

LUCRARILE CONFERINTEI DE CERCETARE



**IN CONSTRUCTII.
ECONOMIA CONSTRUCTIILOR
URBANISM. AMENAJAREA TERITORIULUI**

**VOLUMUL 2 I
2022**

Lucrările conferinței de cercetare în construcții, economia construcțiilor, urbanism și amenajarea teritoriului

Ediția a XXI-a

Soluții ingineresti, de proiectare și planificare bazate pe natură și infrastructura verde

București, 12 mai 2022

Parteneri
media:

ECONOMISTUL

**URBAN
INCD
INCERC**

Publicație editată de:
Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare în Construcții, Urbanism și Dezvoltare Teritorială Durabilă URBAN-INCERC

Distribuită sub licență:



Publicație indexată în bazele de date CiteFactor, ProQuest, CEEOL, Scipio și Ulrich's Periodicals Directory și recunoscută de CNCS – științe umaniste (categoria C)

Adresă Șos. Pantelimon nr. 266, sector 2, București, România, cod 021652
Telefon 0040.21-255.22.50
Fax 0040.21-255.00.62
E-mail urban-incerc@incd.ro
Internet www.incd.ro
Editor Conf. univ./CSI dr. ecol., dr. geogr., habil. urb. Alexandru-Ionuț Petrișor
Fondator CSI/conf. univ. dr. arh., habil. urb. Vasile Meiță
Coperta, editare, layout Alexandru-Ionuț Petrișor
Tehnoredactare Alexandru-Ionuț Petrișor
Tipar Editura INCDC URBAN-INCERC

Comitetul de organizare

Președinte

Dr. ing. Mircea-Ioan PĂSTRĂV

Membri

Ec. Alexandra-Marina BARBU

Comitetul științific / de program

Președinți

Dr. ing. Claudiu Lucian MATEI

Dr. ing. Emil-Sever GEORGESCU

Membri

Colaboratori

Dr. ing. Ioana Mihaela ALEXE	Dr. ing. Andrea HEGYI	Dr. arh. Walid HAMMA	Dr. ing. Gheorghe BADEA
Dr. ing. Cornelia BAERĂ	Dr. ing. Adrian-Victor LĂZĂRESCU	Dr. geogr. Huu Duy NGUYEN	Dr. geogr. Ioan IANOȘ
Dr. ing. Aurelia BRADU	Dr. ing. Cristian PETCU	Dr. ing. Johann NEUNER	Dr. ec. Florin Marian BUHOCIU
Dr. ing. Monica Lilioara CHERECEȘ	Dr. ing. Horia Alexandru PETRAN	Dr. ing. Cristian PAVEL	Lt. col. dr. ing. Florin NEACȘA
Dr. ing. Adrian Alexandru CIOBANU	Drd. geogr. Andreea Catălina POPA	Dr. ing. Pietro ELISEI	Dr. urb. Dana MILEA
Dr. ing. Iolanda Gabriela CRAIFALEANU	Dr. ing. Irina POPA	Dr. arh. Ana-Maria DABIJA	Dr. ecol., dr. geogr., habil. urb. Alexandru-Ionuț PETRIȘOR
Ing. Carmen Silvia DICO	Dr. ec. Mircea-Iosif RUS	Dr. arh. Mircea GRIGOROVSKI	Arh. Liliana Elza PETRIȘOR
Dr. ing. Daniela DOBRE	Dr. ing. Adrian SIMION	Dr. ing. Adrian Mircea IOANI	Dr. ing. Silviu-Mihai PETRIȘOR
Dr. ing. Cornelia Florentina DOBRESCU	Dr. ing. Antonio Valentin TACHE	Dr. ing. Călin MIRCEA	Gl. bg. dr. ing. Ghiță BÂRSAN
Dr. ing. Claudiu Sorin DRAGOMIR	Arh. drd. urb. Teodora UNGUREANU	Dr. ing. Cristina Mihaela CÂMPIAN	Col. dr. ing. Manuel ȘERBAN
Dr. ing. Felicia ENACHE	Ing. Vasilica VASILE	Dr. chim. Ion SANDU	Dr. ing. Anghel ION
Ing. Aurelian GRUIN	Arh. drd. urb. Gabriela VOLOACĂ	Dr. ing. Mircea BEJAN	Dr. ing. Virginia-Graziela GUSLICOV
	Dr. ing. Marta Cristina ZAHARIA		

Referenți

Andreea Catălina POPA

Alexandru-Ionuț PETRIȘOR

Dana MILEA

Teodora UNGUREANU

ISSN 2393-3208

CUPRINS

CUPRINS		
A POLISH-ROMANIAN PERSPECTIVE ON HOW PLANNING INFLUENCES THE DYNAMICS OF URBAN GREEN INFRASTRUCTURE	Alexandru-Ionuț PETRIȘOR, Lidia MIERZEJEWSKA, Andrei MITREA	5
DO WE REGULATE TO CREATE BUILDINGS OR TO CREATE PLACES? CONVENTIONAL REGULATIONS VS FORM-BASED CODES	Farah NIZAM, Alexandru-Ionuț PETRIȘOR	9
DEZVOLTAREA DURABILĂ A INFRASTRUCTURII RUTIERE PRIN UTILIZAREA BETONULUI AUTOREPARATOR PENTRU REDUCEREA IMPACTULUI NEGATIV ASUPRA MEDIULUI	Alexandra-Marina BARBU	15
BIOPHILIC URBANISM AND NBS - CONCEPTUAL APPROACH AND CRITICAL CASE STUDY ON THE PROCESS OF IMPLEMENTING NBS SPECIFIC TO THE PROGIREG PROJECT	Codruț PAPINA	27

A POLISH-ROMANIAN PERSPECTIVE ON HOW PLANNING INFLUENCES THE DYNAMICS OF URBAN GREEN INFRASTRUCTURE

Alexandru-Ionuț PETRIȘOR

PhD (Ecology), PhD (Geography), Habil. (Urban planning), Associate Professor and Director, Doctoral School of Urban Planning, "Ion Mincu" University of Architecture and Urbanism, Bucharest, Romania, Senior Researcher I, National Research Institute for Research and Development in Tourism, Bucharest, Romania, Senior Researcher I, National Institute for Research and Development in Constructions, Urbanism and Sustainable Spatial Development URBAN-INCERC, e-mail: alexandru_petrisor@yahoo.com

Lidia MIERZEJEWSKA

Prof. dr. habil., Institute of Socio-Economic Geography and Spatial Management, Faculty of Geographical and Geological Sciences, Adam Mickiewicz University in Poznań, 61-680 Poznan, Poland, e-mail: mierzaja@amu.edu.pl

Andrei MITREA

Assistant Professor dr., arch., Department of Urban Planning and Territorial Development, Faculty of Urban Planning, Ion Mincu University of Architecture and Urbanism, 010014 Bucharest, Romania, e-mail: andrei.mitrea@uauim.ro

Abstract

The importance of studying urban green infrastructure in planning is justified by its ecosystem services, contributing to the welfare of urban dwellers and urban sustainability. The present study uses an ecological approach to analyze the dynamics of urban green infrastructure in Polish and Romanian cities with Urban Atlas data in 2006, 2012 and 2018. To avoid ecological fallacy, the methodology includes analyses of individual cases studies. Findings show that urban green infrastructure corresponds to the four city nature types. All cities have lost or transformed their green infrastructure, with local variations. Natural and/or agricultural green spaces make up most

of the green infrastructure, while landscaped areas constitute a small share, and are prominent in large, populous, and dense cities. The loss is proportional to the share of categories. Analyses of individual examples show that the involvement of environmental aware citizens is essential for planning a healthy green infrastructure. Local authorities play an important role in influencing planners to account for the green infrastructure. Planners must strive to keep the existing green infrastructure, ensure its continuity, and add more urban greenery; local authorities should account for scientific evidence concerning the role of urban greenery, and scientists should provide simpler, condensed recommendations.

Key words. *city nature, urban greenery, urban planning, ecosystem services, urban dynamics.*

1. Context

Urban ecologists have defined a theoretical framework for understanding cities as socio-ecological systems. The city nature is perceived as a green infrastructure, delivering ecosystem services to the citizens, and thus contributing to their welfare to urban sustainability (Badiu *et al.*, 2016; Hegetschweiler *et al.*, 2017; Pappalardo *et al.*, 2017; Raymond *et al.*, 2017; Tammi *et al.*, 2017; Vallecillo *et al.*, 2018). However, due to the human impact, the green infrastructure takes often the form of a patched matrix, and most studies agree that fragmentation impedes its normal functioning, diminishing the level of ecosystem services delivered, and implicitly their contribution to welfare and sustainability (Artmann *et al.*, 2017a, b; Asadolahi *et al.*, 2018; Nita *et al.*, 2018; Hansen *et al.*, 2019). Planning is crucial to creating a virtuous circle, and improper or no planning can revert it to a vicious one (BenDor *et al.*, 2017; Grêt-Regamey *et al.*, 2017; Turkelboom *et al.*, 2018).

Previous literature does an excellent job in terms of creating the theoretical background described above, but there seems to be a huge

gap between conceptual developments and the planning practice, or between the theory and current urban dynamics. Recent studies indicated that urban green infrastructure was lost and fragmented in many cities, despite its benefits (Petrișor *et al.*, 2021). In order to fill in this gap and develop concrete recommendations for planning actors, we developed several comparative studies looking at the dynamics of green infrastructure in two European countries, Poland and Romania.

This paper aims to summarize our previous findings, and also add to them several new results from ongoing studies, in order to create the “big picture” of the dynamics of green infrastructure and its drivers.

2. Materials and Methods

The studies presented in this paper (Petrișor *et al.*, 2015, 2021, 2022) rely on a common methodology, employing an ecological approach, in its epidemiological meaning, to look at the dynamics of urban green infrastructure in Polish and Romanian cities with Urban Atlas data across the two periods covered (2006-2012 and 2012-2018). Given the potential of findings to be affected by ecological fallacy, meaning that overall results are subject to confounding and spurious associations, the methodology also includes in-depth analyses of individual cases studies for selected cities, considering the different policies and involvement of specific actors, and the resulting actions, in terms of their influence on the urban green infrastructure.

3. Results

3.1. Dynamics of the urban green infrastructure in Romanian Urban Atlas cities: an in-depth look

The first study aimed to explore the level of fragmentation in the Romanian cities covered by the 2006 Urban Atlas data in relationship with

drivers related to their demographical and physical characteristics. The results revealed that population, its density and, and the share of green infrastructure within the total urban area were correlated to the parameters indicating the degree of fragmentation. However, the most important finding was a proof of the fact that urban green infrastructure corresponds to the four types of city nature: remnants and extensions of natural systems, landscaped areas, and spontaneous species.

3.2. Dynamics of the urban green infrastructure in Romanian and Polish Urban Atlas cities: the global picture

Attempting to check whether the findings indicating the fragmentation of green infrastructure from the previous study apply only to Romania or can be generalized, we developed a second study comparing the dynamics of green infrastructure, assessed through the lens of five processes (gain, loss, overall balance, transformation, and fragmentation) in all Polish and Romanian cities covered by Urban Atlas data during 2006-2012 and 2012-2018. While the results show that overall all cities have experienced the loss of their green infrastructure and many its transformations, there were many local variations. The results suggested the need for deeper research, aimed at ascertaining the particular mechanisms and drivers, from two perspectives: (1) a better correlation between the results of studies based on geospatial data, able to pinpoint the global dynamics, and subject to methodological limitations such as the spatial resolution, and the field reality, and (2) differentiated analyses for each category of urban nature, related to their share in the overall green infrastructure.

3.3. Dynamics of the urban green infrastructure in Romanian and Polish Urban Atlas cities: fine tuned mechanisms

In order to address the limitations of the previous study, a new one has been

developed, looking at the particular dynamics of four types of green infrastructure (landscaped areas – green urban areas and sports and leisure facilities, agricultural areas, and natural and (semi-)natural areas). In all analyzed cities, natural and/or agricultural spaces were found to make up most of the green infrastructure, while landscaped areas constitute a small share, and are more prominent in large, populous, and dense cities. The loss seems to be proportional to the share of each UGI category, i.e. the larger the share, the larger its loss. The new study has also looked at individual cities; their analysis shows that the involvement of citizens, corroborated with their general environmental awareness (Ilovan *et al.*, 2019; Muntean *et al.*, 2021), is essential for planning of a healthy green infrastructure. At the same time, local authorities play an important role in influencing planners to account for the green infrastructure, and influence its fate positively.

4. Discussion

Overall, all studies make an important contribution to studying the dynamics of urban green infrastructure, from the “global picture” to discrete and particular mechanisms. We were able to show an alarming trend, indicating the loss and fragmentation of urban green infrastructure in all analyzed cities, consistent to similar findings from the literature. Population and its density seem to be important drivers, but the planning practices were found to play an essential role. The planning lacking scientific evidence, and disregarding the crucial importance of urban green infrastructure for urban welfare and sustainability, is mainly responsible for the decline. Particular examples have showed that citizens can counter this trend, and their voice can be stronger when it is made heard in an organized way. However, such subjects are limited, from a methodological perspective, by the availability of data and additional limitations intrinsic for the data. It can be hoped that citizen science could solve both problems; interested city dwellers can provide

the data and use it as an argument able to influence political decisions on urban development (Stan, 2021), placing the urban greenery in its proper place, countering the pressure of real estate developers (Aivaz and Avram, 2021).

5. Conclusions

Overall, we were able to provide some specific recommendations for all planning actors. Planners must strive to keep the existing green infrastructure, ensure its continuity, and add more urban greenery; local authorities should account for scientific evidence concerning the role of urban greenery, and scientists should deliver their recommendations to politicians in a simpler and more condensed way.

REFERENCES

- Aivaz K. A., Avram C. (2021), *An analysis of the performance of the companies in Constanța County which operate in the real estate transactions field in the context of sustainable development*, Technium Social Sciences Journal **26**: 475-487.
- Artmann M., Chen X., Iojă I. C., Hof A., Onose D.-A., Ponizy L., Zavodnik Lamovšek A., Breuste J. H. (2017a), *The role of urban green spaces in care facilities for elderly people across European cities*, Urban Forestry & Urban Greening **27**: 203-213.
- Artmann M., Kohler M., Meinel G., Gan J., Iojă I. C. (2017b), *How smart growth and green infrastructure can mutually support each other – A conceptual framework for compact and green cities*, Ecological Indicators **96(2)**: 10-22.
- Asadolahi Z., Salmanmahiny A., Sakieh Y., Mirkarimi S. H., Baral H., Azimi M. (2018), *Dynamic trade-off analysis of multiple ecosystem services under land use change scenarios: Towards putting ecosystem services into planning in Iran*, Ecological Complexity **36**: 250-260.
- Badiu D.-L., Iojă I. C., Pătroescu M., Breuste J. H., Artmann M., Nita M. R., Grădinaru S. R., Hossu C. A., Onose D.-A. (2016), *Is urban*

- green space per capita a valuable target to achieve cities' sustainability goals? Romania as a case study*, Ecological Indicators **70**: 53-66.
- BenDor T. K., Spurlock D., Woodruff S. C., Olander L. (2017), *A research agenda for ecosystem services in American environmental and land use planning*, Cities **60A**: 260-271.
- Grêt-Regamey A., Altwegg J., Siréna E. A., van Strien M. J., Weibel B. (2017), *Integrating ecosystem services into spatial planning – A spatial decision support tool*, Landscape and Urban Planning **165**: 206-219.
- Hansen R., Olafsson A. S., van der Jagt A. P. N., Rall E., Pauleit S. (2019), *Planning multifunctional green infrastructure for compact cities: What is the state of practice?*, Ecological Indicators **96(2)**: 99-110.
- Hegetschweiler K. T., de Vries S., Arnberger A., Bell S., Brennan M., Siter N., Olafsson A. S., Voigt A., Hunziker M. (2017), *Linking demand and supply factors in identifying cultural ecosystem services of urban green infrastructures: A review of European studies*, Urban Forestry & Urban Greening **21**: 48-59.
- Ilovan O. R., Marosi Z., Adorean E. C., Ursu C. D., Kobulniczky B., Dulama M. E., Colcer A. M. (2019), *E-Learning Urban Landscape Changes in Post-Socialist Romania Using Digital Mapping*, in: Vlada M., Albeanu G., Istrate O., Adascalitei A. (Eds.), *Proceedings of the 14th International Conference on Virtual learning, ICVL 2019*, University of Bucharest Press, Bucharest, Romania, pp. 62-69.
- Muntean A. D., Caranfil R. A., Ilovan O. R. (2021), *Urban Bioregions and Territorial Identities in Romania. The Role of Information and Communication Technology*, Journal of Settlements and Spatial Planning **8(5)**: 78-93.
- Nita M. R., Năstase I.-I., Badiu D.-L., Onose D.-A., Gavrilidis A.-A. (2018), *Evaluating urban forests connectivity in relation to urban functions in Romanian cities*, Carpathian Journal of Earth and Environmental Science **13(1)**: 291-299.
- Pappalardo V., La Rosa D., Campisano A., La Greca P. (2017), *The potential of green infrastructure application in urban runoff control for land use planning: A preliminary evaluation from a southern Italy case study*, Ecosystem Services **26B**: 345-354.
- Petrisor A.-I., Andronache I. C., Petrisor L. E., Ciobotaru A.-M., Peptenatu D. (2016), *Assessing the fragmentation of the green infrastructure in Romanian cities using fractal models and numerical taxonomy*, Procedia Environmental Sciences **32**: 110-123.
- Petrisor A.-I., Mierzejewska L., Mitrea A. (2022), *Mechanisms of Change in Urban Green Infrastructure - Evidence from Romania and Poland*, Land **11(5)**: 592.
- Petrisor A.-I., Mierzejewska L., Mitrea A., Drachal K., Tache A. V. (2021), *Dynamics of Open Green Areas in Polish and Romanian Cities During 2006-2018: Insights for Spatial Planners*, Remote Sensing **13(20)**: 4041.
- Raymond C. M., Frantzeskaki N., Kabisch N., Berry P., Breil M., Nita M. R., Geneletti D., Calfapietra C. (2017), *A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas*, Environmental Science & Policy **77**: 15-24.
- Stan M.-I. (2021), *A dynamic image of the final authority act of local public administrations exercised by issuing building permits. Case study: the South-East Development Region of Romania*, Technium Social Sciences Journal **26**: 65-79.
- Tammi I., Mustajärvi K., Rasinmäki J. (2017), *Integrating spatial valuation of ecosystem services into regional planning and development*, Ecosystem Services **26B**: 329-344.
- Turkelboom F., Leone M., Jacobs S., Kelemen E., García-Llorente M., Baró F., Termansen M., Barton D. N., Berry P., Stange E., Thoonen M., Kalóczkai Á., Vadineanu A., Castrom A. J., Czúcz B., Röckmann C., Wurbs D., Odee D., Preda E., Gómez-Baggethun E., Rusch G. M., Martínez Pastur G., Palomo I., Dick J., Casaer J., van Dijk J., Priess J. A., Langemeyer J., Mustajoki J., Kopperoinen L., Baptist M. J., Peri P. L., Mukhopadhyay R., Aszalós R., Roy S. B., Luque S., Rusch V. (2018), *When we cannot have it all: Ecosystem services trade-offs in the context of spatial planning*, Ecosystem Services **29C**: 566-578.
- Vallecillo S., Polce C., Barbosa A., Castillo C. P., Vandecasteele I., Rusch G. M., Joachim M. (2018), *Spatial alternatives for Green Infrastructure planning across the EU: An ecosystem service perspective*, Landscape and Urban Planning **174**: 41-54.

DO WE REGULATE TO CREATE BUILDINGS OR TO CREATE PLACES? CONVENTIONAL REGULATIONS VS FORM- BASED CODES

Farah NIZAM

Arch., doctoral student at the Doctoral School of Urban Planning, "Ion Mincu" University of Architecture and Urbanism, e-mail: farah.ni11@hotmail.com

Alexandru-Ionuț PETRIȘOR

PhD (Ecology), PhD (Geography), Habil. (Urban planning), Associate Professor and Director, Doctoral School of Urban Planning, "Ion Mincu" University of Architecture and Urbanism, Bucharest, Romania, Senior Researcher I, National Research Institute for Research and Development in Tourism, Bucharest, Romania, Senior Researcher I, National Institute for Research and Development in Constructions, Urbanism and Sustainable Spatial Development URBAN-INCERC, e-mail: alexandru_petrisor@yahoo.com

Abstract

Development regulations are organizational tools and basis for shaping the character of current cities and the form of its development. The efficiency of these regulations, their inclusiveness and flexibility, in addition to their ability to adapt to the needs of the present and future, directly affects the shape and quality of the built environment. The paper discusses conventional development regulations used today, from a critical point of view, and presents form-based codes as an alternative to the former, conducting a comparative study between both types of regulations. Finally, the research recommends taking advantage of form-based codes in creating meaningful places and not just buildings.

Key words. conventional regulations, form-based codes, quality of place, modern development trends.

1. Context

Conventional development regulations used today are defined as traditional zoning methods

that "seek to regulate development by separating land uses, and by implementing density controls and proscriptive standards for development features per each land use classification" (Gowdy, 2009).

Their first forms arose out of the need to protect public health, safety, and welfare, after the industrial revolution. Mainly, limiting the spread of fire between buildings, providing access to sunlight and air, in addition to separate smoke-producing industry from residential uses, they also sought to protect property values by separating incompatible uses in a particular area or district (Chicago Metropolitan Agency for Planning, 2013), but the question is, are they enough today to create places and a distinctive urban character? Do they fit with modern planning trends and continuous calls for achieving sustainable environmental development forms?

In fact, proscriptive standards do little to control or influence the urban form, they define what is not wanted, thus the form of development is not clearly defined and therefore its left up to each individual implementer, which leads to the loss of traditional urban form (Gowdy, 2009). Moreover, conventional development regulations do not include standards that regulate the public realm in cities, such as streets, public squares, green spaces, the relationship of the private realm and the public realm (Gowdy, 2009), therefore conventional regulations are ineffective to create unique, quality places that people love. Also, conventional regulations depend on the principle of land division as the basis for development, in addition to adopting a culture of planning for car instead of planning for people. This makes it very difficult to achieve modern development patterns associated with smart growth and new urbanism, known as the most important modern planning movements today. It must be added that the smart growth works towards creating mainly compact mixed-use spaces, pedestrian friendly streets, diverse housing and transportation options, attractive public spaces and to preserve green areas for

future generations. The aforementioned deficiencies of conventional development regulations prompted a group of planners and architects to create, at the end of the 20th century, what so-called form-based codes, as an alternative to conventional zoning. This group seeks to create a comprehensive tool, flexible and adaptive to the current planning trends, aiming to achieve a better built environment and high quality places, by focusing on how development relates to the context of the surrounding community (Chicago Metropolitan Agency for Planning, 2013).

Peter Katz as the president of form-based codes institute defines them as a “method of regulating development to achieve a specific urban form by creating a predictable public realm primarily by controlling physical form, with a lesser focus on land use (Gowdy, 2009). They address relationships between buildings and street, pedestrians and vehicles, public and private spaces, they regulate all elements that constitute the physical design of place (Gowdy, 2009; Chicago Metropolitan Agency for Planning, 2013).

Form-based codes are related to the “new urbanism” movement which was developed as an alternative and a possible solution to the negative consequences of zoning regulations with the ultimate goal to create a better urban form. The American Planning Association defines new urbanism as: “The process of integrating the components of modern life – housing, workplace, shopping, and recreation – into compact, pedestrian-friendly, mixed-use neighborhoods linked by transit and set in a larger regional open space framework (Gowdy, 2009).

Form-based codes include the principles of new urbanism, which make them efficient in adopting modern development trends. They are commonly composed of at least five basic elements: a regulating plan, public space standards, building form standards, administration, and definitions. Some form-based codes also include architectural standards, landscaping standards, signage standards, environmental resource standards, and annotation (Mullins, 2010).

2. Comparison

Both conventional regulations and form-based codes will be compared, based on several important aspects, to examine the main differences and arrive at the most efficient points that make the latter better to use in creating more meaningful places.

2.1. Basic priorities

Conventional development regulations depend mainly on land use (usually a singular one) not giving much importance to form (City of Marshall, 2012). Therefore, they emphasize separation of uses (related to daily activity-school, work, home, shopping) leading to more travel between the separated uses (City of North Miami Beach, 2018). In addition, they adopt the car planning culture.

While form-based codes primarily focus on form and not much on land use, in fact they promote compact, mixed-use development, mostly commercial, residential, and in some cases light industrial (live work-maker communities) (Kim, 2010; City of North Miami Beach, 2018) often reducing the need to travel extensively as part of one’s daily routine (Chicago Metropolitan Agency for Planning, 2013). They adopt pedestrian-friendly development patterns (Fig. 1) (Kim, 2010; City of North Miami Beach, 2018).

2.2. Basic characteristics

Conventional development regulations are proscriptive (Gowdy, 2009), they focus on preventing bad things from happening, while form-based codes are purposeful, proactive, and focus on implementation of community planning goals and objectives (Kim, 2010). Development that relies on conventional regulations has unpredictable form, because first they focus more on land use and less on form, second, by using regulations such as floor area ratio, shape the form of development in ways that are hard to visualize beforehand (Chicago Metropolitan Agency for Planning,

2013). As for form-based codes, they are predictable, because they focus more on form and less on land use (City of Marshall, 2012).

2.3. Field of application

Conventional development regulations, applied often universally throughout a jurisdiction (Kim, 2010), follow an “one-size-fits-all” manner, throughout the entire community (Chicago Metropolitan Agency for Planning, 2013). Form-based codes are created for a specific planning area (Kim, 2010). They consist of tailored requirements fitting to specific places or neighborhoods by reflecting the local architecture and the overall character (Fig. 3) (Chicago Metropolitan Agency for Planning, 2013).

2.4. Compatibility with modern development trends

Form-based codes are tools that help the new urbanism movement to implement its goals in creating modern development patterns that lead to more environmental and sustainable forms of development, such as compact mixed-use spaces, pedestrian friendly streets, diverse housing and transportation options, attractive public spaces and green areas. Therefore, the role of these codes is clear in supporting and enabling modern development trends. Unlike conventional development regulations, they inadvertently or intentionally discourage compact, mixed use, and pedestrian-friendly development (Kim, 2010).

2.5. Awareness of place making

Conventional development regulations control private development, but typically do not pay much attention to the essential components of place making, such as the design or character of public realm in cities, including streets, public squares, green spaces, and the relationship between both private and public realm. In addition, they focus on land use rather than on the form of the built environment, for this reason they're not effective in creating unique and meaningful places.

On the other hand, form-based codes seek to create a better built environment and high quality places, by focusing on how development relates to the context of the surrounding community. They address the design of the public realm and the importance that streetscape design and individual building character have in defining public spaces and a special “sense of place” (Chicago Metropolitan Agency for Planning, 2013). They also take into consideration the importance of preserving the local character of the area to be developed and also the community's desire for a form of development, which makes these codes efficient to create places that people love (Fig. 4).

2.6. Development pattern

In the development that depends on conventional regulations, it is noticeable the excessive land consumption and automobile dependency, the singular land use, the low-density, and the relatively limited housing choices (Chicago Metropolitan Agency for Planning, 2013). In addition, it can be observed that buildings are random, streets are ignored (City of Marshall, 2012). Meanwhile, the development that depends on form-based codes contains compact mixed-use spaces, pedestrian friendly streets, diversity of housing and transportation options, attractive public spaces and more preserved green areas.

In more detail, tree-lined streets, waterfront promenades and greenways, requires plazas, on-site public open spaces, parking is screened in garages or behind buildings and lower demand overall (Fig. 5) (City of Marshall, 2012).

2.7. Community participation

Unlike in the case of conventional regulations, the community and its vision are involved in all stages of creating the form-based code. The involvement is visible in specific maps and drawings used to achieve the character of the desired development for a region, as it is seen by the community.

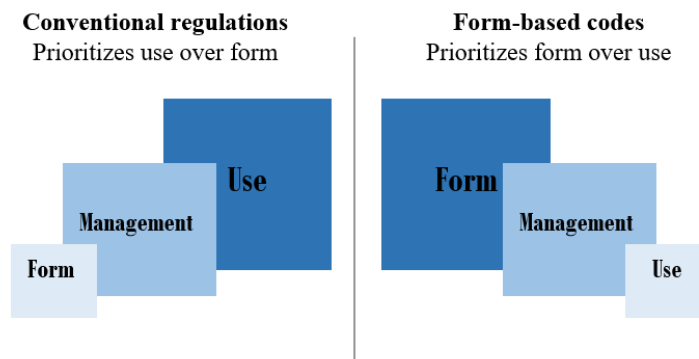


Fig. 1. The difference in main priorities between conventional regulations and form-based codes.

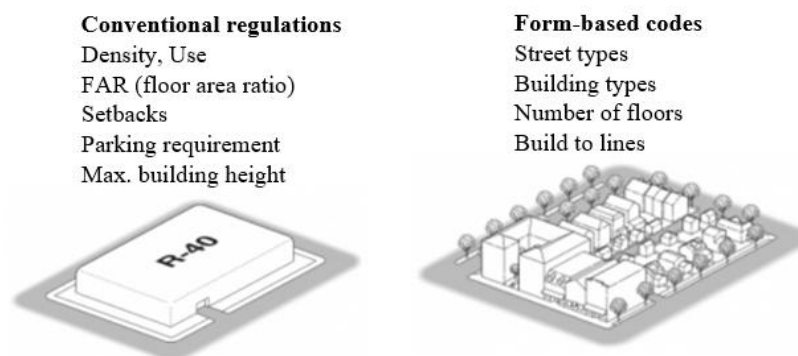


Fig. 2. The difference in field of regulation and basic elements between conventional regulations and form-based codes (Cape Cod Commission, 2019, modified).

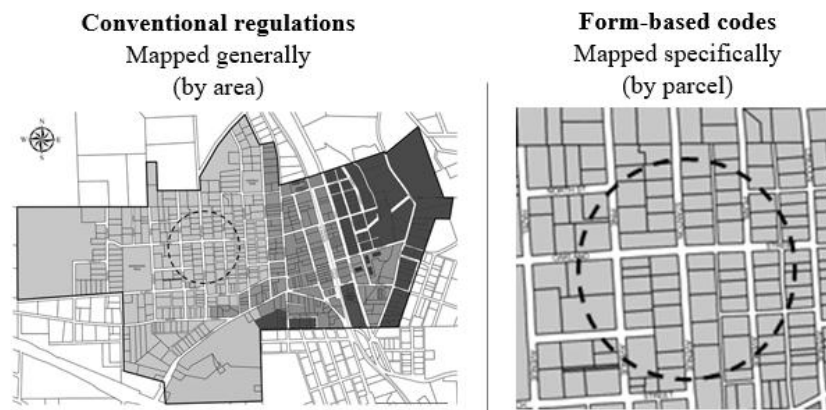


Fig. 3. The difference in field of application between conventional regulations and form-based codes (Mars Borough, 2020, modified).

2.8. Presentation type

Conventional development regulations have text-based presentation, while form-based

codes depend on graphics to define key concepts and requirements (Fig. 6) (Kim, 2010), which make form-based codes easier to use and apply (Chicago Metropolitan Agency for Planning, 2013).



Fig. 4. The difference in quality of place between conventional regulations and form-based codes (Madden and Spikowski, 2006, modified).



Fig. 5. The development pattern difference between conventional regulations on the left and form-based codes on the right (Cape Cod Commission, 2019, modified).

Conventional regulations
Text with some graphics

10. The maximum floor area ratio (F.A.R.) in the C-1 District is 0.5.
The formula for calculating the required F.A.R. is as follows:
F.A.R. = Total floor area / Total lot area

11. Sidewalks. Any request for site plan approval, except for building re-occupancies or additions to buildings comprising less than four-hundred (400) square feet, shall include a minimum six (6) foot sidewalk located within the public right-of-way or easement for the purpose of traversing the subject site from side to side or to the street. The sidewalk location shall be determined with the property owner. Zoning Administrator, Planning Commission, MOOT and others as right-of-way widths are not consistent. Sidewalks shall be constructed of concrete or asphalt at least two (2) inches thick, with a four (4) inch gravel base. Sidewalks shall be constructed prior to certification of occupancy, unless the session is not feasible for construction activity, in which case, the applicant shall provide to the County a performance guarantee in accordance with section 10.20. The applicant shall provide a maintenance agreement satisfactory to the County prior to final approval.

12. All new buildings shall connect to public water and sewer.

Section 10.55 Access.
Properties within the Highway Overlay District shall comply with the standards of Article 100. Access to properties not located within the Highway Overlay District shall meet the following standards:

1. Each parcel shall be limited to one access drive on a frontage road, unless a second access drive is shared with an adjacent parcel.
2. Access to a side road shall be required for parcels which are adjacent to a side road.
3. Access drives shall be spaced no less than two-hundred (200) feet from any street intersection or other access drive, and no less than seventy-five (75) feet from any residential zoning district boundary.
4. All access drives shall be located and constructed to conform to the requirements of the Highway Authority having jurisdiction over the adjacent streets or highways.
5. Adequate space shall be required on-site for vehicles which are required to wait.
6. The use of right-angle-out intersections shall be reviewed by the Planning Commission and MOOT to ensure that such intersections are provided when the right-of-way is ample enough to develop and maintain the drive area and when intersections are located in proximity to a signalized intersection and/or alternative means of ingress/egress.

Form-based codes
Graphics with text

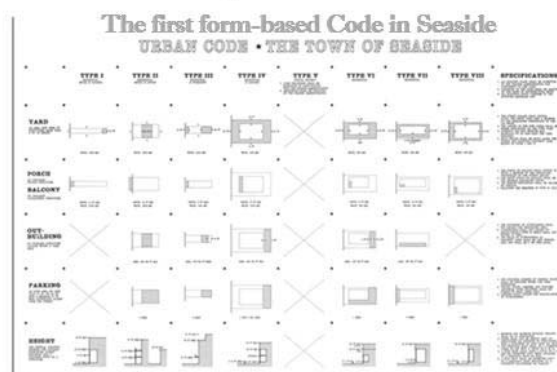


Fig. 6. The difference in presentation type between conventional regulations on the left (Masoncounty, 2018, modified), and form-based codes on the right (Evangelopoulos, 2014, modified).

3. Conclusion

By comparing conventional development regulations with form-based codes, it was concluded that the latter is clearly more efficient, as it is compatible with modern development trends, adopts environmental and sustainable development patterns, has a high awareness of the importance of place making, considering that form-based codes do not work on the principle of “one-size-fits-all”, but on the principle that every place is distinct and needs a specific regulation to reinforce its advantages and preserve its local character, in addition they focus on organizing public realm as well as the private, and the relationship between the two. Form-based codes also involve the community in the development process, so that community can choose the form it desires. All of that leads to the creation of high-quality places, meaningful places, places that people love. Also, the simplified presentation type that form-based codes adopt, which is represented by diagrams and tables, makes it easier to be understood and applied by everyone.

As for the conventional development regulations used today, it was noted that there are many negative aspects related to them. They are incomplete, inflexible and unable to adapt to the current planning trends, in addition they create more buildings rather than places, this leads to the question: what is the purpose of the regulations, if it does not contribute sufficiently to the creation of places? It is necessary to think of new comprehensive and flexible alternatives that contribute to creating more desirable environments. The paper proposes taking advantage of form-based codes, after it clarified their efficiency as an alternative to conventional regulations to create more meaningful places.

REFERENCES

- Cape Cod Commission (2019), *A Framework for Form-Based Codes on Cape Cod*, https://www.apecodcommission.org/resource-library/file/?url=/dept/commission/team/Website_Resources/crbd/FBC-Framework-FINAL.pdf
- Chicago Metropolitan Agency for Planning (2013), *Form-Based Codes: A Step-by-Step Guide for Communities*, Chicago Metropolitan Agency for Planning, Chicago, U.S.A
- City of North Miami Beach (2018), *Form-Based Code vs. Traditional Code*, <https://www.citynmb.com/DocumentCenter/View/4883/NMB-Form-Based-Code-vs-Trad-B-Zoning-Districts-Presentation-2018?bidId=>
- City of Marshall (2012), *Form-Based Code vs Traditional Code*, http://www.cityofmarshall.com/system/res/881/original/Form-Based_Code.pdf
- Evangelopoulos E. (2014), *Neighborhoods, Proximity to Daily Needs, & Walkability in Form-Based Codes*, Master thesis, the Faculty of California Polytechnic State University, San Luis Obispo, U.S.A
- Flagstaff City Council (2016), *A Tutorial on Transect Zones and Form-based Codes*, http://cityweb.flagstaffaz.gov/docs/2016/CCMTG/20160216_432/2061_CC_Transect_FBC_Tutorial2016Feb16PDF.pdf
- Gowdy L. M. (2009), *A history, evolution and application of form-based codes*, Master thesis, Kansas State University, College of Architecture, Planning and Design, Manhattan, U.S.A.
- Madden M., Spikowski B. (2006), *Place Making with Form Based Code*, <https://www.growsmartri.org/training/Place%20Making%20with%20Form%20Based%20Code%20Article%20-%20Urban%20Land%202006.pdf>
- Kim K. (2010), *The evaluation of the impact of form-based code and conventional zoning on Fort McPherson redevelopment*, Doctoral thesis, Georgia Institute of Technology, Georgia, U.S.A
- Mars Borough (2020), Mars Borough Zoning Map, <http://marsborough.com/zoning-map/marsborough-zoning-map-rev-07-2020-2/>
- Masoncounty (2018), *Mason County Zoning Ordinance*, <https://www.masoncounty.net/userfiles/filemanager/1490/>
- Mullins A. E. (2010), *Form based codes and historic preservation: Recommendations for communities considering the adoption of form-based codes*, Master thesis, University of Georgia, The Graduate School, Athens, Georgia. U.S.A
- City of Newark (2011), *City of Newark form-based code overview*, http://www.newarkohio.net/userfiles/files/Department%20of%20Development/Projects%20and%20Programs/FBC_Overview%26Process.pdf

DEZVOLTAREA DURABILĂ A INFRASTRUCTURII RUTIERE PRIN UTILIZAREA BETONULUI AUTOREPARATOR PENTRU REDUCEREA IMPACTULUI NEGATIV ASUPRA MEDIULUI

Alexandra-Marina BARBU
economist, INCD URBAN-INCERC București, e-mail:
alexandra.marina.barbu@gmail.com

Abstract

Sustainable development is a way of thinking, which means changing ideas; sustainable development is one direction, which means reviewing plans and objectives; sustainable development is a statement, which means planning and implementing specific actions. Currently, concrete is the most widely used structural material in road infrastructure. Concrete is a sensitive material, cracks and micro-cracks may occur during operation. Although the cracking/micro-cracking of concrete does not implicitly cause structural damage, it creates a path for corrosive factors, which leads to decreased structural durability caused by material changes and reinforcement corrosion. The self-repairing ability of concrete refers to the process of closing cracks to prevent the entry of potentially aggressive agents. Concrete used in bridge construction is usually covered with a waterproof layer and a layer of asphalt mixture, which also acts as a wear layer, but which can prevent the entry of water containing corrosive ions, the natural aggressiveness of the environment or accelerated corrosion by the penetration of thawing substances etc. Road infrastructure

repair works affected by degradation processes are costly, time consuming and lead to a reduction in traffic flow, by partially closing it during interventions. To overcome these shortcomings, over time, several types of concrete with self-repairing properties have been developed, based on several methods such as: pipe networks, superabsorbent polymer capsules and textile fibers, bacteria etc.

Key words. *sustainable development, road infrastructure, self-repairing concrete, environment.*

1. Context

Privind înapoi la istoria dezvoltării ingineriei traficului rutier, aceasta prezintă un proces de dezvoltare în care percepția umană, știința și tehnologia sunt interconectate. Sub îndrumarea dezvoltării durabile, modernizarea traficului rutier necesită ajustarea conceptelor, ajustarea obiectivelor și ajustarea structurii sistemului.

Obiectivele dezvoltării durabile strâns legate de construcția infrastructurii sunt: îmbunătățirea societății, economiei și mediului așezărilor umane; îmbunătățirea mediului de viață și de lucru și a calității vieții rezidenților.

Sectorul construcțiilor se schimbă într-un ritm amețitor, tehnologia de construcție, în cazul structurilor rutiere, este pe deplin condusă de necesitatea creșterii productivității. În acest sens, cheia succesului unei noi ere, automatizarea proceselor de construcție, robotizarea lucrărilor și noile materiale de construcție marchează viitorul industriei construcțiilor.

Conștient de importanța pe care o are în societate, sectorul construcțiilor dezvoltă în mod constant inovații în materiale inteligente și caută noi soluții tehnologice eficiente atât economic, cât și din prisma consumului de timp. Aceste inovații vor permite organizațiilor din sfera investițională să își crească productivitatea, optimizând resursele și îmbunătățind respectarea termenelor limită și calitatea infrastructurii rutiere. Mai mult, prin dezvoltarea de noi

materiale ecologice inteligente este posibil să se reducă impactul asupra mediului și să se reducă costurile de realizare ale infrastructurii rutiere.

Inovația tehnologică în infrastructura rutieră transformă acest sector datorită tehnologiilor inovatoare, cum ar fi noile materiale de construcții și soluțiile inovative cu proprietăți de autoreparare pentru a conduce la creșterea durabilității materialelor existente și la creșterea duratei de viață a investiției, la reducerea măsurilor de intervenție și mentenanță și implicit la scăderea costurilor de exploatare.

Pe măsură ce populația globală crește și urbanizarea progresează, apar provocări de infrastructură. Întreaga societate trebuie să ia măsuri imediate pentru a îmbunătăți calitatea vieții pe termen lung, asigurând astfel un viitor vibrant, sănătos și ecologic. Părțile interesate în dezvoltarea proiectelor rutiere trebuie să se orienteze spre o infrastructură modernă, eficientă și durabilă, care să fie fiabilă, ecologică, sigură și inteligentă. Astfel, apare necesitatea găsirii de soluții de dezvoltare durabilă care să răspundă nevoilor de bază ale calității vieții, luând în considerare în același timp emisiile de dioxid de carbon, poluarea fonică, consumul de energie și apă, impactul asupra mediului etc.

Industrializarea incluzivă și durabilă, împreună cu inovația și infrastructura, pot dezlănțui forțe economice dinamice și competitive care generează locuri de muncă și venituri. Acestea joacă un rol cheie în introducerea și promovarea noilor tehnologii, facilitarea comerțului internațional și permiterea utilizării eficiente a resurselor. Cu toate acestea, mai este încă un drum lung de parcurs înainte ca populația să poată profita la maximum de acest potențial.

Având în vedere creșterea îngrijorătoare a impactului asupra mediului din cauza acțiunilor umanității, este esențial să se realizeze construcții civile durabile pentru a garanta dezvoltarea socială și economică a țărilor. Devine din ce în ce mai important și există o nevoie mai mare de îngrijire a mediului natural și construit.

Construcția drumurilor este legată de necesitatea de a oferi soluții precum conectivitatea, comerțul sau accesul la diverse servicii pentru populația umană, căutând impacturi pozitive pentru dezvoltarea socială.

Introducerea de tehnologii noi și avansate cu eficiență economică sporită, cu scopul utilizării raționale a resurselor sunt soluții care asigură în același timp dezvoltarea durabilă a construcției, reducerea timpilor aferenți execuției lucrărilor de întreținere și reabilitare a drumurilor, precum și reducerea impactului asupra mediului.

Unele tehnologii, deja dezvoltate de mult timp, se afirmă rapid pe piață, datorită costurilor din ce în ce mai mici. Altele, pe de altă parte, au trecut cu succes de faza experimentală și astăzi sunt gata să fie folosite în industrie, simplificând și inovând sectorul construcțiilor, oferind o productivitate și o siguranță mai mari.

În prezent, pe plan internațional, se pune accentul pe îmbunătățirea proceselor mecanizate în cadrul lucrărilor la nivelul suprastructurii drumurilor și pe introducerea de tehnologii noi și avansate cu eficiență economică sporită, cu scopul utilizării raționale a resurselor. Creșterea volumului traficului, creșterea sarcinii pe osie și a presiunii în anvelope la nivelul rețelei rutiere europene au condus la nevoia de a avea o infrastructură mai puternică și mai durabilă, care să asigure în același timp reducerea timpilor morți cauzăți de execuția lucrărilor de întreținere și reabilitare a drumurilor. Sunt mai multe schimbări semnificative care pot fi observate în execuția lucrărilor de infrastructură rutiere prin utilizarea de materiale inovative, însă acest articol tratează numai utilizarea betonului autoreparator.

2. Materiale și metode

2.1. Definirea betonului și betonului autoreparator ca material de construcție

Betonul, ca material de construcție, este cel mai utilizat în infrastructura rutieră. Betonul

nu este un material independent, fiind realizat dintr-un amestec de diverse materiale. Aceste materiale includ ciment ca liant, apă, agregate fine și agregate concasate sau pietriș.

Odată cu dezvoltarea tehnologiei ingineresti și îmbunătățirea performanței betonului, acest material este utilizat pe scară largă. Cea mai mare problemă a betonului este reprezentată de vulnerabilitatea sa la fisurare sau la deteriorări locale care apar în interiorul materialului, sub rezerva caracteristicilor sale microscopice și a sarcinilor externe. Problema fisurării materialului este de obicei inevitabilă din cauza influenței greutății proprii și a condițiilor de mediu apărând fisuri/microfisuri din cauza procesului de contracție ca urmare a pierderii rapide a apei din amestec.

Capacitatea de autoreparare a betonului nu are efecte benefice doar asupra durabilității și duratei de viață a materialului, ci și asupra vieții și siguranței întregii structuri. Fig. 1 și 2 prezintă situații de degradare a infrastructurii rutiere din beton prin cedarea prin fisurare și reducere a durabilității lucrărilor.

Fără a reprezenta cauza prematură a degradării rapide a structurii, apariția fisurilor și a rețelelor de microfisuri în beton nu înseamnă o cedare structurală imediată. Cu toate acestea, odată cu trecerea timpului, fenomenul de fisurare al microstructurii externe și interne a betonului a arătat o dezvoltare periculoasă și a creat calea de intrare a agentului coroziv în adâncimea elementelor din beton, ducând la degradarea

treptată, prin coroziunea armăturii încorporate precum și la diminuarea capacității de încărcare și a stabilității structurale.

Capacitatea de autoreparare a fost stabilită ca fiind capacitatea de reparare/regenerare, cu caracter parțial sau integral, a unei stări de deteriorare survenite în structura unui material și prin urmare, de îmbunătățire a performanțelor sale, după ce un factor sau un cumul de factori a generat starea de degradare, la nivelul evaluat (de Rooij and Schlangen, 2011). Capacitatea de autoreparare reprezintă o caracteristică intrinsecă de material, cu efecte de reparare/regenerare independente de intervenții externe.

Conceptul de material autoreparator, adică material care, autonom, are capacitatea de a își recupera integral sau parțial unele dintre proprietățile sale, apare din observarea naturii. Un exemplu tipic al fenomenului de autoreparare este reprezentat de degradările suferite de scoarța copacilor sau de pielea animalelor și a oamenilor, care se vindecă într-un mod autogen, adică fără a fi necesar să se furnizeze un agent suplimentar. Conceptul de autoreparare are avantaje semnificative în materialele structurale, în principal în ceea ce privește betonul, care suferă o degradare a proprietăților sale mecanice în timp. Costurile de întreținere imense ale infrastructurii rutiere ar putea fi reduse prin dezvoltarea materialelor structurale autoreparatoare.



Fig. 1. Podul Unirii Suceava (StiriSuceava, 2022).



Fig. 2. Autostrada Sibiu – Orăștie (Economica.net, 2022).

2.2. Avantajele utilizării betonului autoreparator ca material de construcție

Durata de exploatare și siguranța.

Caracteristicile sale permit construcții cu o durată de viață utilă mai mare de 100 de ani, lucru care nu se poate spune pentru alte componente. Betonul este foarte rezistent la medii climatice nefavorabile precum uragane sau furtuni. Rezistența betonului la foc nu a fost egalată de niciun alt material de construcție până în prezent. Aici apare o mare diferență față de lemn, deoarece dacă o clădire din beton arde, aceasta poate fi reparată. Lemnul, deși există tratamente ignifuge, ar trebui înlocuit cu altul dacă va izbucni un incendiu.

Economie. Betonul este al doilea material cel mai consumat din lume după apă. Componentele betonului (cimenturi, agregate și apă) sunt foarte frecvent folosite. Acest lucru favorizează dezvoltarea industriei locale și reduce impactul asupra mediului asociat transportului de materiale la lucrări. Mai mult, elementele de construcție pot fi create pe șantier sau prefabricate.

Durabilitate și reversibilitate. Unul dintre avantajele betonului este că, atunci când se termină durata de viață utilă, acesta poate fi reciclat 100%.

Confort. Datorită grosimii pe care o au de obicei pereții de beton, izolația lor termică este mai mare decât a oricărui alt material. Datorită acestei etanșeități, materialul favorizează o calitate superioară a aerului din interiorul clădirilor. Prin inerția sa termică, betonul favorizează o stabilitate mai mare a temperaturii în interiorul unei clădiri, deoarece netezește variațiile și face ca interiorul să fie răcoros vara și nu atât de rece iarna.

Proiectare. Datorită caracteristicilor sale și inovațiilor care au fost produse, betonul este foarte ușor de manevrat și i se poate da un număr infinit de forme.

2.3. Prezentarea cercetărilor privind autorepararea betonului

Metodele de tratare a fisurilor în beton sunt în general împărțite în tratamente active și pasive.

Tratamentele pasive pot repara doar fisurile superficiale, în timp ce metodele active pot repara atât fisurile exterioare, cât și cele interioare.

Pentru a îmbunătăți durabilitatea betonului și a preveni pătrunderea agenților agresivi în interiorul betonului se pot utiliza tratamente pasive constând în acoperirea exteriorului cu un amestec pe bază de substanțe chimice și polimeri. La fel, pot fi injectați sau pulverizați etanșanți pe fisurile observate. Aceste substanțe de etanșare sunt în general alcătuite din materiale chimice, cum ar fi rășini epoxidice, cauciucuri clorurate, ceruri, poliuretan, acrilice și siloxan. Unele limitări ale acestor tratamente sunt rezistența lor scăzută la condițiile atmosferice, sensibilitate la umiditate, rezistență scăzută la căldură și diferiți coeficienți de expansiune între beton și etanșanți.

Tratamentele active sunt, de asemenea, cunoscute sub numele de tehnici de autoreparare, auto-sigare sau autovindecare și pot fi activate autonom în diferite condiții, indiferent de poziția fisurii. Adică au capacitatea de a se activa automat în momentul în care apare fisura și o pot închide. În acest moment, este posibil să se facă diferența între acele materiale care îndeplinesc o funcție de etanșare, adică acoperă fisura pentru a evita expunerea la mediu și cele care au funcția de reparare, astfel încât caracteristicile inițiale ale betonului să fie restabilite complet sau parțial (tratamente active) (Seifan *et al.*, 2016). Există diferite moduri în care este generat mecanismul de autovindecare, care sunt în principal următoarele:

Repararea autogenă este un proces care are loc în mod natural la betonul convențional datorită hidratării particulelor de ciment nehidratate sau carbonatării hidroxidului de calciu dizolvat (Wu *et al.*, 2012). Pot exista diverse mecanisme care cauzează fenomenul autoreparării autogene, cum ar fi (Fig. 3):

- Formarea carbonatului de calciu sau a hidroxidului de calciu sub formă de cristale;
- Obstrucționarea fisurilor prin acumularea de impurități în apă și a particulelor de beton rezultate din fisurare;

- Hidratarea cimentului nehidratat în beton sau în materiale cementoase care nu au reacționat;
- Extinderea matricei cimentate hidratate la marginile fisurii (Ter Heide, 2005).

Dintre toate aceste cauze posibile, mecanismul principal este atribuit cristalizării carbonatului de calciu (Edvardsen, 1999).

Fibrele goale: este vorba despre încorporarea fibrelor goale care conțin componente reparatoare în amestecul de beton. Prin urmare, atunci când betonul se fisurează și aceste fibre se rup, își eliberează conținutul și încep repararea fisurii (Fig. 4).

Ideea utilizării fibrelor goale este de a stoca un anumit tip de agent de recuperare în interiorul fibrelor menționate, care la rândul său este distribuit uniform în toată matricea. Când paguba se răspândește sau apare fisurarea matricei, sub anumiți stimuli se va produce ruperea fibrelor eliberând agentul din interiorul acestora, curgând prin fisuri și reparându-le în același timp.

Microîncapsularea constă într-o tehnică prin care substanțele de autoreparare sau etanșare sunt încapsulate în sfere mici care sunt eliberate atunci când apare fisura în beton.

Se bazează pe încorporarea particulelor de catalizator de vindecare, protejate în microcapsule, dispersate uniform în matrice încă din etapa de malaxare incipientă, declanșând polimerizarea agentului reparator și asigurând închiderea fisurii. Agentul de vindecare rămâne în microcapsulă până în momentul în care fisura se răspândește ducând la ruperea cojii microcapsulei, fapt ce va duce la eliberarea conținutului acesteia, conținut care va efectua procesul de reparare.

Diferența dintre fibrele goale și microîncapsulare este că, în timp ce în utilizarea fibrelor goale, agentul din interior este considerat un produs separat sau o componentă a unui produs, în ceea ce privește microîncapsularea, nu se poate defini interiorul capsulei ca un produs separat, ci mai degrabă este descris ca un proces în care anumiți reactivi sau particule sunt izolate pentru a preveni reacții nedorite. Fig. 5 reprezintă în mod schematic, mecanismul de acțiune al microîncapsulării, iar în Fig. 6 este reprezentată o imagine obținută prin microscopia electronică a unei capsule sparte.

Biomineralizarea este un proces bazat pe principii biologice care se referă în principal la utilizarea bacteriilor care rămân latente în beton și se activează atunci când betonul intră în contact cu umezeala, necesitând compuși precum lactatul de calciu pentru a produce carbonat de calciu și a sigila fisurile.

Mai exact această alternativă, prin utilizarea bacteriilor se concentrează pe forțarea autoreparării prin tehnici de reparare biologică, prin introducerea anumitor bacterii în beton (Jonkers *et al.*, 2010; van Tittelboom *et al.*, 2010).

Ideea este că, aceste bacterii colaborează la generarea carbonatului de calciu CaCO_3 , deoarece îl produc ca parte a metabolismului lor. Condițiile preliminare pentru repararea fisurilor prin acest mecanism sunt diverse, cum ar fi concentrația carbonului anorganic, nivelul pH-ului sau concentrația ionilor de calciu liberi, astfel încât, pentru a se asigura repararea fisurii, trebuie să se acorde o atenție deosebită îndeplinirii tuturor condițiilor prealabile (Fig. 7).

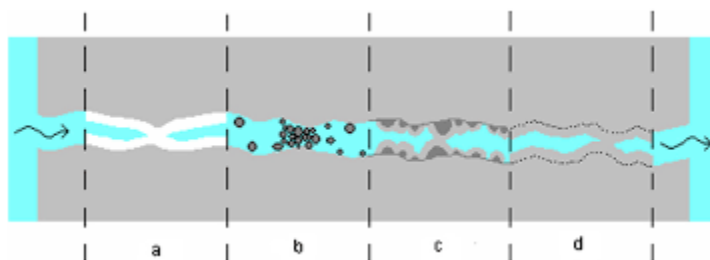


Fig. 3. Posibile mecanisme autogene de autovindecare.



Fig. 4. (a) Fibrele goale de sticlă;



(b) Reprezentarea vizuală a daunelor cauzate unei foi de material compozit prin acțiunea unui lichid fluorescent care iese din fibrele goale de sticlă (Pang and Bond, 2005).

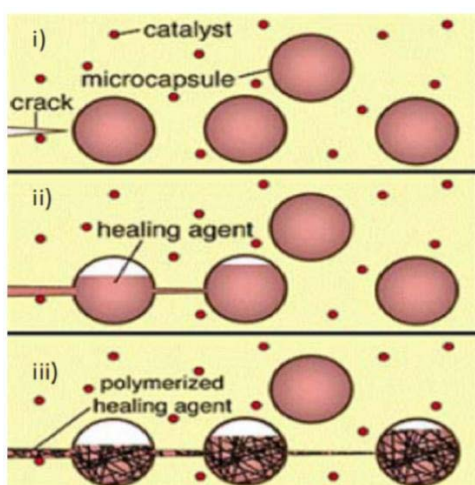


Fig. 5. Abordarea de bază a modelului de microîncapsulare: (i) crăpăturile se propagă de matrice; (ii) fisura rupe microcapsula, eliberând agentul de reparare prin fisură cu ajutorul acțiunilor capilare; (iii) agentul reparator intră în contact cu catalizatorul, producând polimerizarea și închiderea consecventă a fisurii (White et al., 2001).

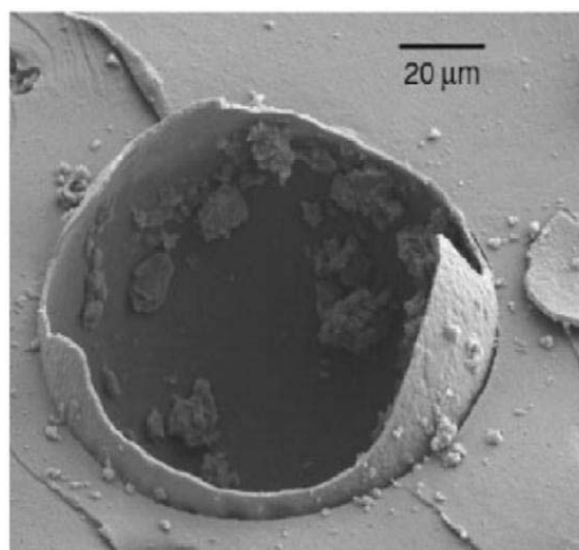


Fig. 6. Imagine obținută prin microscopie electronică (ESEM) care prezintă o microcapsulă ruptă (White et al., 2001).

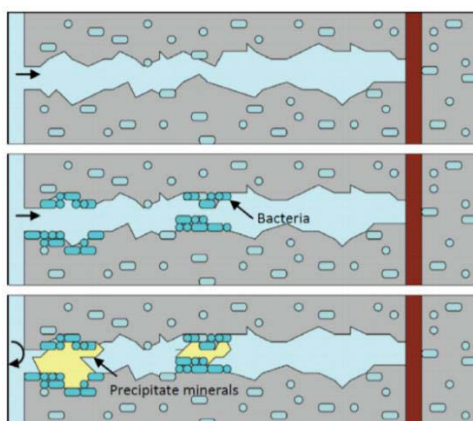


Fig. 7. Reprezentarea schematică a reparării unei fisuri prin utilizarea bacteriilor.

Bacteriile de pe fețele fisurii care se formează sunt activate prin interacțiunea cu apa,

începând să se reproducă și să precipite carbonat de calciu ca o parte din metabolismul

lor, care sigilează ruptura și protejează armura interioară de posibile atacuri chimice din exterior (Jonkers *et al.*, 2010).

Tratamentul ideal ar trebui să aibă calitate, o durată lungă de viață, capacitate de penetrare și de acționare în reparații succesive într-un mod nelimitat (Li and Herbert, 2012; Seifan *et al.*, 2016).

3. Rezultate și discuții

3.1. Utilizarea betonului convențional comparativ cu utilizarea betonului autoreparator în infrastructura rutieră

Dintre materialele de construcție, betonul este cel mai utilizat, de aceea problemele întreținerii și reparării acestuia sunt întotdeauna de actualitate. Cercetările pentru îmbunătățirea performanței acestui material sunt în curs și globale. Obiectivul principal este reducerea costurilor de întreținere și reparații, care au reprezentat întotdeauna o problemă.

Unul dintre dezavantajele betonului în comparație cu alte materiale este susceptibilitatea la formarea de microfisuri. Acest lucru poate părea inofensiv, dar în climatele în care betonul este expus la apă, poate însemna un aflus semnificativ de substanțe agresive, care accelerează deteriorarea și, prin urmare proprietățile structurale ale materialului. Betonul autoreparator se poate repara prin închiderea microfisurilor. Microfisurile apărute în timp în suprafața betonului nu cauzează implicit pierderea rezistenței structurii, însă ajută la protejarea acestuia de pătrunderea gazelor și lichidelor dăunătoare care îi pot afecta durabilitatea.

Structura betonului este afectată de diferiți factori de mediu, cum ar fi schimbările de temperatură și umiditate, sarcini externe etc., rezultând microfisuri sau deteriorări de diferite forme și dimensiuni. Acest lucru reduce foarte mult capacitatea portantă, durabilitatea și impermeabilitatea materialelor din beton. Dacă

nu este reparat în timp util și eficient, va afecta în mod inevitabil performanța normală de utilizare a structurii, va scurta durata de viață și chiar va provoca accidente catastrofale, amenințând viața oamenilor și siguranța infrastructurii rutiere.

Din cauza limitării tehnologiei de detectare, este dificil a se detecta rapid și cu precizie degradările fine și la scară mică în infrastructura rutieră. În același timp, este dificil a se repara în mod eficient microfisurile interne cu metode convenționale de reparare. Pentru a rezolva problema reparării microfisurilor în infrastructura rutieră, îmbunătățirea stabilității performanței betonului și prelungirea duratei de viață a betonului, precum și a proiectelor de infrastructură rutieră, dezvoltarea materialelor și tehnologiilor autoreparator din beton a devenit un domeniu important de cercetare în secolul construcțiilor.

Dezvoltarea tehnologiilor noi și fiabile de autoreparare a betonului și cercetarea aprofundată a mecanismului său de reparare sunt de o mare importanță pentru îmbunătățirea durabilității materialelor din beton și creșterea duratei de viață a structurilor de beton.

Caracteristicile betonului, ca material folosit în infrastructura rutieră, sunt: rezistență ridicată la compresie, durabilitate, fiabilitate și mai puține necesități de întreținere pe durata sa de viață utilă.

3.2. Analiza comparativă

Betonul autoreparator este un nou tip de beton. Acesta imită repararea automată a fisurilor pe baza unor materiale speciale. Astfel, pentru realizarea betonului autoreparator, anumite materiale speciale (fibre sau capsule precum: polimerii superabsorbanti, amestecurile cristaline, silicatul de sodiu microîncapsulat și bacteriile) ce conțin lichide adezive sunt distribuite în amestecul de beton. Atunci când se produc fisuri, fibrele sau capsulele se vor sparge, iar compoziția acestora va repara fisura

existentă. Cu toate acestea, betonul autoreparator este doar în stadiul de cercetare, iar pentru aplicarea sa în industria construcțiilor mai sunt necesare studii științifice în domeniu.

Betonul este cel mai folosit material de construcție la nivel mondial pentru proiectele de infrastructură.

Betonul este un material compozit utilizat în construcții, format în esență dintr-un liant (în majoritatea cazurilor ciment) la care se adaugă particule sau fragmente ale unui agregat (cum ar fi pietriș, pietriș și nisip), apă (pentru hidratare) și aditivi specifici. Amestecul unic de ciment cu nisip și apă (fără participarea unui agregat) este numit mortar.

Este utilizat pe scară largă în construcții, fiind utilizat în clădiri de tot felul, drumuri, poduri, baraje, tuneluri, lucrări industriale și, de asemenea, în lucrări maritime. Din cauza deteriorării, sunt necesare lucrări regulate de întreținere pentru a sigila fisurile din beton și a restabili durabilitatea acestuia.

Cercetările de până acum au avut tendința să se concentreze asupra procesului de autoreparare în prezența aerului sau a apei. Cu toate acestea, infrastructurile (poduri, tuneluri) sunt construite pe sol sau în sol, unde o parte din structurile acestora de beton sunt inevitabil încorporate în mediul solului, acesta având condiții specific (tipul solului, regimul de saturație, expuneri chimice). Nu este clar dacă procesul de autoreparare este eficient în cadrul unor elemente de beton expuse unor condiții de sol atât de complexe.

Betonul autoreparator este definit mai ales ca fiind capacitatea betonului de a își repara fisurile în mod autogen sau autonom. Fisurile din beton reprezintă un fenomen comun din cauza rezistenței la întindere relativ reduse. Durabilitatea betonului este afectată de aceste fisuri, deoarece oferă o cale ușoară pentru transportul lichidelor și gazelor care pot conține substanțe dăunătoare. Dacă microfisurile cresc și ajung la armătură, nu

numai betonul în sine poate fi atacat, dar și barele de oțel de armare vor fi corodate. Prin urmare, este important să se controleze lățimea fisurilor și repararea acestora cât mai curând posibil. Autorepararea fisurilor din beton contribuie la o durată de viață mai lungă a structurilor din beton și ar conduce la obținerea unui material mult mai durabil.

Factorii ce pot influența abilitățile de autoreparare pot fi structurați după cum urmează:

- conținutul de umiditate;
- lățimea fisurilor: fisurile cu lățimea mai mică de 0,3 mm pot fi reparate; fisurile mai late de 0,3 mm nu pot fi reparate; fisurile cu lățimea de 0,1 mm sunt complet reparate după aproximativ 200 de ore; fisurile cu lățimea de 0,2 și 0,3 mm sunt reparate în cea mai mare parte după 30 de zile; fisurile cu o lățime cuprinsă între 0,15 și 0,3 mm scad semnificativ în 7 zile și sunt complet reparate în 33 de zile;
- timpul pentru hidratare: hidratarea pentru o perioadă mai lungă de timp poate produce o performanță mai bună de autoreparare;
- presiunea încărcată pe fisuri: încărcarea unei presiuni adecvate pe fisuri poate stimula o mai bună capacitate de autoreparare;
- raportul apă-ciment: un raport apă-ciment mai mare include mai multe particule de ciment nereacționate ce pot fi utilizate pentru hidratarea suplimentară pentru a stimula generarea de carbonat de calciu.

Printre beneficiile directe ale autoreparării betonului se numără reducerea ratei de deteriorare, extinderea duratei de viață și reducerea frecvenței costurilor de reparații pe parcursul ciclului de viață al infrastructurii din beton. Aceste beneficii directe pot conduce la o durabilitate sporită a mediului, deoarece mai puține reparații implică o rată mai mică de utilizare a resurselor materiale, reducerea consumului de energie și a emisiilor de poluanți pentru producția și transportul de materiale, precum și beneficiile asociate eliminării modificărilor de trafic în infrastructura de transport pe durata reparațiilor.

Potențialul tehnologiei de autoreparare este impresionant. Deoarece aproximativ 70% din infrastructura Europei este construită din beton, întreținerea este o activitate extrem de costisitoare. Între 7 și 12% din emisiile anuale de CO₂ din lume sunt legate de producția de material de construcție.

S-au efectuat teste standard pe betonul normal și pe betonul autoreparator, respectiv teste de rezistență la compresiune și flexiune pe un cub de beton timp de 7 și 28 zile (Tabelul 1).

Din rezultat putem vedea că atât rezistența la compresiune cât și rezistența la flexiune a

betonului autoreparator sunt mai mari decât cele ale betonului obișnuit (Kandalkar and Bhatkar, 2020).

Astfel, betonul autoreparator este cea mai bună soluție pentru cererea de beton durabil datorită capacității sale de autoreparare și datorită durabilității sale. Ținând cont că cel mai important material de construcție este supus fisurilor, orice îmbunătățiri aduse acestui material pot juca un rol extrem de important în evoluția tehnologiei. Fisurile unei suprafețe de beton, fie ele și foarte mici, fac întreaga construcție nesigură. În cele din urmă, se va reduce durata de viață a construcției.

Tabelul 1. Rezultatele testelor efectuate pe betonul normal și betonul autoreparator.

Betonul autoreparator		Betonul obișnuit	
Rezistența la compresiune (N/mm²)		Rezistența la compresiune (N/mm²)	
7 zile	28 zile	7 zile	28 zile
26.79	37.82	20.10	28.56
Rezistența la flexiune (N/mm²)		Rezistența la flexiune (N/mm²)	
7 zile	28 zile	7 zile	28 zile
4.8	7.93	3.49	28.56

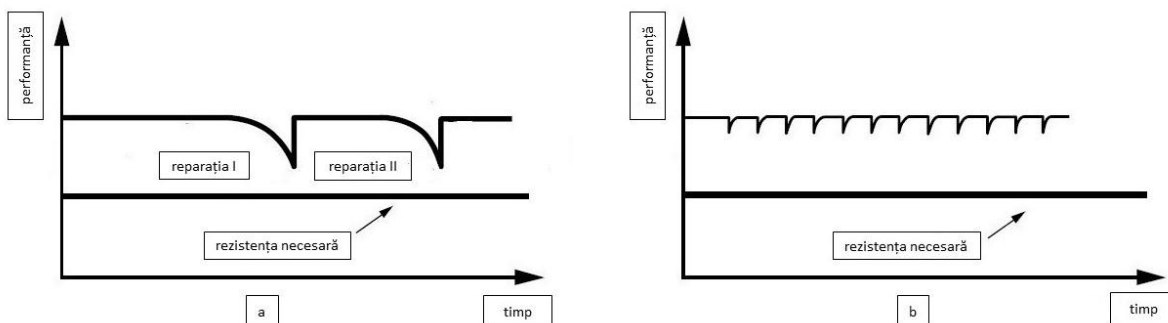


Fig. 8. Performanța în timp pentru betonul convențional (a) și betonul autoreparator (b).

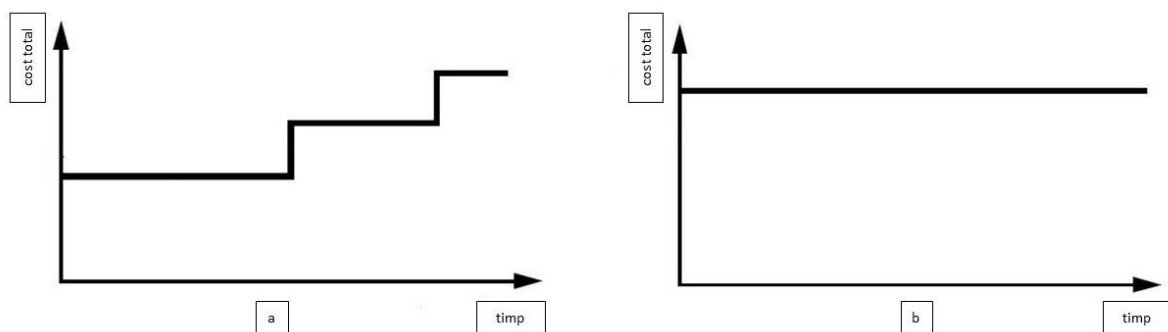


Fig. 9. Evoluția costului total pentru betonul convențional (a) și betonul autoreparator (b).

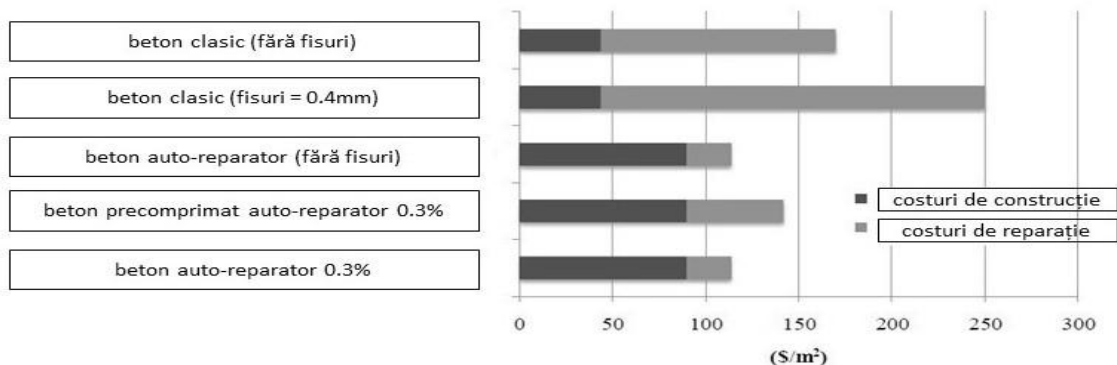


Fig. 10. Costul comparativ pe durata de viață pentru betonul clasic și autoreparator.

3.3. Analiza economică

Principalele diferențe între betonul convențional și cel autoreparator sunt că betonul convențional are un comportament fragil, în timp ce betonul autoreparator are un comportament mai ductil. Testele pentru măsurarea deformărilor la tracțiune sunt de 5 ori mai mari decât cele pentru betonul convențional (American Concrete Institute, 2017).

Practica curentă a perioadelor de deteriorare treptată a infrastructurii punctate de evenimente de reparații conduce la costuri cumulative din ce în ce mai mari, ce pot egala sau chiar depăși costul inițial de construcție (Fig. 8a și 9a). În schimb, infrastructura construită cu beton autoreparator poate avea un cost inițial mai mare, dar funcționalitatea de autoreparare menține calitatea infrastructurii cu costuri suplimentare minime sau inexistente pe parcursul duratei de viață, rezultând un cost al ciclului de viață competitiv cu infrastructura clasică din beton (Fig. 8b și 9b).

Costurile determinate pe ciclul de viață (inclusiv costul materialelor și costul reparațiilor) sunt prezentate în Fig. 10. Astfel, a fost obținut un cost al ciclului de viață de 170 \$/m² pentru betonul clasic fără fisuri/crăpături, acesta crescând la 250 \$/m²

în cazul în care apare o fisură cu lățimea de 0,4 mm.

În cazul betonului autoreparator utilizat în lucrări de infrastructură, costul materialului este mai ridicat (90 \$/m² comparativ cu 44 \$/m² pentru betonul clasic), reflectând costurile suplimentare datorită includerii fibrelor și a altor ingrediente ce prezintă costuri ridicate. Cu toate acestea, costul reparațiilor pentru betonul autoreparator prezintă o reducere de la 206 \$/m² pentru varianta de beton clasic cu fisuri de 0,4 mm la doar 52 \$/m² pentru betonul autoreparant precomprimat 0,3%, obținându-se o reducere a costului de până la 24 \$/m² în cazul intervenției autoreparării.

Astfel, chiar dacă costurile inițiale aferente betonului autoreparator sunt mai ridicate, rezultă un cost redus pe ciclul de viață (114 \$/m² comparativ cu 250 \$/m² pentru betonul clasic cu o lățime a fisurilor de 0,4 mm).

4. Concluzii

Tehnologia este unul dintre factorii proeminenți care determină regulile competiției, joacă un rol major în schimbările structurale, în crearea de noi industrii, și este un mare egalizator, deoarece poate deteriora avantajul competitiv al firmelor bine consolidate și poate împinge altele în prim plan.

Adoptarea eficientă a noilor tehnologii va permite companiilor din sectorul construcțiilor să se concentreze pe satisfacerea nevoilor în creștere ale clienților lor într-un mod mai personalizat și mai rapid, care va fi un motor de creștere și competitivitate pentru companii.

Eforturile depuse în direcția economisirii resurselor naturale trebuie extinse și la economisirea energiei. Manipularea a mii de tone de materiale de construcții este un proces care consumă cantități însemnate de energie pentru industria construcțiilor de drumuri. Cu toate acestea, se pot realiza economii importante printr-o mai mare concentrare asupra tratării acestor materiale pe teren și în fabrici. Mixturile asfaltice fierbinți sunt principalele componente ale îmbrăcăminților rutiere. Dezvoltarea de lianți și de mixturi de înaltă calitate pentru utilizarea la temperaturi scăzute are ca rezultat economii substanțiale la nivelul costurilor cu energia și de producție.

Construcțiile de infrastructură rutieră sunt tipurile de lucrări de inginerie întreprinse pentru dezvoltarea infrastructurii rutiere a țării, care au cel mai mare impact asupra mediului, însă nu se poate renunța la execuția acestora, astfel că problema constă în cunoașterea modalităților de impact cât mai redus posibil, realizarea de construcții durabile prin folosirea de materiale cu o durată de viață mai lungă și cu o necesitate de mentenanță mai redusă.

Tehnologia de autovindecare a betonului joacă un rol important în domeniul ingineriei civile. Această tehnologie poate vindeca în mod eficient fisurile de suprafață ale betonului, poate îmbunătăți structura internă și poate îmbunătăți proprietățile mecanice și durabilitatea materialului.

Printre multiplele avantaje ale utilizării betonului autoreparator în infrastructura rutieră se pot menționa următoarele: reducerea costurilor alocate activităților de

întreținere și reparații a infrastructurii rutiere, durata de viață crescută a structurilor având costuri mai mici, economie de ciment prin faptul că nu se mai justifică un număr la fel de mare de construcții noi, reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, folosirea materialelor ieftine și prietenoase cu mediul, locale, precum și reducerea consumului de resurse neregenerabile. Diminuarea costurilor se va face pe baza măririi perioadei dintre două reparații, fără ca siguranța structurilor să aibă de suferit. De asemenea, prin utilizarea betoanelor autoreparatoare se vor diminua problemele de mediu legate de lucrările de intervenții și a deșeurilor rezultate din această activitate.

Construcția și întreținerea autostrăzilor are efecte directe asupra calității traficului, securității și siguranței oamenilor, societății, mediului de lucru și mediului extern.

Alegerea celor mai adecvate proiecte de construcție de autostrăzi ar trebui să răspundă tuturor sau majorității nevoilor cetățenilor, întreprinderilor și mediului și să aleagă proiectul cu mai puține riscuri și rezultate negative.

Datele prezentate evidențiază eficiența economică a autoreparării pentru infrastructura civilă. Autorepararea reprezintă etanșarea microfisurilor ce conduce la obținerea unei durate de timp mai ridicate de inițiere a coroziunii și o durată de viață prelungită înainte de a fi necesară repararea. Modelul prezentat demonstrează astfel impactul economic potențial semnificativ al betonului ce prezintă funcționalitate de autoreparare.

BIBLIOGRAFIE

- ACI (2017), *American Concrete Institute*, <http://www.concrete.org/>
- Al Bakri A. M. M., Kamarudin H., Bnhussain M., Khairul Nizar I., Rafiza A. R., Izzat, A. M. (2011), *Chemical Reactions in the Geopolymerisation Process Using*

- Fly Ash-Based Geopolymer: A review*, Australian Journal of Basic and Applied Sciences **5(7)**: 1199-1203.
- de Rooij M. R., Schlangen E. (2011), *Self-healing phenomena in cement-based materials*, Draft of State-of-the-Art Report of RILEM Technical Committee 221-SHC, Springer, Dordrecht, Olanda.
- Dry C. M. (1994), *Smart multiphase composite materials that repair themselves by a release of liquids that become solids*, Proceedings of SPIE **2189**: 62-70.
- Dry C. M. (2000), *Three designs for the internal release of sealants, adhesives, and waterproofing chemicals into concrete to reduce permeability*, Cement and Concrete Research **30(12)**: 1969-1977.
- Economica.net (2022), *Economica.net. Business la minut*, <http://www.economica.net/>
- Edvardsen C. (1999), *Water permeability and autogenous healing of cracks in concrete*, ACI Material Journal **96(4)**: 448-454.
- Hearn N., Morley C. T. (1997), *Self-healing property of concrete - experimental evidence*, Materials and Structures **30(201)**: 404-411.
- Jonkers H.M., Thijssen A., Muyzer G., Copuroglu O., Schlangen E. (2010), *Application of bacteria as self-healing agent for the development of sustainable concrete*, Ecological Engineering **36(2)**: 230-235.
- Joseph C., Lark R., Jefferson T., Gardner D. (2009), *Potential application of self-healing materials in the construction industry*, A report for the Institution of Civil Engineers, Cardiff University, Cardiff, Marea Britanie.
- Kandalkar M., Bhatkar M. (2020), *Comparative Study of Self - Healing Concrete & Normal Concrete*, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) **7(5)**: 4193-4195.
- Lauer K. R., Slate F. O. (1956), *Autogenous healing of cement paste*, Journal of the American Concrete Institute **52(6)**:1083-1097.
- Li V. C., Herbert E. (2012), *Robust Self-Healing Concrete for Sustainable Infrastructure*, Journal of Advanced Concrete Technology **10(6)**: 207-218.
- Mehdi B. (2009), *Geopolymer thechnology, from fundamentals to advanced applications: a review*, Materials Technology **24(2)**: 79-87.
- Pang J. W. C, Bond I. P. (2005), *Bleeding composites - damage detection and self-repair using a biomimetic approach*, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing **36(2)**: 183-188.
- Seifan M., Samani A. K., Berenjian y A. (2016), *Bioconcrete: next generation of self-healing concrete*, Applied Microbiology and Biotechnology **100(6)**: 2591-2602.
- StiriSuceava (2022), *StiriSuceava.net. Ziarul oraşului Suceava*, <http://www.stirisuceava.net/>
- Ter Heide N. (2005), *Crack healing in hydrating concrete*, teză de masterat, Delft University of Technology, Delft, Olanda.
- van Breugel K. (2007), *Is there a market for self-healing cement-based materials*, în: Schmets A. J. M, van der Zwaag S. (Ed.), *Proceedings of the First International Conference on Self-healing Materials, the Netherlands, April 2007*, pag. 1-9.
- van Tittelboom K., De Belie N., De Muynck W., Verstraete W. (2010), *Use of bacteria to repair cracks in concrete*, Cement and Concrete Research **40(1)**: 157-166.
- White S. R., Sottos N. R., Geubelle P. H., Moore J. S., Kessler M. R., Sriram S. R., Brown E. N., Viswanathan S. (2001), *Autonomic healing of polymer composites*, Nature **409**: 794-797.
- Wu M., Johannesson B., Geiker y M. (2012), *A review: Self-healing in cementitious materials and engineered cementitious composite as a self-healing material*, Construction and Building Materials **28(1)**: 571-583.

BIOPHILIC URBANISM AND NBS - CONCEPTUAL APPROACH AND CRITICAL CASE STUDY ON THE PROCESS OF IMPLEMENTING NBS SPECIFIC TO THE PROGIREG PROJECT

Codruț PAPINA

URBASOFIA / UAUIM, Romania, e-mail:
codrutpapina@gmail.com

Abstract

Based on the proGReg case study, the potential use of neighbourhood-based nature-based solutions for urban regeneration is presented. The classification of the specific solutions of the project (compared to other classifications) will be presented, together with the critical conclusions on why NBS are relevant for the emerging new concept/approach of Biophilic Urbanism. One of the results of the applied research project is the Replication Toolkit - which aims to facilitate the implementation of Nature-based solutions for other cities. The Replication Toolkit contains a set of recommendations for the strategic component of urban regeneration of post-industrial neighbourhoods, but also for the operational component of concrete implementation of solutions.

Key words. NBS, biophilic urbanism, neighbourhood-scale green transformations.

1. Context

The paper Biophilic Urbanism and Nature-Based Solutions is a synthesis work of one of the topics addressed in the doctoral thesis Urban Biophilic Systems, representing a new interpretation of the emerging concept of biophilic urbanism. The doctoral thesis is an innovative approach to green infrastructures focusing on assessing and

understanding the potential sustainable value chains that this system holds or can create. In the doctoral thesis, green infrastructure (in urban areas) is understood as the basis layer, with a supporting role, for the implementation of nature-based solutions (the subject of the case study). Related to the conference “Engineering, design and planning solutions based on nature and green infrastructure”, the paper summarizes the results of an applied research project, funded by Horizon 2020, called proGReg. The project results presented in this paper represent a methodological subcomponent resulting from the experimentation process of innovative cities with 8 NBS, implemented in 4 experimental living urban labs (established in 4 front runner cities: Dortmund, Turin, Zagreb, Ningbo). The methodological tool presented in this paper is used for replicating the proGReg nature-based solution set in other suitable urban environments (first being the follower cities: Cascais, Cluj-Napoca, Piraeus, Zenica). The case study presents the practical applicability of nature-based solutions relevant to the neighbourhood scale, with relatively small-scale solutions being tested in the project. Strategically implemented, in relation to the environmental, social, and economic challenges identified at the neighbourhood level, these nature-based solutions can be used as mechanisms that have the potential to trigger a multi-level urban regeneration (with relevant impact on various aspects of the urban environment - local communities representing direct beneficiaries). In order to contextualize the subject of the doctoral dissertation, Biophilic Urbanism, related to the concept of nature-based solutions and green infrastructure, the paper will briefly define the key terms and concepts: (1) biophilic cities and urbanism with considerations on the personal contribution to this concept, (2) green infrastructure, (3) nature-based solutions. This paper presents a synthesis of the classification of nature-based solutions (according to the doctoral thesis), approached as secondary components of the higher system - green infrastructure (which in turn is subordinated to the anthropic system - the city, acknowledging the relevant relationships

between urban environment - suburban landscape - natural settings).

The term biophilia derives from biology, being popularized by myrmologist and sociobiologist *Harvard E. O. Wilson*. Wilson argues that humans have co-evolved with Nature and that we carry with us our ancient minds and our need to connect and affiliate with nature, to be happy and healthy. Thus, a definition of biophilia is the innate emotional affiliation of human beings to other living organisms. For Wilson, the concept is a set of rules of learnings developed over thousands of years of evolution and human-environment interaction (an aspect that is taken over by the emerging paradigm - Biophilic City). The term biophilia was first used by *Erich Fromm* to describe the psychological orientation of an individual / existence to be attracted to everything that is alive and vital. The concept was taken up by Wilson, using it in a similar sense, saying that biophilia suggests "the connections that people subconsciously seek with the rest of the living elements" (transposed into urban and spatial discourse, biophilia suggests the connections that cities / urban systems seek them intrinsically with Nature).

The Biophilic City, in the literature, is the settlement that is oriented to Nature, which integrates and protects the Natural elements within the anthropic systems, and which is aware of the benefits to human health and the benefits on environmental conditions. Achieving the conditions for a biophilic city will go a long way in stimulating social resilience and the landscape, in the face of climate change, natural disasters and economic uncertainty, and other shocks that cities will face in the future (Beatley and Newman, 2013). An important aspect that the pioneer and main supporter of the *Biophilic City* concept mentions is social and landscape resilience. The degree of social resilience and the landscape is related to ensuring the needs of modern society, ensuring urban comfort, without destroying or adversely affecting the landscape, the identity of the place, the natural environment and those elements that characterize and define the territory (macro relations - landscape, visual

or functional; native species of plants, birds, animals; local methods of agriculture; interaction of communities with nature). This paper builds on the *Timothy Beatley's* speech on the *Biophilic City*, considering the important aspects of the landscape at different territorial scales, focusing on practices / solutions in the field of urban management and planning (by acknowledging the urban design innovations and engineering of new ecological solutions to various of urban challenges).

Biophilic urbanism is the practice of management, design, and planning that makes it possible to create a city that is oriented toward Nature. From the perspective of the doctoral thesis, the most important aspects of biophilic urbanism are management and planning. Ecological technical solutions, biophilic architecture and other such solutions currently have a very advanced level of technological readiness level (TRL, a 9-level ranking - according to the EC standard). The doctoral dissertation notes the lack of urban management and planning practices that address these design techniques in an integrated way. Natural systems - or in short Nature (including: green infrastructure, nature-based solutions, natural areas, natural phenomena, biodiversity, etc ...) must be seen both as a valuable resource, able to generate other resources, to catalyse certain processes and to address a wide range of urban issues: productivity (energy, food), local environment and microclimate, urban resilience (representing the three dimensions of value-chains that can be achieved through GI that embeds proper NBS into the structure - according to the doctoral studies).

Green infrastructure is a system that is (more or less) coherent, structured, composed of natural elements at urban level (and peri-urban). Green Infrastructure is (or should be) a strategically planned network of natural and semi-natural areas with other environmental features designed and managed to provide a wide range of ecosystem services, such as water purification, air quality, recreation space and climate mitigation and adaptation

(European Commission, 2021) – more specifically generate value chains in one or all three dimensions of value-chains. The optimal green infrastructure is constituted as a network, structured, protected, the natural units having a functional role. Sustaining a green economy creates jobs and improves biodiversity. This is where NBS come into play and why they are presented under the narrative of the new biophilic urbanism approach (as presented and argued by the doctoral study). NBS in this paper are seen as components of green infrastructure. It represents that added, functional layer, which introduces new relationships and functions of the green infrastructure, which without these solutions, represent a relatively static system of green / natural spaces. Nature-based solutions are approaches that introduce new value chains (see the three dimensions).

We can only talk about a nature-based solution if it is used in relation to a previously identified problem. The European Commission defines nature-based solutions, for the purpose of changing society, as "solutions inspired and sustained by nature, which are cost-effective, provide ecosystem, social and economic benefits, helping to strengthen the resilience (urban systems)". Nature-based solutions involve an integrated approach of interventions that are adapted to the local context (urban, geographical, climatic, social, and economic) and are resource efficient. Nature-based solutions complement green infrastructure, improve conditions, or develop complementary relationships.

2. Materials and Methods

ProGReg project aims to prove the potential of NBS to address technical, social, and economic challenges and *to make urban transformation work with and for citizens*. Thus, the proGReg arsenal of NBS solutions is relevant **at neighbourhood scale with a strong focus on involving local communities as the main actors of a sustainable change,**

working with post-industrial urban settings.

In order to have a minimum understanding of the results presented in this paper, the "arsenal" of proGReg NBS is shortly presented in Table 1.

An integral and meaningful part of the proGReg project is the knowledge transfer from front-runner-cities (that implemented and experimented with NBS with a various degree of TRL) to follower-cities, that will benefit from the front-runner experiences to construct a regeneration strategy in the form of an urban plan. If proved coherent and efficient, the knowledge developed in this research project will then ensure the replication of good practices (in the form of both technical solutions and management and planning). The replication process that is managed at the moment is focused on strategic and operational guidelines. As a result, there were constructed 2 tools: Roadmap (set of steps to construct the regeneration strategies) and Replication Toolkit (RT) (the subject of this paper). The RT accompanies the Roadmap), providing useful recommendations and tools that can be applied in each of the proposed steps. It is divided in two parts: (1) Strategic Level RT - provides an overview of potential solutions, principles, ideas, to be integrated by follower-cities into their general framework of implementation; focused on planning work and procedures; (2) The Operational Level RT - collects good practices from living-labs and valuable and replicable NBS-related information. The Operational Level RT focuses mainly on how to approach each NBS and what kind of different forms/manifestations of that NBS can be implemented. It encompasses valuable principles that are recommended to be followed. The overall set of information has the purpose of facilitating follower-cities implementation of NBS, by providing the tools to avoid or overcome the most occurring blockages, thanks to the knowledge acquired from front-runner-cities' experiences.

Table 1. ProGlgreg NBS „arsenal„ of solutions, source: <https://progireg.eu/>

NBS1	Leisure activities and clean energy on former landfills	Landfill sites are common in post-industrial areas, as are the challenges of securing them and making use of the space when no longer in use. Their well-exposed high shapes can however be an advantage; they are ideal for producing solar or wind energy, their slopes can be used for different sports, and they provide scenic views when converted into public parks.
NBS2	New regenerated soil	After decades of neglect, the soil in post-industrial areas is often of poor quality, unfit for any use. Importing fertile soil from elsewhere is costly, both environmentally as well as economically. Carbon-neutral methods to restore soil fertility involve combining the poor-quality soil with compost from organic waste and biotic compounds.
NBS3	Community-based urban farms and gardens	Post-industrial areas often lack green spaces for public use. Turning unused urban land into productive community gardens can have a positive impact on locals, contributing to improved mental and physical health through exposure to nature and healthy sources of food and a community feeling.
NBS4	Aquaponics	Aquaponics is the combination of raising fish (aquaculture) in tanks together with soilless cultivation of plants (hydroponics) in a symbiotic environment, whereby the fish wastewater provides the nutrients needed to feed the plants.
NBS5	Green walls and roofs	Green roofs and vertical gardens improve a building’s insulation, reduce storm water run-off, capture CO ₂ , filter pollutants, and increase biodiversity. This all leads to reduced energy consumption and increased urban resilience. Available technology is advanced, but the challenge is to increase uptake by integrating it into local urban policies.
NBS6	Accessible green corridors	Needed for transporting goods, rivers were a common feature of early industrialization. Nowadays in post-industrial cities, they are often left derelict and inaccessible for locals.
NBS7	Local environmental compensation processes	As shown within these nature-based solutions, measures to compensate the environment are available. However embedding them into mainstream policies and urban planning procedures requires more effort, in the shape of establishing the evidence-base for NBS and unlocking funds for example via adaptation funds, taxes or public-private partnerships.
NBS8	Pollinators	This nature-based solution complements all other greening actions of proGlgreg, since pollinators are essential to a healthy and functioning ecosystem. To make urban areas more pollinator-friendly, cities can reduce pesticide use and increase the size of green spaces and plant species diversity. Green networks and corridors help prevent in-breeding of isolated populations, which can lead to species extinction.

3. Results and Discussion

Due to the limitations of the length of this article, it was considered valuable to present here only the Operational Level RT, for each of the 8 NBS

experimented within proGlgreg. The entire set of tools (Roadmap and both level of RT) can be consulted in the proGlgreg H2020 official website, under resources tab – the deliverable *D2.6 Roadmap towards urban planning in FC*.

The following information were constructed with the help of questionnaires, interviews, topic focused debates, and careful and critical analysis of the progress and results of front-runner cities.

3.1. Operational level replication toolkit

NBS 1 – Leisure activities and clean energy on former landfills:

Preliminary activities and strategic settings:

- *Assess the characteristics of the site* - in some cases, the morphology of the territory can result in attractive solutions. According to the range of opportunities regarding the morphology, location, proximities of the site, a set of options can be constructed.
- *Avoid the need for relocation* – find temporary safe uses of the terrain while the soil can be regenerated, or the issue mitigated.

Local community engagement and involvement of stakeholders:

- *Present the expected results* - the lack of incentives for citizens is an obstacle to involving them in the design and implementation activities – to boost appreciation of benefits, it is important to present the expected results, for example in the case of NBS1 the benefits are movement, socialization, and time in the natural environment.

Design of the NBS:

- *Keep it creative* - transforming the former landfill into a solar energy production area combined with sports activities (mind that unforeseen challenges occurred, and sports infrastructure is going to be made in a neighborhood park).
- *Potential linking with other NBS* - generally, former landfills' transformations are also recommended to be linked with NBS6.

NBS2 – New regenerated soil:

Preliminary activities and strategic settings:

- *Identification of the need* - the soil may present poor qualities (scarcity of soil to farm).

- *Stakeholders' engagement* - in order to increase awareness, identify the sites' requirements and potentially collaborate for the needed transformation

Local community engagement and involvement of stakeholders:

- In the case of **Turin**, a social involvement of the local population has been done in order to increase awareness about the experimental site developments and aims.

Design of the NBS:

- *Turin LL innovative approach* - new regenerated soil thanks to biotic compounds for urban forestry and urban farming.

NBS3 - Community-based urban farms and gardens:

Preliminary activities and strategic settings:

- *Check first* - Where edible plants are to be grown, soil contamination tests must be carried out. In case of slight contamination, the soil can be cleaned at a reasonable cost or covered with a layer of uncontaminated soil. In the case of high contamination level, other alternative solutions can be adopted - for example, high raised soil-beds.
- *Never alone* - NBS3 works best when is addressing a specific target group and location - best examples are educational institutions and community centers - it is important to assess all options when constructing the strategy of implementation.

Local community engagement and involvement of stakeholders:

- *Collaborative means creative* - The local community must be consulted regarding the needed functions of NBS3, and also to help with new creative ideas - in the case of Zagreb the idea for a therapeutic garden was born.
- *Taking ownership* - Local institutions (especially schools and administrative

buildings) can become the main stakeholders in the intervention - being the main users and the maintenance team.

- *Gradually involvement* - Turin interventions within school premises involved direct contact with the teachers. The families of the pupils involved in the co-design have been reached through teachers - in this way the maintenance of the gardens will transfer gradually from the staff to teachers - non-teaching staff - families.

Design of the NBS:

- *Dortmund*: self-irrigating raised beds are being constructed on a section of the Gustav-Heinemann park. The park is built on an old brickwork factory, so it is not possible to grow edible plants in the ground. The nearby school would like to establish a school garden.
- *Zagreb*: NBS3 continued a former successful intervention of community garden, where an instrument of using the plots was created - an application for the use of a garden plot can be submitted by only one member of the joint household - each applicant has a specific set of responsibilities regarding the use of the plot.
- *Dortmund* - Think BIG! - Dortmund LL is not addressing a garden, but a food forest. Assess if the spaces are available and if the intervention is feasible – a critical mass of users is crucial.
- *Potential linking with other NBS* - NBS4, NBS8.

NBS4 – Aquaponics:

Preliminary activities and strategic settings:

- *Location is key*- Dortmund chose to use a former industrial historical monument. For NBS4, being mainly a technical solution, it is important to opt for maximum exposure.
- *Design* - Create partnerships from an early stage to work on concepts. Zagreb team worked with the Faculty of Architecture for the design of the

HUB, which includes green walls and roofs, and aquaponic.

- *Think of a business model* - the intervention is expensive, and it has to be proved sustainable - see Zagreb and Turin adopted solutions.

Local community engagement and involvement of stakeholders:

- *Ensuring maintenance is crucial* -In the case of Dortmund, the intervention is managed by the University of Applied Science. Given the difficulties in managing such an infrastructure, the sustainable partner must be found.
- *The Labor Market* - Aquaponics represents a great resource for the labor market. Turin developed the idea of supplies for the most vulnerable part of the population - through a borough house that help those citizens in need by offering a free canteen.

Design of the NBS:

- *Dortmund Business models*: Farm-to-table (producing products for a restaurant that is located on the same sit) and Rent a Field (rent rafts to citizens rather than producing and marketing products).
- *Zagreb innovative idea of linking NBS* - Seedling factory with aquaponics installations and green roof - GOOD idea to combine two NBS into one infrastructure (NBS4 and NBS6)
- *Linking with other NBS* - NBS3, NBS5, NBS6

NBS5 - Green walls and roofs:

Preliminary activities and strategic settings:

- *Link the solution to an existing building on which you might have a certain level of control* - linking the NBS to an institutional building can ease the implementation process. Negotiations can be held with private actors, but then the results are dependent on the progress of the investor.

Local community engagement and involvement of stakeholders:

- *Ownership* - in the case of NBS5, a certain level of ownership may be

hard to achieve, given the nature of the intervention (in the case of green roofs, not as easy to access as regular green spaces) - see Turin case.

- *Management can be taken over by a local association* - depending on the level of needed maintenance (dictated by the nature of the intervention), different stakeholders may be fit for the job. In the case of specialized intervention, as is the case with Turin WOW green roof, the maintenance is taken over by Associazione Parco del Nobile (beekeepers) through OrtiAlti resources (local NGO).

Design of the NBS:

- *Turin* - one of the NBS5 interventions focuses on making an existing green roof accessible to the community, especially the disabled and elderly. The other intervention is creating a green wall indoor within the local school - in this case, the intervention has a high chance of success, as concerns taking ownership and education, but the environmental impact at the green infrastructure level is low (due to the fact that it is an indoor intervention, not related/connected with the other NBS interventions).
- *Potential linking with other NBS* - NBS3, NBS8, NBS6. In the case of Turin, the WOW green roof intervention is strictly connected with the other NBS expected in the same area: The Pollinator-friendly Garden and the apiary.

NBS6 - Accessible green corridors:

Preliminary activities and strategic settings:

- *Synergies with other NBS can be planned very easily* - the most important element being the land ownerships and the overall distribution of NBS in the LL.
- *Assess the opportunities* - besides connecting NBS at the level of the LL, NBS6 has first to satisfy the local community needs as in mobility/accessibility.

- *Thorough site analysis at the Regeneration Area Level or more* - also pay close attention to the local plans/projects of development regarding the road infrastructure and the green system.
- *Maximize the impact* - a green corridor can take many forms. In the case of some FRC, the corridor has the purpose of a connector.

Local community engagement and involvement of stakeholders:

- *Pay close attention to citizens' needs as concerns accessibility and mobility* - for example, citizens of Dortmund LL have been asking for long time for a connection between the settlement and the Duesenberg leisure area. If the community has not expressed these kinds of needs, then it is important to collaborate and co-design with the community to deliver meaningful interventions.
- *Include the local community as much as possible* - given the nature of the intervention, the local level participation might differ. In some cases, can be at the level of actual co-design and in other cases the participatory level may stop at consulting

Design of the NBS:

- *Turin LL case* - making post-industrial sites and renatured river corridors accessible for local residents is a good approach to be replicated to FC cities where possible - this approach initiates the first steps in local urban landscape regeneration.
- *Zagreb LL case* - creating a green corridor that also has the function of a bicycle track, connecting a peripheral neighbourhood to the centre of Sesvete neighbourhood.

NBS7 - Local environmental compensation processes:

Preliminary activities and strategic settings:

- *Careful documentation of the local regulations and legislation* is the first activity for this specific NBS.

Local community engagement and involvement of stakeholders:

- In relation to the identified set of problems collaborate with the stakeholders that: a – hold the resources, b -will benefit from the implementation of solutions.

Design of the NBS:

- Incentives measures are subject to creativity for each municipality wanting to go this path. First delineate the problems, then assess the resources, see what is missing and who can provide, further, estimate the impact of various incentives measures, and then chose the win-win situation.

NBS8 - Pollinator biodiversity:

Preliminary activities and strategic settings:

- *Collaborative planning with specialized institutions (preferably local)* - NBS8 is a high environmental technical intervention, efficient collaboration with specialized stakeholders is crucial.

Local community engagement and involvement of stakeholders:

- *Knowledge, education, empowerment* - in Turin, disabled groups were key stakeholders at the local level, a major achievement being training 8 disabled persons in becoming “butterfly experts”.
- *Keeping the community engaged through various online/offline events and activities* - see the case of Turin LL (implementing a series of educational material, including a contest open to all citizens).

Design of the NBS:

- *Business model* - in the case of Turin LL, in order to convince the other associations that will participate in the project to keep the commitment, a membership fee is required, for

each applicant will receive training workshops.

- Potential linking with NBS3 and NBS6

6. Conclusions

Green transformations of the urban environment are still being researched and experimented. This paper takes the occasion to disseminate the results of one of the most complex applied research projects about NBS. At the same time, this paper aims to advocate for a more practical and integrated understanding of the term/concept biophilic urbanism. The author of the present paper advocates for a clear location of NBS (in this scale at the level of neighbourhood) in all speeches related to biophilic cities.

REFERENCES

- Beatley T, Newman P. (2013), *Biophilic Cities Are Sustainable, Resilient Cities*, Sustainability **5(8)**: 3328-3345.
- European Commission (2021), *Ecosystem services and Green Infrastructure*, <https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/>
- Papina C., Budau E. (2021), *D2.6 Roadmap towards urban planning in Follower Cities*, H2020 proGReg project deliverable, Horizon 2020 Grant Agreement No 776528, European Commission, Brussels, Belgium.
- Wilson E. (1984), *Biophilia*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Yigitcanlar T, Kamruzzaman M. (2015), *Planning, Development and Management of Sustainable Cities: A Commentary from the Guest Editors*, Sustainability **7(11)**:14677-14688.