

EVALUATION OF URBAN CATALYSTS THROUGH HISTORY

Vaiva Balvočienė, Kęstutis Zaleckis

Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Studentų g. 48, LT-51367 Kaunas, Lithuania

E-mail: vaiva.vaitkeviciute93@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8193-6203

E-mail: kestutis.zaleckis@ktu.lt, ORCID: 0000-0001-9223-9956

DOI: 10.24427/aea-2020-vol12-no3-01

Abstract

Based on literature research 38 urban catalysts were chosen and evaluated using 19 parameters. This shows changes of urban catalysts through history. Four different groups of urban catalysts were framed after analyzing them with the SPSS statistics program. The main task of this evaluation was to better understand the origins of urban catalysts, reasons for their interconnectedness and further outcomes, as well as discover a basis for later city fabric modelling. The observed relation between the configuration of the first point and its influence on the surroundings might suggest a strategy for urban planners and architects in attempting to revitalize abandoned territories or bring economic and social changes to the existing neighborhoods in the future.

Keywords: catalytic processes; evaluation; historic overview; perception

INTRODUCTION

Catalytic processes in urbanism are visible throughout the whole history from the moment when the first cities were established. The idea behind an urban catalyst is that only minor changes are made in city fabric to evoke bigger consequences. One of the pioneers in this topic was Polish author Kazimierz Wejchert [K. Wejchert 1984]. The concept of an urban catalyst assumes that one point undergoes a change and leads to further, related changes in its surroundings (Fig. 1). That is why it is important to identify that first point of change and define the following process. This might help to make visible changes in urban structure without putting too much effort. Most observations show an effect which was not planned in the beginning but noticed after the catalytic process had already happened. The aim of this analysis is to provide an overview of the most outstanding urban catalysts throughout the history of cities and suggest an evaluation based on the type of the first point that sparked the process as well as the sort of its impact on the surroundings.

In reviewing the observed any of catalytic process, its main aspect can be noticed quite quickly, as

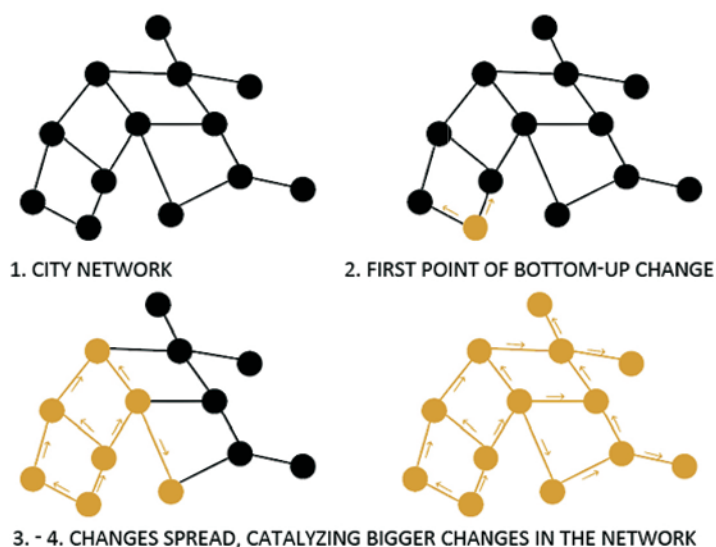


Fig. 1. Idea of Urban Catalyst; source: by the author

most of the time it is observed only after it has already occurred. Namely, some processes bring new quality to the city. It might be greenery and sustainable city solutions [M. Cerreta, I. Salzano 2009], new functions [P. Oswalt 2011], changes in regulations and law, cultural changes [K. Christiaanse, K. Hoege 2006], etc. But if a catalytic process could be stimulated by bottom-up principle, it is important to find the first point which needs to be stimulated and so that the forthcoming process might happen accordingly. The main task in this case would be the recognition and observation of this process within a time frame, because only by tracking it is possible to forecast what will happen next.

1. URBAN CATALYSTS OVERVIEW. EVALUATION PARAMETERS

38 different catalysts, such as nature conditions, new buildings, innovations, diseases, connections, were chosen during literature review and evaluated using 19 parameters. The choice of the catalysts is based on the review of the literature on main changes in urban history on the chronology of these events and significant keywords. The catalysts were grouped according to the time they originated from, starting with nature conditions (rivers, hills, forests), which had an impact on the establishment of the first cities around 3000 BC [Y. Yasuda 2012], and going along the timeline until the emergence of such factors as new media, cinema and tourism, which have an influence on our cities right now (Fig. 2). Catalytic processes are seen in the establishment of the first cities, one of them being the junction of 3 main functions that formed a city center and expanded the surrounding territories [L. Mumford

1961]. The equality principle in Ancient Greece was clearly reflected in city plans, as they were divided by a grid, parts of it being very similar, where the smallest one was an individual unit with several households [A. Zuiderhoek 2016]. The invention of water supply and street formation encouraged even bigger changes and fostered the spread of the network [D. Deming 2020; C. van Tilburg 2007]. Roman forum and Greek agora were one of the first multifunctional meeting spots in the city, accumulating a lot of ongoing around them, bringing new functions and economical changes [S. O'Leary, B. Brasher 1996]. In later ages, such junctions and function-accumulating areas were monasteries and palaces [J.W. O'Malley 2013; J. Rowe 1958]. Renaissance aesthetics encouraged the creation of an axis in the city, which not only connected two points and formed a visual connection, but also created streets and attracted functions around it. Axial planning is clearly visible in such cities as Valetta, Grammichelle or Palmanova, a lot of Italian squares (St. Peter's and Campidoglio squares, Dei Quiriti square connected to Castel Sant' Angelos in Rome). In Lithuania, the Valakai reform established in 1547 drastically changed territory planning. Even though it was a planning document, not a physical addition or change, it brought territory expansions [P. Kalnius et al. 2008]. One of the biggest changes in territory planning was caused by the invention of steam engine and railway. It fostered traveling and thereby expanded the surrounding territories [W.T.L. Jiwei 2006]. At a later time, EXPO events brought a new cultural taste to cities, making huge expansions, i.e. organizing territories only for expositions, attracting new functions, but also bringing trouble to the city while trying to reuse expanded city parts [W.U. Zhi-qiang 2008]. Similar changes were brought about

3000 BC				400-300 BC				200-100 BC																	
NATURE CONDITIONS (RIVER, VISIBILITY...)		3 CITY FUNCTIONS (CITY ORIGIN)		EQUALITY PRINCIPLE IN ANCIENT GREECE		WATER SUPPLY		STREETS		AGORA		FORUM IN ROMAN EMPIRE													
500-600				1547				1851				1911													
MONASTERY (MIDDLE AGES)		AXIS (RENAISSANCE)		BAROQUE PALACE		VALAKAI REFORM		RAILWAY		EXPO		INDUSTRIAL REVOLUTION		CANCELLATION OF BAUDŽIAVA		EPIDEMICS (PLAGUE, TYPHUS IN OTAWA 1911- 1912)									
20TH CENT.								1993								2009									
OLYMPIC GAMES		ARC OF TRIUMPH		MODERNISM – FUNCTIONAL ZONES		POSTMODERNISM - POLIFUNCTION		MODERN ROAD DEVELOPMENT, PERSONAL CARS		TRADE ROUTES		MUSEUMS (BILBAO, GUGGENHEIM)		CONSERVATION OF HISTORIC BUILDINGS		NEW YORK HIGH LINE									
NOW																									
LEISURE CENTERS		COMMUNITY		TEMPORARY USE		WATERFRONTS		PARKS AND GREENERY		FREE SPACE		EVENTS		CULTURE		RENOVATION OF INDUSTRIAL ZONES		ARCHITECTURE		CINEMA		TOURISM		NEW MEDIA	

Fig. 2. Chronology of 38 chosen Urban Catalysts; source: by the author

by the organization of the modern Olympic Games in the 20th century [S. Essex, B. Chalkley 1998; E. Kassens-Noor 2010]. The industrial revolution brought even bigger changes to cities. Industrial factories started to grow, forming totally new cities around them. A new infrastructure was built very quickly in order to provide services to factory workers and their families, creating a dense and unhealthy environment to live and work [R.C. Allen 2009]. Next, the cancellation of serfdom, a system of land division in Lithuania, brought more freedom to territory planning – land did not belong to a small circle of rich landowners anymore, but was divided into smaller plots [T. Bairašauskaitė 2015]. Epidemics, such as plague and typhus, also led to the expansion of cities and changed their network, since it was crucial to keep right distances. Even nowadays it can be seen how many drastic changes a disease can bring to culture and the city in the conditions of the COVID-19 crisis [S. Lloyd 1979; C.B. Taylor et al. 2020]. One of the best examples of clearly spotted urban catalysts are triumphal arches. As a sculptural object, it can change territory planning around it because of its strong visual impact on the surroundings [A. Clerici, I. Mironowicz 2009]. Nevertheless, very distinct ideas of modernism and postmodernism have made great changes in cities by means of the top-down principle, as they both were intentional ideas later seized in planning documents created by city planners [S.M. Low 1999; J. Holston 1989; P. Harrison 1996]. Other modernist ideas brought private cars to cities, which considerably changed the perception and the territory network, since almost everyone had a private car and could work in the city while living in the suburbs. Distances shrank in a psychological dimension [S.M. Low 1999]. Museums, such as Bilbao and its Guggenheim, started to make a great impact on cities at the end of the 20th century, attracting new functions and forming local centers around them [C. Grodach 2008]. One of the well-known linear phenomena of our century is New York's High Line park, which not only formed connections and a green area in a densely populated territory, but also attracted commerce and culture as well as encouraged the creation of apartment buildings which are one of the most expensive in the city [K. Aitani, V. Sathaye 2018].

Nowadays, urban catalysts might have a physical shape and are similar to the ones mentioned before. Leisure centers are similar to museums and palaces, since they also attract functions and have a territorial character, forming the surrounding mini-centers [J. Bender 2003]. Reusing the existing capacity is one of the main ideas of sustainable design, thus it is very important that a catalyst should, for example, involve reus-

ing old territories (such as big industrial zones in cities) or conserving historical buildings, bringing them back to life [A. Hurley 2010; W.S. Mahmoud, T.A. Mohammed 2015; B. Yan, R. Su 2014]. Waterfronts and parks are probably the most well-known public spaces which can also catalyze changes [R. Marshall 2004; M. Cerreta, I. Salzano 2009]. There are also ideas about a catalyst's function or even lack of it as a premise to be creative and bring changes. P. Oswalt is one of the pioneers in the urban catalyst movement, postulating an idea that a temporary use of a facility might encourage a lot of changes in the city. Thus, a strategically placed temporary use of empty places with no function at all can become an urban catalyst [P. Oswalt 2007, 2011]. Events, culture, cinema, new media, tourism and community can become urban catalysts without a physically expressed shape. These things have a potential to change the surroundings by means of the bottom-up principle, since the agents making such a change are people, their money, movement, ideas and creativity [P. Benneworth, H. Dauncey 2010; M. Camhis, S. Fox 1992; G. Ferilli et al. 2017; S. Kristo, J. Dhiamanti 2016; M.M. Oliveira 2020; T. Abdel-Ghani 2017; S.J.C.S.M. Fagence 1995, H. Weiner 2010; N. Walravens et al. 2014].

It is visible that the first points of catalysts have a clear physical structure. Still, they might also constitute changes in the legal system or even revolutionary events in history and science. This means that there are a lot of ways to achieve catalytic results without the existence of an architectural or urban tool.

The selected evaluation parameters are to show the connection between catalyst establishment and the result it brought about. It could give a strategic shape to a catalytic action in the future. The main parameters represent: how catalysts were established or originated (1), what is the shape of the catalyst (2), what kind of result it brought to the city (3). The parameters are based on a yes/no (1/0) principle matrix and are listed below:

1. Based on impact:

- It was a planned act (yes/no);
- Brought an expansion of territories (yes/no);
- Brought a new function (yes/no);
- Increased people flow (yes/no);
- Brought economical changes (yes/no);
- Changed opinion (yes/no);
- Its impact was predicted (yes/no);
- The change was bottom-up (yes/no);
- The impact was stable (yes/no).

2. The first point was:

- A new function;
- External conditions;
- An innovation;
- A connection.

3. Its shape was:

- A spot or a junction;
- Linear;
- Territorial;
- Seeming, imaginary.

4. Its origin was:

- Human-made (yes/no);
- Contextual or contrast-based.

A 19x38 matrix was formed to see how changes in the results change for each catalyst and it has goes without sayings shown that there is no visible evidence, that for the similarity of the catalysts that occurred catalysts were somehow similar in a particular period of time. The Matrix looks scattered, which shows, proves that there were appeared all types of urban catalysts throughalong the timeline (fig. 3).

		3000 BC		400-300 BC		200-100 BC		500-600		1547		1851		1911				
CATALYST	QUALITY																	
	PLANNED ACT (Y/N)	NATURE CONDITIONS (RIVER, VEGETATION...)	3 CITY FUNCTIONS (CITY ORIGIN)	EQUALITY PRINCIPLE IN ANCIENT GREECE	WATER SUPPLY	STREETS	AGORA	FORUM IN ROMAN EMPIRE	MONASTERY (MIDDLE AGES)	AXIS (RENAISSANCE)	BAROQUE PALACE	VALMAGU REFORM	RAILWAY	TRAM	INDUSTRIAL REVOLUTION	CANCELLATION OF BALCONY (1911)	EPHEMERAL (PLANNING TYPE) IN GERMANY (1911-1912)	
IMPACT	EXPANSION (Y/N)																	
	FUNCTION (Y/N)																	
	PEOPLE FLOW (Y/N)																	
	ECONOMICAL (Y/N)																	
	COMMON CHANGE (Y/N)																	
	IMPACT PREDICTED (Y/N)																	
	TOP DOWN/ BOTTOM UP																	
	SCALE/TIMORAL																	
	FUNCTION																	
	EXTERNAL CONDITIONS																	
FIRST POINT	INNOVATION																	
	CONNECTION																	
	SPOT, JUNCTION																	
	LINEAR																	
SHAPE	TERRITORIAL																	
	SEPARATE, BARRIERY																	
ORIGIN	HUMAN MADE/ NATURAL																	
	CONTEXTUAL/ CONTRAST BASED																	

		20TH CENT.		1993		2009		NOW															
CATALYST	QUALITY																						
	PLANNED ACT (Y/N)	OLYMPIC GAMES	APC OF TRIBUNALS	MODERNISM - FUNCTIONAL ZONES	POSTMODERNISM POLIFUNCTION	MODERN ROAD DEVELOPMENT PERSONAL CARS	TRADE ROUTES	MUSEUMS (BRIDGES, CLUSTERING)	CONSERVATION OF HISTORIC BUILDINGS	NEW YORK HIGH LINE	LEISURE CENTERS	COMMUNITY	TEMPORARY USE	NATURAL SPOTS	PARKS AND GREENERY	FREE SPACE	EVENTS	CULTURE	RENOVATION OF INDUSTRIAL ZONES	ARCHITECTURE/CINEMA	TECHNISM	NEW MEDIA	
IMPACT	EXPANSION (Y/N)																						
	FUNCTION (Y/N)																						
	PEOPLE FLOW (Y/N)																						
	ECONOMICAL (Y/N)																						
	COMMON CHANGE (Y/N)																						
	IMPACT PREDICTED (Y/N)																						
	TOP DOWN/ BOTTOM UP																						
	SCALE/TIMORAL																						
	FUNCTION																						
	EXTERNAL CONDITIONS																						
FIRST POINT	INNOVATION																						
	CONNECTION																						
	SPOT, JUNCTION																						
	LINEAR																						
SHAPE	TERRITORIAL																						
	SEPARATE, BARRIERY																						
ORIGIN	HUMAN MADE/ NATURAL																						
	CONTEXTUAL/ CONTRAST BASED																						

Fig. 3. Catalysts and parameters matrix (yellow box symbolizes a "yes" answer); source: by the author

2. MULTI-DIMENSIONAL SCALING

A multidimensional scaling procedure was chosen to analyze catalysts and exclude similarities between them. This procedure can reduce the number of dimensions in the statistical model, which has a lot of different variables. The model counts similarities between the variables and projects these similarities in a chosen (in this case – two-dimensional) view. The

MDS procedure conducted in the SPSS statistics program has led to the creation of four clusters (Fig. 4).

Multi-dimensional scaling shows catalysts which are most similar to one another, based on analysis parameters. Smaller distances between catalysts (variables) in the distance model diagram show greater similarity, while bigger distances show that the variables are not similar to one another.

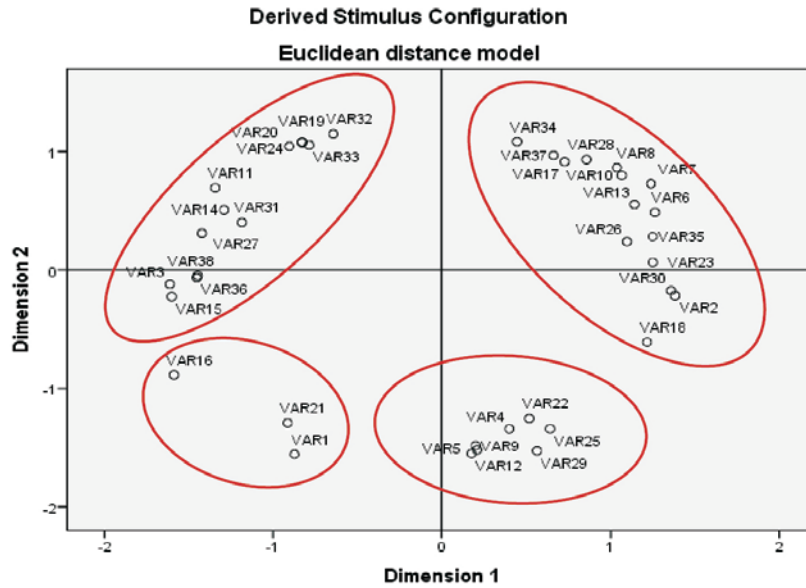


Fig. 4. Variables after the MDS procedure in a two-dimensional view; source: by the author

The MDS research formed 4 clear clusters in a two-dimensional view. Two of them are visibly bigger than other. The group composed of variables 1, 16 and 21 is the smallest and the clustering result is not as clear as in other 3 groups.

3. CHARACTERISTICS OF 4 GROUPS OF URBAN CATALYSTS

1. Group 1 contains 13 out of 38 initial catalysts. It can unarguably be observed that all catalysts in this group have one thing in common – they all are not physical structures, but laws, new inventions and culture events. Hence, this group of catalysts can be defined as human-made innovations (Fig. 5).
2. Group 2 is the smallest and is made up of only 3 catalysts (Fig. 5). They are all rather drastic events or changes in history and nature conditions which had an extensive impact on the life of the first civilizations. All of them were unplanned, had a stable outcome and expanded the surrounding territories. Because of their drastic nature, it is not surprising that these catalysts did not relate to any other catalyst groups.
3. Group 3 is the biggest and contains 15 catalysts. Apart from its considerable size, it is also the most complex one. Almost all catalysts in this group are planned and human-made; all of them changed the function around them. They all are territorial and spotted, which means that they have a clear physical shape.

1 GROUP														
PRINCIPLE OF CITIZEN EQUALITY IN ANCIENT GREECE	RESCISION OF BAUDŽIAVA	CINEMA	NEW MEDIAS	COMMUNITY	INDUSTRIAL REVOLUTION	FREE SPACE	VALAKAI REFORM	CONSERVATION OF HISTORIC BUILDINGS	CULTURE	POSTMODERNISM - POLIFUNCTION	MODERNISM - FUNCTIONAL ZONES	EVENTS		
2 GROUP														
NATURE CONDITIONS (RIVER, HILL...)				EPIDEMICS (PLAGUE, TYPHUS)				MODERN ROAD DEVELOPMENT, PERSONAL CARS						
3 GROUP														
RENOVATION OF INDUSTRIAL ZONES	TOURISM	TEMPORARY USE	OLYMPIC GAMES	BAROQUE PALACE	MONASTERY (MIDDLE AGES)	FORUM IN ROME EMPIRE	AGORA	EXPO	LEASURE CENTERS	ARCHITECTURE	MUSEUMS (BILBAO GUGGENHEIM)	PARKS AND GREENERY	3 CITY FUNCTIONS (CITY ORIGIN)	ARC OF TRIUMPH
4 GROUP														
WATER SUPPLY		TRADE ROUTES		AXIS (RENAISSANCE)			STREETS		NEW YORK HIGH LINE		WATERFRONTS		RAILWAY	

Fig. 5. Groups of catalysts; source: by the author

4. Group 4 contains 7 catalysts which are all human-made, linear and connecting something. Similarly to the catalysts in group 3, they all have a clear linear, though different, shape.
5. 3 out of 4 groups could be changed by people, and only one cannot. This means that the directly changing first point of the process in groups 1, 3 and 4 could bring a planned change in the urban fabric. The first point may not only be a structural physical change of the environment, but it can also involve intentional changes in laws and urban documents (it has no physical shape), bringing an initial change in the city. These four groups constitute only a direction for later arrangements of urban catalysts, since it gives a better understanding about how the initial change and the consequences might correlate. It also provides clear evidence that catalysts can be evaluated by their initial shape and origin, which is very important for modelling city changes on the computer.

These 4 groups bring a better understanding about the origins of urban catalysts and a manner of elaborating on further changes. It is very important to understand the principle of catalytic changes in order to make them into a strategic action. The evaluation of urban catalysts might suggest a basis for later computer modelling of the city fabric and give architects and urban planners a new point of view in reviving and improving our cities with a smaller effort.

4. URBAN CATALYSTS AND SPACE SYNTAX

The city structure can be explained by a lot of different theories, such as the fractal city theory, the cellular automaton, the mathematical network model and others. The fractal city theory is analyzed by such authors as Nicos A. Salingaros or Ch. Alexander and later used by many others. It explains connectivity and hierarchy of the city and it can highlight pathological changes or deformations of the city, such as urban sprawl, similarly to the principles used to recognize early oncological lesions in the human body in medicine [N.A. Salingaros 2000; C. Alexander, J. Quinan 1981]. It can demonstrate and predict how changes on a smaller scale might influence other city parts. This theory, on the other hand, is mostly based on analyzing the existing city structures. This kind of analysis can signalize if the city structure is symmetrical, if individual parts of the city are easily accessible and if the structure is not too complex, yet not too simple. Symmetry in this case is understood as if A was a neighbor to B, then B was a neighbor to A. Accessibility shows the

number of connections within one place in comparison to others. Complexity involves comparing how a pattern's detail changes with the scale against which it is juxtaposed. It means that structures should be balanced – not too simple, yet not too complicated, and this can be expressed mathematically.

A cellular automaton is a research theory based on an infinite grid filled with autonomous cells. Each of them can change its state when the ones next to it change theirs. Changes happen synchronously, based on rules set before the experiment. Changes happen as time (or steps) of the experiment changes. The best-known example of this system is called the "Game of Life". In this example cells have only two possibilities: to be dead or alive. These changes are based on the state of the neighbors. The cell stays alive if it has 2 or 3 living neighbors, otherwise it dies of loneliness or crowdedness. If the cell is dead, it may become alive again if it gets 3 living neighbors. This system might be used as a starting point for agent-based modelling, predicting and observing the dynamics of a city, explaining social, economic, urban changes by self-regulation in the city [M. Delorme, J. Mazoyer 2013].

The complex graph model of Space Syntax partially connects the two aforementioned models. It is based on self-regulation principles of the city and a graph-theoretic representation (nodes and edges), as well as on the hierarchy and the number of connections, real or hypothetical lengths of walk between the nodes (it shows the deepness of the structure). The origin of this theory dates back to the 18th century, when L. Euler described the problem of Königsberg Bridges. The city of Königsberg was situated on both sides of the Pregel River, which also had two islands. The city and islands were connected by seven bridges. The problem raised by Euler for the citizens was to find the way to walk through the city so that one would cross every bridge only once. However, Euler himself already knew that this route did not exist and the underlying problem was geometry [L. Euler 1956]. The idea of urban catalysts is deeply connected with spatial analysis, since it is based on city network modelling as well as predicting changes in the city fabric. Space Syntax is a tool which cannot only suggest design patterns for architects and urban designers, but also making these changes more reasonable in terms of connectivity and visibility, or making arrangements for the public space network. The urban catalyst idea involves change prediction, which would allow for making the first point of the action intentional and clear. From the previous research it can be observed that the initial shape of urban catalysts can be: a spot or a junction (crossroads, connections); linear (roads, rivers, borders); territo-

EVALUATION OF URBAN CATALYSTS THROUGH HISTORY

ASPECTS OF SPATIAL CAPITAL	EXPLANATIONS ACCORDING TO LM	INDICATORS OF SEGMENT GRAPH	INDICATORS OF VISUAL GRAPH	INDICATORS OF CONVEX GRAPH	INDICATORS OF BUILDING GRAPH (TRADITIONALLY NOT USED IN SPACE SYNTAX MODELS)
DIVERSITY	CERTAIN URBAN AREAS ATTRACT MORE ACTIVITIES/USERS /OBJECTS AND SUPPORT DIVERSITY IN THIS WAY THROUGH CREATION OF CO-PRESENCE CONDITIONS	INTEGRATIONS (AIN) (PLACES OF HIGH REACHABILITY); CHOICE (ACH) (TRANSIT FLOW WHEN MOVES ARE BROUGHT TOGETHER)	VISUAL CONNECTIVITY, STEP DEPTH, ENTROPY, INTEGRATION, CLUSTERING COEFFICIENT AND OTHER VGA INDICATORS; METRIC STEP DEPTH AS SOCIAL-SPATIAL CONTROL INDICATOR; NORMALIZED SOCIAL-SPATIAL REACHABILITY INDEXES (K2)	DEGREE OF CONSTITUTEDNESS, DEPTH, INTERVISIBILITY	BUILDING BETWEENNESS, REACH, CLOSENESS
SELF-ORGANIZATION	HIGHER CONNECTIVITY AS A BACKGROUND FOR CREATION OF NEW FUNCTIONAL PROCESSES INSTEAD OF THE OLD ONES.	METRIS REACH WITHIN LIMITED RADIUS; EMBEDDEDNESS (EBD); LOCAL INTEGRATION (AIN); LOCAL CHOICE (ACH) MAX AND MEAN VALUES RATIO; NORMALIZED ANGULAR CHOICE AND INTEGRATION (NAIN, NACH)	VISUAL CONNECTIVITY, LOCAL INTEGRATION, CLUSTERING COEFFICIENT AND OTHER INDICATORS OF VGA	FRAGMENTATION OF CONVEX GRAPH	BUILDING REACH WITHIN LIMITED RADIUS
MEMORY	CERTAIN DEGREE OF AUTONOMY OF HISTORICAL PARTS OF URBAN STRUCTURE WHICH ALLOWS THEM TO SURVIVE AND BE USED AS REFERENCE POINTS IN FUTURE URBAN DEVELOPMENT IF NEEDED	METRIC REACH, EMBEDDEDNESS WHICH DOES NOT OVERLAP WITH HIGHEST VALUES OF GLOBAL INTEGRATION AND CHOICE	INDEXES OF VGA AS CLUSTERING COEFFICIENT, MEAN DEPTH, ETC. WITH LOCAL RADIIUSES	DEGREE OF CONSTITUTEDNESS, DEPTH, INTERVISIBILITY IN COMBINATION WITH LOCAL INDICATORS OF ANOTHER GRPHS	BUILDING REACH WITHIN LIMITED RADIUS IN COMBINATIONS WITH LOWER VALUES OF GLOBAL BETWEENNESS AND CLOSENESS

• ALL INDICATORS COULD BE CALCULATED WITH ADDITIONAL WEIGHTS OF THE GRAPH NODES, E.G. BUILDING REACH COULD BE WEIGHTED BY BUILDING PERIMETER, ETC.

Fig. 6. Urban Catalyst idea through the Space Syntax (Spatial Capital) concept; source: by the author

rial (squares, parks, plazas); seeming, imaginary (with no initial physical shape). The first three have a clear shape and can be modelled using a Space Syntax visual graph or segment analysis. It would allow for predicting what kind of benefits catalytic changes could bring to the city and how to better justify the outcome of new projects. The ideas could be implemented into a design process.

“Spatial” catalysts could be modelled on the base of the Spatial Capital concept by Lars Marcus [L. Marcus 2010]. He claims that certain spatial urban configurations create additional values for urban functions and support social/cultural activities. In terms of the city as a complex system, Marcus describes three “functions”/aspects of the Spatial Capital: support for diversity, self-organization which depends on connectivity and memory (subscribed differently) (Fig. 6). All the three aspects of the spatial urban structure could be modelled while using Space Syntax – an approach based on the mathematical graph. Various existing and new combined syntactic indicators could be used/tested for modelling the above-mentioned aspects. In all cases it is required to validate the calculations against real data.

CONCLUSIONS

1. A historical overview suggested a clear evaluation of urban catalysts which would not only allow for better recognition of the changes implemented in the city, but also for predicting the possible outcome. 4 groups of catalysts were established which can be later supplemented by new urban catalysts. This expla-

ins the connection between the nature of the urban catalyst and the observed outcome.

2. Group 2 is visibly the smallest, since it includes only 3 catalysts. This group is exceptional because all of the catalysts were not planned by people, and they all brought stable changes to the city. However, this group of catalysts could not be somehow influenced, because its establishment was not planned.

3. All other groups contain catalysts which were somehow planned or made by people. Group 1 contains human-made innovations which are not physical. All of them are innovations, legal principles, etc., and not buildings or territories.

4. Group 3 is the most complex and the relations and similarities within it are not so clear. Thus, it can be observed that all the catalysts in this group have a clear shape – they are spots or territorial; also, all of them changed the function around them after being established. Most of them were made by people.

5. Group 4 is really clear in the shape of the included catalysts. All of them are linear and human-made.

6. The research shows that catalysts can be evaluated, based on their shape and origin, also in terms of the impact they brought. In this case the table of catalysts might be supplemented by other catalysts, since the core of each group is known.

7. There are a lot of indicators of Space Syntax, which might supplement the idea of urban catalysts and help to model these changes in the urban fabric. Numerous values of Space Syntax could bring a quantitative component to the further research.

LITERATURE

1. **Abdel-Ghani, T., (2017).** *Cinema as an urban catalyst for creative cities: the case of post-revolution Cairo*. In V Congresso Internacional Cidades Criativas: Libro de Actas (pp. 395-406). Icono 14 Asociación Científica.
2. **Aitani, K. and Sathaye, V., (2018).** *New York High Line as Urban Catalyst: Impact to Neighbourhood*. In 24th ISUF International Conference. Book of Papers (pp. 1665-1672). Editorial Universitat Politècnica de València.
3. **Alexander, C., Quinan, J. (1981).** *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. Leonardo.
4. **Allen, R. C. (2009).** *The British industrial revolution in global perspective*. Cambridge University Press.
5. **Bairišauskaitė, T. (2015).** *Kova dėl žemės: dvaro ir laisvųjų žmonių santykiai sprendžiant žemės nuosavybės klausimą XIX a. II pusėje*. Lituania, 61(1).
6. **Bender, J., (2003).** *An Examination of the Use of Urban Entertainment Centers as a Catalyst for Downtown Revitalization*.
7. **Benneworth, P. and Dauncey, H., (2010).** *International urban festivals as a catalyst for governance capacity building*. Environment and Planning C: Government and Policy, 28(6), pp.1083-1100.
8. **Camhis, M. and Fox, S., (1992).** *The European Community as a catalyst for European urban networks*. Ekistics, pp.4-6.
9. **Cerreta, M. and Salzano, I., (2009).** *'Green Urban Catalyst': An Ex Post Evaluation of Sustainability Practices*. na.
10. **Christiaanse, K., & Hoeger, K. (2006).** *Corporate urbanism and sustainability*. 2006, 77.
11. **Clerici, A., & Mironowicz, I. (2009).** *Are landmarks essential to the city—its development?*
12. **Delorme, M., & Mazoyer, J. (Eds.). (2013).** *Cellular Automata: a parallel model* (Vol. 460). Springer Science & Business Media, p 51-57.
13. **Deming, D. (2020).** *The aqueducts and water supply of Ancient Rome*. Groundwater, 58(1), 152-161.
14. **Euler, L. (1956).** *The seven bridges of Königsberg*. The world of mathematics, 1, 573-580.
15. **Essex, S. and Chalkley, B., (1998).** *Olympic Games: catalyst of urban change*. Leisure studies, 17(3), pp.187-206.
16. **Ferilli, G., Sacco, P.L., Tavano Blessi, G. and Forbici, S., (2017).** *Power to the people: when culture works as a social catalyst in urban regeneration processes (and when it does not)*. European Planning Studies, 25(2), pp.241-258.
17. **Fagence, S.J.C.S.M., (1995).** *Recreation and Tourism as a Catalyst for Urban Waterfront Redevelopment: An International Survey*. Greenwood Publishing Group.
18. **Grodach, C., (2008).** *Museums as urban catalysts: The role of urban design in flagship cultural development*. Journal of urban design, 13(2), pp.195-212.
19. **Harrison, P. (1996).** *Postmodernism confronts planning: some thoughts on an appropriate response*. Town and Regional Planning, 40, 26-34.
20. **Holston, J. (1989).** *The modernist city: An anthropological critique of Brasília*. University of Chicago Press.
21. **Hurley, A., (2010).** *Beyond preservation: Using public history to revitalize inner cities*. Temple University Press.
22. **Jiwei, W.T.L., (2006).** *Railway Station Complex and Urban Catalyst—Example of Shanghai South Railway Station [J]*. In Urban Planning Forum (Vol. 4).
23. **Kalnius, P., Klimka, L., Andriušytė, A., Baltrušaitis, V., Burinskaitė, I., & Pumbakienė, G. (2008).** *Dzūkijos tradicinė kaimo architektūra*, p 5-7.
24. **Kassens-Noor, E., (2010).** *Sustaining the momentum: Olympics as potential catalyst for enhancing urban transport*. Transportation research record, 2187(1), pp.106-113.
25. **Kristo, S. and Dhiamandi, J., (2016).** *Urban Catalyst as the tool for public space transformation*. In 1st International Scientific Conference On Professional Sciences (Vol. 1, pp. 45-53). Universiteti "Aleksandër Moisiu" Durrës.
26. **Lloyd, S., (1979).** *The Ottawa typhoid epidemics of 1911 and 1912: a case study of disease as a catalyst for urban reform*. Urban History Review/Revue d'histoire urbaine, 8(1), pp.66-89.
27. **Low, S. M. (Ed.). (1999).** *Theorizing the city: the new urban anthropology reader*. Rutgers University Press, p 95-99, 245-250.
28. **Mahmoud, W.S. and Mohammed, T.A., (2015).** *The Catalyst Historic Building in Urban Development*. Engineering and Technology Journal, University of Technology, Iraq-Baghdad, (7).
29. **Marcus, L. (2010).** *Spatial capital*. The Journal of Space Syntax, 1(1), 30-40.
30. **Marshall, R. ed., (2004).** *Waterfronts in post-industrial cities*. Taylor & Francis.
31. **Mumford, L., (1961).** *The City in History: Its Origins. Its Transformations, and Its Prospects*, 85., 657
32. **O'Leary, S., & Brasher, B. (1996).** *The unknown God of the internet: Religious communication from the ancient agora to the virtual forum*. Philosophical perspectives on computer-mediated communication, 1-27.
33. **Oliveira, M.M., (2020).** *Beira Railway Station: Modern Architecture as an urban catalyst*.
34. **O'malley, J. W. (2013).** *How the first Jesuits became involved in education*. p 199-200.
35. **Oswalt, P. (2007).** *Patterns of the unplanned*. Loose space: Possibility and diversity in urban life, pp.271-288.
36. **Oswalt, P. ed., (2011).** *Urban catalyst: Strategies for temporary use*. Basel: Birkhäuser.
37. **Rowe, J. (1958).** *The medieval hospitals of Bury St. Edmunds*. Medical history, 2(4), 253-263.
38. **Salingaros, N. A. (2000).** *The Structure of Pattern Languages*. Architectural Research Quarterly volume 4, p 149-161.
39. **Taylor, C. B., Fitzsimmons, Craft, E. E., & Graham, A. K. (2020).** *Digital technology can revolution-*

- ize mental health services delivery: The COVID-19 crisis as a catalyst for change. *International Journal of Eating Disorders*.
40. **Van Tilburg, C. (2007).** *Traffic and congestion in the Roman Empire*. Routledge, p 1-8.
 41. **Walravens, N., Breuer, J. and Ballon, P., (2014).** *Open data as a catalyst for the smart city as a local innovation platform*. *Communications & Strategies*, (96), p.15.
 42. **Weiner, H., (2010).** *Media architecture as social catalyst in urban public spaces*. *MediaCity: Interaction of Architecture, Media and Social Phenomena*. Weimar: Bauhaus-Universität Weimar, pp.95-140.
 43. **Wejchert, K., (1984).** *Elementy kompozycji urbanistycznej*, Warszawa.
 44. **Yan, B. and SU, R., (2014).** *Reflection on Renovation of Industrial Remains under the Urban Catalyst Theory*. *Fujian Architecture & Construction*, (5), p.7.
 45. **Yasuda, Y. ed., (2012).** *Water Civilization: From Yangtze to Khmer Civilizations*. Springer Science & Business Media.
 46. **Zhi-qiang, W.U., (2008).** *World EXPOs: as a Catalyst for Urban Sustainability* [J]. *Time Architecture*, 4.
 47. **Zuiderhoek, A. (2016).** *The ancient city*. Cambridge University Press, p 59-65.

KONSTRUKCJE MAGNETYCZNE JAKO KONTYNUACJA WIZJI ARCHITEKTURY EFEMERYCZNEJ RICHARDA BUCKMINSTERA FULLERA

Kajetan Sadowski

Politechnika Wrocławska, Wydział Architektury, ul. Bolesława Prusa 53/55, 50-317 Wrocław, Poland
E-mail: kajetan.sadowski@pwr.edu.pl, ORCID: 0000-0002-1713-430X

DOI: 10.24427/aea-2020-vol12-no3-02

MAGNETIC STRUCTURES AS A CONTINUATION OF VISION OF EFEMERIC ARCHITECTURE BY RICHARD BUCKMINSTER FULLER

Abstract

The Paper is an attempt to present the vision of architecture by R.B. Fuller, described by the author as ephemeral architecture. This article presents the development of selected philosophical views of Fuller and the professional achievements resulting from them, presented on selected examples of completed objects and conceptual projects. Selected works that exemplify Fuller's views on sustainable design understood as striving to minimize the interactions between building elements and between them and the external environment, the ideal of which is architecture constructed with the use of invisible forces. In the further part of the paper, examples of installations or utility design objects functioning thanks to invisible electromagnetic forces are presented, followed by an analysis of the possibility of constructing a "magnetic tower" for various variants of location or size of magnets. The results are presented in the form of charts showing the feasibility of such a structure.

Streszczenie

Artykuł jest próbą przybliżenia wizji architektury R.B. Fullera określonej przez Autora jako architektura efemeryczna. W pracy zaprezentowano rozwój wybranych poglądów filozoficznych Fullera i wpływających z nich dokonań zawodowych, przedstawionych na wybranych przykładach zrealizowanych obiektów oraz projektów koncepcyjnych. Wybrano prace egzemplifikujące poglądy Fullera w zakresie projektowania zrównoważonego rozumianego jako dążenie do minimalizacji oddziaływań między elementami budynków oraz pomiędzy nimi a środowiskiem zewnętrznym, którego ideałem jest architektura konstruowana za pomocą niewidzialnych elementów. W dalszej części pracy przedstawiono przykłady instalacji lub przedmiotów wzornictwa użytkowego funkcjonujących dzięki niewidzialnym siłom elektromagnetycznym a następnie przedstawiono analizę możliwości skonstruowania „wieży magnetycznej” dla różnych wariantów usytuowania lub wielkości magnesów. Wyniki przedstawiono w postaci wykresów obrazujących możliwości wykonania takiej budowli.

Keywords: Fuller; magnetic constructions; sustainable design; magnets in architecture

Słowa kluczowe: konstrukcje magnetyczne; projektowanie zrównoważone; magnesy w architekturze

WPROWADZENIE

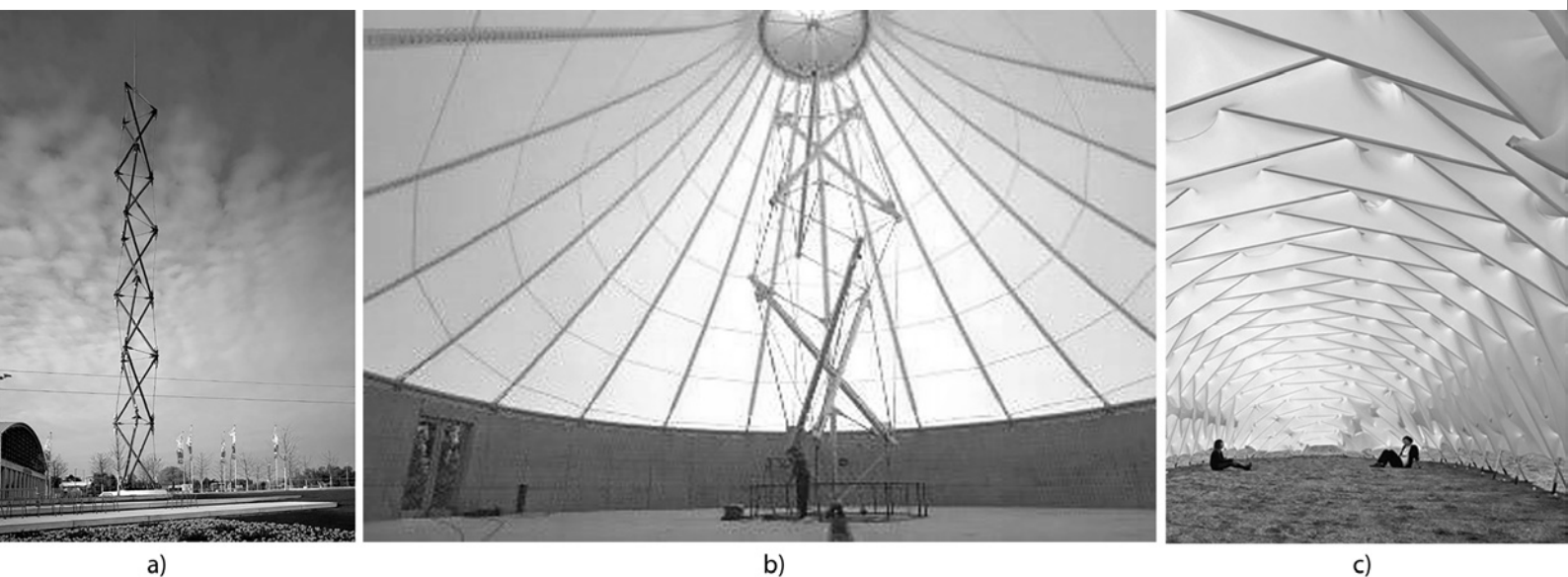
Zasadniczą cechą każdej, trwającej w czasie działalności człowieka jest jej rozwój. W przypadku inżynierii i techniki budowlanej polega on na ciągłym udoskonalaniu efektów swojej pracy czyli budynków oraz obiektów budowlanych. W różnych przypadkach intensywnemu rozwojowi podlegały różne aspekty działal-

ności budowlanej: od materiałów, z których budynki są wznoszone, poprzez układy funkcjonalno-konstrukcyjne, aż po sam proces technologii wznoszenia. Cele też są różne: od zaspokojenia coraz bardziej złożonych potrzeb funkcjonalnych użytkowników, poprzez oszczędność czasu i materiałów, zintensyfikowanie produk-

cji, niezawodność, trwałość bądź tymczasowość, aż po zmniejszenie oddziaływania na środowisko przez obiekt lub wywołanie określonego wrażenia u odbiorcy. Efekty te z pewnością są najsilniejsze wtedy, kiedy zmiana uwidacznia się na wielu poziomach odbioru. Takim przypadkiem może być upowszechniona przez R.B. Fullera kopuła geodezyjna będąca obiektem wyróżniającym pod kątem np. układu konstrukcyjnego, formy, sposobu montażu czy małej ilości użytych materiałów. Jej wszechstronna innowacyjność nie była wynikiem celowego działania w celu udoskonalenia wybranego parametru, ale efektem synergetycznego, jak by powiedział Fuller, myślenia o budynku jako o całości. Była też najbardziej spektakularnym spośród wielu przykładów w szeregu wynalazków Fullera, ponieważ została zaproponowana w odpowiednim momencie historii. Począwszy od prób z materiałami budowlanymi (w firmie *Stockade Building System*), poprzez projekt łazienki czy stacjonarnych domów np.: *4D House* lub *Dymaxion House*, a dalej tymczasowe, kontenerowe miejsca zamieszkania jak: *Standard of Living Package* czy wspomniane już kopuły geodezyjne z najbardziej spektakularną, choć niezrealizowaną kopułą o średnicy dwóch mil nad Manhattanem, aż po wizjonerskie, wyprzedzające swój czas projekty mega miast: *Tetra City*, *Triton Floating City*, *Cloud Nine* – tym szeregu zdarzeń projektowych widać wspólne mianowniki do których należą: dążenie do oszczędności w produkcji i użytkowaniu, samowystarczalność, elastyczność, lekkość, reorganizowalność, adaptatywność. Te i inne cechy wynikały z rozwijanego przez Fullera systemu filozoficznego, który nazywał *Synergetyką*. Pośród wielu dziedzin twórczości, jakimi Fuller się zajmował i w których odkrywał możliwości *synergetycznego rozwoju*, budownictwo stanowiło zdecydowanie najbardziej związany z rzeczywistością obszar jego działalności, w którym łatwo było uchwycić postępujące zmiany. Projekty Fullera ewoluowały wraz z nim, hołdując kosmicznej zasadzie prze niego wyznawanej: „*robić jak najwięcej z jak najmniejszych środków*” [J. Krausse, C. Lichtenstein 1999, s. 19], jednak tempo tej ewolucji zdecydowanie przewyższało tempo rozwoju techniki i inżynierii, przez co większość projektów nie została i nie będzie prawdopodobnie nigdy zrealizowana z uwagi na zmieniające się w czasie uwarunkowania. Gdyby jednak ograniczenia nie istniały, czy wieńczącym życie Fullera projektem byłyby *Cloud Nine* – lewitujące miasta? A gdyby mógł pójść o krok dalej? Fuller miał nadzieję i wyobrażał sobie, że budynki będą całkowicie *efemeryczne* tzn. pozbawione materiałów budowlanych oraz wznoszone i sterowane jedynie „*polem elektrycznym i innymi zupełnie niewidzialnymi środkami sterowania środowiskiem*” [E. Kolbert 2008, s.3].

1. KOPUŁY GEODEZYJNE

Kopuły geodezyjne oparte na pomysłach rzutowania podzielonej na trójkątne sekcje ściany bryły platońskiej dwunastościanu lub dwudziestościanu foremnego na powierzchnię trójkąta sferycznego opisanego na tymże wielościanie, nie były nowym pomysłem. Pierwszą realizacją tego typu – tymczasową, ponieważ stanowiła rusztowanie pod konstrukcję powłoki betonowej – było planetarium Carla Zeiss'a w Jenie, zrealizowane w latach dwudziestych XX wieku. Nie wiemy do końca, jakie intencje przyświecały jej projektantowi, Walterowi Bauersfeldowi, zaś w przypadku Fullera kopuła geodezyjna była częścią, jak już wspomniano, dłuższego procesu myślowego. Zawarte w niej zostały cechy istotne z punktu widzenia filozofii postrzegania świata. Po pierwsze, zakwestionowana została fundamentalna idea budowania w kartezjańskim układzie współrzędnych, opartym na kącie prostym, który został zastąpiony – zdaniem Fullera – bardziej ekonomicznym, wydajniejszym i bliższym naturze układem opartym o kąt 60°, który na płaszczyźnie tworzy macierz szysku „*trójkątów równobocznych, która odpowiada kompleksowej koordynacji najbardziej oszczędnych i najbardziej wygodnych wzajemnych powiązań strukturalnych natury*” [R.B. Fuller 1979, s. 420.01]. Jej przestrzenna wersja złożona z powtarzających się czworoscianów i ośmiościanów, nazwana „izotropową macierzą wektorów”, stanowi bardziej wydajną konstrukcyjnie strukturę przestrzenną. Dowodem powyższego założenia jest fakt, że kopuła geodezyjna jest niezwykle wytrzymałym przykryciem o najmniejszej własnej wadze w stosunku do objętości zamykanej przestrzeni. Jej efektem jest niezwykle lekkość wynikająca z dużej smukłości prętów tworzących strukturę przestrzenną. W wielkoskalowych założeniach ciężar jej konstrukcji może być nawet mniejszy niż ciężar zawartego w niej powietrza, co ostatecznie może skutkować całkowitym „oderwaniem” się konstrukcji od podłoża jak w przypadku opracowanego wspólnie z Shoji Sadao projektu *Cloud Nine*: „*gdy słońce będzie ogrzewać powietrze wewnątrz, kula ze wszystkimi budynkami znajdującymi się w środku unosić się będzie w powietrzu, jak balon*” [E. Kolbert 2008, s. 5]. Konsekwencje realizacji takich struktur były, zdaniem Fullera, dalekosiężne – ludzie w tych konstrukcjach mogliby zwiedzać świat a nawet migrować [J. Baldwin 1996, s. 190], w większym stopniu istniałaby możliwość korzystania z „dywidend” energetycznych w postaci siły wiatru czy promieniowania słonecznego, powierzchnia Ziemi zostałaby uwolniona od kosztownej środowiskowo obecności człowieka. W ten sposób mogłyby „znikać” całe miasta co uczyniłoby korzystanie z zasobów naszej planety bardziej zrównoważonym.



Ryc. 1. a) Warnow Tower; źródło: https://tensegrity.miraheze.org/wiki/Warnow_Tower), **b)** White Rhino II; źródło: <https://www.iis.u-tokyo.ac.jp/en/about/facilities/chiba/kawaguchi/>, **c)** MOOM tensegrity membrane structure; źródło: <https://parameterizing.wordpress.com/2017/01/18/pavilions/>)

Fig. 1. a) Warnow Tower; source: https://tensegrity.miraheze.org/wiki/Warnow_Tower), **b)** White Rhino II; source: <https://www.iis.u-tokyo.ac.jp/en/about/facilities/chiba/kawaguchi/>, **c)** MOOM tensegrity membrane structure; source: <https://parameterizing.wordpress.com/2017/01/18/pavilions/>)

W powyższym przypadku siłą sprawczą symbolicznej *efemeralizacji* budynku i jego konstrukcji była z jednej strony optymalna geometria struktury, dzięki której była ona lekka, z drugiej zaś proces fizyczny, który odpowiada za unoszenie się cieplejszego, a więc lżejszego niż ośrodek, powietrza do góry. Wykorzystanie działających sił natury było dla Fullera oczywiste ponieważ uważał, że świat jest pełen energii (choć często jest ona uwięziona w materii) i powinniśmy się nauczyć ją wykorzystywać w sposób racjonalny. Fuller podkreślał, że cały Wszechświat był przepelnięty dowodami na projektowanie; niewyobrażalnie skomplikowane i niezawodne wzory energii ujawniają „wieczne zasady projektowania wzajemnych zależności” [A. Edmondson 2007, s. 62]. Przykładem może być krytykowana przez Fullera „blokowość” architektury wykorzystującej jedynie siły ściskające jako przeciwstawienie się grawitacji: „Człowiek kierował się mylnym, powierzchownym myśleniem, że mogą istnieć bryły oraz ciągle ściskanie. (...) To tylko ludzka mentalność błędnie starała się zorganizować ideę konstrukcji” [R.B. Fuller 1979, s. 645.04]. Fuller twierdzi więc, że musimy myśleć w kategoriach całych systemów pozostających w równowadze, w kategoriach wszechkierunkowych sił wzajemnie oddziałujących w samo stabilizujących wzorach [A. Edmondson 2007, s. 277]. W tym przypadku siłą równoważącą ściskanie jest rozciąganie, które wykorzystywał w swoich projektach, np. *Dymaxion House* czy fabryce włókienniczej *Automatic Cotton Mill*.

2. TENSEGRITY

Para przeciwstawnych, uzupełniających się sił ściskania i rozciągania stanowi podstawę systemu

o nazwie *Tensegrity* wymyślonego przez Fullera (ale kojarzonego także z K. Snelsonem i D.G. Emmerichem [J.F. Abel, I. Mungan 2011, s. 251]). W systemie tym ściskane pręty połączone są ze sobą rozciąganyymi cięgnami, tworząc samonośną, wstępnie sprężoną strukturę zdolną przenosić nie tylko własny ciężar, ale także obciążenia zewnętrzne. Obok wyglądających na lewitujące w powietrzu ściskanych prętów (spektakularnie wydobytych np. w dynamicznych rzeźbach przez Kennetha Snelsona), uzyskano wizualizację sił „krążących” w konstrukcji, co do tej pory w budynkach o ściskanych elementach często nie było możliwe. W pewnych przypadkach można było nawet odnieść wrażenie przeciwne, jakoby siły „znikały” (rozciągane cienkie cięgna), pozostawiając lewitujące w powietrzu grubsze ściskane pręty.

Konstrukcje *Tensegrity*, w swej klasycznej formie, nie uzyskały nigdy statusu w pełni aplikowalnych systemów konstrukcyjnych [J.F. Abel, I. Mungan 2011, s. 251], aczkolwiek wielokrotnie podejmowano próby realizacji budynków z ich użyciem (głównie masztów lub dachów). Były to jednak realizacje jednostkowe, jak np. *Warnow Tower* (proj. Mike Schleich) [ryc. 1a], *White Rhino II* (proj. Ken'ichi Kawaguchi) [ryc. 1b] czy *MOOM tensegrity membrane structure* (proj. Yasuyuki Ito, Kazuko Akamatsu, Shinya Omura) [ryc. 1c]. Mimo to nie zmienia to faktu, że pomysł Fullera, poetycko opisywany jako „wyspy ściskania w morzu rozciągania”, unaoczniał, że rozciągnięcie jest pełnoprawnym rodzajem siły, który da się z powodzeniem wykorzystać (co zresztą wcześniej prezentował w projektach architektonicznych) w konstruowaniu budynków.

Fascynacja Fullera prawami natury, które pragnął wykorzystywać, czerpiąc z nich darmową ener-

gię, nie ograniczała się jedynie do obszaru „stałych” materiałów. „*Metal i włókna pracujące na rozciąganie, powietrze i woda pracujące na ściskanie*” [J. Krausse, C. Liechtenstein 1999, s. 44] – pisał. Budulcem mogła być tak naprawdę cała materia, a więc i energia, niezależnie od jej postaci. Wręcz wyobrażał sobie wykorzystanie samej energii do utrzymywania i kontroli budynków. Uznawał, jak napisano we wstępie, że będzie można wykorzystać do tego samo pole elektromagnetyczne.

3. ARCHITEKTURA NIEWIDZIALNA

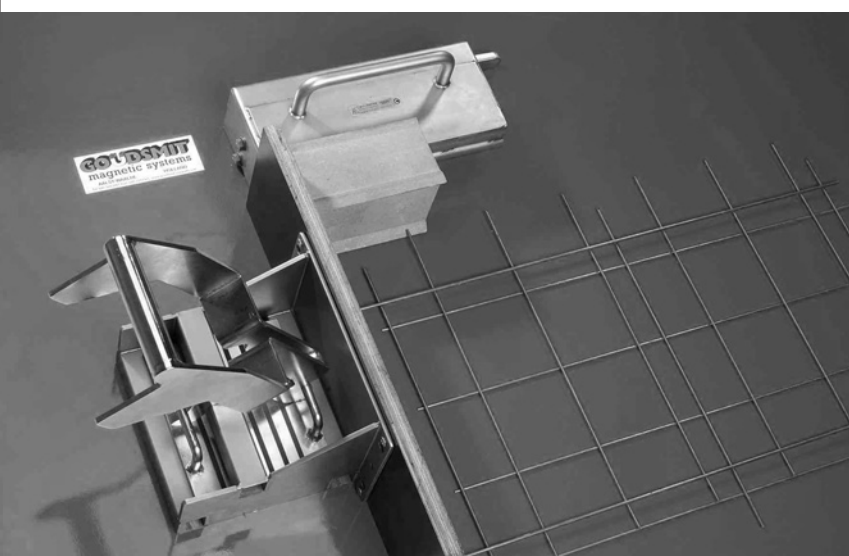
Opisanie architektury terminem *efemeryczna* może być rozumiane na różne sposoby, co może być wynikiem zmieniających się zmiennych np. środowiskowych. Dzisiejsze zagrożenie zmianami klimatu powoduje do stosowania jak najmniejszej ilości niskoemisyjnych materiałów, upraszczania technik wznoszenia czy zrównoważonego korzystania z zasobów energii. „*Występujące globalne ocieplenie i niepokój związany z klimatem stają się narzędziami architektury*” – wyjaśniał Phillipe Rahm, francuski architekt podejmujący problem „zanikania” architektury. W jego ujęciu, wyrażonym np. w pracach *Hormonium 2002* lub *Digestible Gulf Stream*, *efemeryczną* architekturę mogą tworzyć choćby doznania zmysłowe, takie jak odczuwanie temperatury, przepływów powietrza, zawartości wilgoci, stężenie O_2 itp. To odczuwanie zresztą zależy w głównym stopniu od architektury, która tworzy ramy środowiska, w którym przebywa człowiek. „*Przestrzeń architektoniczna (...) jest swego rodzaju kontinuum klimatycznym. Jest takie samo światło, średnia temperatura, poziom wilgoci*” [<https://www.thefreelibrary.com/Michael+Wang+o->

[n+ephemeralization-a0188962453](https://www.thefreelibrary.com/Michael+Wang+o-n+ephemeralization-a0188962453)] – tak tego oczekiwał Fuller po swoim projekcie kopuły nad Manhattanem, która miała zapewnić jednakowe, kontrolowalne i oszczędne warunki klimatyczne wewnątrz.

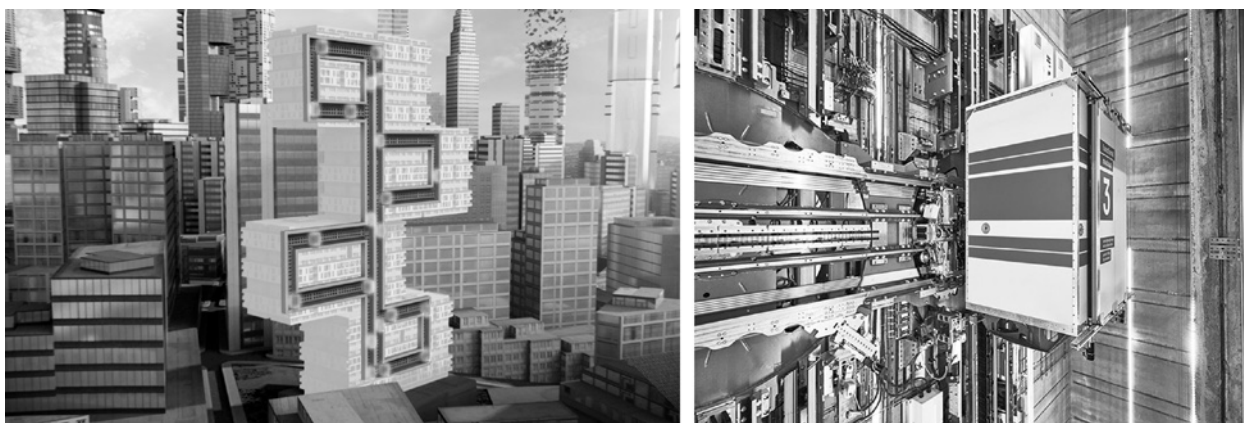
4. ODDZIAŁYWANIE MAGNETYCZNE

W niniejszej pracy uwaga jednak będzie skoncentrowana na potencjale, jaki niesie ze sobą oddziaływanie pola magnetycznego. Siły przez nie wywoływane mogą być wykorzystane jako materiał zastępczy dla stałych materiałów budowlanych. Przyciąganie zastępuje ściskanie a odpychanie zastępuje rozciąganie. Powietrze jest ośrodkiem, w którym te oddziaływania zachodzą, a za każdym razem dana siła musi być równoważona przez przeciwnie skierowaną siłę reakcji, która może występować np. w rozciągającym ciągnie lub ściskanym przecie tak, aby układ pozostawał w równowadze. W interesujących nas przypadkach ważną parą równoważących się sił będzie układ złożony z rozciągającej siły magnetycznej i stanowiącej dla niego parę, ściskającej siły grawitacji.

Aplikacji pola magnetycznego do zastosowań budowlanych jest bardzo niewiele i dotyczą raczej zastosowań na polu rozwiązań szczegółowych problemów technicznych. Za przykład mogą posłużyć produkty *Goudsmit Magnetics* oferującej szeroką gamę uchwytów i haków magnetycznych lub elektromagnesów podtrzymujących, które służą do stabilizacji elementów montażowych, takich jak szalunki lub elementy przeznaczone do montażu np. zbrojenie (ryc. 2).

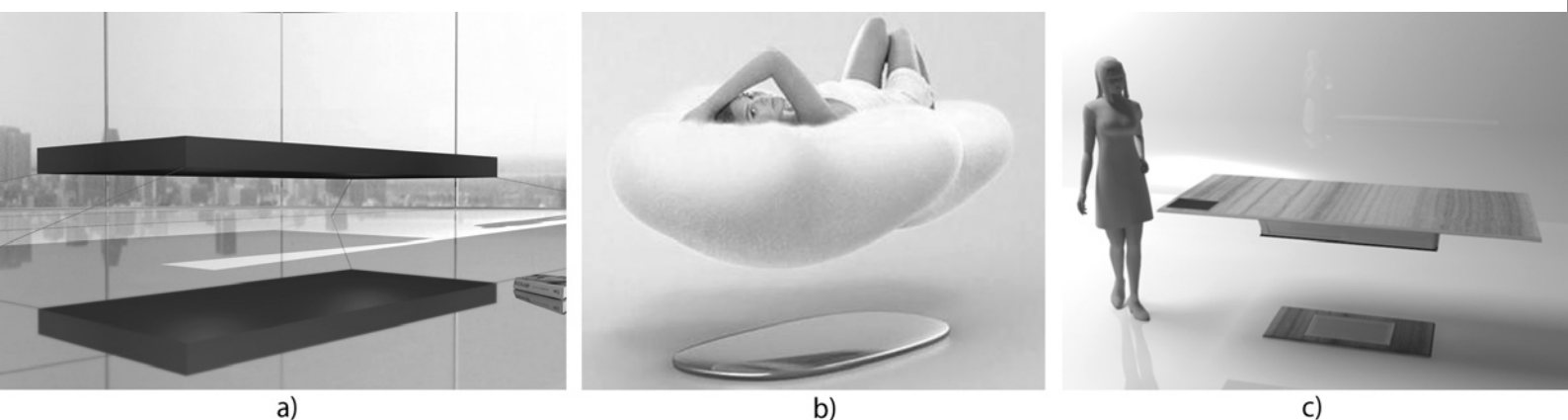


Ryc. 2. Magnetyczne uchwyty montażowe; źródło: www.goudsmitmagnets.com
Fig. 2. Magnetic mounting brackets; source: www.goudsmitmagnets.com



Ryc. 3. Windy systemu MULTI; źródło: <https://blog.bulldozair.com/maglev-elevators-disrupting-architecture-and-construction>

Fig. 3. MULTI elevators; source: <https://blog.bulldozair.com/maglev-elevators-disrupting-architecture-and-construction>



Ryc. 4. Magnetyczne meble; źródło: **a)** <https://blog.miragestudio7.com>, **b)** <https://oddtymall.com/floating-cloud-magnet-sofa>, **c)** <https://www.yankodesign.com/2013/01/23/levitating-table/>

Fig. 4. Magnetic furniture; source: **a)** <https://blog.miragestudio7.com>, **b)** <https://oddtymall.com/floating-cloud-magnet-sofa>, **c)** <https://www.yankodesign.com/2013/01/23/levitating-table/>

Innym, ciekawym zastosowaniem magnetycznej siły nośnej jest system windy zaproponowany w 2017 r. przez firmę *Thyssen Group*. Oparty jest on o rozwiązania stosowane powszechnie w szybkich kolejach typu *Maglev*, gdzie dzięki siłom generowanym przez stałe lub zmienne pole magnetyczne (*EMS* – zawieszenie elektromagnetyczne, *EDS* – zawieszenie elektrodynamiczne) likwidowane są w sposób ciągły lub przy większych od minimalnych prędkościach opory tarcia, ponieważ kolej – lub w tym przypadku winda – „unoszą” się nad torem jezdny. Dzięki opracowanej przez *Thyssen Group* metodzie windy *MULTI* (ryc. 3) są innowacyjne w trzech obszarach: zlikwidowane są ograniczenia co do wysokości podciągania (w systemach linowych jest to ok. 600 m z uwagi na ciężar samych kabli nośnych), możliwe jest zmniejszenie wielkości brutto kabiny, w tym możliwe jest stosowanie

kilku kabin na szynach, oraz, co najważniejsze, możliwy jest transport w dowolnym kierunku, także poziomym. System ten więc pokonuje ograniczenia związane ze stosowaniem tradycyjnych materiałów (lin nośnych) i może zrewolucjonizować transport wewnątrz budynku [https://blog.bulldozair.com/maglev-elevators-disrupting-architecture-and-construction].

Także w obszarze wyposażenia budynków lub mieszkań dostępne się stały w ostatnich latach magnetyczne meble np. łóżka (*Floating Bed*, proj. Janjaap Ruijsenaars) (ryc. 4a), sofy (*Floating Cloud Magnet Sofa*, proj. D.K.&Wei) (ryc. 4b) czy stoły (*Levitating Table* proj. Yana Christiaens) (ryc. 4c). Wszystkie projekty tego typu korzystają z zestawów odpychających się par magnesów umieszczonych w podłodze oraz w meblu i w niektórych przypadkach, jak *Floating Bed*, stabilizowanych cięgnami.

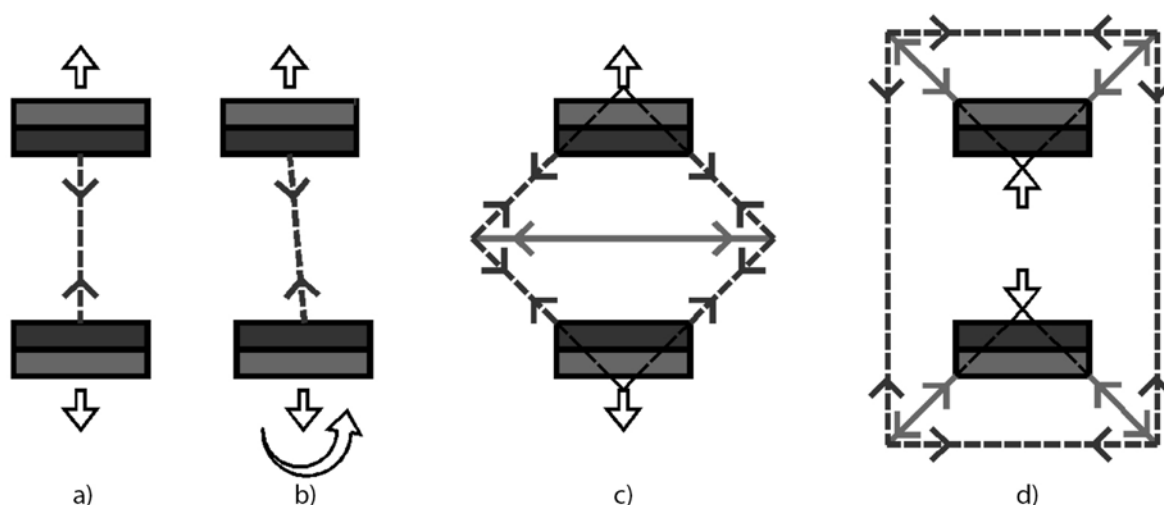
Najciekawsze z punktu widzenia *efemeryzmu* Fullera będą jednak aplikacje z zakresu architektury. Oczywiście, żadna z tych realizacji nie istnieje, ale można już zaobserwować trendy pojawiające się np. w projektach konkursowych czy projektach ideowych. Zdecydowanie największa grupa rozwiązań lewitujących budynków oparta jest, podobnie jak *Cloud Nine*, na idei wznoszenia w wyniku różnicy gęstości gazów. Projektowane wieżowce lub nawet habitaty podczepione są pod unoszące się balony jak w przypadku *Light Park Floating Skyscraper* (proj. Ting Xu, Yiming Chen w konkursie *eVolo Skyscraper Competition*, 2013) czy habitatu *Alveolus* (proj. Joseph Mwaisaka w konkursie *Laka Reacts Competition*, 2015).

Bardzo ciekawą i rokującą technologię pod nazwą *Magnetic Field Architecture* (MFA) zaproponowali Greg and Jill Henderson. Pomysł zakłada wykorzystanie *Prawa Lenza*, które mówi, że prąd indukcyjny (nazywany też prądem wtórnym) wzbudzony w przewodniku pod wpływem zmiennego pola magnetycznego, ma zawsze taki kierunek, że wytworzone wtórne pole magnetyczne przeciwdziała przyczynie (czyli zmianie pierwotnego pola magnetycznego), która go wywołała [https://pl.wikipedia.org/wiki/Prawo_Lenza]. Utworzone w ten sposób wtórne prądy wirowe w pasywnym podłożu (przewodniku) będą odpychać źródło pierwotnego, poruszającego się pola magnetycznego. Zasada ta sformułowana w 1834 r. została wpięrow zaplikowana do projektu lewitującej deskorolki (*Hendo Hover*), która z powodzeniem może unieść ciężar dorosłego człowieka. Hendersonowie snują też wizję lewitujących budynków słusznie zauważając, że mogą one rozwiązywać problem np. trzęsień ziemi [<https://www.archdaily.com/769169/could-hovering-buildings-be-the-future-of-sustainability>]. Technologia jest dopiero we wstępnej fazie rozwoju a skalowanie zastosowane-

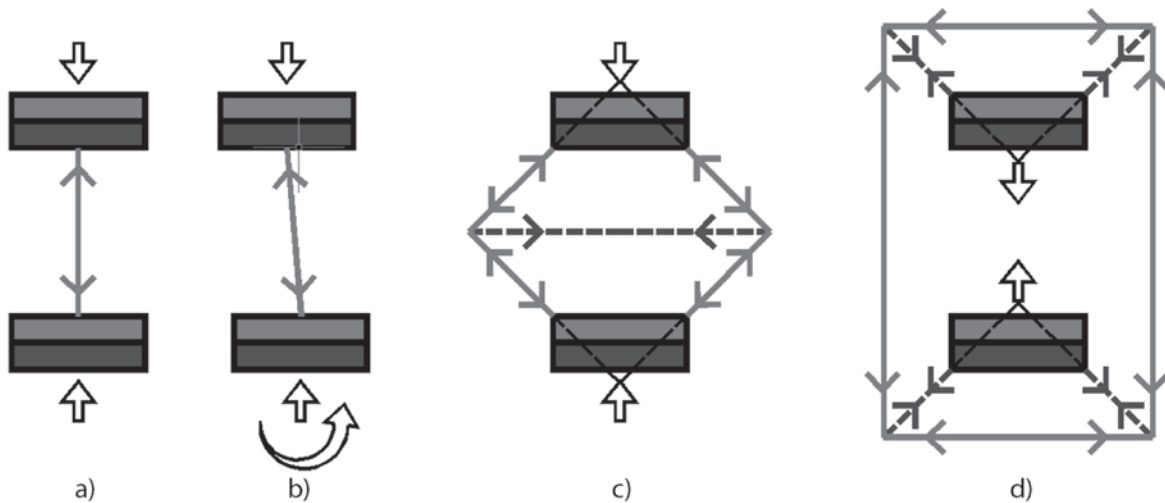
go w deskorolce rozwiązania zajmie zapewne wiele lat o ile nie dekad, co przyznają sami autorzy.

5. WIEŻA MAGNETYCZNA

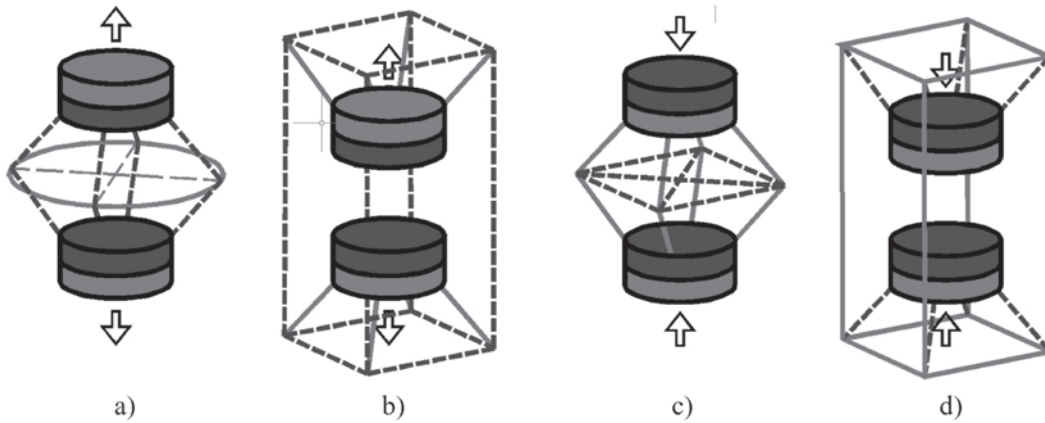
Rozważmy zatem możliwość wykorzystania sił magnetycznych w celu zaprojektowania pozostającego w równowadze układu konstrukcyjnego typu „wieża”, odpornego na trzęsienia ziemi, poczynając od zaprojektowania zrównoważonego modułu konstrukcyjnego. W tym celu można wykorzystać zarówno siłę przyciągającą jak i odpychającą pomiędzy dwoma polami magnetycznymi generowanymi przez magnesy. Zaprezentowano (ryc. 5) podstawowe płaskie moduły z dwoma źródłami pola magnetycznego (w postaci magnesów o przekroju prostokątnym), wzajemnie odpychającymi się wraz z elementami konstrukcyjnymi równoważącymi siłę odpychającą. Należy dodać, że występująca siła odpychająca tylko w idealnym, teoretycznym przypadku będzie miała kierunek prostopadły do płaszczyzny magnesu (ryc. 5a), w rzeczywistości zaś asymetria położenia względem siebie dwóch magnesów spowoduje występowanie poziomej składowej siły prowadzącej do obrotu magnesu i wzajemnego przyciągania się dwóch przeciwstawnych biegunów (ryc. 5b). W pierwszym przypadku (ryc. 5a) pokazano więc ogólny schemat modułu z równoważącym elementem rozciągającym (ciągną), następnie (ryc. 5c) schemat został rozbudowany o dodatkowy element, w tym przypadku ściskany, dzięki czemu uniemożliwiono obrót magnesu a układ pozostaje w rzeczywistej równowadze. W kolejnym przypadku (ryc. 5d) układ jest także w równowadze, ale zmieniono konfigurację elementów. Następnie przedstawiono analogiczne moduły dla przyciągającej się pary magnesów (ryc. 6a, 6b, 6c, 6d).



Ryc. 5. Płaski moduł konstrukcyjny dla odpychającej się pary magnesów; źródło: opr. własne
Fig. 5. A flat construction module for a repulsive pair of magnets; source: by the author



Ryc. 6. Płaski moduł konstrukcyjny dla przyciągającej się pary magnesów; źródło: opr. własne
Fig. 6. A flat construction module for an attracting pair of magnets; source: by the author



Ryc. 7. Przestrzenny moduł konstrukcyjny dla odpychających się (**a, b**) oraz przyciągających się par magnesów (**c, d**);
 źródło: opr. własne

Fig. 7. Spatial construction module for repulsive (**a, b**) and attractive pairs of magnets (**c, d**); source: by the author

W przypadku modułów przestrzennych z zastosowanymi cylindrycznymi magnesami (o osiowo symetrycznym układzie linii pola magnetycznego) jego budowa jest analogiczna do modułu płaskiego z uwzględnieniem większej liczby elementów w układzie zapewniającym niezmienność w każdym kierunku.

Wartości sił pomiędzy dwoma odpychającymi lub przyciągającymi się cylindrycznymi magnesami można obliczyć ze wzoru (Wikipedia, dostęp: 05.12.2020)

$$F \simeq \left[\frac{B_0^2 A^2 (L^2 + R^2)}{\pi \mu_0 L^2} \right] \left[\frac{1}{x^2} + \frac{1}{(x+2L)^2} - \frac{2}{(x+L)^2} \right] \quad [1]$$

gdzie:

B_0 – indukcja magnetyczna na powierzchni magnesu [T]

A – pole powierzchni ścian magnesu [m²]

L – wysokość magnesu [m]

R – promień magnesu [m]

x – odległość pomiędzy ścianami magnesów ($x > R$) [m]

μ_0 – przenikalność magnetyczna powietrza równa $4\pi \cdot 10^{-7}$ [(T·m)/A].

Indukcję magnetyczną (B_0) na dowolnej powierzchni (w tym przypadku na powierzchni magnesu) wyznacza się ze wzoru (supermagnete.de; dostęp 05.12.2020):

$$B_x = \frac{B_r}{2} \left(\frac{x+L}{\sqrt{R^2 + (x+L)^2}} - \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} \right) \quad [2]$$

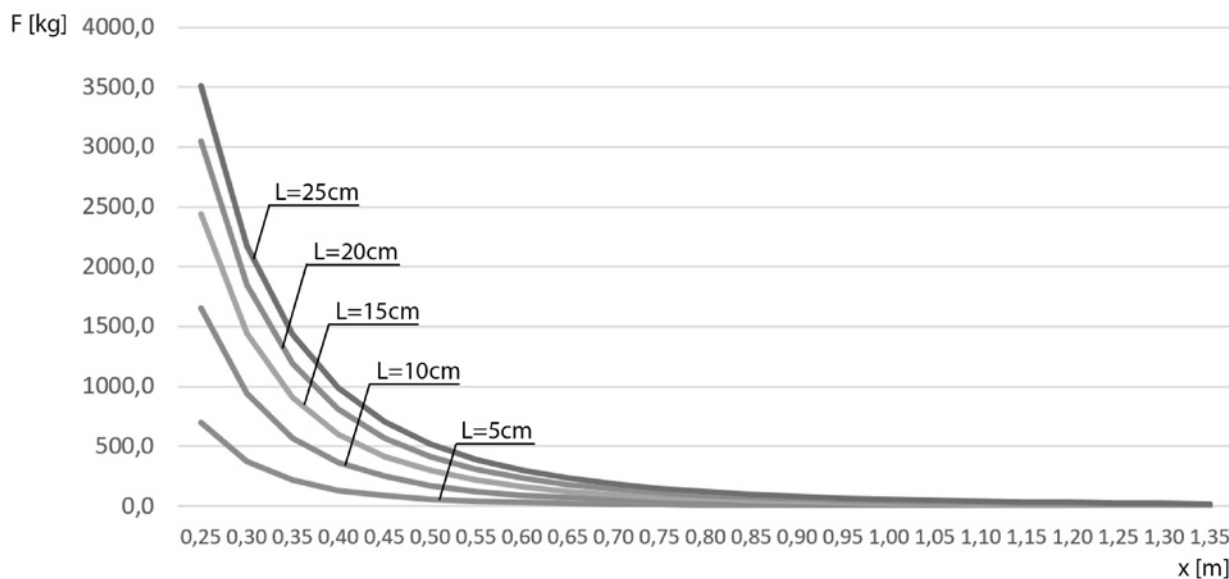
gdzie:

B_r – indukcja remanencji równa 1,3 [T] przyjęta dla magnesów neodymowych (Nd₂Fe₁₄B)

L – wysokość magnesu [m]

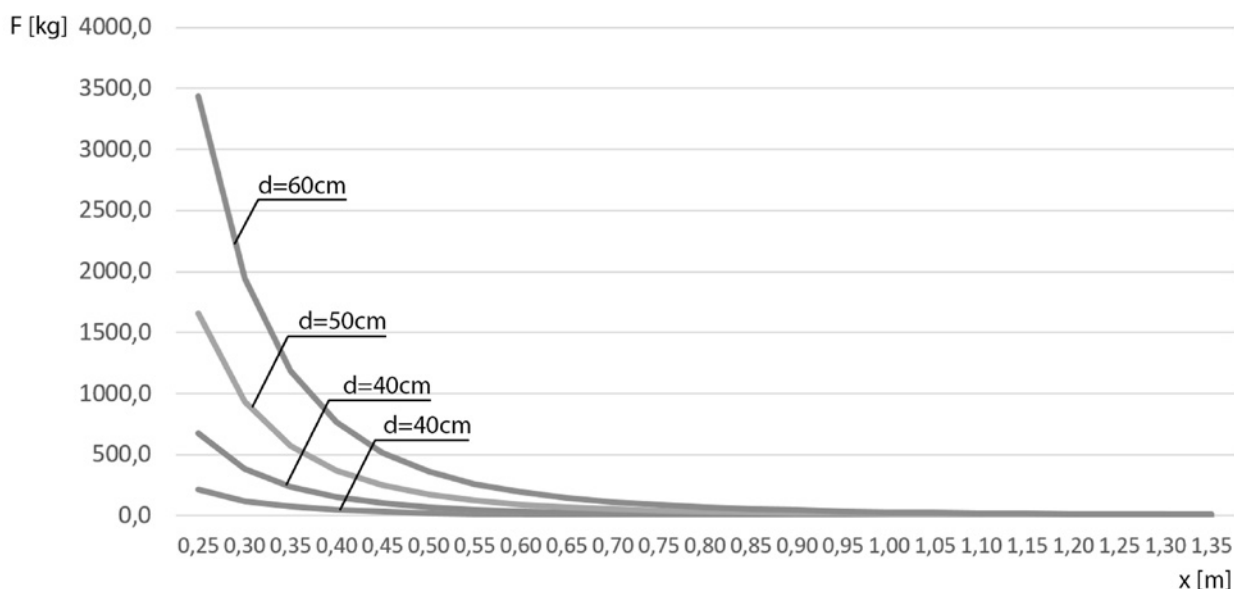
R – promień magnesu [m]

x – odległość powierzchni od powierzchni magnesu ($x=0$) [m].



Ryc. 8. Wartości sił (F) pomiędzy cylindrycznymi magnesami w zależności od odległości pomiędzy nimi (x) oraz wysokości (L) przy średnicy (d) równej 50 cm; źródło: opr. własne

Fig. 8. Values of forces (F) between cylindrical magnets depending on the distance between them (x) and the height (L) with a diameter (d) equal to 50 cm; source: by the author



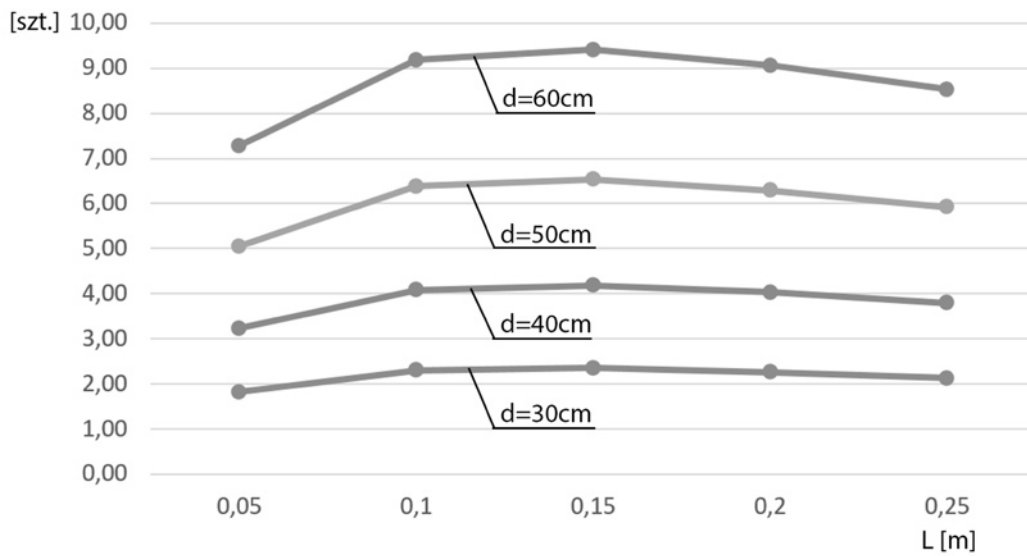
Ryc. 9. Wartości sił (F) pomiędzy cylindrycznymi magnesami w zależności od odległości pomiędzy nimi (x) oraz dla wysokości (L) równej 50 cm i różnych średnic (d) magnesów; źródło: opr. własne

Fig. 9. Values of forces (F) between cylindrical magnets depending on the distance between them (x), and for a height (L) equal to 50 cm and different diameters (d) of the magnets; source: by the author

Na ryc. 8 zestawiono wartości sił F pomiędzy dwoma cylindrycznymi magnesami w zależności od odległości (x) przy założonej średnicy $d = 50$ cm i różnej wysokości magnesów ($L = 5$ cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm oraz 25 cm). Na ryc. 9 zestawiono wartości sił F pomiędzy dwoma cylindrycznymi magnesami w zależności od odległości (x) przy założonej wysokości $L =$

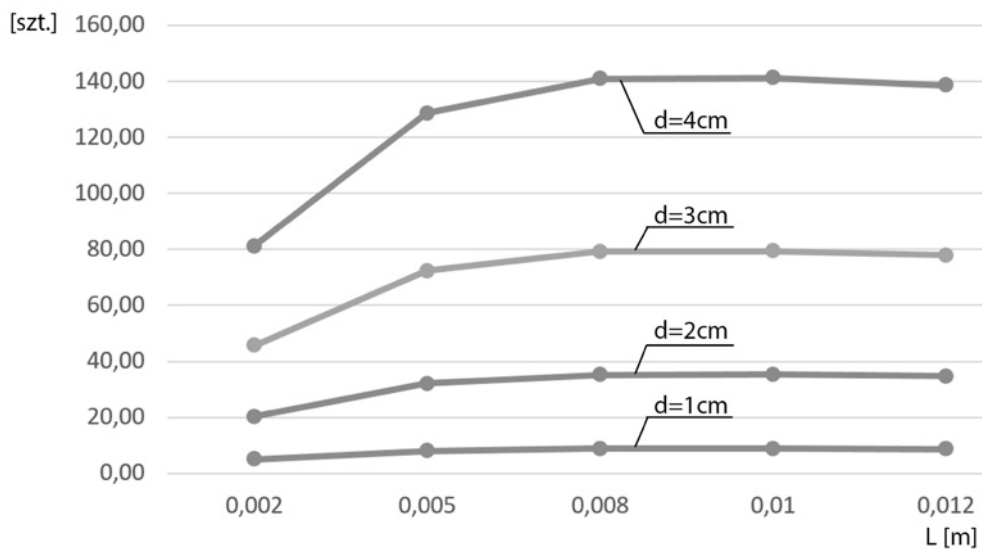
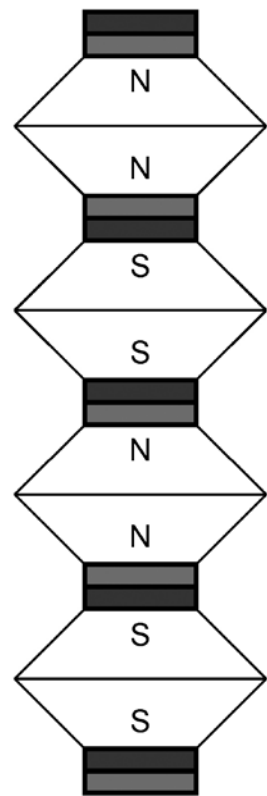
10 cm i różnej średnicy magnesów ($d = 30$ cm, 40 cm, 50 cm oraz 60 cm).

Na ryc. 10 przedstawiono nośność układu konstrukcyjnego (wieży) składającego się z usytuowanych nad sobą magnesów. Wykres pokazuje, ile magnesów mogłoby się znaleźć jeden nad drugim w sytuacji zrównoważenia się ich całkowitego ciężaru z siłą odpycha-



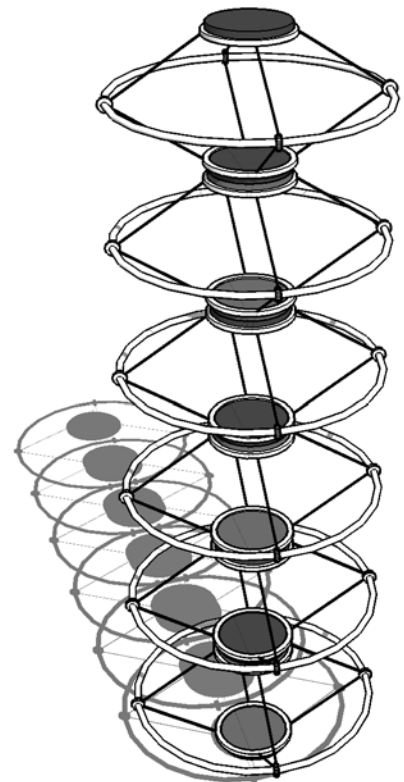
Ryc. 10. a) Wykres liczby cylindrycznych modułów (szt.) możliwych do usytuowania nad sobą w wieży w zależności od ich szerokości (d) oraz wysokości (L) i przy założeniu stałej odległości (x) pomiędzy nimi równej 30 cm, **b)** schemat wieży; źródło: opr. własne

Fig. 10. a) Diagram showing the number of cylindrical modules (pcs) that can be placed in the tower above each other depending on their width (d) and height (L), assuming a constant distance (x) between them equal to 30 cm, **b)** schema of the tower; source: by the author



Ryc. 11. a) Wykres liczby cylindrycznych modułów (szt.) możliwych do usytuowania nad sobą w wieży w zależności od ich szerokości (d) oraz wysokości (L) i przy założeniu stałej odległości (x) pomiędzy nimi równej 2 cm, **b)** perspektywa wieży; źródło: opr. własne

Fig. 11. a) Diagram showing the number of cylindrical modules (pcs) that can be placed in the tower above each other depending on their width (d) and height (L), assuming a constant distance (x) between them equal to 2 cm, **b)** perspective of the tower; source: by the author



Tab. 1. Wysokość konstrukcji przy odległości (x) pomiędzy modułami równej 30 cm
Tab. 1. Construction height with a distance (x) between modules equal to 30 cm

H	L=5cm	L=10cm	L=15cm	L=20cm	L=25cm
d=30cm	0,30	0,60	0,60	0,60	0,60
d=40cm	0,90	1,20	1,20	1,20	0,90
d=50cm	1,50	1,80	1,80	1,80	1,50
d=60cm	2,10	2,70	2,70	2,70	2,40

Źródło: opr. własne
 Source: by the author

Tab. 2. Wysokość konstrukcji przy odległości (x) pomiędzy modułami równej 2 cm
Tab. 2. Construction height with a distance (x) between modules equal to 2 cm

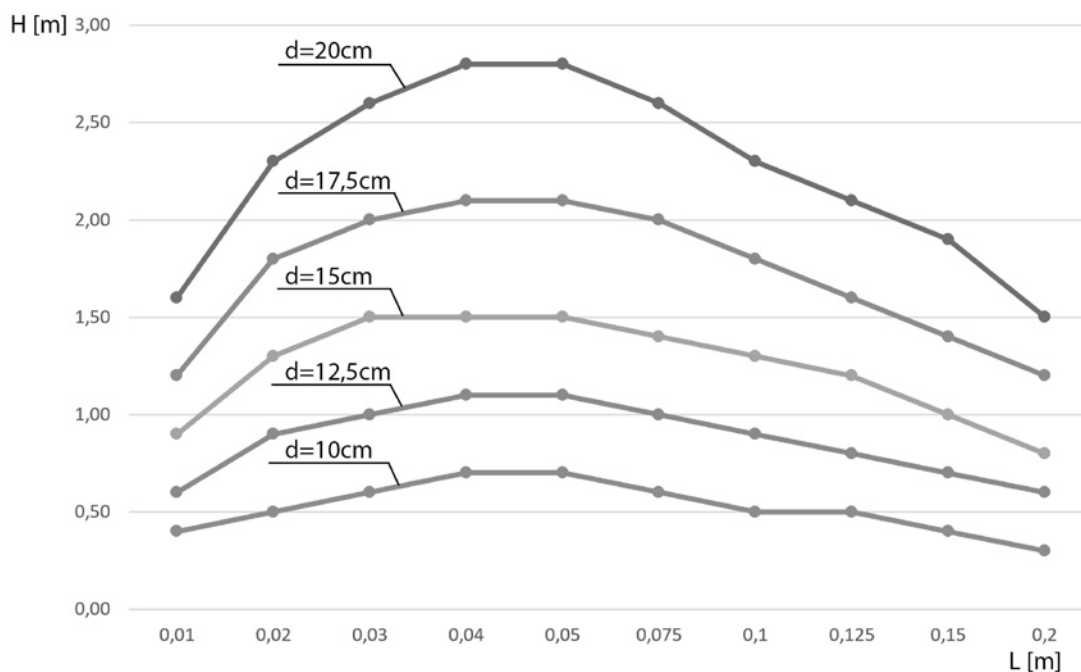
H	L=2mm	L=5mm	L=8mm	L=10mm	L=12mm
d=10mm	0,10	0,16	0,16	0,16	0,16
d=20mm	0,40	0,64	0,70	0,70	0,68
d=30mm	0,90	1,44	1,58	1,58	1,54
d=40mm	1,62	2,56	2,80	2,82	2,76

Źródło: opr. własne
 Source: by the author

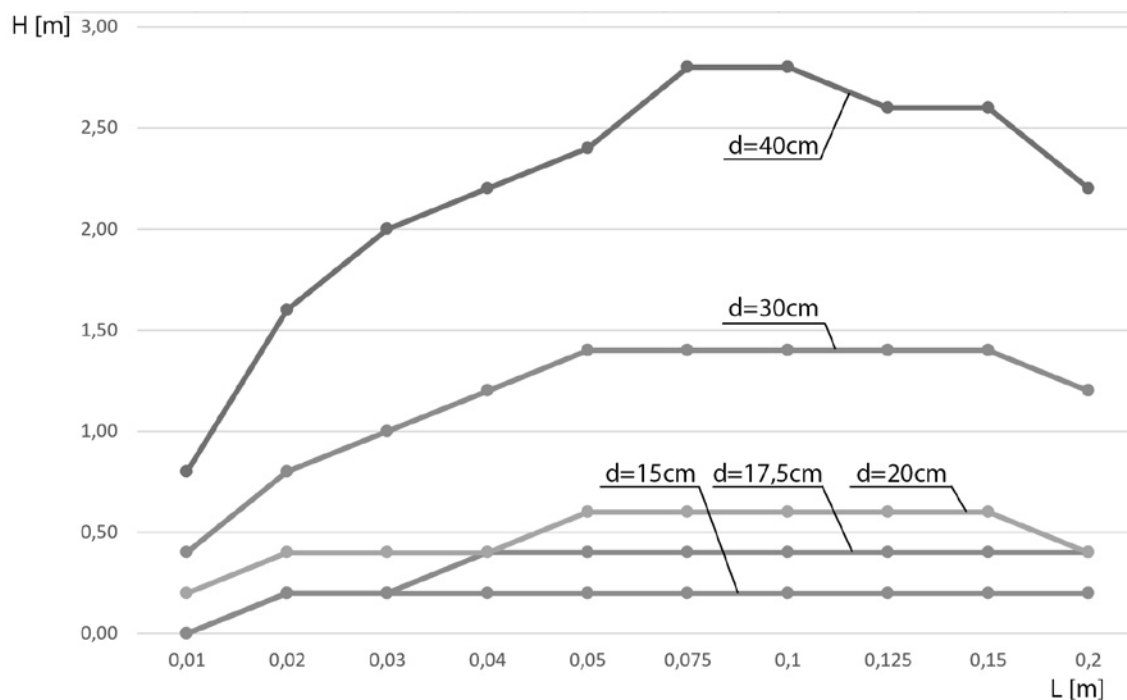
jąca dla najniższej położonej pary magnesów. Przyjęto ciężar objętościowy magnesu równy 7848 kg/m³, równą odległość pomiędzy nimi oraz pominięto ciężar dodatkowej konstrukcji stabilizującej. Z wykresu wynika, że największą nośność można uzyskać dla wysokości $L = 15$ cm. W przypadku magnesów o małych rozmiarach ($d = 1, 2, 3$ lub 4 cm; $L = 2, 5, 8, 10$, lub 12 mm) i odległości $x = 2$ cm można uzyskać znacznie większą nośność, co pokazano na ryc. 11.

Poniżej pokazano wysokości potencjalnych konstrukcji w zależności od średnicy (d), wysokości (L), przy założonej odległości (x) pomiędzy modułami równej 30 cm (tab. 1) lub 2 cm (tab. 2).

Z wykonanych analiz przeprowadzonych dla macierzy rozwiązań przy $d = \{1, 2, 3, 4, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5, 20, 30, 40, 50, 60\}$ cm oraz $L = \{1, 2, 3, 4, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 20\}$ cm uzyskano zależność $x / L = 2$, co oznacza, że największą nośność posiadają układy, dla których odległości pomiędzy magnesami są tylko dwa razy większe niż wysokości magnesów. Takie układy wydają się niestety niepraktyczne. Poniżej pokazano możliwe do uzyskania wysokości (H) konstrukcji dla różnych średnic (d) i wysokości (L) magnesów przy odległościach (x) pomiędzy magnesami równej 10 cm (ryc. 12) oraz równej 20 cm (ryc. 13).



Ryc. 12. Wysokość konstrukcji (H) w zależności od ich szerokości (d) oraz wysokości (L) i przy założeniu stałej odległości (x) pomiędzy nimi równej 10 cm; źródło: opr. własne
Fig. 12. The height of the structure (H) depending on their width (d) and height (L) and assuming a constant distance (x) between them equal to 10 cm; source: by the author



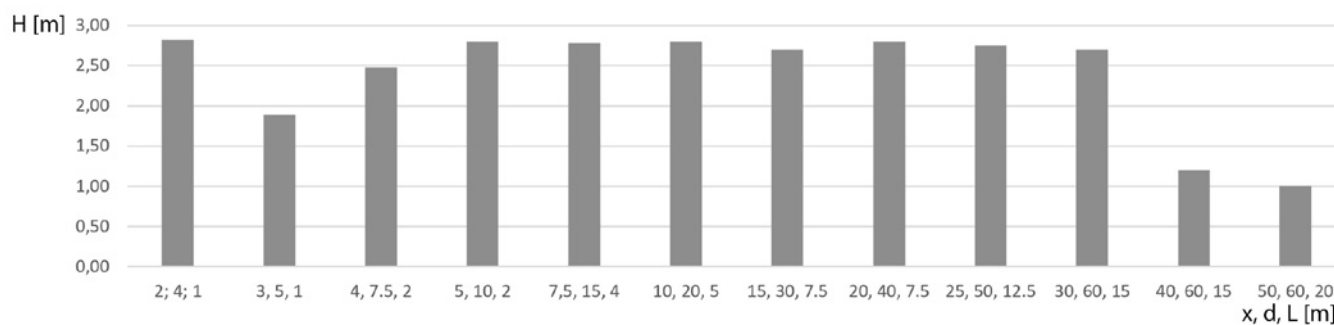
Ryc. 13. Wysokość konstrukcji (H) w zależności od ich szerokości (d) oraz wysokości (L) i przy założeniu stałej odległości (x) pomiędzy nimi równej 20 cm; źródło: opr. własne

Fig. 13. The height of the structure (H) depending on their width (d) and height (L) and assuming a constant distance (x) between them equal to 20 cm; source: by the author

WNIOSKI

W rezultacie powyższych analiz wykazano, że konstruowanie modułowych wież składających się z połączonych w pionie modułów par odpychających się magnesów jest możliwe. Na ryc. 14 pokazano wysokości (H) konstrukcji w zależności od odległości (x) przy wskazanej najkorzystniejszej konfiguracji parametrów (d) oraz (L). We wszystkich przypadkach konstrukcje są niższe niż 3 m.

Ponieważ głównym czynnikiem ograniczającym odległość pomiędzy magnesami (x) oraz wynikającą z niej wysokość konstrukcji (H) jest wartość indukcji magnetycznej na powierzchni magnesów, należy dążyć do jej zwiększenia, co w przypadku naturalnych materiałów jest trudne do uzyskania. Przyszłe prace badawcze oraz eksperymentalne prowadzone będą zatem z użyciem elektromagnesów w sposób umożliwiający uzyskanie odpowiednich wartości sił pomiędzy magnesami a także z możliwością uzyskiwania zmiennego kształtu struktury.



Ryc. 14. Wysokość konstrukcji dla różnych wartości parametrów: odległości pomiędzy modułami (x), średnicy magnesów (d) oraz wysokości (L); źródło: opr. własne

Fig. 14. Construction height for various values of parameters: distance between modules (x), magnet diameter (d) and height (L); source: by the author

LITERATURA

1. **Krausse J., Lichtenstein C. (1999)**, *Your Private Sky. R. Buckminster Fuller Art Design Science*, Lars Müller Publishers, Frankfurt/Main.
2. **Kolbert E. (2008)**, *Dymaxion Man, the visions of Buckminster Fuller*, The New Yorker, New York.
3. **Fuller R.B. (1979)**, *Synergetics. Explorations in the Geometry of Thinking*, Macmillan Pub Co, New York.
4. **Baldwin J. (1996)**, *Buckyworks: Buckminster Fuller's Ideas for Today*, Wiley, New York.
5. **Edmondson A. (2007)**, *Fuller Explanation. The Synergetic Geometry of R. Buckminster Fuller*, EmergentWorld LLC, Pueblo.
6. **Abel J.F., Mungan I. (2011)**, *Fifty Years of Progress for Shell and Spatial Structures*, Multi Science Publishing Co Ltd, Madrit
7. **Wikipedia**, Force between magnets, https://en.wikipedia.org/wiki/Force_between_magnets, dostęp 05.12.2020.
8. **Supermagnete.de**, How do you calculate the magnetic flux density? <https://www.supermagnete.de/eng/faq/How-do-you-calculate-the-magnetic-flux-density>, dostęp 05.12.2020.