (Cabiddu, 2014), that is strongly sectorial and not marked by a reading of the organic and systemic territory, has entrusted more and more decisional powers in transformative matter to the municipalities that, in substance, have provided "*cicero pro domo sua*" to modify the territory without any strategic territorial vision. Urban transformations have thus altered important agrarian and cultural landscapes, involving river valleys, hilly and piedmont areas, contributing to the altering of the hydraulic structures and, consequently, also the level of exposure to risk.

There are also different effects on the natural environment with a serious loss of essential ecosystem services (Rizzo et al., 2018; Torre et al., 2017; Smiraglia et al., 2016; Sallustio et al., 2015; Costanza et al., 1997), in particular, those of regulation which instead have a positive impact in terms of risk mitigation (Marando et al., 2019, Zullo et al., 2019). Furthermore, the extreme pulverization of structures and infrastructures (buildings, roads, civil works of various kinds) (Romano et al., 2017) not only significantly increases the costs for securing the territory, but also makes rescue operations difficult. Also the land uptake and climate change can significantly increase the frequency and intensity of landslides and floods (Grimm et al., 2008) further increasing the hydrogeological risk of the Italian territory with dramatic and economically ruinous effects (Paleari, 2018; Sgobbi and Carraro, 2008). The work presented here aims to investigate the dimensions and types of urban transformations that have affected the areas with different degrees of hydraulic hazard in the municipality of L'Aquila, before and after the approval of the F.D.E.P. (Flood Defense Excerpt Plan) (2008) and at the same time analyze the consequences of the 2009 earthquake in these specific areas. The municipal legislative acts (M.L.A.) issued after the tectonic event of April 6, 2009 (M.L.A. n. 57 and 58 of 2009) regulated the creation of temporary constructions of a private initiative of a different use, allowing the derogation regime for areas subject to constraints in landscape and environmental nature, but not to those subject to a hydrogeological constraint. The analysis conducted shows how the contingent situation of the housing emergency together with a poor efficiency of the control system led to the realization of a series of building interventions also in these particular areas.

2. STUDY AREA

The study area is represented by the territory of the municipality of L'Aquila, the regional capital of Abruzzo. By number of inhabitants (about 69,000 inhabitants), L'Aquila is a medium-sized city, while the territorial area (just over 470 km²) is one of the largest municipalities in the country. The current population density is approximately 150 inhabitants/km², a value lower than the national counterpart (200 inhabitants/km²) and slightly higher than the regional one (120 inhabitants/

km²). The current urbanization density is close to 6% with the most urbanized areas located in the most favorable morphologically area. Not only the morphology, but also the binding regime has somehow played a role in the design of today's urban layout of the city. About 80% of the territory of L'Aquila is in fact subjected to at least one landscape/natural constraint: the protected areas occupy almost 50% of the municipal area (over 40% from the National Park Gran Sasso - Mountains of the Laga), this value is way over double the national figure (around 21%) and even higher than the regional one, which instead stands at around 36% (Ciabò et al., 2017). The strong settlement dispersion largely characterized the urban context of L'Aquila, even before the 2009 earthquake, which due to the replacement and building duplication, further accentuated the effects of this problem (Zullo, 2017). The regional approval of the Flood Defense Excerpt Plan follows a rather lengthy process in Abruzzo which, starting from the National Law n.183 of 1989, and it was then approved on February 1st 2008 (Council Report No. 94/5 of

January 29, 2008). The plan identifies and borders 4 areas with different levels of hazard through the determination of the levels corresponding to full maximum conditions: very high (P4), high (P3), average (P2), moderate (P1), which for the municipality of L'Aquila it concerns different areas along the course of the Aterno and Raio rivers. The eligible interventions in P4, P3 and P2 (articles 17-23 Implementing Technical Standards of the F.D.E.P.) are subject to the hydraulic compatibility study where required. The total extension of these areas amounts to about 1600ha, equal to 3.4% of the municipal area. Over 1100ha concerns areas with a medium and high degree of hazard, while just over 200ha fall into areas of very high hazard. All of these areas are concentrated on areas located at altitudes between 550m and 700m asl (above sea level) and which do not exceed a 10% slope. Therefore, over time they have undergone important urbanization processes, and currently one sixth of the urban surfaces of the municipality insist on these areas with different degrees of hazard (Fig.1).

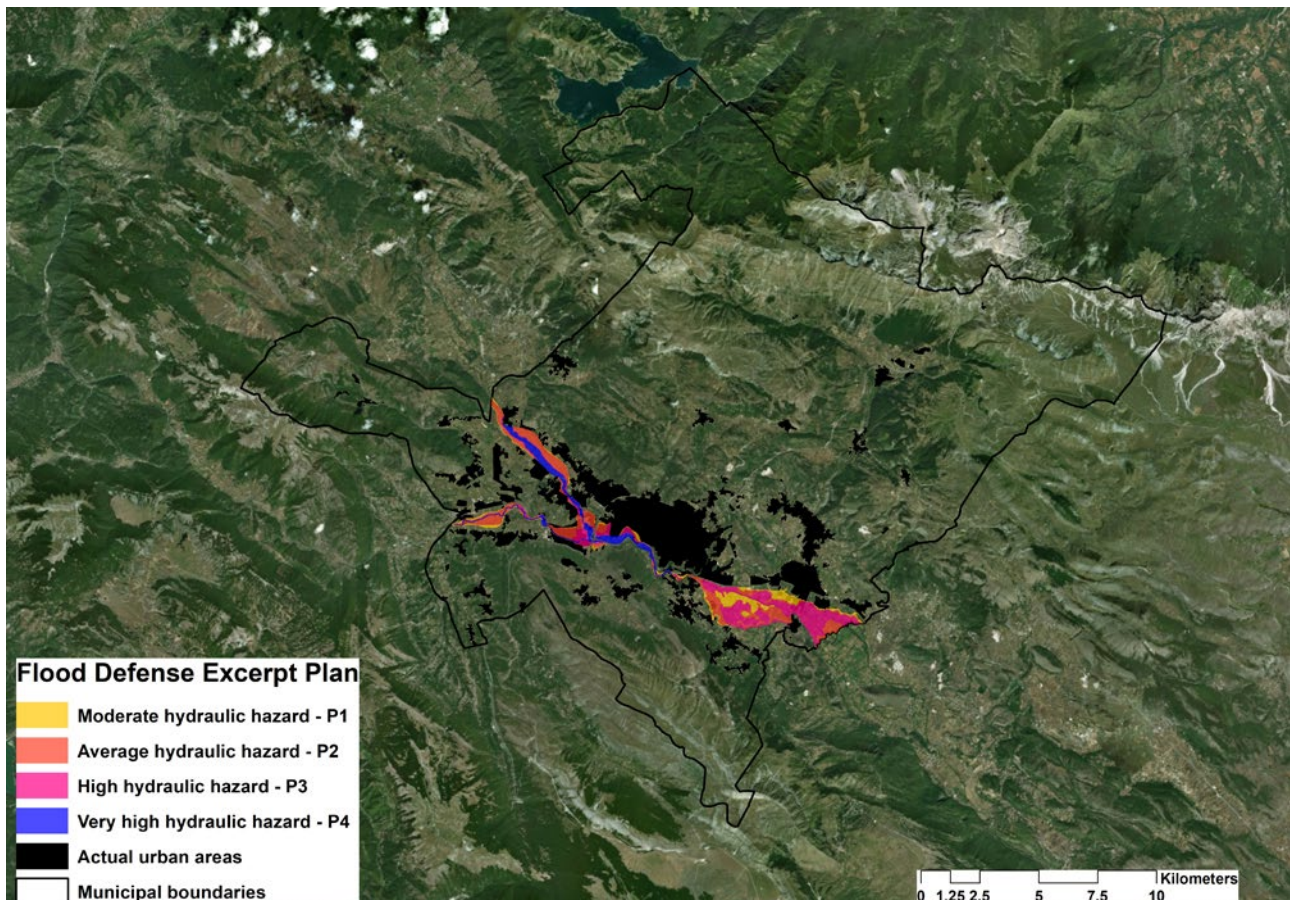


Figure 1: Geography of the areas with different degrees of hydraulic hazard in the municipality of L'Aquila. Source: own elaboration.

Table 1: Technical characteristics of the datasets used

Reference year	Type of map	Scale	Type of area	Technical notes
1956	25V Series published by IGMI	1:25.000	Built and urbanized areas	Digital extraction of different surfaces with any intended use (residential, productive and commercial uses)
1980	25V Series published by IGMI, updated by Abruzzo region	1:25.000	Urbanized areas	Digital extraction of urbanized areas reported on the regional map published in 1984 by SELCA, Florence.
1997	Regional Land use map	1:10.000	Urbanized areas	Selection of urbanized areas from the regional dataset of Land Cover (Corine IV level). It has been selected all artificial surfaces categories except this category: Road and rail networks and associated land.
2007	Regional Technical Map	1:5.000	Built areas	Urbanized surfaces were obtained following the classification of urban fabrics.
2014	Municipality Land Use Map	1:10.000	Urbanized areas	Selection of urbanized areas from the municipal dataset of Land Cover (Corine IV level). It has been selected all artificial surfaces categories except this category: Road and rail networks and associated land.

3. MATERIALS AND METHODS

The research work was carried out by analyzing different types of territorial data from which specific urban planning parameters were then obtained, making it possible to give a careful reading of today's urban layout in the areas of hydraulic hazard.

The urbanized areas prior to the enforcement of the F.D.E.P. (2008) and the urban transformations that took place after the approval of the F.D.E.P., they were then detected. In particular, attention was also paid to the building interventions of the post-earthquake of April 6, 2009, including both public and private projects. To this end, various technical maps of different periods have been analyzed, which have also made it possible to assign the relative time span for the construction of each individual building. The maps consulted are shown in table 1. A built-up area means the surface is covered by the buildings' grounds while the urbanized surface is that intended for urban functions, with replacement or maintenance of the

natural soil. It therefore includes the parts of built land and those destined to ancillary functions of the settlement, such as public and private gardens, sports facilities, dirt roads and other service areas permeable or impermeable to water. The current settlement structure was then further characterized by the classification of urban fabrics. The latter was conducted through the analysis of the municipal land-use cartography database, together with an interpretation of the aerial photos with a direct verification in cases of high ambiguity. The minimum mappable unit has been set equal to 1 ha and has been bounded using the visible elements that differentiate the structure from the surrounding matrix: mainly roads and land boundaries, but also physical characteristics. A multi-criteria analysis was therefore conducted taking into account the chronological, physical-structural, configurative-distributive and functional characteristics. The data acquisition process and subsequent analyzes were entirely carried out in a GIS environment through the use of specific geo-algorithms for the conduct of a spatial analysis.

4. RESULTS

The study of the settlement dynamics is fundamental to understand the causes and effects of changes and to analyze the continuous metamorphosis of the landscape, thus interpreting the trends in progress. Between 1956 and 2014 the municipality of L'Aquila has urbanized over 3,000 hectares of land, of which about 220 ha (7.3% of the total) have affected areas with different hydraulic hazard. As previously specified, the regulatory watershed is represented by the year of approval of the F.D.E.P. (2008) which actually certifies the actual hazard linked to the morphological and hydraulic aspects of the specific territorial areas. The analysis conducted for the year 1956 essentially shows an almost absence of urbanized surfaces in the areas identified by the F.D.E.P., as the urban city layout was very similar to that of the original founding plant. The 1970s are characterized by a growing industrialization and outsourcing of the city's economy whose effects generate changes in the structure and functionality of the urban context. The increase in the income of the resident families with consequent displacement in

the peripheral areas aimed at the improvement of housing conditions. This resulted in the construction of largely incoherent urban fabrics that are lacking in urban design and with a road network that is mainly private, spontaneous or fragmented, devoid of any public spaces, and sometimes with the random assortment of building/functional types due essentially to the direct interventions that are poorly controlled by the urban plan. In this phase, the areas of hydraulic hazard undergo an intense concreting first (30 ha of new urbanized surfaces) and also in particular those of medium hydraulic hazard. The anthropic changes in these areas affect the area of Pile, where an important industrial complex is located, including some smaller centers such as Coppito and Sant'Elia. The last twenty years of the last century saw a considerable increase in the urban conversion speed of the soils (about 2000 m²/day). In areas of hydraulic hazard there is the maximum loss of soils (over 110 ha) (Fig.2) that are concentrated mainly in areas of medium and high hydraulic hazard (90 ha). These transformations are linked to the strengthening of the already mentioned industrial area of Pile and the extension of the residential polarities

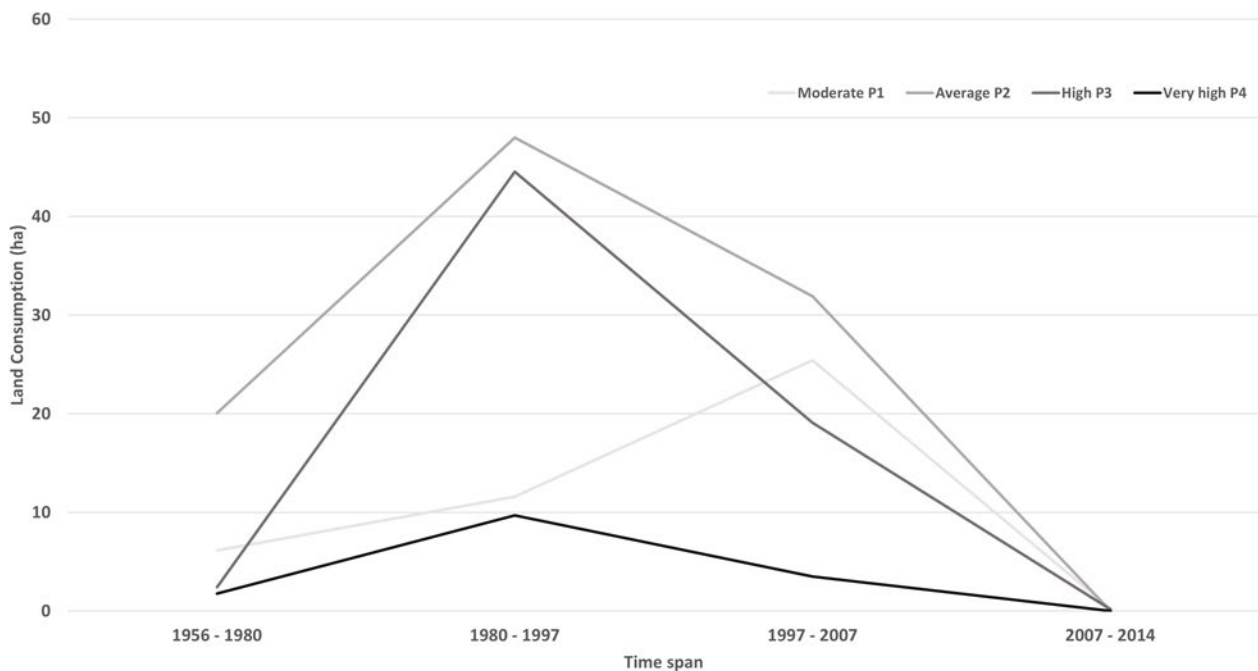


Figure 2: Land uptake calculated in the various chronologies relatively considered in the areas of hydraulic hazard in the municipality of L'Aquila. *Source: own elaboration.*

of Coppito, Paganica and Pianola. There are also numerous building interventions of a private nature, particularly in the east of the city, which are widespread in the area and begin to define those fabrics with extreme dispersion and functional inhomogeneity (sprinkling). The decade that then precedes the approval of the F.D.E.P., is characterized by a transformative energy that is still important, which manifests its effects also on the areas bordered by this vast area's planning instrument. These are interventions related to the construction of new production and management areas, shopping centers in the western sector of the city and the strengthening of the industrial core of Paganica in the eastern sector. On the other hand, the extreme urban proliferation in a dispersed form in the urban fabric that characterizes the decade in the L'Aquila area has little or no effect on these areas.

The urbanization density reaches about 20% for moderate and medium hazardous areas, 12% for those with high hazard levels, and reaching 6% for those whose hazard is at the maximum value. The effects of the 2009 earthquake generate profound changes in the urban context of L'Aquila which also affect the areas identified by the current F.D.E.P. The subsequent building duplication and substitution not only led to a further loss of about 5 km² of the territory, but also generated a new organizational-functional structure of the urban context that is still susceptible to uncertain and sudden changes today, even 10 years after the telluric event, which also involve the surrounding areas. Production, management, commercial and even residential relocations have created a new flow system linked both to the creation of new urban polarities, that are due to the public response to the emergency, (C.A.S.E. project, M.A.P. and M.U.S.P.) but also, and mostly to the various interventions of private initiatives that only in part have they been checked and authorized by the aforementioned M.L.A. n. 57 and n. 58. In fact, today the territory of the city of L'Aquila is home to more than 46 million cubic meters distributed among almost 23,000 buildings (47,000 homes, of which 4,500 are of the C.A.S.E. project), with an average budget of nearly 700 m³/inhabitant. In the analysis conducted at the level of characterization of the urban environment makes it useful to highlight the role and the typology of the different urban fabrics in the city organization. In the investigated areas, and in particular in those identified as P3 and P4 by the F.D.E.P., the detected condition is quite diversified. In the presence

of urban fabrics with a predominantly commercial and productive function (72% of the total 82 ha) settled and developed largely after the approval of the 1975 zoning and in any case before the approval of the F.D.E.P. of 2008. The residential zones that is found in these areas is of an incoherent type, lacking in the urban-like design, deprived of public spaces generally derived from direct interventions some of which following the earthquake of 2009 as previously highlighted. As defined in the Implementing Technical Standards (I.T.S.) of the F.D.E.P. and in particular in Annex C, in the areas of high and very high hydraulic hazard a very small number of new partial construction interventions are allowed, focusing instead on the adaptation of existing buildings through appropriate mitigative actions of the hydraulic risk. It should also be noted that in the P4 areas it is forbidden to build mobile and immovable structures, while in the P3 areas it is possible to create new assistance and service facilities for catering or even leisure equipment for the people, for which the study of hydraulic compatibility is not required. Interventions intended for residential, productive and commercial uses are also permitted, provided that they do not include underground or ground-floor rooms, placing the first floor at an altitude of not less than 1 meter from the ground level. Furthermore, as indicated in the I.T.S., new buildings are only allowed "... *in urban areas built with continuity*" (art. 20 paragraph 3), even if this term is not specified or defined.

5. DISCUSSIONS

The study conducted for the city of L'Aquila highlighted the settlement evolution in the areas of hydraulic hazard identified by the F.D.E.P. before and after its approval in 2008. Evaluating the effects on the transformative action of the prescriptions contained in it is not so simple and immediate, since the earthquake of the following year has placed the issues of housing first on the emergency plans, including the economic ones that are linked to the maintenance and recovery of the industrial and tertiary sector of the city. An important factor in these situations is the response time of the institutions which often adds to the lack of a full awareness and perception of the risk on the social component part, a combination that can cause further deleterious effects in several respects, as it has

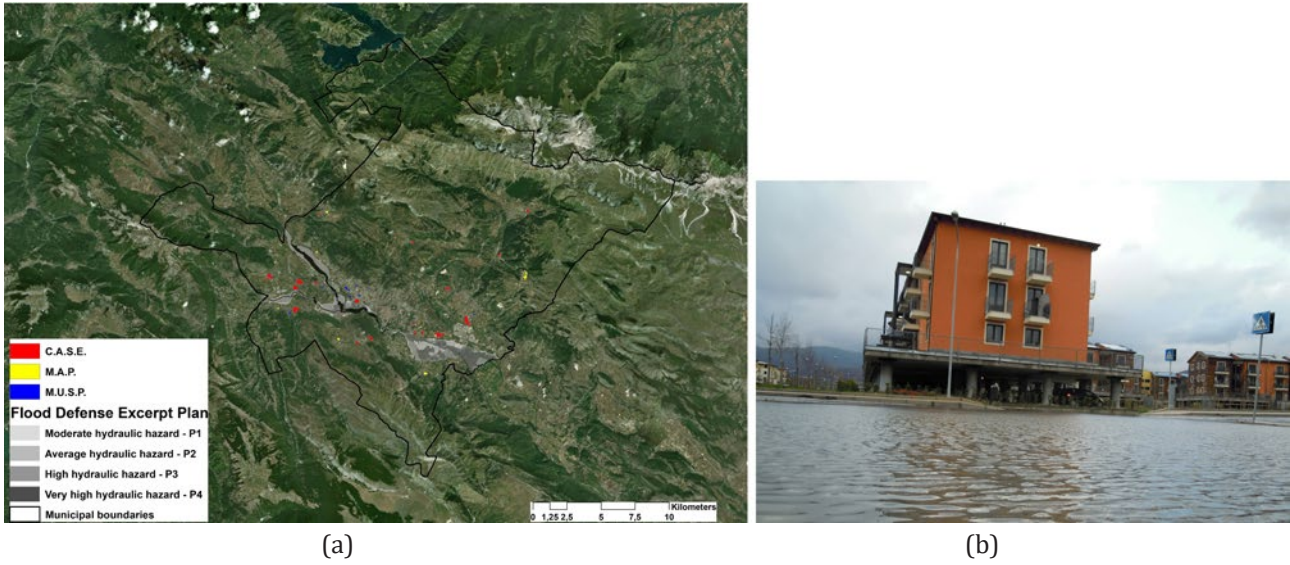


Figure 3: Localization of the public initiatives following the 2009 earthquake together with the geography of the boundary areas by the F.D.E.P. (a). *Source: own elaboration.* The C.A.S.E. project of Sassa that was flooded in 2010 (b). *Source: photo by B. Romano.*

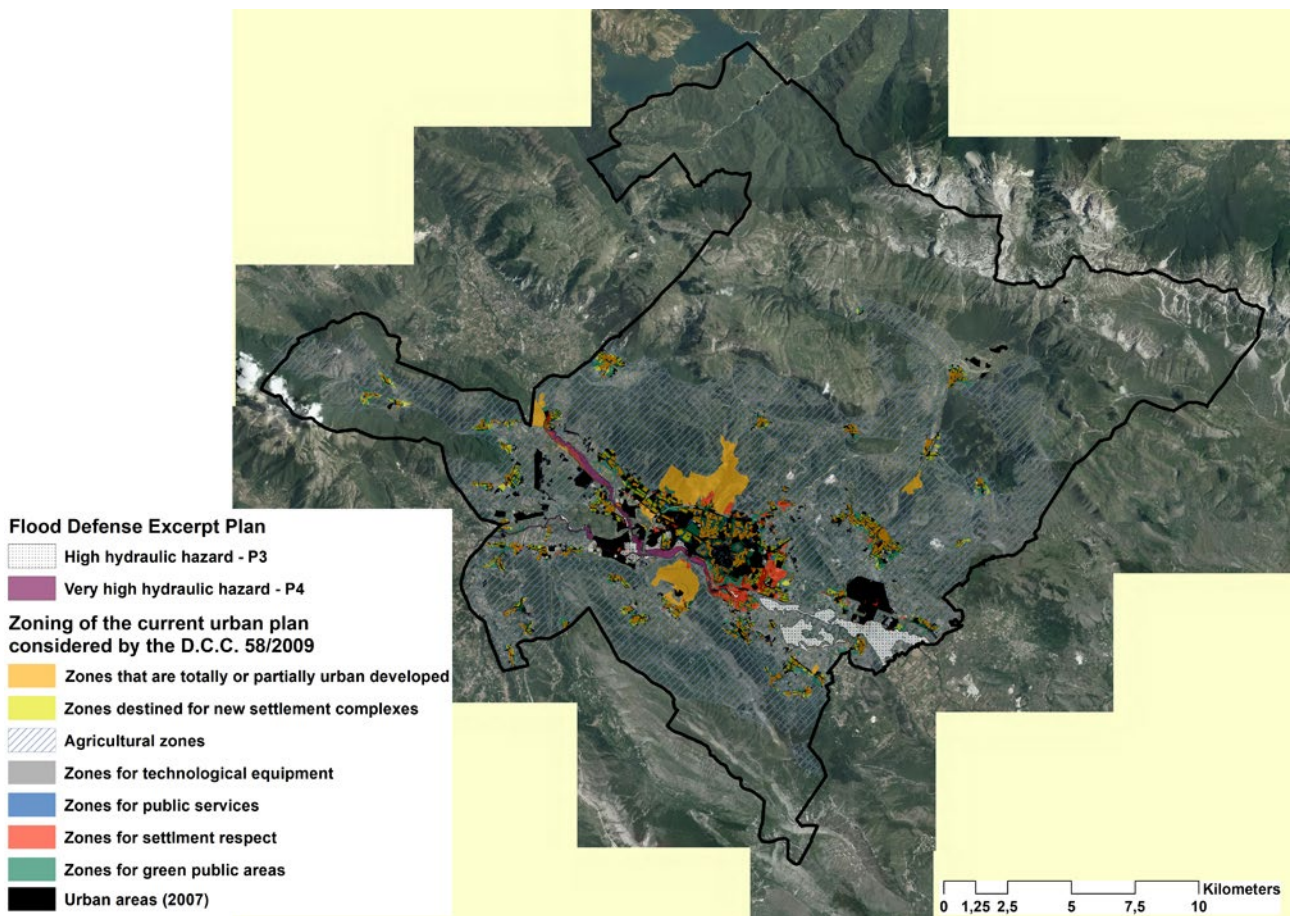


Figure 4: The city’s urban layout detected in 2007 (in black) and the geography of the areas considered by the M.L.A. n. 58/2009 together with the perimeters of the high and very high hazard areas identified by the F.D.E.P. *Source: own elaboration.*

happened in the case investigated. The public response to the emergency materialized very quickly as seen through the realization of the 19 S.E.H.C. projects, (Sustainable and Eco/friendly Anti/seismic Complexes), the 20 M.A.P. areas (Temporary Housing Modules) and the 24 M.U.S.P. areas (Temporary School Use Modules). In figure 3 (on the left) it shows how these sites are outside the areas bounded by the F.D.E.P., but in 2010 following the important precipitations that affected the Abruzzo regional capital, the C.A.S.E. of Sassa was flooded by the overflowing waters of the Raio river (fig. 3 on the right). The area is about 30 m from the P2 hydraulic hazard.

Even if these sites are external to the different types of constraints affecting the territory of L'Aquila, instead doesn't it seem that there is an urban logic in the choice of the location, if not the actual immediate availability of the area and that of positioning them in areas more or less close to some of the less known urban minor centers (districts of L'Aquila) and, consequently, distant from the city, except for the school services (Fig. 3 on the left). The comparison between the zoning of the current development plan (approved in 1975, it is worth reminding) and the C.A.S.E. project site highlights how the choice of location has mainly fallen on different destination types, such as those for agricultural use, but also areas with green public areas, areas in respect to the town, and areas identified for the public services found nearby. In only one case (for an area of the C.A.S.E. project of Preturo) a residential expansion area of type 2 (districts of L'Aquila) was used. The acquisition of these lands took place through the expropriation procedure with an outlay of limited money given the destinations of use involved. Although perhaps it is justified from an economic point of view (the costs of land for agricultural use are lower than those with residential use), it remains difficult to understand the reason why areas with the same intended use in geographic position certainly more favorable than the urban city system were not used for such interventions (fig.4). These measures that would certainly have positively conditioned the functional organization of the city. These territories, on the other hand, immediately became the object of speculative transactions for private initiatives following the M.L.A. n.57 (*Criteria and addresses for the temporary transfer of productive activities damaged by the earthquake of April 6, 2009 and subsequent earthquakes*) and n.58 (*Criteria for the localization and construction of temporary struc-*

tures), this time fully involving also zones typologies B (zones that are totally or partially urban developed) and C (zones destined for new settlement complexes) of the development plan (Fig.4). In this case there is an apparent urban planning logic since all the zonal typologies with residential use are included in the plan. In fact, the M.L.A. n.58 authorizes at the end of the emergency phase the act of transitioning from temporary to definitive buildings, providing that the parameters of the zoning are respected.

Enacted with the aim of being an antidote to the possibility of losing residents and work activities, these deliberations have instead become a poison that spread over the territory, whose signs are now evident in the city. The confirmation of this consideration derives from the number of interventions carried out: over 1600 authorized ones (1102 instances of the M.L.A. n.58 and 518 of the M.L.A. n.57), well over 4,000 total! This weakness of the regulatory framework of the plan has undoubtedly favored the worst form of urbanization of the territory, namely uncontrolled and dispersed, where public spaces are absent and there is not underlying urban plot, the one where the road system is not designed but spontaneous and fragmentary, that where it is impossible to think of forms of sustainable mobility. The situation is aggravated by the fact that these building envelopes have nothing temporary given that they are all built on concrete slabs. Not even the mandatory hydro-geological constraint imposed by M.L.A. n. 58 has had any effect, since about 300 post-earthquake building interventions in these areas have taken place. On the other hand, in the P3 and P4 areas, about one hundred new building products are realized (fig.5). There are several uses of the zoning identified by the M.L.A. n.58 which concern the areas defined as P3 and P4 of the F.D.E.P., most of which concerns various types of agricultural land. As mentioned, in these areas there are urban fabrics with a consolidated commercial and production function with an important role for the city's economy. Plumbing safety works in the area were carried out following the 2010 flood with changes that substantially regarded the increase in the river system's rolling capacity through appropriate environmental requalification interventions and with the replacement of a bridge that allowed the increase in the outflow section of the Raio stream. The green infrastructure created along the bank of the stream could also be replicated in other areas of the city. Operations of this



Figure 5: The comparison between two satellite images for an area with high hydraulic hazard in the municipality of L'Aquila. Some of the building interventions carried out after the 2009 earthquake is highlighted in black. *Source: author's elaboration on Google Earth images.*

nature, if well designed, could become mending green spaces to recreate an environmental continuity that is currently compromised by anthropization. Nature-based solutions could increase hydraulic resiliency while improving the quality of the ecosystem services. In this sense, having these areas in a very low coverage ratio (ratio between the built-up area and the urbanized one) (less than 0.2) the experience of green streets that are already adopted by different cities at an international level would seem to be an effective solution (Donati, 2018).

For residential interventions arising in the aftermath of the earthquake in the P4 areas, the desirable solution is that deriving from the concrete application of the contents of the M.L.A. n. 58. This allowed its realization with their complete removal and at the same time recreating the previous environmental conditions. Most of the operations carried out in P3 are strongly dispersed throughout the territory and are often distant from consolidated urban fabrics, in contrast with what is indicated in the I.T.S., even if it is not defined. So it would be advisable to remove those that are in this condition and while for others it would be necessary to at least respect the technical features indicated by the F.D.E.P. in the eventual transition from temporary to a definitive structure.

6. CONCLUSIONS

What emerged from the study carried out highlights the changing conditions of the organiza-

tional structure of the city of L'Aquila. Whose weaknesses derive from decades of urban transformations that took place almost without any basic urban planning and that led the city to expand linearly for over 20 km with an extreme pulverization of the parts built. The perturbation to the system generated by the 2009 earthquake has only accentuated these dynamics. The subsequent "careless" management of the *ius aedificandi* has contributed to increasing the already strong functional discrepancies and dimensional dystrophies present. The entropic degree of the city's dissipative system is greatly increased and today, 10 years after the telluric event, the urban complex is immersed in a condition of dynamic equilibrium that is governed more by the initiative of individuals than by a real reorganization project of the city and territory. The operations to reconstruct the building-housing patrimony was in fact and still is managed in the simple perspective of "where it was and how it was" rather than through a possible urban redesign of some parts of the city with a consequent re-launch of the functionality of the same (directional, commercial, residential ...). Furthermore, there is still a penalizing absence of social capital, evidenced by the realization of over 2000 unauthorized building operations, some of which also in areas of high hydraulic hazard and which are subject to hydrogeological constraint despite the inviolability of the latter sanctioned by the municipal resolution. The principle of self-organization can certainly not be adopted for systems like this and it is antithetical to the urban planning itself. Whose only result would be to increase its complexity without a basic urban design with del-

eterious effects in terms of environmental sustainability of the settlements. The objective therefore of urban policies should be to start a negentropic process through a dual path. In the first place, a careful reading of the dynamics in progress is needed, together with an organic and integrated territory that arrives in as quick a time as possible, for a new urban plan. This instrument requires a strong planning, design and technical intentionality that is able to redesign the city structure through a strong reduction of the degree of urban

fragmentation through a polycentric specialized urban system managed through a sustainable multimodal mobility. This reorganization will have to take place also through the use of measures aimed at increasing both the hydraulic resilience and the adaptation of the city to the now ascertained climatic changes and to the hydrogeological risk. Last but not least, a bottom-up approach is needed with actions that aim to increase the social capital of the city and which would certainly have an effect on the physical structure of the city.

ANALISI DIACRONICA DELL'ASSETTO INSEDIATIVO NELLE AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA: IL CASO STUDIO DEL COMUNE DELL'AQUILA

1. INTRODUZIONE

Il recente rapporto dell'IPCC (Allen et al., 2018) approvato l'8 ottobre dello scorso anno, sottolinea l'urgenza delle misure da mettere in atto per contenere l'aumento del riscaldamento globale di 1,5 °C rispetto ai livelli del periodo pre-industriale. Gli scenari prospettati al di sopra di tale limite sono allarmanti ed evidenziano ancora una volta i devastanti effetti che potrebbero compromettere in maniera irreversibile la biosfera (Keppel-Aleks et al., 2018; Higgins e Harte, 2012). Tali effetti potrebbero essere ulteriormente amplificati in un territorio fragile quale quello italiano (Moccia e Sgobbo, 2016; Losasso, 2016; Rianna et al., 2016; Polemio e Lonigro, 2012; Ciaravino et al., 2005). L'Italia è infatti uno dei paesi europei maggiormente interessati dai fenomeni franosi ed alluvionali (Trigila et al., 2018) con un sesto del proprio territorio (circa 50.000 km²) che rientra in aree a maggiore pericolosità per frane e alluvioni. Il 91% dei comuni ed oltre 3 milioni di nuclei familiari risiedono oggi in queste aree ad elevata vulnerabilità. Bisogna inoltre considerare che l'Italia è uno dei Paesi europei con la densità di popolazione tra le più elevate (Eurostat, 2018) ed una copertura delle superfici impermeabilizzate che raggiunge quasi l'8% del territorio (Ispra, 2018). La sostanziale indifferenza localizzativa alla molteplicità dei rischi naturali che si rileva oggi nell'insediamento italiano ha in parte una ragione legata alla presenza storica di centri urbani in aree a rischio ma l'attuale fisionomia del paesaggio urbano va delineandosi a partire dal secondo dopoguerra. Gli anni di intensa urbanizzazione del suolo italiano coincidono con un periodo di pressoché stasi normativa in materia di prevenzione del rischio idrogeologico (la legge sui piani di bacino è del 1989) incentivati da una opinione pubblica che misurava la buona conduzione amministrativa da parte di Sindaci e consigli comunali attraverso l'aumento delle coperture urbane dei suoli (Romano et al., 2016).

La pianificazione territoriale, debole e con scarsa coerenza (Cabiddu, 2014), fortemente settoriale e poco improntata ad una lettura del territorio organica e sistemica, ha affidato sempre più poteri decisionali in materia trasformativa ai comuni che, in sostanza, hanno provveduto "*cicero pro domo sua*" a modificare il territorio senza alcuna visione territoriale strategica. Le trasformazioni urbane hanno così alterato importanti paesaggi agrari e culturali, interessato valli fluviali, fasce collinari e pedemontane contribuendo ad alterarne gli assetti idraulici e, di conseguenza, anche il livello di esposizione al rischio. Diversi sono poi gli effetti a carico dell'ambiente naturale con grave perdita degli essenziali servizi ecosistemici (Rizzo et al., 2018; Torre et al., 2017; Smiraglia et al., 2016; Sallustio et al., 2015; Costanza et al., 1997) ed in particolare quelli di regolazione che invece hanno un impatto positivo in termini di mitigazione del rischio (Marando et al., 2019, Zullo et al., 2019). Inoltre l'estrema polverizzazione delle strutture e infrastrutture di origine antropica (edifici, strade, opere civili di varia natura) (Romano et al., 2017) non solo aumenta notevolmente i costi per la messa in sicurezza del territorio ma rende difficoltose anche le eventuali operazioni di soccorso. Dunque consumo di suolo e cambiamenti climatici possono accrescere notevolmente la frequenza e l'intensità dei fenomeni franosi e alluvionali (Grimm et al., 2008) aumentando ulteriormente il rischio idrogeologico del territorio italiano con effetti drammatici ed economicamente rovinosi (Paleari, 2018; Sgobbi e Carraro, 2008). Il lavoro qui presentato vuole indagare le dimensioni e la tipologia di trasformazioni urbane che hanno interessato le aree a diverso grado di pericolosità idraulica nel comune dell'Aquila prima e dopo l'approvazione del PSDA (Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni) (2008) ed al contempo analizzare le conseguenze del sisma del 2009 in tali ambiti. Gli atti normativi comunali emanati successivamente all'evento tellurico del 6 aprile 2009 (D.C.C. n.57 e 58 del

2009) regolavano la realizzazione di manufatti temporanei di iniziativa privata di diversa destinazione d'uso consentendo il regime di deroga per aree sottoposte a vincoli di natura paesaggistica ed ambientale ma non a quelle soggette a vincolo idrogeologico. L'analisi condotta mostra come la contingente situazione di emergenza abitativa unitamente ad una scarsa efficienza del sistema di controllo abbia portato alla realizzazione di una serie di interventi edilizi anche in tali aree.

2. AREA DI STUDIO

L'area di studio è rappresentata dal territorio del comune dell'Aquila, capoluogo di regione dell'Abruzzo. Per numero di abitanti (circa 69.000), L'Aquila rappresenta una città di medie dimensioni mentre per superficie territoriale (poco più di 470 km²) è uno dei comuni più estesi a livello nazionale. La densità abitativa attuale è pari a circa 150 ab/km², valore questo inferiore all'omologo na-

zionale (200 ab/km²) e di poco superiore a quello regionale (120 ab/km²). La densità di urbanizzazione attuale sfiora il 6% con la maggior parte delle superfici urbanizzate situate nella zona morfologicamente più favorevole. Non solo la morfologia, ma anche il regime vincolistico ha in qualche modo avuto un ruolo nel disegno dell'odierno assetto urbano della città. Circa l'80% del territorio aquilano infatti è sottoposto ad almeno un vincolo paesaggistico/naturale: le aree protette occupano quasi il 50% del territorio comunale (oltre il 40% dal Parco Nazionale del Gran Sasso - Monti della Laga), valore questo più del doppio del dato nazionale (circa il 21%) e superiore anche a quello regionale che invece si attesta al 36% circa (Ciabò et al., 2017). La forte dispersione insediativa caratterizzava ampiamente l'organismo urbano aquilano ancor prima del sisma del 2009 che, a causa della sostituzione e duplicazione edilizia, ha ulteriormente accentuato gli effetti di tale problematica (Zullo, 2017). L'approvazione regionale del Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni segue in Abruzzo un iter piuttosto lungo che, a partire dalla Legge

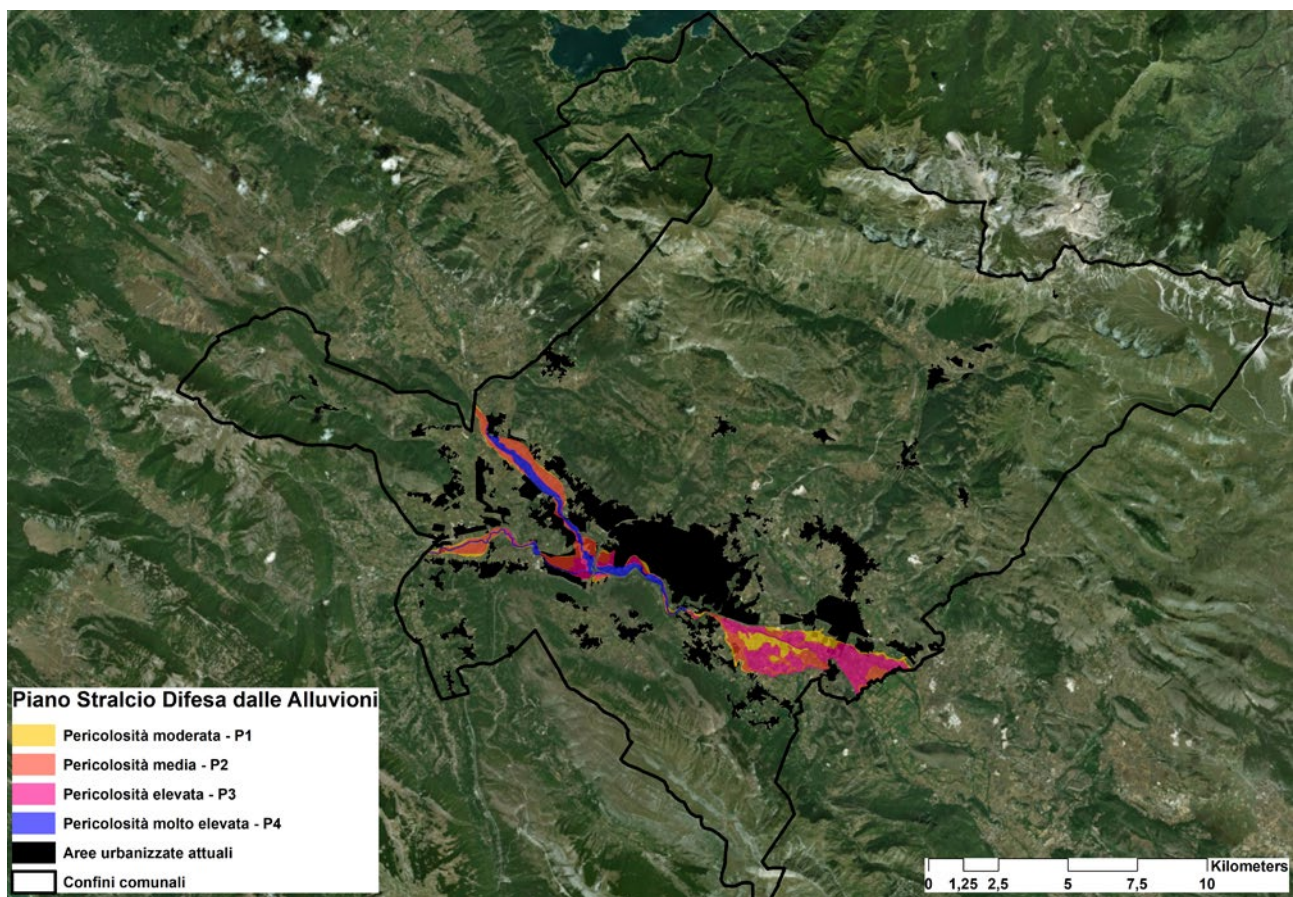


Figura 1: Geografia delle aree a diverso grado di pericolosità idraulica nel comune dell'Aquila. *Fonte: elaborazione dell'autore.*

Tab 1: Caratteristiche e riferimenti dei dataset utilizzati.

Cronosezione	Cartografia consultata	Scala	Tipologia di superficie rilevata	Note tecniche
1956	IGM Serie 25V	1:25.000	Superfici edificate/urbanizzate	Estrazione digitale delle diverse superfici con qualsiasi destinazione d'uso (residenziale, produttiva, servizi)
1980	IGM serie 25 aggiornata dalla regione Abruzzo	1:25.000	Superfici urbanizzate	Estrazione digitale delle estensioni dell'urbanizzato indicate sulla carta regionale edita nel 1984 da SELCA, Firenze.
1997	Carta regionale di uso del suolo	1:10.000	Superfici urbanizzate	Selezione delle categorie Corine (IV livello) di urbanizzato (categoria 1 del codice CLC "Territori modellati artificialmente" ad esclusione delle categorie 1221 "Reti stradali e spazi accessori" e 1222 "Ferrovie") presenti nel dataset regionale
2007	Carta Tecnica Regionale	1:5.000	Superfici edificate	Le superfici urbanizzate sono state ottenute in seguito alla classificazione dei tessuti urbani
2014	Cartografia comunale di uso del suolo	1:10.000	Superfici urbanizzate	Selezione delle categorie Corine (IV livello) di urbanizzato (categoria 1 del codice CLC "Territori modellati artificialmente" ad esclusione delle categorie 1221 "Reti stradali e spazi accessori" e 1222 "Ferrovie") presenti nel dataset comunale

nazionale n.183 del 1989, vede poi la sua approvazione il 1 febbraio del 2008 (verbale consiliare n.94/5 del 29 gennaio 2008). Il piano individua e perimetra 4 aree a diverso grado di pericolosità attraverso la determinazione dei livelli corrispondenti a condizioni di massima piena: molto elevata P4, elevata P3, media P2, moderata P1 che, per il comune dell'Aquila interessano diverse zone lungo il corso dei fiumi Aterno e Raio. Gli interventi ammissibili in P4, P3 e P2 (artt. 17-23 Norme Tecniche d'Attuazione del PSDA) sono subordinati allo studio di compatibilità idraulica ove richiesto. L'estensione complessiva di tali aree ammonta a circa 1600 ha pari al 3,4% della superficie comunale. Oltre 1100 ha riguardano aree con un grado di pericolosità media ed elevata mentre poco più di 200 ha ricadono in zone a pericolosità molto elevata. Tutte queste aree si concentrano su territori situati a quote comprese tra i 550 ed i 700 m s.l.m. e che non superano pendenze dell'ordine del 10%. Nel tempo quindi hanno subito importanti processi di urbanizzazione ed attualmente un sesto delle superfici urbane del comune insiste su queste aree a diverso grado di pericolosità (Fig.1).

3. MATERIALI E METODI

Il lavoro di ricerca è stato condotto analizzando diversi tipi di dati territoriali dai quali poi sono stati ricavati specifici parametri urbanistici in grado di restituire una attenta lettura dell'odierno assetto urbano nelle aree a pericolosità idraulica. Sono state quindi censite le aree urbanizzate precedenti l'entrata in vigore del PSDA (2008) e le trasformazioni urbane avvenute a partire dall'approvazione dello stesso. In particolare è stata posta l'attenzione anche agli interventi edilizi del post sisma del 6 aprile 2009 sia di iniziativa pubblica (progetto C.A.S.E., M.A.P. e M.U.S.P.) che privata. A tal fine sono state analizzate diverse cartografie tecniche di periodi differenti che hanno consentito inoltre di assegnare il relativo arco temporale di costruzione di ogni singolo edificio. Le cartografie consultate sono riportate in tabella 1. Per superficie edificata si intende la superficie coperta dal sedime degli edifici mentre la superficie urbanizzata è quella destinata alle funzioni urbane, con sostituzione o con mantenimento del suolo naturale. Sono comprese quindi le parti di suolo edificato e

quelle destinate a funzioni accessorie dell'insediamento, come giardini pubblici e privati, impianti sportivi, strade sterrate e altre aree di servizio permeabili o impermeabili all'acqua. L'odierno assetto insediativo è stato poi caratterizzato ulteriormente attraverso la classificazione dei tessuti urbani. Quest'ultima è stata condotta attraverso l'analisi del database della cartografia comunale di uso del suolo unitamente ad una interpretazione su foto aeree con verifica diretta nei casi di elevata ambiguità. L'unità minima cartografabile è stata fissata pari ad 1 ha ed è stata perimetrata utilizzando gli elementi visibili che ne differenziano la struttura rispetto alla matrice circostante: prevalentemente strade e delimitazioni fondiari, ma anche caratteri fisici. È stata condotta quindi una analisi multicriterio tenendo conto delle caratteristiche cronologiche, fisico-strutturali, configurativo-distributive e funzionali. Il processo di acquisizione dei dati e le successive analisi sono state interamente effettuate in ambiente GIS attraverso l'utilizzo di ge algoritmi specifici per la conduzione dell'analisi spaziale.

4. RISULTATI

Lo studio delle dinamiche insediative è fondamentale per comprendere cause ed effetti dei cambiamenti e per analizzare la metamorfosi continua del paesaggio interpretando quindi le tendenze in atto. Tra il 1956 ed il 2014 il comune dell'Aquila ha urbanizzato oltre 3.000 ha di territorio dei quali circa 220 ha (7,3% del totale) hanno interessato aree a diversa pericolosità idraulica. Come specificato in precedenza, lo spartiacque normativo è rappresentato dall'anno di approvazione del PSDA (2008) che certifica di fatto l'effettiva pericolosità legata agli aspetti morfologici ed idraulici di specifici ambiti territoriali. L'analisi condotta per il 1956 mostra in sostanza una pressoché assenza di superfici urbanizzate negli ambiti individuati dal PSDA in quanto l'assetto urbano cittadino era molto simile a quello dell'originario impianto fondativo. Gli anni '70 sono caratterizzati da una crescente industrializzazione e terziarizzazione dell'economia cittadina i cui effetti generano dei cambiamenti sull'assetto e sulla funzionalità dell'organismo urbano. L'aumento del reddito delle famiglie residenti con conseguente spostamento

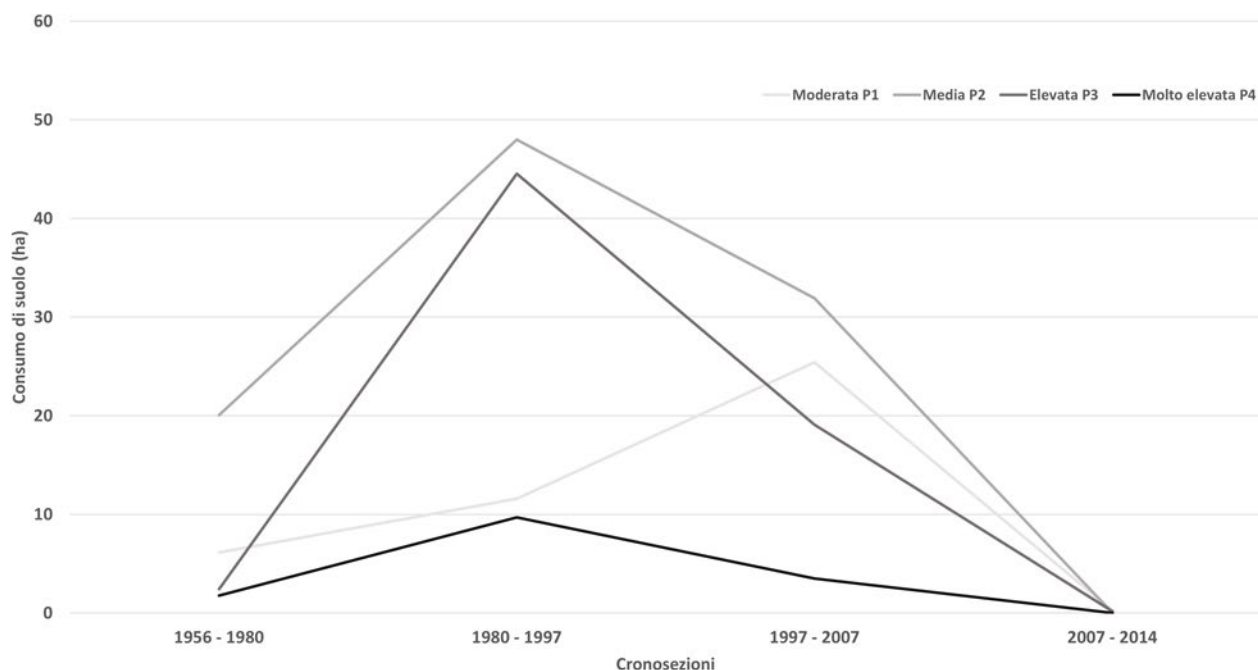


Figura 2: Consumo di suolo calcolato nelle diverse cronosezioni considerate relativamente le aree a pericolosità idraulica nel comune dell'Aquila. *Fonte: elaborazione dell'autore.*

nelle zone periferiche, finalizzato al miglioramento delle condizioni abitative, ha comportato la realizzazione di tessuti urbani in gran parte incoerenti nel disegno urbanistico con trama viaria prevalentemente privata, spontanea o frammentaria, privi di spazi pubblici, talvolta con casuale assortimento di tipologie edilizie/funzionali dovuti in sostanza ad interventi diretti poco controllati dal piano. Le aree a pericolosità idraulica subiscono in questa fase una prima intensa cementificazione (30 ha di nuova superficie urbanizzata) ed in particolare quelle a pericolosità media. Le modificazioni antropiche in queste aree interessano la zona di Pile, dove sorge una importante plesso industriale cittadino, ed alcuni centri minori quali Coppito e Sant'Elia. L'ultimo ventennio del secolo scorso vede aumentare notevolmente la velocità di conversione urbana dei suoli (circa 2000 m²/giorno). Nelle aree a pericolosità idraulica si registra la perdita massima di suoli (oltre 110 ha) (Fig.2) concentrati prevalentemente nelle zone a pericolosità media ed elevata (90 ha). Tali trasformazioni sono legate al rafforzamento della già citata area industriale di Pile e l'estensione delle polarità residenziali di Coppito, Paganica e Pianola. Si rilevano inoltre numerosi interventi edilizi di natura privata in particolare nella zona est della città, fortemente diffusi sul territorio che iniziano a definire quei tessuti ad estrema dispersione e disomogeneità funzionale (sprinkling). Il decennio che precede quindi l'approvazione del PSDA è caratterizzato da una energia trasformativa ancora importante che manifesta i suoi effetti anche a carico delle aree perimetrate da questo strumento urbanistico di area vasta. Si tratta di interventi legati alla realizzazione di nuove aree produttive e direzionali, centri commerciali nel settore ovest della città ed al potenziamento del nucleo industriale di Paganica nel settore est. L'estrema proliferazione urbana in forma dispersa nel tessuto cittadino che caratterizza il decennio nel territorio aquilano, poco o nulla interessa invece queste aree.

La densità di urbanizzazione raggiunge il 20% circa per le aree a pericolosità moderata e media, il 12% per quelle a pericolosità elevata attestandosi al 6% per quella la cui pericolosità è massima. Gli effetti del sisma del 2009 generano profondi cambiamenti sull'insediamento urbano aquilano che interessano anche le aree individuate dal PSDA vigente. La successiva duplicazione e sostituzione edilizia ha comportato non solo una ulteriore perdita di circa 5 km² di territorio, ma ha generato un nuovo assetto organizzativo-funzionale dell'orga-

nismo urbano suscettibile ancora oggi, a 10 anni dall'evento tellurico, di cambiamenti incerti e repentini che coinvolgono anche il territorio circostante. Delocalizzazioni produttive, direzionali, commerciali ed anche residenziali hanno creato un nuovo sistema di flussi legato sia alla creazione di nuove polarità urbane dovute alla risposta pubblica all'emergenza (progetto C.A.S.E., M.A.P. e M.U.S.P.) ma anche e soprattutto ai diversi interventi di iniziativa privata che solo in parte sono stati controllati ed autorizzati dalle già citate D.C.C. 57 e 58. Difatti oggi il territorio della città dell'Aquila ospita più di 46 milioni di metri cubi distribuiti tra quasi 23.000 edifici (47.000 alloggi di cui 4.500 del progetto C.A.S.E.), con una dotazione media che sfiora i 700 m³/ab. L'analisi condotta a livello della caratterizzazione dell'ambiente urbano è utile ad evidenziare il ruolo e la tipologia dei diversi tessuti nell'organizzazione cittadina. Nelle aree indagate, ed in particolare in quelle individuate come P3 e P4 dal PSDA, la condizione rilevata è abbastanza diversificata. Si è in presenza di tessuti urbani con funzione prevalentemente commerciale e produttivo (72% dei 82 ha totali) in gran parte assestati sviluppatasi maggiormente dopo l'approvazione del piano del 1975 e comunque prima dell'approvazione del PSDA del 2008. Il tessuto residenziale che si rinviene in queste aree è di tipo incoerente, carente nel disegno urbanistico, privo di spazi pubblici derivato generalmente da interventi diretti alcuni dei quali a seguito del sisma del 2009 come evidenziato in precedenza. Così come definito nelle NTA del PSDA ed in particolare nell'allegato C, nelle aree di pericolosità idraulica elevata e molto elevata sono ammessi un ridottissimo numero di interventi di nuova edificazione parziale ponendo l'attenzione invece sull'adeguamento degli edifici esistenti attraverso opportune azioni mitigative del rischio idraulico. Si sottolinea inoltre che nelle zone P4 è vietato realizzare strutture mobili ed immobili mentre nelle zone P3 è possibile realizzare nuove strutture di assistenza e servizio per il ristoro delle persone o anche attrezzature per il tempo libero per i quali non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica. Sono altresì ammessi interventi destinati ad usi residenziali, produttivi e commerciali, purché non prevedano locali interrati o al piano terra collocando il primo solaio ad una quota non inferiore a 1 metro dal piano campagna. Inoltre, così come indicato nelle NTA, le nuove costruzioni sono consentite solo "*...nelle zone urbane edificate con continuità*" (art. 20 comma 3), anche se non è definito cosa si intende con tale locuzione.

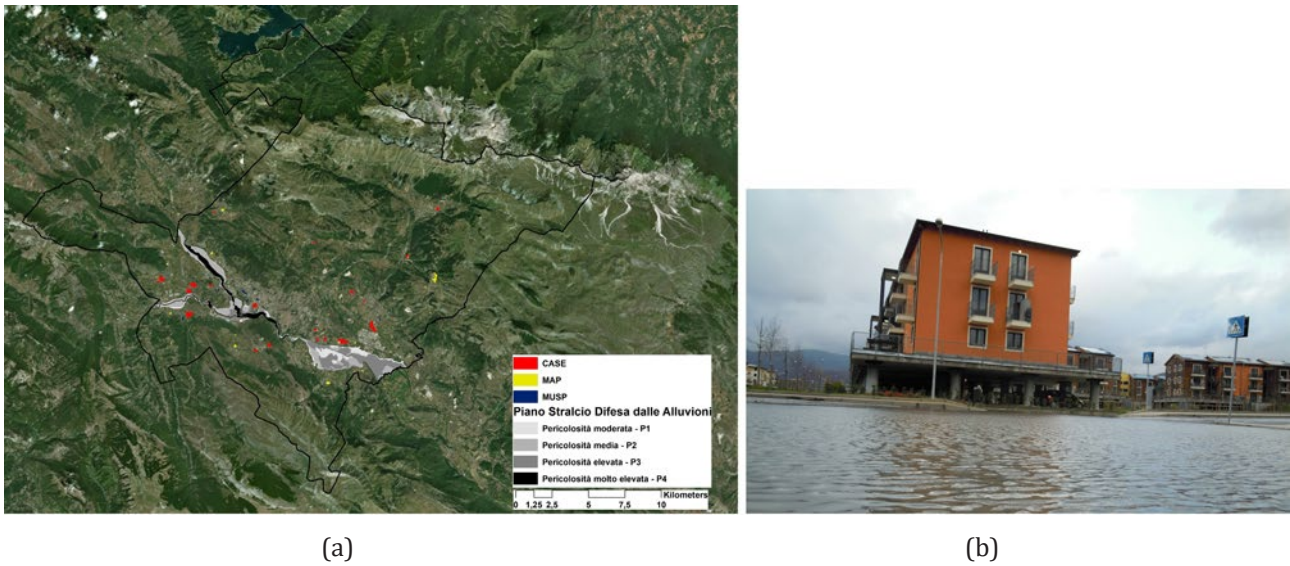


Figura 3: Localizzazione degli interventi di iniziativa pubblica a seguito del sisma del 2009 unitamente alla geografia delle aree perimetrate dal PSDA (a). *Fonte: elaborazione dell'autore.* Progetto C.A.S.E. di Sassa allagato nel 2010 (b). *Fonte: foto di B. Romano.*

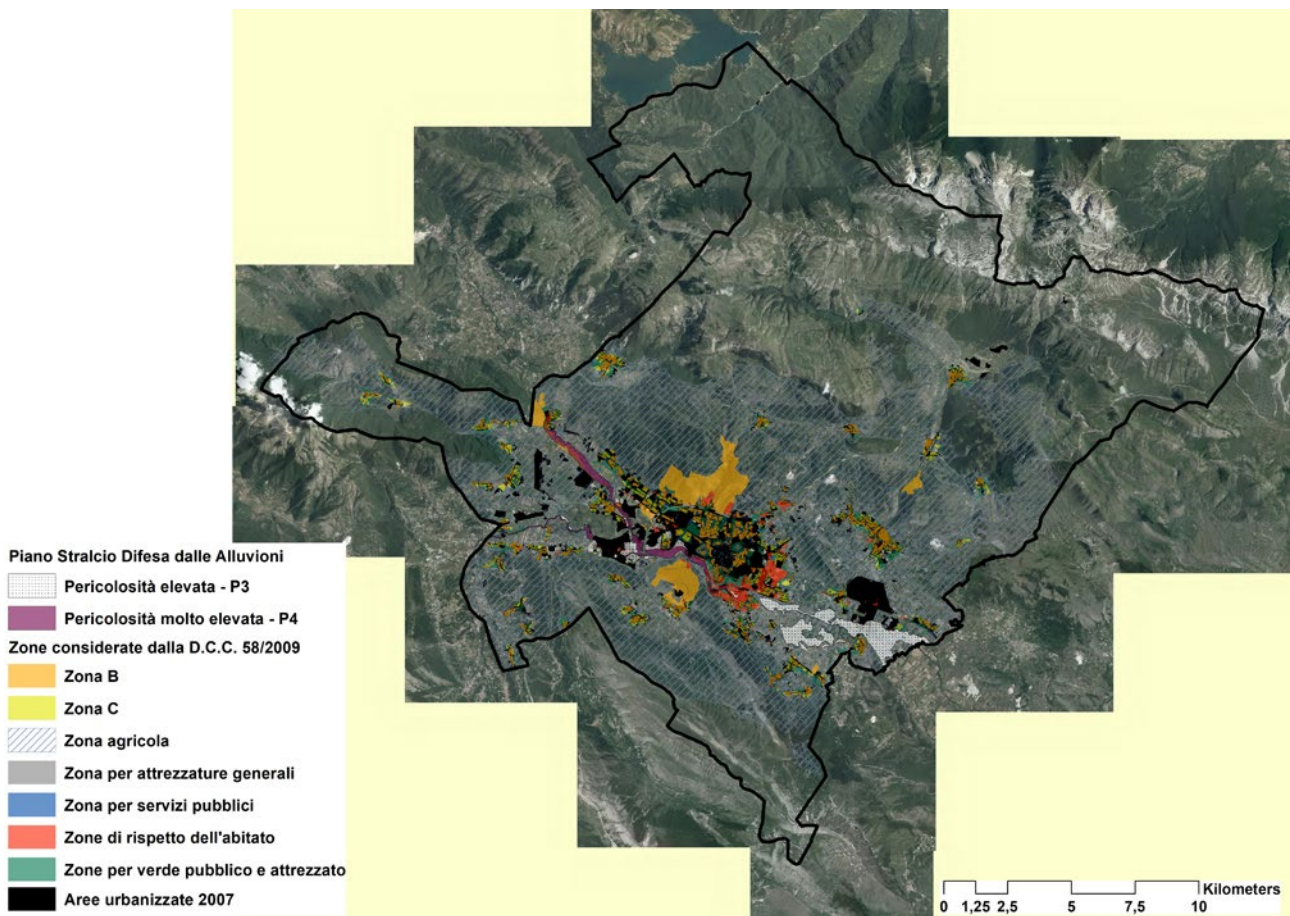


Figura 4: L'assetto urbano cittadino rilevato nel 2007 (in nero) e la geografia delle zone considerate dalla D.C.C. 58/2009 unitamente ai perimetri delle aree a pericolosità elevata e molto elevata individuate dal PSDA. *Fonte: elaborazione dell'autore.*

5. DISCUSSIONE

Lo studio condotto per la città dell'Aquila ha messo in evidenza l'evoluzione insediativa nelle aree a pericolosità idraulica individuate dal PSDA prima e dopo la sua approvazione avvenuta nel 2008. Valutare gli effetti delle prescrizioni in esso contenute sull'azione trasformativa non è poi così semplice ed immediato in quanto il sisma dell'anno seguente ha posto sui tavoli dell'emergenza questioni in primo luogo abitative, ma anche di tipo economico legate al mantenimento ed alla ripresa del settore industriale e terziario della città. Un fattore importante in queste situazioni è il tempo di risposta delle istituzioni cui si aggiunge spesso la mancanza di una piena consapevolezza e percezione del rischio da parte della componente sociale, un connubio che può causare effetti deleteri ulteriori sotto diversi aspetti, come successo nel caso indagato. La risposta pubblica all'emergenza si è concretizzata in tempi molto brevi attraverso la realizzazione di 19 progetti C.A.S.E. (Complessi Antisismici Sostenibili ed Ecocompatibili), 20 aree M.A.P. (Moduli Abitativi Provvisori) e 24 aree M.U.S.P. (Moduli ad Uso Scolastico Provvisorio). La figura 3 (a sx) mostra come tali siti sono esterni alle aree perimetrate dal PSDA ma nel 2010, a seguito delle importanti precipitazioni che hanno interessato il capoluogo di regione, l'area del progetto C.A.S.E. di Sassa è stata allagata dallo straripamento delle acque del torrente Raio (fig. 3 a dx). L'area dista circa 30 m dalla zona a pericolosità media P2.

Anche se tali siti sono esterni alle diverse tipologie di vincolo che interessano il territorio aquilano, non sembra esserci invece una logica urbanistica nella scelta localizzativa se non l'immediata disponibilità dell'area e quella di posizionarle in zone più o meno prossime ad alcuni dei centri minori (frazioni) e, di conseguenza, distanti dalla città a meno dei servizi scolastici (Fig. 3 a sx). Il confronto tra lo zoning del vigente PRG ed i siti del progetto C.A.S.E. evidenzia come la scelta localizzativa sia ricaduta principalmente su diverse tipologie a destinazione d'uso agricolo ma anche zone a verde pubblico attrezzato, zone di rispetto dell'abitato e zone individuate invece per servizi pubblici. In un solo caso (per un'area del progetto C.A.S.E. di Preturo) è stata utilizzata una zona residenziale di espansione di tipo 2 (frazioni). L'acquisizione di tali terreni è avvenuta attraverso la procedura dell'esproprio con un esborso di denaro limitato viste le destinazioni d'uso coinvolte. Anche se

forse giustificato da un punto di vista economico (i costi dei terreni a destinazione d'uso agricolo sono inferiori a quelli con destinazione d'uso residenziale), resta difficile comprendere il motivo per il quale aree con le stesse destinazioni d'uso in posizione geografica certamente più favorevole rispetto all'impianto urbano cittadino non siano state utilizzate per tali interventi (fig.4) che avrebbero certamente condizionato in maniera positiva l'organizzazione funzionale della città. Tali territori invece sono divenuti immediatamente oggetto di operazioni speculative per interventi di iniziativa privata a seguito delle D.C.C. n.57 (Criteri ed indirizzi per il trasferimento temporaneo di attività produttive danneggiate dal sisma del 06 aprile 2009 e successivi movimenti tellurici) e 58 (Criteri per la localizzazione e realizzazione di manufatti temporanei) coinvolgendo questa volta a pieno titolo anche le zone B e C del piano (Fig.4). In questo caso è presente una apparente logica urbanistica di fondo in quanto vengono coinvolte tutte le tipologie zonali con destinazione d'uso residenziale previste dal piano poiché la delibera autorizza al termine della fase di emergenza il passaggio da manufatto temporaneo a definitivo purché vengano rispettati i parametri di zona (solo per la D.C.C. 58, tale disposizione non è prevista per la D.C.C. 57).

Emanate con l'obiettivo di essere un antidoto alla possibilità di perdere residenti ed attività lavorative, tali delibere sono invece divenute un veleno diffusosi sul territorio i cui segni sono oggi evidenti sulla città. La conferma di tale considerazione deriva dal numero degli interventi realizzati: oltre 1600 quelli autorizzati (1102 istanze della D.C.C. 58 e 518 della D.C.C. 57) ben più di 4.000 quelli totali! Questa debolezza del presidio normativo del piano ha favorito senz'altro la peggior forma di urbanizzazione del territorio e cioè quella incontrollata, dispersa, quella dove gli spazi pubblici sono assenti e manca una trama urbanistica di fondo, quella dove la viabilità non è progettata ma spontanea e frammentaria, quella dove è impossibile pensare a forme di mobilità sostenibile. Ad aggravare la situazione la constatazione che tali involucri edilizi non hanno nulla di temporaneo dato che tutti sono costruiti su piastre in calcestruzzo. Neppure l'inderogabilità dei vincoli idrogeologici imposti dalla D.C.C. 58 ha sortito effetti in quanto sono circa 300 gli interventi edilizi post sisma in tali aree. Nelle aree P3 e P4 invece si rinvergono circa un centinaio di nuovi manufatti edilizi (fig.5). Sono diverse le destinazioni d'uso del PRG individuate dalla D.C.C. 58 che interessa-



Figura 5: Confronto tra due immagini satellitari per un'area a elevata pericolosità idraulica nel comune dell'Aquila. In nero sono evidenziati alcuni degli interventi edilizi effettuati successivamente al sisma del 2009. Fonte: elaborazione dell'autore su immagini tratte da Google Earth

no gli ambiti definiti P3 e P4 del PSDA la maggior parte delle quali riguarda varie tipologie di suolo agricolo. Come detto, in queste aree sono presenti tessuti urbani con funzione commerciale e produttiva consolidati con un ruolo importante per l'economia cittadina. Lavori di messa in sicurezza idraulica dell'area sono stati effettuati a seguito dell'alluvione del 2010 con modifiche che hanno riguardato sostanzialmente l'aumento della capacità di laminazione del sistema fluviale attraverso opportuni interventi di riqualificazione ambientale ed alla sostituzione di un ponte che ha permesso l'aumento della sezione di deflusso del torrente Raio. L'infrastruttura verde creata lungo l'argine del torrente potrebbe essere replicata anche in altre zone della città. Interventi di questa natura, se ben progettati, potrebbero divenire spazi verdi di ricucitura per ricreare una continuità ambientale attualmente compromessa dall'antropizzazione. Soluzioni *nature-based* potrebbero incrementare la resilienza idraulica migliorando al contempo la qualità dei servizi ecosistemici. In tal senso, avendo queste aree un rapporto di copertura territoriale (rapporto tra la superficie edificata e quella urbanizzata) molto basso (inferiore a 0,2) l'esperienza delle *green street* già adottata da diverse città a livello internazionale sembrerebbe essere una soluzione efficace (Donati, 2018).

Per gli interventi residenziali sorti all'indomani del sisma nelle aree P4 la soluzione auspicabile è quella derivante dalla concreta applicazione di quanto contenuto nella D.C.C. 58 che ne ha permesso la realizzazione e cioè la loro completa rimozione ricreando allo stesso tempo le condizioni ambientali precedenti. La maggior parte degli interventi realizzati in P3 sono fortemente dispersi sul territorio e spesso distanti da tessuti urbani

consolidati, in contrasto con quanto indicato nelle NTA del PSDA pur se non definito. Per cui sarebbe opportuno rimuovere quelli che si trovano in tale condizione mentre per gli altri sarebbe necessario quantomeno il rispetto degli accorgimenti tecnici indicati dal PSDA nell'eventuale passaggio da manufatto temporaneo a struttura definitiva.

6. CONCLUSIONI

Quanto emerso dallo studio condotto evidenzia le condizioni mutevoli dell'assetto organizzativo della città dell'Aquila le cui debolezze derivano da decenni di trasformazioni urbane avvenute pressoché senza una regia urbanistica di fondo che ha portato la città ad espandersi linearmente per oltre 20 km con estrema polverizzazione delle parti costruite. La perturbazione al sistema generata dal sisma del 2009 ha solo accentuato tali dinamiche cui la successiva gestione "poco attenta" dello *ius aedificandi* ha contribuito ad aumentare le già forti discrasie funzionali e distrofie dimensionali presenti. Il grado entropico del sistema dissipativo città è fortemente aumentato e oggi, a distanza di 10 anni dall'evento tellurico, il complesso urbano è immerso in una condizione di equilibrio dinamico governato più dall'iniziativa dei singoli che da un vero e proprio progetto riorganizzativo della città e del territorio. L'intervento di ricostruzione del patrimonio edilizio-abitativo infatti è stato ed è tuttora gestito nella semplice ottica del "dov'era e com'era" piuttosto che attraverso un possibile ridisegno urbano di alcune parti della città con conseguente rilancio della funzionalità (direzionale, commerciale, residenziale...) delle stesse. Inoltre,

si rileva ancora oggi una penalizzante assenza di capitale sociale, testimoniata dalla realizzazione di oltre 2000 interventi edilizi non autorizzati, alcuni dei quali anche in zone ad elevata pericolosità idraulica e sottoposte a vincolo idrogeologico nonostante l'inderogabilità di quest'ultimo sancito dalla delibera comunale. Il principio di auto-organizzazione non può di certo essere adottato per sistemi come questo ed è antitetico rispetto alla stessa disciplina urbanistica, il cui unico risultato sarebbe quello di aumentarne la complessità senza un disegno urbano di fondo con effetti deleteri in termini di sostenibilità ambientale degli insediamenti. L'obiettivo quindi delle politiche urbane dovrebbe essere quello di avviare un processo neghentropico attraverso un duplice percorso. In primo luogo è necessaria una lettura attenta delle dinamiche in atto unitamente ad una organica ed

integrata del territorio che approdi in tempi quanto più rapidi possibili ad un nuovo strumento di governo della città. A tale strumento sarà richiesta una forte intenzionalità pianificatoria, progettuale e tecnica in grado di ridisegnare l'assetto cittadino attraverso una forte riduzione del grado di frammentazione urbana tramite un sistema policentrico specializzato gestito attraverso una mobilità multimodale sostenibile. Tale riorganizzazione dovrà avvenire anche tramite l'utilizzo di misure atte ad aumentare sia la resilienza idraulica sia l'adattamento della città agli ormai acclarati cambiamenti climatici ed al rischio idrogeologico. Infine, ma non meno importante, è necessario un approccio di tipo bottom-up con azioni che mirano ad accrescere il capitale sociale cittadino e che avrebbero di sicuro un effetto sulla struttura fisica della città.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is grateful to Cristina Ruscitti for her collaboration. The author would also like to thank the editor and the anonymous reviewers.

REFERENCES

- Allen, M. R., Dube, O. P., Solecki, W., Aragón-Durand, F., Cramer, W., Humphreys, S., ... Zickfeld, K. (2018). Framing and Context. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, ... T. Waterfield (eds.), *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. In Press.
- Cabiddu, M.A. (ed.) (2014). *Diritto del governo del territorio*. Torino, IT: Giappichelli Ed.
- Ciabò, S., Fiorini, L., Zullo, F., Giuliani, C., Marucci, A., Olivieri, S., & Romano, B. (2017). L'emergenza post-sisma a L'Aquila, enfasi di una pianificazione debole. *Archivio di studi urbani e regionali*, 118, 73-96. doi:10.3280/ASUR2017-118004
- Ciaravino, G., Ciaravino, L., Grimaldi, G., Lombardi, G., Maddaloni, N., Minotta, C., & Sorvino, L. S. (2005). Matrici per la valutazione dei livelli di rischio in debris flow. *Giornale di Geologia Applicata*, 2, 93-98. doi: 10.1474/GGA.2005-02.0-13.0039
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Raskin, R. G. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260. doi: 10.1038/387253a0
- Donati, A. (2018). Infrastrutture verdi per la mobilità dolce. Rigenerare città, territorio e muoversi nel paesaggio italiano. *Reticula*, 19, 4-10.
- Eurostat regional yearbook (2018). doi: 10.2785/220518.
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X., Briggs, J.M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756-760. doi: 10.1126/science.1150195

- Higgins, P. A., & Harte, J. (2012). Carbon cycle uncertainty increases climate change risks and mitigation challenges. *Journal of Climate*, 25(21), 7660-7668. doi: 10.1175/JCLI-D-12-00089.1
- ISPRA (2018). *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Rapporti 288/2018.
- Losasso, M. (2016). Climate risk, Environmental planning, Urban design, *UPLanD – Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, 1(1), 219-232. doi: 10.6092/2531-9906/5039
- Keppel-Aleks, G., Basile, S. J., & Hoffman, F. M. (2018). A Functional Response Metric for the Temperature Sensitivity of Tropical Ecosystems. *Earth Interactions*, 22(7), 1-20. doi: 10.1175/EI-D-17-0017.1
- Marando, F., Salvatori, E., Sebastiani, A., Fusaro, L., & Manes, F. (2019). Regulating Ecosystem Services and Green Infrastructure: assessment of Urban Heat Island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy. *Ecological Modelling*, 392, 92-102. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2018.11.011.
- Moccia, F.D., & Sgobbo, A. (2016). Flood hazard: planning approach to risk mitigation and periphery rehabilitation. In S. Syngellakis (ed.), *Management of Natural Disasters* (pp. 129-144). Southampton, UK: WIT Press. doi: 10.2495/978-1-84566-229-5/012
- Paleari, S. (2018). Natural disasters in Italy: do we invest enough in risk prevention and mitigation? *International Journal of Environmental Studies*, 75(4), 673-687. doi: 10.1080/00207233.2017.1418995.
- Polemio, M., Lonogro, T. (2012). Variabilità climatica e ricorrenza delle calamità idrogeologiche in Puglia. *Geologia dell'Ambiente*, 2, 262-266.
- Rianna, G., Iodice, L., Fariello, L., Guarino, F., & Mercogliano, P. (2016). Stima dell'effetto dei cambiamenti climatici sui fenomeni di dissesto geo-idrologici: il caso studio della Campania Centrale, *Ingegneria dell'ambiente*, 3(1), 68-79. doi: 10.14672/ida.v3i1.363
- Rizzo, A., Bresciani, R., Masi, F., Boano, F., Revelli, R., & Ridolfi, L. (2018). Flood reduction as an ecosystem service of constructed wetlands for combined sewer overflow. *Journal of Hydrology*, 560, 150-159. doi: 10.1016/j.jhydrol.2018.03.020
- Romano, B., Zullo, F., Ciabò, S., Fiorini, L., & Marucci, A. (2016). Il modello italiano di dispersione urbana: la sfida dello sprinkling. *Sentieri Urbani*, 8(19), 15-22.
- Romano, B., Zullo, F., Fiorini, L., Ciabò, S., & Marucci, A. (2017). Sprinkling: An Approach to Describe Urbanization Dynamics in Italy. *Sustainability*, 9(1), 97. doi: 10.3390/su9010097.
- Sallustio, L., Quatrini, V., Geneletti, D., Corona, P., & Marchetti, M. (2015). Assessing land take by urban development and its impact on carbon storage: Findings from two case studies in Italy. *Environmental Impact Assessment Review*, 54, 80-90. doi: 10.1016/j.eiar.2015.05.006
- Sgobbi, A., Carraro, C. (January, 2008). *Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Italy: An Economic Assessment*". FEEM Fondazione Eni Enrico Mattei Research Paper.
- Smiraglia, D., Ceccarelli, T., Bajocco, S., Salvati, L., & Perini, L. (2016). Linking trajectories of land change, land degradation processes and ecosystem services. *Environmental research*, 147, 590-600. doi: 10.1016/j.envres.2015.11.030
- Torre, C., Morano, P., & Tajani, F. (2017). Saving soil for sustainable land use. *Sustainability*, 9(3), 350. doi: 10.3390/su9030350
- Trigila, A., Iadanza, C., Bussetini, M., Lastoria, B. (2018). *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio*. Edizione 2018. ISPRA, Rapporti 287/2018.
- Zullo, F. (2017). Dalla diffusione insediativa alla città diffusa. Gli effetti del sisma sul policentrismo aquilano. *Urbanistica Informazioni*. 272(S.I.), 112-116.
- Zullo, F., Fazio, G., Romano, B., Marucci, A., & Fiorini, L. (2019). Effects of urban growth spatial pattern (UGSP) on the land surface temperature (LST): A study in the Po Valley (Italy). *Science of The Total Environment*, 650, 1740-1751. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.331