

Building replacement - Assessing the economic threshold for demolition

Benedetto Manganelli^{1,*}, Francesco Paolo Del Giudice², Pierfrancesco De Paola³

¹ Department of Engineering – University of Basilicata, Via dell’Ateneo Lucano 10 – 85100, Potenza, Italy, benedetto.manganelli@unibas.it

² Department of Engineering – University of Basilicata, Via dell’Ateneo Lucano 10 – 85100, Potenza, Italy, francesco.delgiudice@unibas.it

³ Department of Industrial Engineering, University of Naples Federico II, Piazzale Vincenzo Tecchio 80, Naples, 80125, Italy, pierfrancesco.depaola@unina.it

* corresponding author

Keywords

building replacement,
demolition threshold,
urban regeneration,
depreciation, urban rent

Abstract

The demolition and reconstruction of individual buildings or entire neighborhoods characterized by serious decay, as part of urban regeneration projects, are essential interventions for the development of cities in accordance with the principles of environmental, economic and social sustainability. However, such initiatives often come to a halt for lack of economic feasibility. This study, starting from the analysis of the dynamics of the market value of a property, separates the contributions made to this value by the built part and the land in order to define a threshold for demolition, i.e. when conditions make building replacement economically viable. The depreciation of the built part is generated by a multitude of factors, all related to the inevitable passage of time, which may influence the end of the service life of the building, or its economic useful life.

The economic useful life is, in turn, also conditioned by the phenomenon of urban rent (positive or negative), determined by external factors independent of the technological and physical characteristics of the building. Based on the logical interaction between these two phenomena - the depreciation of the built part and the urban rent - a relationship is defined that may suggest the potential threshold for demolition. In particular, the cases of absolute rent, generated autonomously by the building’s replacement process itself, and differential rent, which is instead determined by public intervention, are separately analyzed.

Based on the logical interaction between these two phenomena - the depreciation of the built part and the urban rent - a relationship is defined that can suggest the potential threshold for demolition. Specifically, given the verification that there is economic feasibility only if there is positive rent, the cases of absolute rent, autonomously generated by the building replacement process itself, and differential rent, which arises in combination with the former and is determined by public intervention, are separately analyzed.

1. Introduction

The market value of a building is the sum of two components: the value of the land on which the building stands and the cost value of the construction (the built part). The dynamics by which these two components evolve over time are certainly different (Wang and Tsai, 2022). In a building

transformation process, the ground on which the building stands corresponds to the productive factor 'land', an original element not derived from another production process, which therefore does not undergo depreciation but is subject to the phenomenon of urban rent. The built part is generated by capital, labor, and other services (those provided by the State and the construction entrepreneur), and thus, being derived from a production process, it undergoes depreciation. Depreciation can be considered part of the reduction in the construction cost value. The reduction in value is generated by a multitude of factors, which exert a variable reductive effect on the construction cost value of the building. These factors are all linked to the inevitable passage of time and can influence or determine the end of the building's service life, or of its economic useful life.

There is a fundamental difference between the two concepts. The useful service life pertains to the sphere of technical efficiency and thus relates to the concept of amortization, while the economic useful life refers to the economic efficiency of the asset and thus to elements not solely related to physical or technical aspects. It also involves the human sphere, including needs, tastes, etc.

When the economic life does not coincide with the service life, it is shorter than the latter and depends on the portion of depreciation not attributable to amortization. It should be noted that while both physical-technical and economic factors influence the depreciation of the built part, only economic factors affect the phenomenon of rent, that is, the dynamics of land value.

The combination of the two value dynamics (land and built part) can result in either a devaluation or an appreciation of the initial price. Therefore, it is crucial to distinguish between depreciation, which is always negative and pertains to the built component, and devaluation (a reduction in market value), which may, but does not necessarily, affect the entire property, land plus built part.

This study, based on the logical interaction between the two phenomena—depreciation and rent—attempts to define a formal relationship capable of suggesting the potential threshold for demolition. In practice, it seeks to determine when it is more economically viable to demolish and rebuild the building.

The following section provides a literature review on the concept of building depreciation, fundamental for understanding the meaning attributed to this term in this work and useful for comprehending the difference between the service life and the economic useful life of a building, where the latter cannot be separated from the phenomenon of urban rent. The analysis of the economic feasibility of demolition is then developed under the hypothesis illustrated in section 3.1, where there is no public intervention, and in section 3.2, where public sector involvement occurs through offering incentives to private parties in terms of increased building volumes allowed with reconstruction.

2. Literature Review

The literature has generally discussed and analyzed the phenomenon of depreciation, equating it with the devaluation of the market value of a property, linking this phenomenon exclusively to time and without distinguishing the contributions made by the built part and the land to the value dynamics. For example, Malpezzi (1987) uses a hedonic model to measure the rate of economic depreciation in the residential market and its spatial variability. The analysis shows that the age-price relationship in the various spatial contexts investigated is not always the same. The author explains this variability by assuming that value dynamics can be influenced not only by the effect of age on the built part but also by how the market adapts to changes in supply and demand, thus implicitly referencing the phenomenon of rent. In the same work, he presents an analysis of previous literature (12 studies from 1942 to 1986), indicating significant variations in the estimates of depreciation rates for residential properties. According to the author, the variation in results is primarily due to differences in the definition of depreciation used, the models and data employed for estimating the rates, and, in some cases, the conditions of the real estate market at the time of evaluation.

Both Malpezzi and most of the authors cited in his work have used hedonic models to estimate depreciation rates. Other authors have used the repeat sales model, originally proposed by Bailey et al. (1963) and later extended by Case and Shiller (1987). This approach measures the price differential of transactions for the same property over different time periods, assuming that the characteristics of the property and its implicit prices do not change between sales. Thus, it shifts the perspective compared

to using hedonic models. In this case, the focus is on the phenomenon of rent, i.e., the balance and interaction between supply and demand, while neglecting the contribution of the built part's depreciation to value dynamics. The major criticism of this approach is its inability to control for the effects of «age,» i.e., to account for the depreciation that age causes on the built part, generated both by physical deterioration and income decay.

Several researchers have attempted to overcome this problem. The first attempts were by Cagan (1971) and Hall (1971), who suggested imposing a priori restrictions on the coefficients. Palmquist (1980, 1982) used an independent estimate of depreciation, assuming a stable depreciation rate over time. This approach was later abandoned and surpassed by Chau et al. (2005), who developed a repeat sales model that allows for non-linear depreciation to separate the effects of age on the built part from the effects of time. Another line of research has combined the repeat sales model with the hedonic pricing model (Case and Quigley, 1991; Quigley, 1995; Hill et al., 1997; Englund et al., 1998). Finally, Clapp and Giaccotto (1998) sought to avoid including the age variable directly in the model, instead using temporal dummies.

In 1985, Csillaghy already understood that the economic life of a building is influenced by factors such as physical degradation and the increase in urban land values (land rent), but he did not analyze the possible interaction between these two components. Later, some studies focused on the concept of external obsolescence, a sort of negative land rent, determined by external factors independent of the building's technological and physical characteristics, yet without separating the two components of value (land and built part).

External obsolescence results from both environmental and cyclical changes in the real estate market. Common phenomena that give rise to external obsolescence include, for example, increased vehicle traffic and the deterioration of surrounding properties (Wilhelmsson, 2008). These are extrinsic property characteristics that negatively affect the demand for real estate and involve all properties located in a homogeneous market area (Clapp and Salavei, 2010). The cited studies also show that the price function in relation to age has a negative gradient until it nullifies, then shows an inversion (convex depreciation curves). Wilhelmsson attributes the inversion in value to the so-called vintage effect: a premium linked to the charm, exclusivity, design, and quality of the construction, i.e., physical, historical, and architectural characteristics of the built part directly related to the era of construction. Clapp and Salavei (2010) justify this inversion by hypothesizing that older properties have been renovated, thus possessing higher construction quality and greater survival probabilities.

While factors related to the characteristics of the built part (vintage effect or renovation interventions) are crucial in justifying the inversion of value dynamics, in reality, the inversion in the price dynamics of a building is more often due solely to the effect of urban rent. A more accurate interpretation of market value dynamics would require the separate analysis of the two phenomena: on one hand, the depreciation of the built part, and on the other, the land rent (positive or negative).

Kajuth (2021) defines «land» as a non-reproducible factor, whose overall value does not represent a cost factor but rather a patrimonial value. Yangfei et al. (2018), by decomposing property value into two distinct and separate values, the land plot and the built part, show that, all else being equal, older properties, i.e., with an older structure, exhibit a higher price growth rate compared to newly constructed buildings. As the value of the land plot increases over time, the total value of the entire property also rises, with growth rates for older properties higher than those for newer ones. The separation of the two value dynamics (land and built part) explains this evidence, given that older properties have a lower depreciation rate compared to newer properties, as confirmed by numerous other studies (Bokhari and Geltner, 2018).

The variables that influence land rent are numerous, making it challenging to generate models capable of predicting its dynamics. Many studies, however, have analyzed only the phenomenon of depreciation of the built part. Almost all the literature agrees on identifying the factors that contribute to the reduction of the construction cost value of buildings. The physical wear and tear of the building, which in turn, solely for the purpose of quantifying the associated depreciation, can be decomposed into two elements: pure aging and income decay (Manganelli, 2011; Del Giudice et al., 2016; Bochi, 1947). Pure aging is determined by the progressive reduction of the service life of the asset; income decay is identifiable in the reduced utility of an already used asset compared to a corresponding new asset, resulting from the expenses required for extraordinary maintenance interventions capable of restoring

initial efficiency. The indispensable link between the two elements is the forecast of the building's service life. Depreciation due to pure aging depends essentially on the forecast of the remaining service life, influenced by the more or less regular maintenance already performed and to be performed on the building; the forecast of future maintenance costs, higher as the need to guarantee good performance (at least competitive with those of a new building) increases (Yoshida, 2020), defines depreciation due to income decay. There is also functional (or technical) obsolescence resulting from non-compliance or poor compliance with new quality standards (Dias, 2013; Fu, et al., 2013). Finally, there is economic obsolescence due to both technological changes, involving the design and construction system or the materials used, leading to lower operational costs and/or greater efficiency, and social changes centered on individual or collective perceptions related to cultural or simply aesthetic characteristics (Silva et al., 2022).

Brand (1997) argues that the loss of capacity to meet minimum performance requirements occurs for two reasons, each associated with different rates of decay. The slower rate is linked to the natural aging of materials, referring to the physical wear that occurs over time; while a faster rate is related to changes driven by aesthetic reasons (e.g., new materials or construction trends), legal reasons (e.g., fire safety or the presence of banned materials like asbestos), or changes in the social context (e.g., shifts in user demands).

At this point, it is important to underline the difference between service life and effective useful life. Awano (2006) separates the life of a building into two categories: "real life," which corresponds to what we have called service life, influenced by the physical conditions of the building; and the effective «useful life,» which the author considers to be conditioned by a building's ability to fulfill its function and other performance criteria.

Haapio and Viitaniemi (2008) refer to useful life as the period during which a building or component is able to meet the objective and subjective needs of users without incurring unacceptable maintenance costs.

It should be noted that while regular maintenance is essential to compensate for the loss of performance capacity due to physical wear, modernization interventions, classified as extraordinary maintenance, are essential to compensate for functional obsolescence (Bezelga and Neto, 1985; Adkins and Paxson, 2017).

Due to the continuous increase in quality standards, the initial level of quality, even in the absence of physical wear, could fall below the minimum acceptable level. In practice, a building element, although still efficient and thus neither damaged nor dysfunctional, can still become obsolete because it can no longer meet user needs in light of the introduction of new standards (Lemer, 1996).

Bezelga and Neto (1985) introduce the concept of the demolition threshold, defined as the point at which the new performance standard required by users (functional obsolescence) exceeds the qualitative level of the building, also due to the effect of physical wear.

Other authors (Mansfield and Pinder, 2008; Pourebrahimi et al., 2020; Grover and Grover, 2015; Thomsen and Van der Flier, 2011) link the end of an obsolete building's useful life (and thus associate a demolition threshold) to the loss of performance or utility, which can be caused by its physical deterioration or economic and social reasons, technological or political changes, or fluctuations in user needs. Thomsen and van der Flier (2009) consider it very complicated to practically define the demolition threshold, i.e., the moment after which a building no longer meets essential performance requirements. This is especially true when, despite the building undergoing regular and adequate maintenance, demolition occurs for social, legal, or economic efficiency reasons before reaching its service life limit (Kohler and Hassler, 2002; Farahani et al., 2019).

All the literature discussed so far has focused on useful life and the associated need for demolition/replacement of buildings that have become obsolete due to physical deterioration and/or obsolescence, exclusively referring to the building itself. In practice, even when exogenous factors are mentioned, whether they are social, cultural, aesthetic, or economic factors determining obsolescence, they are defined in the relationship between users and the building. There is no discussion of how land rent or external obsolescence can influence the decision to demolish and rebuild.

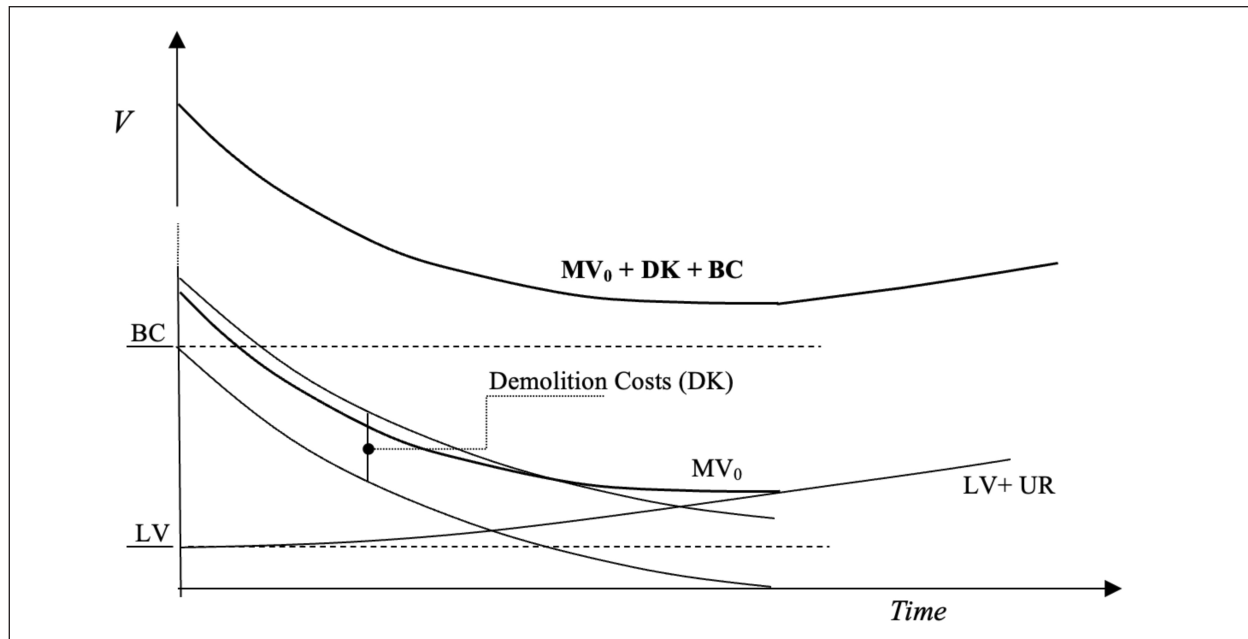


Figure 2. Market value + Demolition cost + Building Cost. In which: *DK* represents the demolition cost; *MV₀* defines the combined value of the land and the built part.

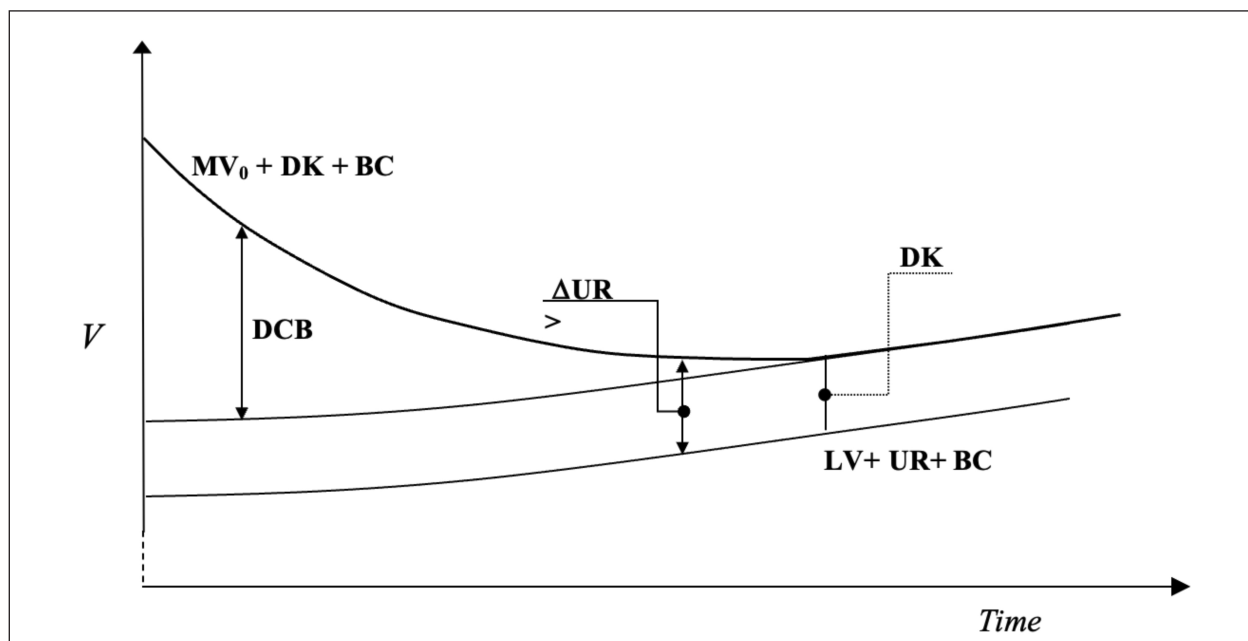


Figure 3. Demolition F threshold without public incentives. In which: *DCB* represents the depreciated reconstruction cost.

There are numerous cases where demolition in distressed urban areas, involving properties characterized by severe degradation, has been used to mitigate the externalities associated with deteriorated properties, resulting in a net positive impact on property values (Bass et al. 2005). Paredes and Skidmore (2017) argue that the demolition of dilapidated structures is an efficient mechanism for revitalizing distressed neighborhoods.

Some studies highlight the fundamental role that urban renewal can play in regenerating the degradation of a neighborhood, thus producing rent both on the lands directly affected by the projects (already during the communication phase of the interventions) and on the surrounding ones (Ekemode, 2020; Agapi et al., 2024; Cho et al., 2020).

Where interventions involve demolition and replacement, it is possible to comprehensively redefine the layout of the area, redistributing the new volumes according to bioclimatic design criteria, enhancing existing services and infrastructure, and connecting these to the new ones.

In this sense, regeneration interventions would produce an increase in property value not only due to the energy-structural upgrade of the new building compared to the old one but also due to the increased value of the entire urban area resulting from the overall regeneration operation, which also includes the enhancement of infrastructure and services.

The convenience of regeneration can simply be achieved when the value generated by it exceeds the current value (MV0) plus the cost of demolition and reconstruction.

$$MV0 + (DK + BC) = LV + UR + BC - DC + (DK + BC) \quad (1)$$

The final value derived from the regeneration process can in turn be calculated as the sum of the land value, the constructed value (new cost), and the surplus rent generated by the regeneration (Fig. 2).

$$(LV + UR + BC + \Delta UR) \quad (2)$$

Therefore, the mathematical form expressing the convenience of regeneration becomes:

$$\begin{aligned} (LV + UR + BC + \Delta UR) - (LV + UR + BC - DC + DK + BC) &> 0 \\ \Delta UR + DC - DK - BC &> 0 \\ \Delta UR + DC &> DK + BC \\ \Delta UR &> DK + BC - DC \end{aligned} \quad (3)$$

Assuming the new cost minus depreciation equals the depreciated reconstruction cost (DBC), we get (Fig. 3):

$$\Delta UR > DCB + DK \quad (4)$$

At the end of the service life, that is, when the cost value of the building is reduced to zero due to depreciation, demolition becomes advantageous when the surplus of urban rent generated by urban regeneration exceeds the associated demolition costs ($UR > DK$).

3.2. With public intervention

The convenience of demolition and reconstruction, however, could be encouraged with incentive mechanisms. Urban regeneration represents an opportunity for sustainable development and smart growth of cities, as it can generate or increase values related to the multiple dimensions of sustainability: asset values and broader economic, social, and environmental values.

Regarding the first aspect, that related to the increase in asset values, although the prolonged use of incentives can generate distortions in the real estate market, (Brendan and Boyle, 2012), public sector commitment is essential through various mechanisms (tax relief, volumetric bonuses, etc.) to encourage private sector activity (Adair et al., 2003).

Achieving some of the objectives linked to the European Green Deal would probably be unattainable without the contribution of the public sector.

The goal established in the European Green Deal, turned into law with the European Climate Law, mandates that the European economy and society become climate-neutral by 2050. The law also sets an intermediate target of reducing net greenhouse gas emissions by at least 55% by 2030, compared to 1990 levels. Many analyses show that achieving this goal cannot be pursued without adequate funding and national strategies.

Given that, according to the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), buildings are the main energy consumers in Europe, responsible for about 40% of energy consumption and 36% of CO₂

emissions, renovation and reconstruction are two of the main strategies to mitigate the energy consumption of existing building stock.

Policies to incentivize energy savings, however, differ among European countries and range from subsidies for renovation to those for demolition and reconstruction or for building new houses on virgin land (Dubois and Allacker, 2015). Among the three options, demolition and reconstruction, in addition to avoiding further land consumption, has the advantage of being certainly more effective in terms of energy savings. However, there are differing opinions, and the question of whether to demolish or renovate old homes is much debated, given, on the one hand, the social problems that demolition can cause and, on the other hand, the environmental benefits of renovation instead of demolition, which would entail carbon costs due to energy consumption in the production of concrete, steel, and other structural and infrastructural elements, the transportation of new material volumes, the costs of landfill disposal, etc. (Power, 2008).

While urban regeneration is indeed one of the fundamental planning tools for achieving energy and environmental sustainability objectives, it should also be noted that in Southern European countries, characterized by medium-high seismic risk, urban regeneration programs would also reduce the vulnerability of buildings through seismic upgrading/improvement interventions or through demolition and reconstruction interventions, where the former cannot achieve improved structural performance and ensure adequate safety levels.

Often, owners of buildings vulnerable to seismic risk do not have sufficient motivation to independently undertake measures to improve the resilience of their buildings through structural retrofitting or demolition and reconstruction. Some studies have found that among the main extrinsic motivations capable of inducing investments in this direction are financial and regulatory incentives (Egbelakin et al., 2017).

Let's try to understand what changes in the already developed analyses if the public contribution to urban regeneration involving building replacement is associated with a state incentive in the form of a concession to create larger volumes compared to those demolished (Manganelli et al., 2020). Modifying the building capacity of the land obviously changes the land rent. In this case, we refer to it as differential rent (Manganelli and Murgante, 2017). Let LV1 be the value of the land after the urban modification that increases its building capacity and let BC1 be the construction costs to be incurred due to the different building capacity.

In this case, the final value resulting from the regeneration intervention becomes transforms into:

$$(LV1 + UR + BC1 + \Delta UR) \quad (5)$$

Even in this case, building replacement is advantageous when the value generated by the project exceeds the current value (MV0), to which the cost of demolition and reconstruction, including the volume bonus (BC1), must be added.

$$MV0 + (DK + BC1) = LV0 + UR + BC0 - DC + (DK + BC1) \quad (6)$$

Therefore, we have:

$$\begin{aligned} LV1 + UR + BC1 + UR &> LV0 + UR + BC0 - DC + DK + BC1 \\ LV1 + UR &> LV0 + BC0 - DC + DK \\ LV1 - LV0 + \Delta UR &> DCB + DK \end{aligned} \quad (7)$$

Indicating with ΔLV the difference $LV1 - LV0$, that is, the differential rent generated by the public intervention through the concession to the private sector of the volume bonus understood as the possibility of creating larger building volumes than those demolished, we obtain (Fig. 4):

$$\Delta LV + UR > DCB + DK \quad (8)$$

If we have reached the end of the useful life where $DCB = 0$, it results:

$$\Delta LV + UR > DK \quad (9)$$

In practice, the advantage of regeneration occurs when the increase in land rent, both for the differential share resulting from the incentive offered in terms of volume bonuses and for the absolute share generated by the regeneration process itself, exceeds the cost of demolition.

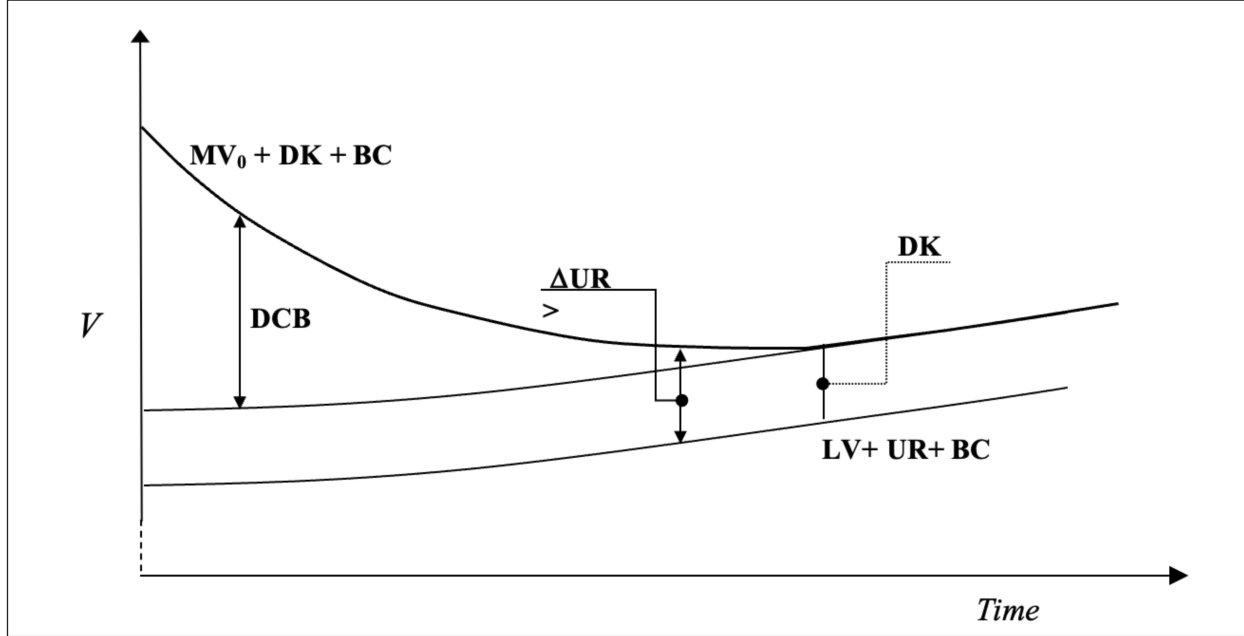


Figure 4. Dynamics of values in the presence of a volume premium (public intervention). In which: BCI defines the volume bonus; ΔLV represents the differential rent generated by the public intervention.

4. Conclusions

The significance of property depreciation in urban, social, and fiscal policy decisions justifies the ongoing research interest in this topic. Many studies addressing this subject have analyzed and attempted to interpret the dynamics of property values over time. However, even when aware of it, these studies have rarely distinguished the implicit contributions of the two components of value: land and buildings. The variability in the results obtained from various investigations is often attributable not only to differences in the models used but also to differences in the analysis periods and, consequently, the real estate markets examined. Focusing on the latter, the observed differences are primarily due to variations in the dynamics of the values of the two components and the factors determining these dynamics.

While the depreciation of buildings is predominantly influenced by physical and technical factors, and sometimes significantly by social and economic factors, the dynamics of urban land rent (positive or negative) are solely determined by social and economic factors, which are distinct from those affecting the depreciation of buildings.

In this study, following a literature review, we constructed a function representing the market value of an urban property over time as the sum of the two value components: land rent and building depreciation. This approach has enabled a more accurate interpretation of the phenomenon. Specifically, it has been possible to assess when it is advantageous to replace/reconstruct a property nearing the end of its useful service life, and to explain why replacement does not always occur even when a building has reached this point.

The analysis shows that urban regeneration involving the replacement of old buildings, through demolition and reconstruction, is advantageous when, at the end of the buildings' service life, the urban rent generated by the transformation process exceeds the cost of demolition. If this condition is not

met, public incentives can be used to facilitate private intervention. If these incentives take the form of a volume bonus—allowing the private developer to build larger volumes than those demolished—regeneration becomes viable when the sum of the increased urban rents, both the differential rent generated by the additional allowed volumes and the absolute rent self-generated by the intervention, exceeds the cost of demolition.

Future research could focus on quantifying the volume bonuses necessary to determine the viability of building replacement in relation to market values and reconstruction costs, as well as quantifying and including in the latter the economic and social costs of temporarily relocating residents.

Acknowledgement

The article is the result of research activities conducted with funding from the P.R.I.N. Project 2022: “INSPIRE Improving Nature-Smart Policies through Innovative Resilient Evaluations”, Grant number: 2022J7RWNF.

Author contributions

The present work is to be attributed in equal parts to the authors.

Bibliography

- Adair A., Berry J. & McGreal S. (2003). Financing property's contribution to regeneration. *Urban Studies*, 40(5-6), 1065–1080.
- Adkins R., Paxson D. (2017). Replacement decisions with multiple stochastic values and depreciation. *European Journal of Operational Research*, 257, 174–184.
- Agapi X., Nikolaos K., Spyridon S., Vassilis T. (2024). Urban regeneration VS residential property characteristics: which is the most influential on property values? *Euro-Mediterr J Environ Integr.* <https://doi.org/10.1007/s41207-024-00538-8>
- Awano H. (2006). *Towards Sustainable Use of the Building Stock*. OECD-Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, France.
- Bailey M.J., Muth R.F., Nourse H.O. (1963). A Regression Model for Real Estate Price Index Construction. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 933–942.
- Bass M., Chen D., Leonard J., Mueller L., Cheryl L., Snyder K. (2005). *Vacant Properties – The True Costs to Communities*, National Vacant Properties Campaign, Washington, DC.
- Bezelga A.A., Neto F.S. (1985). *Custo e rentabilidade das intervenções*. 1º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação [Livro]. - [s.l.] : LNEC.
- Bochi,V. (1947). *Estimo industriale: Valutazione tecnica degli impianti industriali*. Hoepli Editore, Milano.
- Bokhari S., Geltner D. (2018). Characteristics of Depreciation in Commercial and Multi-Family Property – An Investment Perspective. *Real Estate Economics*, 46(4), 745–782.
- Brand S. (1997). *How Buildings Learn—What Happens after They're Built*. Orion Books: London, UK.
- Brendan,W., Boyle I. (2012). The role of property tax incentives in urban regeneration and property market failure in Dublin. *Journal of Property Tax Assessment & Administration*, 9(2), 5–21.
- Cagan P. (1971), Measuring Quality Changes and the Purchasing Power of Money: An Exploratory Study of Automobiles. In Z. Griliches (Eds.), *Price Indexes and Quality Change*, (pp. 215–239), Harvard University Press, Cambridge.
- Case B., Quigley J.M. (1991). The Dynamic of Real Estate Prices. *Review of Economics and Statistics*, 22, 50–58.
- Case K.E., Shiller R.J. (1987). BPrices of Single Family Homes Since 1970: New Indexes For Four Cities. *New England Economic Review*, Sept/Oct, 45–56.
- Chau W., Wong S.K., Yiu C.Y. (2005). Adjusting for Non-Linear Age Effects in the Repeat Sales Index. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 31(2), 137–153.
- Cho G.H., Kim J.H., Lee G. (2020). Announcement effects of urban regeneration plans on residential property values: Evidence from Ulsan, Korea. *Cities*, 97, 102570, ISSN 0264-2751, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102570>.

- Clapp J.M., Giaccotto C. (1988). Residential Hedonic Models: a Rational Expectations Approach to Age Effect. *Journal of Urban Economics*, 44.
- Clapp J.M., Salavei K. (2010). Hedonic pricing with redevelopment options – A new approach to estimating depreciations effects. *Journal of Urban Economics*, 67, 362–377.
- Csillaghy J. (1985). *Economie de l'environnement construit*. IREC, Lausanne.
- Del Giudice V., Manganelli B., De Paola P. (2016). Depreciation methods for firm's assets, In *Lecture Notes in Computer Science* (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) Volume 9788, Pages 214 – 227 2016, 16th International Conference on Computational Science and Its Applications, ICCSA 2016, Beijing, 4-7 July 2016
- Dias W.P.S. (2013). Factors influencing the service life of buildings. *J. Inst. Eng.*, 46, 1–7.
- Dubois M., Allacker K. (2015). Energy savings from housing: Ineffective renovation subsidies vs efficient demolition and reconstruction incentives. *Energy Policy*, 86, 697–704.
- Egbelakin T., Wilkinson S., Ingham J., ASCE M., Potangaroa, R., Sajoudi, M. (2017). Incentives and Motivators for Improving Building Resilience to Earthquake Disaster. *Natural Hazards Review*, 18(4). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000249](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000249).
- Ekemode B.G. (2020). Impact of urban regeneration on commercial property values in Osogbo, Osun State, Nigeria. *Smart and Sustainable Built Environment*, 9(4), 557–571, <https://doi.org/10.1108/SASBE-04-2019-0059>
- Englund P., Quigley J. M., Redfearn C. L. (1998). Improved Price Indexes for Real Estate: Measuring the Course of Swedish Housing Prices. *Journal of Urban Economics*, 44, 171–196.
- Farahani A., Wallbaum H., Dalenbäck J.O. (2019). The importance of life-cycle based planning in maintenance and energy renovation of multifamily buildings. *Sust. Cit. Soc.*, 44, 715–725.
- Fu F., Pan L., Ma L., Li Z. (2013). A simplified method to estimate the energy-saving potentials of frequent construction and demolition process in China. *Energy*, 49, 316–322.
- Grover R., Grover C. (2011). Obsolescence—A cause for concern? *J. Prop. Invest. Financ.* 2015, 33, 299–314.
- Haapio A., Viitaniemi P. (2008). How workmanship should be taken into account in service life planning. In *Proceedings of the 11th International Conference on Durability of Building Materials and Components*, Istanbul, Turkey, 11–14 May 2008; pp. 1466–1482.
- Hall R.E. (1971), The Measurement of Quality Change from Vintage Price Data. In Z. Griliches (Eds.), *Price Indexes and Quality Change*, (pp. 240–271), Harvard University Press, Cambridge.
- Hill R.C., Knight J.R., Sirmans C.F. (1997). Estimating Capital Asset Prices. *Review of Economics and Statistics* 79, 226–233.
- Kajuth F. (2021). Land leverage and the housing market – Evidence from Germany. *Journal of Housing Economics*, 51, 101746.
- Kohler N., Hassler U. (2002). The building stock as a research object. *Building Research and Information*, 30, 226–236.
- Lemer A.C. (1996). Infrastructure obsolescence and design service life. *J. Infrastruct. Syst.*, 2, 153–161.
- Malpezzi S., Ozanne L., Thibodeau T. (1987). Microeconomic Estimates of Housing Depreciation. *Land Economics*, 63(4), 372–385.
- Manganelli B. (2011), *Il deprezzamento degli immobili urbani*. Franco Angeli, Milano.
- Manganelli B., Murgante B. (2017). The dynamics of urban land rent in Italian regional capital cities. *Land*, 6(3), 54.
- Manganelli B., Tataranna S., Pontrandolfi P. (2020). A model to support the decision-making in urban regeneration. *Land Use Policy*, 99, 104865
- Mansfield J.R., Pinder J.A. (2008). 'Economic' and 'functional' obsolescence: Their characteristics and impacts on valuation practice. *Prop. Manag.*, 26, 191–206.
- Palmquist R.B. (1980). Alternative Techniques for Developing Real Estate Price Indexes. *Review of Economics and Statistics* 66, 394–404.
- Palmquist R.B. (1982). Measuring Environmental Effects on Property Values Without Hedonic Regressions. *Journal of Urban Economics* 11, 333–347.
- Paredes D., Skidmore M. (2017). The net benefit of demolishing dilapidated housing – The case of Detroit. *Regional Science and Urban Economics*, 66, 16–27.
- Pourebrahimi M., Eghbali S.R., Roders A.P. (2020). Identifying building obsolescence: Towards increasing

- buildings' service life. *Int. J. Build. Pathol. Adapt.*, 38, 635–652.
- Power A. (2008). Does demolition or refurbishment of old and inefficient homes help to increase our environmental, social, and economic viability? *Energy Policy*, 36 (12), 4487–4501.
- Quigley J.M. (1995). A Simple Hybrid Model for Estimating Real Estate Price Indices. *Journal of Housing Economics*, 4, 1–12.
- Silva A., de Brito J., Thomsen A., Straub A., Prieto A.J., Lacasse M.A. (2022). Causal Effects between Criteria That Establish the End of Service Life of Buildings and Components. *Buildings*, 12, 88. <https://doi.org/10.3390/buildings12020088>.
- Thomsen A., Van der Flier K. (2009). Replacement or renovation of dwellings: The relevance of a more sustainable approach. *Building Research and Information*, 37, 649–659.
- Thomsen A., Van der Flier K. (2011). Understanding obsolescence: A conceptual model for buildings. *Build. Building Research and Information*, 39(4), 352–362.
- Wang W.K., Tsai I.C. (2022). House age and housing prices: a viewpoint of the optimal time for land redevelopment. *International Journal of Strategic Property Management*, 26(3), 172–187, <https://doi.org/10.3846/ijspm.2022.16984>
- Wilhelmsson M. (2008). House Price Depreciation Rates and Level of Maintenance. *Journal of Housing Economics*, 17.
- Yangfei X., Qinghua Z., Siqi Z., Guozhong Z. (2018). House Age, Price and Rent – Implications from Land-Structure Decomposition. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 56 (2), 303–324.
- Yoshida J. (2020). The economic depreciation of real estate – Cross sectional variations and their return implications. *Pacific-Basin Finance Journal*, 61, 101290.

Sostituzione edilizia - Valutazione della soglia alla convenienza economica per la demolizione

Benedetto Manganelli^{1,*}, Francesco Paolo Del Giudice², Pierfrancesco De Paola³

¹ Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi della Basilicata, Via dell'Ateneo Lucano 10 – 85100, Potenza, Italia, benedetto.manganelli@unibas.it

² Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi della Basilicata, Via dell'Ateneo Lucano 10 – 85100, Potenza, Italia, francesco.delgiudice@unibas.it

³ Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Napoli Federico II, Piazzale Vincenzo Tecchio 80, Napoli, 80125, Italia, pierfrancesco.depaola@unina.it

* autore corrispondente

Parole chiave

sostituzione edilizia,
soglia di demolizione,
rigenerazione urbana,
deprezzamento, rendita
urbana

Abstract

La demolizione e ricostruzione di singoli edifici o di interi quartieri caratterizzati da grave degrado, all'interno di programmi di rigenerazione urbana, rappresentano interventi essenziali per lo sviluppo delle città nel rispetto dei principi di sostenibilità ambientale, economica e sociale. Tuttavia, tali iniziative spesso si arrestano per l'assenza della fattibilità economica. Questo studio, partendo dall'analisi delle dinamiche del valore di mercato di una proprietà, separa i contributi forniti a tale valore dalla parte costruita e dal terreno allo scopo di definire una soglia per la demolizione, ossia quando si verificano le condizioni che rendono economicamente praticabile la sostituzione dell'edificio. Il deprezzamento della parte costruita è generato da una moltitudine di fattori, tutti legati all'inevitabile passaggio del tempo, che possono influenzare la fine della vita utile di servizio dell'edificio, o della sua vita utile economica.

La vita utile economica è, a sua volta, pure condizionata dal fenomeno della rendita urbana (positiva o negativa), determinata da fattori esterni indipendenti dalle caratteristiche tecnologiche e fisiche dell'edificio. Basandosi sull'interazione logica tra questi due fenomeni – il deprezzamento della parte costruita e la rendita urbana – viene definita una relazione che può suggerire la soglia potenziale per la demolizione. In particolare, vengono analizzati, separatamente, i casi di rendita assoluta, generata autonomamente dal processo di sostituzione dell'edificio stesso, e di rendita differenziale, la quale è invece determinata dall'intervento pubblico.

1. Introduzione

Il valore di mercato di un edificio è la somma di due componenti: il valore del terreno su cui sorge l'edificio e il valore del costo di costruzione (la parte costruita). Le dinamiche con cui queste due componenti evolvono nel tempo sono certamente diverse (Wang e Tsai, 2022). In un processo di trasformazione edilizia, il terreno su cui sorge l'edificio corrisponde al fattore produttivo 'terreno', un elemento originale non derivato da un altro processo produttivo, che quindi non subisce deprezzamento ma è soggetto al fenomeno della rendita urbana. La parte costruita è generata dal capitale, dal lavoro e da altri servizi (quelli forniti dallo Stato e dall'imprenditore edile), e pertanto, poiché derivata da un processo produttivo, subisce deprezzamento. Il deprezzamento può essere considerato parte della riduzione del

valore del costo di costruzione. La riduzione del valore è generata da una moltitudine di fattori, che esercitano un effetto riduttivo variabile sul valore del costo di costruzione dell'edificio. Questi fattori sono tutti legati all'inevitabile passaggio del tempo e possono influenzare o determinare la fine della vita utile di servizio dell'edificio, ovvero la sua vita economica utile.

Esiste una differenza fondamentale tra i due concetti. La vita utile di servizio concerne la sfera dell'efficienza tecnica e quindi si riferisce al concetto di ammortamento, mentre la vita utile economica attiene all'efficienza economica del bene e quindi a elementi non solo legati agli aspetti fisici o tecnici. Coinvolge anche la sfera umana, compresi i bisogni, i gusti, ecc.

Quando la vita economica non coincide con la vita di servizio, è più breve di quest'ultima e dipende dalla parte di deprezzamento non attribuibile all'ammortamento. È importante notare che mentre entrambi i fattori fisico-tecnici ed economici influenzano il deprezzamento della parte costruita, solo i fattori economici influenzano il fenomeno della rendita, cioè le dinamiche del valore del terreno.

La combinazione delle due dinamiche di valore (terreno e parte costruita) può comportare una svalutazione o un apprezzamento del prezzo iniziale. Pertanto, è cruciale distinguere tra deprezzamento, che è sempre negativo e che riguarda la componente costruita, e svalutazione (una riduzione del valore di mercato), che può, ma non necessariamente, influire sull'intera proprietà, terreno più parte costruita.

Questo studio, basato sull'interazione logica tra i due fenomeni – deprezzamento e rendita – tenta di definire una relazione formale in grado di suggerire la soglia potenziale per la demolizione. In pratica, cerca di determinare quando diventa economicamente vantaggioso demolire e ricostruire l'edificio.

Il paragrafo seguente fornisce una revisione della letteratura sul concetto di deprezzamento degli edifici, fondamentale per comprendere il significato attribuito a questo termine in questo lavoro e utile per comprendere la differenza tra la vita di servizio e la vita utile economica di un edificio, dove quest'ultima non può essere separata dal fenomeno della rendita urbana. L'analisi della fattibilità economica della demolizione è quindi sviluppata sotto l'ipotesi illustrata nel paragrafo 3.1, dove non vi è alcun intervento pubblico, e nel paragrafo 3.2, dove si tiene conto di un possibile coinvolgimento del settore pubblico mediante l'offerta di incentivi ai privati in termini di aumento dei volumi edificabili.

2. Revisione della letteratura

La letteratura ha generalmente discusso e analizzato il fenomeno del deprezzamento, equiparandolo alla svalutazione del valore di mercato di una proprietà, collegando questo fenomeno esclusivamente al tempo e senza distinguere i contributi forniti dalla parte costruita e dal terreno alle dinamiche del valore. Ad esempio, Malpezzi (1987) utilizza un modello edonico per misurare il tasso di deprezzamento economico nel mercato residenziale e la sua variabilità spaziale. L'analisi mostra che la relazione età-prezzo nei vari contesti spaziali investigati non è sempre la stessa. L'autore spiega questa variabilità assumendo che le dinamiche del valore possono essere influenzate non solo dall'effetto dell'età sulla parte costruita, ma anche da come il mercato si adatta ai cambiamenti dell'offerta e della domanda, riferendosi così implicitamente al fenomeno della rendita. Nello stesso lavoro, l'autore presenta un'analisi della letteratura precedente (12 studi dal 1942 al 1986), indicando significative variazioni nelle stime dei tassi di deprezzamento per le proprietà residenziali. Secondo l'autore, la variazione dei risultati è principalmente dovuta alle differenze nella definizione di deprezzamento utilizzata nei diversi studi, ai modelli e ai dati impiegati per stimare i tassi e, in alcuni casi, alle condizioni del mercato immobiliare al momento della valutazione.

Sia Malpezzi che la maggior parte degli autori citati nel suo lavoro hanno utilizzato modelli edonici per stimare i tassi di deprezzamento. Altri autori hanno invece utilizzato il modello delle vendite ripetute, originariamente proposto da Bailey et al. (1963) e successivamente esteso da Case e Shiller (1987). Questo approccio misura la differenza di prezzo delle transazioni per la stessa proprietà in periodi di tempo diversi, assumendo che le caratteristiche della proprietà e i suoi prezzi impliciti non cambino tra le vendite successive. È dunque modificata la prospettiva rispetto all'uso dei modelli edonici. In questo caso, l'attenzione si concentra sul fenomeno della rendita, cioè sull'equilibrio e l'interazione tra domanda e offerta, trascurando il contributo del deprezzamento della parte costruita alle dinamiche del valore. La maggiore critica a questo approccio è la sua incapacità di controllare gli effetti dell'età, cioè di tenere

conto del deprezzamento che l'età causa sulla parte costruita, generato sia dal deterioramento fisico che dal decadimento reddituale.

Diversi ricercatori hanno tentato di superare questo problema. I primi tentativi sono stati fatti da Cagan (1971) e Hall (1971), che hanno suggerito di imporre restrizioni a priori sui coefficienti. Palmquist (1980, 1982) ha utilizzato una stima indipendente del deprezzamento, assumendo un tasso di deprezzamento stabile nel tempo. Questo approccio è stato successivamente abbandonato e superato da Chau et al. (2005), i quali hanno sviluppato un modello di vendite ripetute che consente un deprezzamento non lineare per separare gli effetti dell'età sulla parte costruita, dagli effetti del tempo. Un'altra linea di ricerca ha combinato il modello delle vendite ripetute con il modello di prezzi edonici (Case e Quigley, 1991; Quigley, 1995; Hill et al., 1997; Englund et al., 1998). Infine, Clapp e Giaccotto (1998) hanno cercato di evitare di includere direttamente la variabile età nel modello, utilizzando invece dummy temporali.

Nel 1985, Csillaghy già comprendeva che la vita economica di un edificio è influenzata da fattori come il degrado fisico e l'aumento dei valori dei terreni urbani (rendita), ma non analizzava la possibile interazione tra queste due componenti. Successivamente, alcuni studi si sono concentrati sul concetto di obsolescenza esterna, una sorta di rendita negativa del terreno, determinata da fattori esterni indipendenti dalle caratteristiche tecnologiche e fisiche dell'edificio, pur senza separare le due componenti di valore (terreno e parte costruita).

L'obsolescenza esterna deriva da cambiamenti ambientali e ciclici nel mercato immobiliare. Fenomeni comuni che danno origine all'obsolescenza esterna includono, per esempio, l'aumento del traffico veicolare e il deterioramento delle proprietà circostanti (Wilhelmsson, 2008). Queste sono caratteristiche estrinseche della proprietà che influenzano negativamente la domanda immobiliare e coinvolgono tutte le proprietà situate in un'area di mercato omogenea (Clapp e Salavei, 2010). Gli studi citati mostrano anche che la funzione prezzo in relazione all'età ha un gradiente negativo fino a quando si annulla, per poi mostrare un'inversione (curve di deprezzamento convesse). Wilhelmsson attribuisce l'inversione di valore al cosiddetto effetto *vintage*: un premio legato al fascino, all'esclusività, al design e alla qualità della costruzione, cioè alle caratteristiche fisiche, storiche e architettoniche della parte costruita direttamente legate all'epoca di costruzione. Clapp e Salavei (2010) giustificano questa inversione ipotizzando che le proprietà più vecchie siano state ristrutturate, e pertanto abbiamo una maggiore qualità costruttiva e maggiori probabilità di sopravvivenza.

Sebbene i fattori legati alle caratteristiche della parte costruita (effetto *vintage* o interventi di ristrutturazione) siano cruciali nel giustificare l'inversione delle dinamiche di valore, nella realtà l'inversione delle dinamiche di prezzo di un edificio è più spesso dovuta unicamente all'effetto della rendita urbana. Un'interpretazione più accurata delle dinamiche del valore di mercato richiederebbe l'analisi separata dei due fenomeni: da un lato il deprezzamento della parte costruita e dall'altro la rendita del terreno (positiva o negativa).

Kajuth (2021) definisce il 'terreno' come un fattore non riproducibile, il cui valore complessivo non rappresenta un fattore di costo, bensì un valore patrimoniale. Yangfei et al. (2018), scomponendo il valore della proprietà in due valori distinti e separati, il terreno e la parte costruita, mostrano che, a parità di altre condizioni, le proprietà più vecchie, cioè con una struttura più antica, presentano un tasso di crescita del prezzo più elevato rispetto agli edifici di nuova costruzione. Poiché il valore del terreno aumenta nel tempo, anche il valore totale dell'intera proprietà aumenta, con tassi di crescita degli edifici più vecchi superiori a quelli più recenti. La separazione delle due dinamiche di valore (terreno e parte costruita) spiega questa evidenza, dato che le proprietà più vecchie hanno un tasso di deprezzamento inferiore rispetto a quelle più nuove, come confermato da numerosi altri studi (Bokhari e Geltner, 2018).

Le variabili che influenzano la rendita del terreno sono numerose, rendendo difficile generare modelli capaci di prevederne le dinamiche. Molti studi, tuttavia, hanno analizzato solo il fenomeno del deprezzamento della parte costruita. Quasi tutta la letteratura concorda nell'identificare i fattori che contribuiscono alla riduzione del valore del costo di costruzione degli edifici. L'usura fisica dell'edificio, che a sua volta, ai soli fini della quantificazione del deprezzamento associato, può essere scomposta in due elementi: la vetustà pura e il decadimento reddituale (Manganelli, 2011; Del Giudice et al., 2016; Bochi, 1947). La vetustà pura è determinata dalla riduzione progressiva della vita utile del bene; il decadimento reddituale è identificabile nella ridotta utilità di un bene già usato rispetto a un corrispondente nuovo, risultante dalle spese necessarie per interventi di manutenzione straordinaria capaci di ripristinare l'ef-

ficienza iniziale. Il legame indispensabile tra i due elementi è la previsione della vita utile di servizio dell'edificio. Il deprezzamento dovuto alla vetustà pura dipende essenzialmente dalla previsione della vita utile residua, influenzata dalla manutenzione più o meno regolare già effettuata e da effettuare sull'edificio. La previsione dei costi di manutenzione futuri, maggiori quanto più aumenta la necessità di garantire buone prestazioni (almeno competitive con quelle di un nuovo edificio), definisce il deprezzamento dovuto al decadimento reddituale. Esiste anche l'obsolescenza funzionale (o tecnica) risultante dalla non conformità o scarsa conformità con i nuovi standard di qualità (Dias, 2013; Fu, et al., 2013). Infine, vi è l'obsolescenza economica dovuta sia ai cambiamenti tecnologici, che coinvolgono il sistema di progettazione e costruzione e/o i materiali utilizzati, portando a costi operativi inferiori e/o maggiore efficienza, sia ai cambiamenti sociali centrati su percezioni individuali o collettive legate a caratteristiche culturali o semplicemente estetiche (Silva et al., 2022).

Brand (1997) sostiene che la perdita di capacità di soddisfare i requisiti minimi di prestazione avviene per due motivi, ciascuno associato a diversi tassi di decadimento. Il tasso più lento è legato all'invecchiamento naturale dei materiali, riferendosi all'usura fisica che si verifica nel tempo; mentre un tasso più rapido è legato ai cambiamenti motivati da ragioni estetiche (ad esempio, nuovi materiali o tendenze costruttive), ragioni legali (ad esempio, sicurezza antincendio o la presenza di materiali vietati come l'amianto) o cambiamenti nel contesto sociale (ad esempio, cambiamenti nelle esigenze degli utenti).

A questo punto, è fondamentale sottolineare la differenza tra il concetto di vita utile di servizio e quelli di vita utile effettiva o vita economica. Awano (2006) separa la vita di un edificio in due categorie: 'vita reale', che corrisponde a ciò che abbiamo chiamato vita utile di servizio, influenzata dalle condizioni fisiche dell'edificio; e la 'vita utile effettiva', che l'autore considera condizionata dalla capacità di un edificio di soddisfare la sua funzione e altri criteri di prestazione.

Haapio e Viitanieni (2008) si riferiscono alla vita utile come al periodo durante il quale un edificio o un componente è in grado di soddisfare le esigenze obiettive e soggettive degli utenti senza incorrere in costi di manutenzione inaccettabili.

Va notato che, sebbene la manutenzione regolare sia essenziale per compensare la perdita di capacità prestazionale dovuta all'usura fisica, gli interventi di modernizzazione, classificati come manutenzione straordinaria, sono essenziali per compensare l'obsolescenza funzionale (Bezelga e Neto, 1985; Adkins e Paxson, 2017). A causa del continuo aumento degli standard di qualità, il livello iniziale di qualità, anche in assenza di usura fisica, potrebbe scendere al di sotto del livello minimo accettabile. In pratica, un elemento dell'edificio, pur essendo ancora efficiente e quindi né danneggiato né disfunzionale, può comunque diventare obsoleto perché non è più in grado di soddisfare le esigenze degli utenti alla luce dell'introduzione di nuovi standard (Lemer, 1996).

Bezelga e Neto (1985) introducono il concetto di soglia di demolizione, definito come il punto in cui il nuovo standard di prestazione richiesto dagli utenti (obsolescenza funzionale) supera il livello qualitativo dell'edificio, anche a causa dell'effetto dell'usura fisica.

Altri autori (Mansfield e Pinder, 2008; Pourebrahimi et al., 2020; Grover e Grover, 2015; Thomsen e Van der Flier, 2011) collegano la fine della vita utile di un edificio obsoleto (e quindi associano ad esso una soglia di demolizione) alla perdita di prestazioni o utilità, che può essere causata dal suo deterioramento fisico o da ragioni economiche e sociali, cambiamenti tecnologici o politici, o fluttuazioni nelle esigenze degli utenti. Thomsen e van der Flier (2009) considerano molto complicato definire praticamente la soglia di demolizione, cioè il momento dopo il quale un edificio non soddisfa più i requisiti prestazionali essenziali. Questo è particolarmente vero quando, nonostante l'edificio subisca una manutenzione regolare e adeguata, la demolizione avviene per ragioni sociali, legali o di efficienza economica prima di raggiungere il limite della sua vita utile di servizio (Kohler e Hassler, 2002; Farahani et al., 2019).

Tutta la letteratura analizzata si è concentrata sulla vita utile e sulla necessità associata di demolizione/sostituzione degli edifici diventati obsoleti a causa del deterioramento fisico e/o dell'obsolescenza, riferendosi esclusivamente all'edificio stesso (parte costruita). In pratica, anche quando vengono menzionati fattori esogeni, siano essi sociali, culturali, estetici o economici che determinano l'obsolescenza, questi sono definiti nella relazione tra gli utenti e l'edificio. Non viene mai discussa l'influenza della rendita del terreno o dell'obsolescenza esterna sulla decisione di demolire e ricostruire.

3. Analisi della convenienza economica della sostituzione edilizia

3.1 Senza intervento pubblico

L'originalità di questo lavoro risiede nel tentativo di analizzare le dinamiche del valore di mercato di un edificio separando le sue due componenti: il terreno e la parte costruita. Questa condizione è utile per definire una soglia di demolizione, intesa come il punto in cui la demolizione e la sostituzione dell'edificio diventano economicamente vantaggiose.

Nella Figura 1, LV rappresenta il valore del terreno al momento della costruzione dell'edificio, mentre UR indica la rendita urbana, assunta con un gradiente positivo. BC è il costo di costruzione (o ricostruzione) di un nuovo edificio, mentre DC è il costo di deprezzamento risultante dall'usura fisica, così come dall'obsolescenza funzionale ed economica della parte costruita. La somma di questi termini fornisce le dinamiche del valore di mercato dell'edificio (MV), cioè il valore combinato del terreno e della parte costruita. È evidente che alla fine della vita utile dell'edificio, che coincide con l'annullamento del costo di costruzione, il valore di mercato equivale al solo valore del terreno. Una valutazione superficiale potrebbe suggerire questo punto come la soglia di demolizione, dove cioè demolire e sostituire l'edificio sarebbe economicamente sensato.

Tuttavia, questa valutazione trascura il costo della demolizione stessa, compresi i costi necessari per l'operazione di demolizione, il trasporto dei detriti e lo smaltimento in discarica (DK). Pertanto, la sostituzione dell'edificio comporta sia il costo della nuova costruzione che il costo della demolizione della vecchia struttura. Affinché l'operazione di sostituzione/rigenerazione urbana sia economicamente vantaggiosa, il valore di mercato finale (MV_f) deve superare i costi totali sostenuti. Dato che il valore di mercato è la somma delle componenti terreno e costruzione, l'operazione determinerebbe una perdita pari al costo di demolizione. Questo spiega perché, alla fine della vita utile di un edificio, la sostituzione spesso non viene perseguita.

È probabilmente questa la ragione per cui è comune trovare edifici in aree urbane che, sebbene obsoleti e disfunzionali, rimangono in servizio per periodi prolungati, almeno fino a quando non vi è un rischio di crollo. Anche in tali casi, l'edificio può essere abbandonato piuttosto che sostituito.

La convenienza della demolizione e sostituzione può quindi verificarsi solo se l'attività di rigenerazione genera un surplus di rendita urbana (UR). È facile immaginare che questo surplus sia proporzionale alla dimensione dell'intervento. Più grande è l'intervento, maggiore sarà l'effetto sulla rendita. In pratica, un intervento di rigenerazione urbana (demolizione e ricostruzione) su scala di quartiere avrà un impatto positivo significativamente maggiore sulla rendita rispetto a ciò che può accadere se l'intervento è limitato a un singolo edificio (Fig. 1).

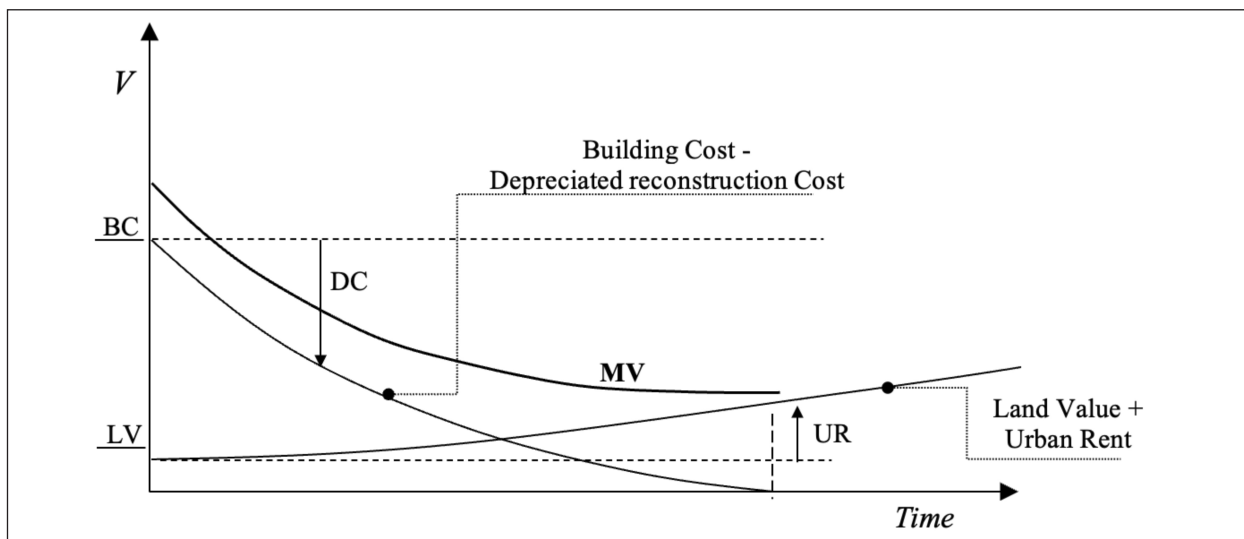


Figura 1. Costo di ricostruzione deprezzato; valore del terreno + rendita urbana. In cui: LV rappresenta il valore del terreno al momento della costruzione dell'edificio; BC rappresenta il costo di costruzione (o ricostruzione) di un nuovo edificio; UR indica la rendita urbana; DC definisce il costo di deprezzamento risultante dall'usura fisica; MV indica il valore di mercato dell'edificio.

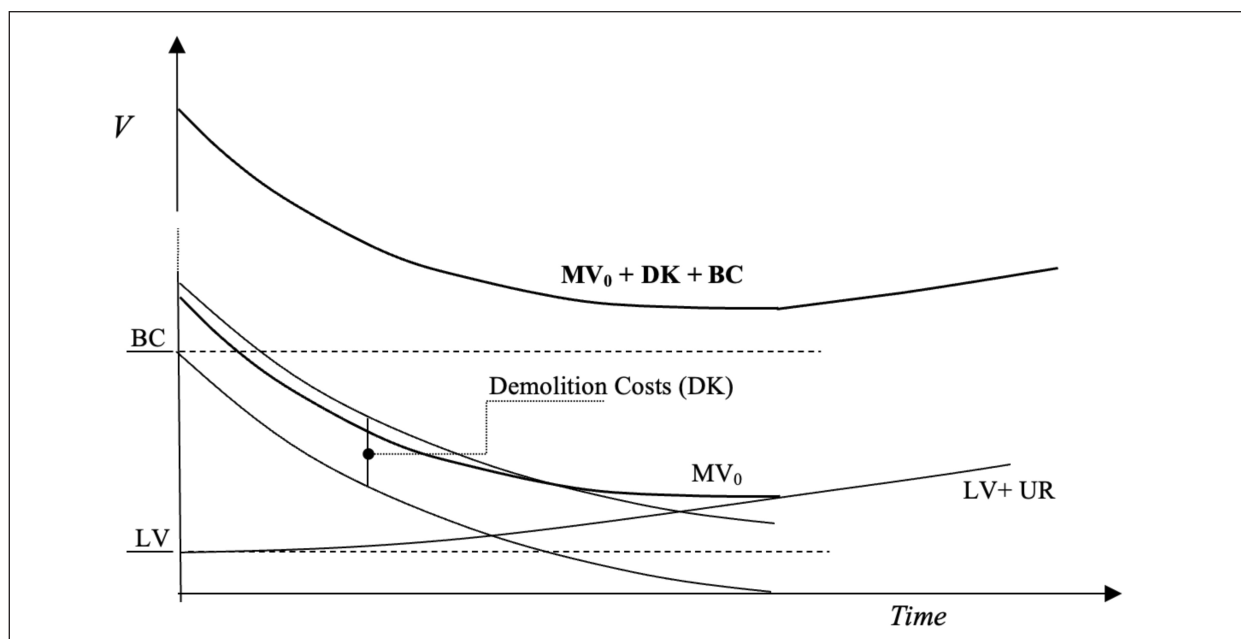


Figura 2. Valore di mercato + costo della demolizione + costo di ricostruzione. In cui: *DK* rappresenta il costo della demolizione; *MV₀* definisce il valore combinato del terreno e della parte costruita.

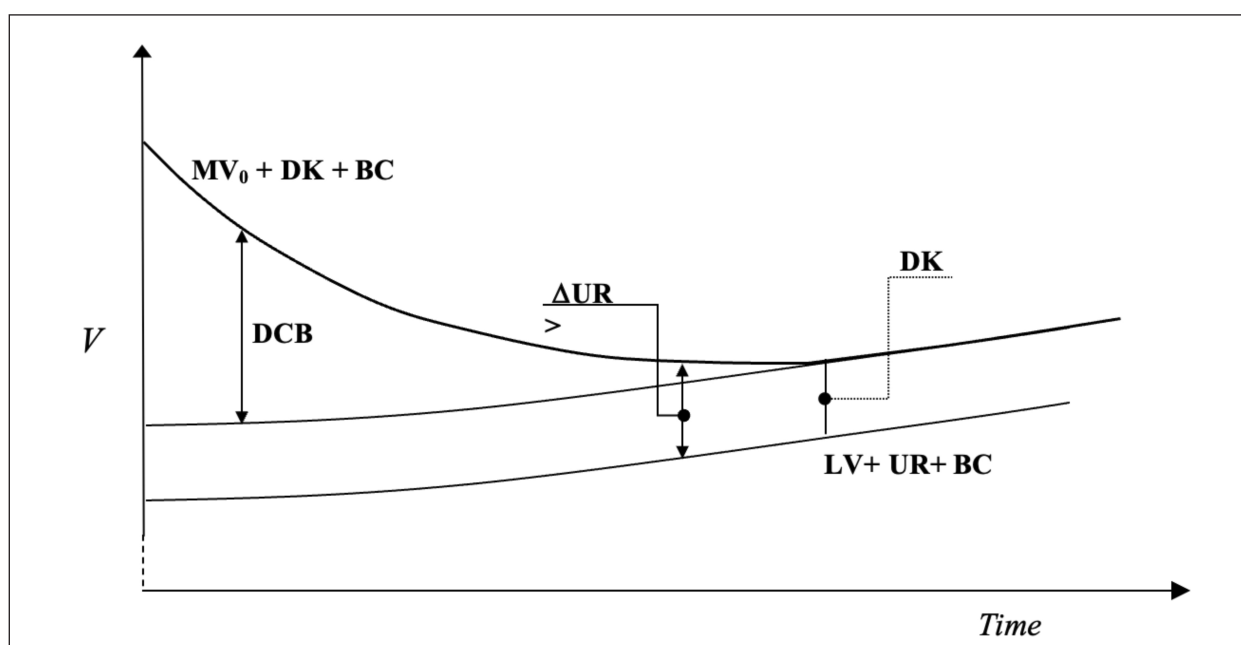


Figura 3. Soglia di demolizione senza intervento pubblico. In cui: *DCB* rappresenta il costo di ricostruzione deprezzato.

Sono numerosi i casi in letteratura dove la demolizione in aree urbane, coinvolgendo proprietà caratterizzate da grave degrado, è stata utilizzata per mitigare le esternalità associate alle proprietà deteriorate, risultando in un impatto positivo netto sui valori immobiliari (Bass et al. 2005). Paredes e Skidmore (2017) sostengono che la demolizione di strutture fatiscenti è un meccanismo efficace per rivitalizzare i quartieri in difficoltà.

Alcuni studi evidenziano il ruolo fondamentale che il rinnovo urbano può svolgere nella rigenerazione del degrado di un quartiere, producendo così rendita sia sui terreni direttamente interessati dai progetti (già durante la fase di comunicazione degli interventi), sia su quelli circostanti (Ekemode, 2020; Agapi et al., 2024; Cho et al., 2020).

Dove gli interventi prevedono demolizione e sostituzione, è possibile ridefinire completamente la configurazione dell'area, ridistribuendo i nuovi volumi secondo criteri di progettazione bioclimatica, valorizzando i servizi e le infrastrutture esistenti e collegandoli ai nuovi.

In questo senso, gli interventi di rigenerazione produrrebbero un aumento del valore immobiliare non solo per l'aggiornamento energetico-strutturale del nuovo edificio rispetto al vecchio, ma anche per l'aumento del valore dell'intera area urbana risultante dall'operazione di rigenerazione complessiva, che include anche il potenziamento delle infrastrutture e dei servizi.

La convenienza della rigenerazione può essere pertanto ottenuta quando il valore generato da essa supera il valore attuale (MVO) più il costo di demolizione e ricostruzione.

$$MVO + (DK + BC) = LV + UR + BC - DC + (DK + BC) \quad (1)$$

Il valore finale derivato dal processo di rigenerazione può a sua volta essere calcolato come la somma del valore del terreno, del valore costruito (costo a nuovo) e del surplus di rendita determinato dalla rigenerazione (Fig. 2).

$$(LV + UR + BC + \Delta UR) \quad (2)$$

Pertanto, la forma matematica che esprime la convenienza della rigenerazione, diventa:

$$\begin{aligned} (LV + UR + BC + \Delta UR) - (LV + UR + BC - DC + DK + BC) &> 0 \\ \Delta UR + DC - DK - BC &> 0 \\ \Delta UR + DC &> DK + BC \\ \Delta UR &> DK + BC - DC \end{aligned} \quad (3)$$

Assumendo che il costo a nuovo meno il deprezzamento sia uguale al costo di ricostruzione deprezzato (DCB), otteniamo (Fig. 3):

$$\Delta UR > DCB + DK \quad (4)$$

Alla fine della vita utile, cioè quando il valore di costo dell'edificio è ridotto a zero a causa del deprezzamento, la demolizione diventa vantaggiosa quando il surplus di rendita urbana determinato dalla rigenerazione urbana supera i costi di demolizione associati ($UR > DK$).

3.2. Con intervento pubblico

La convenienza della demolizione e ricostruzione, tuttavia, potrebbe essere incoraggiata con meccanismi di incentivazione. La rigenerazione urbana rappresenta un'opportunità per uno sviluppo sostenibile e una crescita intelligente delle città, poiché può generare o aumentare valori legati alle molteplici dimensioni della sostenibilità: valori patrimoniali e valori economici, sociali e ambientali più ampi.

Per quanto riguarda il primo aspetto, quello legato all'aumento dei valori patrimoniali, sebbene l'uso prolungato degli incentivi possa generare distorsioni nel mercato immobiliare (Brendan e Boyle, 2012), l'impegno del settore pubblico è essenziale per incentivare l'attività del settore privato (Adair et al., 2003) con l'utilizzo di possibili diversi meccanismi (agevolazioni fiscali, bonus volumetrici, ecc.)

Raggiungere alcuni degli obiettivi legati al Green Deal europeo sarebbe probabilmente irrealizzabile senza il contributo del settore pubblico. L'obiettivo stabilito nel Green Deal europeo, trasformato nella Legge Europea sul Clima, impone che l'economia e la società europee diventino climaticamente neutrali entro il 2050. La legge stabilisce anche l'obiettivo intermedio di ridurre le emissioni nette di gas serra di almeno il 55% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990. Molte analisi mostrano che raggiungere questo obiettivo non può essere perseguito senza adeguati finanziamenti e strategie nazionali.

Dato che, secondo la Direttiva sulla Prestazione Energetica degli Edifici (EPBD), gli edifici sono i principali consumatori di energia in Europa, responsabili di circa il 40% del consumo energetico e del 36%

delle emissioni di CO₂, la ristrutturazione e la ricostruzione sono due delle principali strategie per mitigare il consumo energetico del patrimonio edilizio esistente.

Le politiche per incentivare il risparmio energetico, tuttavia, differiscono tra i paesi europei e vanno dai sussidi per la ristrutturazione a quelli per la demolizione e ricostruzione o per la costruzione di nuove case su terreni vergini (Dubois e Allacker, 2015). Tra le tre opzioni, la demolizione e ricostruzione, oltre a evitare un ulteriore consumo di suolo, ha il vantaggio di essere sicuramente più efficace in termini di risparmio energetico. Tuttavia, ci sono opinioni divergenti e la questione se demolire o ristrutturare vecchie case è molto dibattuta, stante, da un lato, i problemi sociali che la demolizione può causare e, dall'altro, i benefici ambientali della ristrutturazione rispetto alla demolizione, che comporterebbe costi di carbonio dovuti al consumo di energia nella produzione di cemento, acciaio e altri elementi strutturali e infrastrutturali, al trasporto dei nuovi volumi di materiale, ai costi di smaltimento in discarica, ecc. (Power, 2008).

Mentre la rigenerazione urbana è infatti uno degli strumenti di pianificazione fondamentali per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità energetica e ambientale, va anche notato che nei paesi dell'Europa meridionale, caratterizzati da un rischio sismico medio-alto, i programmi di rigenerazione urbana ridurrebbero anche la vulnerabilità degli edifici attraverso interventi di miglioramento/sicurezza sismica o attraverso interventi di demolizione e ricostruzione, laddove i primi non possano migliorare le prestazioni strutturali e garantire adeguati livelli di sicurezza.

Spesso, i proprietari di edifici vulnerabili al rischio sismico non hanno sufficienti motivazioni per intraprendere autonomamente misure per migliorare la resilienza dei loro edifici attraverso il consolidamento strutturale o la demolizione e ricostruzione. Alcuni studi hanno rilevato che tra le principali motivazioni estrinseche capaci di indurre investimenti in questa direzione ci sono incentivi finanziari e normativi (Egbelakin et al., 2017).

Cerchiamo di capire cosa cambia nelle analisi già sviluppate se al contributo pubblico alla rigenerazione urbana che comporta la sostituzione degli edifici è associato un incentivo statale sotto forma di concessione per creare volumi maggiori rispetto a quelli demoliti (Manganelli et al., 2020). Modificare la capacità edificatoria del terreno cambia ovviamente la rendita fondiaria. In questo caso, ci riferiamo a essa come rendita differenziale (Manganelli e Murgante, 2017). Supponiamo che $LV1$ sia il valore del terreno dopo la modifica urbana che ne aumenta la capacità edificatoria e che $BC1$ siano i costi di costruzione da sostenere a causa della diversa capacità edificatoria.

In questo caso, il valore finale risultante dall'intervento di rigenerazione si trasforma in:

$$(LV1 + UR + BC1 + \Delta UR) \quad (5)$$

Anche in questo caso, la sostituzione degli edifici è vantaggiosa quando il valore generato dal progetto supera il valore corrente ($MV0$), al quale devono essere aggiunti il costo di demolizione e ricostruzione, quest'ultimo calcolato portando in conto anche il bonus volumetrico ($BC1$).

$$MV0 + (DK + BC1) = LV0 + UR + BC0 - DC + (DK + BC1) \quad (6)$$

Pertanto, si avrà:

$$\begin{aligned} LV1 + UR + BC1 + UR &> LV0 + UR + BC0 - DC + DK + BC1 \\ LV1 + UR &> LV0 + BC0 - DC + DK \\ LV1 - LV0 + \Delta UR &> DCB + DK \end{aligned} \quad (7)$$

Indicando con ΔLV la differenza $LV1 - LV0$, cioè la rendita differenziale generata dall'intervento pubblico attraverso la concessione al settore privato del bonus volumetrico, inteso come la possibilità di creare volumi edificabili maggiori rispetto a quelli demoliti, otteniamo (Fig. 4):

$$\Delta LV + UR > DCB + DK \quad (8)$$

Se si è raggiunta la fine della vita utile di servizio in cui $DCB = 0$, risulta:

$$\Delta LV + UR > DK \quad (9)$$

In pratica, il vantaggio della rigenerazione si verifica quando l'aumento della rendita fondiaria, sia per la quota differenziale risultante dall'incentivo offerto in termini di bonus volumetrici sia per la quota assoluta determinata dal processo di rigenerazione stesso, supera il costo della demolizione.

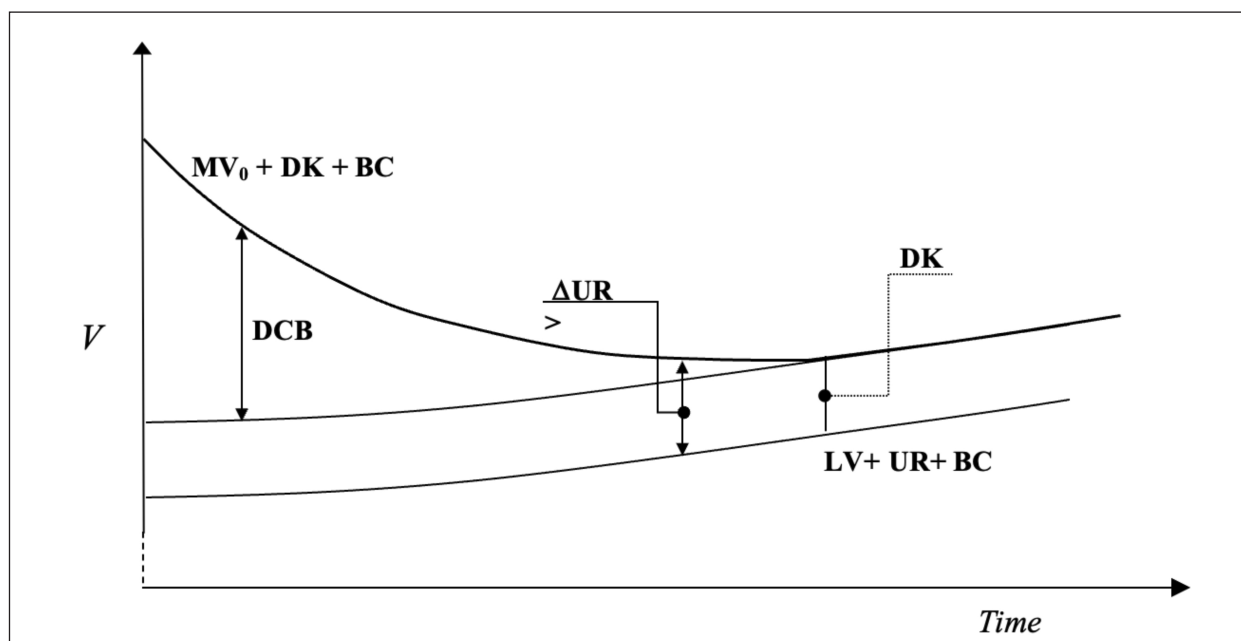


Figura 4. Dinamiche dei valori in presenza di bonus volumetrico (intervento pubblico). In cui: BCI definisce il bonus volumetrico; ΔLV rappresenta la rendita differenziale generata dall'intervento pubblico.

4. Conclusioni

L'importanza del deprezzamento degli immobili nelle decisioni di politica urbana, sociale e fiscale giustifica il continuo interesse della ricerca per questo argomento. Molti studi su questo tema hanno analizzato e cercato di interpretare la dinamica dei valori immobiliari nel tempo. Tuttavia, anche se consapevoli, questi studi hanno raramente distinto i contributi impliciti delle due componenti del valore: terreni e fabbricati. La variabilità dei risultati ottenuti dalle varie indagini è spesso attribuibile non solo a differenze nei modelli utilizzati, ma anche a differenze nei periodi di analisi e, di conseguenza, nei mercati immobiliari esaminati. Concentrandosi su quest'ultimo aspetto, le differenze osservate sono dovute principalmente a variazioni nella dinamica dei valori delle due componenti e ai fattori che determinano tale dinamica.

Mentre il deprezzamento degli edifici è influenzato prevalentemente da fattori fisici e tecnici, e talvolta in modo significativo da fattori sociali ed economici, la dinamica della rendita fondiaria urbana (positiva o negativa) è determinata esclusivamente da fattori sociali ed economici, che sono distinti da quelli che influenzano il deprezzamento degli edifici.

In questo studio, a valle di una revisione della letteratura, abbiamo costruito una funzione che rappresenta il valore di mercato di un immobile urbano nel tempo come somma delle due componenti del valore: la rendita fondiaria e il deprezzamento dell'edificio. Questo approccio ha permesso un'interpretazione più accurata del fenomeno. In particolare, è stato possibile valutare quando è vantaggioso sostituire/ricostruire un immobile prossimo alla fine della sua vita utile e spiegare perché la sostituzione non sempre avviene anche quando un edificio è arrivato a questo punto.

L'analisi mostra che la rigenerazione urbana che prevede la sostituzione di vecchi edifici, attraverso la demolizione e la ricostruzione, è vantaggiosa quando, al termine della vita utile degli edifici, la rendita

urbana generata dal processo di trasformazione supera il costo della demolizione. Se questa condizione non è soddisfatta, si può ricorrere a incentivi pubblici per facilitare l'intervento privato. Se questi incentivi assumono la forma di un bonus volumetrico - consentendo al costruttore privato di costruire volumi maggiori di quelli demoliti - la rigenerazione diventa fattibile quando la somma dell'aumento della rendita urbana, sia quella differenziale generata dai volumi aggiuntivi consentiti sia quella assoluta autogenerata dall'intervento, supera il costo della demolizione.

La ricerca futura potrebbe concentrarsi sulla quantificazione dei bonus volumetrici necessari per determinare la redditività della sostituzione edilizia in relazione ai valori di mercato e ai costi di ricostruzione, nonché quantificare ed includere in questi ultimi anche i costi economici e sociale connessi al trasferimento temporaneo dei residenti.

Riconoscimenti

L'articolo è il risultato delle attività di ricerca condotte con il finanziamento del Progetto P.R.I.N. 2022: «INSPIRE Improving Nature-Smart Policies through Innovative Resilient Evaluations», Numero di concessione: 2022J7RWNF.

Contributo degli autori

Il lavoro va attribuito in parti uguali agli autori.

Bibliografia

- Adair A., Berry J. & McGreal S. (2003). Financing property's contribution to regeneration. *Urban Studies*, 40(5-6), 1065-1080.
- Adkins R., Paxson D. (2017). Replacement decisions with multiple stochastic values and depreciation. *European Journal of Operational Research*, 257, 174-184.
- Agapi X., Nikolaos K., Spyridon S., Vassilis T. (2024). Urban regeneration VS residential property characteristics: which is the most influential on property values? *Euro-Mediterr J Environ Integr.* <https://doi.org/10.1007/s41207-024-00538-8>
- Awano H. (2006). *Towards Sustainable Use of the Building Stock*. OECD-Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, France.
- Bailey M.J., Muth R.F., Nourse H.O. (1963). A Regression Model for Real Estate Price Index Construction. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 933-942.
- Bass M., Chen D., Leonard J., Mueller L., Cheryl L., Snyder K. (2005). *Vacant Properties - The True Costs to Communities*, National Vacant Properties Campaign, Washington, DC.
- Bezelga A.A., Neto F.S. (1985). *Custo e rentabilidade das intervenções*. 1º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação [Livro]. - [s.l.] : LNEC.
- Bochi,V. (1947). *Estimo industriale: Valutazione tecnica degli impianti industriali*. Hoepli Editore, Milano.
- Bokhari S., Geltner D. (2018). Characteristics of Depreciation in Commercial and Multi-Family Property - An Investment Perspective. *Real Estate Economics*, 46(4), 745-782.
- Brand S. (1997). *How Buildings Learn—What Happens after They're Built*. Orion Books: London, UK.
- Brendan,W., Boyle I. (2012). The role of property tax incentives in urban regeneration and property market failure in Dublin. *Journal of Property Tax Assessment & Administration*, 9(2), 5-21.
- Cagan P. (1971), Measuring Quality Changes and the Purchasing Power of Money: An Exploratory Study of Automobiles. In Z. Griliches (Eds.), *Price Indexes and Quality Change*, (pp. 215-239), Harvard University Press, Cambridge.
- Case B., Quigley J.M. (1991). The Dynamic of Real Estate Prices. *Review of Economics and Statistics*, 22, 50-58.
- Case K.E., Shiller R.J. (1987). BPrices of Single Family Homes Since 1970: New Indexes For Four Cities. *New England Economic Review*, Sept/Oct, 45-56.
- Chau W., Wong S.K., Yiu C.Y. (2005). Adjusting for Non-Linear Age Effects in the Repeat Sales Index. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 31(2), 137-153.

- Cho G.H., Kim J.H., Lee G. (2020). Announcement effects of urban regeneration plans on residential property values: Evidence from Ulsan, Korea. *Cities*, 97, 102570, ISSN 0264-2751, <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102570>.
- Clapp J.M., Giaccotto C. (1988). Residential Hedonic Models: a Rational Expectations Approach to Age Effect. *Journal of Urban Economics*, 44.
- Clapp J.M., Salavei K. (2010). Hedonic pricing with redevelopment options – A new approach to estimating depreciations effects. *Journal of Urban Economics*, 67, 362–377.
- Csillaghy J. (1985). *Economie de l'environnement construit*. IREC, Lausanne.
- Del Giudice V., Manganelli B., De Paola P. (2016). Depreciation methods for firm's assets, In *Lecture Notes in Computer Science* (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) Volume 9788, Pages 214 – 2272016, 16th International Conference on Computational Science and Its Applications, ICCSA 2016, Beijing, 4-7 July 2016
- Dias W.P.S. (2013). Factors influencing the service life of buildings. *J. Inst. Eng.*, 46, 1–7.
- Dubois M., Allacker K. (2015). Energy savings from housing: Ineffective renovation subsidies vs efficient demolition and reconstruction incentives. *Energy Policy*, 86, 697–704.
- Egbelakin T., Wilkinson S., Ingham J., ASCE M., Potangaroa, R., Sajoudi, M. (2017). Incentives and Motivators for Improving Building Resilience to Earthquake Disaster. *Natural Hazards Review*, 18(4). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000249](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000249).
- Ekemode B.G. (2020). Impact of urban regeneration on commercial property values in Osogbo, Osun State, Nigeria. *Smart and Sustainable Built Environment*, 9(4), 557–571, <https://doi.org/10.1108/SASBE-04-2019-0059>
- Englund P., Quigley J. M., Redfearn C. L. (1998). Improved Price Indexes for Real Estate: Measuring the Course of Swedish Housing Prices. *Journal of Urban Economics*, 44, 171–196.
- Farahani A., Wallbaum H., Dalenbäck J.O. (2019). The importance of life-cycle based planning in maintenance and energy renovation of multifamily buildings. *Sust. Cit. Soc.*, 44, 715–725.
- Fu F., Pan L., Ma L., Li Z. (2013). A simplified method to estimate the energy-saving potentials of frequent construction and demolition process in China. *Energy*, 49, 316–322.
- Grover R., Grover C. (2011). Obsolescence—A cause for concern? *J. Prop. Invest. Financ.* 2015, 33, 299–314.
- Haapio A., Viitaniemi P. (2008). How workmanship should be taken into account in service life planning. In *Proceedings of the 11th International Conference on Durability of Building Materials and Components*, Istanbul, Turkey, 11–14 May 2008; pp. 1466–1482.
- Hall R.E. (1971), The Measurement of Quality Change from Vintage Price Data. In Z. Griliches (Eds.), *Price Indexes and Quality Change*, (pp. 240–271), Harvard University Press, Cambridge.
- Hill R.C., Knight J.R., Sirmans C.F. (1997). Estimating Capital Asset Prices. *Review of Economics and Statistics* 79, 226–233.
- Kajuth F. (2021). Land leverage and the housing market – Evidence from Germany. *Journal of Housing Economics*, 51, 101746.
- Kohler N., Hassler U. (2002). The building stock as a research object. *Building Research and Information*, 30, 226–236.
- Lemer A.C. (1996). Infrastructure obsolescence and design service life. *J. Infrastruct. Syst.*, 2, 153–161.
- Malpezzi S., Ozanne L., Thibodeau T. (1987). Microeconomic Estimates of Housing Depreciation. *Land Economics*, 63(4), 372–385.
- Manganelli B. (2011), *Il deprezzamento degli immobili urbani*. Franco Angeli, Milano.
- Manganelli B., Murgante B. (2017). The dynamics of urban land rent in Italian regional capital cities. *Land*, 6(3), 54.
- Manganelli B., Tataranna S., Pontrandolfi P. (2020). A model to support the decision-making in urban regeneration. *Land Use Policy*, 99, 104865
- Mansfield J.R., Pinder J.A. (2008). 'Economic' and 'functional' obsolescence: Their characteristics and impacts on valuation practice. *Prop. Manag.*, 26, 191–206.
- Palmquist R.B. (1980). Alternative Techniques for Developing Real Estate Price Indexes. *Review of Economics and Statistics* 66, 394–404.
- Palmquist R.B. (1982). Measuring Environmental Effects on Property Values Without Hedonic Regressions. *Journal of Urban Economics* 11, 333–347.

- Paredes D., Skidmore M. (2017). The net benefit of demolishing dilapidated housing – The case of Detroit. *Regional Science and Urban Economics*, 66, 16–27.
- Pourebrahimi M., Eghbali S.R., Roders A.P. (2020). Identifying building obsolescence: Towards increasing buildings' service life. *Int. J. Build. Pathol. Adapt.*, 38, 635–652.
- Power A. (2008). Does demolition or refurbishment of old and inefficient homes help to increase our environmental, social, and economic viability? *Energy Policy*, 36 (12), 4487–4501.
- Quigley J.M. (1995). A Simple Hybrid Model for Estimating Real Estate Price Indices. *Journal of Housing Economics*, 4, 1–12.
- Silva A., de Brito J., Thomsen A., Straub A., Prieto A.J., Lacasse M.A. (2022). Causal Effects between Criteria That Establish the End of Service Life of Buildings and Components. *Buildings*, 12, 88. <https://doi.org/10.3390/buildings12020088>.
- Thomsen A., Van der Flier K. (2009). Replacement or renovation of dwellings: The relevance of a more sustainable approach. *Building Research and Information*, 37, 649–659.
- Thomsen A., Van der Flier K. (2011). Understanding obsolescence: A conceptual model for buildings. *Build. Building Research and Information*, 39(4), 352–362.
- Wang W.K., Tsai I.C. (2022). House age and housing prices: a viewpoint of the optimal time for land redevelopment. *International Journal of Strategic Property Management*, 26(3), 172–187, <https://doi.org/10.3846/ijspm.2022.16984>
- Wilhelmsson M. (2008). House Price Depreciation Rates and Level of Maintenance. *Journal of Housing Economics*, 17.
- Yangfei X., Qinghua Z., Siqi Z., Guozhong Z. (2018). House Age, Price and Rent – Implications from Land-Structure Decomposition. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 56 (2), 303–324.
- Yoshida J. (2020). The economic depreciation of real estate – Cross sectional variations and their return implications. *Pacific-Basin Finance Journal*, 61, 101290.