

# A “New” Method in Archaeology: Architectural Energetics Ebru Kaner<sup>1</sup>

Article submitted: 24 May 2022  
Article accepted: 3 September 2022  
<https://doi.org/10.54930/TARE.2022.5693>

## Abstract

The question of how the ancient structures, which evoke admiration among visitors to excavation sites, ruins, and museums, came to be, has puzzled almost everyone. Although experimental studies have sought answers from time to time since the 1900s, many questions were answered with the introduction of the field of study of *architectural energetics* into archaeology in the 1980s. In this study, *architectural energetics* is used to answer many unanswered questions, such as how the labor force was calculated and whether the economy of the society could be understood with the resulting costs, what kind of social structure this society had, how the labor force was organized, the distribution of gender roles in the workforce, and how to calculate the population of the settlement. The goal is to find answers through the method and provide confirmation of the existing information. Although the use of this “new” method has been applied to specific architectural structures in many settlements in various parts of the world or to the texture of a city or settlement, this process has not yet been the case for Anatolian archaeology. The aim of this study is to practice the method of *architectural energetics* in Anatolia in the future.

## Keywords

Architectural Energetics, Workforce, Cost, Ancient Architecture, Archaeology

## Introduction

Understanding the architectural structures of the ancient period has an important place in archaeology. Although architectural structures provide us with anthropological data, the technical evaluation of structures in the architectural category opens new areas for archaeology. With interdisciplinary studies, it is possible to mention the dynamics of a settlement from many different viewpoints.

It has always been a matter of curiosity how large, massive structures considered monumental were built in antiquity, who built them, and the techniques, technologies and engineering knowledge required to build them. The monuments may vary depending on the era and geography in which they were built. In reality, they are grandiose, large structures with a long construction period and high

---

<sup>1</sup> Ebru Kaner, Istanbul University, Department of Archaeology, Istanbul, Koç University, Department of Archaeology and History of Art, Archaeology Laboratory, Istanbul ORCID: 0000-0003-0234-8572, ebrukiras@gmail.com

cost, created by a collective effort that will be highlighted here. The construction of many monumental structures, such as the Göbeklitepe, Stonehenge, the Egyptian pyramids, the structures of the Classical and Hellenistic periods, the Mayan pyramids, the Great Wall of China, the structures of the Roman Empire, the Moai statues and the structures of the Inca Empire and many more have been the focus of research. Both in popular or monumental structures and excavations of burial mounds, the structure and architecture of the settlements are the primary highlight of the research. With this information, one can find answers to questions such as the social structure, socio-economic structuring, as well as the technology, engineering and material knowledge of the era. Together with the answers obtained, many open questions arise, such as the welfare of the society, the social status, raw material resources, labor organization, the distribution of workers in society in the comprehensive construction activity, and the role of gender in the distribution of workers.

One of the doors that the study of architecture opens to archaeology is the question of how, by whom, and in what period an architectural structure was built. These questions can be asked for the settlement structure of a city as well as for individual monumental architectural structures. Just as the way an architectural structure was built determines its time, it's also crucial who built it, how it was built, and how long its construction lasted. It's from this perspective that the field of *architectural energetics* has been incorporated into archaeology.

## Research History of the *Architectural Energetics* Method

Since the mid-nineteenth century, anthropology has attempted to show that there is a strong relationship between the work that reveals monumentality in architectural structures and the socio-political complexity that formed around the work along with archaeology. L. H. Morgan, one of the most prominent theorists in the field of anthropology, has demonstrated the impact of architectural structuring on political organization, family structure, and kinship relationships between and within cultures.<sup>2</sup>

In addition to the political symbolism that characterizes monumental architecture, it has long been known that there are many areas that need to be studied, such as the complexity of structures, engineering studies, technological innovations, and workforce needs. Along these lines, U.S. archaeologist G. Fowke conducted a study in Ohio in 1902 to calculate construction costs based on labor estimates.<sup>3</sup> Fowke began by observing the largest mound in Butler County, Western Ohio, and recorded the employment rate of the workers by comparing the volume of soil carried by the workers with that of bearers. As a result, he claimed that even the largest earthwork required fewer workers than expected and concluded that architectural structures in the region could be built with a relatively small number of locals.<sup>4</sup> In the years that followed, E. Curwen<sup>5</sup> and E. H. Morris, J. Charlot, and A. A. Morris<sup>6</sup> contributed to the work of labor analysis by producing technologies, chronologies, and regional classifications of ancient buildings.

The impact of architecture in solving anthropological problems, which began to be studied by

2 Lewis H. Morgan, *Houses and House-Life among the American Aborigines* (Washington: Government Printing Office, 1881).

3 Gerard Fowke, *Archaeological History of Ohio: The Mound Builders and Later Indians* (Columbus: Ohio State Archaeological and Historical Society, 1902).

4 Fowke, *Archaeological History of Ohio*, 81.

5 Eliot Curwen, "On the Use of Scapulae as Shovels," *Sussex Archaeological Collection* 67 (1926): 139–45.

6 Earl H. Morris, Jean Charlot, and Ann Axtell Morris, *The Temple of the Warriors at Chichen Itzá, Yucatan*, Carnegie Institution of Washington Publication 406 (Washington D.C.: Carnegie Institution of Washington, 1931).

Morgan, took on new significance through Fowke's view. Thereafter, G. V. Childe,<sup>7</sup> E. R. Service,<sup>8</sup> and M. H. Fried<sup>9</sup> focused on the existence of an educated and skilled artisan class, the labor force used in construction, the need for an organization that could manage the workers in question, and the existence of a political power that would use the labor force simultaneously.

In the years following World War II, a program called ECAFE (Economic Commission for Asia and the Far East) was established in 1957 and 1961 in cooperation with civil engineers, based on a commission established by the United Nations. Although the ultimate goal of this program was not clearly stated, it was intended to record, through a series of experiments, the labor and time required to dig and transport soils of various types and quantities.<sup>10</sup>

In the 1960s, anthropological studies were advanced as part of a desire to uncover the structure and socioeconomic conditions of ancient societies in the context of the energy of labor expended on the cost of buildings. Although the early work of researchers such as R. F. Heizer,<sup>11</sup> D. Kaplan,<sup>12</sup> C. J. Erasmus,<sup>13</sup> and S. Aaberg and J. Bonsignore<sup>14</sup> amounted to classifying communities as chiefdom or state, at one stage it actually led to an analytical perspective on architecture and craft. In his article "Monument Building: Some Field Experiments," published in 1965, Erasmus conducted a series of experiments with indigenous workers he hired in Mexico. In the Las Bocas region, he assigned earth excavation and transportation work to the workers, while Ticul observed the quarrying and stone transportation work he performed in the Yucatán region and shared the results of his notes from these experiments. During the experiments, he explained what work the workers did with what tools, how many hours they had to work to extract 1 m<sup>3</sup> of earth or stone, how many hours they could work productively, at what times of the day they worked, how much weight they could carry during transportation, and as a result of the detailed observations, made a simple volumetric analysis of the construction activities. He calculated the person-day (man-day) as the equivalent of the effort, energy, and time spent to obtain the volumes.<sup>15</sup> Thanks to this experimental study, he was able to calculate the cost of all the architectural structures of the Maya settlement in the Uxmal region.<sup>16</sup>

The first expression in Europe of this experimental research, which began in South America, was seen in the work of the leader of the Stonehenge project, R. J. C. Atkinson, in England. The author's article "Neolithic Engineering," published in 1961 after the 1960 book "Stonehenge" is an important work as it clarifies some unknown issues, such as how many people could have worked

7 Gordon V. Childe, "The Urban Revolution," *Town Planning Review* 21, no. 1 (1950): 3–17.

8 Elman R. Service, *Primitive Social Organization: An Evolutionary Perspective* (New York: Random House, 1962).

9 Morton H. Fried, *The Evolution of Political Society: An Essay in Political Anthropology*, Studies in Anthropology 7 (New York: Random House, 1967).

10 ECAFE (Economic Commission for Asia and the Far East), *Manual Labor and its More Effective Use in Competition with Machines for Earthwork in the ESCAFE Region*, United Nations E/CN.II/Conf. 3/L.L, Manila: United Nations, 1957.

11 Robert F. Heizer, "Agriculture and the Theocratic State in Lowland Southeastern Mexico," *American Antiquity* 26, no. 2 (1960): 215–22.

12 David Kaplan, "Men, Monuments, and Political Systems," *Southwestern Journal of Anthropology* 19 (1963): 397–407.

13 Charles J. Erasmus, "Monument Building: Some Field Experiments," *Southwestern Journal of Anthropology* 21, no. 4 (1965): 277–301.

14 Stephen Aaberg and Jay Bonsignore, "A Consideration of Time and Labor Expenditure in the Construction Process at the Teotihuacan Pyramid of the Sun and the Poverty Point Mound," in *Three Papers on Mesoamerican Archaeology*, ed. John A. Graham and Robert F. Heizer, Contributions of the Archaeological Research Facility, University of California, Berkeley 24 (Berkeley: University of California, 1975), 40–78.

15 Erasmus, "Monument Building: Some Field Experiments," 277–301.

16 Erasmus, 288, 289.

on the construction of Stonehenge, how and with how many people the stones weighing tons were transported, what technologies were used in the transport.<sup>17</sup>

In 1975, Aaberg and Bonsignore, in their study entitled “A Consideration of Time and Labor Expenditure in the Construction Process at the Teotihuacan Pyramid of the Sun and the Poverty Point Mound,” began to take a new step by formulating the costs.<sup>18</sup> In doing so, they did not conduct any new experiments, but used the results of experiments conducted previously.<sup>19</sup> When the studies were published in the 1980s, researchers such as J. S. Athens,<sup>20</sup> R. J. Wenke,<sup>21</sup> and R. H. McGuire<sup>22</sup> objected, arguing that methodological studies were too prominent and overshadowed understanding of the social processes of communities. In the course of the discussions, K. G. Lightfoot and G. M. Feinman argued that research conducted from this perspective opened new doors and recognized in their studies in Mogollon villages in the American Southwest that the size of quarries associated with the ratio of nonlocal goods increased with the presence of larger storage facilities. They suspected the existence of a village headman or chief in Mogollon communities.<sup>23</sup> Academics such as J. E. Arnold and A. Ford,<sup>24</sup> R. H. Cordy,<sup>25</sup> and C. Cheek<sup>26</sup> argued that energy studies of architecture are one way to understand the dynamics and cultural patterns of societies and that studies in this area should be expanded and improved.

In the 1990s, E. M. Abrams made an important contribution to archaeology with the results he obtained through his work in the field of *architectural energetics*, particularly in Maya structures. His doctoral dissertation, first published in 1984, referred to the organization of work and construction in the Late Classic period in the Copan region of Honduras.<sup>27</sup> In 1989, “Architecture and Energy: An Evolutionary Perspective,” he first introduced the concept of *architectural energetics* to archaeology and defined this method as *architectural energetics*.<sup>28</sup> In his 1994 book entitled “How the Maya Built their World,” he used the results obtained by applying the architectural energetics method to Maya structures to determine the social hierarchy, community economy, and work organization in Maya society. In doing so, he divided the structures into contiguous parts and used

17 Richard J. C. Atkinson, “Neolithic Engineering,” *Antiquity* 35, no. 4 (1961): 292–99.

18 Aaberg and Bonsignore, “A Consideration of Time and Labor Expenditure,” Appendices 1 and 2.

19 Aaberg and Bonsignore, 46–56.

20 J. Stephen Athens, “Theory Building and the Study of Evolutionary Process in Complex Societies,” in *For Theory Building in Archaeology: Essays on Faunal Remains, Aquatic Resources, Spatial Analysis, and Systemic Modeling*, ed. Lewis R. Binford (New York: Academic Press, 1977): 353–84.

21 Robert J. Wenke, “Explaining the Evolution of Cultural Complexity: A Review,” *Advances in Archaeological Method and Theory* 4 (1981): 79–127.

22 Randall H. McGuire, “Breaking Down Cultural Complexity: Inequality and Heterogeneity,” *Advances in Archaeological Method and Theory* 6 (1983): 91–142.

23 Kent G. Lightfoot and Gary M. Feinman, “Social Differentiation and Leadership Development in Early Pithouse Villages in the Mogollon Region of the American Southwest,” *American Antiquity* 47, no. 1 (1982): 64–86.

24 Jeanne E. Arnold and Anabel Ford, “A Statistical Examination of Settlement Patterns at Tikal, Guatemala,” *American Antiquity* 45, no. 4 (1980): 713–26.

25 Ross H. Cordy, *A Study of Prehistoric Social Change: The Development of Complex Societies in the Hawaiian Islands* (New York: Academic Press, 1981).

26 Charles Cheek, “Construction Activity and Sociocultural Integration at Copan,” *50th Annual Meeting of the Society for American Archaeology*, (Denver: 1985); “Construction Activity as a Measurement of Change at Copan, Honduras,” in *The Southeast Maya Periphery*, ed. Patricia A. Urban and Edward M. Schortman (Austin: University of Texas Press, 1986): 50–71.

27 Elliot M. Abrams, “Systems of Labor Organization in Late Classic Copan, Honduras: The Energetics of Construction,” (PhD diss., The Pennsylvania State University, 1984).

28 Elliot M. Abrams, “Architecture and Energy: An Evolutionary Perspective,” *Archaeological Method and Theory* 1 (1989): 47–87.

volumetric calculations to set the amount of energy consumed to one person-day.<sup>29</sup>

In the late 1990s and 2000s, J. De Laine calculated the cost of bath structures for his doctoral dissertation using the metric measurements of baths built by Caracalla, one of the Roman emperors.<sup>30</sup> Today, many researchers such as R. D. Fitzsimons,<sup>31</sup> M. Devolder,<sup>32</sup> L. McCurdy,<sup>33</sup> F. Remise,<sup>34</sup> J. Lancaster,<sup>35</sup> A. J. DeLuca,<sup>36</sup> C. H. Lacquement,<sup>37</sup> R. L. Smailes,<sup>38</sup> A. Brysbaert,<sup>39</sup> F.

- 
- 29 Elliot M. Abrams, *How the Maya Built Their World: Energetics and Ancient Architecture* (Austin: University of Texas Press, 1994).
- 30 Janet DeLaine, *The Baths of Caracalla: A Study in the Design, Construction, and Economics of Large-scale Building Projects in Imperial Rome*, Journal of Roman Archaeology Supplementary Series 25 (Portsmouth: Journal of Roman Archaeology, 1997).
- 31 Rodney D. Fitzsimons, “An Energetic(s) Approach to Late Helladic Tomb Construction: Funerary Architecture and State Formation at Bronze Age Mycenae,” in *Meditations on the Diversity of the Built Environment in the Aegean Basin and Beyond: Proceedings of a Colloquium in Memory of Frederick E. Winter, Athens 22–23 June 2012*, ed. David W. Rupp and Jonathan E. Tomlinson, Publications of the Canadian Institute in Greece 8 (Athens: The Canadian Institute in Greece, 2014): 83–120; “Architectural Energetics and Archaic Cretan Urbanisation,” in *From Maple to Olive: Proceedings of a Colloquium to Celebrate the 40th Anniversary of the Canadian Institute in Greece, Athens, 10–11 June 2016*, ed. David W. Rupp and Jonathan E. Tomlinson, Publications of the Canadian Institute in Greece 10 (Athens: The Canadian Institute in Greece, 2017): 345–83.
- 32 Maud Devolder, *Construire en Crète minoenne: Une approche énergétique de l’architecture néopalatiale*, Aegaeum 35 (Leuven: Peeters, 2013); “Manpower and Neopalatial Architecture: The Architectural Project as a Meaningful Experience,” in *Minoan Archaeology Perspectives for the 21st Century*, ed. Sarah Cappel, Ute Günkel-Maschek, and Diamantis Panagiotopoulos, Aegis 8 (Louvain-le-Neuve: Presses universitaires de Louvain, 2015): 241–52.
- 33 Leah McCurdy, “Visualising Architecture: The Experience of Creating Virtual Reconstructions” (master’s thesis, University of York, 2010); “Building Xunantunich: Public Building and Labor Organization in an Ancient Maya Community” (PhD diss., University of Texas at San Antonio, 2016); “Peopling Monuments: Virtual Energetics and Labor Impact Analysis of Monumental Construction at Xunantunich, Belize,” in *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations*, ed. Leah McCurdy and Elliot M. Abrams (London: Routledge, 2019), 205–34.
- 34 François Remise, “An Energetics Approach to the Construction of the Heuneburg: Thoughts on Celtic Labor Cost Choices,” in *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations*, ed. Leah McCurdy and Elliot M. Abrams (London: Routledge, 2019), 76–95.
- 35 Jerard Lancaster, “To House and Defend: The Application of Architectural Energetics to Southeast Archaic Greek Sicily,” in *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations*, ed. Leah McCurdy and Elliot M. Abrams (London: Routledge, 2019), 95–113.
- 36 Anthony James DeLuca, “Architectural Energetics and the Construction of Circle 2, Los Guachimontones, Jalisco” (master’s thesis, University of Colorado, 2017); “Dual Labor Organization Models for the Construction of Monumental Architecture in a Corporate Society,” in *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations*, ed. Leah McCurdy and Elliot M. Abrams (London: Routledge, 2019), 182–204.
- 37 Cameron H. Lacquement, “Landscape Modification at Moundville: An Energetics Assessment of a Mississippian Polity” (PhD diss., University of Alabama, 2009); “Recalculating Mound Volume at Moundville,” *Southeastern Archaeology* 29, no. 2 (2010): 341–54.
- 38 Richard L. Smailes, “Building Chan Chan: The Application of Construction Project Management to the Analysis of Ancient Architecture” (PhD diss., University of Florida, 2000); “Building Chan Chan: A Project Management Perspective,” *Latin American Antiquity* 22, no. 1 (2011): 37–63; “A Construction Management Approach to Building the Monumental Adobe Ciudadelas at Chan Chan, Peru,” in *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations*, ed. Leah McCurdy and Elliot M. Abrams (London: Routledge, 2019), 235–64.
- 39 Ann Brysbaert, “‘Set in Stone’? Constructed Symbolism Viewed through an Architectural Energetics’ Lens at Bronze Age Tiryns, Greece,” in *Excerpta Archaeologica Leidensia*, ed. Corrie Bakels and Hans Kamermans, *Analecta Praehistorica Leidensia* 45 (Leuven: Peeters, 2015), 91–105.

Buccellati,<sup>40</sup> and C. R. Harper<sup>41</sup> calculated the costs of societies by applying the method of *architectural energetics*. They found the opportunity to shed light on many issues, such as the society's social organizations, complex cultural structures, and economies. *Architectural energetics* analysis now illuminates not only the unknowns of American civilizations, but also the issues of civilizations in various parts of the world such as Europe (Greece, etc.), Asia (China, Vietnam, Cambodia, etc.), and Africa (Egypt, etc.).

## Architectural Energetics

The use of the term *architectural energetics*, first coined by E. M. Abrams in 1989, and the implementation of its method have not yet been fully realized in Turkey. In a general framework, J. Seeher has calculated the cost of reconstruction of the Hittite fortification wall in his book "A Mudbrick City Wall at Hattusa: Diary of a Reconstruction" (2007). During the construction of the 65 m long Hittite fortification, which was worked on for a total of three seasons (2003, 2004, and 2005), the cost per working day was calculated by observing the entire activity from start to finish.<sup>42</sup> However, during the reconstruction, the use of contemporary technologies (e.g., using shovels and blasting machines) deviated somewhat from the *architectural energetics* method. In any case, the study was not conducted to calculate the cost of reconstruction, but this result was presented to the reader as statistical data. The fact that the term *architectural energetics* is not used by Seeher in the book also indicates that the method is not the main objective. Another study is the experimental mud house structure built in Aşıklı Höyük in 2014. The results of the study were shared by G. Duru in the article "Construction of a Neolithic House Through Experimental Archaeology" ("Deneyisel Arkeoloji Yoluyla Neolitik Bir Ev Yapımı").<sup>43</sup> While it is positive that modern technologies and tools were not used in the construction of the house, the main purpose of the study is not to analyze the architectural energetics but to reveal the interactions of the Aşıklı society with space, nature and the environment. As a result of the study, the amount of material used during the construction, as well as the number of people and the number of working days during which the building was completed, were reported as additional information.<sup>44</sup>

In the studies of Anatolian archaeology in Turkey, there are shortcomings in the application of the method of *architectural energetics*. Architectural energetics, although known for over one hundred years but only applied as a method for about 35 years, has not yet found its place in Turkish archaeology. Since this relatively "new" field of research has not been introduced, the term has yet to be translated into Turkish. In my current study, I applied the method of architectural energetics to the fortifications of Kaymakçı, a second millennium BCE fortified settlement in Manisa, and coined *mimari enerji* as the Turkish equivalent for this term. As for the translation of the term into Turkish, the term *mimari iş gücü* can be used instead of *mimari enerji* as an alternative in future studies.

The method of *architectural energetics* is basically the cost calculation for any construction

40 Federico Buccellati, *Three-dimensional Volumetric Analysis in an Archaeological Context: The Palace of Turkish at Urkesh and its Representation*, Bibliotheca Mesopotamica 30, Urkesh/Mozan Studies 6 (Malibu: Undena Publications, 2016).

41 Charles, Ryan Harper, "Laboring with the Economics of Mycenaean Architecture: Theories, Methods, and Explorations of Mycenaean Architectural Production" (PhD diss., Florida State University, 2016).

42 Jürgen Seeher, *Hattuša Kerpiç Kent Suru: Bir Rekonstrüksiyon Çalışması* (Istanbul: Ege Yayınları, 2007).

43 Güneş Duru, "Deneyisel Arkeoloji Yoluyla Neolitik Bir Ev Yapımı," *Colloquium Anatolicum* 13 (2014): 131–51.

44 Duru, "Deneyisel Arkeoloji," 143, 144.

activity. Methodologically, it is the representation of the resulting energy, including some measurements and calculations. Energy corresponds to the cost of time and effort that a person spends on a job. The concept of cost is the mathematization of the energy expended.<sup>45</sup> Determination of energy expended is possible using information from written sources, if available, and from ethnographic and experimental archaeological studies.

The most commonly used units in architectural energetics are formulated as person-day/hour, man-day/hour, worker-day/hour, and kilojoules.<sup>46</sup> The term “person,” “man,” or “worker” refers to an average individual in terms of age and gender.<sup>47</sup> The concept of “day” corresponds to the hour worked in a day. All these units are subjectively selected by the researcher and used in the studies.<sup>48</sup>

According to the results obtained, one may wonder how accurate the cost of a building constructed thousands of years ago can be or how reliable its accuracy is. However, this method does not imply that the results obtained are never precise, but that the resulting data are within the range of consistent and realistic predictions.<sup>49</sup> The specific actions taken to answer the questions are to take advantage of the written texts of the time, if available, and/or to observe and record the experimental construction behavior performed with the construction technologies of the time, disregarding today’s technologies.<sup>50</sup> However, it should be kept in mind that the observed and recorded data may be related to social factors such as incentives and work psychology, as well as physical factors such as the type of raw material and climate.

The methodological steps to be taken in the field of architectural energetics will facilitate the costing of the architectural structure under study. Accordingly, the first question that must be asked is during which period the building under study was constructed. Thus, it is beneficial to know what construction technique was used to construct the building and what technologies from that period were used and what metrics should be used in the following steps. For example, the tools and known technologies used in a Neolithic settlement are not the same as those used in the Iron Age, and it would not be feasible to compare the results obtained. The second thing to note is the typology of the building and the materials used in the building. In this way, the sources of raw material supply can be determined. The distance between the source of raw materials and the building site is a crucial step for the transportation of raw materials later in the costing study. The third step is to simply calculate the volume of each architectural component by separating the components of the building being analyzed. Basic volume formulas, 3D mathematical mea-

45 Abrams, “Architecture and Energy,” 53; Abrams, *How the Maya Built Their World*, 37, 38; Elliot M. Abrams and Thomas W. Bolland, “Architectural Energetics, Ancient Monuments, and Operations Management,” *Journal of Archaeological Method and Theory* 6, no. 4 (1999): 264; Elliot M. Abrams and Leah McCurdy, “Massive Assumptions and Moundbuilders: The History, Method, and Relevance of Architectural Energetics,” in *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations*, ed. Leah McCurdy and Elliot M. Abrams (London: Routledge, 2019), 3.

46 John V. G. A. Durnin and Reginald Passmore, *Energy, Work and Leisure* (London: Heinemann Educational Books, 1967); Otto G. Edholm, *The Biology of Work* (New York: McGraw-Hill, 1967); Cameron H. Lacquement, “Landscape Modification at Moundville: An Energetics Assessment of a Mississippian Polity” (PhD diss., University of Alabama, 2009).

47 Abrams, “Architecture and Energy,” 63; Abrams, *How the Maya Built Their World*, 43; Abrams and McCurdy, “Massive Assumptions and Moundbuilders,” 3.

48 In the study, the concept of person-day is abbreviated as p-d.

49 Abrams, “Architecture and Energy,” 68; Abrams and Bolland, “Architectural Energetics, Ancient Monuments, and Operations Management,” 265; Abrams and McCurdy, 5.

50 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 41; Abrams and Bolland, 267.

surements, or graphical mapping can be used in the volume calculation.<sup>51</sup> Cost estimation can be done by determining the steps that need to be performed for the architectural components that have been separated into their parts. This roughly follows (1) site preparation—when required, (2) procurement of raw materials, (3) transportation, (4) fabrication, and (5) construction phases.<sup>52</sup> In this last phase, the total cost per person-day is determined using the rates derived from experiments conducted by various researchers and/or written texts of the time, if available. From this, the energy cost for the construction of the building can be obtained.

Abrams, who applied architectural energetics analysis methodically for the first time, explained the method step by step in his book “How the Maya Built their World” and applied it to the architectural structures of the Classic Maya in Copan, Honduras. First, he divided the structures whose excavations had been completed into typological categories and described the architectural features and material of the structures.<sup>53</sup> He divided 61 architectural structures such as temples and palaces, which were more complicated and elaborately built than structures such as workshops, warehouses, kitchens, and houses, into five types and formed 13 groups.<sup>54</sup> He then divided the stages of work during construction into four phases and gave the ratios he had found in the experiments he had conducted in terms of the material used and the unit of construction.<sup>55</sup> Abrams’ next step, taking metric measurements of the structures to be analyzed, is to use these ratios for each structure whose volume is known. In this way, the result of the cost spent on each building is determined as a total person-day.<sup>56</sup> The characteristics of the architectural energetics data obtained by Abrams from 61 buildings were interpreted as explaining the hierarchy of Late Classic Maya society, status, and power relations in social and political terms at the macro level. According to Abrams, there is a relationship between the size and/or abundance of architectural structures in terms of quality and/or quantity in communities and the economy and strength of those communities.<sup>57</sup> Another indication that emerges from the results of architectural energetics is the division within the workforce and the organization of the workforce. Access to the workforce is organized through the recruitment of indentured helpers from outside the family, along with familial and kinship relationships within the society.<sup>58</sup> At the same time, the place of the labor force in society is also determined. People who perform more “elite” jobs, such as engineers, craftsmen, and sculptors, have a different place in society than workers who contribute only physical labor.<sup>59</sup>

## Case Study

Since it is believed that the illustration of this method can contribute to what is explained in this article, the architectural energetics analysis is applied to the stone base construction of a 100 m long wall fragment of the fortification wall, using the dimensions of the fortification wall and the stone source known from the Kaymakçı settlement as reference. The size of the fortification

---

51 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 39, 43; Abrams and McCurdy, 4.

52 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 39, 43; Abrams and McCurdy, 4.

53 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 20–37.

54 Abrams, *How the Maya Built Their World*, Table 7.

55 Abrams, *How the Maya Built Their World*, Table 3.

56 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 38–75.

57 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 76–95, 109–24.

58 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 96–108.

59 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 109–19.



wall will be 100x1.5x1.5 m and it will be constructed by dry construction method. The illustration will only show the methodological application, since the sample is kept in a small scale, it will not be possible to explain the impact of the size of the cost on the settlement.

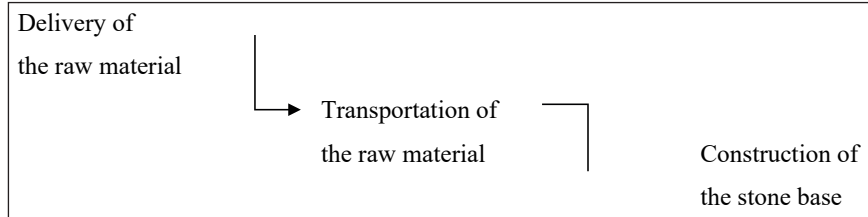


Table 1: Workflow diagram of the stone base construction.

The evaluation of the ratios presented after various experimental studies on quarry construction revealed that the type of rock closest to the mica schist density used in Kaymakçı is limestone and that the ratio to be used is the one obtained when limestone is delivered. Accordingly, Erasmus noted that one person mined 0.46 m<sup>3</sup>/p-d of limestone in his experiment with primitive tools.<sup>60</sup> For transportation, the civil engineers in the ECAFE experiments established a standard formula for manual handling that included handling raw materials of different densities.<sup>61</sup> According to this formula;

$$\text{Labor cost} = q \times \frac{1}{\left(\frac{L}{V} + \frac{L}{V'} + c + d + e\right)} \times H$$

q = capacity of the container (m<sup>3</sup>)

L = transporting distance (m)

V = average velocity loaded (m/min)

V' = average velocity empty (m/min)

c = loading time (min)

d = unloading time (min)

e = idling time (min)

H = daily working time (h)

Later, Aaberg and Bonsignore revised this formula to simplify it.<sup>62</sup> The final formula should be as follows:

$$\text{Labor cost} = Q \times \frac{1}{\left(\frac{L}{V} + \frac{L}{V'}\right)} \times H$$

In this mathematical formula proposed for transportation, this formula is used because transportation is calculated per m<sup>3</sup> and not according to the density of the raw material. In the

<sup>60</sup> Erasmus, 286.

<sup>61</sup> ECAFE (Economic Commission for Asia and the Far East), *Manual Labor and its More Effective Use in Competition with Machines for Earthwork in the ESCAPE Region*, United Nations E/CN.II/Conf. 3/L.L. (Manila: United Nations, 1957), 22.

<sup>62</sup> Aaberg and Bonsignore, 46.

construction of the stone base, the rate of 10.5 hours per person per m<sup>3</sup> obtained by Erasmus,<sup>63</sup> in the experiment for mortarless limestone masonry in Mayan architecture, is an approximation of the experiment mentioned above. Currently, the table of cost rates to be used for the construction process is as follows:

Supply of raw materials		Source
Stone	0.46 m <sup>3</sup> /p-d (quarry)	Erasmus, 1965: 286.
<b>Transport</b>		
$\frac{Q \times H}{\left(\frac{L}{V} + \frac{L}{V'}\right)}$		Aaberg-Bonsignore, 1975: 46. Original formula: $Q \times \frac{1}{\left(\frac{L}{V} + \frac{L}{V'}\right)} \times H$
<b>Building</b>		
Stone base	0.76 m <sup>3</sup> /p-d	Erasmus, 1965: 291. Original ratio: 10.5 hours-person/m <sup>3</sup>

Table 2: Table of cost ratios (with sources).

The result per person-day required to build a 225 m<sup>3</sup> wall with a total length of 100 m, a width of 1.5 m, and a height of 1.5 m is shown in the table.

Activity	Total Volume	Ratio	Cost
Stone excavation	225 m <sup>3</sup>	0.46 m <sup>3</sup> /p-d	489 p-d
Stone transportation		$\frac{Q \times H}{\left(\frac{L}{V} + \frac{L}{V'}\right)}$	22.5 p-d
Stone base construction		0.76 m <sup>3</sup> /p-d	296 p-d
<b>TOTAL</b>			<b>807.5 p-d</b>

Table 3: Table of total costs.

It is worth noting that the results obtained cannot be exact results; rather they are an approximation, and it should be noted that the result does not change dramatically when the ratios are changed depending on the type of commodity.

The result shows that 807.5 p-d are required to build a stone wall with dimensions of 100x1.5x1.5 m without mortar. The value in question indicates how many working days are required to complete the said works. Assuming that ten people work for the construction, the construction of the stone base will be completed in 80 days. The results can be varied as desired by changing the values. As the number, size and complexity of the structures increase, both more time and more labor will be required.

<sup>63</sup> Erasmus, 291.

## Evaluation and Conclusion

In the costing of architectural structures, the preparation/maintenance/repair of tools and equipment to be used during construction, the provision of beasts of burden to be transported, the preparation/maintenance/repair of freight cars, the preparation of the construction site by leveling/filling, the compensation of labor, the provision of housing for the relocated labor, and many factors such as the compensation of his labor force was kept in the background. Nevertheless, *architectural energetics* analysis not only provides researchers with statistical data, but also allows them to read the unknowns of society based on the mathematical results obtained. Against the background of the resulting picture, the social order of societies, the hierarchy and status between groups, the wealth and economy of the society, the political power of the society, the level of labor in the society, the genders of those involved in architectural labor, and perhaps even the identity problem and even the population calculation if labor is local; if not, labor transfer can still contribute to the understanding of the economic and political power of societies.

*Architectural energetics* analysis can be applied to the architecture of settlements anytime, anywhere in the world, as a method for future comparison. If the cost rates in a study are not derived experimentally and we do not have a written source describing the construction activities or architectural features of the period we are studying, we can make an estimate by using the cost rates of previous similar studies with the construction technique and material information of the building we will be working on. Labor rates are the ratio of the volume of work performed by the observed workers or persons during the day to the time. All work rates obtained to date are summarized in a table by Abrams and McCurdy in m<sup>3</sup>/p-d.<sup>64</sup> The rates in the table are adjusted with the materials used and the hours worked by indicating the geography in which they were determined. This allows the values determined in different regions to serve as a reference for future studies.

Incorporating *architectural energetics* analysis, which is a partially new method (and a completely new method for Anatolian archaeology) into future studies will help us clarify the unknowns and confirm our knowledge. The importance of this approach will become increasingly evident with the use of *architectural energetics* analysis in future studies. It will help researchers better understand ancient societies, both in terms of method and results.

---

<sup>64</sup> Abrams and McCurdy, "Massive Assumptions and Moundbuilders: The History, Method, and Relevance of Architectural Energetics," Table 1.



# Arkeolojide ‘‘Yeni’’ Bir Yöntem: Mimari Enerji

**Ebru Kaner<sup>1</sup>**

Makale geliş: 24 Mayıs 2022

Makale kabul: 3 Eylül 2022

<https://doi.org/10.54930/TARE.2022.5693>

## Özet

**K**azı alanlarında, ören yerlerinde ve müzelerde ziyaretçilerde hayranlık uyandıran antik dönem yapılarının nasıl yapıldığı sorusu hemen herkesin aklını kurcalamıştır. 1900’lerden itibaren zaman zaman deneysel çalışmalarla sorulara yanıt aransa da 1980’lerde *mimari enerji* çalışma alanının arkeolojiye girmesiyle birçok soru cevaplanmıştır. Bu çalışma, *mimari enerji* metodu aracılığıyla; iş gücünün nasıl hesaplandığı ve bunun sonucunda elde edilen maliyetlerle toplumun ekonomisinin anlaşılıp anlaşılamayacağı, bu toplumun nasıl bir sosyal yapısının olduğu, iş gücünün nasıl organize edildiği, iş gücündeki cinsiyet rollerinin dağılımı ve yerleşimin nüfusunun nasıl hesaplanabileceği gibi pek çok bilinmeyen soruya cevap bulmayı, var olan bilginin ise teyidini sağlamayı amaçlamaktadır. Söz konusu bu ‘‘yeni’’ metodun kullanımı dünyanın çeşitli yerlerindeki pek çok yerleşimde spesifik mimari yapılara ya da bir kentin veya yerleşimin dokusu üzerine uygulanmış olsa da bu durum Anadolu arkeolojisi için henüz başlamamıştır. Bu çalışma ilerleyen dönemlerde Anadolu’da *mimari enerji* yönteminin kullanılmasını temenni etmektedir.

## Anahtar Kelimeler

Mimari Enerji, İş Gücü, Maliyet, Antik Mimari, Arkeoloji

## Giriş

Antik dönem mimari yapılarını anlamak arkeoloji biliminde önemli bir yer tutmaktadır. Her ne kadar mimari yapılar bize antropolojik veriler sunsa da yapıların mimari kategorisinde teknik açıdan da değerlendirilmesi arkeolojiye yeni alanlar açmaktadır. Disiplinler arası çalışmalarla bir yerleşimin dinamikleri hakkında çok farklı alanlarda konuşmak mümkün olmaktadır.

Anıtsal olarak değerlendirilen büyük, masif yapıların antik dönemde nasıl yapıldığı, kimlerin inşa ettiği, hangi teknikler ve teknolojiler ile mühendislik bilgilerinin harmanlanarak inşa edildiği her zaman merak konusu olmuştur. Anıtsal olarak atfedilen yapılar yapıldığı döneme ve coğrafyaya göre çeşitlilik gösterebilir ancak aslında burada vurgulanmak istenen kolektif bir çalışmayla oluşturulan, inşaat takvimi uzun süren ve maliyeti yüksek olan gösterişli, büyük yapılardır. Göbeklitepe yapıları, Stonehenge, Mısır Piramitleri, Klasik ve Helenistik dönem yapıları, Maya Piramitleri, Çin Seddi, Roma İmparatorluğu yapıları, Moai heykelleri ve İnka İmparatorluğu ya-

<sup>1</sup> Ebru Kaner, İstanbul Üniversitesi, Arkeoloji Bölümü, İstanbul, Koç Üniversitesi, Arkeoloji ve Sanat Tarihi Bölümü, Arkeoloji Laboratuvarı, İstanbul, ORCID: 0000-0003-0234-8572, ebrukiras@gmail.com

pıları gibi daha sayamayacağımız birçok anıtsal mimarinin inşası araştırmaların odağı olmuştur. Yalnızca popüler ya da anıtsal yapılar değil bir höyük kazısında bile yerleşimin dokusu, mimarisi çalışmaların merkezinde bulunmaktadır. Bu bilgilerle hem toplum yapısı, sosyo-ekonomik yapılaşma hem de dönemin teknolojisi, tekniği, malzeme bilgisi gibi soruların cevaplarına ulaşmak mümkündür. Alınan yanıtlarla birlikte toplumun refahı, sosyal statüler, hammadde kaynakları, iş gücü organizasyonu, kapsamlı inşa faaliyetinde toplumdaki işçi dağılımı, işçi dağılımındaki cinsiyetin rolü gibi ucu açık birçok soruyu da cevabıyla beraberinde getirmektedir.

Mimari üzerine çalışmaların arkeolojiye açtığı kapılardan birisi de bir mimari yapının nasıl, kimler tarafından ve ne kadar zamanda yapıldığı sorusudur. Bu sorular, anıtsal mimari yapılarına sorulduğu gibi, bir kentin yerleşim dokusuna da sorulabilir. Bir mimari yapının nasıl yapıldığı, zamanını belirlediği gibi, kimlerin yaptığı da hem nasıl yapıldığını hem de ne kadar zamanda yapıldığını belirlemektedir. Bu bakış açısıyla arkeolojiye *mimari enerji* çalışma alanı kazandırılmıştır.

### *Mimari Enerji Yönteminin Araştırma Tarihçesi*

On dokuzuncu yüzyıl ortasından beri antropoloji bilimi, arkeolojiyle birlikte mimari yapılardaki anıtsallığı ortaya çıkararak emek ve emeğin çevresinde şekillenen sosyo-politik karmaşıklık arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymaya çalışmıştır. Antropoloji alanında bilinen teorisyenlerden biri olan L. H. Morgan, mimari yapılaşmanın kültürler arasında ve kültürler içinde oluşan siyasi örgütlenme, aile yapısı ve akrabalık ilişkilerine kadar uzanan etkisini açığa çıkarmıştır.<sup>2</sup>

Anıtsal mimarinin politik sembolizm etiketinin yanında yapıların karmaşıklığı, mühendislik çalışmaları, teknolojik yenilikler ve iş gücü gereksinimi gibi birçok araştırılması gereken alanların varlığı geçmişten beri bilinmektedir. Bu doğrultuda ABD’li arkeolog G. Fowke Ohio’da 1902 yılında iş gücü tahminlerini uygulayarak inşaat maliyetlerini hesaplamak amacıyla bir çalışma yapmıştır.<sup>3</sup> Fowke, Batı Ohio’daki Butler County’de yer alan en büyük höyüğü gözlemlemeye başlayarak genel bir bakışla mısır taşıyan işçilerin taşıdıkları hacimle toprak hacmini karşılaştırarak işçilerin çalışma oranlarını kaydetmiştir. Bunun sonucunda en büyük toprak hafriyatında bile tahmin edilenden daha az sayıda işçiye ihtiyaç olduğunu iddia ederek, bölgedeki mimari yapıların nispeten az sayıda yerel halkla yapılabileceği neticesine ulaşmıştır.<sup>4</sup> İlerleyen yıllarda E. Curwen<sup>5</sup> ile E. H. Morris, J. Charlot ve A. A. Morris<sup>6</sup> antik dönem yapılarının teknolojileri, kronolojileri, bölgesel sınıflandırmalarını yaparak iş gücü analizleri çalışmalarına katkıda bulunmuşlardır.

Morgan ile başlayan, mimarinin antropolojik sorunların çözümündeki etkisi Fowke’nin bakış açısıyla yeni bir anlam kazanmıştır. Ardından, G. V. Childe,<sup>7</sup> E. R. Service<sup>8</sup> ve M. H. Fried<sup>9</sup> ise çalışmalarında inşaat faaliyetleri esnasında kullanılan emeğin ve iş gücünün eğitimli ve yetenekli zanaatkar sınıfının varlığına, söz konusu işçileri yönetebilecek bir organizasyona ihtiyaç du-

2 Lewis H. Morgan, *Houses and House-Life among the American Aborigines* (Washington: Government Printing Office, 1881).

3 Gerard Fowke, *Archaeological History of Ohio: The Mound Builders and Later Indians* (Columbus: Ohio State Archaeological and Historical Society, 1902).

4 Fowke, *Archaeological History of Ohio*, 81.

5 Eliot Curwen, “On the Use of Scapulae as Shovels,” *Sussex Archaeological Collection* 67 (1926): 139–45.

6 Earl H. Morris, Jean Charlot ve Ann Axtell Morris, *The Temple of the Warriors at Chichen Itzá, Yucatan*, Carnegie Institution of Washington Publication 406 (Washington D.C.: Carnegie Institution of Washington, 1931).

7 Gordon V. Childe, “The Urban Revolution,” *Town Planning Review* 21, no. 1 (1950): 3–17.

8 Elman R. Service, *Primitive Social Organization: An Evolutionary Perspective* (New York: Random House, 1962).

9 Morton H. Fried, *The Evolution of Political Society: An Essay in Political Anthropology*, Studies in Anthropology 7 (New York: Random House, 1967).

yalınmış olabileceğine ve aynı zamanda iş gücünü kullanmak isteyen bir siyasi gücün var olduğuna odaklanmışlardır.

İkinci Dünya Savaşı'nı takip eden yıllarda, Birleşmiş Milletler tarafından oluşturulan bir komisyon takibinde inşaat mühendisleri ile iş birliğiyle 1957 ve 1961 yıllarında ECAFE (Economic Commission for Asia and the Far East) isimli program oluşturulmuştur. Her ne kadar bu programın varmak istediği nihai hedef açıkça belirtilmemiş olsa da, farklı türlerde ve hacimlerde toprağın kazısı ve taşınması için gerekli iş gücünün ve harcanan zamanın bir dizi deneyler sonucunda kaydedilmesi amaçlanmıştır.<sup>10</sup>

1960'larda antropolojik çalışmalar antik dönem topluluklarının yapısını ve sosyo-ekonomik durumlarını ortaya çıkarma isteği sayesinde, inşaatların maliyetleri üzerinden harcanan enerjinin emek olarak karşılık bulması çerçevesinde ilerlemiştir. R. F. Heizer,<sup>11</sup> D. Kaplan,<sup>12</sup> C. J. Erasmus<sup>13</sup> ile S. Aaberg ve J. Bonsignore<sup>14</sup> gibi araştırmacıların ilk çalışmaları her ne kadar toplulukları şeffik ya da devlet kategorisinde tasnif etmek için ortaya çıkmış olsa da aslında bir aşamada mimariye ve işçiliğe analitik bir bakış açısı başlatılmasına ön ayak olmuştur. Erasmus, 1965 yılında yayınlanan "Monument Building: Some Field Experiments" adlı makalesinde Meksika'da kendi tuttuğu yerel işçiler ile bir dizi deney gerçekleştirmiştir. Las Bocas bölgesinde işçilere, toprak kazma, taşıma işleri verirken, Ticul, Yucatán bölgesinde ise verdiği taş ocakçılığı ve taş taşıma işlerini gözlemlemiş ve bu deneylerden tuttuğu kayıtların sonuçlarını paylaşmıştır. Deneyler sırasında işçilerin hangi işleri hangi aletlerle yaptığı, 1 m<sup>3</sup> toprak ya da taş çıkarabilmek için kaç saat çalışmaları gerektiği, günde kaç saat verimli çalışabildikleri, günün hangi saatlerinde çalıştıkları, taşıma yaparken hangi mesafeler için ne kadar ağırlık taşıyabileceklerini söyleyerek detaylı gözlemler sonucunda inşaat faaliyetlerindeki basit hacimsel miktarları elde etme karşısında harcanan emeğin, enerjinin ve zamanın karşılığı olarak kişi-gün (man-day) hesaplamasını yapmıştır.<sup>15</sup> Bu deneysel çalışma sayesinde Uxmal bölgesinde bulunan Maya yerleşimindeki mimari yapıların tamamının maliyetini hesaplayabilmiştir.<sup>16</sup>

Güney Amerika'da başlayan bu deneysel araştırmaların Avrupa'daki ilk yansıması İngiltere'de Stonehenge proje başkanı R. J. C. Atkinson'un çalışmalarında görülmüştür. 1960 yılında yayınlanan "Stonehenge" kitabının ardından, 1961'de yayınlanan "Neolithic Engineering" adlı makalesi, Stonehenge'in yapımında kaç kişinin çalışmış olabileceği, tonlarca ağırlıktaki taşların nasıl ve kaç kişi ile taşınmış olabileceği, taşınma esnasında kullanılan teknolojilerin neler olduğu gibi bazı bilinmeyenleri açıklığa kavuşturması açısından önemli bir çalışmadır.<sup>17</sup>

10 ECAFE (Economic Commission for Asia and the Far East), *Manual Labor and its More Effective Use in Competition with Machines for Earthwork in the ESCAPE Region*, United Nations E/CN.II/Conf. 3/L.L, Manila: United Nations, 1957.

11 Robert F. Heizer, "Agriculture and the Theocratic State in Lowland Southeastern Mexico," *American Antiquity* 26, no. 2 (1960): 215–22.

12 David Kaplan, "Men, Monuments, and Political Systems," *Southwestern Journal of Anthropology* 19 (1963): 397–407.

13 Charles J. Erasmus, "Monument Building: Some Field Experiments," *Southwestern Journal of Anthropology* 21, no. 4 (1965): 277–301.

14 Stephen Aaberg ve Jay Bonsignore, "A Consideration of Time and Labor Expenditure in the Construction Process at the Teotihuacan Pyramid of the Sun and the Poverty Point Mound," *Three Papers on Mesoamerican Archaeology* içinde, der. John A. Graham ve Robert F. Heizer, Contributions of the Archaeological Research Facility, University of California, Berkeley 24 (Berkeley: University of California, 1975), 40–78.

15 Erasmus, "Monument Building: Some Field Experiments," 277–301.

16 Erasmus, 288, 289.

17 Richard J. C. Atkinson, "Neolithic Engineering," *Antiquity* 35, no. 4 (1961): 292–99.

1975 yılında ise Aaberg ve Bonsignore, “A Consideration of Time and Labor Expenditure in the Construction Process at the Teotihuacan Pyramid of the Sun and the Poverty Point Mound” isimli çalışmalarında bir adım ileriye taşıyarak maliyetleri formüle etmeye başlamışlardır.<sup>18</sup> Bunu ortaya koyarken yeni deneyler yapmamışlar, bunun yerine bu zamana kadar yapılmış deney sonuçlarını kullanmışlardır.<sup>19</sup> Çalışmaların yayınlandığı 1980’li yılları takiben J. S. Athens,<sup>20</sup> R. J. Wenke<sup>21</sup> ve R. H. McGuire<sup>22</sup> gibi araştırmacılar, yapılan metodolojik çalışmaların fazla ön planda olduğunu ve toplulukların toplumsal süreçlerinin anlaşılmasını gölgede bıraktığını savunarak karşı çıkmışlardır. Ortaya çıkan tartışmaların akabinde K. G. Lightfoot ve G. M. Feinman ise söz konusu perspektifte yapılan araştırmaların yeni kapılar açtığını savunmuş ve Güneybatı Amerika’daki Mogollon köylerinde yaptıkları çalışmalarda artış gösteren depolama tesislerinin varlığı ile yine artış gösteren, lokal olmayan mal oranıyla ilişkili ocakların boyutlarının büyümesini fark ederek, erken Mogollon topluluklarında bir köy lideri ya da şef varlığını önermişlerdir.<sup>23</sup> J. E. Arnold ile A. Ford,<sup>24</sup> R. H. Cordy<sup>25</sup> ve C. Cheek<sup>26</sup> gibi akademisyenler mimarlık üzerine yapılan enerji çalışmalarının, toplumların dinamiklerini, kültürel örüntülerini anlamamızı sağlayan bir yol olduğunu ve bu alanda yapılan çalışmaların genişletilmesi ve iyileştirilmesi gerektiğini savunmuşlardır.

1990’larda ise E. M. Abrams özellikle Maya yapıları üzerinde *mimari enerji* alanında çalışmalar yaparak ortaya koyduğu sonuçlarla arkeolojiye önemli katkıda bulunmuştur. İlk olarak 1984 yılında yayınladığı doktora çalışmasında Honduras’ın Copan bölgesinde Geç Klasik Dönem’de iş gücü organizasyonu ve inşaat çalışmalarındaki emeğe değinmiştir.<sup>27</sup> 1989 yılında ise “Architecture and Energy: An Evolutionary Perspective” adlı makalesinde ilk kez *architectural energetics* (mimari enerji) terimini kullanarak arkeolojiye kazandırmış ve *mimari enerji*’nin tanımlamasını yaparak bu metodu tanıtmıştır.<sup>28</sup> 1994 yılında yayınladığı “How the Maya Built their World” isimli kitabında Maya yapıları üzerinde *mimari enerji* yöntemini kullanarak ulaştığı sonuçları Maya toplumundaki sosyal hiyerarşinin, toplum ekonomisinin ve iş gücü organizasyonunun belirlenmesinde kullanmıştır. Bunu yaparken yapıları birbiriyle ilişkili parçalara ayırarak

18 Aaberg ve Bonsignore, “A Consideration of Time and Labor Expenditure,” Appendices 1 and 2.

19 Aaberg ve Bonsignore, 46–56.

20 J. Stephen Athens, “Theory Building and the Study of Evolutionary Process in Complex Societies,” *For Theory Building in Archaeology: Essays on Faunal Remains, Aquatic Resources, Spatial Analysis, and Systemic Modeling* içinde, der. Lewis R. Binford (New York: Academic Press, 1977): 353–84.

21 Robert J. Wenke, “Explaining the Evolution of Cultural Complexity: A Review,” *Advances in Archaeological Method and Theory* 4 (1981): 79–127.

22 Randall H. McGuire, “Breaking Down Cultural Complexity: Inequality and Heterogeneity,” *Advances in Archaeological Method and Theory* 6 (1983): 91–142.

23 Kent G. Lightfoot ve Gary M. Feinman, “Social Differentiation and Leadership Development in Early Pithouse Villages in the Mogollon Region of the American Southwest,” *American Antiquity* 47, no. 1 (1982): 64–86.

24 Jeanne E. Arnold ve Anabel Ford, “A Statistical Examination of Settlement Patterns at Tikal, Guatemala,” *American Antiquity* 45, no. 4 (1980): 713–26.

25 Ross H. Cordy, *A Study of Prehistoric Social Change: The Development of Complex Societies in the Hawaiian Islands* (New York: Academic Press, 1981).

26 Charles Cheek, “Construction Activity and Sociocultural Integration at Copan”, *50th Annual Meeting of the Society for American Archaeology*, (Denver: 1985); “Construction Activity as a Measurement of Change at Copan, Honduras,” *The Southeast Maya Periphery* içinde, der. Patricia A. Urban and Edward M. Schortman (Austin: University of Texas Press, 1986): 50–71.

27 Elliot M. Abrams, “Systems of Labor Organization in Late Classic Copan, Honduras: The Energetics of Construction,” (Doktora tezi, The Pennsylvania State University, 1984).

28 Elliot M. Abrams, “Architecture and Energy: An Evolutionary Perspective,” *Archaeological Method and Theory* 1 (1989): 47–87.



hacimsel hesaplamalarla harcanan enerji miktarını kişi-gün standardına oturtmuştur.<sup>29</sup>

1990'lı yılların sonu ve 2000'li yıllara gelindiğinde ise J. DeLaine doktora tezi için Roma imparatorlarından Caracalla'nın yaptırdığı hamamların metrik ölçümleri neticesinde hamam yapılarının maliyetlerini hesaplamıştır.<sup>30</sup> Günümüzde R. D. Fitzsimons,<sup>31</sup> M. Devolder,<sup>32</sup> L. McCurdy,<sup>33</sup> F. Remise,<sup>34</sup> J. Lancaster,<sup>35</sup> A. J. DeLuca,<sup>36</sup> C. H. Lacquement,<sup>37</sup> R. L. Smailes,<sup>38</sup> A.

- 
- 29 Elliot M. Abrams, *How the Maya Built Their World: Energetics and Ancient Architecture* (Austin: University of Texas Press, 1994).
- 30 Janet DeLaine, *The Baths of Caracalla: A Study in the Design, Construction, and Economics of Large-scale Building Projects in Imperial Rome*, Journal of Roman Archaeology Supplementary Series 25 (Portsmouth: Journal of Roman Archaeology, 1997).
- 31 Rodney D. Fitzsimons, "An Energetic(s) Approach to Late Helladic Tomb Construction: Funerary Architecture and State Formation at Bronze Age Mycenae," *Meditations on the Diversity of the Built Environment in the Aegean Basin and Beyond: Proceedings of a Colloquium in Memory of Frederick E. Winter, Athens 22–23 June 2012 içinde*, der. David Wç Rupp and Jonathan E. Tomlinson, Publications of the Canadian Institute in Greece 8 (Atina: The Canadian Institute in Greece, 2014): 83–120; "Architectural Energetics and Archaic Cretan Urbanisation," *From Maple to Olive: Proceedings of a Colloquium to Celebrate the 40th Anniversary of the Canadian Institute in Greece, Athens, 10–11 June 2016 içinde*, der. David W. Rupp ve Jonathan E. Tomlinson, Publications of the Canadian Institute in Greece 10 (Atina: The Canadian Institute in Greece, 2017): 345–83.
- 32 Maud Devolder, *Construire en Crète minoenne: Une approche énergétique de l'architecture néopalatiale*, Aegaeum 35 (Leuven: Peeters, 2013); "Manpower and Neopalatial Architecture: The Architectural Project as a Meaningful Experience," *Minoan Archaeology Perspectives for the 21st Century içinde*, der. Sarah Cappel, Ute Günkel-Maschek ve Diamantis Panagiotopoulos, Aegis 8 (Louvain-le-Neuve: Presses universitaires de Louvain, 2015): 241–52.
- 33 Leah McCurdy, "Visualising Architecture: The Experience of Creating Virtual Reconstructions" (Yüksek lisans tezi, University of York, 2010); "Building Xunantunich: Public Building and Labor Organization in an Ancient Maya Community" (Doktora Tezi, University of Texas at San Antonio, 2016); "Peopling Monuments: Virtual Energetics and Labor Impact Analysis of Monumental Construction at Xunantunich, Belize," *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations içinde*, der. Leah McCurdy ve Elliot M. Abrams (Londra: Routledge, 2019), 205–34.
- 34 François Remise, "An Energetics Approach to the Construction of the Heuneburg: Thoughts on Celtic Labor Cost Choices," *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations içinde*, der. Leah McCurdy ve Elliot M. Abrams (Londra: Routledge, 2019), 76–95.
- 35 Jerard Lancaster, "To House and Defend: The Application of Architectural Energetics to Southeast Archaic Greek Sicily," *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations içinde*, der. Leah McCurdy ve Elliot M. Abrams (Londra: Routledge, 2019), 95–113.
- 36 Anthony James DeLuca, "Architectural Energetics and the Construction of Circle 2, Los Guachimontones, Jalisco" (Yüksek lisans tezi, University of Colorado, 2017); "Dual Labor Organization Models for the Construction of Monumental Architecture in a Corporate Society," *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations içinde*, der. Leah McCurdy ve Elliot M. Abrams (Londra: Routledge, 2019), 182–204.
- 37 Cameron H. Lacquement, "Landscape Modification at Moundville: An Energetics Assessment of a Mississippian Polity" (Doktora Tezi University of Alabama, 2009); "Recalculating Mound Volume at Moundville," *Southeastern Archaeology* 29, no. 2 (2010): 341–54.
- 38 Richard L. Smailes, "Building Chan Chan: The Application of Construction Project Management to the Analysis of Ancient Architecture" (Doktora tezi, University of Florida, 2000); "Building Chan Chan: A Project Management Perspective," *Latin American Antiquity* 22, no. 1 (2011): 37–63; "A Construction Management Approach to Building the Monumental Adobe Ciudadelas at Chan Chan, Peru," *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations içinde*, der. Leah McCurdy ve Elliot M. Abrams (Londra: Routledge, 2019), 235–64.

Brysaert,<sup>39</sup> F. Buccellati<sup>40</sup> ve C. R. Harper<sup>41</sup> gibi birçok araştırmacı *mimari enerji* yöntemini uygulayarak maliyet hesaplamaları sonucunda toplumların sosyal organizasyonları, karmaşık kültürel yapılanmaları ve ekonomileri gibi pek çok konuyu aydınlatma imkânı bulmuşlardır. Artık *mimari enerji* analizleri yalnızca Amerika medeniyetlerinin bilinmezlerini değil, Avrupa (Yunanistan vb.), Asya (Çin, Vietnam, Kamboçya vb.), Afrika (Mısır vb.), gibi dünyanın çeşitli bölgelerindeki medeniyetlerin sorularına da ışık tutmaktadır.

## Mimari Enerji (Architectural Energetics)

İlk kez 1989 yılında E. M. Abrams tarafından kullanılan *architectural energetics* teriminin kullanımı ve yönteminin Türkiye’de uygulanması tam anlamıyla gerçekleşmemiştir. Aslında genel çerçevede J. Seeher, 2007 yılında yayınladığı “Hattuşa Kerpiç Kent Suru: Bir Rekonstrüksiyon Çalışması” adlı kitabında Hitit sur duvarı rekonstrüksiyonunda maliyet hesaplaması yapmıştır. Toplam üç sezon çalışılan (2003, 2004 ve 2005 sezonu) 65 m’lik Hitit suru inşaatı sırasında tüm faaliyeti baştan sona gözlemleyerek işçi-gün maliyeti çıkarmıştır.<sup>42</sup> Ancak rekonstrüksiyon sırasında, kimi zaman günümüz teknolojilerinden faydalanılması (örn. kepçe, patoz makinası kullanımı gibi) *mimari enerji* yöntemi bakımından biraz kırılmıştır. Zaten çalışma, rekonstrüksiyonun maliyetini hesaplamak amaçlı yapılmamış, bu sonuç bir istatistiki veri olarak okuyucuya sunulmuştur. Kitapta Seeher tarafından *architectural energetics* teriminin kullanılmamış olması da yöntemin asıl amaç olmadığını göstermektedir. Bir diğer çalışma ise 2014 yılında Aşıklı Höyük’te yapılan deneysel kerpiç ev yapısıdır. Çalışmanın sonuçları “Deneysel Arkeoloji Yoluyla Neolitik Bir Ev Yapımı” adlı makalede G. Duru tarafından paylaşılmıştır.<sup>43</sup> Burada evin inşaatı sırasında hiçbir şekilde modern teknolojiden ve araç-gereçlerden faydalanılmaması olumlu bir durum iken çalışmanın asıl amacı mimari enerji analizi yapmak değil, Aşıklı toplumunun mekân, doğa ve çevre ile olan etkileşimlerini ortaya çıkarmaktır. Çalışmanın neticesinde inşaat sırasında harcanan malzeme miktarı ve yapının kaç kişi ile kaç iş gününde tamamlandığı ek bilgi olarak paylaşılmıştır.<sup>44</sup>

Türkiye’de Anadolu arkeolojisi üzerinde yapılan çalışmalarda *mimari enerji* yönteminin uygulanmasında eksiklikler göze çarpmaktadır. Dünyada yüz yılı aşkın süredir bilinen, ancak yaklaşık 35 senedir bir yöntem olarak kullanılan *mimari enerji*, Türkiye arkeolojisinde henüz yerini alamamıştır. Bu görece “yeni” araştırma alanının tanıtılmamasından dolayı terimin Türkçeleştirilmesi de yapılamamıştır. Hali hazırda yürütmekte olduğum çalışmamda MÖ ikinci binyıl kale yerleşimi olan ve Manisa’da yer alan Kaymakçı’nın sur duvarları üzerinde *architectural energetics* yöntemini uygulayarak bu terimi *mimari enerji* Türkçeleştirmesiyle kullandım. Terimin Türkçeleştirilmesi hususunda *mimari enerji* yerine *mimari iş gücü* terimi de gelecek çalışmalarda bir alternatif olarak kullanılabilir.

39 Ann Brysaert, “‘Set in Stone’? Constructed Symbolism Viewed through an Architectural Energetics’ Lens at Bronze Age Tiryns, Greece,” *Excerpta Archaeologica Leidensia* içinde, der. Corrie Bakels ve Hans Kamermans, *Analecta Praehistorica Leidensia* 45 (Leuven: Peeters, 2015), 91–105.

40 Federico Buccellati, *Three-dimensional Volumetric Analysis in an Archaeological Context: The Palace of Tughkash at Urkesh and its Representation*, *Bibliotheca Mesopotamica* 30, *Urkesh/Mozan Studies* 6 (Malibu: Undena Publications, 2016).

41 Charles, Ryan Harper, “Laboring with the Economics of Mycenaean Architecture: Theories, Methods, and Explorations of Mycenaean Architectural Production” (Doktora tezi, Florida State University, 2016).

42 Jürgen Seeher, *Hattuşa Kerpiç Kent Suru: Bir Rekonstrüksiyon Çalışması* (İstanbul: Ege Yayınları, 2007).

43 Güneş Duru, “Deneysel Arkeoloji Yoluyla Neolitik Bir Ev Yapımı,” *Colloquium Anatolicum* 13 (2014): 131–51.

44 Duru, “Deneysel Arkeoloji,” 143, 144.

Mimari enerji yöntemi temelde herhangi bir inşaat faaliyetinin maliyetlendirilmesidir. Metodolojik açıdan kimi ölçümleri ve hesaplamaları da kapsayarak ortaya çıkan enerjinin sunulmasıdır. Enerji, bir insanın bir iş için harcadığı zaman ve emeğin maliyetine tekabül eder. Maliyet kavramı ise söz konusu harcanan enerjinin matematikleştirilmesidir.<sup>45</sup> Harcanan enerjinin saptanabilmesi, etnografik ve deneysel arkeolojik çalışmalara ilaveten varsa yazılı kaynaklardan elde edilen bilgilerle mümkün olabilmektedir.

Mimari enerjide en sık kullanılan birimler kişi-gün/saat, adam-gün/saat, işçi-gün/saat ve kilojul<sup>46</sup> şeklinde formüle edilmektedir. Burada "kişi," "adam" ya da "işçi" kavramı yaş ve cinsiyet açısından ortalama bir bireyi işaret etmektedir.<sup>47</sup> "Gün" kavramı ise bir gün içerisindeki çalışma saatine karşılık gelmektedir. Tüm bu birimler araştırmacı tarafından öznel olarak seçilip çalışmalarda uygulanmaktadır.<sup>48</sup>

Elde edilen sonuçlar sonrasında akıllara binlerce yıl önce yapılmış bir yapının maliyetinin nasıl kesin olabileceği ya da doğruluğunun ne kadar güvenilir olduğu gelebilir. Fakat bu yöntem, elde edilen sonuçların asla kesin sonuçlar olduğunu değil, ortaya çıkan verilerin tutarlı ve gerçekçi tahmin aralığında olduğunu söylemektedir.<sup>49</sup> Sorulara karşı alınan somut önlemler, varsa dönemin yazılı metinlerinden faydalanılması ve/veya günümüz teknolojileri göz ardı edilerek dönemin inşaat teknolojileriyle yapılan deneysel inşaat davranışlarının gözlemlenmesi ve kaydedilmesinden geçmektedir.<sup>50</sup> Fakat gözlemlenen ve kaydedilen veriler hammadde türü, iklim gibi fiziksel faktörler dışında teşvik ve iş psikolojisi gibi sosyal faktörlerle de ilişkili olabileceği kabul edilerek bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

Mimari enerjide metodolojik olarak atılacak adımlar, çalışılacak mimari yapının maliyetlendirilmesini kolaylaştıracaktır. Buna göre ilk sorulacak soru, analiz edilecek yapının hangi döneme ait olduğudur. Böylece mimari yapının hangi yapıım tekniğiyle yapıldığı ve döneme ait hangi teknolojilerin kullanılmış olabileceği, ilerleyen adımlarda hangi oranların kullanılması gerektiği konusunda fayda sağlayacaktır. Örneğin, bir Neolitik yerleşimde kullanılan alet ve bilinen teknolojiler ile Demir Çağı'ndaki imkanlar aynı değildir ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması sağlıklı olmayacaktır. İkinci olarak bilinmesi gereken, yapının tipolojisi ve yapıda kullanılan malzemelerin neler olduğudur. Bu sayede hammadde tedarikinin sağlanacağı kaynakların tespiti yapılmış olacaktır. Hammadde kaynağı ile inşaat alanı arasındaki mesafe, daha sonra maliyetlendirme çalışmasında hammaddelerin nakliyesinde kritik bir aşamadır. Üçüncü adım ise analizi yapılacak yapının bileşenlerinin birbirinden ayrılmasıyla her bir mimari bileşenin hacminin kolayca hesaplanabilmesi-

45 Abrams, "Architecture and Energy," 53; Abrams, *How the Maya Built Their World*, 37, 38; Elliot M. Abrams ve Thomas W. Bolland, "Architectural Energetics, Ancient Monuments, and Operations Management," *Journal of Archaeological Method and Theory* 6, no. 4 (1999): 264; Elliot M. Abrams ve Leah McCurdy, "Massive Assumptions and Moundbuilders: The History, Method, and Relevance of Architectural Energetics," *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations* içinde, der. Leah McCurdy ve Elliot M. Abrams (Londra: Routledge, 2019), 3.

46 John V. G. A. Durnin ve Reginald Passmore, *Energy, Work and Leisure* (Londra: Heinemann Educational Books, 1967); Otto G. Edholm, *The Biology of Work* (New York: McGraw-Hill, 1967); Cameron H. Lacquement, "Landscape Modification at Moundville: An Energetics Assessment of a Mississippian Polity" (Doktora Tezi University of Alabama, 2009).

47 Abrams, "Architecture and Energy," 63; Abrams, *How the Maya Built Their World*, 43; Abrams ve McCurdy, "Massive Assumptions and Moundbuilders," 3.

48 Çalışmada kişi-gün terimi k-g olarak kısaltılmıştır.

49 Abrams, "Architecture and Energy," 68; Abrams ve Bolland, "Architectural Energetics, Ancient Monuments, and Operations Management," 265; Abrams ve McCurdy, 5.

50 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 41; Abrams ve Bolland, 267.

dir. Hacim hesaplamasında temel hacim formüllerinden, 3D matematiksel ölçümlerden veya grafik haritalanmasından faydalanılabilmektedir.<sup>51</sup> Parçalarına ayrılan mimari bileşenlerle ilgili atılması gereken adımların operasyonu belirlenerek maliyet tahmini yapılabilmektedir. Bunun için kabaca (1)—gerekli durumda—inşaat alanının hazırlanması, (2) hammadde tedariki, (3) nakliye, (4) imalat ve (5) inşa aşamaları birbirini takip etmektedir.<sup>52</sup> Söz konusu bu son aşamada çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan deneyler sonucunda elde edilen oranlar ve/veya varsa dönemin yazılı metinlerinden yararlanılarak ortaya toplam kişi-gün maliyeti çıkmaktadır. Bu da yapının inşasında harcanan enerjiyi ortaya koyar.

Mimari enerji analizini metodolojik olarak ilk kez uygulayan Abrams “How the Maya Built their World” adlı kitabında yöntemi adım adım anlatarak Honduras Copan’daki Klasik Maya mimari yapılarına uygulamıştır. Öncelikle kazısı tamamlanmış yapıları tipolojik olarak kategorilere ayırmış, yapıların mimari özellikleri ve malzeme tanımlamasını yapmıştır.<sup>53</sup> Aralarında işlik, depo, mutfak, ev gibi yapıların içerisinde tapınak ve saray gibi daha komplike ve özenli inşa edilmiş toplamda 61 mimari yapıyı, beş tipe ayırarak 13 grup oluşturmuştur.<sup>54</sup> Daha sonra inşaat sırasındaki operasyonları dört aşamaya bölerek kullanılan malzeme ve yapı birimi özelinde yapmış olduğu deneylerde elde ettiği oranları vermiştir.<sup>55</sup> Analizi yapılacak yapıların metrik ölçümlerini yapan Abrams’ın bir sonraki adımı ise hacmi bilinen her bir yapı için elde ettiği bu oranları kullanmaktır. Böylece her bir yapı için harcanan maliyetin toplam kişi-gün olarak sonucunu ortaya çıkarmıştır.<sup>56</sup> Abrams’ın 61 yapıdan elde ettiği mimari enerji verilerinin karakteristiği, Geç Klasik Maya toplumunun sınıfsal hiyerarşisini, makro seviyelerde sosyal ve politik açıdan statü ve güç ilişkilerini açıkladığı şeklinde yorumlanmıştır. Abrams’a göre topluluklardaki nitelik ve/veya nicelik açısından mimari yapıların büyüklüğü ve/veya çokluğu ile o toplulukların ekonomisi ve gücü arasında bir korelasyon bulunmaktadır.<sup>57</sup> Mimari enerji sonuçlarının sunduğu bir diğer veri ise iş gücü içerisindeki bölünmeler ve iş gücünün organizasyonudur. İş gücüne erişim toplum içerisinde aile ve akrabalık ilişkileriyle birlikte aile dışından sözleşmeli yardımcıları alınarak örgütsel hale gelmektedir.<sup>58</sup> Aynı zamanda toplum içerisinde iş gücünün yeri de belirlenmektedir. Yalnızca fiziksel olarak iş gücünü kullanan çalışanlardan ziyade mühendis, zanaatkar, heykeltıraş gibi daha “elit” işleri yapan kesimin toplumdaki yeri daha farklı konumdadır.<sup>59</sup>

## Örnek Çalışma

Söz konusu bu yöntemin örneklendirilmesinin bu makalede anlatılanlara katkı sağlayabileceği düşünüldüğünden Kaymakçı yerleşiminden bilinen sur duvarı ölçülerini ve taş kaynağını referans alarak, 100 m’lik örnek bir sur duvarı parçasının taş kaide inşaatı üzerinde mimari enerji analizi uygulanacaktır. Sur duvarı 100x1,5x1,5 m boyutlarında kuru duvar tekniğiyle inşa edilecektir. Örneklendirme yalnızca metodolojik açıdan uygulanmasını gösterecek, örnek küçük ölçekte tutulduğu için maliyetin boyutunun yerleşim üzerindeki etkilerini açıklamak mümkün olmayacaktır.

51 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 39, 43; Abrams ve McCurdy, 4.

52 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 39, 43; Abrams ve McCurdy, 4.

53 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 20–37.

54 Abrams, *How the Maya Built Their World*, Table 7.

55 Abrams, *How the Maya Built Their World*, Table 3.

56 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 38–75.

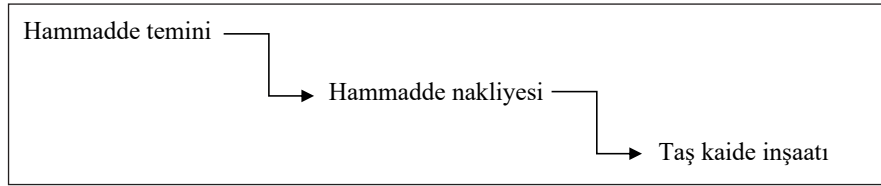
57 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 76–95, 109–24.

58 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 96–108.

59 Abrams, *How the Maya Built Their World*, 109–19.

Kaymakçı sur duvarı yaklaşık 1,5 m genişliğinde olup, taş kaide yüksekliği çeşitli açmalarda ortalama 1,5 m olarak ele geçirilmiştir.<sup>60</sup> Sur duvarında, 2,5–7,5 kg ağırlıklarında, bölgeye özgü çeşitli boyutlarda mika şist taşlar kullanılmıştır. Mika şistler işlenmesi ve çıkarılması oldukça kolay yapıya sahiptirler. Bu yüzden taş ocakçılığında ilkel aletlerin kullanıldığı varsayılacaktır. Kaymakçı mimarisinde kullanılan taşların nereden geldiği kesin olmamakla birlikte yüksek olasılıkla taş ocağı olabileceği düşünülen, üç km uzaklıktaki alandan elde edildiği varsayılmaktadır. Ve son olarak çalışmada bir iş günü beş saat olarak kabul edilmiştir.<sup>61</sup>

Eldeki verilere göre mimari enerji analizi yapılacak yapının metrik hesabı 225 m<sup>3</sup>'tür. Çalışılacak örneğin volümetrik hesabının yapılmasının ardından atılacak ilk adım bir iş akış şeması çıkarmak olmalıdır. Taş duvarın kaide inşası için öncelikle taş çıkarma, daha sonra taşların alana taşınması ve ardından inşa faaliyetine geçilmesi adımları izlenmelidir.



Tablo 1: Taş kaide inşaatının iş akış şeması

Taş ocakçılığı üzerine yapılan çeşitli deneysel çalışmalar sonrasında sunulan oranlar değerlendirilerek Kaymakçı'da kullanılmış olan mika şist yoğunluğuna en yakın olan taş çeşidi kireç taşıdır ve kullanılacak oran kireç taşı temininde elde edilen oranlardır. Buna göre Erasmus, yaptığı deney sonucunda bir kişinin ilkel aletlerle 0,46 m<sup>3</sup>/k-g kireçtaşı çıkardığını kaydetmiştir.<sup>62</sup> Taşıma için ise ECAFE deneylerindeki inşaat mühendisleri farklı yoğunluklarda hammaddelerin taşınmasını içeren manuel taşıma kapsamında standart bir formül yaratmışlardır.<sup>63</sup> Buna göre;

$$\text{İş gücü maliyeti} = q \times \frac{1}{\left(\frac{L}{V} + \frac{L}{V'} + c + d + e\right)} \times H$$

q = yük başına taşınan hammadde miktarı (m<sup>3</sup>)

L = taşıma mesafesi (m)

V = yük taşırken ortalama hızı (m/dk)

V' = yük taşımazken ortalama hızı (m/dk)

c = yükleme zamanı (dk)

d = boşaltma zamanı (dk)

e = boşta kalma süresi (dk)

H = günlük çalışma süresi (s)

60 Christopher H. Roosevelt vd., "Exploring Space, Economy, and Interregional Interaction at a Second-Millennium B.C.E. Citadel in Central Western Anatolia: 2014–2017 Research at Kaymakçı," *American Journal of Archaeology* 122, no. 4 (2018): 649–51.

61 Erasmus 1965'de yaptığı deneyde taş temini ve nakliyesi sırasında işçilerin 5 saat sonrasında verimliliklerinin dramatik bir şekilde düştüğünü gözlemlemiştir. Örnek çalışmada yalnızca taş kaide inşaatı uygulandığı için 5 saatlik iş günü referans alınmıştır. Erasmus, 283.

62 Erasmus, 286.

63 ECAFE (Economic Commission for Asia and the Far East), *Manual Labor and its More Effective Use in Competition with Machines for Earthwork in the ESCAPE Region*, United Nations E/CN.II/Conf. 3/L.L. (Manila: United Nations, 1957), 22.

Daha sonra Aaberg ve Bonsignore bu formül üzerinde çalışarak formülü sadeleştirmeye götürmüşlerdir.<sup>64</sup> Son gelinen durum;

$$\text{İş gücü maliyeti} = Q \times \frac{1}{\left(\frac{L}{V} + \frac{L}{V'}\right)} \times H$$

Taşıma için önerilen bu matematiksel formülde hammaddenin yoğunluğu değil taşımının m<sup>3</sup> başına yapılmasından dolayı bu formül kullanılacaktır. Taş kaide inşaatında yine Erasmus'un Maya mimarisi üzerinde harçsız kireç taşı duvar örme deneyinde elde etmiş olduğu 10,5 saat-kişi/m<sup>3</sup> oran,<sup>65</sup> yukarıda bahsi geçtiği üzere deneye yaklaşık bir orandır. Geline son durumda inşaat sürecinde kullanılacak maliyet oranları tablosu aşağıdaki gibidir:

Hammadde tedariki		Kaynak
Taş	0,46 m <sup>3</sup> /k-g (taş ocakçılığı)	Erasmus, 1965: 286.
<b>Taşıma</b>		
$\frac{Q \times H}{\left(\frac{L}{V} + \frac{L}{V'}\right)}$		Aaberg-Bonsignore, 1975: 46. Orijinal formül: $Q \times \frac{1}{\left(\frac{L}{V} + \frac{L}{V'}\right)} \times H$
<b>İnşaat</b>		
Taş kaide	0,76 m <sup>3</sup> /k-g	Erasmus, 1965: 291. Orijinal oran: 10,5 saat-kişi/m <sup>3</sup>

Tablo 2: Maliyet oranları tablosu (kaynakları ile)

Toplamda 100 m uzunluğunda, 1,5 m genişliğinde, 1,5 m yüksekliğindeki 225 m<sup>3</sup>'lük duvarın yapımı için gerekli kişi-gün sonucu tablodaki gibi olmalıdır.

Faaliyet	Toplam Hacim	Oran	Maliyet
Taş çıkarma	225 m <sup>3</sup>	0,46 m <sup>3</sup> /k-g	489 k-g
Taş taşıma		$\frac{Q \times H}{\left(\frac{L}{V} + \frac{L}{V'}\right)}$	22,5 k-g
Taş kaide inşaatı		0,76 m <sup>3</sup> /k-g	296 k-g
<b>TOPLAM</b>			<b>807,5 k-g</b>

Tablo 3: Toplam harcanan maliyet tablosu

Elde edilen sonuçların kesin sonuçlar olamayacağını, ulaşılan sonuçların yaklaşık bir değer olduğunu, aynı zamanda oranların hammadde cinsine göre değiştirildiğinde sonucun dramatik bir şekilde değişmeyeceğini de belirtmekte fayda vardır.

Ulaşılan sonuç ile 100x1,5x1,5 m ölçülerinde harçsız taş duvar inşası için 807,5 k-g gerekli

64 Aaberg ve Bonsignore, 46.

65 Erasmus, 291.

olduğu görülür. Söz konusu değer bahsi geçen işin tamamlanması için ne kadar iş günü gerektiğini göstermektedir. İnşaat için on kişi çalıştığını varsaymamız halinde 80 günde taş kaide inşaatı tamamlanacaktır. Sonuçlar istenildiği şekilde değerler değiştirilerek çeşitlendirilebilir. Yapı sayısı, boyutu ve karmaşıklığı arttıkça daha fazla zamana ve daha fazla iş gücüne ihtiyaç duyulacaktır.

## Değerlendirme ve Sonuç

Saf mimari yapı maliyet hesabında inşaat sırasında kullanılacak araç-gereçlerin hazırlanması/bakımı/onarımı; nakliye yapacak yük hayvanlarının temini; yük vagonlarının hazırlanması/bakımı/onarımı; inşaat alanının tesviye/kazma/doldurma yoluyla hazırlanması; iş gücünün emeğinin karşılığının verilmesi; dışarıdan transfer edilen iş gücünün kalacak yerinin sağlanması ve emeğinin karşılığının verilmesi gibi pek çok faktör arkada kalmıştır. Ancak buna rağmen mimari enerji analizi araştırmacılara sadece istatistik veriler sunmakla kalmaz, elde edilen matematiksel sonuçlarla toplumun bilinmeyenlerinin okunmasına olanak tanır. Ortaya çıkan resmin arka planında toplumların sosyal düzeni, gruplar arasındaki hiyerarşi ve statüler, toplumun refahı ve ekonomisi buna bağlı olarak politik gücü, iş gücünün toplumdaki seviyesi, mimari iş gücüne katılan bireylerin cinsiyetleri ve belki kimlik sorunu ile hatta iş gücünün yerel olması durumunda nüfus hesabı, değilse bile iş gücü transferi yine toplumların ekonomik ve politik gücünün anlaşılmasına katkıda bulunabilir.

Mimari enerji analizi, gelecekte karşılaştırma yapabilmek adına bir araç olarak dünyanın herhangi bir yerinde, herhangi bir dönemdeki yerleşmenin mimarisine uygulanabilir. Eğer bir araştırmada maliyet oranları deneysel olarak elde edilmemişse ve elinde çalışacağı dönemin inşaat faaliyetlerini anlatan ya da mimari özelliklerini anlatan yazılı kaynağı yoksa, çalışacağı yapının inşa tekniği ve malzeme bilgisiyle daha önce benzer çalışmaların oranlarını kullanarak bir tahminde bulunabilir. Çalışma oranları, gözlemlenen işçilerin ya da kişilerin gün içerisinde yaptığı işin hacminin zamana oranıdır. Şu ana kadar elde edilmiş tüm çalışma oranları Abrams ve McCurdy tarafından m<sup>3</sup>/k-g cinsinden bir tabloda toplanmıştır.<sup>66</sup> Tablodaki oranlar belirlendiği coğrafya belirtilerek kullanılan malzemeler ve çalışma saatleri ile özelleştirilmiştir. Böylece çeşitli bölgelerde elde edilen çalışma oranları gelecekteki çalışmalar için referans olabilir.

Kısmen yeni bir yöntem, Anadolu arkeolojisi için ise yepyeni bir yöntem olan mimari enerji analizinin gelecekte yapılacak çalışmalarda yerini alması, bilinmeyenleri çözmemizde ve bilinenleri ise doğrulamamızda bize yardımcı olacaktır. Yapılacak çalışmalarda mimari enerji analizi kullanımı ile bu yaklaşımın önemi daha belirgin hale gelecektir. Hem yöntem hem de sonuçlar açısından araştırmacıların antik dönem toplumlarını daha iyi anlamalarına yardımcı olacaktır.

<sup>66</sup> Abrams ve McCurdy, "Massive Assumptions and Moundbuilders: The History, Method, and Relevance of Architectural Energetics", Tablo 1.1

## Bibliography / Kaynakça

- Aaberg, Stephen ve Jay Bonsignore. "A Consideration of Time and Labor Expenditure in the Construction Process at the Teotihuacan Pyramid of the Sun and the Poverty Point Mound." *Three Papers on Mesoamerican Archaeology* içinde, derleyenler John A. Graham ve Robert F. Heizer, 40–78. Contributions of the Archaeological Research Facility, University of California, Berkeley 24. Berkeley: University of California, 1975.
- Abrams, Elliot M. "Systems of Labor Organization in Late Classic Copan, Honduras: The Energetics of Construction." Doktora Tezi, The Pennsylvania State University, 1984.
- . "Architecture and Energy: An Evolutionary Perspective." *Archaeological Method and Theory* 1 (1989): 47–87.
- . *How the Maya Built Their World: Energetics and Ancient Architecture*. Austin: University of Texas Press, 1994.
- Abrams, Elliot M. ve Thomas W. Bolland. "Architectural Energetics, Ancient Monuments, and Operations Management." *Journal of Archaeological Method and Theory* 6, no. 4 (1999): 263–91.
- Abrams, Elliot M. ve Leah McCurdy. "Massive Assumptions and Moundbuilders: The History, Method, and Relevance of Architectural Energetics." *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations* içinde, derleyenler Leah McCurdy ve Elliot M. Abrams, 1–26. Londra: Routledge, 2019.
- Arnold, Jeanne E. ve Anabel Ford. "A Statistical Examination of Settlement Patterns at Tikal, Guatemala." *American Antiquity* 45, no. 4 (1980): 713–26.
- Athens, J. Stephen. "Theory Building and the Study of Evolutionary Process in Complex Societies." *For Theory Building in Archaeology: Essays on Faunal Remains, Aquatic Resources, Spatial Analysis, and Systemic Modeling* içinde, derleyen Lewis R. Binford, 353–84. New York: Academic Press, 1977.
- Atkinson, Richard J. C. "Neolithic Engineering." *Antiquity* 35 (1961): 292–99.
- Brysaert, Ann. "'Set in Stone'? Constructed Symbolism Viewed through an Architectural Energetics' Lens at Bronze Age Tiryns, Greece." *Excerpta Archaeologica Leidensia* içinde, derleyenler Corrie Bakels ve Hans Kamermans, 91–105. *Analecta Praehistorica Leidensia* 45. Leuven: Peeters, 2015.
- Buccellati, Federico. *Three-dimensional Volumetric Analysis in an Archaeological Context: The Palace of Tupkish at Urkesh and its Representation*. Bibliotheca Mesopotamica 30. Urkesh/Mozan Studies 6. Malibu: Undena Publications, 2016.
- Cheek, Charles. "Construction Activity and Sociocultural Integration at Copan." *50th Annual Meeting of the Society for American Archaeology*. Denver, 1985.
- . "Construction Activity as a Measurement of Change at Copan, Honduras." *The Southeast Maya Periphery* içinde, derleyenler Patricia A. Urban ve Edward M. Schortman, 50–71. Austin: University of Texas Press, 1986.
- Childe, V. Gordon. "The Urban Revolution." *The Town Planning Review* 21, no. 1 (1950): 3–17.
- Cordy, Ross H. *A Study of Prehistoric Social Change: The Development of Complex Societies in the Hawaiian Islands*. New York: Academic Press, 1981.
- Curwen, Eliot. "On the Use of Scapulae as Shovels." *Sussex Archaeological Collection* 67 (1926): 139–45.
- DeLaine, Janet. *The Baths of Caracalla: A Study in the Design, Construction, and Economics of Large-scale Building Projects in Imperial Rome*. Journal of Roman Archaeology Supplementary Series 25. Portsmouth: Journal of Roman Archaeology, 1997.
- DeLuca, Anthony James. "Architectural Energetics and the Construction of Circle 2, Los Guachimontones, Jalisco." Yüksek Lisans Tezi, University of Colorado, 2017.
- . "Dual Labor Organization Models for the Construction of Monumental Architecture in a Corporate Society." *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations* içinde, derleyenler Leah McCurdy ve Elliot M. Abrams, 182–204. Londra: Routledge, 2019.
- Devolder, Maud. *Construire en Crète minoenne: Une approche énergétique de l'architecture néopalatiale*. Aegaeum 35. Leuven: Peeters, 2013.
- . "Manpower and Neopalatial Architecture: The Architectural Project as a Meaningful Experience." *Minoan Archaeology Perspectives for the 21st Century* içinde, derleyenler Sarah Cappel, Ute Günkel-Maschek ve Diamantis Panagioto-poulos, 241–52. Aegis 8. Louvain-la-Neuve: Presses universitaires de Louvain, 2015.
- Durnin, John V. G. A. ve Reginald Passmore. *Energy, Work and Leisure*. Londra: Heinemann Educational Books, 1967.
- Duru, Güneş. "Deneyisel Arkeoloji Yoluyla Neolitik Bir Ev Yapımı." *Colloquium Anatolicum* 13 (2014): 131–51.
- ECAFE (Economic Commission for Asia and the Far East). *Manual Labor and its More Effective Use in Competition with Machines for Earthwork in the ESCAPE Region*. United Nations E/CN.II/Conf. 3/L.L. Manila: United Nations, 1957.
- Edholm, Otto G. *The Biology of Work*. New York: McGraw-Hill, 1967.
- Erasmus, Charles J. "Monument Building: Some Field Experiments." *Southwestern Journal of Anthropology* 21, no. 4 (1965): 277–301.
- Fitzsimons, Rodney D. "An Energetic(s) Approach to Late Helladic Tomb Construction: Funerary Architecture and State Formation at Bronze Age Mycenae." *Meditations on the Diversity of the Built Environment in the Aegean Basin and Beyond: Proceedings of a Colloquium in Memory of Frederick E. Winter, Athens 22–23 June 2012* içinde, derleyenler David W. Rupp ve Jonathan E. Tomlinson, 83–120. Publications of the Canadian Institute in Greece 8. Atina: The Canadian Institute in Greece, 2014.



- . "Architectural Energetics and Archaic Cretan Urbanisation." *From Maple to Olive: Proceedings of a Colloquium to Celebrate the 40th Anniversary of the Canadian Institute in Greece, Athens, 10–11 June 2016* içinde, derleyenler David W. Rupp ve Jonathan E. Tomlinson, 345–83. Publications of the Canadian Institute in Greece 10. Atina: The Canadian Institute in Greece, 2017.
- Fowke, Gerard. *Archaeological History of Ohio: The Mound Builders and Later Indians*. Columbus: Ohio State Archaeological and Historical Society, 1902.
- Fried, Morton H. *The Evolution of Political Society: An Essay in Political Anthropology*. Studies in Anthropology 7. New York: Random House, 1967.
- Harper, Charles Ryan. "Laboring with the Economics of Mycenaean Architecture: Theories, Methods, and Explorations of Mycenaean Architectural Production." Doktora Tezi, Florida State University, 2016.
- Heizer, Robert F. "Agriculture and the Theocratic State in Lowland Southeastern Mexico." *American Antiquity* 26, no. 2 (1960): 215–22.
- Kaplan, David. "Men, Monuments, and Political Systems." *Southwestern Journal of Anthropology* 19 (1963): 397–407.
- Lacquement, Cameron H. "Landscape Modification at Moundville: An Energetics Assessment of a Mississippian Polity." Doktora Tezi, University of Alabama, 2009.
- . "Recalculating Mound Volume at Moundville." *Southeastern Archaeology* 29, no. 2 (2010): 341–54.
- Lancaster, Jerard. "To House and Defend: The Application of Architectural Energetics to Southeast Archaic Greek Sicily." *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations* içinde, derleyenler Leah McCurdy ve Elliot M. Abrams, 95–113. Londra: Routledge, 2019.
- Lightfoot, Kent G. ve Gary M. Feinman. "Social Differentiation and Leadership Development in Early Pithouse Villages in the Mogollon Region of the American Southwest." *American Antiquity* 47, no. 1 (1982): 64–86.
- McCurdy, Leah. "Visualising Architecture: The Experience of Creating Virtual Reconstructions." Yüksek Lisans Tezi, University of York, 2010.
- . "Building Xunantunich: Public Building in an Ancient Maya Community." Doktora Tezi, University of Texas at San Antonio, 2016.
- . "Peopling Monuments: Virtual Energetics and Labor Impact Analysis of Monumental Construction at Xunantunich, Belize." *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations* içinde, derleyenler Leah McCurdy ve Elliot M. Abrams, 205–34. Londra: Routledge, 2019.
- McGuire, Randall H.. "Breaking Down Cultural Complexity: Inequality and Heterogeneity." *Advances in Archaeological Method and Theory* 6 (1983): 91–142.
- Morgan, Lewis H. *Houses and House-Life among the American Aborigines*. Washington: Government Printing Office, 1881.
- Morris, Earl H., Jean Charlot ve Ann Axtell Morris. *The Temple of the Warriors at Chichen Itzá, Yucatan*. Carnegie Institution of Washington Publication 406. Washington D.C.: Carnegie Institution of Washington, 1931.
- Remise, François. "An Energetics Approach to the Construction of the Heuneburg: Thoughts on Celtic Labor Cost Choices." *Architectural Energetics in Archaeology Analytical Expansions and Global Explorations* içinde, derleyenler Leah McCurdy ve Elliot M. Abrams, 76–94. Londra: Routledge, 2019.
- Roosevelt, Christopher, Christina Luke, Sinan Ünlüsoy, Canan Çakırlar, John M. Marston, Caitlin R. O'Grady, Peter Pavúk, Magda Pieniżek, Jana Mokriřov, Catherine B. Scott, Nami Shin ve Francesca G. Slim. "Exploring Space, Economy, and Interregional Interaction at a Second-Millennium B.C.E. Citadel in Central Western Anatolia: 2014–2017 Research at Kaymakçı." *American of Journal Archaeology* 122, no. 4 (2018): 645–88.
- Seeher, Jürgen. *Hattuşa Kerpiç Kent Suru: Bir Rekonstrüksiyon Çalışması*. İstanbul: Ege Yayınları, 2007.
- Service, Elman R. *Primitive Social Organization: An Evolutionary Perspective*. New York: Random House, 1962.
- Smailes, Richard L. "Building Chan Chan: The Application of Construction Project Management to the Analysis of Ancient Architecture." Doktora Tezi, University of Florida, 2000.
- . "Building Chan Chan: A Project Management Perspective." *Latin American Antiquity* 22, no. 1 (2011): 37–63.
- . "A Construction Management Approach to Building the Monumental Adobe Ciudadelas at Chan Chan, Peru." *Architectural Energetics in Archaeology: Analytical Expansions and Global Explorations* içinde, derleyenler Leah McCurdy ve Elliot M. Abrams, 235–64. Londra: Routledge, 2019.
- Wenke, Robert J. "Explaining the Evolution of Cultural Complexity: A Review." *Advances in Archaeological Method and Theory* 4 (1981): 79–127.

