



OpenEARTH 2

Conference on Climate Change
Adaptation and Mitigation

26-28 November 2024, Rethymnon, Crete

Project co-funded by the European Union and National Funds



OPENEARTH 2 CONFERENCE

PROCEEDINGS

Table of Content

KEYNOTE SPEAKERS	3
Climate Change and the presence of microorganisms in drinking water	3
SESSION: Decision making and support tools web applications.....	10
Floods: Urban Flash Floods & Early Warning Systems.....	10
SESSION: Climate change mitigation and adaptation by the agricultural and livestock farming sector.....	16
Smart irrigation improves irrigation efficiency at farm level under climate change	16
Water security and strategies against climate change.....	23
Variability of Soil Properties in the Algerian Sahara Pivot Irrigation Systems	31
SESSION: Waste management, Nature-based solutions, Climate change-policy makers and stakeholders	38
Climate Change in Western Macedonia during delignitization: Challenges and Opportunities for stakeholders and policymakers	38
Environmental response to the use of sewage sludge on European Mediterranean degraded soils	49
SESSION: Education for sustainable development	58
Improving students' knowledge and attitudes about heatwaves through the digital game "HEATWAVE CITY"	58
From ashes to awareness: An educational approach to understanding wildfires and environmental impact in N. Evia	66
POSTER SESSION.....	76
"Listening" to the wetland of Axios, Loudias, Aliakmon Delta.....	76
Contribution to the study of the physical environment of the San Juan River basin, Dominican Republic	82
Sensitivity analyses as a response to the environmental vulnerability of tourism activity in Caribbean countries	90
SESSION: Environmental education at the different levels of the educational systems	101
Τι άλλαξε στις απόψεις των μαθητών για την κλιματική αλλαγή από το 2011 μέχρι σήμερα.	101
Η μετατροπή του Εσπερινού Γυμνασίου με Λ.Τ. Πύργου σε αειφόρο σχολείο.....	109
Ηλεκτρονικά Λογισμικά Τηλεπισκόπησης στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στην ελληνική Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση.....	117
Αρχιτεκτονικά οικοδομήματα εμπνευσμένα από την τεχνοτροπία της κυψέλης και τη ζωή των μελισσών	125
Η αξιοποίηση του Arduino για τη μελέτη της ποιότητας των υδάτινων πόρων στο πλαίσιο εκπαιδευτικών δράσεων.....	134

Τριτοβάθμια Επεξεργασία Λυμάτων και Υγρών Αποβλήτων-Η περίπτωση της Λίμνης Παμβώτιδας των Ιωαννίνων	141
Περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση μέσα από το μάθημα της Φιλοσοφίας (Β Λυκείου)	151

KEYNOTE SPEAKERS

Climate Change and the presence of microorganisms in drinking water

Prof Ana Pérez Gimeno

Department of Agrochemistry and Environment (GEA-UMH). University Miguel Hernández- Avda. de la Universidad. 03202 Elche (Alicante). Spain.

Email: aperez@umh.es

Abstract

Having access to clean and safe drinking water is essential for maintaining health and well-being. The United Nations has recognized access to clean water and sanitation as a basic human right by including it in the Sustainable Development Goals, aiming to ensure universal and fair access to safe and affordable drinking water for all by 2030. Microbial contamination of water sources can be favoured by the effects of climate change, not only because of the warmer temperatures that promote the growth, resilience and spread of the microorganisms, but for the surface runoff due to floods and storms, or concentration of nutrients due to droughts. Numerous disease outbreaks linked to drinking water have been attributed to various pathogenic microorganisms. The ways they spread and where they infect water source and some of the symptoms have been briefly described. The European Union has established regulations to guarantee the safety and quality of drinking water with the Drinking Water Directive, and also submit the information related to waterborne diseases and outbreaks to the European Centre for Disease Prevention and Control. Identifying the pathogen and determining the origin of the contamination is essential to face the solution of the outbreak.

Keywords: climate change, microorganism, drinking water, waterborne disease.

1. INTRODUCTION

Having access to clean and safe drinking water is essential for maintaining health and well-being. The United Nations has recognized access to clean water and sanitation as a basic human right by including it in the Sustainable Development Goals, aiming to ensure universal and fair access to safe and affordable drinking water for all by 2030^{1,2}. Microbiological safety of drinking water is fundamental to guarantee its quality. Bacteria, viruses, protozoa and endotoxins are the most common microbiological contaminants in drinking water³⁻⁶. Microbiological contaminants can appear anywhere in the drinking water supply, even in developed counties with strict regulations and monitoring. Elevated levels of microbiological contamination may result in an increase in waterborne illnesses.

Despite improvements in recent decades, access to good quality drinking water remains a critical issue⁷. It is important to know the risk of microbial contamination in the source water of drinking water for preventing it and try to mitigate its potential impact on the population⁸. Microbial contamination in surface water sources can be intensified due to climate change and extreme weather events⁹⁻¹². Climate change is a pressing issue that have significant impacts in our planet and affects every region worldwide, having a deep impact on microorganisms, affecting their distribution, behaviour, and interactions with the environment. Moreover, microorganisms occupy large areas of the Earth due to their ability to adapt even to very extreme environmental conditions¹³. The National Oceanic and Atmospheric Administration¹⁴ (NOAA) shows as global temperatures have increased significantly, leading to more frequent and intense heatwaves. Earth's temperature has risen by an average of 0.06°C per decade since 1850 and this rate has become 0.20°C since 1982. Average global temperatures have risen by more than 1°C since de 1850s and 2023 was the warmest year since global records began. For example, the average global surface temperature has been increased as figure 1 shown.

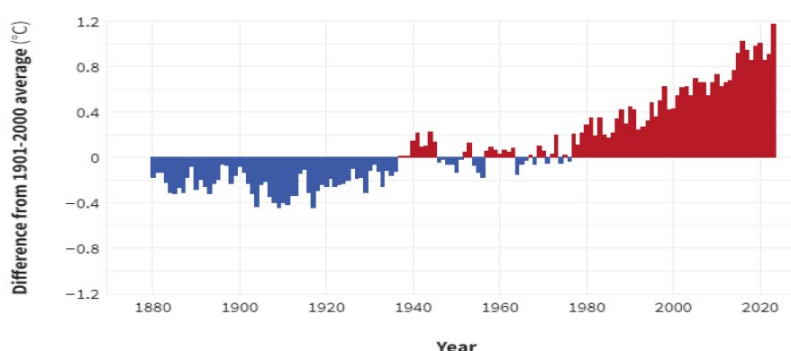


Figure 1 Global average surface temperature. NOAA's National Centres for Environmental Information¹⁵

Higher temperatures are associated with more frequent and extreme weather events, heat waves, changes in precipitation patterns, floods and droughts, that can lead to critical problems regarding the accessibility of quality water resources, among other impacts. Assessing health risks from climate change is one of the priority research areas of the World Health Organization (WHO)¹⁶.

2. MICROBIOLOGICAL RISKS IN WATER SOURCES DUE TO EXTREME WEATHER EVENTS

The increase in temperature lead to warm conditions, between 30 to 50°C, that can promote the growth of pathogen microorganisms in aquatic environments, so they proliferate faster, that is the case, for instance, of *Escherichia coli* or *Legionella*. Because of that, the risk of contamination is growing exponentially.

Periods of increasingly frequent flood and storms can contaminate drinking water sources with human and animal waste, introducing pathogens into water supply systems. Figure 2 shows how the surface runoff produced by extreme precipitation is the main exogenous pollution in water sources¹⁷. In addition, humidity can also favour the proliferation of certain bacteria.

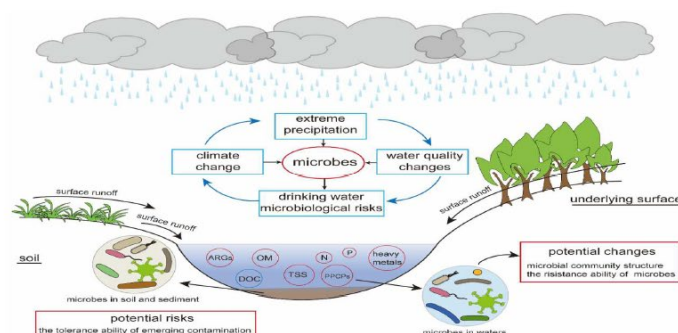


Figure 2 Impacts of extreme precipitation on quality and microbiological risk of water sources¹⁷

It is a fact that many disease outbreaks resulting from drinking water pathogens occur after periods of flooding^{18,19}. On the other hand, droughts can lead to the concentration of nutrients and pathogens in water as the volume decreases. These nutrients can fuel the growth of microorganisms, leading to blooms of harmful algae (Abs) that can produce toxins, and bacteria²⁰. Moreover, an insufficient supply of water may lead to lower hygienic standards²¹, especially in developing countries.

3. MAIN MICROORGANISMS IN DRINKING WATER AND DISEASES THEY LEAD TO

The pathogens that may be transmitted through contaminated drinking water are diverse in characteristics, behaviour and resistance. Although consumption of contaminated drinking water represents the greatest risks, other routes of transmission can also lead to disease. Certain serious illnesses result from inhalation of water droplets (aerosols) in which the causative organisms have multiplied because of warm waters and the presence of nutrients, induced by the effects of climate change. Some parasites are transmitted when the larval stage penetrates the skin causing diseases that can lead to severe gastrointestinal illness⁶. In addition, contact with toxins from cyanobacteria, algae and some bacteria can be harmful to humans when they drink contaminated water. These pathogens can cause injuries and symptoms similar to allergies and severe liver and kidney damage, neurological disorders and cancer²²⁻²⁴.

Waterborne pathogens, such as *Legionella*, may grow in water, whereas others host dependent, such as *Cryptosporidium* cannot, but are able to persist although gradually lose viability and the ability to infect²⁵. In addition, persistence of microorganisms is affected by several factors, of which temperature is the most important, and may be mediated by the lethal effects of ultraviolet (UV) radiation in sunlight acting near the water surface⁶. Between the contaminants that can be found in drinking water, pathogenic microorganisms from human and animal feces pose the greatest danger to public health. *Escherichia coli* is the most widely used indicator of fecal contamination in drinking water supplies²⁶, although selection reference pathogens can be subjected to differences of criteria.

Table 1 details some of the most common microorganisms found in drinking water, their origins and their effects on human health.

Table 1. Most common microorganisms associated with drinking water

Microorganism	Source	Route of exposure	Diseases
<i>Escherichia coli</i> (O157, Shiga toxin)	Fecal contamination from humans or animals	Ingestion	Gastroenteritis, hemolytic uremic syndrome, urinary tract infections, meningitis, septicemia
<i>Salmonella</i>	Fecal contamination from infected humans or animals	Ingestion	Diarrhea, abdominal cramps, fever, nausea, vomiting and severe dehydration
<i>Vibrio cholerae</i>	Fecal contamination from infected humans or animals	Ingestion	Cholera (diarrhea, leg cramps, vomiting, dehydration)
<i>Legionella pneumophila</i>	Member of natural flora of many freshwater environments. Survive in biofilms	Inhalation aerosol	Pneumonic illness (Legionnaires' disease, Pontiac fever)
<i>Campylobacter</i>	Wild and domestic animal are reservoirs	Ingestion	Diarrhea, abdominal pain, fever, vomiting. Reactive arthritis, meningitis and Guillain-Barré syndrome.
<i>Giardia</i>	Animals and humans excrete cysts into the environment	Ingestion	Diarrhea, abdominal cramps
<i>Cryptosporidium</i>	Animals and humans excrete oocysts into the environment	Ingestion	Self-limiting diarrhoea, nausea, vomiting
Hepatitis A	Fecal contamination from infected humans	Ingestion Person-person	Hepatitis A (severe damage to liver cells)

4. WATERBORNE DISEASES IN EUROPE LINKED TO DRINKING WATER

The European Union (EU) has established regulations to ensure the quality and safety of drinking water. The recast of the Drinking Water Directive (DWD) was adopted in December 2020 and entered into force in January 2021. The Member States have to transpose the Directive into national law and comply with its provision by 12 January 2023, and report all the information required in the DWD to the European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC)²⁷.

The ECDC supplies current data on outbreaks, that are regularly reported, highlighting the significant need of proper hygiene control in drinking water distribution systems. One of the last reported outbreak associated to drinking water supply systems, has been a Legionnaires' disease in Italy (Lombardy Region) with 49 confirmed cases, including three deaths²⁸. Figure 3 displays the incidence of Legionnaires' disease in Europe since 2005, with Slovenia, Italy, Netherlands and Spain being the most affected countries²⁹.

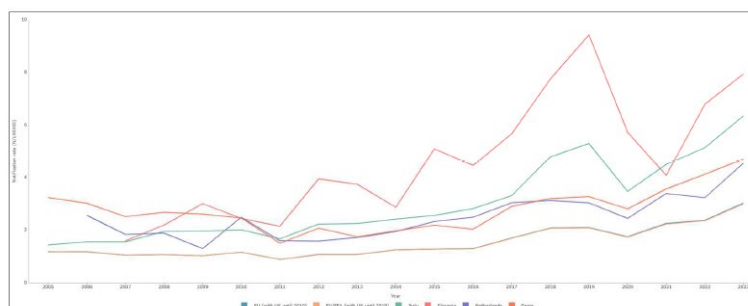


Figure 3 Prevalence Legionnaires' disease in Europe²⁹

Another instance is campylobacteriosis, which is the most commonly reported gastrointestinal disease in the UE / European Environment Agency (EEA), with a notification rate of 49.36/100000 in 2023³⁰.

5. CONCLUSIONS

Microbial contamination of drinking water is one of the most significant threats in both developed and developing countries. Climate change, is responsible of the extreme weather events, that lead to the pollution of water sources. At the same time, the increment of temperatures induces conditions that can promote the growth, resilience, and spread of these microorganisms. There is evidence that, if there are not adequate disinfection protocols, contaminated water sources can lead to outbreaks that must be effectively managed by healthy authorities. Identifying the pathogen and determining the origin of the contamination is essential to face the resolution of the outbreak.

The regulations in Europe are aimed to control the drinking water supplies as well as all the factors that may influence the quality of the drinking water, and stablish the protocols to face possible health problems.

6. REFERENCES

- [1] United Nations. *Goal 6: Ensure access to water and sanitation for all*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/> (accessed on 17 October 2024)
- [2] United Nations Economic Commission for Europe. *Equitable access to water and sanitation*. <https://unece.org/environment-policy/water/areas-workprotocol/equitable-access-water-and-sanitation> (accessed on 17 October 2024)
- [3] Simazaki, D., Hirose, M., Hashimoto, H., Yamanaka, S., Takamura, M., Watanabe, J. & Akiba, M. (2018). Occurrence and fate of endotoxin activity at drinking water purification plants and healthcare facilities in Japan. *Water Research*, 145, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.08.009>
- [4] Rossi, F., Santonicola, S., Amadoro, C., Marino, L. & Colavita, G. (2024). Food and drinking water as Sources of Pathogenic Protozoans: An Update. *Applied Sciences*, 14(12), 5339. <https://doi.org/10.3390/app14125339>

- [5] Omarova, A., Tussupova, K., Berndtsson, R., Kalishev, M. & Sharapatova, K. (2018). Protozoan Parasites in Drinking Water: A System Approach for Improved Water, Sanitation and Hygiene in Developing Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 495. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030495>
- [6] World Health Organization. (2022). *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and the second addenda*. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/352532/9789240045064-eng.pdf?sequence=1>
- [7] Levallois, P. & Villanueva, C.M. (2019). Drinking Water Quality and Human Health: An Editorial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(4), 631. <https://doi.org/10.3390/ijerph16040631>
- [8] Islam, M. (2024). Quantifying microbial risk from drinking water production process under changing climate and socio-economic conditions. *Microbial Risk Analysis*, 27- 28, 100321. <https://doi.org/10.1016/j.mran.2024.100321>
- [9] Freeman, J.T., Anderson, D.J. & Sexton, D.J. (2009). Seasonal peaks in Escherichia coli infections: possible explanations and implications. *Clinical Microbiology and Infections*, 15(10), 951-953. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2009.02866.x>
- [10] Funari, E., Manganelli, M. & Sinisi, L. (2012). Impact of climate change on waterborne diseases. *Annali Dell'Istituto Superiori Di Sanita*, 48, 473-487. https://doi.org/10.4415/ANN_12_04_13
- [11] Hofstra, N. (2011). Quantifying the impact of climate change on enteric waterborne pathogen concentrations in surface water. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(6), 471-479. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.10.006>
- [12] Mohammed, H. & Seidu, R. (2019). Climate-driven QMRA model for selected water supply systems in Norway accountin for raw water sources and treatment processes. *Science of The Total Environment*, 660, 306-320. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.460>
- [13] Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (29 September2022). *Los microorganismos con los grandes olvidados en los modelos de cambio climático*. Ministerio de Innovación, Ciencia y Universidades. <https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/los-microorganismos-son-los-grandesolvidados-en-los-modelos-de-cambio-climatico> (accessed on 17 October 2024).
- [14] National Oceanic and Atmospheric Administration. (January 2024). *Climate change impacts*. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/climate/climatechange-impacts> (accessed on 17 October 2024)
- [15] Lindsay, R. & Dahlman, L. (18 January 2024). *Climate Change: Global Temperature*. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change/global-temperature> (accessed on 17 October 2024)
- [16] World Health Organization. (12 October 2013). *Climate change*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health> (accessed on 17 October 2024)

- [17] Xiao, X., Fu, J. & Yu, X. (2023). Impact of Extreme Weather on Microbiological Risk of Drinking Water in Coastal Cities: A review. *Current Pollution Reports*, 9, 259-271. <https://doi.org/10.1007/s40726-023-00255-w>
- [18] Wójcik, O.P., Holt, J., Kjerulf, A., Müller, L., Ethelberg, S. & Molbak, K. (2013). Personal protective equipment, hygiene behaviours and occupational risk of illness after July 2011 flood in Copenhagen, Denmark. *Epidemiology and Infection*, 141(8), 1756-1763. doi:10.1017/S0950268812002038
- [19] Gertler, M., Dör, M., Renner, P., Poppert, S., Askar, M., Breidenbach, J., Frank, C., Preussel, K., Schielke, A., Werber, D. Chalmers, R., Robinson, G., Feuerpfeil, I., Tannich, E., Gräber, C., Stark, K. & Wilking, H. (2015). Outbreak of *cryptosporidium hominis* following river flooding in the city of Halle (Saale), Germany, August 2013. *BMC Infectious Diseases*, 15, 88. <https://doi.org/10.1186/s12879-015-0807-1>
- [20] United States Environmental Agency, EPA. (2024). *Harmful Algal Blooms (HABs) in Water Bodies*. <https://www.epa.gov/habs> (accessed on 19 October 2024)
- [21] Bryan, K., Ward, S., Roberts, L., White, M.P., Landeg, O., Taylor, T. & McEwen, L. (2020). The health and well-being effects of drought: assessing multi-stakeholder perspectives through narratives from the UK. *Climatic Change*, 163, 2073–2095. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02916-x>
- [22] Melaram, R. & López-Dueñas, B. (2022). Detection and Occurrence of Microcystins and Nodularins in Lake Manatee and Lake Washington-Two Floridian Drinking Water Systems. *Frontiers in Water*, 4, 899572 <https://doi.org/10.3389/frwa.2022.899572>
- [23] Melaram, R., Newton, A. R. & Chafin, J. (2022). Microcystin Contamination and Toxicity: Implications for Agriculture and Public Health. *Toxins*, 14(5), 350. <http://dx.doi.org/10.3390/toxins14050350>
- [24] Mokoena, M.M. (2024). Microcystins in water containers used in the home: A review of their potential health effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 269, 115787. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115787>
- [25] World Health Organization. (23 September 2023). *Drinking-water*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- [26] Government of Canada. (2019). *Escherichia coli in Drinking Water*. <https://www.canada.ca/en/health-canada/programs/consultation-e-coli-drinkingwater/document.html#a4-2>
- [27] European Commission. (2024). *Drinking water*. https://environment.ec.europa.eu/topics/water/drinking-water_en (accessed on 17 October 2024)
- [28] European Centre for Disease Prevention and Control (ecdc). (9 August 2024). Communicable Disease Threats Report, 2-9 August 2024, week 32. <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/communicabledisease-threats-report-week-32-2024.pdf>
- [29] European Centre for Disease Prevention and Control (ecdc). *Surveillance Atlas of Infectious Diseases*. Legionnaires' disease.

<https://atlas.ecdc.europa.eu/public/index.aspx?Dataset=27&HealthTopic=30> (accessed on 28 October 2024)

[30] European Centre for Disease Prevention and Control (ecdc). Surveillance Atlas of Infectious Diseases.

<https://atlas.ecdc.europa.eu/public/index.aspx?Dataset=27&HealthTopic=30> (accessed on 28 October 2024)

SESSION: Decision making and support tools web applications

Floods: Urban Flash Floods & Early Warning Systems

Maria D. Xenodochoy

Economist-Teacher, BSc, MSc

Email: marsaxen@hotmail.com

Abstract

This work was prepared within the framework of the course NA03 Hydrometeorological Disasters and Climate Change, during the Postgraduate Studies Program "Environmental, Disaster and Crisis Management Strategies", of the National and Kapodistrian University of Athens (2022-2024). Initially, a conceptual clarification of the term floods is made and the categories of floods are briefly mentioned, based on their characteristics and the mechanism of their creation. The following is a presentation of the characteristics of flash floods in urban areas, listing the causes that cause them (natural and man-made), as well as their primary and secondary impacts, on society as a whole. Special reference is also made to the Early warning Systems (Early Warning Systems, Radars) of the population in Greece and Europe, for the possibility of flash floods in urban areas. Finally, the necessity of educating citizens in the management of flood crises is emphasized.

Keywords: climate change, urban flash floods, vulnerability, human intervention, early warning systems.

1.1. Introduction – floods.

Extreme weather-climatic phenomena are associated with natural disasters. For example, the increase in the Earth's average temperature, due to climate crisis, causes more heat waves, even more and more intense rainfall, with the consequent floods (Nastos, 2022). Floods are natural phenomena that occur when the capacity of the drainage system cannot channel the volume of water produced by the rainfall. Flood risk is defined as the combination of the probability of a flood occurring and the

potential negative consequences for human health, environment, cultural heritage and economic activities, associated with this flood (Diakakis, 2018).

Depending on their creation mechanism and their characteristics, floods are distinguished into the following categories:

1. River or fluvial floods (Diakakis, 2018)
2. Urban floods
3. Flash floods
4. Coastal floods
5. Dam-failure floods
6. Rain or snow floods
7. Groundwater floods
8. Ice-jam floods
9. Glacial floods (Diakakis, 2018)

1.2. Characteristics of urban flash floods.

Urban flash floods are the most destructive types of flood events. They are difficult to predict due to the short time of occurrence in relation to the start of rain, as well as very difficult to deal with (Maris & Nakas, 2018). This type of flood is very common in Greece and the wider Mediterranean area, because it is favored by the geomorphology, geology and climatic parameters. (Diakakis, 2018)



Figure 1 Athen's flood 2013. (Diakakis, 2018)

Urban flash floods are often associated with violent storms of short duration that fall on a small area. They are caused by short rains with a large volume of water (Diakakis, 2018). They occur where there are steep slopes, in mountainous areas that are subject to frequent, severe storms and in areas where the soil is very dry for a long period of

time. The greater the slope of the area, the faster the water flows (Maris & Nakas, 2018). The soil drainage system overflows due to intense water concentration. At the same time, the speed of the water is so great that it enhances its transport and the destructive phenomena.

1.3. Natural and anthropogenic causes of flash floods.

Many natural and anthropogenic factors are responsible for the occurrence of a flash flood. A flash flood is the result of atmospheric disturbances associated with rapid rainfall and large amounts of rain in a short period of time (Maris & Nakas, 2018). The intensity of the rainfall, its duration, the topography of the ground, soil conditions, plant cover, forest destruction and urbanization play a decisive role. Also we should not ignore human intervention. In recent decades, floods occurring at the borders of residential areas are due to the restriction of stream beds, the blockage of river beds, the reduction of forest areas due to fires and the reduction of infiltration within the urban environment. Urbanization plays a decisive role in the increase of flooding phenomena, because it increases surface runoff more than it would be in natural terrain (Diakakis, 2018). Asphalt is impermeable and does not allow rainwater to penetrate the subsoil, while at the same time it increases the amount of water that runs off. Forest fires, intensive settlement of peri-urban areas and excessive logging destroy flora and soils, resulting in their inability to retain rainwater. (Diakakis, 2018)

Another reason is the fragmented construction of flood protection projects that are not compatible with the natural and man-made environment and the evolving climatic conditions. (Tasoulas, 2020)

1.4. Impacts of urban flash floods.

Flash floods usually have both devastating direct and indirect impacts. Flooding phenomena are intertwined with the degree of vulnerability of a society. Vulnerability has to do with how resilient a society is to biophysical conditions, its exposure to danger or disaster and the way it responds when a flood occurs. The degree of adaptability of society to these changing conditions plays a major role. (Tasoulas, 2020) Direct or primary impacts are caused by the flood event itself. They are classified hierarchically, depending on their severity, into: deaths, injuries, entrapment of citizens in flooded areas (indoor or outdoor), damage to buildings, household goods and cars, damage to the road network and to the transport and communication systems, which are caused by the increased speed of the waters and the sediments they carry. (Rallatou, 2019)

Loss of Human life	Financial Losses
Environmental Impacts	Effects on Cultural Heritage

Figure 4 Categories of economic damage that can be caused by floods(Tasoulas, 2020)

Also, floods of this type cause damage to agricultural areas and crops, erosion of the soil surface, landslides, subsidence and transport of debris, garbage and toxic substances. (Rallatou, 2019)

Indirect or secondary impacts occur as the flood phenomenon weakens. Often, affected residents are forced to abandon their homes their properties and to move away from them either temporarily or permanently (Rallatou, 2019). Sometimes in flooded areas, fires ,water-network or electricity-network problems occur, as well as serious damage to the sewage system. Ecosystems are severely disrupted.

Due to depositing significant quantities of sediment, flood phenomena create problems in the smooth development of the affected areas. In some cases, they lead to extensive pollution/contamination phenomena, as they facilitate the circulation of sewage, heavy metals and other contaminants through flood waters. (Danilakis, 2020)

In addition, there is an increased risk of infectious-transmissible diseases (e.g. gastroenteritis) in the population affected by the disaster. A flood disrupts all administrative, economic, cultural, etc. functions (e.g. services, schools, hospitals, shops). However, mainly it strains the mental resilience of those affected, as it causes feelings of fear, loss, panic, insecurity and sadness. (Danilakis, 2020)

1.5. Early Warning Systems (Early Warning Systems, Radars) for urban flash floods.

In the case of urban flash floods, there are valuable tools that can work quite effectively in terms of warning the population. These are the Early Warning Systems for urban flash floods (EWS or Early Warning Systems, Radars). The main characteristics of such an integrated system are:

Operational Monitoring and Early Warning Center				Civil Protection-Emergency Action Plan
Monitoring network	Data Analysis	Limit values	Flood risk	
Satellites,	Rainfall height scenarios in the catchment	Rainfall height	First warning 1	
Radars,				
Rain Gauges				
Level Gauges	Scenarios of water levels and streams	Water Level	Second warning 2	
Meteorological Models	Hydrologicals models	Hydraulic models	Coverage areas	

Figure 3 Illustration of an indicative Early Warning System (EWS) (Karamoustou, 2018)

1. Good knowledge of the upcoming or potential risk that must be addressed (in this case, the risk is flash floods), 2. the investigation and identification of the vulnerable points of the area (e.g. public buildings, houses, parks, etc.) that are at risk and the possible impacts on them (Nastos & Matsangouras, 2013), 3. the study of all hypothetical scenarios in relation to flood risk, 4. the monitoring, analysis and early

forecasting of the risk, e.g. measuring rainfall in high-risk areas, monitoring stream levels, monitoring meteorological data through the use of reliable scientific methods and technologies, (Nastos & Matsangouras, 2013), 5. the ability and flexibility of local bodies to react correctly, with the primary objective of not losing human lives and property or at least minimizing damage, 6. readiness at the regional (and city) level for the correct response after the end of the event through planning programs, 7, the communication and correct dissemination of information to the population of the affected region through all available technology (e.g. via radio, television, telephone, messages on mobile phones, loudspeakers) is very important. (Nastos & Matsangouras, 2013)

Hydro-meteorological monitoring networks can consist of satellite sensors, radars and various types of meters, which collect data on temperature, rainfall, water flow and other information used by forecasting models. All of these are vital for a comprehensive Early Warning System. The measurements must be accurate, reliable and timely for the system to be successful. (Karamoustou, 2018)



Figure3 Map Countries participating in EFAS (EFAS Partner Network-40 countries, 75 EFAS partners). Responsible Services of the EFAS Dissemination Centre for the transmission of notifications to countries, by river basin/administrative region, according to the color code of the map: Pink: Rijkswaterstaat (Water Management Institute), Netherlands. Blue: Hydro-Meteorological Institute /HMI, Slovakia (Greece is "served" by HMI). Yellow: Meteorological and Hydrological Institute, Sweden. (Karatarakis & Papapetrou, 2020)

Successful Early Warning Systems are already used in Europe. EFAS (European Flood Awareness System) has been established at a central level (Karatarakis & Papapetrou, 2020). The purpose of EFAS is to prepare and support protective measures - before the occurrence of imminent floods - especially for large transboundary river basins in Europe. It is the first operational European flood monitoring and forecasting system (Karatarakis & Papapetrou, 2020). It was developed within the framework of the European Commission in collaboration with Research Institutes / Joint Research Center (JRC) and European Hydrological & Meteorological Services in the decade 2000-

2010. EFAS provides important scientific data to the various meteorological services up to ten days before the occurrence of dangerous situations. (Danilakis, 2020)

In Greece, the operational bodies involved (project "Xenokrates") for flood risk warnings are: the National Meteorological Service, the General Secretariat for Civil Protection (GSCP), the Regions and the Municipalities of the Country. In recent years, a significant effort has been made to develop a plan to deal with urban flash floods by the General Directorate of Flood Management (GDFML). (Karatarakis & Papapetrou, 2020).

Epilogue

Due to climate change, advancing towards an increasingly warmer climate, extreme hydro-meteorological phenomena together with the accompanying phenomena (such as landslides and flash floods) will appear with increased frequency and intensity both in Greece and in the rest of the world.

The protection and restoration of natural ecosystems can shield countries against the devastating impacts of floods (Ibrahim, 2020). It is necessary to take care of the resilience of water-related infrastructure, with respect for the natural environment and the free access of rainwater from the catchment area to the sea.

The State must responsibly carry out appropriate technical anti-flood projects and rational urban planning to prevent flooding phenomena (Danilakis, 2020). In case of danger, early warning systems can protect human life. Undeniably, the proper education of citizens to deal with and manage flood crises will constitute a strong line of defense in future possible events.

References

Nastos, P., & Matsangouras, I. (2013). A proposed Atmospheric Hazards Early Warning System (AHEWS) incorporated in the new structure of the Greek Regional Administration "Kallikratis". Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards DOI:10.1080/17499518.2013.773.

Danilakis, B. (2020, October 7). Greenapple.gr. Retrieved from <https://greenapple.gr/2020/10/07/>

Diakakis, M. (2018, December). Floods & flood risk, Notes of Course NA03 "Hydrometeorological Disasters and Climate Change", Master's Degree in Environmental, Disaster and Crisis Management Strategies, Department of Geology & Geoenvironment, National University of Athens. Athens.

Ibrahim, D. (2020, September 24). WWF. Retrieved from <https://www.wwf.gr/?918166/>

Karamoustou, P. D. (2018, November). Early Warning Systems for Flash Floods -The Case of Mandra, Attica. Master's Thesis. Master's Degree in Water Resources Science and Technology, National Technical University of Athens. Athens.

Karatarakis, N., & Papapetrou, A. (2020). Implementation of the European Flood Early Warning System (EFAS) in the Greek area, 2016- 2019. 3rd Scientific Forum for Disaster Risk Reduction in Greece. Athens.

Maris, F., & Nakas, T. (2018, November). 4th Lecture: Flash Floods The cases of Mandra and Samothrace,. Course Notes "Hydrometeorological Disaster Management", Polytechnic School, Department of Civil Engineering Laboratory of Hydrology and Hydraulic Works. Xanthi.

Nastos, P. (2022). Extreme Weather Phenomena. Course notes NA03 "Hydrometeorological Disasters and Climate Change", Master's Degree in Environmental, Disaster and Crisis Management Strategies, Department of Geology & Geoenvironment, National University of Athens. Athens.

Rallatou, N. (2019). Assessment of urban flood vulnerability using GIS and geospatial analysis methods. The case of the Athens Basin. Master's Degree Thesis. Postgraduate Program in Architecture-Spatial Design, National Technical University of Athens. Athens.

Tasoulas, G. (2020, January). Natural and Anthropogenic Disasters. The case of floods. Bachelor's Thesis. Department of Spatial Planning, Urban Planning & Regional Development, School of Engineering, University of Thessaly. Volos.

SESSION: Climate change mitigation and adaptation by the agricultural and livestock farming sector

Smart irrigation improves irrigation efficiency at farm level under climate change

K. Chartzoulakis¹, I. Kasapakis², T. Tzatzani³, A. Papalippaki⁴

¹ZEN AGRO PC,

²Greek Ministry of Rural Development and Food, Department of Rural Development and Controls, Chania,

³ELGO DIMITRA -Institute of Olive Tree, Subtropical Crops and Viticulture, Chania, Greece

⁴Hellenic Mediterranean University, Department of Electronic Engineering, Chania, Crete

Email: kchartz@otenet.gr

Abstract

Proper management of irrigation water is a must under drought conditions. The Intelligent Irrigation Water Management (IWAM) combines irrigation advisory

software with smart control electrovalves, taking into account weather forecast and soil moisture. It is applied at different horticultural crops (olive, citrus, avocado, kiwi, groundnuts) at different regions in Greece (Chania, Messenia, Agrinio) under the project M16ΣYN2-00167 AGROWATER for 3 years. The information about the irrigation (when and how much to apply) is given to the smart electrovalve and/or to the farmers by SMS or by a special application for smart mobile phones with the ability of feedback. Each orchard is divided in two almost equal parts, one is irrigated empirically and the other according IWAM advices, while the evaluation is done in terms of crop yield, product quality and water conservation. The amount of irrigation water applied in the 2023 campaign was less (10-25%) in IWAM sites in all crops except olives than the empirical ones. Fruit yield per hectare was higher or equal under IWAM irrigation, while Irrigation water use efficiency (kg/mm) was greater in all crops under IWAM irrigation. The fruit quality was not affected or was higher in IWAM irrigation. Taking into account the up today results of applied water, soil moisture, yield, fruit quality and water use efficiency for harvested yield the IWAM irrigation has significant irrigation water saving compared to empirical irrigation in all crops under study.

Introduction

Today, irrigation is a key element of agriculture to meet food needs. However, as we are rapidly approaching and/or have already exceeded the planet's fresh water resources, a significant amount will be diverted from agriculture to meet the needs of other sectors (drinking and industry). Furthermore, the efficiency of irrigation is very low, since less than 65 % of the applied water is used by the crops. Farmers usually irrigate empirically and tend to «play safe» increasing the irrigation water amount, especially when it is associated with low price.

Taking into account the increasing demand for fresh water and climate change it is necessary to use innovative technologies to increase the efficiency of irrigation water -more per drop-, but also to utilize for irrigation the low quality waters (saline, treated and drainage water). The last decades research have developed decision support tools to help increase crop productivity and improve the efficiency of irrigation systems (Malamos et. al., 2016; González Perea et al., 2016). Forecasting severe weather events is important for irrigation application and crop protection from extreme events (Anadranistakis et al. 2004, Papagiannaki et al. 2014).

The use of precision irrigation technologies, such as IOT, soil moisture sensors and remote sensing, GIS which allow farmers to tailor their water and nutrient applications to the specific requirements of different parts of their fields in real time, optimizing input use and crop yields (Bwambale et. al., 2022). The artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) algorithms can also play a significant role in improving water efficiency (Torres-Sanchez et al., 2020; Umutoni& Samadi, 2024). By integrating diverse data sets, from soil and weather conditions to crop characteristics, water quality and availability, irrigation system and mulching etc, these algorithms can provide farmers with sophisticated decision support tools. The decision (how much water and when to apply) is communicated to farmer's smart phone and/or directly to smart electrovalves for irrigation.

The aim of this study is to develop and evaluate an Intelligent Irrigation Water Management (IWAM) system which combines irrigation advisory software, smart valves and weather forecast and IOT measurements to guide irrigation at farm level. The information about the irrigation (when and how much water) will be given to the automatic electrovalve and/or to the farmers by SMS or by a special application for smart mobile phones with the possibility of feedback.

MATERIALS AND METHODS

The irrigation software Zen-Irriware will be used to estimate water requirements and time of application in real time for the crop. For the accurate calculation of irrigation requirements it uses the available meteorological data of the area and weather forecast, soil characteristics, crop characteristics, water availability and quality, method of irrigation and mulching. Zen-Irriware software is supported by meteo stations (M/S) and soil moisture sensors integrated into a wireless network which provide data to a real-time decision support system (Fig. 1).

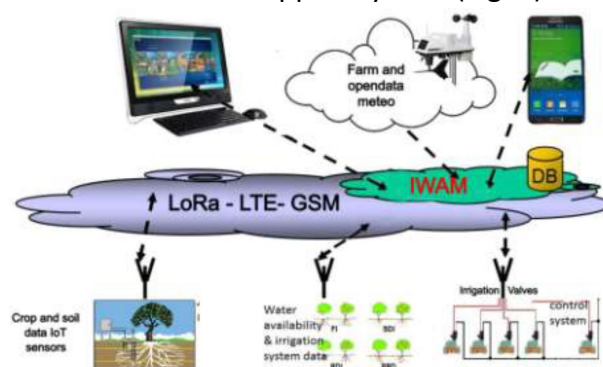


Figure 5 The layout of IWAM system

Daily crop evapotranspiration (ET_c) of the crops is calculated by the formula $ET_c = K_c \times ET_o$ (Allen et al., 1998), where ET_o is Reference Evapotranspiration (Modified Penmann–Monteith), K_c is the crop factor that varies according to the stage of growth. Irrigation requirements are calculated as the difference between the crop evapotranspiration and the effective rainfall (0.8 of the total), while the irrigation dose is determined according to the soil type. If soil moisture sensors are used, the software can integrate this information to reach the decision when to irrigate and how much water to apply.

In cases of limited water availability (dry years), crop water requirements are calculated only for the critical growth stages (application of deficit irrigation). The data are stored in a database and the system combines all the relative information in order to calculate the optimal irrigation dose.

The IWAM system combines Zen Irriware with smart valves and weather forecast to manage irrigation at farm level (Fig. 2). It informs the farmer via email or SMS and creates corresponding messages in the user's account and/or give orders to a smart electrovalves for fully automate irrigation. The IWAM system is implemented in three agricultural cooperatives in different regions of Greece with different climatic conditions. In agricultural cooperative of citrus and subtropical plants in Chania Crete

at avocado, citrus and olive orchards, in agricultural cooperative of Kalamata, Messinia at peanuts and in agricultural cooperative of Neapolis, Agrinio at kiwifruit. Each orchard was divided in two almost equal parts and irrigation system was modified accordingly. One part was irrigated empirically by the farmer and the other according to the IWAM system. The information of Zen Irrigator when and how much water to apply is communicated to smart electrovalves, which controlled irrigation monitoring pressure, discharge and water amount applied. In each part of the orchard soil moisture sensors were installed to monitor soil moisture. For IWAM system evaluation the number of irrigations, the total water amount applied, the soil moisture, the average yield per plant and quality indices were used for empirical and IWAM plots for all crops. The data presented are from the first year of system implementation.



Figure 6 Smart electrovalves and M/S and datalogger of IWAM system

RESULTS AND DISCUSSION

The number of irrigations in olive, orange and kiwi were almost the same for empirical and IWAM irrigations in 2023, while in avocado were much higher in empirical irrigation and in groundnut the number of irrigations was higher in IWAM. The total amount of water applied in 2023 irrigation season was less for IWAM irrigation in all crops, except olives compared with empirical irrigation. Fruit yield per hectare was higher or equal under IWAM irrigation in all crops except orange, cultivar WN, which was higher under empirical irrigation. Water use efficiency for harvested yield (kg/m³) was greater in IWAM irrigation in all crops except olive, which means significant irrigation water saving without yield reduction (Tab. 1).

Table 1. No of irrigations, water applied, yield and water use efficiency for harvested yield under empirical and IWAM irrigation.

Parameter / Crop		Number of irrigations	Applied water (m ³ /ha)	Yield/ha (kg)	WUE (kg/ m ³)
Olives	Empirical irrigation (EI)	12	980	6444.9	6,53
	Smart irrigation (PI)	12	1250	7857.1	6,28
Oranges WN	Empirical irrigation (EI)	30	5270	55569.4	8,43
	Smart irrigation (PI)	30	3750	52112.9	13,89
Avocado Hass-Lab	Empirical irrigation (EI)	47	4660	4175,4	8,96
	Smart irrigation (PI)	36	3920	4251,5	10,84
Ground-nut	Empirical irrigation (EI)	22	7070	4808.2	0,68
	Smart irrigation (PI)	26	6040	4819.5	0,79
Kiwifruit	Empirical irrigation (EI)	32	7040	14260.0	2,02
	Smart irrigation (PI)	33	5180	15090.2	2,91

Taking into account the water applied it is clear that IWAM had 29% water saving in orange, 26% in kiwi, 16% in avocado and 15% in groundnut than empirical irrigation. In olive, IWAM water applied was 27% higher than empirical irrigation due to subirrigation, which resulted in 18% yield reduction compared to IWAM yield.

The irrigation treatment (EI, PI) had no any significant effect on quality parameters (mean fruit weight, peel thickness, soluble solids, acidity) of orange fruits.

Parameter / Crop		Fruit quality characteristics			
		Mean fruit weight (gr)	Peel thickness (mm)	Soluble solids (brix)	Acidity % c.a.
Orange WN	Empirical irrigation (EI)	222,5	4,42	13,27	1,33
	Smart irrigation (PI)	222,1	4,81	14,52	1,38

In avocado, the quality characteristics (mean fruit weight, dry matter, oil content) were higher in smart irrigation (PI) than in empirical irrigation (EI).

Parameter / Crop		Fruit quality characteristics			
		Mean fruit weight (gr)	Dry matter (%)	Fruit height (mm)	Oil content %
Avocado	Empirical irrigation (EI)	236,31	18,99	10.15	7,64
	Smart irrigation (PI)	258,55	21,08	10.60	9,31

In olive, average fruit weight and fruit moisture (%) were lower in empirical irrigation than smart irrigation, while oil content (% f.w.) was higher than smart irrigation. Olive oil acidity was not affected by irrigation treatment.

Parameter / Crop		Fruit quality characteristics			
		100 fruit weight (gr)	Moisture (%)	Oil content %	Acidity (% o.a.)
Olive	Empirical irrigation (EI)	70,34	41,2	25.3	0.5
	Smart irrigation (PI)	77,90	43,7	24.1	0.5

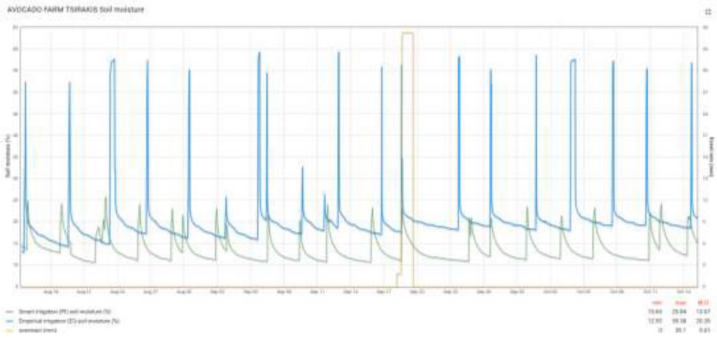
In kiwi, all quality parameters (mean fruit weight, sugars, firmness and soluble solids) were not affected by the irrigation treatment (EI, PI).

Parameter / Crop		Fruit quality characteristics			
		Mean fruit weight (gr)	Sugars (Brix %)	Firmness(Kg /cm ²)	Soluble solids (%)
Kiwi	Empirical irrigation (EI)	125	6,3	3	7
	Smart irrigation (PI)	123	6,2	4	8

In groundnut the marketable fruit size and dry fruit weight were slightly greater in empirical irrigation than that in smart irrigation due to the higher amount of water applied.

Parameter / Crop		Fruit quality characteristics		
		Mean marketable fruit weight (gr)	Mean non marketable fruit weight (gr)	Mean dry Marketable fruit w (gr)
Ground nut	Empirical irrigation (EI)	2,9	0,55	2,0
	Smart irrigation (PI)	2,5	0,65	1,8

The average soil moisture recorded in most crops was lower in IWAM Irrigation but the crops are not stressed because the IWAM takes into consideration the field capacity and wilting point and also to avoiding deep infiltration (the most of soils has coarse texture).



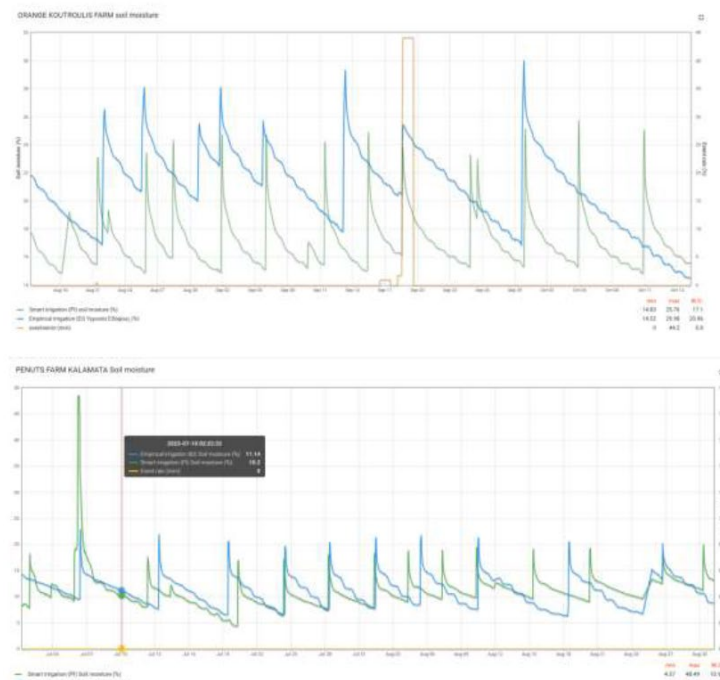


Figure 7 The variation of soil moisture in different crops at critical growth periods (Avocado, Oranges, Groundnuts)

CONCLUSION

Taking into account the up today results of applied water, soil moisture, yield, fruit quality and water use efficiency for harvested yield the IWAM irrigation has significant irrigation water saving and improves irrigation efficiency compared to empirical irrigation in all crops, except olives, in which contributed in rationalization of irrigation.

REFERENCES

- Allen R.G., Pereira L.S. Raes D., Smith M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage 56, FAO, Rome.
- Anadranistakis M., Lagouvardos K., Kotroni V., Eleftheriadis H., 2004. Correcting temperature and humidity forecasts using Kalman filtering: Potential for agricultural protection in Northern Greece. Atmospheric Research 71(3):115-125.
- Bwambale E., Abagale F.K., Anornu G., 2022. Smart irrigation for climate change adaptation and improved food security. In book: Irrigation and Drainage- Recent Advances. DOI:10.5772/intechopen.106628
- Chartzoulakis K., Papafilippaki A., Kasapakis I., 2022. ZenIrriware, a precision irrigation software - Application in olive orchards. Proc. Int. Olive Oil Congress, 488-493.
- Gonzalez Perea R., Fernandez Garcia I., Martin Arroyo M., Rodriguez Diaz J.A., Camacho Poyato E., Montesinos P., 2016. Multiplatform application for precision irrigation scheduling in strawberries. Agric. Wat. Manag. 183 (194): 201-212.
- Malamos N., Tsirogiannis I.L, Christofides A., 2016. Modelling irrigation management services: The IRMA-SYS case. Int. J. Sustain. Agric. Manag. & Informatics, 2(1): 1-18.

Papagiannaki K., Lagouvardos K., Kotroni V., Papagiannakis G., 2014. Agricultural losses related to frost events: use of the 850 hPa level temperature as an explanatory variable of the damage cost. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 14: 2375–2386.

Torres-Sanchez R., Navarro-Hellin H., Guillamon-Frutos A., San-Segundo R., Ruiz- Abellón M.C., Domingo-Miguel R., 2020. A Decision Support System for Irrigation Management: Analysis and Implementation of Different Learning Techniques. *Water* 12: 548, 10.3390/W12020548

Umutoni L., Samadi V., 2024. Application of machine learning approaches in supporting irrigation decision making: A review. *Agric. Wat. Manag.* 294, doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108710

Water security and strategies against climate change

Maridelly Amparo Salcedo¹, Jose Navarro-Pedreño² and Ana Pérez-Gimeno²

¹Faculty of Science, Universidad Autónoma de Santo Domingo, Ciudad Universitaria, Santo Domingo 10105, Dominican Republic;

²Department of Agrochemistry and Environment (GEA-UMH). University Miguel Hernández- Avda. de la Universidad.03202 Elche (Alicante). Spain

Email: aperez@umh.es

Abstract

Nowadays, global water security faces serious threats. Water security involves ensuring the availability of water, in both quality and quantity, in order to satisfy the demand and includes managing water-related environmental disasters such as scarcity and floods. At least 32 countries have identified issues with water security, and many of these nations project that the problem will worsen due to the effects of climate change. This review compiles the main response measures and suggests strategies against climate change effects from 100 scientific articles. Articles were collected from databases such as EBSCOHOST, Scopus, ResearchGate, and through direct searches in journals focused on this topic, like *Water and Sustainability*, using keywords such as “water security” “water security and climate change” “water scarcity”, “water risk index”, “water balance”, “water assessment”, “water evaluation and planning” and “land use and land cover change.” The recommendations identified were grouped into main themes, highlighting those with the most convergence among different studies. The most frequently mentioned response measures included creating storage infrastructure, improving consumption efficiency in urban and productive sectors, and sustainable urban planning. The most suggested strategies to address climate change effects focused on planning based on temporal resource variations, developing disaster containment infrastructure, strategic land-use planning, enhancing groundwater use, and applying technologies to predict and monitor variations in resource availability.

Keywords: water security, water scarcity, climate change

1. INTRODUCTION

A major determinant of human life and socioeconomic advancement, water resources are an essential strategic asset for sustainable development. Water resource security is seriously threatened in many areas due to the limited supply, unequal distribution, and declining environmental quality of water resources, which have become major barriers to human sustainable development and societal advancement¹. A growing number of places are experiencing water security problems, including droughts, flood disasters, and water environmental degradation, as a result of population development, economic expansion, and climate change². Given population expansion and rising water demand over the past century, achieving water security—having enough water to provide constant and reliable food, energy, health, and livelihoods—is becoming more and more difficult³.

Water security encompasses the quantity, quality, and availability of water necessary to meet human needs, support development, protect ecosystems, and manage extreme water-related events such as floods⁴. It is influenced by both human and natural factors, including land use, economic development, and management strategies⁵. As a critical component of sustainable development, water security directly affects human health, livelihoods, and the stability of social, economic, and ecological systems⁶.

Some of the main ways in which water insecurity manifests are drought and/or water scarcity, water pollution, and floods. Risks associated with water security vary significantly depending on geographic context, even within the same watershed⁷. For instance, in China's West River basin, the upper region faces a high risk of extreme droughts, while the lower region is primarily threatened by floods caused by heavy rainfall. These floods damage crops, agricultural infrastructure, and critical systems such as roads, housing, and sanitation networks, exacerbating economic and food security challenges in the area⁸. In contrast, in countries like Brazil, while the Jaguari basin currently experiences a low risk of water scarcity, projections indicate a significant increase in risk due to declining rainfall in the future⁹. Understanding the impacts of climate change on water security is essential to address water-related vulnerabilities⁹ and effectively plan for future changes¹⁰, especially in the face of the increasing frequency and intensity of extreme weather events.

2. METHODOLOGY

This review identifies the issue of water security in 34 countries and the main response measures and suggests strategies against climate change effects from 100 scientific articles. Articles were collected from databases such as EBSCOHOST, Scopus, ResearchGate, Elsevier, and through direct searches in journals focused on this topic, like Water and Sustainability, using keywords such as “water security” “water security and climate change” “water scarcity”, “water risk index”, “water balance”, “water assessment”, “water evaluation and planning” and “land use and land cover change.”

The distribution of studies across countries was uneven, influenced by the availability of open-access scientific publications on the topic. China contributed the highest number of articles to the review, with 24 publications, followed by Brazil with 8. The articles received an initial classification to differentiate those that addressed the effects of climate change. The water security issues identified in each country were classified in water scarcity, flood and water quality. The recommendations identified were grouped into main themes, highlighting those with the most convergence among different studies, classified in response measures and strategies to address climate change.

3. RESULTS

3.1. Water security and climate change

The global use of water resources has risen significantly due to rapid population growth, industrial development, and agricultural expansion. Concurrently, climate change variability poses a substantial challenge to water security by intensifying the hydrological cycle^{11,12}. Projections of climate change scenarios indicate significant alterations in precipitation and evapotranspiration patterns¹³ across many regions worldwide¹⁴. These changes exacerbate variability in water availability^{9,15} by increasing the frequency and severity of droughts and periods of water surplus^{16,17}.

Precipitation levels directly affect production, human livelihoods, and water service performance. Excessive precipitation can lead to flood disasters, while insufficient rainfall can result in water resource shortages¹⁸. Increased rainfall intensity reduces soil water retention, storage, water yield, and baseflow in upper watershed areas, exacerbating water scarcity. Intensified rainfall patterns associated with climate change heighten the vulnerability of water systems, compromising water availability during dry seasons and increasing flood risks during wet seasons⁸.

Rising temperatures have also led to higher rates of evapotranspiration, further affecting water availability¹⁹. Climate change is expected to cause significant reductions in runoff in regions such as Southern Europe, the Middle East, and Southern Africa, presenting severe challenges for water security²⁰. As climate patterns become increasingly unpredictable, water supply and quality are rendered more fragile²¹. Additionally, rising global temperatures accelerate glacier melting. While this initially increases water availability in certain regions, the long-term effect is a reduction in glacier mass, posing a severe threat to future water supply¹². This phenomenon also heightens the risk of seasonal flooding, food security and water sustainability¹⁷.

3.2. Water security: a review of 34 countries

The study reviewed 100 scientific articles from 34 countries. As illustrated in Figure 1, the distribution of studies across countries was uneven, influenced by the availability of open-access scientific publications on the topic. China contributed the highest number of articles to the review, with 24 publications, followed by Brazil with 8. The primary water security issue identified was water scarcity, reported in 28 of the 34

countries analyzed, either as an isolated problem or in conjunction with other challenges. Flood and water quality issues followed as the second and third most prevalent concerns, each affecting 10 countries. Afghanistan, Bangladesh, India, and Mexico faced the most severe water security challenges, grappling with a combination of flooding during intense rainy seasons, water scarcity during dry periods, and widespread water quality issues, as summarized in Table 1.

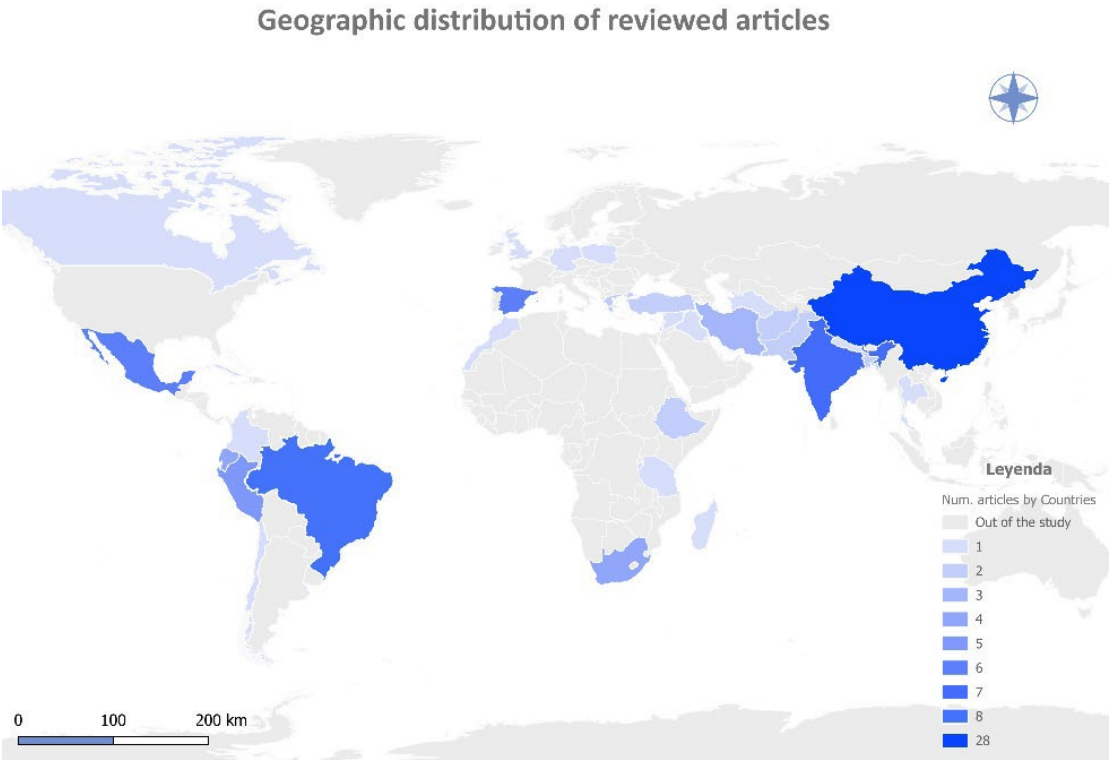


Figure 8 Geographic distribution of reviewed articles.

Water problems	Countries	Countries (reference)
Scarsity	19	Bahamas (10), Brazil (22), Canada (23); Chile (24), Colombia (25), Cuba (26), Ethiopia (27), Greece (14), Iran (28), Iraq (29), Madagascar (30), Morocco (31), Nepal (32), Pakistan (33), (34), Palestine (35), South Africa (36), Tanzania (37), Turkey (11), and United Kingdom (38).
Floods	3	Burund (39), Hong Kong (40), Thailand (41).
Quality	0	
Scarsity+Floods	2	China (42), Peru (43).
Scarsity+Quality	3	Ecuador (13), Poland (44), Spain (45).
Floods+Quality	3	Germany (4), Syria (46), Turkmenistan (47).
Scarsity+Floods+Quality	4	Afghanistan (15), Bangladesh (17), India (48), Mexico (49).

Table 1 Water security issues identified in the 34 study countries.

3.3. Response measures to guarantee water security

The most prioritized strategies to address climate change effects focused on sustainable urban planning, improving consumption efficiency, strategic land-use planning, applying technologies to predict availability and planning based on temporal resource variations, suggested in 25, 23, 14, 8 and 6 articles respectively. While the general prioritized adaptation measures focused on developing disaster containment infrastructure, creating storage infrastructure and enhancing groundwater use, suggested in 5 and 4 articles each one, as shown in figure 2.

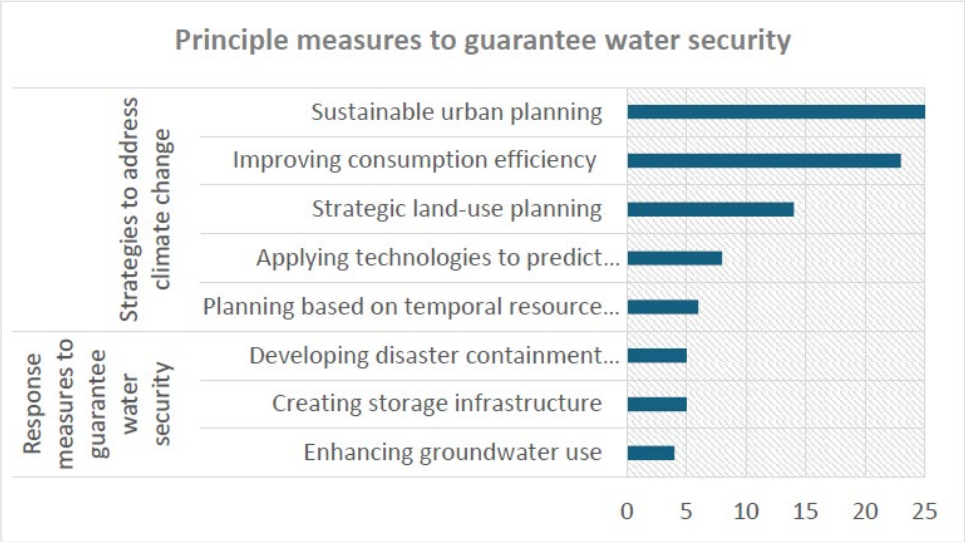


Figure 2 Response measures identify to guarantee water security

4. CONCLUSIONS

There are significant variations in the effects of climate change on water security across different geographical contexts, with the primary impacts including water scarcity, flooding, and changes in the quality of surface and groundwater. While polar ice melt increases water availability in some regions, water scarcity is affecting a growing number of nations, underscoring a crisis in water resources that projections suggest will continue to worsen. Some countries are particularly vulnerable, facing heightened water security risks due to a combination of challenges, such as flooding during intense rainy seasons, water scarcity during prolonged dry periods, and widespread water quality degradation. This is evident in countries like Afghanistan, Bangladesh, India, and Mexico. The principal adaptation strategies suggested to address climate change challenges to water security were focused on sustainable urban planning, improving consumption efficiency, strategic land-use planning, applying technologies to predict availability and planning based on temporal resource variations.

5. REFERENCES

[1] Zhou JR, Li XQ, Yu X, Zhao TC, Ruan WX. Exploring the ecological security evaluation of water resources in the Yangtze River Basin under the background of ecological sustainable development. Sci Rep. 5 de julio de 2024;14(1):15475.

- [2] Li J, He W, Jiang E, Yuan L, Qu B, Degefu DM, et al. Evaluation and prediction of water security levels in Northwest China based on the DPSIR model. *Ecol Indic.* junio de 2024;163:112045.
- [3] Wolkeba FT, Mekonnen MM, Brauman KA, Kumar M. Indicator metrics and temporal aggregations introduce ambiguities in water scarcity estimates. *Sci Rep.* 2 de julio de 2024;14(1):15182.
- [4] Shukla S, Meshesha TW, Sen IS, Bol R, Bogen H, Wang J. Assessing Impacts of Land Use and Land Cover (LULC) Change on Stream Flow and Runoff in Rur Basin, Germany. *Sustainability.* 20 de junio de 2023;15(12):9811.
- [5] Chunxia L, Ou D, Yiqiu L. A Study on Spatial Variation of Water Security Risks for the Zhangjiakou Region. *J Resour Ecol* [Internet]. 22 de enero de 2021.
- [6] Gain AK, Giupponi C, Wada Y. Measuring global water security towards sustainable development goals. *Environ Res Lett.* 1 de diciembre de 2016;11(12):124015.
- [7] Da Silva Tavares P, Acosta R, Nobre P, Resende NC, Chou SC, De Arruda Lyra A. Water balance components and climate extremes over Brazil under 1.5 °C and 2.0 °C of global warming scenarios. *Reg Environ Change.* marzo de 2023;23(1):40.
- [8] Wu Y, Yin X, Zhou G, Bruijnzeel LA, Dai A, Wang F, et al. Rising rainfall intensity induces spatially divergent hydrological changes within a large river basin. *Nat Commun.* 27 de enero de 2024;15(1):823.
- [9] Sone JS, Araujo TF, Gesualdo GC, Ballarin AS, Carvalho GA, Oliveira PTS, et al. Water Security in an Uncertain Future: Contrasting Realities from an Availability-Demand Perspective. *Water Resour Manag.* junio de 2022;36(8):2571-87.
- [10] Holding S, Allen DM. Risk to water security for small islands: an assessment framework and application. *Reg Environ Change.* marzo de 2016;16(3):827-39.
- [11] Yaykiran S, Cuceloglu G, Ekdal A. Estimation of Water Budget Components of the Sakarya River Basin by Using the WEAP-PGM Model. *Water.* 4 de febrero de 2019;11(2):271.
- [12] Tang Q, Liu X, Zhou Y, Wang P, Li Z, Hao Z, et al. Climate change and water security in the northern slope of the Tianshan Mountains. *Geogr Sustain.* septiembre de 2022;3(3):246-57.
- [13] Chengot R, Zylberman R, Momblanch A, Salazar OV, Hess T, Knox JW, et al. Evaluating the impacts of agricultural development and climate change on the water-energy nexus in Santa Elena (Ecuador). *Environ Sci Policy.* febrero de 2024;152:103656.
- [14] Psomas A, Panagopoulos Y, Konsta D, Mimikou M. Designing Water Efficiency Measures in a Catchment in Greece Using WEAP and SWAT Models. *Procedia Eng.* 2016;162:269-76.
- [15] Saka F, Mohammady AJ. Future perspective of water budget in the event of three scenarios in Afghanistan using the WEAP program. *Eng Sci Technol Int J.* enero de 2024;49:101602.
- [16] Sediqi MN, Komori D. Assessing Water Resource Sustainability in the Kabul River Basin: A Standardized Runoff Index and Reliability, Resilience, and Vulnerability Framework Approach. *Sustainability.* 27 de diciembre de 2023;16(1):246.

- [17] Raihan F, Ondrasek G, Islam MS, Maina JM, Beaumont LJ. Combined Impacts of Climate and Land Use Changes on Long-Term Streamflow in the Upper Halda Basin, Bangladesh. *Sustainability*. 1 de noviembre de 2021;13(21):12067.
- [18] Liu Y, Zhang Y, Yu M, Dai C. Impacts of Climate and Land Use/Land Cover Change on Water Yield Services in Heilongjiang Province. *Water*. 26 de julio de 2024;16(15):2113.
- [19] Bai M, Shen B, Song X, Mo S, Huang L, Quan Q. Multi-Temporal Variabilities of Evapotranspiration Rates and Their Associations with Climate Change and Vegetation Greening in the Gan River Basin, China. *Water*. 5 de diciembre de 2019;11(12):2568.
- [20] Hagemann S, Chen C, Clark DB, Folwell S, Gosling SN, Haddeland I, et al. Climate change impact on available water resources obtained using multiple global climate and hydrology models [Internet]. *Management of the Earth system: integrated assessment*; 2012.
- [21] Flint A, Howard G, Nijhawan A, Poudel M, Geremew A, Mulugeta Y, et al. Managing climate change challenges to water security: Community water governance in Ethiopia and Nepal. *Geo Geogr Environ*. enero de 2024;11(1):e00135.
- [22] Vieira IFB, Rolim Neto FC, Carvalho MN, Caldas AM, Costa RCA, Silva KSD, et al. Water Security Assessment of Groundwater Quality in an Anthropized Rural Area from the Atlantic Forest Biome in Brazil. *Water*. 25 de febrero de 2020;12(3):623.
- [23] Zare M, Azam S, Sauchyn D, Basu S. Assessment of Meteorological and Agricultural Drought Indices under Climate Change Scenarios in the South Saskatchewan River Basin, Canada. *Sustainability*. 29 de marzo de 2023;15(7):5907.
- [24] Pereira CO, Escanilla-Minchel R, González AC, Alcayaga H, Aguayo M, Arias MA, et al. Assessment of Future Land Use/Land Cover Scenarios on the Hydrology of a Coastal Basin in South-Central Chile. *Sustainability*. 7 de diciembre de 2022;14(24):16363.
- [25] Ortigón YAC, Acosta-Prado JC, Acosta Castellanos PM. Impact of Land Cover Changes on the Availability of Water Resources in the Regional Natural Park Serranía de Las Quinchas. *Sustainability*. 10 de marzo de 2022;14(6):3237.
- [26] Puebla JH, Osorio MDLA, Robaina FG, Yunier Díaz Pérez, *Revista Ingeniería Agrícola*. Grain sorghum (*Sorghum vulgare* L. Monech) response to irrigation time and nitrogen fertilizer during two plantation dates [Internet]. Unpublished; 2016.
- [27] Abera Abdi D, Ayenew T. Evaluation of the WEAP model in simulating subbasin hydrology in the Central Rift Valley basin, Ethiopia. *Ecol Process*. diciembre de 2021;10(1):41.
- [28] Shaabani MK, Abedi-Koupai J, Eslamian SS, Gohari SAR. Simulation of the effects of climate change, crop pattern change, and developing irrigation systems on the groundwater resources by SWAT, WEAP and MODFLOW models: a case study of Fars province, Iran. *Environ Dev Sustain*. 23 de marzo de 2023;26(4):10485-511.
- [29] Hamdi AA, Abdulhameed IM, Mawlood IA. Application of Weap Model for Managing Water Resources in Iraq: A Review. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 1 de agosto de 2023;1222(1):012032.
- [30] Zy Harifidy R, Zy Misa Harivelo R, Hiroshi I, Jun M, Kazuyoshi S. A Systematic Review of Water Resources Assessment at a Large River Basin Scale: Case of the Major River Basins in Madagascar. *Sustainability*. 27 de septiembre de 2022;14(19):12237.

- [31] Ben Salem S, Ben Salem A, Karmaoui A, Yacoubi Khebiza M. Vulnerability of Water Resources to Drought Risk in Southeastern Morocco: Case Study of Ziz Basin. *Water*. 24 de noviembre de 2023;15(23):4085.
- [32] Lamichhane M, Phuyal S, Mahato R, Shrestha A, Pudasaini U, Lama SD, et al. Assessing Climate Change Impacts on Streamflow and Baseflow in the Karnali River Basin, Nepal: A CMIP6 Multi-Model Ensemble Approach Using SWAT and Web-Based Hydrograph Analysis Tool. *Sustainability*. 13 de abril de 2024;16(8):3262.
- [33] Amin A, Iqbal J, Asghar A, Ribbe L. Analysis of Current and Future Water Demands in the Upper Indus Basin under IPCC Climate and Socio-Economic Scenarios Using a Hydro-Economic WEAP Model. *Water*. 24 de abril de 2018;10(5):537.
- [34] Waqas M, Khalid S, Rasheed H. Social Implications of Water Scarcity in Local Community of District Rawalpindi.
- [35] Jabari S, Shahrour I, Khatabi J. Use of Risk Analysis for Water Security Assessment. Shahrour I, Xie XY, Bian H, editores. *MATEC Web Conf*. 2019;295:02008.
- [36] Dlamini N, Senzanje A, Mabhaudhi T. Assessing climate change impacts on surface water availability using the WEAP model: A case study of the Buffalo river catchment, South Africa. *J Hydrol Reg Stud*. abril de 2023;46:101330.
- [37] Kishiwa P, Nobert J, Kongo V, Ndomba P. Assessment of impacts of climate change on surface water availability using coupled SWAT and WEAP models: case of upper Pangani River Basin, Tanzania. *Proc Int Assoc Hydrol Sci*. 29 de mayo de 2018;378:23-7.
- [38] Abbas SA, Xuan Y, Bailey RT. Assessing Climate Change Impact on Water Resources in Water Demand Scenarios Using SWAT-MODFLOW-WEAP. *Hydrology*. 22 de septiembre de 2022;9(10):164.
- [39] Kim JB, Habimana JDD, Kim SH, Bae DH. Assessment of Climate Change Impacts on the Hydroclimatic Response in Burundi Based on CMIP6 ESMs. *Sustainability*. 31 de octubre de 2021;13(21):12037.
- [40] Yang J, Huang G. Study on the Mechanism of Multi-Scalar Transboundary Water Security Governance in the Shenzhen River. *Sustainability*. 20 de agosto de 2024;16(16):7138.
- [41] Satriagasa MC, Tongdeenok P, Kaewjampa N. Assessing the Implication of Climate Change to Forecast Future Flood Using SWAT and HEC-RAS Model under CMIP5 Climate Projection in Upper Nan Watershed, Thailand. *Sustainability*. 16 de marzo de 2023;15(6):5276.
- [42]. Deng Z, Ma Q, Zhang J, Feng Q, Niu Z, Zhu G, et al. A New Socio-Hydrology System Based on System Dynamics and a SWAT-MODFLOW Coupling Model for Solving Water Resource Management in Nanchang City, China. *Sustainability*. 18 de noviembre de 2023;15(22):16079.
- [43] Goyburo A, Rau P, Lavado-Casimiro W, Buytaert W, Cuadros-Adriazola J, Horna D. Assessment of Present and Future Water Security under Anthropogenic and Climate Changes Using WEAP Model in the Vilcanota-Urubamba Catchment, Cusco, Perú. *Water*. 6 de abril de 2023;15(7):1439.
- [44] Szewczyk M, Tomczyk P, Wiatkowski M. Water Management on Drinking Water Reservoirs in the Aspect of Climate Variability: A Case Study of the Dobromierz Dam Reservoir, Poland. *Sustainability*. 29 de julio de 2024;16(15):6478.

- [45] Gunn EL, Amelin EV. La gobernanza del agua subterránea y la seguridad hídrica en España.
- [46] Mourad KA, Alshihabi O. Assessment of future Syrian water resources supply and demand by the WEAP model. Hydrol Sci J. 25 de enero de 2016;61(2):393-401.
- [47] Nazari Mejdari H, Moridi A, Najjar-Ghabel S. Water quantity–quality assessment in the transboundary river basin under climate change: a case study. J Water Clim Change. 1 de diciembre de 2023;14(12):4747-62.
- [48] Pandi D, Kothandaraman S, Kuppusamy M. Simulation of Water Balance Components Using SWAT Model at Sub Catchment Level. Sustainability. 12 de enero de 2023;15(2):1438.
- [49] Cortez-Mejía P, Tzatchkov V, Rodríguez-Varela JM, Llaguno-Guilberto OJ. Calidad del agua y seguridad ante inundaciones en la gestión sostenible del recurso hídrico. Ing Agua. 29 de enero de 2021;25(1):15.

Variability of Soil Properties in the Algerian Sahara Pivot Irrigation Systems

Lina Gouacem¹, Abderraouf Benslama^{2,3}, Fouzi Benbrahim⁴, Ayoub Hadjeb⁵, Teresa Rodríguez- Espinosa³ and Jose Navarro- Pedreño³

¹Faculty of Natural and Life Sciences, Institute of Earth sciences. University of Silesia in Katowice, Poland.

²Laboratory of Valuation and Conservation of Arid Ecosystems (LVCEA), Department of Biology, Faculty of Sciences Natural and Life- Earth and Universe Sciences, University of Ghardaïa, Ghardaïa 47000, Algeria.

³Department of Agrochemistry and Environment, University Miguel Hernández, Elche, Spain.

⁴Higher Normal School of Ouargla, Ouargla 30000, Algeria;

⁵Faculty of Natural and Life Sciences, Department of Agriculture. University of Mohamed Khider Biskara, Algeria.

Email: jonavar@umh.es

Abstract

Assessing the sustainability of agricultural production systems in irrigated regions demands monitoring of soil quality. This study analyses the variation of soil properties within cereal-cultivated areas under a pivot irrigation system in Ourlal, Biskra, situated in southeast Algeria. Through a systematic sampling, two cultivated sites and a control soil were analyzed. Key parameters including irrigation water quality, granulometry, pH, electrical conductivity, organic matter, and equivalent calcium carbonate (total limestone) were determined to discern variations between the two cultivated areas and the control site (non-disturbed soil). Soil granulometry analysis unveiled sandy loam soil dominance, and pH values ranged from moderately alkaline in cultivated soils

to slightly alkaline in the reference soil. Remarkable salinity levels were observed in the irrigation water, with EC values of 4.73 (dS/m) and 4.16 (dS/m) for water pivot sources WS01 and WS02, respectively. Electrical conductivity values indicated high salinity levels in cultivated soils and moderate salinity in the control soil, while equivalent calcium carbonate values indicated a moderately calcareous nature across all sites with low organic matter content. These findings underscore the influence of agricultural practices on soil, emphasizing the need of enhanced management strategies for agricultural water and soils to ensure long-term sustainability of farming systems.

Keywords: cereal cultivation; pivot irrigation; salinity; water quality

1. INTRODUCTION.

Dry areas exhibit distinct characteristics, including high concentrations of soluble salts, gypsum, and carbonates, which hinder agricultural effectiveness. Consequently, evaluating arid soils is essential to determine their vulnerability to desertification, land degradation, and their viability for agricultural purposes¹. Thus, obtaining soil information is essential for making decisions concerning the management of arid areas. It is crucial to recognize that the differences in soil characteristics are collectively shaped by climate, time, parent material, topography, vegetation, and human actions²⁻⁴.

Historically, irrigation farming has been crucial in providing food security for millions in dry and semi-dry areas. Nonetheless, the present conditions and future outlook of these areas are lacking due to poor crop yields and land deterioration⁵. Regrettably, the idea of integrated catchment management in arid regions is frequently overlooked during the growth of agricultural development. Soil productivity is more and more affected by poor drainage, faulty farming techniques, and unsuitable irrigation methods, leading to extensive waterlogging. As a result, insufficient knowledge regarding soil properties and poor management of soil, irrigation, and drainage have caused accelerated land degradation⁶.

The necessity to guarantee food security in Algeria's dry northern regions, characterized by increasing populations, decreasing agricultural output, and limited rainfall, has prompted the investigation of irrigation techniques⁷. Among these advancements, the pivot irrigation systems have recently been implemented in the Algerian Sahara⁸. Nonetheless, effective management of water and nutrients in dry areas relies on a detailed comprehension of the distribution of soil properties under pivot irrigation⁹. This irrigation technique uniformly spreads water over a circular region, inevitably resulting in differences in soil characteristics. These characteristics, including texture, structure, organic matter levels, and water retention ability, influence the flow of water and nutrients in the soil, thus having a significant effect on crop development and productivity⁹. This research thus aims to achieve the ambitious objective of assessing cereal soil characteristics in the context of a pivot irrigation system in the Algerian Sahara.

2. METHODOLOGY.

The study was conducted in the southern area of Ourlal, a municipality situated in the province of Biskra, along the northern edge of the Algerian Sahara (Figure 1). The precise coordinates of the research area were 34°26' North Latitude and -5°32' East Longitude. In this area, a pivot cereal system comprising six separate pivots of different surface sizes was studied. Ourlal, found in a dry climate, undergoes scorching and arid summers, coupled with temperate winters. As reported in¹⁰, summer heat (June to August) may attain levels of up to 35°C, while winter temperatures (December to February) typically hover around 11°C. The area experiences minimal yearly rainfall, averaging about 150 mm. The months from November to January are notably wetter than other times of the year, while most of the year tends to be mainly dry¹¹. Moreover, the region experiences considerable wind activity, especially in the spring and summer months. These strong winds are frequently accompanied by dust storms and sand clouds generated by the effects of the hot, arid wind called "sirocco."

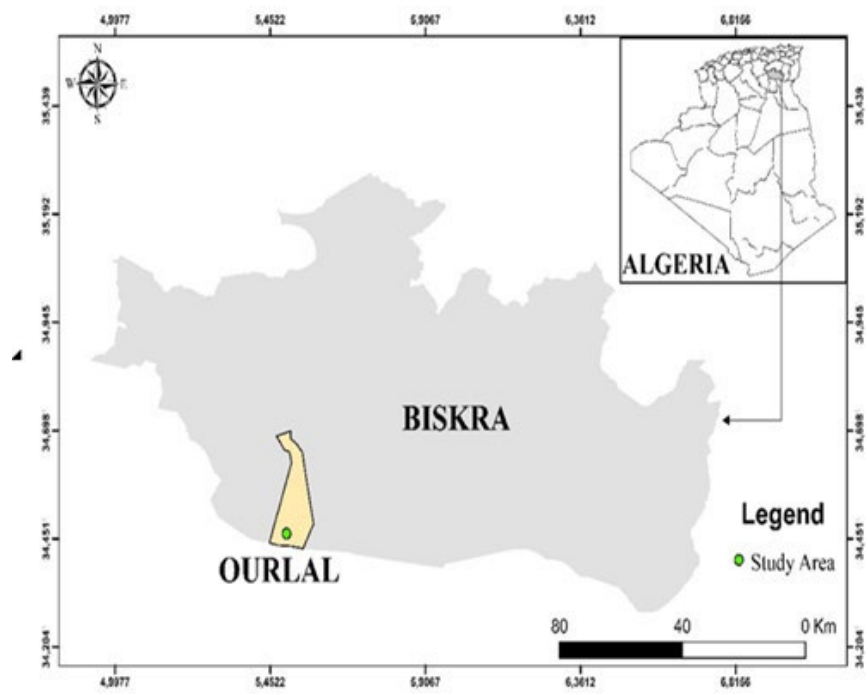


Figure 1 Situation of the study area.

The experimental pivots labeled P1 and P2, each spanning an area of 20.5 hectares, were selected for this research. These pivots have been allocated for wheat farming since 2018. For the study, three experimental plots were meticulously chosen within (P1 and P2). These fields had been regularly utilized for wheat farming for a duration of four years. In comparison, the control plot (T) had not experienced any soil disturbance (undisturbed soil). Samples were gathered at a depth of 0-30 cm, considered topsoil, due to the sandy soil texture that encourages deep root growth, with a distance of 30 m between each sample, stored in labeled plastic bags indicating the respective date. 49 samples were analyzed. This sampling setup adheres to a

statistically optimal configuration. Irrigation water was analyzed following the APHA methods to know its characteristics¹², in both pivot systems (W1 and W2).

Prior to soil analysis, samples were dried in the air at room temperature and passed through a 2 mm mesh. In the fine earth, the characteristics of the soil were assessed: pH, electrical conductivity (EC), soil organic matter (OM), equivalent calcium carbonate (eq. CaCO₃), and texture (soil granulometry). To determine the pH and EC, measurements were taken at a temperature of 25°C using a soil to water ratio of 1/2.5 for pH and 1/5 for electric conductivity, in accordance with the method outlined by the United States Salinity Laboratory¹³. The organic matter (OM) was measured using the Walkley-Black method¹⁴, and the equivalent calcium carbonate content (CaCO₃) was evaluated through the acid digestion method with a calcimeter¹⁵. For granulometry, the Robinson's pipette method was employed to assess the soil's texture. As per the classification standards established by the United States Department of Agriculture (USDA), the sizes of sand, silt, and clay particles were defined as follows: sand is categorized at 0.05-2.0 mm, silt at 0.002-0.05 mm, and clay at less than 0.002 mm. Descriptive statistical analysis was used to estimate the significance differences of the values obtained in the soil samples.

3. RESULTS AND DISCUSSION.

The results of the water analysis indicate that the two water sources utilized for irrigation in the study show elevated salinity levels, as demonstrated by the EC values¹⁶. The elevated salinity may adversely affect soil health and hinder crop development. The alkaline characteristics of the water, as shown by the pH levels, might also impact soil pH, possibly affecting nutrient accessibility and microbial activity (Table 1). Examining the cation levels, both water sources exhibited comparatively elevated concentrations of Na⁺ and Ca²⁺ 17-18. High sodium levels can lead to soil sodicity, adversely affecting soil structure and permeability¹⁹. Nevertheless, elevated calcium levels can positively affect soil structure and supply vital nutrients for plant development, especially in soils deficient in calcium. Examining the anion concentrations, both water sources reveal moderate amounts of carbonates (CO₃²⁻) and bicarbonates (HCO₃⁻). These may enhance alkalinity and affect soil pH. The chloride (Cl⁻) levels were also important, as their build-up in the soil can negatively impact plants. The elevated sulphate (SO₄²⁻) levels indicated possible risk of soil salinization and sodicity, since sulphates can aid in gypsum formation.

Table 1. Water analysis of the water sources used for irrigation.

N° samples	pH	EC (ds/m)	Cations (meq/l)				Anions (meq/l)			
			Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
W1	7.82	4.16	24.96	33	36.6	0.46	0.8	2.4	5.58	30.9
W2	8.04	4.73	36.71	30	31.6	0.46	0.8	2.4	9.9	42.06

The results related to the study of soil properties is summarized in the Figure 3 and the physico-chemical characteristics are presented in Table 2. The texture was sandy loam for the soils at both cropping sites and in the control soil. Because of its coarse

texture, sandy loam soil has high drainage capacity, which is influenced by the mix of sandy texture and arid climatic conditions in arid zones²⁰. Water moves swiftly through the soil profile, reducing the risk of water logging and excessive soil moisture. Despite efficient drainage, sandy loam soil has a limited water-holding capacity because it does not retain water and dries up quickly²¹⁻²². On the other hand, is prone to nutrient leakage due to its high permeability.

The pH values of pivot 1 (P1), pivot 2 (P2), and the control soil (T), indicated a moderately alkaline reaction for the two cultivated soils and a slightly alkaline reaction for the control soil. These findings emphasize the alignment of recorded pH values within the typical pH range observed in arid-region soils. Salinization is a prevalent issue in soils subjected to pivot irrigation systems, primarily attributed to the gradual accumulation of salts over time. In this case, a great variability was found, but the irrigated area showed more a higher electrical conductivity, almost the double of the control soil. These soils follow that expected for the Algerian Sahara region which generally exhibit low organic matter content, often measuring less than 0.1%. The effects of the farming systems showed an increment of the organic matter content in the soil. However, there was a great variability in the equivalent calcium carbonate determined, showing a great variability.

Table 2. Descriptive statistics of pH, EC, OM and TL dataset used for three.

Parameters	Area	Number	Mean	Max	Min	Var	St.dev	CV%
pH	P1	49	8.1	8.5	7.9	0.029	0.17	2.1
	P2	49	8.2	8.7	7.7	0.036	0.19	2.32
	T	49	7.8	8.5	6.9	0.06	0.24	3.17
EC (dS/m)	P1	49	2.18	2.81	1.05	0.12	0.34	15.93
	P2	49	2.38	3.35	1.03	0.19	0.43	18.31
	T	49	1.09	2.78	0.4	0.256	0.5	46.2
OM (%)	P1	49	0.26	0.61	0.04	0.02	0.14	52.97
	P2	49	0.24	0.55	0.04	0.02	0.14	58.89
	T	49	0.21	0.45	0.04	0.01	0.1	49.59
Eq. CaCO ₃	P1	49	9.74	14.59	7.66	2.12	1.45	14.96
	P2	49	12.35	16.67	7.9	3.01	1.73	14.06
	T	49	8.72	28.69	3.27	10.46	3.23	37.08

Max: maximum; Min: minimum; Var: variation; St.dev: Standard deviation; CV% : Coefficient of variation

4. CONCLUSIONS

In summary, farming in dry areas such as the Algerian Sahara encounters major obstacles due to scarce water resources and inadequate soil conditions. The implementation of the pivot irrigation system has provided a water-saving option for farmers in the Algerian Sahara, though it may also negatively impact soil characteristics. The growing of wheat in regions like Ourlal -Biskra faces particular challenges associated with differences in soil quality, such as organic matter levels and overall limestone content. The results of this research indicate that the examined soil in the Ourlal area is moderately calcareous and deficient in organic matter. Improving

our knowledge of soil characteristics and their variability is essential for creating effective methods to manage soil and water resources in dry areas. Examining the effects of farming methods can aid in gaining a clearer insight into the alterations that take place within pivot irrigation systems. In the end, these initiatives can enhance crop production and promote sustainable farming methods in difficult conditions such as those found in the Algerian Sahara.

5. REFERENCES.

- [1] Weindorf, D.C.; Chakraborty, S.; Herrero, J.; Li, B.; Castañeda, C.; Choudhury, A. Simultaneous Assessment of Key Properties of Arid Soil by Combined PXRF and Vis–NIR Data. *Eur. J. Soil Sci.* 2016, 67, 173–183. <https://doi.org/10.1111/ejss.12318>.
- [2] Umali, B.P.; Oliver, D.P.; Forrester, S.; Chittleborough, D.J.; Hutson, J.L.; Kookana, S.; Ostendorf, B. The Effect of Terrain and Management on the Spatial Variability of Soil Properties in an Apple Orchard. *Catena* 2012, 93, 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.10.012>.
- [3] Lin, Y.; Prentice III, S.E.; Tran, T.; Bingham, N.L.; King, J.Y.; Chadwick, O.A. Modeling Deep Soil Properties on California Grassland Hillslopes Using LiDAR Digital Elevation Models. *Geoderma Reg.* 2016, 7, 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2016.01.005>.
- [4] Rodrigo-Comino, J.; Keshavarzi, A.; Zeraatpisheh, M.; Gyasi-Agyei, Y.; Cerdà, A. Determining the Best ISUM (Improved Stock Unearthing Method) Sampling Point Number to Model Long-Term Soil Transport and Micro-Topographical Changes in Vineyards. *Comput. Electron. Agric.* 2019, 159, 147–156. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.02.005>.
- [5] Mason, C. *Biology of Fresh Water Pollution*, 4th ed.; Pearson Prentice Hall: London, UK, 2002.
- [6] Khouri, J. Sustainable Development and Management of Water Resources in the Arab Region. *Dev. Water Sci.* 2003, 50, 199–220.
- [7] Piri, H.; Naserin, A. Effect of Different Levels of Water, Applied Nitrogen, and Irrigation Methods on Yield, Yield Components, and IWUE of Onion. *Sci. Hortic.* 2020, 10936, 1268. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.126867>.
- [8] Benbrahim, F. Variabilité Spatiale de la Qualité des Sols dans les Agrosystèmes du Sahara Algérien; Doctoral Dissertation, Badji Mokhtar University of Annaba, Algeria, 2018.
- [9] Guo, M.; Wang, C. Spatiotemporal Variation of Soil Water Content and Salinity under Different Irrigation Methods in an Arid Region of China. *J. Irrig. Drain. Eng.* 2021, 147, 4021006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0001567](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001567).
- [10] Boudibi, S.; Sakaa, B.; Benguega, Z. Spatial Variability and Risk Assessment of Groundwater Pollution in El-Outaya Region, Algeria. *J. Afr. Earth Sci.* 2021, 176, 104135. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2021.104135>.
- [11] Abdenmour, M. A.; Douaoui, A.; Piccini, C.; Pulido, M.; Bennacer, A.; Bradaï, A.; Barrena, J.; Yahiaoui, I. Predictive Mapping of Soil Electrical Conductivity as a Proxy of Soil Salinity in Southeast Algeria. *Environ. Sustain. Indic.* 2020, 8, 100087. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100087>.

- [12] Rice, E.W.; Baird, R.B.; Eaton, dC; Clesceri, L.S. Standard methods for the examination of water and wastewater. Ed. American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. 2012.
- [13] Richards, L. A. (Ed.). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils; U.S. Government Printing Office: Washington, DC, USA, 1954; No. 60.
- [14] Walkley, A.; Black, I. A. An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter, and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Sci.* 1934, 37(1), 29–38.
- [15] Perry, R. S.; Adams, J. B. Desert Varnish: Evidence for Cyclic Deposition of Manganese. *Nature* 1978, 276(5687), 489–491. <https://doi.org/10.1038/276489a0>.
- [16] Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, A. M. The Use of Saline Waters for Crop Production; FAO Irrigation and Drainage Paper No. 48, FAO: Rome, Italy, 1992.
- [17] Tam, N. F. Y. Effects of Wastewater Discharge on Microbial Populations and Enzyme Activities in Mangrove Soils. *Environ. Pollut.* 1998, 102, 233–242. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(98\)80037-6](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(98)80037-6).
- [18] Irshad, M.; Honna, T.; Yamamoto, S.; Eneji, A. E.; Yamasaki, N. Nitrogen Mineralization under Saline Conditions. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2005, 36, 1681–1692. <https://doi.org/10.1081/CSS-200059047>.
- [19] Benslama, A.; Khanchoul, K.; Benbrahim, F.; Boubehziz, S.; Chikhi, F.; Navarro-Pedreño, J. Monitoring the Variations of Soil Salinity in a Palm Grove in Southern Algeria. *Sustainability* 2020, 12(15), 6117. <https://doi.org/10.3390/su12156117>.
- [20] Arshad, M. A.; Coen, G. M. Characterization of Soil Quality: Physical and Chemical Criteria. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1992, 7(1–2), 25–32.
- [21] Lal, R.; Shukla, M. K. Principles of Soil Physics; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2004.
- [22] Retzer, J.; Wiltse, L. M. A.; Miller, G. E.; Stewart, J. Field Methods in Desert Soil Analysis; National Park Service, 1978.

SESSION: Waste management, Nature-based solutions, Climate change-policy makers and stakeholders

Climate Change in Western Macedonia during delignitization: Challenges and Opportunities for stakeholders and policymakers

Polytimi Farmaki¹ & Apostolos Tranoulidis²

¹ Department of Accounting and Finance, University of Western Macedonia, 50132 Kozani, Greece

² Department of Chemical Engineering, University of Western Macedonia, 50100 Kozani, Greece

Email: pfarmaki@uowm.gr

Abstract

This study examines the intersection of climate change and delignitization in Western Macedonia, focusing on the challenges and opportunities for stakeholders and policymakers. As the region transitions from coal dependency, it faces significant environmental and economic shifts exacerbated by climate change. Our analysis draws on climate data, stakeholder feedback, and policy frameworks to identify critical vulnerabilities, including the impact on local livelihoods, energy security, and natural and water resources. We highlight potential pathways for sustainable development, such as investment in renewable energy, hydropower plants, diversification of the economy, and promotion of green technologies. By facilitating collaboration among stakeholders and integrating climate considerations into the delignitization process, Western Macedonia can effectively address the dual challenges of climate change and economic transition. This research aims to provide strategic recommendations that empower local communities and inform policy initiatives, ensuring the region's resilient and sustainable future.

Keywords: Climate Change, Energy, Water Resources, Delignitization, Legal Framework

INTRODUCTION

Western Macedonia, a region traditionally reliant on lignite energy, is currently facing a series of challenges arising from climate change and the need for lignite phase-out. The impacts of climate change are already evident in the area, with rising temperatures and changes in weather patterns affecting local agriculture and the quality of life for residents. Climate change will affect the Region of Western Macedonia as the average annual temperature is expected to increase by 1.5o C until 2050. This increase is expected to significantly impact the structured environment of the region [1].

The transition from lignite is not merely an economic or energy-related decision but a necessity in global efforts to reduce greenhouse gas emissions. Most countries worldwide are trying to implement climate policies and reduce emissions to achieve Sustainable Development Goal 13, which is devoted to climate change, but there are significant interactions between all Sustainable Development Goals. Kluza argues that implementing the climate policy goals might be achieved by pursuing SDGs from the economic, environmental, and social groups [2].

Policies aimed at lignite phase-out, promoted by the Greek government and the EU, seek to transition to more sustainable energy sources, aiming to reduce emissions and develop new economic activities. However, this process is accompanied by challenges such as job losses in the energy sector, the need for workforce retraining, and strengthening infrastructure in areas such as renewable energy and sustainable agriculture. According to Schaub S. et al., policy instruments used to mitigate climate change, such as economic, regulatory, information-based, and voluntary instruments, vary between OECD countries in Europe, and public support to implement these instruments is the critical factor for a just transition towards a low carbon economy [3].

Local stakeholders and policymakers are at a crucial turning point in Western Macedonia. The need for structural changes in the economy is pressing, as the lignite phase-out opens the door for developing new industries and attracting investments. At the same time, local communities are called upon to actively participate in decision-making processes to ensure that new policies meet their actual needs. Based on the data of research held by Pavloudakis et al. [4], the decrease in population and the loss of well-paid jobs in mining has caused a significant decline of the economic prosperity indices for Western Macedonia as lignite production was the main regional development pillar for five decades. The research findings suggest that participatory decision-making, transparency, and building trust are crucial parameters of the energy transition governance in Western Macedonia.

Climate change, with its environmental impacts, has highlighted the importance of sustainability in all aspects of social and economic life. Adapting to climatic conditions will require collaboration among all stakeholders: citizens, government entities, businesses, and research institutions [5]. The public's awareness of the consequences of climate change is limited. A recent analysis shows that although there is an increasingly high problem awareness of climate change and notable effects on political agenda setting, there is no notable behavioral change in Public [6].

An integrated approach that includes education, research, and development is essential for effectively addressing climate change challenges. Politico-administrative actors and the Public should only interact to adopt and implement climate policies slowly, and significant societal commitment is required. In summary, Western Macedonia stands at a critical juncture where today's decisions will shape its path for decades. Understanding the challenges posed by climate change and lignite phase-

out, as well as leveraging the opportunities presented, is vital for securing a sustainable and prosperous future for the region [7].

METHODS

The methodology employed in this study is unique in its multidimensionality, offering a comprehensive understanding of the challenges and opportunities associated with lignitization in Western Macedonia. It begins with the analysis of area-specific data, including environmental and climate indicators, to establish the current situation and observed trends. This analysis is then contextualized by the collection and assessment of information on the social, economic, and environmental impacts of delignitization.

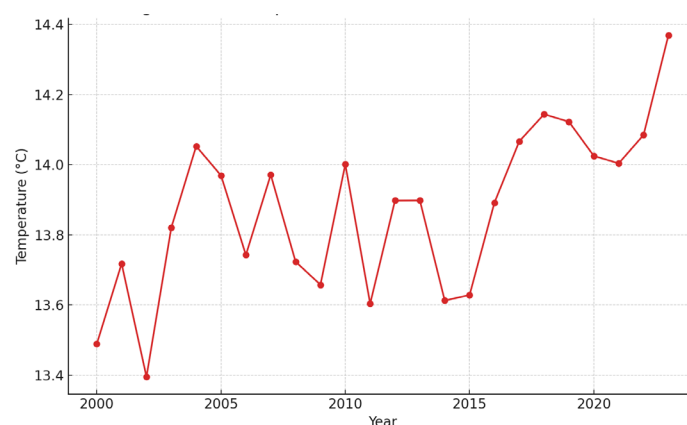
Following this, a comprehensive SWOT analysis is conducted. This strategic tool effectively captures the strengths, weaknesses, opportunities, and threats that emerge from the shift to a new economic and energy reality. It ensures a balanced assessment, taking into account both local data and broader European and international developments.

Furthermore, the study delves into the existing political and institutional framework concerning delignitization. It meticulously analyzes the strategies implemented at both national and regional levels. This process is crucial as it aims to identify policies that promote sustainable development and assess their suitability for the specific region.

RESULTS

Climate data analysis

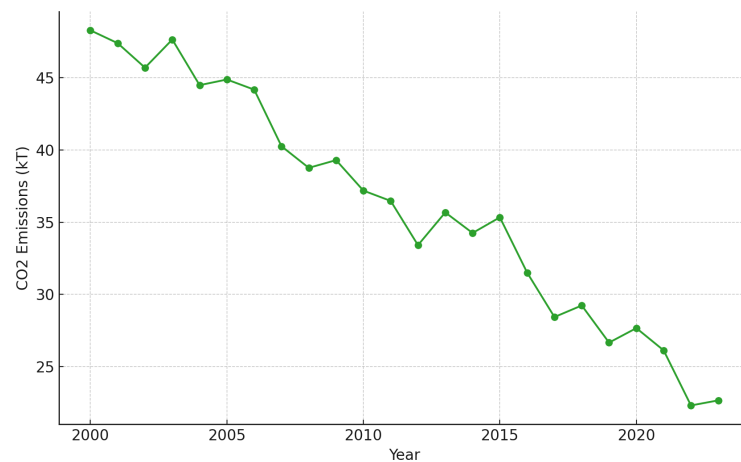
A series of critical environmental elements concerning the Region of Western Macedonia from 2000 to 2023 were studied. More specifically, Graph 1 examines the average annual temperature of the Region of Western Macedonia from 2000 to 2023, with a steady increase from 2014 onwards.



Graph 1 Average annual temperature in Western Macedonia, 2000-2023. Source: World Bank [8]

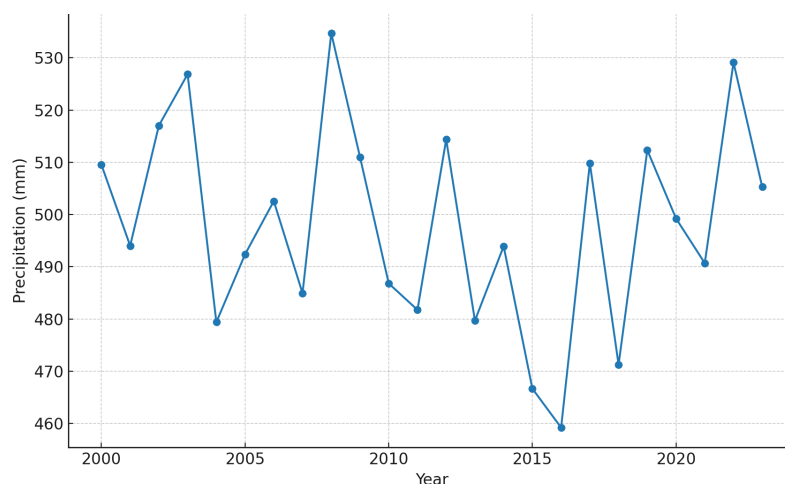
Graph 2 shows the carbon dioxide emissions from energy production in Western Macedonia. From 2000 onwards, there has been a steady decrease in CO₂ emissions, which leads us to conclude that the start of delignitization did not bring about a sudden

change in the reduction of total CO₂ emissions as expected. This unexpected finding underscores the need for further research in this area.



Graph 2: CO₂ emission due to energy production in Western Macedonia, 2000-2023. Source: European Environmental Agency [9]

Graph 3 presents the annual rainfall in the Region of Western Macedonia during the period 2000-2023. As can be seen, the rainfall in PDM has a constant periodicity and intensity with the exception of the two years 2014-2015. Delignitization has not affected annual rainfall levels to any substantial extent.



Graph 3 Annual precipitation in Western Macedonia, 2000-2023. Source: World Bank [10]

Swot Analysis

The SWOT analysis, a well-known and user-friendly tool [11], was initially applied in the economy and advertising sector [12]. However, its adaptability and effectiveness have led to its adoption in other sectors, such as energy [13-18]. This evolution is evident in recent bibliographic research, which has seen extensive SWOT analyses in the field of delignitization [19], both for the Region of Western Macedonia [20, 21] and

the Municipality of Megalopolis [23]. This evolution underscores the tool's relevance and applicability in diverse socio-economic contexts.

Strengths

Rich Natural Resources

Western Macedonia possesses abundant natural resources such as solar and wind energy. The region benefits from high solar insolation and adequate wind speeds, making it ideal for the development of renewable energy.

Infrastructure and Energy Networks

The area already has well-developed infrastructure for energy production and distribution, which can be adapted to new technologies. Connectivity to the national and European grid can facilitate the transfer of renewable energy to other regions, enhancing the economic viability of investments.

Support from the EU and Government

There are funding programs and support from the EU and the Greek government for the development of green energy and lignite phase-out. These funding policies can facilitate the transition to a sustainable economy. The most well-known financial tool to support delignitization is the Just Transition Fund.

Human Capital

Western Macedonia has a skilled workforce in the energy sector that can be trained and adapted to new job opportunities in renewable energy and other fields. Local education institutions can play a critical role in equipping workers with the necessary skills.

Exceptional Ecosystem – Region of the Lakes

RWM is the region that holds approximately 70% of Greece's surface water reserves and presents a unique ecosystem.

High Quality Agriculture Products

Products of particular quality and recognition are produced, such as the Kozani krokus, high-quality wines, unique peppers, beans, and cheese products.

Geographical Location – Cross Border Location

It has an excellent geographical position, as it borders two Balkan countries and is a short distance from two major ports, Igoumenitsa and Thessaloniki.

Energy Hub of the Country.

RWM was and continues to be the energy heart of the country, contributing to the country's economic and developmental development through large energy production.

Weaknesses

Dependence on Lignite

The historical reliance on lignite has created an inefficient economic structure, making local communities vulnerable to the economic and environmental impacts of lignite phase-out.

Job Losses - High Unemployment Rates

Lignite phase-out may lead to significant job losses, particularly in areas directly dependent on the lignite industry. Workers will need support and retraining to adapt to new conditions.

Poor Railway network

There is no functional railway network in most areas of the Region.

Poor Foreign Investments and absence of well organized

There is no foreign investment and an organizational issue in welcoming, facilitating, and supporting investors.

Low Research and Innovation Rates

RWM has low performance in Research and Innovation.

Limited Economic Base

The region has limited alternative sources of economic development beyond the lignite industry, making it more vulnerable to external economic shocks.

Opportunities

Development of Renewable Energy

Western Macedonia has the opportunity to invest in renewable energy sources such as solar and wind energy, leveraging its natural resources for clean energy production.

EU Funding

Available European funding for green development and lignite phase-out offers a unique opportunity for implementing projects that will enhance the local economy. Funding will be mainly through the Just Transition Fund.

Strategic Partnerships

Opportunities for collaboration with research centers and universities can boost innovation and the development of new technologies in energy and sustainability. In addition, there is the possibility of synergies in tourism and energy matters.

Promotion of Tourism

Tourism is a sector that is developing quickly as many people are forced to find new professional outlets.

Education and Training – Reskilling and Upskilling

Developing education and training programs can help workers adapt to new labor market conditions, equipping them with skills that will enhance their competitiveness.

Public Awareness Initiatives

Increasing public awareness of environmental challenges and climate change can enhance citizen participation in decision-making processes.

Improving life quality and public health conditions

Living conditions were significantly improved, as the exploitation and burning of lignite caused a series of severe health problems for the citizens of the wider Region.

Threats

Climate Change

The impacts of climate change, such as rising temperatures and increased extreme weather events, can affect local agriculture and energy production. The lack of snowfall and drought have been critical issues affecting tourism and agriculture in recent years.

Competition from Other Regions

Competition from other areas of Greece and Europe for investments and resources may limit growth opportunities for Western Macedonia. This specific issue is critical as it can be an inhibiting factor of development and is vital for the smooth sustainability of the region, especially with delignitization.

Structural Changes in the Labor Market

Rapid changes in the labor market can lead to increasing unemployment if adequate preparation and support for workers are not provided.

Long financial crisis

Greece has been in an economic crisis for almost twenty years now, which has prevented it from developing and created a series of social and economic pathogens.

Increased penetration of RES – Expansion to large areas

The overdevelopment of RES in the broader area of RWM creates many territorial issues, as they occupy huge regions.

Policy Framework

The policy framework for delignitization in Western Macedonia is closely linked to several international, European, and national strategies to address climate change and

sustainable development. At the center is the European Green Deal [23], the European Union's ambitious Plan to achieve climate neutrality by 2050. This Agreement foresees a drastic reduction of greenhouse gas emissions by at least 55% by 2030, strengthening the circular economy and supporting regions affected by the transition. For Western Macedonia, this transition presents unique challenges and opportunities, particularly through the Just Transition Mechanism.

The Paris Agreement [24], a beacon of global solidarity and collective responsibility, came into force in 2016, providing a universal framework for climate action. Signatory states, bound by their commitment to limit the global temperature increase to below two °C, with a striving to keep it below 1.5 °C, are encouraged to transition to clean energy sources. This Agreement, in essence, lays a solid global foundation for the decarbonization of economies, reinforcing the shared responsibility we all bear in combating climate change.

At the national level, Greece has wholeheartedly embraced these international goals, incorporating them into the National Energy and Climate Plan (NECP) [25]. This Plan, a testament to Greece's unwavering commitment to the cause, outlines national strategies to reduce emissions, increase the penetration of renewable energy sources (RES), and enhance energy efficiency. The NECP of Greece, with its specific provisions for digitization and its emphasis on Western Macedonia as one of the regions most affected by the withdrawal of lignite units, further underscores Greece's alignment with these international goals.

Another critical element for the region is the Just Development Transition Plan (JDTP) [26,27], designed to address the economic and social challenges of de-lignitization. The SDAM includes measures to support the local economy, create new jobs, and promote investments in RES, industry, and innovation.

All these policies and agreements are directly linked to the European Union's environmental and energy objectives. The EU promotes a comprehensive strategy to tackle climate change based on reducing emissions, promoting the energy transition, and strengthening societies' resilience to environmental challenges. In this context, Western Macedonia is called upon to act as a model for a fair and sustainable transition, combining the protection of the environment with revitalizing the local economy and society.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Western Macedonia is at a critical point of transformation where the need for lignite phase-out and adaptation to climate change is imperative. The SWOT analysis reveals both the opportunities and challenges the region faces. Strengths such as natural resources and support from the EU provide a foundation for developing a sustainable economic model. However, weaknesses and threats, like dependence on lignite economy, high rate of unemployment and social resistance, require careful planning and strategic approaches.

To ensure a successful transition and change of the production model, some key points should be considered. More specifically, Strategic Partnerships should be created, and in particular, Collaboration between the public and private sectors is essential for developing innovative solutions and funding projects. Sufficient financial resources should be provided for the training and retraining of human resources, through modern and educational programs adapted to the work requirements of the time. In addition, it is crucial to Enhance Public Awareness. This will not only inform citizens about the impacts of climate change and the opportunities presented by lignite phase-out, but it will also empower them to contribute to the achievement of our shared goals. Finally, we should Leverage Funding Sources and the Local authorities should seek to utilize all available European and national funding programs and at the same time there should be Strategic Planning for Infrastructure Development which should be aligned with the needs of the renewable energy market.

An essential part is also the management of water reserves and the strengthening of the resilience of the Region of Western Macedonia (regional resilience). Regarding the management of water and water resources, it is known that Western Macedonia has several water resources, such as rivers, lakes and reservoirs, which need proper management to ensure their sustainability. The main aspects of effective management include the upgrading of water storage and transport infrastructures and the improvement of water quality, where special attention should be paid as former industrial lands may need remediation to avoid pollution. In addition, new green solutions should be developed, such as natural filter systems, wetlands, and rainwater harvesting. These solutions not only support local agriculture and storage but also contribute to the region's environmental sustainability and resilience. Finally, proper restoration and conservation of aquifers is crucial for the long-term health of the region. Suggested steps to strengthen resilience are economic diversification, strengthening networks and infrastructure, developing resilient ecosystems, and planning and implementing measures related to climate adaptation and natural disaster risk management.

Delignitization in Western Macedonia is a challenge, but it also presents a unique opportunity for the transition to a sustainable future. Climate change forces a review of traditional development models, while the need for fair and environmentally friendly development makes it necessary to involve all stakeholders in decision-making. Strategically addressing this transition through integrating international agreements such as the Paris Agreement, European policies such as the Green Deal, and national plans such as the SDAM and ESEK can transform the region into a model of sustainable development. The challenges emerging for the area are significant. However, with collaboration, innovation, and strengthening social cohesion, these challenges can be turned into opportunities that will lead to a more resilient and greener future, inspiring hope and optimism in all of us.

REFERENCES

- [1] M Lazoglou and K Serraios 2021 Climate change adaptation through spatial planning: the case study of the region of Western Macedonia IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 899 012021 DOI 10.1088/1755-1315/899/1/012021
- [2] Krzysztof Kluza, Magdalena Ziolo, Marta Postula, Climate policy development and implementation from the Sustainable Development Goals perspective. Evidence from the European Union countries, Energy Strategy Reviews, Volume 52, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101321>.
- [3] Schaub, S., Tosun, J., & Jordan, A. J. (2024). Climate Action through Policy Expansion and/or Dismantling: Country-Comparative Insights: An Introduction to the Special Issue. Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice, 26(3–4), 215–232. <https://doi.org/10.1080/13876988.2024.2369640>
- [4] Francis Pavloudakis, Evangelos Karlopoulos, Christos Roumpos, Just transition governance to avoid socio-economic impacts of lignite phase-out: The case of Western Macedonia, Greece, The Extractive Industries and Society, Volume 14, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101248>.
- [5] Lange, A., Ebert, S., Vetter, A. (2021). Adaptation Requires Participation: Criteria and Factors for Successful Stakeholder Interactions in Local Climate Change Adaptation. In: Leal Filho, W., Luetz, J., Ayala, D. (eds) Handbook of Climate Change Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22759-3_47-1.
- [6] Venghaus, S., Henseleit, M. & Belka, M. The impact of climate change awareness on behavioral changes in Germany: changing minds or changing behavior? Energy Sustain Soc 12, 8 (2022). <https://doi.org/10.1186/s13705-022-00334-8>
- [7] Jordan, A., Lorenzoni, I., Tosun, J. et al. The political challenges of deep decarbonization: towards a more integrated agenda. Clim Action 1, 6 (2022). <https://doi.org/10.1007/s44168-022-00004-7>.
- [8] World Bank Group, "Climate Change Knowledge Portal," Data on average annual temperature for Western Macedonia, Greece, 2000-2023. Retrieved from Climate Change Knowledge Portal.
- [9] European Environment Agency, "Greenhouse Gas Emissions in Europe," Data on CO₂ emissions from the energy sector in Western Macedonia, Greece, 2000-2023. Retrieved from European Environment Agency.
- [10] World Bank Group, "Climate Change Knowledge Portal," Data on annual precipitation for Western Macedonia, Greece, 2000-2023. Retrieved from Climate Change Knowledge Portal.
- [11] Gürel, S.; Tat, M. SWOT Analysis: A Theoretical Review. J. Int. Soc. Res. 2017, 4, 346–370.
- [12] Srdjevic, Z.; Bajcetic, R.; Srdjevic, B. Identifying the Criteria Set for Multicriteria Decision Making Based on SWOT/PESTLE Analysis: A Case Study of Reconstructing a Water Intake Structure. Water Resource. Manag. 2012, 26, 3379–3393.
- [13] Terrados, J.; Almonacid, G.; Hontoria, L. Regional Energy Planning through SWOT Analysis and Strategic Planning Tools: Impact on Renewables Development. Renew. Sustain. Energy Rev. 2007, 11, 1275–1287.

- [14] Jaber, J.O.; Elkarmi, F.; Alasis, E. Anagnostopoulos Employment of Renewable Energy in Jordan: Current Status, SWOT and Problem Analysis. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2015, 49, 490–499.
- [15] Kamran, M.; Fazal, M.R.; Mudassar, M. Towards Empowerment of the Renewable Energy Sector in Pakistan for Sustainable Energy Evolution: SWOT Analysis. *Renew. Energy* 2020, 146, 543–558.
- [16] Iglinski, B.; Skrzatek, M.; Kujawski, W.; Cichosz, M.; Buczkowski, R. SWOT Analysis of Renewable Energy Sector in Mazowieckie Voivodeship (Poland): Current Progress, Prospects and Policy Implications. *Environ. Dev. Sustain.* 2022, 24, 77–111.
- [17] Madurai Elavarasan, R.; Afridhis, S.; Vijayaraghavan, R.R.; Subramaniam, U.; Nurunnabi, M. SWOT Analysis: A Framework for Comprehensive Evaluation of Drivers and Barriers for Renewable Energy Development in Significant Countries. *Energy Rep.* 2020, 6, 1838–1864.
- [18] Ishola, F.A.; Olatunji, O.O.; Ayo, O.O.; Akinlabi, S.A.; Adedeji, P.A.; Inegbenebor, A.O. Sustainable Nuclear Energy Exploration in Nigeria—A SWOT Analysis. *Procedia Manuf.* 2019, 35, 1165–1171.
- [19] Zharan, K.; Bongaerts, J.C. Decision-Making on the Integration of Renewable Energy in the Mining Industry: A Case Studies Analysis, a Cost Analysis and a SWOT Analysis. *J. Sustain. Min.* 2017, 16, 162–170.
- [20] Ziouzos, D.; Karlopoulos, E.; Fragkos, P.; Vrontisi, Z. Challenges and Opportunities of Coal Phase-Out in Western Macedonia. *Climate* 2021, 9, 115.
- [21] Tranoulidis, A.; Sotiropoulou, R.-E.P.; Bithas, K.; Tagaris, E. Decarbonization and Transition to the Post-Lignite Era: Analysis for a Sustainable Transition in the Region of Western Macedonia. *Sustainability* 2022, 14, 10173. <https://doi.org/10.3390/su141610173>
- [22] Marinakis, V.; Flamos, A.; Stamtsis, G.; Georgizas, I.; Maniatis, Y.; Doukas, H. The Efforts towards and Challenges of Greece's Post-Lignite Era: The Case of Megalopolis. *Sustainability* 2020, 12, 10575.
- [23] European Commission. Directorate-General for Research and Innovation European Green Deal—Research & Innovation Call; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2021.
- [24] Paris Agreement on climate change, (2024). Retrieved from <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/climate-change/paris-agreement/>
- [25] European Commission, National Energy and Climate Plan of Greece Covering the Period 2021–2030
- [26] JTDP, Government Committee, Plan for Fair Development Transition of Lignite Areas. Retrieved from <https://www.sdam.gr/node/252>, 2020.
- [27] JTDP Government Committee, Territorial Just Transition Plans, (n.d.). Retrieved from <https://sdam.gr/node/257>.

Environmental response to the use of sewage sludge on European Mediterranean degraded soils

María Belén Almendro-Candel; Ignacio Gómez Lucas; Jose Navarro-Pedreño; Ana Pérez-Gimeno; María Teresa Rodríguez-Espinosa and Manuel M. Jordán

Department of Agrochemistry and Environment (GEA-UMH). University Miguel Hernández- Avda. de la Universidad. 03202 Elche (Alicante). Spain.

Email: aperez@umh.es

Abstract

Soils in the Mediterranean region have a low resilience to disturbances and are now extensively degraded both physically and bio-chemically. Inappropriate agricultural practices, exacerbated by other natural and human induced perturbations such as increased drought and forest fire occurrence have caused soil impoverishment and the subsequent abandonment of agricultural land in many regions. One of the most promising approaches to soil rehabilitation on such land is the application of organic wastes. Organic refuses, such as sewage sludge, are commonly used on agricultural land, but are increasingly considered for the reclamation of degraded land and mine deposits. The positive effect of such organic matter, nutrient and microorganism additions are now widely recognised. Very little, however, is known about the detrimental effects of such treatments. The impacts of phytotoxins, heavy metals, salts (especially sodium) and hydrocarbons added via organic wastes are not well enough understood to be thoroughly considered before application. Potential detrimental impacts include accumulation of metals, phosphorus, nitrogen, and resilient aliphatic hydrocarbons, leading to toxicity, nitrate influxes to the groundwater and changes in soil wetting properties.

Keywords: sewage sludge, degraded soils, soils recovery, semi-arid conditions, European soils.

1. INTRODUCTION

Many areas in Mediterranean environment exhibit serious soil degradation, due to natural and anthropogenic disturbances such forest fires¹, mining², abandoned degraded agricultural soils and salinization by irrigation with low quality water³. A particularly low resilience to such disturbances due to their low organic matter levels has exacerbated this trend³. Attempts to restore degraded soils need to consider physical, chemical and biological properties^{4,5}. Soil organic matter plays an important role in all of these soil parameters^{6,7}. Addition of organic matter is therefore one of the most promising strategies in restoring degraded soils and the regeneration of ecosystems.

Organic matter in the form of wastewater sludge (composted or not) has for many years posed considerable disposal problems⁸⁻¹⁰. Moreover, land application of organic wastes could contribute to carbon sequestration in soils¹¹. However, sewage sludge

often contains relatively high concentrations of certain heavy metals, N and resilient hydrocarbons. For instance, the concentration of heavy metals in wastewater sludge is often closely associated with the level of industrialization in the region served by the municipal wastewater treatment facility. When sludge from plants treating industrial wastewater is applied to land, the soil's ability to adsorb heavy metals and accumulate them in the root zones of plants raises critical questions regarding the impact of more soluble metals on biological activity in soils. In European countries, where environmental awareness is evolving alongside rapid industrialization, the number of wastewater treatment facilities is increasing, leading to a significant rise in the volume of sewage sludge generated as secondary waste. This escalation in secondary waste necessitates research into the challenges, characteristics, and potential applications of such material.

Several researchers have studied the application of water treatment sludges (WTS) to soils in general¹²⁻¹⁸. They have identified some of the effects of WTS on the physical characteristics of the soil and on the availability of nutrients for plants that are grown on the treated soils. However, previous studies have not provided sufficient information that allows a thorough evaluation of the positive and detrimental effects of the application of WTS to soils. This knowledge gap extends even to the chemical characteristics of WTS, for which little published data are available.

In agricultural soils, the use of sewage wastes is a well-established practice, which has been studied in some detail during the past years. Sludge applications are frequently analysed with respect to the chemical fertility and the amelioration of the physical properties but few evaluate the full environmental impact of such applications to a wider range of soils including also degraded land. Through the integrated work and research between different groups that can give a global vision of the beneficial and detrimental effects we can indeed advance the knowledge of using sewage sludge applications in restoring degraded soils, however, systematic research has not been carried out to address this matter.

It is timely to evaluate and promote the rehabilitation of degraded land characterized by eroding soils, acid soils, saline soils and soils affected by heavy metal contamination (e.g.: mining soils). It is, however, very important first to understand the relation between chemical fertility, physical properties and biological activity for a complete rehabilitation of a soil.

Table 1. Data corresponding to target European market (FAO database).

Specific market	Tm	Euros
Agriculture Amended	17.340.430	1.127.100.000
Soil rehabilitation	346.800	22.542.000

Germany, France and Spain will probably still be the countries which use the highest amounts of sewage sludge in agriculture (> 600.000 t/year), with Ireland and Finland reusing the highest percentage of their sludges in agriculture (>73 %). The data

provided in Table 1 and 2 demonstrate a very considerable market potential for the use of organic waste in land rehabilitation.

Table 2. Some EU member state sewage sludge production in a standard year.

EU State	Population (million)	Sludge Production (tons dry matter)
<i>FINLAND</i>	<i>5.1</i>	<i>160</i>
<i>IRELAND</i>	<i>3.7</i>	<i>113</i>
<i>SPAIN</i>	<i>42.4</i>	<i>1088</i>
<i>GREECE</i>	<i>10.5</i>	<i>99</i>
<i>AUSTRIA</i>	<i>8.1</i>	<i>196</i>
<i>FRANCE</i>	<i>60.4</i>	<i>1172</i>
<i>POLAND</i>	<i>10.8</i>	<i>359</i>
<i>DENMARK</i>	<i>5.3</i>	<i>200</i>
<i>ITALY</i>	<i>57.6</i>	<i>-</i>
<i>GERMANY</i>	<i>82.0</i>	<i>2786</i>
<i>BELGIUM</i>	<i>10.2</i>	<i>160</i>
<i>NETHERLANDS</i>	<i>15.8</i>	<i>401</i>

Authors believe that appropriate sewage sludge applications can provide a sustainable solution to both the increasing problems of sewage sludge recycling and rehabilitation needs of degraded land. A key problem has been the lack of knowledge and cooperation between researchers and the industry within this sector. To address this problem, we propose a project builds on the close co-operation of different research institutions and the industry at the European level. Thus, the objectives of this research were (i) to determine the composition of WTS, (ii) to evaluate sludge/soil interactions, (iii) to evaluate de response of sewage sludge application in degraded soils in European Mediterranean area.

2. SOIL/LAND TYPES SUITED TO RESTAURATION WITH ORGANIC WASTES

2.1 Mining soils

Quarrying activities such as limestone extraction, entail significant visual impacts and degradation problems as a result of soil depletion and deep alteration of the original topography. These areas are at high risk of erosion due to removal of vegetation. Usually, the material used to restore the landscape (derived from extraction holes, etc.) lacks key physical, chemical and biological characteristics. The application of organic amendments could improve this material under the point of view of soil quality, enhancing the possibility to introduce vegetation¹⁹.



Figure 1 Limestone extraction in Pinoso (Alicante, Spain).

2.2. Burned soils

Forest soils can suffer serious alterations in physico-chemical properties produced by wildfires^{20,21}, which vary with the type of fire, fire severity, climate conditions, soils conditions and topography^{22,23}. In Mediterranean environments the erosion after forest fires is one of the main causes of soil degradation, associated with the relatively long period of vegetation regeneration²⁴. Rapid restoration of the natural vegetation is important in reducing losses from erosion²⁵⁻²⁷. The use of organic additives can help to restore the organic matter pool depleted by oxidation during burning.

2.3. Abandoned degraded agricultural soils

In semiarid areas, socio-economical changes during the last decades have promoted a situation of abandoned agricultural land, particularly in areas with soils low in organic matter content. In these areas the erosion risks are elevated due to rains in autumn period with a high energy²⁸. An improvement of soil characteristics by organic refuse application as sewage sludge¹ in these cases is very promising in reducing soil losses, and to prepare the soil for reforestation, which is the preferred land use in many of these areas¹³.



Figure 2 Abandoned agriculture soils in Cox (Alicante, Spain).

2.4 Salinized soils

The irrigation of soil with low quality water (i.e. with high salinity levels) is common in semi-arid areas. Salinity can be a limitation factor in biomass production and can induce changes in soil structure reducing aggregate stability and increasing soil erodibility. Organic wastes can improve aggregate stability and increase hydraulic conductivity that can be a way to produce a better situation to salt leaching on soil profile¹⁴.

3. RELEVANCE AND MAIN TARGETS

Currently local governments across Europe face an increasing problem with waste disposal due to the lack of controlled sewage disposal. The waste has often been deposited in non-controlled sewers thereby not only affecting the quality of life of the population in the vicinity of these sewers, but also leading to environmental degradation at the point of outlet. This is far from the objectives of the circular economy promoted by the European Union. This has, for example, severely affected the water quality and thus the ecology of the Mediterranean Sea. The possibility of recycling sewage sludge is a sound solution that the local governments could offer with the main aim of improving the quality of the environment and the lives of the affected population.

The re-utilization of wastes materials in rehabilitation of degraded land does not only provide a financially beneficial solution, but also contributes considerably to environmental protection. It addresses the aims of the Kyoto protocol by adding carbon to the soil system, which would otherwise be eventually oxidized and returned to the atmosphere. Finally, the interactions of our local companies with the European companies located in regions with similar problems are beneficial for the Sectors involved within these Communities.

The articles 174 to 176 of the consolidated version of the Treaty establishing the European Community concern the environment and one of the objectives is to promote measures at international level to deal with regional or world-wide environmental problems, which is clearly addressed in the scope of this proposal. The impetus to recycle post-consumer wastes is embodied within the European Commission Directive (94/62/EC), but how such material satisfies technical and market demands is unknown. New directives are expected to cover all aspects of industrial technology, including ethical and environmental issues. Equally, good industrial practices using as raw materials recycled by-products should be developed and implemented in every sector.

Wastewater sludge has long presented significant disposal challenges. Its composition, which includes nitrogen (N), phosphorus (P), and organic matter, renders it a valuable resource for fertilization and soil amendment. However, wastewater sludge may contain relatively high concentrations of certain heavy metals compared to levels found in unpolluted soils. These concentrations are often proportional to the degree of industrialization in the area served by the municipal WTP (Water Treatment Plants). When sewage sludge from WTP is applied to land, the soil's capacity to bind heavy metals and accumulate them in plant root zones raises critical questions about the impact of more soluble metals on biological life and soil activities. In European Union countries, where environmental awareness is growing alongside rapid industrialization, the number of wastewater treatment facilities has increased significantly, resulting in a substantial generation of sewage sludge as secondary waste. This rise in secondary waste has directed researchers toward investigating the challenges, characteristics, and potential applications of this material. The aim of this study was to assess the effects of applying sewage sludge to soil.

When sludge from WTP is applied to land, the soil's capacity to bind heavy metals and accumulate them in the root zones of plants raises critical concerns regarding the impact of more soluble metals on biological life and activities within the soil. In European Union countries, where environmental awareness is increasing alongside rapid industrialization, the number of wastewater treatment facilities has grown significantly, resulting in a substantial amount of sewage sludge as secondary waste. This increase in secondary waste has prompted researchers to investigate the issues, attributes, and potential utilization of this material. The objective of this study was to determine the effects of applying sewage sludge to soil.

Sewage sludges consist of multi-element organic wastes commonly utilized as fertilizers. The application of sludge to agricultural soils is regulated by various guidelines and regulations, typically focused on the concentrations of heavy metals within the sludge. However, the use of sludge on agricultural lands has raised significant concerns. It is frequently argued that heavy metals such as lead (Pb), nickel (Ni) and cadmium (Cd), present in sludge may enter the food chain through plants or animals, contaminate surface and groundwater, and pose health risks to humans and ecosystems.

In reality, metal concentrations in sewage sludge can vary significantly based on several factors, including (1) the origin of the sludge (e.g., industrial waste typically contains higher levels of heavy metals compared to residential waste) and (2) the pretreatment processes applied to the sludge (e.g., raw versus anaerobically treated). Additionally, the bioavailability of sludge-borne metals in soil is further influenced by soil properties such as pH, clay and sesquioxide content, and organic matter, as well as the rate of sludge application. This variability accounts for the observed lack of metal accumulation in plants cultivated in certain sludge-amended soils, as well as the beneficial effects of sludge on soil fertility and plant nutrition. Given this context, a comprehensive understanding of the fundamental chemistry of waste materials and their interactions with soil will enable sludge managers to make informed decisions regarding the application of sludge to agricultural lands.

4. CONCLUSIONS

The development of this research will contribute in a decisive way to preserve the environment in Europe. The demand for water treatment plants is continuously increasing, for this reason is timely to implement clear and viable solutions to this problem like those promoted in this project. Our research group has the aim to prepare reports covering the technical details, performance and applicability of the sewage sludge strategies with special consideration of the local and regional environmental conditions, legislation and practices. So, guidelines and recommendations will be derived and formulated in a final project meeting, involving also representatives from organizations named below, for the implementation of the water saving approaches under prevailing and foreseeable future regional, and trans-national conditions and constraints. In the other hand it is necessary active dissemination of project results addressing particularly decision- and policy-makers makers (incl. National Ministries

for Water Resources/Irrigation) and key advisory organizations with strong dissemination activities to end-users (Water Demand Management Forum Middle East and North Africa, Land and Water Development Division of FAO, IPTRID Network, INPIN, IWRA), and the scientific community via papers in relevant international journals (preferably including a dedicated special issue) and conference contributions²⁹⁻³¹.

5. REFERENCES

- [1] Mataix-Solera, J., Navarro-Pedreño, J., Guerrero, C., García, E., Jordán, M.M. & Gómez, I. (2001). Application of different organic wastes to three soils of degraded areas: effects of some physical, chemical and biological soil properties. In Y. Villacampa, C.A. Brebbia, J.L. Uso (Ed.), *Ecosystems and Sustainable Development III* (pp. 321-330). WIT Press.
- [2] Correia, O., Clemente, A.S., Correia, A.I., Máguas, C., Caroline, M., Afonso, A.C. & Martins-Loucao, M.A. (2001). Quarry rehabilitation: a case study. In Y. Villacampa, C.A. Brebbia, J.L. Uso (Ed.), *Ecosystems and Sustainable Development III* (pp. 331- 346). WIT Press.
- [3] García, C., Hernández, T., Roldán, A. & Martin, A. (2002). Effect of plant cover decline on chemical and microbiological parameters under Mediterranean climate. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 635-642. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00225-5](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00225-5)
- [4] Stenberg, B. (1999). Monitoring soil quality of arable land: Microbiological indicators (review). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science*, 49, 1-24. <https://doi.org/10.1080/09064719950135669>
- [5] Ritsema, C.J (Ed.). (1999). Special issue: Preferential flow of water and solutes in soils. *Journal of Hydrology*, 215.
- [6] McGill, W.B. & Cole, C.V. (1981). Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and P through soil organic matter. *Geoderma*, 26, 267-286. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(81\)90024-0](https://doi.org/10.1016/0016-7061(81)90024-0)
- [7] Doerr, S.H., Shakesby, R.A. & Walsh, R.P.D. (2000) Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological consequences. *Earth-Science Reviews*, 51(1-4), 33-65. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(00\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(00)00011-8)
- [8] Navarro-Pedreño, J., Moral, R., Gómez, I. & Mataix, J. (1995). Residuos organicos y Agricultura. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- [9] Furrer, O.J. & Stauffer, T.W. (1983). Influence of sewage sludge application on physical properties of soil and its contribution to the humus balance. In G. Cartoux, P. L- Hermite & D. Reidel (Ed.). *The Influence of Sewage Sludge Application on Physical and Biological Properties of Soils* (pp. 65-76). Springer.
- [10] Guerrero, C., Gómez, I., Mataix-Solera, J., Moral, R., Mataix-Beneyto, J. & Hernández, M.T. (2000). Effect of solid waste compost on microbiological and physical properties of a burnt forest soil in field experiments. *Biology and Fertility of Soils*, 32, 410-414. <https://doi.org/10.1007/s003740000270>
- [11] Batjes, N.H. (1999). *Management options for reducing CO₂-concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil* (Report 410-200-031). Dutch

National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change & Technical Paper 30. ISRIC International Soil Reference and Information Centre, Wageningen.

[12] Borken, W., Muhs, A. & Beese, F. (2002). Changes in microbial and soil properties following compost treatment of degraded temperate forest soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 403-412. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00201-2](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00201-2)

[13] Caravaca, F., Barea, J.M., Figuerola, D. & Roldán, A. (2002). Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for enhancing reafforestation with *Olea europaea* subsp. *sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. *Applied Soil Ecology*, 20, 107-118. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(02\)00015-X](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00015-X)

[14] Clapp C.E., Stark, S.A., Clay, D.E. & Larson W.E. (1986). *Sewage sludge organic matter and soil properties*. In: Y. Chen & Y. Avnimelech (Eds.), *The role of organic matter in modern agriculture*. Developments in Plant and Soil Sciences, vol 25. Springer (pp. 209-253). https://doi.org/10.1007/978-94-009-4426-8_10

[15] Albiach, R., Canet, R., Pomares, F. & Ingelmo, F. (2001). Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with different rates of two sewage sludges during ten years. *Bioresource Technology*, 77, 109-114. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00166-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00166-8)

[16] Perucci, P. (1992). Enzyme activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. *Biology and Fertility of Soils*, 14, 54-60. <https://doi.org/10.1007/BF00336303>

[17] Pascual J.A., García, C. & Hernández, T. (1999). Lasting microbiological and biochemical effects of the addition of municipal solid waste to an arid soil. *Biology and Fertility of Soils*, 30, 1-6. <https://doi.org/10.1007/s003740050579>

[18] García, C., Hernández, T. & Costa, F. (1992). Variation in some chemical parameters and organic matter in soils regenerated by the addition of municipal solid waste. *Environmental Management*, 16, 763-768. <https://doi.org/10.1007/BF02645666>

[19] Sort, X. & Alcañiz, J.M. (1996). Contribution of sewage sludge to erosion control in the rehabilitation of limestone quarries. *Land Degradation and Development*, 7, 69- 76. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-145X\(199603\)7:1<69::AIDLDR217>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-145X(199603)7:1<69::AIDLDR217>3.0.CO;2-2)

[20] Chandler, C.C., Cheney, P., Thomas, P., Traubad, L. & Williams, D., (1983). *Fire in forestry, Volume I: Forest fire behavior and effects*. J. Wiley & Sons.

[21] Carballas, M., Acea, M.J., Cabaneiro, A., Trasar, M.C., Villar, M.C., Díaz-Raviña, M., Fernández, I., Prieto, A., Saá, A., Vázquez, F.J., Zöhner, R. & Carballas, T. (1994). Organic matter, nitrogen, phosphorus and microbial population evolution in forest humiferous acid soils after wildfires. In: L. Traubad & R.Prodon (Eds.), *Fire in Mediterranean Ecosystems*. Ecosystems Research Series: Report 5 (pp. 379-385). Commission of the European Communities.

[22] Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Navarro-Pedreño, J., Mataix-Beneyto, J. & Gómez, I. (2002). Evolution of indices of soil quality in a chronosequence of semiarid Mediterranean burned soils: influenced by climatic conditions or age of fire?. In D.X. Viegas (Ed.), *Forest Fire Research & Wildland Fire Safety* (pp. 1-11). Millpress.

- [23] Prieto-Fernández, A., Acea, M.J. & Carballas, T. (1998). Soil microbial and extractable C and N after wildfire. *Biology and Fertility of Soils*, 27, 132-142. <https://doi.org/10.1007/s003740050411>
- [24] Rubio, J.L. (1987). Desertificación en la Comunidad Valenciana: antecedentes históricos y situación actual de la erosión. *Revista Valenciana d'Estudis Autònoms*, 7, 231-258.
- [25] Acea, M.J. & Carballas, T. (1999). Microbial fluctuations after soil heating and organic amendment. *Bioresource Technology*, 67, 65-71. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00068-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00068-1)
- [26] Villar, M.C., González-Prieto, S.J. & Carballas, T. (1998). Evaluation of three organic wastes for reclaiming burnt soils: Improvement in the recovery of vegetation cover and soil fertility in pot experiments. *Biology and Fertility of Soils*, 26, 122-129. <https://doi.org/10.1007/s003740050354>
- [27] Guerrero, C., Gómez, I., Moral, R., Mataix-Solera, J., Mataix-Beneyto, J. & Hernández, T. (2001). Reclamation of a burned forest soil with municipal waste compost: macronutrient dynamic and improved vegetation cover recovery. *Bioresource Technology*, 76, 221-227. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00125-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00125-5)
- [28] Cerdà, A. (1998). Soil aggregate stability under different Mediterranean vegetation types. *Catena*, 32, 73-86. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(98\)00041-1](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00041-1)
- [29] Jordán, M.M.; García-Sánchez, E.; Almendro-Candel, M.B.; Pardo, F.; Vicente, A.B.; Sanfeliu, T. & Bech, J. (2017). Technosols designed for rehabilitation of mining activities using mine spoils and biosolids. Ion mobility and correlations using percolation columns. *Catena*, 148, 74-80. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.02.027>
- [30] Pérez-Gimeno, A.; Navarro-Pedreño, J.; Almendro-Candel, M.B.; Gómez, I. & Jordán, M.M. (2016). Environmental consequences of the use of sewage sludge compost and limestone outcrop residue for soil restoration: salinity and trace elements pollution. *Journal of Soils and Sediments*, 16, 1012–1021. <https://doi.org/10.1007/s11368-015-1288-y>
- [31] Jordán M.M. (2023). Criteria for Assessing the Environmental Quality of Soils in a Mediterranean Region for Different Land Use. *Soils Systems*, 7(3), 75. <https://doi.org/10.3390/soilsystems7030075>

SESSION: Education for sustainable development

Improving students' knowledge and attitudes about heatwaves through the digital game "HEATWAVE CITY"

Maria Christoforaki, Myrto Koutra-Iliopoulou, Eirini Chatzara, Manos Skoufoglou, Evangelia Mavrikaki, Apostolia Galani

Department of Pedagogy and Primary Education, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, Greece

Abstract

Climate change as shown through literature affects the duration and intensity of natural disasters in Europe. The manifestations of climate change are numerous. Floods, heavy rainfall, sudden changes in temperature, etc. Heat waves, which are directly linked to climate change, are of utmost importance, since: (a) they are associated with loss of life; (b) they have a widespread impact on natural ecosystems, significantly affecting biodiversity [2]; (c) they reduce crop yields, worsening food security [3]; (d) they greatly affect Europe and the quality of life of its inhabitants. This paper focuses on exploring and modifying the perceptions of primary school students about heat waves in urban environment using the digital game "HEATWAVE CITY", and related activities. Data gathered from elementary school students (n=55) through a questionnaire. The results of the research indicate that students' ideas about heat waves in the urban environment confirm the existing literature in terms of their connection with global warming, the ozone hole and the definition of heat waves. As shown through the research, the students' ideas and perceptions can be modified and/or improved after a teaching intervention by applying the digital game "HEATWAVE CITY". The research findings highlight the need for focused educational interventions. Incorporating accurate and detailed information about heatwaves into the curriculum, especially as part of broader climate change education, could help correct misconceptions and raise awareness. Such initiatives play a vital role in enhancing personal preparedness and fostering a generation equipped to face and address the impacts of climate change.

Keywords: heatwaves, game, students' ideas, students' attitudes

INTRODUCTION

The examination of urban heatwaves is at the forefront of scientific research, especially as their importance to society and the quality of human life is emphasized beyond their scientific basis. The increase in the intensity and frequency of heatwaves in recent decades has led to the use of climate models to study the mechanisms that cause them, as well as their impacts, in order to predict future trends [4]. This is particularly crucial for the development of public health policies and the protection of vulnerable populations.

In urban environments, heatwaves raise concerns among the scientific community, as cities are 3-8°C warmer compared to rural areas, and they concentrate the majority of the population and human activities [5]. Therefore, finding solutions for the issue becomes necessary. UNICEF suggests that education be utilized as an essential tool to introduce students to the problem of the climate crisis, as their engagement with the issue will help cultivate skills that can secure a sustainable future [6]. However, several conflicting views arise regarding the ways to address these challenges, as significant socio-economic inequalities are highlighted in various areas of human life, such as: (a) Healthcare and health services [7]; (b) Energy poverty and housing conditions [8]; (c) Working conditions [9]; (d) Food security [10]; (e) Social cohesion and Migration flows [11].

From the literature, it becomes clear that addressing heatwaves is not a simple matter, as it is a multifactorial issue that requires consideration of as many factors as possible. A study in the framework of Heatwaves Erasmus+ program [12] highlights the main categories in which urban planning can focus to address heatwaves: (a) urban structure and morphology, (b) green infrastructure, (c) blue infrastructure (water), (d) gray infrastructure (built surfaces and building materials), (e) urban planning and practices, (f) management strategies, and (g) methodologies. The research findings regarding the characteristics of the urban environment related to heatwaves and the possible solutions for urban heatwaves seem to lack a holistic approach. Various factors are examined independently. Moreover, research and literature often limit themselves to a technical discussion, avoiding a critical approach [13]. This makes it difficult to assess the significance of different parameters. For example, the compact form of the urban fabric is considered to increase urban heat, but at the same time, a compact city could mean less uncontrolled urban expansion, which could in turn result in environmental standards with beneficial outcomes for the urban core. Most importantly, technical approaches often fail to incorporate economic, social, and political factors, which are critical for understanding urban structures and functions, urban heat islands, and the climate crisis in general. Therefore, these elements of the research should be critically addressed when tackling the issue.

Considering that the Industrial Revolution and technology shaped the modern world, establishing today's social foundations, the climate crisis is the factor that will shape the Anthropocene epoch [14]. The climate crisis is an extremely important socio-scientific issue that significantly affects the living conditions and survival of humanity. It refers to the alteration of the Earth's global climate, specifically to long-term changes in weather conditions [15]. More recently, the term "climate crisis" has gained prominence, highlighting the unprecedented characteristics of climate fluctuations. This is attributed to the complex relationship between the increase in carbon dioxide levels and rising temperatures, which exhibits a non-linear correlation [16]. It is therefore imperative to incorporate issues related to heatwaves in the urban environment into education, to cultivate empathy in young people, raise awareness, and prepare them appropriately for tackling this global challenge.

HEATWAVES IN EDUCATION

Education, as a vehicle for shaping conduct and behavior, is considered a critical tool in addressing the climate crisis. Primarily, it can raise awareness and enhance the understanding of causal relationships and the impacts of the climate crisis, encouraging students to take action. In this way, it can cultivate the skills needed to adopt sustainable practices in daily life. At the same time, it promotes research and innovation in technologies and practices that can contribute to adapting to climate change. Of course, through critical pedagogy, education can encourage future citizens to actively participate in the public debate on the issue of the climate crisis and exert pressure on relevant authorities to take measures to combat it. In a literature review conducted as part of the research program "Heatwaves Awareness Through Online Learning" by the Department of Primary Education of the National and Kapodistrian University of Athens, the predominant teaching approaches for climate change and crisis education were identified [17]. Regarding learning theories, it was found that the two most prevalent theories applied to approaches related to the climate crisis are the inquiry-based learning model and experiential learning. Experiential Learning refers to the acquisition of new knowledge through experience. Students engage in actions, and in this way, they can make connections between the theory taught in the classroom and their knowledge of real and realistic situations. Digitalization techniques can be employed [18] alongside workshops—both indoor and outdoor—in natural settings and school environments [19]. These methods are documented in a bibliographic repository on leading teaching approaches for climate change and crisis education, developed as part of the HEAT program [17].

In this paper we present the digital game "HEATWAVE CITY" and examine:

1. What are the students' perceptions of heatwaves?
2. To what extent are students' perceptions of the city's planning for heat waves modified after the teaching intervention?

MATERIALS AND METHODS

We followed a quantitative research approach, with the target population being school students from grades 5th -6th from a Greek school. We collected data from N=51 students through convenience sampling. The research was carried out in 6 teaching hours for each grade, in the context of the "Workshop for developing skills" lessons. The thematic under which the lesson took place has as main objective the cultivation of environmental sensitivity and empathy of the students, as well as taking action to address environmental issues. The research study fully complies with the ethical rules. In particular, since the research sample consists of underage students, special permission was sought from the parents and guardians of the students, who were informed of the purpose of the research and its framework, so that they could choose whether or not they wished to participate in the research.

The research consisted of the following steps:

Pre-research - Exploring ideas: The aim of the pre-research was to explore the students' ideas about heatwaves and ways of dealing with them in the urban environment. The approach to this aim was achieved by using the digital questionnaire.

Post-research: This happened a month after the intervention, and it was used the same questionnaire as in pre-research.

RESULTS

Table 1: Students' Responses to the conceptual part of the questionnaire before and after the intervention

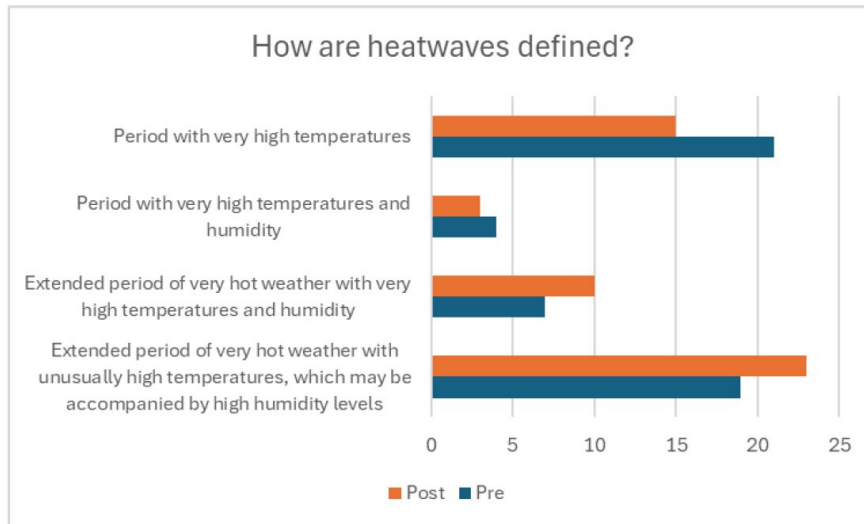


Figure 1 Students' answers to the question about the definition of heatwaves 10-12 before and after the intervention

Table 2: Students' answers to questions 10-12 of the questionnaire before and after the intervention

Questions	Totally Disagree		Disagree		Neutral		Agree		Totally agree	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Open-air sprinklers and fans can play an important role in reducing urban temperatures	11	9	11	11	19	21	6	7	4	3
The creation of forests and greenways within cities is an effective way of shifting the air masses that result in the cooling of large areas of the city	3	4	7	5	23	8	8	20	10	14
Windows and doors should be left open at noon on hot days	9	16	2	14	19	7	10	8	11	6

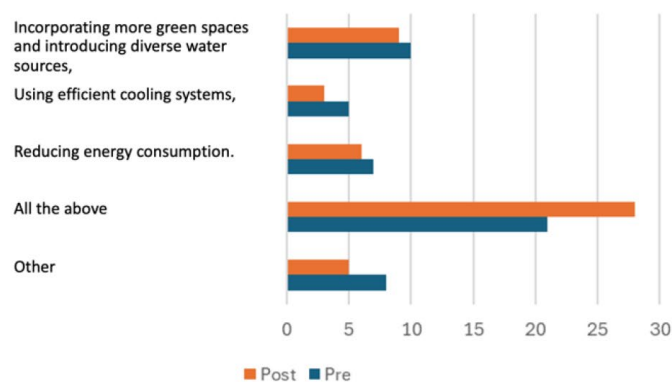


Figure 2 Students' answer to question 13 of the questionnaire about how to make cities more resilient to heat waves

From both Tables it is obvious that there is a significant improvement in the students' perceptions after the intervention through the digital game "HEATWAVE CIY". More

specifically, while during the pre-survey the majority of students (21/51) agreed with the opinion that windows and doors should be left open at noon during hot days, after the intervention most students (30/51) disagree with this suggestion. The majority of the students in our sample supported the creation of green corridors with forests and parks, as well as the use of outdoor sprinklers and fans, even after the intervention stage. Particularly noteworthy is that the percentage of students who believe that creating heat wave-resilient cities requires a combination of passive cooling strategies, reducing energy consumption of buildings and redesigning urban areas to integrate them with more vegetation and open spaces increased.

DISCUSSION

Through this survey it was found that most students define heat waves as periods of very high temperatures, without including humidity levels in this definition. Furthermore, most students identify the greenhouse effect as a result of the ozone hole, an idea that confirms the existing literature. In particular, similar findings [21] research, where they identified that a common misconception is that increased greenhouse gases were caused by depletion of the ozone layer. Regarding the relationship between the climate crisis and heat waves, it is surprising that the majority of students can relate the climate crisis to heat waves (both in the pre-intervention and post-intervention research), despite the fact that the climate crisis is not a topic promoted through the science curricula in primary education. This is probably since the students live in a Mediterranean country, where there is a strong public debate on the climate crisis [22], which particularly affects Mediterranean countries through a sharp increase in temperature [23]. The results of the questionnaire highlight significant gaps in students' knowledge and understanding of the impact of heat waves on the urban environment. While students have a significant understanding of the relationship between heat waves and the urban heat island effect (31 out of 51), it is clear that they do not understand the variations in the impact of heat waves in different areas. This indicates a general lack of understanding of the complexity of climate change, which can be attributed to the limited integration of these issues into curricula. In addition, students seem to understand some of the measures that can contribute to reducing temperatures in the urban environment, such as the use of sprinklers, fans and increasing vegetation and water sources. However, the lack of knowledge of passive cooling measures, such as closing windows and doors during hot hours, indicates that their understanding is limited to surface solutions rather than deeper practices based on scientific principles. The results of the questionnaire after the intervention with the digital game "HEATWAVE CITY" show a clear improvement in the students' perceptions of the scientific part of heat wave management. More specifically, a typical change is the change in perception about opening windows and doors during hot days. While initially the majority of students (21 out of 51 students) believed that they should remain open, the intervention led them to recognize that the opposite practice is more effective in cooling the premises (30 out of 51 students). Moreover, after the intervention we identify a deeper understanding of the variation in the impact of heat waves in different regions of

Europe. This result (from 24 students to 38 students) is significant as it shows that students are beginning to understand the complexity of climate phenomena according to specific climatic and geographical conditions and their differentiated impact on cities. This suggests that the use of interactive digital tools can be a powerful tool to cultivate a more global understanding of climate challenges. At the same time, the strengthening of students' views on the creation of green corridors (from 18 to 34 students) shows that students recognize the importance of integrating practices that enhance sustainability in cities.

Finally, the increase of students who recognize the need for a combination of passive cooling strategies, reducing energy consumption and redesigning urban areas suggests that the intervention has contributed to a more comprehensive understanding of how cities can become more resilient to heat waves. This finding highlights the need for more

integrated educational interventions that integrate different aspects of sustainable development. Research shows that creating digital games that support interactive learning environments, such as "HEATWAVE CITY", can be a valuable addition to the educational curriculum. These tools are particularly effective for communicating climate change-related topics such as heat waves. Students are able to actively participate in problem solving, decision making and addressing complex social and scientific challenges related to the management of heat waves in the urban environment. This interactive approach allows students to interact directly with the educational content by observing the consequences of their decisions, which facilitates a deeper understanding of the subject.

LIMITATIONS

One potential limitation is the study's duration; extending the time allocated to each phase (pre-research, intervention, and post-intervention) could have yielded more representative findings. Lastly, the small sample size of students presents another constraint. Conducting the study with a larger group of primary school students might have demonstrated a more significant shift or development in their ideas about urban design solutions to mitigate heatwaves, particularly after engaging with the digital game "HEATWAVE CITY."

ACKNOWLEDGEMENTS

(i) This project and its research were conducted as part of the Erasmus+ KA02 initiative under the acronym HEAT (Project Number: 2022-1-EL01-KA220-SCH-000088530 - SR No. 19459). (ii) We gratefully acknowledge the National Agency for Erasmus+ (IKY) for supporting this funding program.

REFERENCES

[19] Betül Cebesoy & Karisan, 2022 Teaching the Role of Forests in Mitigating the Effects of Climate Change Using Outdoor Educational Workshop *Research in Science & Technological Education*, v40 n3 p340-362

[8] Bouzarovski, S., & Simcock, N. (2017). Spatializing energy justice. *Energy Policy*, 107, 640-648. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.064>

[1] United Nations, 2023 <https://www.un.org/>

[18] Cox, H., Kelly, K., & Yetter, L. (2014). Using remote sensing and geospatial technology for climate change education. *Journal of Geoscience Education*, 62(4), 609-620. <https://doi.org/10.5408/13-040.1>

[23] Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J. P., Iglesias, A., & Xoplaki, E. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), 972-980. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>

[16] Davis, W.J. The Relationship between Atmospheric Carbon Dioxide Concentration and Global Temperature for the Last 425 Million Years. *Climate* **2017**, 5, 76. <https://doi.org/10.3390/cli5040076>

[15] European Environment Agency, 2010, <https://www.eea.europa.eu/soer/2010>

[7] Hajat, S., O'Connor, M., & Kosatsky, T. (2010). Health effects of hot weather: from awareness of risk factors to effective health protection. *The Lancet*, 375(9717), 856-863. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61711-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61711-6)

[5] Hulley, G., Shivers, S., Wetherley, E., & Cudd, R. (2019). New ECOSTRESS and MODIS land surface temperature data reveal fine-scale heat vulnerability in cities: A case study for Los Angeles County, California. *Remote Sensing*, 11(18), 2136. <https://doi.org/10.3390/rs11182136>

[17] Koutra -Heliopoulou, M., Christoforaki, M., Galani, A., Mavrikaki, E., Chatzara, E., & Skoufoglou, M. (2023). Analysis of Current Climate Change Education Frameworks: Inventory of literature, national and international standards, reports, and books, referring to teaching climate change focusing on online education. National and Kapodistrian University of Athens. https://heatwaves-project.eu/results/Heatwaves%20Inventory/1.%20D2.1a_Heatwaves%20Inventory.pdf

[2] IPCC, 2023, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

[20] Mavrikaki, E., Galani, A., Koutra -Heliopoulou, M., Chatzara, E., Christoforaki, M., & Skoufoglou, M. (2023). Analysis of Current Climate Change Education Frameworks: Students' and Teachers' misconceptions about climate change, global warming and heatwaves. National Kapodistrian University of Athens

[11] McLeman, R. A. (2011). Settlement abandonment in the context of global environmental change. *Global Environmental Change*, 21, S108-S120. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.08.004>

[21] McNeill, K. L., & Vaughn, M. H. (2012). Urban High School Students' Critical Science Agency: Conceptual Understandings and Environmental Actions Around Climate Change. *Research in Science Education*, 42(2), 373-399. <https://doi.org/10.1007/s11165-010-9202-5>

[22] Nikolopoulou, A., & Giannakopoulos, C. (2020). Public perception and media coverage of climate change in Greece: A case study. *Climate Change and Public Health*, 12(4), 234-250

- [12] Skoufoglou, M., Galani, A., Mavrikaki, E., Chatzara, E., Koutra-Heliopoulou, M., & Christoforaki, M. (2023, June). Technical Research on Heatwaves and Urban Design. Athens; National Kapodistrian University of Athens (technical report).
- [14] Solar, O. and Irwin, A. (2010) A Conceptual Framework for Action on the Social Determinants of Health. WHO World Health Organization, Geneva, 76 p. http://www.who.int/social_determinants/publications/9789241500852/en/
- [6] Unicef. (2021). The state of the global education crisis: a path to recovery: a joint UNESCO, UNICEF and WORLD BANK report. Paris: UNESCO, cop. 2021
- [10] Wheeler, T., & Von Braun, J. (2013). Climate change impacts on global food security. *Science*, 341(6145), 508-513. <https://doi.org/10.1126/science.1239402>
- [4] WHO (2004). Report of the meeting “Extreme weather and climate events and public health responses” Bratislava, Slovakia, 9–10 February 2004. Copenhagen: World Health Organization
- [13] Wang, H., Gao, Y., Wang, Y., & Sheng, L. (2022). Arctic sea ice modulation of summertime heatwaves over western North America in recent decades. *Environmental Research Letters*, 17(7), 074015. (DOI 10.1088/1748-9326/ac765a)
- [3] Yale Climate Connections, 2022, <https://yaleclimateconnections.org/>

From ashes to awareness: An educational approach to understanding wildfires and environmental impact in N. Evia

I. S. LAFAZANIS¹, E. KAPSI², A. E. TSAGKARAKIS², K. KOTSIDIS³

¹Primary School Teacher,

²Agricultural University of Athens,

³University of Crete

Email: jslafazanis@gmail.com

Abstract

Climate-related wildfires are a growing global issue, posing severe risks to ecosystems, property, and human well-being. The 2021 wildfire in northern Evia, Greece, destroyed over 400 km² of forest, making it the largest in the country's modern history. Early climate change education is crucial for equipping students with the knowledge and skills needed to develop environmental awareness. Teaching strategies that emphasize local impacts enable students to observe tangible effects, tackle community challenges, analyze local data, and create practical solutions. Mobile learning enhances these efforts by providing flexible, outdoor, and travel-based educational opportunities. Additionally, game-based learning has proven effective in boosting student motivation and engagement with environmental issues, fostering deeper understanding and action. This paper presents a proposal of an environmental

education location-based game activity for upper grades primary school students about the 2021 wildfire in Evia. The activity involves a forest walk after wildfires, using the "Actionbound" mobile app for an interactive scavenger hunt. By the end of the activity, students would have gained insight into the effects of wildfires on the ecosystem and pollinators as well as the socio-economic impacts on the local community.

Keywords: Environmental education, wildfires, mobile learning, gamification, location-based games

1 INTRODUCTION

1.1 Wildfires and Environmental Education

Climate-related wildfires have become a global phenomenon, considered as one of the most widespread extreme natural events with serious consequences for ecosystems, private property, human health, and safety [1, 2, 3, 4, 5]. During the last decades, forest fires have increasingly captured public attention across the Mediterranean region, with Greece serving as a striking example [6]. Woodlands, grasslands, and shrublands in rural and suburban areas of Greece are frequently damaged or destroyed by fires, resulting in significant environmental, social, and economic consequences [7]. The 2021's wildfire in Evia devastated over 400 km² of forest in the northern part of the island, marking it as the largest individual forest fire in modern Greek history [8].

Facing the challenge of wildfires demands a comprehensive strategy that includes fire and land management, community readiness, evidence-based policies, and education [9, 10]. Incorporating wildfire education into school programs allows teachers to provide students with essential knowledge and skills to grasp fire ecology and management [11, 12].

Research indicates that initiating environmental and climate change education at an early age is essential for developing students' knowledge, skills, and attitudes necessary for fostering environmental values [13]. Educating young people about climate change is essential to equip the next generation with the knowledge and skills needed to tackle its causes, impacts, and potential solutions. However, merely providing information about climate change is insufficient to inspire action and drive behavioral change [14, 15]. An effective approach to climate change education involves focusing on local, observable impacts. By using a local context, students can witness tangible effects, address challenges within their communities, analyze locally gathered data, and apply their knowledge to develop practical solutions [16, 17, 18]. Addressing children's emotional needs in environmental education can lead to better engagement and understanding of complex issues like climate change and wildfires [19]. Furthermore, interactive and engaging educational strategies for climate change education could be adapted for wildfire education to create effective and immersive learning experiences [20].

1.2 Mobile learning

Mobile learning, often referred to as m-learning, is a form of education that leverages mobile devices such as smartphones, tablets, and laptops to facilitate learning anytime and anywhere. This approach is characterized by its flexibility and accessibility, allowing learners to engage with educational content in diverse contexts, which is particularly beneficial in today's fast-paced, technology-driven society [21]. The integration of mobile technologies into educational practices has transformed traditional learning paradigms, enabling a more personalized and interactive learning experience [22]. Research indicates that mobile learning not only enhances student engagement but also supports collaborative learning and self-regulated learning, as learners can easily access resources and communicate with peers and instructors [23, 24]. Furthermore, mobile learning has shown promise in various educational settings, including formal education, professional development, and informal learning environments, demonstrating its versatility and potential to meet the needs of diverse learners [25]. Mobile learning can provide learning opportunities in various contexts, including outdoor settings and during travel fostering lifelong learning habits [26].

1.3 Learning through gamification

Gamification in education has emerged as a significant pedagogical approach, leveraging game-like elements to enhance student engagement and learning outcomes. Gamification positively influences students' willingness to engage, their learning outcomes, and their socialization skills [27] and it consistently improves student learning outcomes across various educational settings [28]. The most frequently used gamification techniques by educators include awarding points, using levels and using "badges" [29, 30]. The integration of virtual badges and rewards systems has been shown to enhance motivation, leading to improved completion rates of assignments and overall academic performance [27, 28]. Furthermore, the incorporation of mobile gamification applications not only engages young learners but also aids in their emotional and cognitive development [31]. In addition, the seamless integration of mobile games into formal learning contexts allows for a blending of informal and guided learning experiences, driven by students' natural curiosity [32].

1.4 Location-based games

Location-based games (LBGs) are a unique genre of games that utilize geographical locations as an integral part of gameplay. These games often employ GPS technology to create immersive experiences that blend the digital and physical worlds, allowing players to interact with their environment in novel ways [33]. Additionally, mobile game-based learning can enhance engagement and motivation among students, particularly in outdoor settings [34, 35]. The integration of real-world locations into educational contexts not only promotes active learning but also fosters a deeper connection to the subject matter, as players engage with their surroundings in meaningful ways [36]. LBGs can contain essential features of serious games that enhance learning outcomes, such as interactivity, problem-solving, and engagement [37]. These features are particularly relevant in the context of environmental education, where learners must navigate complex ecological systems and make decisions that reflect an understanding of environmental principles. Furthermore, research highlights the role of serious games in fostering social change, suggesting that LBGs can encourage teamwork and communication among players as they work

together to solve environmental challenges [38]. Studies have shown that game-based learning can significantly increase students' motivation and engagement in environmental topics [39]. Additionally, the use of narrative elements in LBGs can enhance intrinsic motivation by providing a compelling context for players to engage with environmental themes [40].

1.5 Actionbound application

Actionbound (see Figure 1) is an open-source application for digitally interactive scavenger hunts, called "bounds," to guide learners on a journey of discovery [41]. Actionbound, created in 2012 in Berlin for education, enables the creation of multimedia quizzes with instant feedback and GPS guidance. It supports online and offline use, promotes student autonomy, and requires basic digital skills for both students and teachers, while all the results can be accessed afterwards.

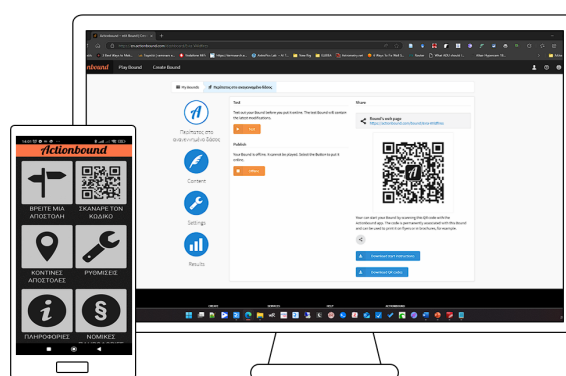


Figure 1: Actionbound mobile app (client) and desktop web application (administration)

2 AN EDUCATIONAL APPROACH TO UNDERSTANDING WILDFIRES AND ENVIRONMENTAL IMPACT IN N. EVIA

In this paper we present a proposal for an environmental education location-based game activity (bound) for 5th and 6th grade primary school students about the 2021 wildfire in Evia with the help of Actionbound mobile application.

Specifically, the activity is a digital scavenger hunt game, where students, divided into groups of 2-3 people, follow a route through the burnt forest of Pappades in Northern Evia, answering open-ended questions, taking photos and exploring in the field., by using the Actionbound app on their mobile phone.

The activity is based on a fictional story, where "Vagia" the owl returns home, to the forest of Pappades, after the wildfire of 2021. There, she sees everything burnt and changed. She really wants to know what has happened and what happened in the forest. Students follow a forest route, point by point, "Vagia", learning about forest pollinators, the local flora, the causes of wildfire and its effects on the forest ecosystem and the local community, as well as about climate change. Their goal is to discover "Gogo", the beekeeper who together will discuss all the above and reflect on their answers along the way.

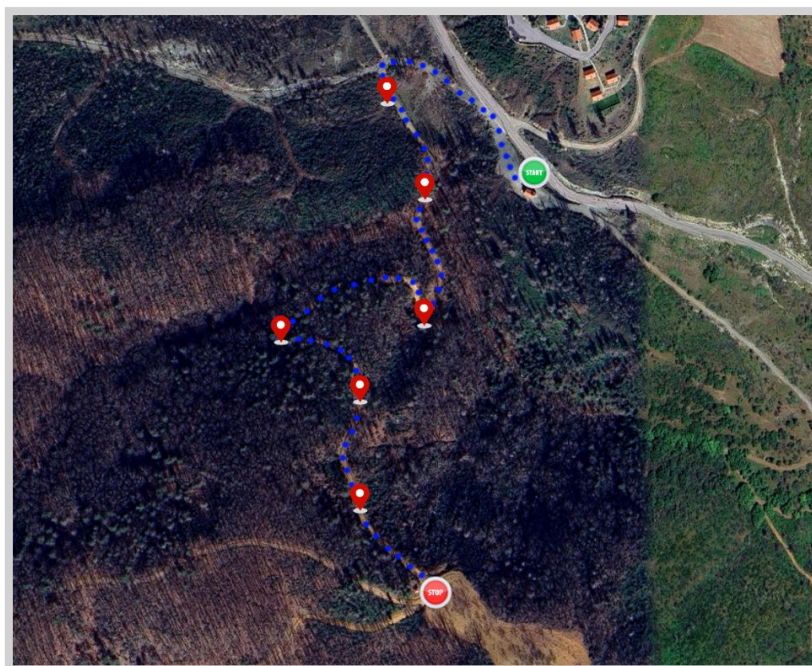


Figure 2: The route through the burnt forest of Pappades in Northern Evia

The route (Figure 2) is 800m long and relatively uphill, while its duration is expected to be 60 minutes. It consists of a total of 8 points-stops along with those of the start and finish and takes place in the forest area outside the village of Pappades. Once they reach the starting point, students scan the bound's QRCode (Figure 3) with Actionbound app, already installed on their mobile devices, to get started.

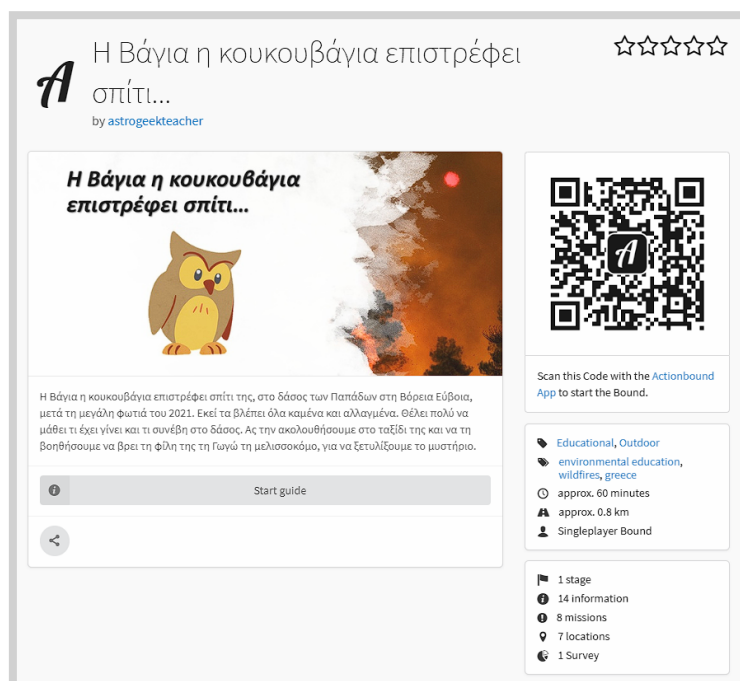


Figure 3: The bound with QRCode

At each stop where students pass, there is a challenge to show them the next point to go. Here's a brief breakdown of each stop point of the app:

Point 0 - START: The adventure begins with Vagia, a little owl who lives in a rich forest of Evia. When she returns from a short trip to find food, she is saddened to discover that her environment has changed dramatically. Trees, flowers and her friends, insects, seem to have disappeared. Vagia decides to investigate and find answers, meeting a group of students exploring the forest. Together, they will travel to seven points of interest.

Point 1 - OLD APIARY: Students get to know the world of bees. They learn about bee society, the role of the queen, and the importance of beekeeping for the ecosystem. They then explore the landscape to find and photograph a bee in action, observing how it collects pollen and nectar.

Point 2 - LOCAL FORAGE PLANTS FOR BEES: Students learn about endemic beekeeping plants. First, they focus on arbutus, an aromatic plant of value to bees, and look for arbutus trees in the forest, answering multiple choice questions about the plant. Then they get to know other local beekeeping plants, such as thyme, zorus, milk thistle and oregano. The activity concludes with photos that students are asked to take of one of these plants.

Point 3 - POLLINATORS: Pupils learn about the pollination process and about pollinators other than bees (e.g. butterflies, wasps, beetles) by looking for insects in flowers. The activity involves a photograph of an insect "working" on a flower.

Point 4 - EUBOEAN OAK AND PINE: The students explore two "symbol" trees for the area: the Euboean Oak (endemic species) and the Aleppo Pine. They are invited to photograph an Euboean oak and a young pine tree, while learning about the pine as a source of resin and about Marhalina, an insect that lives in the pines and produces honeydew.

Point 5 – RESIN COLLECTION: Students look for resin collection bags on pine trunks. Learn about the process, the uses of resin (from flavorings to pharmaceuticals) and discuss how wildfire affected the region's agricultural production.

Point 6 - FIRE AND CLIMATE CHANGE: Here, students analyze the possible causes of a fire (human or natural) and its relationship with climate change. In addition, they compare burnt areas with intact ones, noticing differences in vegetation. They learn about passive and active fireplants and ways to protect the regeneration of the forest.

Point 7 - GAZEBO/FINISH: At the end, they meet Gogo, a local beekeeper, who shares stories about bee life and the challenges after fires. Students upload their photos and data to the Actionbound platform, discuss their impressions, reflect on the answers they gave along the way and experience honey tasting from local producers.

3 CONCLUSIONS

This paper presents a proposal for an environmental education LBG activity for upper grades primary school (5th and 6th grade) students about the 2021 wildfire in Evia with the help of Actionbound mobile application. The goal of this activity is to help

students gain insight into the effects of wildfires on the ecosystem and pollinators as well as the socio-economic impacts on the local community.

However, it should be noted that the proposal presented in this paper needs to be applied in the school context to students and to evaluate its learning outcomes in order to investigate whether gamification using location-based mobile games such as Actionbound is effective for learning on environmental issues, such as wildfires.

REFERENCES

- [1] Fernández, C., & Vega, J. A. (2014). Efficacy of bark strands and straw mulching after wildfire in NW Spain: Effects on erosion control and vegetation recovery. *Ecological Engineering*, 63, 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.005>
- [2] Palinkas, L.A. (2020). The California Wildfires. In: *Global Climate Change, Population Displacement, and Public Health*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41890-8_4
- [3] Petropoulos, G. P., Griffiths, H. M., & Kalivas, D. P. (2014). Quantifying spatial and temporal vegetation recovery dynamics following a wildfire event in a Mediterranean landscape using EO data and GIS. *Applied Geography*, 50, 120-131. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.02.006>
- [4] Shvidenko, A. Z., & Schepaschenko, D. G. (2013). Climate change and wildfires in Russia. *Contemporary Problems of Ecology*, 6, 683-692. <https://doi.org/10.1134/S199542551307010X>
- [5] Westerling, A. L., & Bryant, B. P. (2008). Climate change and wildfire in California. *Climatic Change*, 87, 231-249. <https://doi.org/10.1007/S10584-007-9363-Z>
- [6] Papaspiliou, K., Skanavis, C., & Giannoulis, C. (2014). Civic Ecology Education and Resilient Societies: A Survey of Forest Fires in Greece. *Journal of Education and Training Studies*, 2(2), 48-57. <http://dx.doi.org/10.11114/jets.v2i2.271>
- [7] Bassi, S., & Kettunen, M. (2008). *Forest fires: Causes and contributing factors in Europe*. European Parliament, Brussels. Retrieved from [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL-ENVI_ET\(2008\)401003](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL-ENVI_ET(2008)401003)
- [8] Gemitzi, A., & Koutsias, N. (2022). A Google Earth Engine code to estimate properties of vegetation phenology in fire affected areas—A case study in North Evia wildfire event on August 2021. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 26, 100720. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100720>
- [9] Charnley, S., Kelly, E. C., & Fischer, A. P. (2020). Fostering collective action to reduce wildfire risk across property boundaries in the American West. *Environmental Research Letters*, 15(2), 025007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab639a>
- [10] Paveglio, T. B., Abrams, J., & Ellison, A. (2016). Developing fire adapted communities: The importance of interactions among elements of local context. *Society*

& *Natural Resources*, 29(10), 1246-1261.
<https://doi.org/10.1080/08941920.2015.1132351>

[11] Cox, R. S., Hill, T. T., Plush, T., Heykoop, C., & Tremblay, C. (2019). More than a checkbox: engaging youth in disaster risk reduction and resilience in Canada. *Natural Hazards*, 98, 213-227. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3509-3>

[12] Hahn, R. A., & Truman, B. I. (2015). Education improves public health and promotes health equity. *International journal of health services*, 45(4), 657-678. <https://doi.org/10.1177/0020731415585986>

[13] Kim, S., Lim, S., Lee, K., Widodo, A., & Yun, S. (2024). Climate change awareness differences among primary school students in Korea and Indonesia. *Journal of Baltic Science Education*, 23(3), 476-494. <https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.476>

[14] Littrell, M. K., Tayne, K., Okochi, C., Leckey, E., Gold, A. U., & Lynds, S. (2020). Student perspectives on climate change through place-based filmmaking. *Environmental Education Research*, 26(4), 594-610. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1736516>

[15] Valdez, R. X., Peterson, M. N., & Stevenson, K. T. (2018). How communication with teachers, family and friends contributes to predicting climate change behaviour among adolescents. *Environmental Conservation*, 45(2), 183-191. <http://dx.doi.org/10.1017/S0376892917000443>

[16] Hestness, E., McDonald, R. C., Breslyn, W., McGinnis, J. R., & Mouza, C. (2014). Science teacher professional development in climate change education informed by the Next Generation Science Standards. *Journal of Geoscience Education*, 62(3), 319-329. <https://doi.org/10.5408/13-049.1>

[17] Khadka, A., Li, C. J., Stanis, S. W., & Morgan, M. (2021). Unpacking the power of place-based education in climate change communication. *Applied Environmental Education & Communication*, 20(1), 77-91. <https://doi.org/10.1080/1533015X.2020.1719238>

[18] Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A., & Chaves, W. A. (2017). Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 25(6), 791-812. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842>

[19] Baker, C., Clayton, S., & Bragg, E. (2020). Educating for resilience: parent and teacher perceptions of children's emotional needs in response to climate change. *Environmental Education Research*, 27(5), 687-705. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1828288>

[20] Ouariachi, T. and Elving, W. (2020). Escape rooms as tools for climate change education: an exploration of initiatives. *Environmental Education Research*, 26(8), 1193-1206. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1753659>

- [21] Kumar, D. and Pande, B. P. (2023). Influence and scope of mobile learning in higher education: a systematic literature review. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 3(2), 873-885. <https://doi.org/10.25082/amler.2023.02.014>
- [22] MacCallum, K., Day, S., Skelton, D. J., & Verhaart, M. (2017). Mobile affordances and learning theories in supporting and enhancing learning. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 9(2), 61-73. <https://doi.org/10.4018/ijmbl.2017040104>
- [23] Xiao, J. and Jiang, Z. (2023). An m-learning model in the context of the blended synchronous learning environment. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 15(2), 1-16. <https://doi.org/10.4018/ijmbl.318243>
- [24] Baars, M. and Viberg, O. (2022). Mobile learning to support self-regulated learning. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 14(4), 1-12. <https://doi.org/10.4018/ijmbl.315628>
- [25] Traxler, J. (2017). Learning with mobiles in developing countries. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 9(2), 1-15. <https://doi.org/10.4018/ijmbl.2017040101>
- [26] Ishtaiwa, F. (2014). Integrating mobile learning in an undergraduate course. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 6(3), 1-17. <https://doi.org/10.4018/ijmbl.2014070101>
- [27] Kostolányová, K. and Klubal, L. (2018). Gamification in lms courses. *International Journal of Information and Communication Technologies in Education*, 7(2), 46-50. <https://doi.org/10.1515/ijicte-2018-0009>
- [28] Bai, S., Hew, K. F., & Huang, B. (2020). Does gamification improve student learning outcome? Evidence from a meta-analysis and synthesis of qualitative data in educational contexts. *Educational Research Review*, 30, 100322. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100322>
- [29] Lamsa, J., Hamalainen, R., Aro, M., Koskimaa, R., & Ayramo, S. M., (2018). Games for enhancing basic reading and maths skills: A systematic review of educational game design in supporting learning by people with learning disabilities. *British Journal of Educational Technology*, 49, 596-607. <https://doi.org/10.1111/bjet.12639>
- [30] Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2017). Evaluation of Greek Android mobile applications for preschoolers. *Preschool and Primary Education*, 5(2), 65-100. <https://doi.org/10.12681/ppej.11208>
- [31] Xezonaki, A. (2023). The use of kahoot in preschool mathematics education. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 3(1), 648-657. <https://doi.org/10.25082/amler.2023.01.014>
- [32] Ștefan, I. A., Gheorghe, A. F., Ștefan, A., Piki, A., Tsalapata, H., & Heidmann, O. (2022). Constructing seamless learning through game-based learning experiences.

International Journal of Mobile and Blended Learning, 14(4), 1-12.
<https://doi.org/10.4018/ijmbl.315625>

[33] Huizenga, J., Admiraal, W., Akkerman, S., & Dam, G. t. (2009). Mobile game-based learning in secondary education: engagement, motivation and learning in a mobile city game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(4), 332-344.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00316.x>

[34] Chen, C., Liu, G., & Hwang, G. (2015). Interaction between gaming and multistage guiding strategies on students' field trip mobile learning performance and motivation. *British Journal of Educational Technology*, 47(6), 1032-1050.
<https://doi.org/10.1111/bjet.12270>

[35] Mettis, K. and Völjätaga, T. (2020). Designing learning experiences for outdoor hybrid learning spaces. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 498-513.
<https://doi.org/10.1111/bjet.13034>

[36] Melero, J., Hernández-Leo, D., Sun, J., Santos, P., & Blat, J. (2014). How was the activity? a visualization support for a case of location-based learning design. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 317-329.
<https://doi.org/10.1111/bjet.12238>

[37] Lamerias, P., Arnab, S., Dunwell, I., Stewart, C., Clarke, S., & Petridis, P. (2016). Essential features of serious games design in higher education: linking learning attributes to game mechanics. *British Journal of Educational Technology*, 48(4), 972-994. <https://doi.org/10.1111/bjet.12467>

[38] Damani, B., Sardeshpande, V., & Gaitonde, U. (2015). Use of serious games for creating awareness about social enterprises. *Journal of Computers in Education*, 2(4), 493-511. <https://doi.org/10.1007/s40692-015-0045-y>

[39] Cheng, M. T., Lin, Y. W., She, H. C., & Kuo, P. (2016). Is immersion of any value? whether, and to what extent, game immersion experience during serious gaming affects science learning. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 246-263.
<https://doi.org/10.1111/bjet.12386>

[40] Dickey, M. D. (2011). Murder on grimm isle: the impact of game narrative design in an educational game-based learning environment. *British Journal of Educational Technology*, 42(3), 456-469. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01032.x>

[41] Kissi, L., & Dreesmann, D. (2017). Plant visibility through mobile learning? Implementation and evaluation of an interactive Flower Hunt in a botanic garden. *Journal of Biological Education*, 52(4), 1-20.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1385506>

POSTER SESSION

“Listening” to the wetland of Axios, Loudias, Aliakmon Delta

Panagiota Tsachouridou

Directorate of Secondary Education of Western Thessaloniki, Kolokotroni 22,
Stavroupoli, 564 30, Greece

Email: yiotatsa@yahoo.gr

Abstract

This work concerns the implementation of an Environmental Education program in a vocational secondary school adjacent to one of the Ramsar sites in Greece, the wetland of Axios, Loudias, Aliakmon Delta. Students developed teamwork, got to know their country's wetlands and the wetland in question, discovered experientially the diversity of life in a wetland, they developed active participation in the collection of information as well as in the discussions and reflections that were developed, they understood the importance of wetlands for humans and the ecological balance on the planet, they acquired positive feelings towards wetlands and the natural environment and finally they became aware of their role as inhabitants of a region and of the entire planet. As active members of their school, they undertook to inform the school community and the local community through presentation of the program in the school and publications in the local press.

Keywords: Biodiversity, Environmental Education, experiential actions, awareness, change of attitude

1. INTRODUCTION

The importance of biodiversity is multidimensional, as it directly and indirectly affects human well-being and the functioning of the planet. It is closely related to the ecological balance and the functioning of ecosystems, is a source of food and raw materials, confers resistance to diseases and disasters, has cultural and aesthetic value, concerns evolution and genetic diversity and is ultimately of great economic importance. The preservation of biodiversity is vital to the sustainability of the planet, and its loss due to human activities can have serious consequences for the future (Primack, 2006).

Wetlands are among the most valuable ecosystems on the planet, as they provide multiple benefits for both the environment and humans. They regulate the climate of the area, helping to reduce the effects of climate change, protect against flooding and erosion, and filter water by removing pollutants and toxic substances, helping to protect water resources, they support local communities by providing productive resources while also having cultural and spiritual significance for local communities. Their protection is vital because they host rich biodiversity, being the most important

type of ecosystem for maintaining the diversity of avian fauna (Paraskevopoulos, 2019).

Managing wetlands through laws, international treaties (such as the Ramsar Convention) and sustainable management practices is critical to protecting endangered plants and animals and the birds that live in them. Eleven (11) areas have been designated as wetlands of international importance by the International Ramsar Convention in Greece (OECD, 2009). One of them concerns the wetland of Axios, Loudias, Aliakmon Delta which is adjacent to the school which implemented an "Environmental Education program" related to it.

The Plan of Action (UNESCO, 1978) is an international consensus agreement with the greatest influence on the foundation and development of Environmental Education. Since the Thessaloniki Intergovernmental Conference on "Environment and Society" in 1997, where Environmental Education was declared as "Education for Environment and Sustainability" (Chiokos et al., 2020), the Environmental Education is seen as a means of achieving the change of attitudes and decisions, the development of skills, the satisfaction of the principles of sustainability (Phlogaiti, 2006). Environmental Education as a dynamic element of a quality education, forms its pedagogical framework through interdisciplinarity, the opening of the school to the community, the experiential approach to knowledge, the use of discovery learning, the study of issues from the immediate environment (Phlogaiti, 2006).

After the creation of a voluntary group of students and teachers, with the aim of implementing an Environmental Education program, and discussing the above concerns, an important wetland in the area of the school unit, the wetland of Axios, Loudias, Aliakmon Delta, was chosen among others as the subject of processing-study.

2. OBJECTIVES OF THE PROGRAM

The overall aim of the program was to raise awareness and educate participants about the importance of wetlands to the environment, society and economy, promoting their sustainable management and protection.

In particular, the cognitive objectives of the program were the members of the pedagogical team: a) to recognize the main species of flora and fauna of the wetland and to understand their importance for the functioning of the ecosystem, b) to understand the services offered by wetlands, c) to be able to identify and describe the main anthropogenic and natural threats facing the wetland, d) to understand the relationship between humans and wetlands. The emotional goals were: a) to cultivate a deeper emotional connection with nature and to develop respect and appreciation for the beauty, tranquility and uniqueness of the wetland, b) to feel personal responsibility for the conservation and protection of the wetland, as and the need to contribute to addressing environmental problems, c) to take the initiative to inform and raise awareness of their environment. The psychomotor objectives were: a) to develop group cooperation, b) to develop active participation in the collection of

information, as well as in the discussions and reflections that will be developed, c) to raise awareness and realize their role as residents of an area and of the whole planet.

3. PROGRAM IMPLEMENTATION METHODOLOGY

For the implementation of the Environmental Education program, the pedagogical team implemented experiential workshops to strengthen teamwork, worked in small groups, researched and looked for information in printed and electronic materials and watched audio-visual material of the Hellenic Ornithological Society (Elliniki Ornithologiki Etaireia) (with the aim of the theoretical approach to the concept of "wetland"), discussed, exchanged opinions, was informed by specialized scientists, did fieldwork to experientially discover the diversity of life and enjoy the natural environment, created presentation material to inform school students and published articles in the local press. Through active, experiential, exploratory and discovery learning, the interdisciplinary approach and the development of team dynamics, by participating in various activities and working collaboratively, individual and social skills were developed and all the individual topics of the program's objectives were studied (Anagnostopoulou, 2001). Techniques that can be used to implement Environmental Education programs were used: brainstorming, lecture, research, participation of special guests, etc. as well as the most widely used method of practical application of Environmental Education programs in schools, which is the project method (composite creative work) (Chrysafidis, 2002).

Teachers did not have the role of the one who exclusively transfers knowledge. They became the mediators between the subject and the students, suggesting ways of acquiring knowledge. They did not tell students what to do, but helped them discover their personal needs. They did not provide answers, but they challenged, raised awareness, mobilized and helped the students to find them themselves. They took on the role of team animator coordinator, a role completely different from the one they have in the classroom. The student-centered system was adopted over the teacher-centered one (Matsangouras, 1998).

The implementation of the program was linked to the Analytical Curriculum of the 2nd year course "Environment and Agriculture" of the Agriculture Sector of the Vocational High School of Veria (EPAL) in terms of the effects of human interventions on the soil, water ecosystems and the natural landscape, as well as biodiversity, of the elective course "Management of natural resources" of the 3rd year of the EPAL with regard to wetlands under international protection and in a general way with the courses of natural sciences and especially with the courses "Biology" and "Chemistry", as well as with the foreign language "English" and the course "Computer Science" (due to research on the Internet) as well as the "Greek Language".

More specifically, to achieve the goals of the program:

- team contract and experiential workshops for team bonding were held

- there was a free association exercise, opinions were expressed, discussion and exchange of views took place and the group made decisions on which topics would be explored in depth by assigning individual topics to small groups.
- all wetlands of the country were searched on the map of Greece, material was studied and presentations were made by each group of the study material
- an educational visit was made to the Agency of the wetland Axios, Loudias, Aliakmon Delta in N. Agathoupoli, the "Microcosm" program was attended at point 29, hiking next to the Aliakmona estuary was experienced, bird watching at point 30 was practiced and photos were taken by students
- there was a discussion and feedback after the visit, watching audio-visual material related to the Ramsar treaty and the needs of protecting wetlands, and gathering information in the library of the 5th General High School which is near the Vocational High School that practiced to program
- a video was shown about the Gialova wetland, the interstitial "Wetland" was played as a game, and reflection and discussion followed
- watched the film "Danube the Amazon of Europe" and the audio-visual material of the Hellenic Ornithological Society ("Mavropetritis-the falcon of the Aegean"), followed by discussion, reflection and assignments
- there was a presentation of material by the students and a discussion regarding the material they found about the dangers that threaten wetlands
- material for February two ('wetland day') (wetland flora and fauna) presented and Power Point material on 'wetland birds' for which a matching game was prepared
- meetings were held to collect and process material with the technique of web exploration and organization of material to be published
- with the help of the web exploration technique, information was collected about the Kerkini wetland and the students were informed and prepared for the visit to the Kerkini wetland
- - a two-day excursion to the wetland of Lake Kerkini (visit to the Park Management Agency, information-visit to the Municipal Aquarium of Byrionia, visit to a buffalo breeding farm, visit to the holy pilgrimage to the Shrine of the Holy Forerunner, visit to the Women's Cooperative of Ano Poroia and to the Environmental Education Center of Poroia where the students attended its program. Overall they observed, were informed, fieldworked and raised awareness)
- the team collected all the material (informational, photographic), processed it and created educational material in the form of Power Point through which students of the school who did not belong to the pedagogical team were trained and informed.

For the implementation of the above actions, the team cooperated with the Teachers' Association as well as the Association of Parents and Guardians (support for the team's

movements) of the EPAL, the Environmental Education Center of Naoussa and Poroia, the Hellenic Ornithological Society and the Management Body of the wetland of Axios, Loudias, Aliakmon Delta.

4. RESULTS-DISCUSSION

With the participation of students in institutionalized Environmental Education programs implemented in the context of school activities, the aim is to develop skills, change attitudes and cultivate active participation for the protection of the environment (Chiokos, et al., 2020). Through the processes of implementing the program, and in particular through the creation of group and sub-groups, brainstorming, web exploration, searching for information, watching audio-visual material, developing active participation, experiential actions, visits to selected wetlands and creation of promotional material, it is considered that the objectives of the program have been achieved.

Students developed their social skills by working in groups. They were active and informed about the conditions for the protection of wetlands (International Ramsar Convention), the wetlands of Greece, the flora and fauna in wetlands, the need to protect them, as well as the dangers that threaten them. These were carried out through actions at the school but also during visits to two important wetlands of North Greece. In fact, the fact that one of the studied wetlands (the Axios, Loudias, Aliakmon Delta) is adjacent to students' residential area was proved to be (as expected) a great motivation for their involvement in the program's actions. In addition, during the visit to the wetland of Lake Kerkini, the students were also informed about the ways of protection and sustainable development of Lake Kerkini and therefore other wetlands in general. They also enjoyed the two wetlands and recognized their value as places of recreation.

They had a great time during the group meetings and during the visits that took place and gained positive feelings towards the wetlands and the natural environment. More than that, there was an interest from a student to take part in the voluntary work that takes place during the summer months under the supervision of the Kerkini Lake Management Body, and is aimed at actions to protect the wetland.

The project method showed that it was a very useful process of experiential learning and really contributed to the interdisciplinary approach of the subject (Voudrislis & Avgerinou, 2004; Taratori-Tsalkatidou, 2007), while in addition, by creating an informative Power Point, the group was able to inform-problem and other peers of hers. This way and according to Dale's learning pyramid (Lee & Reeves, 2007), who argued that the greatest degree of "learning" of information occurs as a result of third-party teaching, a higher degree of learning was achieved for the group. Without, of course, calculating the benefit to the society of the region, from the information, reflection and awareness of many more peers beyond those of the group.

In the present program learning experiences outside the classroom that also served the need for man to be in nature and to have a relationship with other living organisms

(Wilson, 1993) led to experiential learning (Dewey, 1897). It is considered that the program achieved its main purpose, to make students see things with a different eye (Peters, 1973).

REFERENCES

Anagnostopoulou, M. (2001). Group teaching in education. A theoretical and empirical approach. Thessaloniki: Pub. Kiriakidis Bro. (in Greeks)

Budrislis, N. & Avgerinou, M. (2004). Advantages and Disadvantages of applying the project method in Environmental Education and Health Education. *Modern Education*, 137, 116-120. (in Greeks)

Chiokos, G., Rizou, P. & Karatasios, G. (2020). Sustainable School for Sustainable development. A navigational guide to what and how. Athens: Pub. Germanos. (in Greeks)

Chrysafidis, K. (2002). Experiential-Communicative Teaching, The Introduction of the Project Method at School. Athens: Pub. Gutenberg. (in Greeks)

Dewey, J. (1897). Το παιδαγωγικό μου δόγμα. Νέα Υόρκη: El Kellogg & Co.

Lee, S. J. & Reeves, T. C. (2007). Edgar Dale: A significant contributor to the field of educational technology. *Educational Technology*, 47 (6), 56-59.

Matsangouras, I. (1998). Teaching Strategies. Athens: Pub. Gutenberg. (in Greeks)

OECD (2009). Environmental Performance Reports, Greece. OECD, Organization for Economic Cooperation and Development, Ministry of Environment, of Energy and Climate Change. (in Greeks)

Paraskevopoulos, S. (2019). Introduction to Ecology and Environmental Sciences. Athens: Pub. Disigma. (in Greeks)

Peters, R. (1973). Aims of education: A conceptual enquiry. In: R. Peters (Ed.), *The Philosophy of education* (pp. 1-35). Oxford: Oxford University Press.

Phlogaiti, E. (2006). Education for the Environment and Sustainability. Thessaloniki: Greek letters. (in Greeks)

Primack, R.B. (2006). *Essentials of Conservation Biology*. Oxford: Oxford University Press.

Taratori-Tsalkatidou, E. (2007). The Project Method in Theory and Practice. Thessaloniki: Pub. Kiriakidis Bro. (in Greeks)

UNESCO (1978). Intergovernmental Conference on Environmental Education, Tbilissi (USSR, 14026 October 1977), Final Report. Paris: UNESCO.

Wilson, E. (1993). Biophilia and the conservation ethic. In: S. Kellert & E. Wilson. *The biophilia hypothesis*. Washington DC: Island Press.

Contribution to the study of the physical environment of the San Juan River basin, Dominican Republic

Juan Francisco Nova-Marmolejos¹, María Belén Almendro-Candel², Manuel M.

Jordán²

¹Faculty of Agronomic and Veterinary Sciences. Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana.

²Department of Agrochemistry and Environment (GEA-UMH). University Miguel Hernández- Avda. de la Universidad, 03202 Elche (Alicante), Spain.

Email: mb.almendro@umh.es, manuel.jordan@umh.es

Abstract

The study analyzes the physical environment of the San Juan River sub-basin belonging to the Yaque del Sur River basin, emphasizing the relationship between natural resources and anthropogenic activities. The work has a descriptive approach where a documentary review was carried out exploring databases, as well as the review of documents from state institutions related to natural resources. An analysis of flows was carried out from 1996 to 2023 using the JASP statistical program. Among the most relevant results are that there is soil diversity, with rough or mountain soils predominating 60% and clay soils in the valley part 21%. Natural vegetation has been diminished, giving way to the development of agricultural activities, generating conflict. of use, more than 71% of the soils present accelerated water erosion, impacting the dam lake, the flows present peaks during the months of greatest rainfall, evidencing the need for adequate management of water resources. The relationship between natural resources and anthropogenic activities shows a negative impact on ecosystems, erosion and intensive use of soils require immediate attention, as well as adequate management of resources, the results indicate the need to implement strategies to mitigate the effects of the Climate variability improve the sustainability of the subbasin.

Keywords: Sustainability, Natural resources, Land use, Anthropic activities and Erosion

1. INTRODUCTION

Scientists specializing in natural resources define a watershed as the entire area bounded by water divides, which creates a hydrological system that includes both surface and groundwater flowing into a main river, lake, coast, or infiltration zone¹. Within these watersheds, various human activities take place, including industrial, urban, rural, agricultural, and environmental preservation efforts². Additionally, there exists a spatial and temporal interrelation and interdependence among the biophysical environment, methods of resource appropriation, and institutional frameworks³.

Rosatto *et al.* (2020)⁴ argue that the needs of a constantly increasing world population generate demands that pressure natural resources, endangering the resilience of natural and anthropogenic ecosystems.

The Dominican Republic has three major watersheds, with the Yaque del Sur River basin being one of the main ones, covering an area of 4,674 km² with a stream length of 251.50 km. The San Juan River sub-basin is one of the most important in this region⁵.

Segura & Ferreira (2020)⁶ addressed the issue of erosion in watersheds and sedimentation in the Sabana Yegua and Tavera reservoirs, both in the Dominican Republic, to determine the nutritional quality of the sediments stored in the reservoirs and their use as an amendment.

Huamacata (2018)⁷ found that studying land use changes incorporating the time dimension allows identifying changes in space and time in land use in Argentina.

Alvarado & Mainato (2021)⁸ claim that in localities in the Chimborazo province of Ecuador, there has been significant growth in deforested areas, grasslands, and anthropogenic zones, with a corresponding decrease in wooded and paramo areas due to inadequate management and increased agricultural and livestock activities.

Cabrera & Suarez (2022)⁹ warn that varying the percentage of vegetation cover impacts hydrological processes, influencing precipitation-infiltration and runoff relationships. Both human and natural factors also alter the composition and structure of vegetation cover.

Chirinos (2023)¹⁰ studied the incidence of climatic variability and land cover changes on the availability of natural flows at the headwaters of the Cabanillas River basin.

In the Dominican Republic, land use is regulated by the Environmental and Natural Resources Law (Law 64-00)¹¹ in Chapter II, Articles 120 to 125, and the Territorial Planning Law (Law 360-2022)¹², which in Article 40 classifies land use according to its nature or purpose.

Vegetation dynamics refer to the variability of the type and/or forms of vegetation cover occurring over a period and in a defined environment. Changes in vegetation cover can occur naturally (changes in precipitation and temperature) or due to human activities⁹.

The success of a diverse crop production program may depend on soil-level zoning to increase precision or reduce costs. One of the most commonly used technologies is the soil scanner, which helps determine variability at the farm level¹³.

Irregular behavior in vegetation cover is essentially due to unilateral land management, conditioned by extreme climatic variables, limited land use capacity, and the topographical conditions of each area. Thus, the cover is influenced by prevailing zonal rainfall and temperatures¹⁰.

According to Robert (1999), cited by PROCISUR (2006)¹⁴, observing variability in the properties or determining factors of production in the agroecosystem is not new. However, the ability to identify, quantify, and map that variability is different.

2. MATERIALS AND METHODS

The study area was the San Juan River sub-basin, part of the Yaque del Sur River basin, covering an area of 2,023.23 km². It includes tributaries such as the Mijo, Maguana, Jinova, and Dajay rivers from the southern slope of the Central Mountain Range, and the Bao River on the northern slope of the Neiba Mountain Range^{15,16}. The life zone corresponds to low montane wet forest according to the Holdridge classification¹⁵. In the valley, the rainfall is 950 mm, and the temperature is 24.9°C. Surveys conducted by the mining company Gold Quest¹⁷ indicate that the rainfall in this area is 1200 mm, and the average temperature is 18°C.

A documentary review was conducted using databases such as Redalyc and Scielo Latin America. Maps of vegetation cover, soil productivity capacity, slope ranges, vegetation cover, and sub-basins of the Yaque del Sur River, published by the Ministry of Environment and Natural Resources^{15,18}, were reviewed. Additionally, works from the National Institute of Hydraulic Resources (INDRHI)¹⁹ and inflow statistics to the Sabaneta Dam from the Hydroelectric Generation Company (EGEHID) database²⁰ were examined. The Technical Economic Study of the Romero Mining Project¹⁷ available on the Ministry of Energy and Mines website was also reviewed.

The analysis was carried out using the JASP statistical program, providing output values of monthly average flow rates, standard deviation, confidence intervals, among other parameters.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results are products of the analysis of various maps published by the Ministry of Environment and Natural Resources^{15,18}, works conducted by the National Institute of Hydraulic Resources¹⁹, and inflow records at the Sabaneta Dam of the Hydroelectric Generation Company²⁰.

3.1. Soils

Approximately 60% of the soils in the sub-basin correspond to rugged calcareous or non-calcareous mountain soils: 21% are non-calcareous clayey soils found in the valley, 8.5% are soils developed on colluvial materials, and the remaining 10% are recent alluvial soils and soils developed on colluvial and alluvial fans, on schists and basalt.

3.2. Slope Ranges

The slopes of the San Juan River sub-basin range from 0-4% in the San Juan valley, which is the lower part of the sub-basin, 4-8% in the middle basin, and exceed 64% in the upper sub-basin¹⁵.

These slope levels coincide with those reported by Consorcio Proyecta, C x A – Ingeniería Caura²¹, who state that, according to the slope map, mountainous terrains with steep slopes exceeding 50% predominate, especially towards Alto Yaque del Sur and large portions of the upper areas in the Las Cuevas and Grande River sub-basins.

3.3. Vegetation Cover

The coniferous forest has been replaced in the north western part of the sub-basin to make way for short-cycle crops, while it remains in the north eastern part due to the large area occupied by José del Carmen Ramírez National Park (Figure 1). In some areas, the broadleaf forest is still preserved in the corresponding part of the Central Mountain Range and the upper part of the Neiba Mountain Range. Dry forest vegetation is present in the southern part of the basin, which is the lowest area with less precipitation and higher temperatures¹⁸.

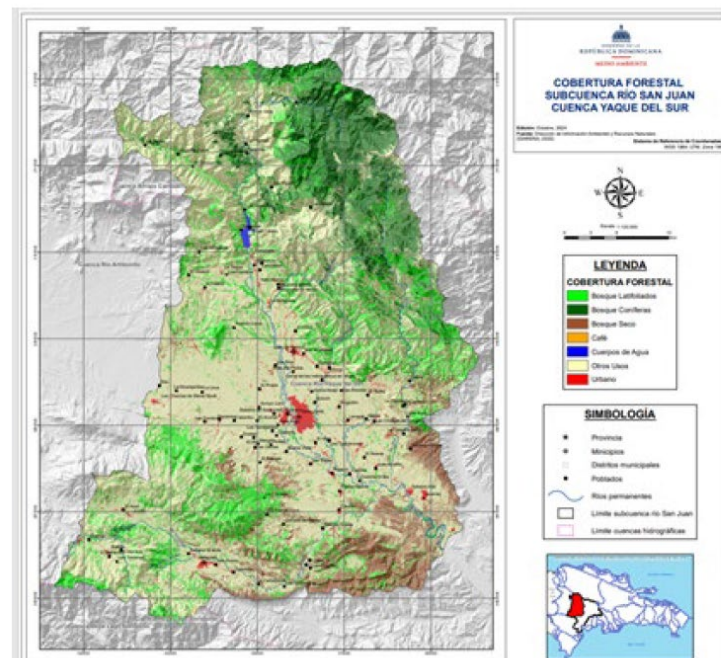


Figure 1 Vegetation Cover Map of the San Juan River Sub-Basin¹⁸

In works conducted by the mining company Gold Quest¹⁷, it is reported that the prevalent low montane moist forest in the Romero project area is a broadleaf forest with native creole pines (*Pinus occidentalis*). A significant portion of these forests has been cleared for subsistence agriculture, wood production, and other uses of firewood, leaving only some isolated remnants of the forest in widely spaced peaks and valleys.

3.4. Soil Productivity Capacity

As seen in Table 1, 9.12% of the soils in the studied sub-basin are arable, suitable for irrigation with flat, undulating, or slightly hilly topography, and have no severe limiting factors, making them highly productive (Class II). 8.82% of the soils are arable, suitable

for irrigation, but only with very profitable crops. They have flat, hilly, or slightly hilly topography with some severe limiting factors, such as effective depth, and moderate productivity with intensive management practices (Class III). Class IV occupies 5.35% of the sub-basin territory and consists of soils limited for crops, not suitable for irrigation except with very profitable crops, with severe limitations and requiring intensive management practices. Class V soils have drainage limitations, suitable for pastures and rice cultivation, with high productivity if good management practices are applied, occupying 3.65% of the sub-basin. This class includes mountainous terrains with rugged topography. Class VI soils are suitable for forests, pastures, and mountain crops, with very severe limitations in topography, depth, and rockiness, comprising 10.13% of the total area. Class VII includes mountainous terrains with rugged topography, not arable, suitable for forest exploitation purposes, representing more than 62% of the territory. Class VIII is not arable, suitable only for national parks and wildlife areas, accounting for 0.12% of the sub-basin area¹⁵.

Class	Area (km ²)	Percentage
II	184.60	9.12
III	178.54	8.82
IV	108.28	5.35
V	73.77	3.65
VI	204.96	10.13
VII	1,270.72	62.81
VIII	2.36	0.12
Total	2,023.23	100.00

Table 1. Land Productivity Capacity¹⁵

3.5. Land Use Conflict

A significant portion of the basin is overused, particularly in the northwest of the Sabaneta Dam, where there is intense agricultural activity including short-cycle crops and extensive livestock farming (Figure 2). Conversely, in the flat part of the sub-basin, there are significant portions of land still underutilized, mainly on the left bank of the San Juan River and both banks of the Bao River.

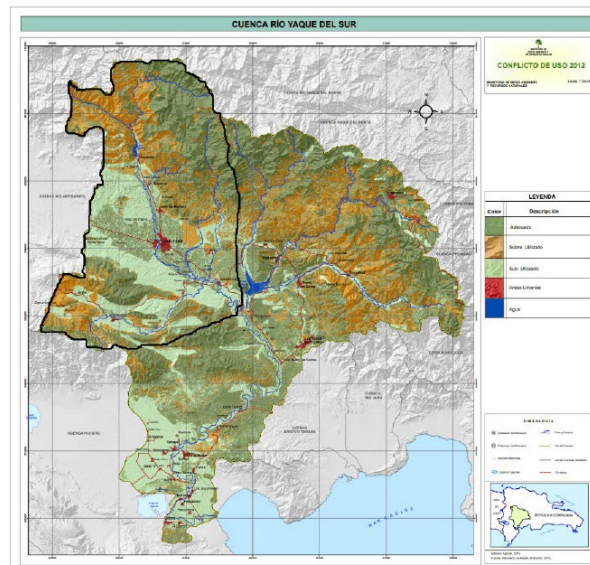


Figure 2 Land Use Conflict¹⁵

3.6. Erosion in the Sabaneta Dam Sub-Basin

In the contributing sub-basin of the Sabaneta Dam, INDRHI (2014)¹⁹ found that only 28.73% of the soils produce erosion within permissible limits (>10 tons/ha/year), while in the remaining 71.27%, erosion exceeds permissible limits, with 14.22% of the area being critical, where water erosion exceeds 200 tons/ha/year (Table 2).

Range (tons/ha/year)	Area (ha)	% Area
< 10	14,189.12	28.73
10-20	8,103.21	16.41
20-50	5,557.04	11.05
50-200	14,613.27	29.59
> 200	7,022.06	14.22

Table 2. Soil Loss in the San Juan River Sub-Basin Upstream of the Sabaneta Dam According to USLE Model. Source: Own elaboration with data from INDRHI¹⁹

Erosion levels around the Sabaneta Dam are lower than those reported by Consorcio Proyecta, C x A – Ingeniería Caura²¹ for the three main rivers in the Sabana Yegua Dam basin, where in the least cases, it exceeds 260 tons/ha/year.

Erosion levels may be related to the predominant agricultural activity in the area, as the mining company Gold Quest¹⁷ states that agricultural crops in the project area are located on mountain slopes and in small valleys and semi-flat areas.

3.7. Inflows to the Sabaneta Dam

The months with the highest inflows to the Sabaneta Dam are October with an average of 12.46 m³/s and a standard deviation of 4.73, May with 11.19 m³/s and a standard deviation of 3.76, and September with 11.17 m³/s and a standard deviation of 3.24. The months with the lowest inflows are December with an average of 5.83 m³/s and a

standard deviation of 1.80, February with 4.89 m³/s and 1.56, and January with 4.56 m³/s and a standard deviation of 1.13 (Table 3).

Month	Valid	Mean	Upper 95% CI	Lower 95% CI	Standard Deviation	Maximum	Minimum
January	15	4.56	5.18	3.93	1.13	5.90	2.21
February	15	4.89	5.75	4.04	1.56	7.10	1.95
March	15	5.23	6.39	4.08	2.09	8.25	2.59
April	15	9.19	7.65	4.73	2.64	10.31	2.60
May	15	6.19	11.19	7.03	3.76	17.51	4.26
June	15	8.25	9.53	6.98	2.30	12.75	3.47
July	15	8.20	10.04	6.36	3.32	15.25	4.33
August	15	9.17	9.69	6.64	2.74	13.57	5.11
September	15	9.37	11.17	7.58	3.24	13.82	2.19
October	15	9.84	12.46	7.22	4.73	21.84	2.63
November	15	7.71	9.21	6.22	2.70	13.51	2.67
December	15	5.82	6.82	4.82	1.80	9.11	3.26

Note: Valid = Number of records, Mean = Average, Upper 95% CI = Upper 95% Confidence Interval, Lower 95% CI = Lower 95% Confidence Interval

Table 3. Descriptive Statistics of Inflows to the Sabaneta Dam. Source: Own elaboration with data from EGEHID²⁰

These results differ from those reported for Chilean rivers, where there is a tendency for increased winter precipitation and decreased summer and autumn precipitation²². Similarly, they differ from studies conducted in the Guayllabamba River basin in Ecuador, where inflows decrease in summer²².

4. CONCLUSIONS

In light of the results in the San Juan River sub-basin, there is a complex interaction between natural resources and anthropogenic activities. The distribution of soil types and vegetation cover shows a clear negative impact on ecosystems, which is exacerbated in areas where natural vegetation has been cleared for short-cycle crop agricultural activities.

Accelerated water erosion, aggravated by intensive soil use, has become a priority issue, not only due to its harmful effects on water quality and ecosystem sustainability but also because it contributes to sedimentation in the reservoir.

The research highlights conflicts in land use, where areas with high agricultural pressure coexist with underutilized zones, indicating the need to establish a balanced natural resource management plan for the sub-basin.

The results reveal the seasonal variation of inflows to the Sabaneta Dam, highlighting the necessity to establish water resource management plans to mitigate the effects of climatic variations manifested through seasonal irregularity in the rainfall regime.

5. REFERENCES

- [1] García Tejera, R., Pérez Montero, O., González Trujillo, M., Alarcón Borges, R., & Mesa Vázquez, J. (2021). Systematization of scientific information on watersheds tributary to Santiago de Cuba Bay. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 211–221. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000300211
- [2] Formaggio, L. (2024). Geosciences, hydrogeology-hydrology. *Earth Sciences Journal*.

- [3] SEMARNAT (Secretariat of Environment and Natural Resources). (2013). Watersheds: Fundamentals and perspectives for their management and administration. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>
- [4] Rosatto, H., Moyano, G.P., Cazorla, L., Meyer, M., Laureda, D., Pérez, D., Bargiela, M., Gamboa, P., Olivieri, A., Sbarra, G., Aulestia, M., Epstein, Y., Viceconte, F., Simonyan, M., Requejo, I.M., Daniel, A.C., Miranda, B., & Rocca, C. (2020). Ten years of research in extensive green roofs extensive type: A synthesis of results obtained. *Aqua-LAC*, 12(2), 78–84. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2020-v12-2-07>
- [5] Martínez-Batlle, J.R., & Izzo, M. (2023). Generation of a dense hydrographic network of the Dominican Republic from a medium resolution digital elevation model. *SciELO Preprints*. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.7056>
- [6] Segura, B., & Ferreira, R. (2020). Use of reservoir sediments as nutrients for the fertilization of agricultural soils in the Dominican Republic. *Aqua-LAC*, 12(2), 15–36. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2020-v12-2-02>
- [7] Huamacata, L. (2018). Spatial analysis of land use changes. Application with geographic information systems. *Revista Cartográfica*, 98, 239–257. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i98.149>
- [8] Alvarado, N., & Mainato, F. (2021). *SIG tools for studying vegetation cover and land use change in Chunchi canton, Chimborazo province, Ecuador*. [Universidad Politécnica Salesiana] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20104/1/UPS-CT009032.pdf>
- [9] Cabrera, E., & Suárez, B. (2022). Analysis of the influence of vegetation cover on runoff flow in a basin using HEC – HMS and SWAT models. [Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/91968/Cabrera_AEA-Suarez_CBG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [10] Chirinos, T. (2023). Climate variability and land cover changes in the headwaters flows of the Cabanillas River basin. *LATAM Latin American Journal of Social Sciences and Humanities*, 4(2), 6004–6024. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.1030>
- [11] General Law on Environment and Natural Resources, Law No. 64-00. (2000). Dominican Republic. <https://mem.gob.do/wp-content/uploads/2019/01/Ley-No.-64-00-que-crea-la-Secretaria-de-Estado-de-Medio-Ambiente-y-Recursos-Naturales.pdf>
- [12] Territorial Planning Law, Law 368-22. (2022). Dominican Republic. <https://biblioteca.enj.org/bitstream/handle/123456789/125404/LE368-2022.pdf?sequence=1>
- [13] Chávez, J.M. (23rd June 2017). *Precision agriculture in the Dominican Republic*. Dominican Association of Agronomist Engineers. <https://adiard.blogspot.com/2017/06/agricultura-de-precision-en-republica.html>
- [14] PROCISUR (Cooperative Program for the Technological Development of Agri-Food and Agro-Industrial in the Southern Cone). (2006). Precision agriculture: Integrating knowledge for modern and sustainable agriculture. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7408>

- [15] MMARN (Ministry of Environment and Natural Resources). (2012). *Maps of the Yaque del Sur River Basin*. <https://ambiente.gob.do/app/uploads/2016/12/Yaque-del-Sur-Areas-Protegidas.pdf>
- [16] IICA (Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture). (1992). Sustainable development project in San Juan de la Maguana. Volume II. Hydrological analysis. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/18453>
- [17] Gold Quest. (2016). *Technical economic study of the Romero mining project*. <https://mem.gob.do/wp-content/uploads/2019/02/Estudio-Tcnico-Econmico-Minero-Proyecto-Romero.pdf>
- [18] MMARN (Ministry of Environment and Natural Resources). (2024). *Map of the San Juan River Sub-Basin*. Communication via email.
- [19] INDRHI (National Institute of Hydraulic Resources). (2014). Analysis of empirical methods of erosion and sediments. Project for modelling hydrological regimes and erosion/sedimentation processes and simulating scenarios for watershed restoration.
- [20] EGEHID (Dominican Hydroelectric Generation Company). (2024). Operations Department Hydrometeorology Department. Inflows to Sabaneta, Sabana Yegua, and Palomino Dam (m³/s). <https://egehid.gob.do/transparencia/>
- [21] Consorcio Proyecta, C x A – Ingeniería Caura. (2013). *Updated Master Plan for the Management of the Upper Basins of the Sabana Yegua Dam. Sur Futuro*. Ministry of Environment and Natural Resources. <https://bvearmb.do/handle/123456789/1959>
- [22] Pizarro-Tapia, R., Cabrera-Jofre, C., Morales-Calderón, C., & Flores-Villanelo, J.P. (2011). Temporal variation of precipitation and flows in the Maipo River basin, and the potential glacial influence on water production (1963-2006). *Tecnología y Ciencias del Agua*, II(3), 5-19. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v2n3/v2n3a1.pdf>
- [23] García-Muñoz, T., & Giler-Ormaza, A. (2021). Seasonality analysis of the flow rate and the dynamics of the river regime: Application to the Guayllabamba river. *Polo del Conocimiento*, 6(6), 24-39. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/issue/view/81>

Sensitivity analyses as a response to the environmental vulnerability of tourism activity in Caribbean countries

Diana Salciccia-Frezza¹, Teresa Rodríguez-Espinosa², José Navarro-Pedreño²

¹School of Geographical Sciences, Faculty of Sciences, University Autonomous of Santo Domingo, Dominican Republic

²Department of Agrochemistry and Environment, University Miguel Hernández of Elche, Spain

Email: dsalciccia@msn.com, maria.rodrigueze@umh.es, jonavar@umh.es

Abstract

The sustainability of tourism development in places of interest such as the Caribbean countries is a global challenge that requires an integrated approach to territorial planning and management. Strategic Environmental Assessments (SEAs) are used to ensure that environmental considerations are integrated into the decision-making process at the policy, plan and programme level. However, there is a growing need to improve the accuracy and predictive capacity of SEA by incorporating tools that allow better assessment of the environmental sensitivity of territories. Environmental sensitivity analysis is an approach that allows identifying and prioritizing geographic areas that are especially vulnerable to human disturbances. The incorporation of this analysis into SEA can provide a more detailed and adapted assessment of the possible environmental consequences of tourism developments, such as those that occurred in the Dominican Republic, which experienced an exponential growth in tourism development since 1980, affecting territories with high environmental value. This exponential growth in turn generated some environmental problems in the territory as a result of an environmental impact assessment system biased towards individual projects and not a policy of territorial and environmental planning of tourist spaces.

Keywords: Tourism investment; environmental planning; strategic environmental assessment; Environmental sensitivity analysis

1. INTRODUCTION.

The sustainability of tourism development in places of interest such as the Caribbean countries is a global challenge that requires an integrated approach to territorial planning and management. According to Gómez Orea et al. (2011)¹, the Strategic Environmental Assessment (SEA) is a preventive environmental management instrument aimed at integrating the environment into the process of formulating policies, plans and programs (PPP) and verifying the reality of it. Integration consists of incorporating, from the beginning, sensitivity, criteria, knowledge and environmental commitment into the process of preparing the PPP, so that the public decision in this regard is as accurate as possible¹. Therefore, Strategic Environmental Assessments (SEAs) are used to ensure that environmental considerations are integrated into the decision-making process at the level of policies, plans and programmes. However, there is a growing need to improve the accuracy and predictive capacity of SEA by incorporating tools that allow better assessment of the environmental sensitivity of territories.

Environmental sensitivity analysis is an approach that allows identifying and prioritizing geographic areas that are especially vulnerable to human disturbances. According to Rebolledo (2009)², Environmental Sensitivity Analysis (ESA) is the evaluation of the susceptibility of the environment to be affected in its operation and/or intrinsic conditions by the location and development of any project and its areas of influence. Incorporating this analysis into SEAs can provide a more detailed and tailored assessment of the potential environmental consequences of tourism developments, especially in island countries, thus promoting more sustainable territorial management. The high environmental value of these territories is due to the

presence of coastal areas with beaches, dunes, coastal lagoons, mangroves, coastal wetlands and proximity to important protected areas. This environmental value has put many previously lagging spaces in tourist value, however, tourism development in coastal areas has sometimes led to the degradation of sensitive ecosystems, such as coral reefs and mangroves³.

Due to this enhancement, the Dominican Republic, within the countries of the insular Caribbean, experienced an exponential growth in the development of tourism since 1980, when substantial changes began to take place in the tourism model⁴, incorporating territories with high environmental value to the development of hotel complexes in areas such as Punta Cana, Bávaro, Macao, Uvero Alto, Bayahibe, Samaná and recently, Miches and Pedernales. This exponential growth in turn generated some environmental problems in the territory as a result of an environmental impact assessment system biased towards individual projects and not a policy of territorial and environmental planning of tourist spaces. These environmental problems in tourist areas are due to the lack of integration of strategic environmental assessment in tourism planning and in the environmental evaluation of projects.

2. METHODOLOGY.

To obtain the literature used in analysis of the state of the art, as the main objective was to carry out documentary research regarding the SEAs in the Caribbean area, several research criteria have been established. They were the following: (i) research/work/studies related to tourism development in the Dominican Republic, strategic environmental assessment, and environmental sensitivity analyses; (ii) articles published from 2000 to the present related to the impact of tourism on the Dominican economy and the local environment; (iii) regional geographic scope studies, in order to learn about the application of methodologies in Caribbean countries; (iv) national statistics on tourism development indicators. For the literature review, the EBSCOhost database and the available tools were consulted. The search options were title, abstract and keywords. The following keywords (combined or separate) were used: *Dominican tourism development*, *tourism investment in the Dominican Republic*, *strategic environmental assessment*, *environmental sensitivity analysis*, *environmental impacts of tourism in the Dominican Republic*, *tourism sustainability*, *environmental vulnerability in island tourism countries*.

3. THE GROWING DOMINICAN TOURISM DEVELOPMENT.

According to Isa (2011)⁵, between 1980 and 2008 the real value added by tourism multiplied by 16 in the Dominican Republic. The speed of growth was experienced in the nineties. Between 1980 and 1990, the contribution of the tourism sector went from 1% of the Gross Domestic Product (GDP) to 4%. In the 1990s, the contribution to GDP grew from about 4% in 1990 to 7% in 2000. This contribution is not only given by the generation of added value only, but it is an activity that links other productive sectors contributing to synergistic development, for example, promoting agricultural, transport and commercial activity. A significant contribution has been the

decentralization of economic activity, which until then was only concentrated in the metropolitan area of Santo Domingo and Santiago. However, the expansion of tourism translated into a growth in economic activity towards the north and east coasts of the country, economically marginalized areas until before the nineties.

Campusano et al. (2024)³ point out that tourism has boosted the Dominican economy. The authors state that during the period from 2012 to 2022, foreign direct investment (FDI) in tourism reached 7,673 million dollars, representing 25% of the total FDI received in the country. This sector has seen a considerable boost due to investment from large hotel chains, mainly from Spain and the United States, with more than 600 projects nationwide. This has improved the tourism infrastructure, the competitive hotel offers and an increasingly qualified workforce, making the country the main tourist destination in the Caribbean. They also indicate that the processes for foreign investment in the tourism sector have been simplified, which has contributed to its promotion.

According to data from the Ministry of Tourism, tourism activity in the Dominican Republic is fundamental to its economy, representing approximately 7.5% of GDP and contributing 34.4% of the income of the balance of goods and services. This sector, driven by beaches and tropical climate, is essential for employment, generating 7% of jobs in the country and having a multiplier effect on job creation⁶. In this sense, it can be indicated that tourism in the Dominican Republic has been consolidated as one of the fundamental pillars for the socioeconomic development of the country. However, it should be taken into account that, due to its dependence on investment, tourism production is mainly in the hands of foreign capital, which returns the profits extracted from the territory to their countries of origin⁷.

Despite these strengths and other opportunities of the country compared to others in the region, the tourism sector presents challenges in the face of environmental vulnerability and the lack of environmental planning of the territory, including genuine local economic development. Natural disasters, such as hurricanes, and the effects of climate change represent a constant threat to the country's tourism infrastructure³.

4. THE IMBALANCE BETWEEN TOURISM INVESTMENT AND THE ENVIRONMENTAL PLANNING OF THE TERRITORY.

The Dominican tourism industry began firmly at the end of the sixties and the government was the main driver when making the first investments, in addition to offering a generous framework of tax exemptions and benefits aimed at promoting private investment – national and foreign – which was initially concentrated in Santo Domingo and the poles of Puerto Plata and Boca Chica⁸. The greatest take-off would come to the East in 1985 with the opening of the International Airport, which generated the tourist poles of Punta Cana and Bávaro, where large hotel firms began to be established. The bet of both private investors and government planners was made in favour of the development of All-Inclusive (AI) resorts, giving rise to colossal

structures in virgin areas, under an enclave scheme with little or no influence on the communities where they are inserted.

In the last two decades, there has been a proliferation of legislative initiatives that grant tax exemptions and other privileges to tourism-real estate development projects (Law 158-01) and to foreigners who decide to reside in the Dominican Republic (Law 171-07)⁴. Consequently, serious issues on the environment and social exclusion have been generated, which openly question the sustainability of the country's main tourist destinations. This is confirmed by studies such as the one carried out by MITUR (2012)⁹ which presents a geoenvironmental assessment of 133 beaches where strongly degraded systems associated with urban occupations and resorts on the beachfront are evidenced; or research on vulnerability to climate change¹⁰, reflecting that the predominant tourism model is one of the main factors of vulnerability, affecting the coastal provinces with the greatest housing capacity (La Altagracia, San Pedro de Macorís, Distrito Nacional and Puerto Plata).

One of the relevant problems which has contributed to exacerbating the negative impacts and unsustainability of this type of tourism development has been the lack of state regulation, heavy burden and environmental deterioration⁵. According to Isa⁵, "the expansion of hotel activity since the mid-eighties has not been developed within the framework of development and land use plans. Nor in the framework of effective environmental regulation. The result has been a disorderly growth of tourism poles, both hotel projects and human settlements that emerged or expanded because of hotel growth. This growth has resulted in an overexploitation of resources at the poles, particularly soils, waters, and coastal resources. The environmental problems experienced by the country's tourist areas are widely known, especially the growth of slum settlements, the overflow of road and urban infrastructure, deficiencies in municipal services, including solid waste collection, overuse of groundwater sources and their salinization, and the degradation of coasts and marine reefs."

The Dominican tourism industry, despite the regulations that govern it, has been sustained by inadequate management of the environment, understanding that its natural resources could be used unlimitedly without causing degradation to the environment and its ecosystems⁴. Before the General Environmental Law 64-00, there were specific regulations for the control of certain practices related to natural resources, for this reason that period is characterized by the lack of environmental regulation in some of the first tourist poles.

Navarro-Jurado et al. (2015⁷) argue that what happens in tourism development in the Caribbean, and therefore in the Dominican Republic, is a clear reflection of the union of Butler's and Gormsen's models and that it implies the constant construction of new enclaves in a succession of "tourist peripheries", repeating the cycle: tourism "discovers" a certain relatively virgin territory and initiates the first activities that give way to massive commercial exploitation. Subsequently, the destination becomes massive, loses its novelty and begins to degrade. At this time, destiny is reconverted, reinvented, or enters a phase of decline. At the same time, capital "flees" to other

"undiscovered" destinations, where it can begin to promote a more "attractive" offer, thus generating a spatial expansion and restarting the Cycle¹¹. It is at this time that in the other destinations to be discovered, environmental planning and strategic environmental assessment were not incorporated.

In the eastern part of the Dominican Republic, the impact of tourism has been greater, causing enormous environmental loss. After Law 64-00 was created, it was thought that the deterioration of coastal and marine resources was going to stop, especially in areas of hotel incidence. However, the destruction of dune systems, coastal lagoons and mangroves on the east coasts, such as in Bávaro, Punta Cana and Macao, among others, has occurred, without intervention to stop the destruction of coastal ecosystems, without environmental control.

As suggested by Portorreal and Morales (2011)⁴, Law 64-00 has not stopped the environmental deterioration of tourist areas, as serious losses of local ecosystems continue to occur, related to or linked to tourism projects. The municipal councils have given authorization for the use of land in highly vulnerable spaces such as dune systems, coastal lagoons and mangroves, as well as the Ministry of the Environment. The environmental management of the tourism model that has been implemented to date is not sustainable because the environmental variable is not integrated into the strategic planning of the tourism sector nor are environmental sensitivity assessments of territories that will be subjected to territorial development carried out.

Inchaustegui (2019)¹² points out that the diversity of problems that arise on the Dominican coasts due to tourism activity are partly the product of violations of Law 64-00 on the environment and natural resources and of the sectoral laws and regulations that derive from

them. Among the main coastal environmental problems related to tourism activity, he points out: privatization and impediment of entry to beaches and coastal areas by private agents; destruction of dunes and coastal vegetation, affecting in some cases turtle nesting areas; erosion of beaches and associated coral spaces; destruction of seagrass meadow areas under the pretext of beach cleaning or improper use of boats; drying and filling of mangroves and wetlands for the development of tourism infrastructures; destruction of reefs, threat to natural reserves, and consequently, greater vulnerability to climate change. This work also states that one of the most important points for the sustainable development of tourism is the need to have good indicators.

Herrera and Betancourt (2007)¹³ state that climate change, especially on islands such as the one to which the Dominican Republic belongs, will seriously affect various factors, such as ocean acidification, changes in rainfall patterns, increases in air and water temperatures, rising sea levels, and increases in the frequency and intensity of extreme weather events. They will affect key elements of the physical-natural environment, compromising the natural resources on which tourism depends and triggering primary and secondary social and economic impacts that will affect all those

related to the sector. The authors identify a series of expected impacts on key biogeophysical factors related to tourism development (in the case of Punta Cana and Bávaro). These factors are coral reefs, sandy beaches, mangroves, and key representatives of coastal and marine biota. The impacts to be addressed include the increase in atmospheric CO₂ itself, the rise in sea level, the increase in temperature, changes in the rainfall pattern and the increase in extreme weather events.

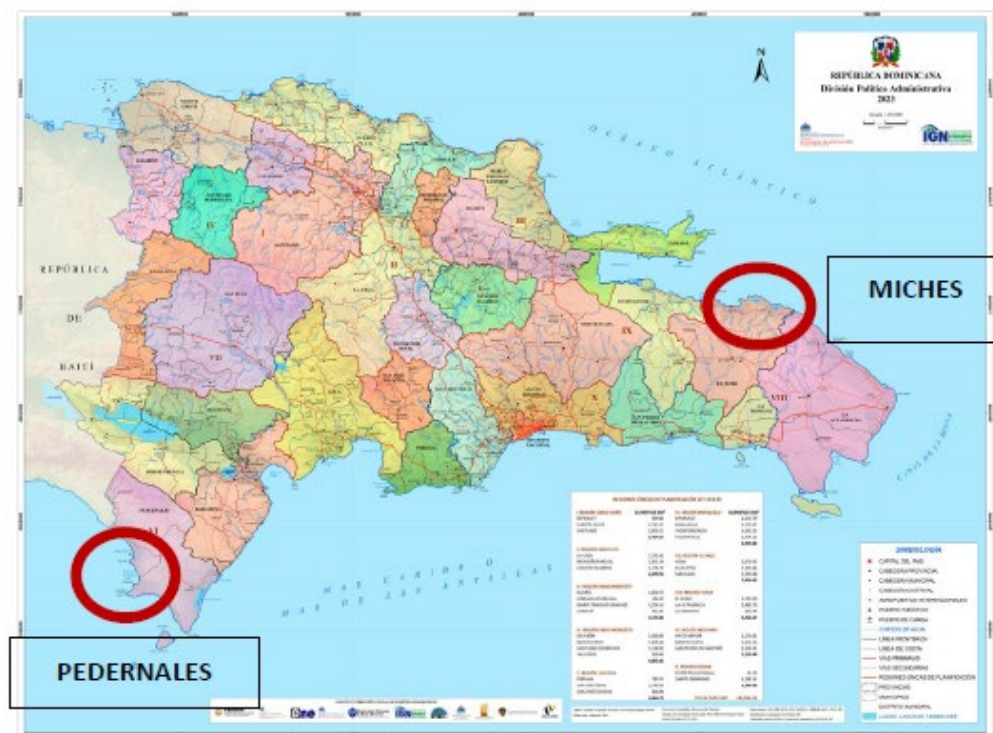


Figure 1 Map of the DR with the two tourist sites under development: Miches and Pedernales. Source: José Joaquín Hungría Morel National Geographic Institute. 2023.

In this context, the sustainable management of the territory and the incorporation of environmental sensitivity analyses in the strategic environmental assessment for the new tourism poles of national development are of utmost importance in order to avoid repeating the experiences of past environmental impacts –natural and social–. Currently, and for about four years, the phenomenon, suggested as the union of Butler's and Gormsen's models⁷, has taken place, which implies the constant construction of new enclaves in a succession of tourist peripheries. In this case, tourism discovers a relatively virgin territory and in this case two tourist sites on the Dominican coasts have been valued: Miches and Pedernales, two historically relegated areas, but with incalculable natural beauty, and a high environmental sensitivity (Figure 1).

5. STRATEGIC ENVIRONMENTAL ASSESSMENT IN THE TOURISM CONTEXT.

The Strategic Environmental Assessment (SEA) arises as an evolution of the Environmental Impact Assessment (EIA), whose function is to assess the environmental impacts of specific projects. SEA, on the other hand, focuses on a higher

level of planning, assessing the environmental impact of policies, plans and programmes, and providing a framework for integrating environmental considerations into strategic decision-making.

SEA is a preventive environmental management instrument aimed at first integrating the environment into the process of formulating policies, plans and programs (PPP) and then verifying the reality of it¹⁴. Integration consists of incorporating, from the beginning, sensitivity, criteria, knowledge and environmental commitment to the process of preparing the PPP, so that the public decision in this regard is as accurate as possible. Verification involves two facets: verification that an effort has indeed been made to integrate the environment in the preparation of the PPP and the evaluation of the result achieved.

SEA would then be defined as a systematic process for assessing the environmental consequences of policy proposals, plans and programmes to ensure that they are fully included and appropriately considered in the early stages of decision-making at the same level as economic and social considerations. The objective of SEA is to prevent and mitigate the environmental consequences of decision-making in phases prior to that of the projects, through the timely recognition of the alternatives of initiatives that best fit the principles of environmental sustainability. At this point, environmental sensitivity analyses become extremely important. Thus, SEA is based on a holistic vision of the territory and its environmental sensitivity that allows it to be ordered according to its restrictions and potentialities so that each project proposed in that territory can consider its sensitivities before being designed in order to ensure that territorial development is carried out in a sustainable way. The effectiveness of these assessments has often been limited by the lack of integration of tools that address the environmental sensitivity of the territory.

Although SEA has established itself as a valuable tool for environmental planning and management, its application in the context of tourist sites often lacks an in-depth assessment of the territory's environmental sensitivity. In the case of the Dominican Republic, and due to the importance of tourism for the local economy, economic growth is sometimes interposed as a national priority, and environmental assessment systems sometimes result as obstructions to the dynamism of the economy and the holistic and long-term vision is lost.

Environmental sensitivity analysis is a methodology that allows assessing the vulnerability of a territory to different types of environmental impacts. This approach has gained relevance as a tool that complements SEA by providing a more detailed assessment of geographical areas requiring special protection and planning the territory accordingly. Rebolledo (2009)² defines environmental sensitivity analysis (ESA) as the evaluation of the susceptibility of the environment to be affected in its operation and/or intrinsic conditions by the location and development of any project and its areas of influence. The ESA evaluates the susceptibility and resilience of the characteristic variables of the environment, because of the actions planned in the preliminary phase of the project. Based on this, it establishes a model of

environmental sensitivity based on the assessment of spatial relationships to seek sustainable development.

An example at the regional level of Caribbean countries is the Republic of Colombia. Since 2020, the National Environmental Licensing Entity of Colombia, as part of the strategy to strengthen the early assessment of the territory, developed a new instrument called Regional Environmental Sensitivity, which seeks to generate alerts on aspects of environmental vulnerability for consideration during the evaluation and monitoring of projects under the competence of the National Environmental Licensing Authority (ANLA) on a rough scale. The methodological scheme developed by the ANLA for the exercise of environmental sensitivity, begins with the acquisition of official secondary information useful for the diagnosis of the state of resources at the national level, as well as the list of projects subject to periodic monitoring. From this information, the criticalities are assigned to the analysed components, generating intermediate sensitivities; which are finally weighted resulting in a single total sensitivity¹⁵.

In the Dominican Republic, ESAs have been carried out in geographical spaces intended for the development of tourism projects, however, these analyses are based on the private sector and on a voluntary basis, resulting in individual projects planned and designed based on the environmental sensitivities found. The environmental and licensing results have been successful; however, this depends on the will and awareness of the investor, but not on a formal procedure established by public policies on environmental matters or related institutions. Recently, the Ministry of Environment and Natural Resources of the Dominican Republic has issued a resolution (Res. 0020/2024)¹⁶ that issues the terms of reference for the strategic environmental assessment of land use plans at the national, regional and municipal levels in compliance with Law No. 36822, on land use, land use and human settlements. This could be the beginning of the incorporation of these ESAs into the strategic environmental assessment, and for this it is essential to identify and develop ESA methodologies that allow the integration, evaluation and management of areas sensitive to the development of new national tourist destinations.

6. CONCLUSIONS.

The development of Dominican tourism activity has had an accelerated growth and despite the environmental regulations that govern it, it has been sustained by an inadequate management of the environment, understanding that its natural resources could be used unlimitedly without causing degradation. Although there have been efforts to carry out adequate environmental planning, there has not been a coherent policy regarding the management of sensitive areas in sites considered as important tourist destinations. SEAs have been applied in the planning of tourist destinations to assess the potential impact of tourism development policies on the environment and local communities in some parts of the world. However, the effectiveness of these assessments is often limited by the lack of integration of tools that address the environmental sensitivity of the territory. Environmental sensitivity analysis has great

potential to be integrated into SEAs, especially in contexts where territorial planning must balance economic development with environmental conservation. However, this integration is still incipient in many regions. The integration of environmental sensitivity into tourism planning has proven to be effective in reducing the negative impacts of tourism in particular cases of the development of tourism projects in the country, however, this integration remains a challenge due to the lack of standardized methodologies that can be applied to different contexts.

7. REFERENCES.

- [1] Gómez Orea, D., & Gómez Villarino, M. (2011). Evaluación ambiental estratégica (EAE); un instrumento preventivo de gestión ambiental. *Revista De Salud Ambiental*, 11(1-2), 9–16. <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/169>
- [2] Rebolledo, R. (2009). Modelo de sensibilidad ambiental basado en la valoración de relaciones espaciales. En: *Teledetección: Agua y desarrollo sostenible*. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud, 23-26 de septiembre de 2009. pp. 229-232. Editores: Salomón Montesinos Aranda y Lara Fernández Fornos.
- [3] Campusano P., M., Cuello D., E., Domínguez V., C. y Orgaz A., F. (2024). La inversión extranjera directa en turismo en la República Dominicana. Un análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidad y amenazas. *Turismo & Desarrollo local sostenible* Vol. 17 Núm. 36 (2024): Junio ISSN: 1988-5261
- [4] Portorreal, F. y Morales, M. (2011): Análisis crítico de la legislación y las políticas turísticas en República Dominicana. En: *Turismo placebo: nueva colonización turística: Del Mediterráneo a Mesoamérica y El Caribe. Lógicas espaciales del capital turístico*. Editores Ernest Cañada Mullor, Macià Blázquez. -- 1a ed. -- Managua: EDISA, 2011. 410 p. ISBN: 978-99924-60-30-6
- [5] Isa C. Pavel (2011): Expansión y agotamiento del modelo turístico dominicano. El turismo en los informes de desarrollo humano en la República Dominicana. En: *Turismo placebo: Nueva colonización turística: Del Mediterráneo a Mesoamérica y El Caribe. Lógicas espaciales del capital turístico*. Editores Ernest Cañada Mullor, Macià Blázquez. -- 1a ed. -- Managua: EDISA, 2011. 410 p.
- [6] Ministerio de Turismo (2021). Conocimiento sobre el turismo en República Dominicana. Santo Domingo, Ministerio de Turismo de la República Dominicana.
- [7] Navarro-Jurado, E., Thiel-Ellul, D. y Romera-Padilla Y. (2015). Periferias del placer: cuando turismo se convierte en desarrollismo inmobiliario-turístico. En: *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* No 67 – 2015, pags. 275-302. I.S.S.N.: 0212-9426.
- [8] López Gómez, M. D. (2007): Turismo sin desarrollo. Los intereses creados como amenaza al sector turístico de República Dominicana. Informe de investigación de Intermon Oxfam.
- [9] MITUR (2012): Análisis, Clasificación y Propuestas de Gestión Sostenible de las Playas de la República Dominicana. Santo Domingo, Ministerio de Turismo.
- [10] USAID; THE NATURAL CONSERVANCY e INSTITUTO DOMINICANO DE DESARROLLO INTEGRAL –IDDI- (2013): Informe Final Puntos Críticos para la Vulnerabilidad a la Variabilidad y Cambio Climático en la República Dominicana y su Adaptación al mismo. Santo Domingo, Instituto Dominicano de Desarrollo Integral (IDDI).

- [11] Cañada, E. (Coord.). (2010): Turismo en Centroamérica, nuevo escenario de conflicto social. Managua, Editorial Enlace.
- [12] Inchaustegui, S. (2019). La sostenibilidad del turismo en República Dominicana y su dimensión ambiental. Documento de trabajo. Consultoría para el Proyecto Biodiversidad Costera y Turismo: una oportunidad para el desarrollo sostenible (UNDP/GEF PIMS 4955/ ID 00092146).
- [13] Herrera A. y Betancourt, L. (2007). Efectos del Cambio Climático sobre el turismo de la región de Bávaro y Punta Cana, República Dominicana. Fase II. Escenarios climáticos, impactos y medidas de adaptación. Proyecto PNUD/SEMARENA: Habilitando a Republica Dominicana en las Preparaciones Iniciales en Respuesta a sus compromisos con la CMNUCC.
- [14] Gómez Orea, D., & Gómez Villarino, M. (2011). Evaluación ambiental estratégica (EAE); un instrumento preventivo de gestión ambiental. Revista De Salud Ambiental, 11(1-2), 9–16. <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/169>
- [15] ANLA. 2023. Sensibilidad Ambiental para proyectos obras y actividades de competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA 2023. Bogotá. 93 p. <https://www.anla.gov.co/proyectos-anla/centro-de-monitoreo/sensibilidad-ambiental-regional>
- [16] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2024). Resolución núm. 0020/2024 que emite los términos de referencia para la evaluación ambiental estratégica de los planes de ordenamiento territorial a nivel nacional, regional y municipal en cumplimiento a la ley núm. 368-22, sobre ordenamiento territorial, uso del suelo y asentamientos humanos. República Dominicana. <https://ambiente.gob.do/portal-transparencia/base-legal/#32-2679-wpfd-resoluciones-2024>

SESSION: Environmental education at the different levels of the educational systems

Τι άλλαξε στις απόψεις των μαθητών για την κλιματική αλλαγή
από το 2011 μέχρι σήμερα.

Γιωτοπούλου Παναγιώτα

Μαθήτρια της Α' Λυκείου του 12ου Λυκείου Πάτρας

Email: giotopouloupanagiota@gmail.com, ggiotop@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μελέτη αυτή διερευνά την αντίληψη του κινδύνου της κλιματικής αλλαγής από τους μαθητές Λυκείου και κατά πόσο έχει αλλάξει σε σχέση με έρευνα που διεξήχθη το 2011. Συνολικά 310 μαθητές συμπλήρωσαν ένα ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου αποτελούμενο από δηλώσεις σχετικά με τις αιτίες, τις επιπτώσεις και τις λύσεις για αυτό το παγκόσμιο περιβαλλοντικό ζήτημα. Εξετάστηκαν το μορφωτικό επίπεδο, το φύλο και η προηγούμενη συμμετοχή σε εξωσχολικά προγράμματα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης σε σχέση με τις ιδέες των μαθητών. Εντοπίστηκε βελτίωση στα ποσοστά των σωστών απαντήσεων των μαθητών του 2024 σε σχέση με τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές του 2011 πάνω στο θέμα της κλιματικής αλλαγής. Οι κυριότερες πηγές, κοινές και στις δύο έρευνες, από τις οποίες οι μαθητές έχουν διαμορφώσει την άποψή τους σχετικά με το θέμα της κλιματικής αλλαγής αλλά και συνεχίζουν να αντλούν πληροφορίες είναι η τηλεόραση και το σχολείο ενώ βλέπουμε πως στην παρούσα έρευνα εμφανίζονται και άλλες δύο πηγές πληροφόρησης, το διαδίκτυο και το κινητό τηλέφωνο.

Λέξεις κλειδιά: κλιματική αλλαγή, μαθητές, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, ερωτηματολόγιο

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με την Liarakou et al., 2011, το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής φαίνεται να απασχολεί τους μαθητές της Β' Βαθμιας Εκπαίδευσης. Επειδή οι αντιλήψεις για την κλιματική αλλαγή στα παιδιά φαίνονται λιγότερο επιρρεπείς στην επιρροή της κοσμοθεωρίας ή του πολιτικού πλαισίου, μπορεί να είναι δυνατό για αυτά να εμπνεύσουν τους ενήλικες προς υψηλότερα επίπεδα ανησυχίας για το κλίμα και, με τη σειρά τους, συλλογική δράση (Hornsey et al., 2016). Γενικά, ένα υψηλότερο επίπεδο αντίληψης του κινδύνου της κλιματικής αλλαγής εκδηλώνεται από πιο μορφωμένα άτομα, άτομα με ισότιμες και μεταϋλιστικές αξίες, άτομα με υψηλότερο ενδιαφέρον για την πολιτική και χαμηλότερο επίπεδο προσωπικών οικονομικών ανησυχιών. Συνολικά, οι γυναίκες εκφράζουν υψηλότερα επίπεδα αντίληψης κινδύνου κλιματικής αλλαγής από τους άνδρες, αλλά η ύπαρξη μικρότερων παιδιών στο σπίτι μειώνει τις αντιλήψεις κινδύνου των γυναικών. Ομοίως, τα επίπεδα αντίληψης του κινδύνου κλιματικής αλλαγής μειώνονται με την ηλικία μόνο για τις γυναίκες (Ergun et al., 2024). Η συλλογική δράση που απαιτείται για τον μετριασμό και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή είναι εξαιρετικά δύσκολο να επιτευχθεί, κυρίως λόγω κοινωνικο-ιδεολογικών

προκαταλήψεων που διαιωνίζουν την πόλωση για την κλιματική αλλαγή (McCright et al., 2011· Kahan et al., 2012). Σύμφωνα με τους Baiardi & Morana (2021), η ανάληψη ατομικής και κοινωνικής δράσης για τον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής έχει καταστεί κρίσιμη. Επομένως, η κατανόηση της στάσης του κοινού απέναντι σε αυτές τις επιπτώσεις και των κινητήριων παραγόντων τους είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική διαμόρφωση πολιτικής.

Επιπρόσθετα, οι Lawson et al., (2018) τονίζουν ότι τα σύνθετα περιβαλλοντικά προβλήματα συνήθως επιλύονται αφού το κοινό δεν είναι πλέον πρόθυμο να αποδεχθεί τους κινδύνους και απαιτεί αλλαγή (π.χ. Αντανακλαστικός Εκσυγχρονισμός). Αξιοσημείωτα παραδείγματα περιλαμβάνουν τις αντιδράσεις στην τρύπα του όζοντος και την εναπόθεση οξέος. Στην περίπτωση της κλιματικής αλλαγής, ωστόσο, η πολιτικοποίηση του ζητήματος μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα οι ενήλικες να αγνοούν τους κινδύνους και να αποδέχονται το status quo.

Οι μαθητές έχουν αρκετά σαφείς ιδέες για τις επιπτώσεις, ενώ φαίνεται να είναι κάπως μπερδεμένοι σχετικά με τις λύσεις και κυρίως τις αιτίες. Μεταξύ των πιθανών εξηγήσεων αυτών των τάσεων, τονίζεται η λογική ακολουθία των φυσικών συνεπειών και η δυσκολία των μαθητών να αναγνωρίσουν αιτίες που προϋποθέτουν συγκεκριμένες επιστημονικές γνώσεις (Liarakou et al., 2011).

Οι Lawson et al. (2018) υποστηρίζουν ότι η επικοινωνία για το κλίμα με βάση τα παιδιά είναι μια ανεπαρκώς μελετημένη αλλά πολλά υποσχόμενη πορεία για την υποκίνηση δράσης για το κλίμα τόσο μεταξύ παιδιών όσο και ενηλίκων. Τα παιδιά έχουν μοναδικές προοπτικές για την κλιματική αλλαγή, αντιπροσωπεύουν ένα κοινό που προσεγγίζεται εύκολα μέσω των σχολείων και είναι αναμφισβήτητα καλύτερα εξοπλισμένα για να πλοηγηθούν στο ιδεολογικά φορτισμένο θέμα της κλιματικής αλλαγής με τις παλαιότερες γενιές με τρόπους που εμπνέουν δράση. Επίσης, υπάρχει ευρεία συναίνεση μεταξύ των επιστημόνων σχετικά με τον επείγοντα χαρακτήρα της δράσης κατά της κλιματικής αλλαγής. Πολλές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έχουν τεκμηριωθεί επαρκώς τις τελευταίες δεκαετίες· για παράδειγμα: η αύξηση της θερμοκρασίας, η αύξηση της αλατότητας και της οξίνισης των ωκεανών και η αύξηση της θερμοκρασίας των θαλασσών (IPCC, 2014). Ακόμη, εξετάζεται ο ρόλος των πηγών πληροφόρησης, ιδίως της τηλεόρασης που αναδείχθηκε ως η κυρίαρχη πηγή, ενώ και η συμμετοχή σε προγράμματα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης φαίνεται να είναι ένας κρίσιμος παράγοντας, καθώς έχει σαφώς επηρεάσει τις ιδέες των μαθητών με θετικό τρόπο (Liarakou et al., 2011).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η έρευνα διεξήχθη στις τρεις τάξεις του 12^{ου} Λυκείου Πάτρας και είχε ως σκοπό την εξερεύνηση των γνώσεων πάνω σε θέματα της κλιματικής αλλαγής αλλά και τυχόν παρανοήσεις πάνω στο θέμα αυτό. Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε ηλεκτρονικά στο εργαστήριο Πληροφορικής, στην αντίστοιχη ώρα του μαθήματος. Δόθηκε στους μαθητές της Α', της Β' και της Γ' τάξης του 12^{ου} Λυκείου Πάτρας σε συνολικά 310 μαθητές από τους οποίους απάντησαν το ερωτηματολόγιο οι 150 μαθητές με ποσοστό συμμετοχής 48,40%.

Το ερωτηματολόγιο είχε συνολικά 31 ερωτήσεις από τις οποίες οι 6 ήταν δημογραφικού τύπου (φύλο, σχολείο, τάξη, ηλικία, εργασία πατέρα, εργασία μητέρας), ενώ από τις υπόλοιπες 25 ερωτήσεις, οι 2 πρώτες ήταν από την ερευνήτρια και οι υπόλοιπες 22 ερωτήσεις από έρευνα του 2011 που αφορούσε σε Β' Βαθμια Εκπαίδευση (626 μαθητές περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου). Δεν προηγήθηκε καμία ενημέρωση προς τους μαθητές, ούτε διδάχθηκαν κάποιο σχετικό διδακτικό αντικείμενο αναφορικά με το θέμα αυτής της έρευνας.

Ερωτήσεις	Απαντήσεις των μαθητών					
1. Σχολείο που φοιτάς	12ο Λύκειο Πάτρας (100%)					
2. Φύλο	Αγόρι (36%)	Κορίτσι (54,7%)	Προτιμώ να μην πω (9,3%)			
3. Ηλικία	15 ετών (36,7%)	16 ετών (36,7%)	17 ετών (16%)	Προτιμώ να μην πω (10,6%)		
4. Τί τάξη πας;	Α' Λυκείου (40%)	Β' Λυκείου (43,3%)	Γ' Λυκείου (16,7%)			
5. Τί δουλειά κάνει ο πατέρας σου;	Δημόσιος υπάλληλος (25,3%)	Ιδιωτικός υπάλληλος (26%)	Ελεύθερος επαγγελματίας (32%)	Συνταξιούχος (2%)	Άνεργος (5,3%)	Άλλο (9,4%)
6. Τί δουλειά κάνει η μητέρα σου;	Δημόσιος υπάλληλος (28%)	Ιδιωτικός υπάλληλος (32%)	Ελεύθερος επαγγελματίας (13,3%)	Συνταξιούχος (2%)	Άνεργος (19,3%)	Άλλο (5,4%)

Πίνακας 1 Ερωτήσεις Δημογραφικού Τύπου

Από τις απαντήσεις των ερωτήσεων δημογραφικού τύπου παρατηρείται πως οι περισσότεροι από τους μαθητές που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο ήταν κορίτσια (54,7%), ενώ τα αγόρια (36%) ακολουθούν. Η ηλικία των μαθητών κυμαίνεται από 15 έως 16 ετών κυρίως, ενώ υπάρχει ένα ποσοστό που είναι 17 ετών ή προτιμάει να μην πει. Οι περισσότεροι φοιτούν στην Α' (40%) και Β' (43,3%) τάξη του Λυκείου. Οι γονείς δουλεύουν κυρίως ως Ελεύθεροι Επαγγελματίες (πατέρας 32% και μητέρα 13,3%), ως Ιδιωτικοί Υπάλληλοι (πατέρας 26% και μητέρα 32%) και ως Δημόσιοι Υπάλληλοι (πατέρας 25,3% και μητέρα 28%).

Ερωτήσεις	Απαντήσεις		
1. Έχεις συμμετάσχει σε περιβαλλοντικά προγράμματα (σε προηγούμενες τάξεις του Λυκείου, στο Γυμνάσιο ή στο Δημοτικό);	Ναι (70%)	Όχι (30%)	
2. Η κλιματική αλλαγή επιδρά στο περιβάλλον που ζούμε;	Ναι (88%)	Όχι (3,3%)	Δεν ξέρω (8,7%)

Πίνακας 2 Ερωτήσεις 1 και 2

Στην ερώτηση 1, «Έχεις συμμετάσχει σε περιβαλλοντικά προγράμματα;» το 70% των μαθητών απάντησε πως είχε συμμετάσχει ξανά στο παρελθόν ενώ το 30% απάντησε πως δεν έχει συμμετάσχει. Στην 2η ερώτηση το 88% των μαθητών απάντησαν πως η κλιματική αλλαγή επιδρά στο περιβάλλον που ζούμε, ενώ το υπόλοιπο 3,3% πως δεν επιδρά και πως δεν γνωρίζουν κατά 8,7%.

A/A	Ερωτήσεις (*Με έντονο χρώμα επισημαίνονται οι σωστές απαντήσεις)	Σωστό/ Λάθος	Σωστό (%)	Λάθος (%)
3	Τα τελευταία χρόνια η μέση παγκόσμια στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει	Σ	82,00	18,00
4	Το φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν θα επιφέρει αλλαγές στην παγκόσμια παραγωγή τροφίμων	Λ	16,00	84,00
5	Η χρήση της ηλιακής ενέργειας επιδεινώνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.	Λ	58,70	41,30
6	Το φυσικό αέριο δεν συμβάλλει στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου.	Λ	62,00	38,00
7	Η χρήση υδρογόνου ως πηγής ενέργειας δεν επιδεινώνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.	Σ	54,70	45,30
8	Η καταστροφή της στιβάδας του όζοντος επιδεινώνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.	Λ	83,30	16,70
9	Η αιολική ενέργεια θα συμβάλει στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου.	Σ	64,70	35,30
10	Η χρήση τεχνητών λιπασμάτων (που έχει φτιάξει ο άνθρωπος) αυξάνει το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα	Λ	67,30	32,70
11	Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως που είχαμε παλιά στα σπίτια εξοικονομούν ενέργεια	Λ	49,30	50,70
12	Η τηλεόραση δεν καταναλώνει ενέργεια όταν είναι απενεργοποιημένη με τηλεχειριστήριο.	Λ	34,70	65,30
13	Το διοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο που έχει συμβάλει στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου	Σ	75,30	24,70
14	Τα τελευταία χρόνια, η παγοκάλυψη των δύο πολικών περιοχών της Γης έχει αυξηθεί	Λ	41,30	58,70
15	Το φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν θα οδηγήσει σε μετατόπιση του ανθρωπίνου πληθυσμού.	Λ	32,00	68,00
16	Τα αέρια θερμοκηπίου υπάρχουν εδώ και ένα εκατομμύριο χρόνια συμβάλλοντας στη δημιουργία ζωής.	Σ	57,30	42,70
17	Το πρωτόκολλο του Κιότο αφορά τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου.	Σ	59,30	40,70
18	Μία από τις επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου θα είναι η εμφάνιση νέων ασθενειών	Σ	78,70	21,30
19	Με το πέρασμα του χρόνου, η μέση παγκόσμια θερμοκρασία αυξάνεται	Σ	81,30	18,70
20	Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν συμβάλλουν στον μετριασμό του φαινομένου του θερμοκηπίου.	Λ	33,30	66,70

21	Η αυξανόμενη συχνότητα εμφάνισης καρκίνου του δέρματος τα τελευταία χρόνια οφείλεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.	Λ	71,30	28,70
22	Λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, τα ακραία καιρικά φαινόμενα είναι πολύ πιθανό να γίνουν συχνότερα και εντονότερα	Σ	78,70	21,30
23	Υπάρχει αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων.	Σ	80,70	19,30
24	Η χρήση των δημόσιων συγκοινωνιών μπορεί να συμβάλει στον μετριασμό του φαινομένου του θερμοκηπίου.	Σ	71,30	28,70
Κατηγορία: Α=Αιτίες, Ε=Επιπτώσεις, Λ=Λύσεις				

Πίνακας 3 Ερωτήσεις από 3 μέχρι και 24 και απαντήσεις μαθητών. * Με έντονο χρώμα απεικονίζονται οι σωστές απαντήσεις.

Στον πίνακα 3 βλέπουμε σε φθίνουσα σειρά ταξινόμησης τα ποσοστά με σωστές απαντήσεις σε έντονη μορφοποίηση. Οι ερωτήσεις με τις πιο πολλές λανθασμένες απαντήσεις είναι οι ερωτήσεις 8 με ποσοστό 83,30%, η 21 με ποσοστό 71,30%, η 10 με ποσοστό 67,30%, η ερώτηση 6 με ποσοστό 62,00% και η 5 με ποσοστό 58,70%.

Στον πίνακα 4 πιο κάτω, εξετάζονται οι διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στις απαντήσεις, που είναι σωστές και που δίνουν οι μαθητές το 2024 σε σχέση με τις σωστές απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές το 2011. Παρατηρείται διαφορά των απαντήσεων των μαθητών της έρευνας του 2024 με αυτούς του 2011 στην ερώτηση 19 κατά 66,41%, στην ερώτηση 22 κατά 66,29%, στην ερώτηση 18 κατά 53,17% στην ερώτηση 3 κατά 52,57%, στην ερώτηση 23 κατά 48,79%, στην ερώτηση 13 κατά 47,64%, στην ερώτηση 24 κατά 26,26% και στην ερώτηση 9 κατά 16,12% ενώ αντίθετα, βλέπουμε πως στην ερώτηση 17 απαντάνε σωστότερα οι μαθητές του 2011 κατά 4,18%, στην ερώτηση 7 κατά 7,71% και στην ερώτηση 16 κατά 9,37%.

			Απαντήσεις Μαθητών		
A/A	Ερωτήσεις	Σωστό/ Λάθος	Σωστό 2024 Ποσοστό %	Σωστό 2011 Ποσοστό %	Διαφορά ποσοστών μεταξύ του 2024 και του 2011
19	Με το πέρασμα του χρόνου, η μέση παγκόσμια θερμοκρασία αυξάνεται	Σ	81,30	14,89	66,41
22	Λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, τα ακραία καιρικά φαινόμενα είναι πολύ πιθανό να γίνουν συχνότερα και εντονότερα	Σ	78,70	12,41	66,29
18	Μία από τις επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου θα είναι η εμφάνιση νέων ασθενειών	Σ	78,70	25,53	53,17
3	Τα τελευταία χρόνια η μέση παγκόσμια στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει	Σ	82,00	29,43	52,57
23	Υπάρχει αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων.	Σ	80,70	31,91	48,79

13	Το διοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο που έχει συμβάλει στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου	Σ	75,30	27,66	47,64
24	Η χρήση των δημόσιων συγκοινωνιών μπορεί να συμβάλει στον μετριασμό του φαινομένου του θερμοκηπίου.	Σ	71,30	45,04	26,26
9	Η αιολική ενέργεια θα συμβάλει στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου.	Σ	64,70	48,58	16,12
17	Το πρωτόκολλο του Κιότο αφορά τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου.	Σ	59,30	63,48	-4,18
7	Η χρήση υδρογόνου ως πηγής ενέργειας δεν επιδεινώνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.	Σ	54,70	62,41	-7,71
16	Τα αέρια θερμοκηπίου υπάρχουν εδώ και ένα εκατομμύριο χρόνια συμβάλλοντας στη δημιουργία ζωής.	Σ	57,30	66,67	-9,37
A/A	Ερωτήσεις		Λάθος 2024 Ποσοστό %	Λάθος 2011 Ποσοστό %	Διαφορά ποσοστών μεταξύ του 2024 και του 2011
11	Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως που είχαμε παλιά στα σπίτια εξοικονομούν ενέργεια	Λ	50,70	42,90	7,80
10	Η χρήση τεχνητών λιπασμάτων (που έχει φτιάξει ο άνθρωπος) αυξάνει το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα	Λ	32,70	28,37	4,33
6	Το φυσικό αέριο δεν συμβάλλει στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου.	Λ	38,00	34,75	3,25
20	Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν συμβάλλουν στον μετριασμό του φαινομένου του θερμοκηπίου.	Λ	66,70	64,18	2,52
8	Η καταστροφή της στιβάδας του όζοντος επιδεινώνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.	Λ	16,70	15,25	1,45
4	Το φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν θα επιφέρει αλλαγές στην παγκόσμια παραγωγή τροφίμων	Λ	84,00	82,62	1,38
21	Η αυξανόμενη συχνότητα εμφάνισης καρκίνου του δέρματος τα τελευταία χρόνια οφείλεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.	Λ	28,70	27,66	1,04
15	Το φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν θα οδηγήσει σε μετατόπιση του ανθρώπινου πληθυσμού.	Λ	68,00	76,60	-8,60
5	Η χρήση της ηλιακής ενέργειας επιδεινώνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.	Λ	41,30	57,09	-15,79
12	Η τηλεόραση δεν καταναλώνει ενέργεια όταν είναι απενεργοποιημένη με τηλεχειριστήριο.	Λ	65,30	87,23	-21,93
14	Τα τελευταία χρόνια, η παγοκάλυψη των δύο πολικών περιοχών της Γης έχει αυξηθεί	Λ	58,70	86,17	-27,47

Πίνακας 4 Απαντήσεις μαθητών το 2024 και το 2011 και διαφορά ποσοστών των απαντήσεων

Από την άλλη πλευρά, οι συμμετέχοντες στη έρευνα του 2011 απαντούν πιο σωστά στην ερώτηση 11 κατά 7,80%, στην ερώτηση 10 κατά 4,33%, στην ερώτηση 6 κατά 3,25%, στην ερώτηση 20 κατά 2,52%, στην ερώτηση 8 κατά 1,45%, στην ερώτηση 4 κατά 1,38%, και στην ερώτηση 21 κατά 1,04%. Τέλος, βλέπουμε να απαντάνε καλύτερα οι μαθητές του 2011 στην ερώτηση 15 κατά 8,6%, στην ερώτηση 5 κατά 15,79%, στην ερώτηση 12 κατά 21,93% και τέλος στην ερώτηση 14 τη μεγαλύτερη διαφορά κατά 27,47%.

Πηγή πληροφοριών για την κλιματική αλλαγή:	Απαντήσεις 2024 (Ποσοστό %)	Απαντήσεις 2011 (Ποσοστό %)	Διαφορά ποσοστών μεταξύ 2024 και 2011 (Ποσοστό %)
Διαδίκτυο	84,00	---	
Κινητό τηλέφωνο	64,70	---	
Συγκεκριμένα βιβλία	41,30	11,35	29,95
Σχολείο	67,30	46,10	21,20
Συζητήσεις με συνομηλίκους	46,00	38,30	7,70
Εφημερίδες	40,70	37,27	3,43
Περιοδικά	25,30	42,91	-17,61
Τηλεόραση	68,00	87,23	-19,23

Πίνακας 5 Πηγές πληροφόρησης μαθητών το 2024 και το 2011

Οι μαθητές, όπως βλέπουμε στον πίνακα 5, πρωτίστως ενημερώνονται από το διαδίκτυο (84%) και μέσω κινητού τηλεφώνου (64,70%). Κατόπιν, ενημερώνονται πιο πολύ από συγκεκριμένα βιβλία σε σχέση με τους μαθητές της έρευνας του 2011 με μια διαφορά της τάξης του 30%. Από το σχολείο ενημερώνονται πιο πολύ σε ποσοστό 21,20%, ενώ αντίθετα δεν ενημερώνονται από περιοδικά (-17,50%) και την τηλεόραση (-19%) σε σχέση με το 2011.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι γονείς (άνδρες) εργάζονται ως ελεύθεροι επαγγελματίες, ιδιωτικοί ή δημόσιοι υπάλληλοι κυρίως, ενώ οι γυναίκες εργάζονται ως ιδιωτικοί ή δημόσιοι υπάλληλοι κυρίως, ή είναι άνεργες.

Βλέπουμε πως σήμερα οι μαθητές γενικά έχουν περισσότερες γνώσεις πάνω στο θέμα της κλιματικής αλλαγής από ότι οι μαθητές του 2011. Κατέχουν κάποια στοιχειώδη γνώση και ενημερώνονται πιο άμεσα από ότι 13 χρόνια πριν λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης και της χρήσης τους διαδικτύου από μικρή μόλις ηλικία και ασχολούνται με τα καίρια προβλήματα του κόσμου μας. Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει το περιβάλλον που ζούμε και οι μαθητές, που οι περισσότεροι έχουν συμμετάσχει σε περιβαλλοντικά προγράμματα, δείχνουν να το έχουν κατανοήσει.

Από τις 22 ερωτήσεις των δύο ερευνών, οι μαθητές της έρευνας του 2024 απαντούν γενικά πιο σωστά σε πλήθος απαντήσεων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές της έρευνας του 2024 έχουν άμεση ενημέρωση μέσα από τα κινητά τους τηλέφωνα και τη χρήση του διαδικτύου κάτι που δεν υφίστατο το 2011.

Επειδή οι αντιλήψεις για την κλιματική αλλαγή στα παιδιά φαίνονται να μην επηρεάζονται από το πολιτικό πλαίσιο στο οποίο διαβιούν, μπορεί να είναι δυνατό να εμπνεύσουν τους ενήλικες προς υψηλότερα επίπεδα ανησυχίας για το κλίμα και, κατ' επέκταση, για συλλογική δράση. Η συμμετοχή σε προγράμματα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης φαίνεται να είναι ένας κρίσιμος παράγοντας, καθώς έχει σαφώς επηρεάσει τις ιδέες των μαθητών με θετικό τρόπο.

5. Βιβλιογραφία

Baiardi, D., Morana, C. (2021). Climate change awareness: Empirical evidence for the European Union. *Energy Econ* 96:105163

Ergun, S.J., Karadeniz, Z.D. & Rivas, M.F. Climate change risk perception in Europe: country-level factors and gender differences. *Humanit Soc Sci Commun* 11, 1573 (2024). <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03761-4>

Hornsey, M. J., Harris, E. A., Bain, P. G. & Fielding, K. S. (2016). Meta-analyses of the determinants and outcomes of belief in climate change. *Nat. Clim. Change* 6, 622–626

IPCC (2014). Summary for policymakers. In CB Field, VR Barros, DJ Dokken, KJ Mach, MD Mastrandrea, TE Bilir, ... LL White (Eds.). (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1–32). Cambridge/New York, NY: Cambridge University Press

Kahan, D. M. et al. (2012). The polarizing impact of science literacy and numeracy on perceived climate change risks. *Nat. Clim. Change* 2, 732–735

Lawson, D.F., Stevenson, K.T., Peterson, M.N. (2019). Children can foster climate change concern among their parents. *Nat. Clim. Chang.* 9, 458–462. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0463-3>

Lawson D.F., Stevenson, K.T., Peterson, M.N., Carrier S.J., Strnad, R., Seekamp, E. (2018). Intergenerational learning: are children key in spurring climate action? *Glob. Environ. Change* 53, 204–208

Liarakou, G., Athanasiadis, I., Gavrilakis, C. (2011). What Greek Secondary School Students Believe about Climate Change? *International Journal of Environmental and Science Education*, V6 N1 p79-98.

McCright, A. M. & Dunlap, R. E. (2011). The politicization of climate change and polarization in the American public's view of global warming, 2001–2010. *Sociol. Q.* 52, 155–194

Η μετατροπή του Εσπερινού Γυμνασίου με Λ.Τ. Πύργου σε αιεφόρο σχολείο

Γεωργίου Ιωάννης & Λιάπη Βασιλική

Εσπερινό Γυμνάσιο με Λυκειακές Τάξεις Πύργου

Email: giageorgiou1@gmail.com

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά την προσπάθεια μετατροπής ενός «συμβατικού» σχολείου, του Εσπερινού Γυμνασίου με Λ.Τ. Πύργου, σε αιεφόρο. Στο πλαίσιο της λειτουργίας του, το αιεφόρο σχολείο εφαρμόζει πρακτικές για τη μείωση του οικολογικού αποτυπώματος, όπως η αντικατάσταση λαμπτήρων με LED, η ενίσχυση του φυσικού φωτισμού και αερισμού, η μόνωση κτιρίων και η συντήρηση των υποδομών του για αποδοτική χρήση ενέργειας. Επιπλέον, προάγει την ανακύκλωση με κάδους ανακύκλωσης σε διάφορους χώρους και την κατάργηση πλαστικών συσκευασιών. Παράλληλα, δίνει στους μαθητές την ευκαιρία να αντιληφθούν τις επιπτώσεις της κατανάλωσης και να διερευνήσουν εναλλακτικά πρότυπα παραγωγής.

Με δράσεις που βελτιώνουν το περιβάλλον μάθησης και μειώνουν το κόστος ενέργειας, το σχολείο καλλιεργεί στους ενήλικους και ανήλικους μαθητές του την περιβαλλοντική ευαισθησία και τους καθιστά υπεύθυνους πολίτες. Ταυτόχρονα, το σχολείο προσφέρει στην κοινότητα έναν λόγο υπερηφάνειας και θέτει τα θεμέλια για τη διαμόρφωση ενός καλύτερου μέλλοντος για τις επόμενες γενιές. Συνολικά, το αιεφόρο σχολείο προωθεί τη συστημική και διεπιστημονική προσέγγιση για την κατανόηση της σχέσης ανθρώπου, κοινωνίας και φύσης, ενώ ενσωματώνει πρακτικές που εμπλέκουν εκπαιδευτικούς, μαθητές και γονείς σε κοινή δράση. Η ολιστική προσέγγισή του συμβάλλει στην καλλιέργεια αξιών αειφορίας και καθιστά το σχολείο έναν φορέα και παράδειγμα βιώσιμης ανάπτυξης.

Λέξεις κλειδιά: Αιεφόρο σχολείο

Εισαγωγή

Στη διεθνή ορολογία για την «Αειφορία» αναφέρεται ο όρος «sustainability». Ο όρος «sustainable» στην αγγλική γλώσσα αναφέρεται σε μια διαδικασία ο ρυθμός της οποίας πρέπει να διατηρηθεί. Σημασιολογικά η αειφορία αναφέρεται στην ικανότητα οποιωνδήποτε συστημάτων, πρακτικών και πολιτικών, να διατηρούνται και να λειτουργούν στο διηνεκές (Throsby, 1997· Φλογαΐτη, 2011). Στην απόδοση του όρου στα ελληνικά χρησιμοποιούνται ταυτόσημα οι όροι «αειφορία» και «βιωσιμότητα» (Δημητρίου, 2009· Ρόκος, 2003· Φλογαΐτη 2011). Κατά τη Δημητρίου (2009), η αειφορία έχει ως όρος μία πιο έντονη περιβαλλοντική χροιά, ενώ η βιωσιμότητα φαίνεται να λειτουργεί περισσότερο με μία πρακτική, διαχειριστική λογική.

Η έννοια της αειφορίας στοχεύει σε ένα μοντέλο κοινωνίας που διακρίνεται από τις αξίες της οικολογικής και κοινωνικής δικαιοσύνης, της αλληλεγγύης, της συλλογικότητας και της δημοκρατίας, προσβλέποντας στον υπεύθυνο και ενεργό πολίτη ως βασικό συντελεστή για τη δημιουργία των προϋποθέσεων μιας αειφόρου κοινωνίας (Sauvé, 1999· Φλογαΐτη, 2006· Λιαράκου & Φλογαΐτη, 2009).

Σύμφωνα με τα IUCN, WWF & UNEP (1991) για να χαρακτηριστεί μια κοινωνία αειφορική θα πρέπει να ικανοποιεί μια σειρά από κριτήρια:

- Ο σεβασμός και η φροντίδα για την κοινότητα της ζωής (ανθρώπων και άλλων μορφών ζωής)
 - Η βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων
 - Η διατήρηση της ζωής και της ποικιλότητας της γης
 - Η ελαχιστοποίηση της εξάντλησης των μη ανανεώσιμων πόρων
 - Η διατήρηση της φέρουσας ικανότητας της γης
 - Αλλαγή προσωπικών στάσεων και πρακτικών
 - Η παροχή της δυνατότητας στις κοινότητες να φροντίζουν το δικό τους περιβάλλον
- Η παροχή ενός εθνικού πλαισίου για ενσωμάτωση της ανάπτυξης και της προστασίας
- Η σφυρηλάτηση μιας παγκόσμιας συμμαχίας.

Η Αειφορία υποστηρίζει την ανάπτυξη με όρους κοινωνικούς και οικολογικούς της κοινωνικής δικαιοσύνης και της ενεργού συμμετοχής των ατόμων στα περιβαλλοντικά δρώμενα (Δημητρίου, 2009). Είναι μια ανάπτυξη, κοινωνικά και οικονομικά βιώσιμη, που για να καταστεί δυνατή πρέπει κατά την κάλυψη των αναγκών του ανθρώπου να λαμβάνονται υπόψη τα αποθέματα σε φυσικούς πόρους και η επίδραση της ανάπτυξης στο φυσικό, κοινωνικό και οικονομικό περιβάλλον των σύγχρονων και μελλοντικών κοινωνιών (Δημητρίου, 2009, 2005). Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η Αειφορία είναι τρισδιάστατη: περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική (Gough, 2002· Giddings et al, 2002· UNESCO, 2009)

Ο πυλώνας Περιβάλλον περιλαμβάνει στρατηγικές, που αφορούν στη διατήρηση των φυσικών πόρων και την επίδραση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και αποφάσεων στο περιβάλλον (UNESCO, 2005). Αναζητά τρόπους διατήρησης, προστασίας και αποκατάστασης του φυσικού αποθέματος και των οικοσυστημάτων, καθώς τα θεωρεί

μέρος της κληρονομιάς, που θα πρέπει να παραδίδεται στις μελλοντικές γενιές (WCED, 1987). Σε περιβαλλοντικό επίπεδο η βιωσιμότητα εξασφαλίζει τη προστασία της φύσης και την ορθολογική χρήση της, που δεν γίνεται αντιληπτή πλέον ως ανεξάντλητη πηγή πόρων. Με την επιδίωξη της περιβαλλοντικής ακεραιότητας, ως πυλώνα της αειφορίας, διασφαλίζεται ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες δε θα καταστρέφουν τους φυσικούς πόρους του πλανήτη (Bansal, 2005).

Η κοινωνική διάσταση της αειφορίας προϋποθέτει ότι η οικονομική και περιβαλλοντική διάσταση πρέπει να ερμηνεύονται λαμβάνοντας υπόψη και κοινωνικούς παράγοντες. Η αρχή της πρόληψης αφορά τη γνώση των συνεπειών στο περιβάλλον από ανθρώπινες δραστηριότητες (Δημητρίου, 2009). Ο πυλώνας της Κοινωνίας περιλαμβάνει στρατηγικές, που αφορούν τα ανθρώπινα δικαιώματα, την ισότητα, τη δικαιοσύνη, την ειρήνη, τη δημοκρατία, την κοινωνική ευημερία, την υγεία, τη διαπολιτισμική κατανόηση (UNESCO 2005). Στόχος του κοινωνικού πυλώνα της βιωσιμότητας αποτελεί η διασφάλιση ότι όλα τα μέλη της κοινωνίας έχουν ίση πρόσβαση σε πόρους και ευκαιρίες (Bansal, 2005). Ένα κοινωνικά βιώσιμο σύστημα θα πρέπει να εξασφαλίζει κατανομή της δικαιοσύνης, εξάλειψη των ανισοτήτων (πείνα, φτώχεια) και προκαταλήψεων, επαρκείς κοινωνικές υπηρεσίες (εκπαίδευση, υγεία), να ενθαρρύνει τη συμμετοχή και την ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων, ώστε τα άτομα να ζουν και να αναπτύσσονται σε ένα υγιές και ασφαλές περιβάλλον, να συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων και να αναλαμβάνουν δράση για τη βελτίωση της ζωής, ως ενεργοί πολίτες (UNESCO, 2005). Σε κοινωνικό επίπεδο η αειφορία προωθεί την ανάπτυξη των κοινωνιών στην επίτευξη της ποιότητας ζωής με βιώσιμο τρόπο. Συνεισφέρει στο τοπικό περιβάλλον συνεργάζεται με τοπικές κοινωνίες υποστηρίζοντας την κοινωνική δραστηριότητα, την αλληλεγγύη και τον εθελοντισμό (WCED, 1987).

Ο πυλώνας Οικονομία εστιάζει στην ευαισθητοποίηση αναφορικά με τα όρια της οικονομικής μεγέθυνσης και τις επιπτώσεις τους στην κοινωνία και στο περιβάλλον, καθώς και στην ανάγκη επαναπροσδιορισμού των προσωπικών και κοινωνικών επιπέδων κατανάλωσης (UNESCO, 2005). Η οικονομική διάσταση της Αειφόρου Ανάπτυξης περιλαμβάνει την οικονομική ανάπτυξη σε ισορροπία με τον περιβαλλοντικό και τον κοινωνικό άξονα. Η ανάπτυξη μιας οικονομίας, που δεν σπαταλά τους φυσικούς πόρους, που αξιοποιεί τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, που

ικανοποιεί τις βασικές ανάγκες των ανθρώπων χωρίς να καταστρέφει το περιβάλλον είναι μερικοί από τους στόχους της οικονομικής βιωσιμότητας. Επικεντρώνει στην αποτελεσματική διαχείριση των φυσικών πόρων, εξετάζει μοντέλα παραγωγής και κατανάλωσης, δημιουργεί ευκαιρίες απασχόλησης, υποστηρίζει την τοπική οικονομία και οργανισμούς, ενισχύει την παγκόσμια ευημερία και την ισότιμη οικονομική ανάπτυξη για όλους.

Η διεπιστημονική προσέγγιση αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για την εφαρμογή των αρχών της αειφορίας. Μέσω της συνδυασμένης δράσης σε όλους τους τομείς – περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό – διαμορφώνεται ένα ολοκληρωμένο μοντέλο ανάπτυξης που ανταποκρίνεται στις σύγχρονες προκλήσεις του 21ου αιώνα. Η συνεχιζόμενη επιμόρφωση και ενημέρωση των πολιτών για τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές προκλήσεις, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη τεχνολογιών που προάγουν την αποδοτικότητα και την εξοικονόμηση πόρων, καθιστούν δυνατή την υλοποίηση ενός πραγματικά βιώσιμου μέλλοντος.

Συνολικά, η αειφορία ορίζεται ως μια ολοκληρωμένη φιλοσοφία ανάπτυξης που απαιτεί συντονισμένη δράση από όλους τους τομείς της κοινωνίας και την εφαρμογή διεπιστημονικών στρατηγικών, προκειμένου να επιτευχθεί μια αρμονική συνύπαρξη ανθρώπινων δραστηριοτήτων με το φυσικό περιβάλλον. Αυτή η προσέγγιση αποτελεί προϋπόθεση για την αντιμετώπιση των παγκόσμιων προκλήσεων και τη διασφάλιση της μακροπρόθεσμης ευημερίας και της βιώσιμης ανάπτυξης.

Η έννοια του αειφόρου σχολείου

Ο ρόλος της εκπαίδευσης για την Αειφόρο Ανάπτυξη επιβεβαιώθηκε σε μια σειρά εθνικών και διεθνών διασκέψεων που οργανώθηκαν από τον ΟΗΕ (Κώτσιος, 2010 · Παπαδημητρίου, 2006). Ο όρος «αειφόρο σχολείο» αναφέρεται σε εκπαιδευτικά ιδρύματα που υιοθετούν ένα ολιστικό μοντέλο λειτουργίας, στο οποίο οι αρχές της αειφορίας ενσωματώνονται σε όλα τα επίπεδα – από την εκπαιδευτική διαδικασία και το διδακτικό πρόγραμμα έως τη διαχείριση των φυσικών πόρων και τη συμμετοχή της κοινότητας (UNESCO, 2017 · OECD, 2015). Το **αειφόρο** σχολείο εδράζεται στην κριτική παιδαγωγική, στη συνεργασία, στην επικοινωνία και στην ενεργό συμμετοχή όλων των εμπλεκομένων στην καθημερινή σχολική ζωή και σκοπεύει στην άρση κυριαρχικών και ιεραρχικών σχέσεων (Καλαϊτζίδης, 2013). Είναι ένα σχολείο, το οποίο

ενισχύει τον πολιτισμό και προωθεί το περιβάλλον, δρα με σκοπό τη δημοκρατία και τα ανθρώπινα δικαιώματα, συμβάλλει στην καλλιέργεια δημιουργικών και ενεργών πολιτών. Ένα σχολείο, όπου όλοι διαχειρίζονται αειφορικά τα κοινά τους θέματα, με ομαδικότητα και συνεργασία (Τρικάλιτη, 2014).

Η περιβαλλοντική διάσταση του αειφόρου σχολείου εκδηλώνεται μέσα από την εφαρμογή πράσινων τεχνολογιών και πρακτικών που στοχεύουν στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης, στην ανακύκλωση και στη βιώσιμη διαχείριση των αποβλήτων. Μέσα από αυτές τις πρακτικές, το σχολείο λειτουργεί ως ζωντανό εργαστήριο περιβαλλοντικής μάθησης, ενισχύοντας την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και καθιστώντας τους μαθητές ενεργούς πολίτες για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος (Σωτηροπούλου, 2014 · Σκούλλος, 2013).

Επιπλέον, η κοινωνική διάσταση ενός αειφόρου σχολείου αφορά τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος που ενθαρρύνει την ισότητα, την πολυπολιτισμικότητα και τη συμμετοχή όλων των μελών της σχολικής κοινότητας. Η ενσωμάτωση αυτών των αξιών επιτυγχάνεται μέσω του προσαρμοσμένου διδακτικού υλικού, των συμμετοχικών διαδικασιών λήψης αποφάσεων και της στενής συνεργασίας με τις οικογένειες και την τοπική κοινωνία καθώς οι μαθητές ασκούνται μέσα από την καθημερινή ζωή στη δημοκρατία δια μέσου της αυτοπειθαρχίας και αυτορρύθμισης, του σεβασμού στα ανθρώπινα δικαιώματα, της προώθησης της ιδέας του ενεργού πολίτη και της ενεργού συμμετοχής στην εκπαιδευτική διαδικασία. (Φραντζή & Δημοπούλου, 2014).


Η οικονομική διάσταση, παρόλο που συχνά παραμελείται, αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του ορισμού του αειφόρου σχολείου. Η υιοθέτηση στρατηγικών που ελαχιστοποιούν τα λειτουργικά κόστη και προάγουν την αποτελεσματική χρήση πόρων διασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητά του και παράλληλα δημιουργεί ένα περιβάλλον που ευνοεί την οικονομική ανεξαρτησία και την αυτοδιαχείριση (Νικολάου, 2019).

Συνοψίζοντας, ο ορισμός του αειφόρου σχολείου αντικατοπτρίζει μια πολύπλευρη φιλοσοφία που αποσκοπεί στη συνεχή βελτίωση και καινοτομία σε κάθε τομέα λειτουργίας του εκπαιδευτικού ιδρύματος. Μέσω της συνδυασμένης προσέγγισης των περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών παραμέτρων, το αειφόρο σχολείο διαμορφώνει ένα πρότυπο εκπαιδευτικής αλλαγής, το οποίο είναι καίριο για την

επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτή η ολοκληρωμένη προσέγγιση επιτρέπει την καλλιέργεια ενός ευρύτερου πλαισίου γνώσης και ευαισθητοποίησης, το οποίο αποτελεί προϋπόθεση για τη διαμόρφωση ενός μέλλοντος όπου η εκπαίδευση και η αειφορία συμβαδίζουν αρμονικά .

Η περίπτωση του εσπερινού Γυμνασίου με Λ.Τ. Πύργου

Σε ένα εσπερινό σχολείο στην Ελλάδα, η εφαρμογή των αρχών του αειφόρου σχολείου μπορεί να μεταφραστεί σε μια σειρά από στοχευμένες δραστηριότητες και υλοποιήσεις, οι οποίες όχι μόνο αναδεικνύουν το «κοινό έργο» της αειφορίας, αλλά συμβάλλουν και στη διαμόρφωση ενός σχολικού περιβάλλοντος που ενισχύει την κοινωνική συνοχή, την κριτική σκέψη και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Η διαμόρφωση του σχολείου στην προοπτική του αειφόρου – πράσινου σχολείου απαιτεί ενέργειες τόσο σε επίπεδο παιδαγωγικής λειτουργίας όσο και σε επίπεδο παρεμβάσεων στο ‘κάλυφος’ της σχολικής μονάδας. Μερικές από τις δράσεις που στοχεύουν σε αυτήν την αλλαγή είναι και οι παρακάτω:

 Επαναχρησιμοποίηση – ανακύκλωση υλικών συσκευασίας και άλλων προϊόντων.

- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση μαθητών και προσωπικού για το ζήτημα της διαχείρισης απορριμμάτων
- Δημιουργία χώρου συλλογής ανακυκλώσιμων υλικών στο σχολείο σε συνεργασία με μαθητές και εκπαιδευτικούς.
- Χώρος συλλογής μπαταριών και ηλεκτρικών συσκευών.
- Δημιουργία μονάδας παραγωγής compost από οργανικά υπολείμματα

 Εξοικονόμηση ενέργειας

- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση μαθητών και προσωπικού για το ζήτημα της χρήσης ενέργειας
- Εφαρμογή συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο σχολικό κτήριο – πιλοτικές εφαρμογές όπως για παράδειγμα η τοποθέτηση προβολέων οι οποίοι φορτίζονται από φωτοβολταϊκά στοιχεία προκειμένου να μένουν ανοικτοί κατά τη διάρκεια της νύχτας, αντικαθιστώντας τους παραδοσιακούς ηλεκτρικούς προβολείς.

- Έλεγχος διαρροών νερού στο σχολικό περιβάλλον. Επέκταση της δράσης και στο σπίτι των μαθητών από τους ίδιους.

Υγεία και ασφάλεια στο σχολικό περιβάλλον

- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση μαθητών και προσωπικού για το ζήτημα της υγείας και της ασφάλειας στο σχολικό περιβάλλον.

- Εντοπισμός πηγών που εγκυμονούν κινδύνους για την υγεία και την ασφάλεια και λήψη μέτρων για την αντιμετώπισή τους.

Καλλιέργεια νέων διατροφικών συνηθειών

- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση μαθητών και προσωπικού για το ζήτημα της διατροφής. Διαλέξεις από διατροφολόγους

- Ανάπτυξη και εφαρμογή σχετικών εκπαιδευτικών παρεμβάσεων μέσα στην τάξη σε συνεργασία με τους εκπαιδευτικούς

Καλλιέργεια δεξιοτήτων για τη λήψη αποφάσεων και συγκρότηση δράσεων από τους μαθητές – εκπαιδευτικές εφαρμογές

- Διαμόρφωση δράσεων στην κοινότητα για την ευαισθητοποίηση της τοπικής κοινωνίας για τα περιβαλλοντικά προβλήματα και τους τρόπους αντιμετώπισής τους. Πραγματοποίηση δέντροφυτεύσεων σε καμένες περιοχές καθώς και διενέργεια καθαρισμού ακτών της περιοχής μας.

- Υλοποίηση προγράμματος μέτρησης της μόλυνσης των υδάτων της περιοχής μας με χρήση κατάλληλα διαμορφωμένου Arduino και κατάλληλων αισθητήρων. Συμμετοχή σε πανευρωπαϊκό πρόγραμμα για διάχυση των αποτελεσμάτων καθώς και για την ευαισθητοποίηση των μαθητών.

Παιδαγωγική και μαθησιακή διάσταση

- Προωθείται, όπου και όταν αυτό είναι δυνατόν, η διδασκαλία και σε εξωτερικούς χώρους του κτηρίου. Η ύπαρξη χώρου που μοιάζει με ένα μικρό θέατρο ευνοεί την υλοποίηση τέτοιων διδασκαλιών.

- Σχεδιασμός θέσεων συνάντησης και συνεργασίας μαθητών ή και μαθητών καθηγητών εκτός μαθήματος σε αίθουσες

- Στην αυλή του σχολείου έχουν τοποθετηθεί γωνιές με πράσινο.

- Η αυλή του σχολείου είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο που να διευκολύνεται η επικοινωνία των μαθητών/τριών

Επίλογος

Οι παραπάνω προτάσεις λειτουργούν ως ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο δράσης, το οποίο όχι μόνο ενσωματώνει τα βασικά χαρακτηριστικά ενός αειφόρου σχολείου, αλλά προσαρμόζεται και στις ιδιαίτερες ανάγκες ενός εσπερινού λυκείου στην Ελλάδα. Η υλοποίηση τέτοιων δραστηριοτήτων μπορεί να οδηγήσει σε μια βαθιά μετασχηματιστική αλλαγή, ενισχύοντας τόσο την εκπαιδευτική διαδικασία όσο και τη σχέση του σχολείου με την τοπική κοινωνία, ενώ παράλληλα συμβάλλει στη βιώσιμη ανάπτυξη και την περιβαλλοντική συνείδηση. Η πρακτική τους εφαρμογή θα κρίνει την επιτυχία του εγχειρήματος.

Βιβλιογραφία

Δημητρίου, Α. (2009). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Περιβάλλον, Αειφορία. Θεωρητικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις*. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.

Κώτσιος, Β. (2010). *Ερμηνείες Εκπαιδευτικών για τις Πολυδιάστατες Έννοιες της Ανάπτυξης, της Αειφορίας και της Αειφόρου Ανάπτυξης*.

Καλαϊτζίδης, Δ., (2013). Συμμετοχή των μαθητών και εκπαιδευτικών στο σχολικό πρόγραμμα δράσης του «Βραβείου Αειφόρου Σχολείου», σε σχέση με τον τύπο και τη βαθμίδα του σχολείου. *Για την περιβαλλοντική εκπαίδευση*, 3 (48).

Λιαράκου, Γ., Φλογαΐτη Ε. (2007). *Από την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στην Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη: Προβληματισμοί, Τάσεις και Προτάσεις*. Αθήνα: Νήσος.

Παπαδημητρίου, Β., (2006). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Σχολείο. Μια διαχρονική Θεώρηση*. Αθήνα: Τυπωθήτω.

Ρόκος, Δ. (2003). Από τη «βιώσιμη» ή «αειφόρο» στην αξιοβίωτη ολοκληρωμένη ανάπτυξη. Αθήνα: Λιβάνη.

Σπυροπούλου, Δ. (2012). *Πρόγραμμα Σπουδών για το Περιβάλλον και την Αειφόρο Ανάπτυξη*. Αθήνα.

Τρικαλίτη, Α. (2014). *Αειφόρο Σχολείο: Όλοι νοιαζόμαστε, όλοι συμμετέχουμε*.

Throsby, D. (1997). Sustainability and culture some theoretical issues. *International Journal of Cultural Policy*, 4 (1), 7-19.

Φλογαΐτη, Ε. (2011). *Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία*. Αθήνα: Πεδίο.

Φλογαΐτη, Ε. & Λιαράκου, Γ. (2009). *Εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη. Από τη θεωρία στην πράξη*. Αρχάνες: ΚΠΕ Αρχανών.

Φραντζή, Α., Δημοπούλου, Μ. (2014). *Αειφόρο σχολείο: Μια σχολική κοινότητα μη βίας. Οδηγός Αειφόρου Ελληνικού Σχολείου*. Αθήνα.

Bansal, P. (2005). Evolving sustainably: a longitudinal study of corporate sustainable development. *Strategic Management Journal*, 26(3), 197-218.

Giddings, B., Hopwood, B., O'Brien, G (2002). Environment, economy and society: fitting them together sustainable development. *Sustain Dev*, 10, 187-196.

Gough, S. (2002). Increasing the value of the environment: A "real option" metaphor for learning. *Environmental Education Research*, 8 (1), 61-72.

IUCN, WWF, UNEP. (1991). *Caring for the Earth - Sustainability: a question of definition. Chapter 1. Box 1.*

Sauvé, L. (1999). Environmental education between modernity and postmodernity: Searching for an integrating educational framework. *Canadian Journal of Environmental Education*, 4 (1), 9-35.

UNECE. (2005). *United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014)*. International Implementation Scheme, UNESCO Education Sector.

UNESCO. (2009). *Bonn declaration*. Bonn: UNESCO.

UNESCO. (1997). *Educating for a sustainable future: A transdisciplinary vision for concerted action*. (Report from the International Conference on Environment and Society: *Education and Public Awareness for Sustainability*. Paris: UNESCO.

WCED. (1987). *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.

Ηλεκτρονικά Λογισμικά Τηλεπισκόπησης στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στην ελληνική Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Δ. Ρόρρης, Α. Καρατζά, Α. Γεωργίου και Α. Γαλάνη

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.

Email: dimror@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών καθώς και τα λογισμικά επεξεργασίας δεδομένων που συλλέγονται μέσω της Τηλεπισκόπησης, έχουν γνωρίσει τα τελευταία χρόνια αλματώδη ανάπτυξη. Η ένταξή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία και ειδικότερα στην Περιβαλλοντική εκπαίδευση τα καθιστά πολύτιμα εργαλεία, κυρίως λόγω της εύκολης συλλογής, επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων^{1,2} (Núñez, 2020; Porovich et al., 2014). Στην παρούσα εργασία αναλύονται έρευνες με διδακτικά σενάρια που έχουν διεξαχθεί στην Ελλάδα και έχουν ενσωματώσει τη χρήση λογισμικών και, ευρύτερα, πλατφορμών Τηλεπισκόπησης σε θέματα Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, τόσο στην Πρωτοβάθμια όσο και στη Δευτεροβάθμια ελληνική εκπαίδευση.

Λέξεις κλειδιά: Περιβαλλοντική εκπαίδευση, λογισμικά Τηλεπισκόπησης, Πρωτοβάθμια εκπαίδευση, Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Περιβαλλοντική εκπαίδευση, μελετώντας τη σχέση του ανθρώπου με το ανθρωπογενές και το φυσικό περιβάλλον, έχει καταστήσει σαφές ήδη από τη δεκαετία του 1960, ότι απαιτείται αλλαγή της ανθρώπινης στάσης προς το περιβάλλον, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της εκπαίδευσης. Οι τρόποι διδασκαλίας των περιβαλλοντικών επιστημών είναι αναγκαίο να ακολουθούν τη δυναμικότητα του περιβάλλοντος, καθώς αυτό αλλάζει συνεχώς³ (Γιανναράκη, 2016).

Η Τηλεπισκόπηση και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι νέα σχετικά εργαλεία που εξυπηρετούν εκτός των άλλων τις δυναμικές ανάγκες της Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, καθώς επιτρέπουν την εύκολη συλλογή, επεξεργασία, ανάλυση και οπτική παρουσίαση γεωγραφικών χωρικών δεδομένων² (Poronich et al., 2014). Η παρούσα έρευνα είναι μέρος ευρύτερης έρευνας σε εξέλιξη η οποία ασχολείται με τη διερεύνηση των λογισμικών και, ευρύτερα, πλατφορμών Τηλεπισκόπησης που αξιοποιούνται στην εκπαίδευση για το περιβάλλον. Υπό αυτό το πρίσμα, εστιάζει μόνο σε δημοσιευμένες έρευνες στην ελληνική γλώσσα, οι οποίες προτείνουν διδακτικά σενάρια που αξιοποιούν λογισμικά και, ευρύτερα, πλατφόρμες Τηλεπισκόπησης.

Στην παρούσα μελέτη εξετάζονται τα κυριότερα λογισμικά Τηλεπισκόπησης, τα οποία παρουσιάζονται σε δημοσιευμένες έρευνες στην ελληνική γλώσσα, μέσα από τις οποίες προτείνονται διδακτικά σενάρια για την Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Περιβαλλοντική εκπαίδευση με την αξιοποίηση αυτών των λογισμικών.

Προκειμένου να εξυπηρετηθεί ο σκοπός της έρευνας τέθηκαν τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Πόσες από τις δημοσιευμένες διδακτικές προσεγγίσεις στην Πρωτοβάθμια ή στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση που αξιοποιούν λογισμικά Τηλεπισκόπησης σε θέματα Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης έχουν υλοποιηθεί στην πράξη;
2. Ποια λογισμικά Τηλεπισκόπησης αξιοποιούνται περισσότερο στην Πρωτοβάθμια και στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε θέματα Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης;
3. Σε ποιες θεματικές ενότητες έχουν αξιοποιηθεί τα εν λόγω λογισμικά;
4. Ποιος είναι ο πληθυσμός-στόχος κάθε διδακτικής προσέγγισης;

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η έρευνα διεξήχθη τον Αύγουστο του 2024. Για να απαντήσουμε στα ερευνητικά ερωτήματα πραγματοποιήσαμε αναζήτηση στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων Google Scholar, χρησιμοποιώντας τους παρακάτω όρους-κλειδιά στην ελληνική:

Περιβάλλον* AND εκπαίδευση AND τηλεπισκόπηση AND λογισμικό

Η αναζήτηση επέστρεψε 102 ελληνικά άρθρα για την περίοδο 2014-2023, τα οποία καταγράψαμε σε φύλλο του MS Excel™. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα περιορίστηκαν σύμφωνα με κριτήρια που τέθηκαν σε τρία στάδια, ακολουθώντας τα πρότυπα της Μεθόδου Πίνακα «Matrix Method»⁴ (Garrard, 2020):

- Στο πρώτο στάδιο συμπεριλήφθηκαν 102 έρευνες που ήταν ανοιχτής πρόσβασης.
- Στο δεύτερο στάδιο, έγινε χειροκίνητη διαλογή για να εντοπιστούν τα διπλότυπα άρθρα, καθώς επίσης και να αποκλειστούν άρθρα μη σχετικά με την Πρωτοβάθμια ή τη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση (π.χ. έρευνες της Πολεοδομίας που απευθύνονταν σε ενήλικες επιπέδου Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, μελέτες της Πυροσβεστικής που αφορούσαν σχολεία). Έτσι, τα αποτελέσματά μας περιορίστηκαν στα 37.
- Τέλος, η χειροκίνητη διαλογή εστίασε αποκλειστικά σε μελέτες που αφορούσαν εκπαιδευτικές παρεμβάσεις σε μαθητές/μαθήτριες ή σε εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας ή Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, που υλοποιήθηκαν στην πράξη ή που αποτελούσαν προτεινόμενο διδακτικό σενάριο. Έτσι, μειώθηκε περαιτέρω ο αριθμός των αποτελεσμάτων μας στα 12 άρθρα, τα οποία και εξετάστηκαν στην έρευνά μας (Παράρτημα Α).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με το Παράρτημα Α, εντοπίστηκαν 12 διδακτικές προσεγγίσεις στην Πρωτοβάθμια ή στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση που αξιοποιούν λογισμικά και, ευρύτερα, πλατφόρμες Τηλεπισκόπησης σε θέματα Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.

Οι έρευνες αυτές αναλύθηκαν με κριτήριο το αν έχουν υλοποιηθεί/εφαρμοστεί στην πράξη. Από τις 12 έρευνες που αναλύθηκαν, οι επτά αφορούσαν διδακτικές παρεμβάσεις που υλοποιήθηκαν στην πράξη, ενώ οι υπόλοιπες πέντε αφορούσαν διδακτικά σενάρια που προτείνονταν για υλοποίηση.

Τα λογισμικά και, ευρύτερα, πλατφόρμες Τηλεπισκόπησης που αξιοποιούνταν στην Πρωτοβάθμια και στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε θέματα Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

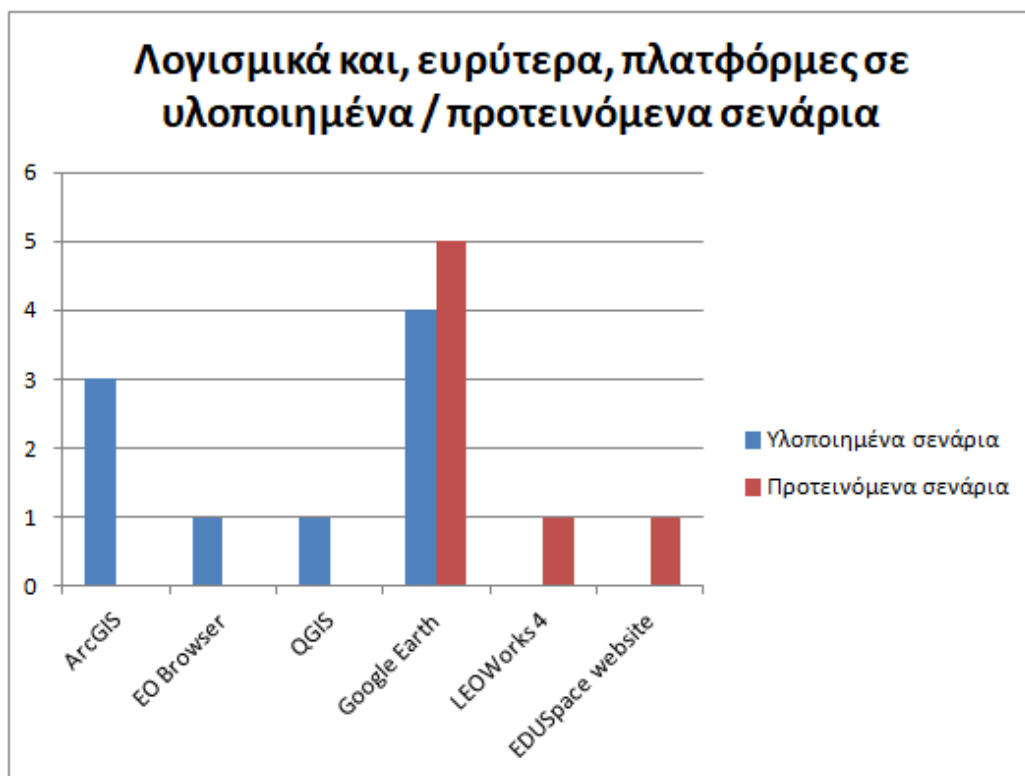
Πίνακας 1. Λογισμικά και, ευρύτερα, πλατφόρμες Τηλεπισκόπησης και συχνότητα εμφάνισής τους σε άρθρα

Λογισμικά και, ευρύτερα, πλατφόρμες Τηλεπισκόπησης	Συχνότητα εμφάνισης σε άρθρα
Google Earth	9
ArcGIS	3
QGIS	1
Eduspace website	1
EO Browser	1
LEOWorks	1
Σύνολο	16

Όσον αφορά τη συχνότητα εμφάνισης κάθε λογισμικού στις έρευνες, περισσότερα από τα μισά αποτελέσματα (9 από τα 16) αφορούσαν το Google Earth, ενώ ακολούθησε το ArcGIS με 3 καταγραφές. Καθένα από τα υπόλοιπα λογισμικά και, ευρύτερα, πλατφόρμες που αναγράφονται στον Πίνακα 1, αξιοποιήθηκε σε μία έρευνα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι 3 από τις 12 έρευνες έκαναν χρήση περισσότερων του ενός λογισμικών Τηλεπισκόπησης^{5,6,7} (Ευσταθίου, 2019· Κάππα, 2018· Καρατζά κ.ά., 2017), ενώ 3 έρευνες συνδύαζαν τα λογισμικά τηλεπισκόπησης με άλλα λογισμικά / πλατφόρμες, όπως το Φωτόδεντρο^{8,9} (Αμπελώμου, 2021· Κωνσταντά, 2023) αλλά και τα Kidspiration και Tuxpaint⁸ (Αμπελώμου, 2021).

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1, το Google Earth κυριάρχησε τόσο σε υλοποιημένες διδακτικές παρεμβάσεις όσο και σε προτεινόμενα διδακτικά σενάρια. Αντίθετα, το δεύτερο σε εμφάνιση αποτελεσμάτων ArcGIS αξιοποιήθηκε μόνο σε υλοποιημένες παρεμβάσεις.

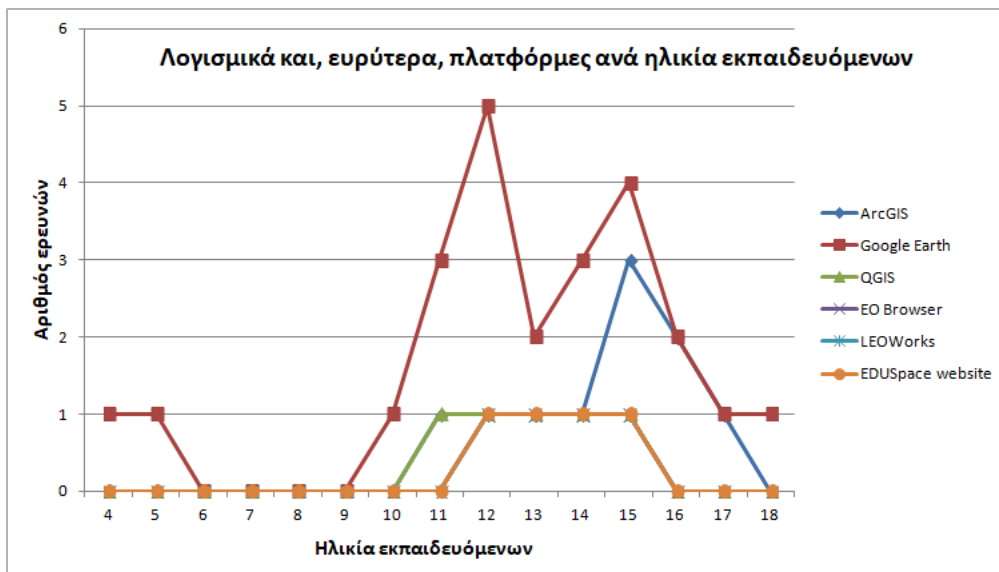


Εικόνα 1 Λογισμικά και, ευρύτερα, πλατφόρμες Τηλεπισκόπησης σε υλοποιημένα και προτεινόμενα διδακτικά σενάρια

Σχετικά με τις θεματικές ενότητες, 3 έρευνες^{10,7} (Βασιλικογιαννάκης κ.ά., 2021· Ευσταθίου, 2019· Καρατζά κ.ά, 2017) αφορούσαν την Κλιματική Αλλαγή και το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου, 3 έρευνες^{11,9,12} (Βλαχογιάννη, 2021· Κωνσταντά, 2023· Φωτιάδης, 2017) μελετούσαν γενικά το νερό στον πλανήτη (τον κύκλο και τη διαχείριση νερού, τα ποτάμια και τις λίμνες), ενώ οι υπόλοιπες 6 έρευνες μελετούσαν ποικίλα θέματα. Οι τρεις έρευνες που μελετούσαν την Κλιματική Αλλαγή έκαναν χρήση του λογισμικού Google Earth, αλλά και των ArcGIS, LEOWorks 4 & EDUspace website⁷ (Καρατζά κ.ά., 2017), καθώς και EO Browser¹⁰ (Βασιλικογιαννάκης κ.ά., 2021).

Ο πληθυσμός-στόχος στον οποίο κυρίως απευθύνονταν οι 12 έρευνες ήταν μαθητές/μαθήτριες Δημοτικού (3 έρευνες), μαθητές/μαθήτριες Γυμνασίου (5 έρευνες) και μαθητές/μαθήτριες Λυκείου (3 έρευνες). Επίσης, 1 έρευνα υλοποιήθηκε σε προνήπια και νήπια⁸ (Αμπελώμου, 2021).

Η Εικόνα 2 παρουσιάζει τα λογισμικά και, ευρύτερα, πλατφόρμες Τηλεπισκόπησης που χρησιμοποιήθηκαν στις υπό μελέτη έρευνες, σε σχέση με την ηλικία των συμμετεχόντων/συμμετεχουσών σε αυτές.



Εικόνα 2 Λογισμικά και, ευρύτερα, πλατφόρμες Τηλεπισκόπησης ανά ηλικία συμμετεχόντων/συμμετεχουσών στις έρευνες

Και πάλι παρατηρούμε, ότι η καμπύλη του GoogleEarth είναι υψηλότερη όλων. Το εν λόγω λογισμικό χρησιμοποιήθηκε κυρίως σε μαθητές/μαθήτριες ηλικίας 10 έως 18 ετών (μεγάλες τάξεις Δημοτικού έως Λύκειο). Ωστόσο, υπήρξε και μία έρευνα που το εφάρμοσε σε ηλικίες προνηπίων-νηπίων⁸ (Αμπελώμου, 2021). Το ArcGIS χρησιμοποιήθηκε κυρίως σε μαθητές/μαθήτριες μεγαλύτερων ηλικιών (15-16 ετών).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτήν την μελέτη, αναλύθηκαν 12 έρευνες που αφορούσαν τόσο προτάσεις διδακτικών σεναρίων όσο και υλοποιημένα διδακτικά σενάρια, των οποίων κοινός παρονομαστής αποτελούσε η χρήση λογισμικών και, ευρύτερα, πλατφορμών Τηλεπισκόπησης σε διδακτικά σενάρια που άπτονταν θεμάτων Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Είτε ως σενάριο στο μάθημα της Γεωγραφίας ή σε περιβαλλοντικό όμιλο, οι έρευνες αυτές διερεύνησαν ένα μεγάλο εύρος θεμάτων, στα οποία έγινε ευρεία χρήση προγραμμάτων Τηλεπισκόπησης. Οι θεματικές ενότητες που εξετάστηκαν περισσότερο ήταν η Κλιματική Αλλαγή και το νερό και ο κύκλος του. Η

Κλιματική Αλλαγή ως θέμα που βρίσκεται στην επικαιρότητα τα τελευταία χρόνια, ήταν αναμενόμενο να πρωτοστατεί στις έρευνες. Λόγω όμως της ελληνικής πραγματικότητας, ίσως περίμενε κανείς να συναντήσει και έρευνες για τις πλημμύρες, τους καύσωνες και τις πυρκαγιές που απασχολούν πιο πιεστικά την χώρα μας. Τα πιο εστιασμένα θέματα που εξετάστηκαν στις υπόλοιπες έρευνες, όπως π.χ. η ρύπανση της πόλης των Βραχναϊκών Αχαΐας ή το απολιθωμένο δάσος της Μυτιλήνης, μάλλον υποδεικνύουν ότι κριτήριο επιλογής του θέματος ήταν η ευκολία χειρισμού που παρέχει η άμεση, απτή γνώση ενός συγκεκριμένου και τοπικού θέματος.

Το φάσμα ηλικιών στις οποίες απευθύνονταν οι υπό μελέτη έρευνες αφορούσε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, από την Προσχολική ως τη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Παρατηρήθηκε ότι το Google Earth πρωτοστατούσε στα περισσότερα διδακτικά

σενάρια από τα προνήπια έως τις τελευταίες τάξεις του Λυκείου. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην ευκολία πρόσβασης στο εργαλείο και την ευχρηστία του. Το ArcGIS χρησιμοποιήθηκε από μεγαλύτερες ηλικίες, σε μαθητές 11-17 ετών και κυρίως 15-16 ετών. Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι το εν λόγω λογισμικό ίσως δεν είναι τόσο εύκολο στη χρήση από μαθητές/μαθήτριες Δημοτικού. Τα λογισμικά/πλατφόρμες EO Browser, LEOWorks και EDUSpace website εμφανίστηκαν από μία φορά η καθεμία και μόνο στο Γυμνάσιο.

Τέλος, οι τρεις έρευνες που προσέγγισαν την Κλιματική Αλλαγή και αφορούσαν μαθητές/μαθήτριες Γυμνασίου κυρίως αλλά και μαθητές/μαθήτριες ΕΠΑΛ, έκαναν χρήση κυρίως του λογισμικού Google Earth, αλλά και των λογισμικών και ευρύτερα πλατφορμών ArcGIS, LEOWorks, EDUSpace website και EO Browser.

Οι δυνατότητες των λογισμικών Τηλεπισκόπησης είναι μεγάλες. Είδαμε ότι χρησιμοποιήθηκαν σε πλήθος διδακτικά σενάρια, με κυρίαρχο το θέμα της Κλιματικής Αλλαγής. Η επιλογή των υπόλοιπων θεμάτων ίσως έχει να κάνει και με την ευκολία χειρισμού του από τον ερευνητή και από τους εκπαιδευόμενους, όταν έχει να κάνει με κάτι πολύ ειδικό ή τοπικό (όπως πχ η ρύπανση της πόλης μου ή οι αρχαιολογικοί χώροι του τόπου μου). Επίσης θέματα που έχουν μελετηθεί διεξοδικά στο παρελθόν, όπως ο κύκλος του νερού, πιθανόν να παρέχουν μια ασφάλεια στο χειρισμό τους, οπότε και για αυτό το λόγο να επιλέχθηκαν. Η επιλογή τώρα συγκεκριμένων λογισμικών Τηλεπισκόπησης από τον/την εκπαιδευτικό επηρεάζεται από την ευκολία χρήσης, τις γνώσεις του εκπαιδευτικού και την εξοικείωση με τη χρήση του εν λόγω λογισμικού, αλλά και από τις δυνατότητες που παρέχει το λογισμικό, σε συνάρτηση πάντα με τις ηλικίες των συμμετεχόντων/συμμετεχουσών και την εξοικείωσή τους με τις ΤΠΕ. Μικρότερες ηλικίες εκπαιδευόμενων απαιτούν πολύ πιο εύχρηστα λογισμικά, χωρίς πρόσθετες δυσκολίες εγκατάστασης και αδειοδότησης¹³ (Routu, 2023), ενώ μεγαλύτερες ηλικίες μπορούν να ανταπεξέλθουν και σε πιο απαιτητικά και εξειδικευμένα λογισμικά όπως το ArcGIS.

5. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η παρούσα έρευνα ως μέρος ευρύτερης έρευνας σε εξέλιξη, εστίασε μόνο σε δημοσιευμένες έρευνες στην ελληνική γλώσσα, οι οποίες προτείνουν διδακτικά σενάρια που αξιοποιούν λογισμικά και, ευρύτερα, πλατφόρμες Τηλεπισκόπησης. Σε επόμενο στάδιο η μελέτη θα επεκταθεί και σε ξενόγλωσση βιβλιογραφία. Εκτός από την ξενόγλωσση, η λεγόμενη “γκρίζα” βιβλιογραφία επίσης δεν εξετάστηκε σε αυτό το στάδιο.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] López Núñez, J. A., López Belmonte, J., Moreno Guerrero, A. J., & Pozo Sánchez, S. (2020). Effectiveness of innovate educational practices with flipped learning and remote sensing in earth and environmental sciences—An exploratory case study. *Remote Sensing*, 12(5), 897.
- [2] Popovich V., Claramunt C., Schrenk M., Korolenko K., (2014). Information Fusion and Geographic Information Systems (IF AND GIS 2013). *Environmental and Urban Challenges*. Lecture Notes in Geo information and Cartography. Available through Springer.

- [3] Γιανναράκη, Α. (2016). Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση από τους καθηγητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.
- [4] Garrard, J. (2020). Health sciences literature review made easy. Burlington MA: Jones & Bartlett Learning.
- [5] Ευσταθίου, Χ. (2019). Εισαγωγή γεωπληροφορικής και χωρικής ανάλυσης στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση-Υποστήριξη προγράμματος περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.
- [6] Κάππα, Ε. (2018). Συμβολή ψηφιακών ιστοριών και Web GIS στην διαπολιτισμική εκπαίδευση: μια εφαρμογή.
- [7] Καρατζά, Α., Γαλάνη, Α., & Κουτρομάνος, Γ. (2017). Η ένταξη των ψηφιακών τεχνολογιών μέσω των δορυφορικών εικόνων στο σχολείο: Αξιολόγηση του σχεδίου εργασίας της ESA "Κλιματική αλλαγή και παγετώνες"—Προτάσεις. Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση, 37-48.
- [8] Αμπελώμου, Μ. Ε. (2021). Ένα λαϊκό παραμύθι: σχεδιασμός και ανάπτυξη μαθήματος για το περιβάλλον για την προσχολική εκπαίδευση (Master's thesis).
- [9] Κωνσταντά, Α. Θ. (2023). Ανάπτυξη ηλεκτρονικού μαθήματος για την διδασκαλία της γεωγραφίας για την Στ' τάξη του δημοτικού σχολείου (Master's thesis).
- [10] Βασιλικογιαννάκης, Μ., Βρεκούση, Α., Γαλανάκη, Ε., Δρετάκη, Κ., Λυμπινάκης, Μ., Καραγιάννης, Α., Κοτούπας, Η., Κουμουλάς, Φ., Κουράτορας, Μ., Μακρή, Ι., Μανωλίτσης, Ι., Ξηραδάκης, Μ., Πλευράκης, Ι., Τζεδάκης, Μ., & Χατζάκης, Π. (2021). Κλιματική αλλαγή και δραστηριότητες στην τάξη μας. Open Schools Journal for Open Science, 4(1). doi:<https://doi.org/10.12681/osj.26509>.
- [11] Βλαχογιάννη, Α. Ι. (2021). Σχεδίαση και ανάπτυξη ηλεκτρονικού μαθήματος για την αειφορία και το περιβάλλον για την Ε' και Στ' τάξη του δημοτικού σχολείου (Master's thesis).
- [12] Φωτιάδης, Θ. (2017). Ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για τον Κύκλο του Νερού στο Γυμνάσιο.
- [13] Routu, R. (2023). ArcGIS Pro vs QGIS : Everything you need to know. Ανακτήθηκε στις 7/3/2021, από <https://rutwikroutu.medium.com/arcgis-pro-vs-qgis-everything-you-need-to-know-8c9fe0aba19c>
- [14] Θωμάς, Σ. (2020). Σχεδιασμός, Ανάπτυξη, Υλοποίηση και Αποτελεσματικότητα Μαθησιακού Περιβάλλοντος που ενσωματώνει το μοντέλο μάθησης Project-Based Learning (PBL) βασισμένο στην τεχνολογία των Web-GIS.
- [15] Μουζά, Β., & Θεοφανέλλης, Τ. (2021). Επιστημονικό Συνέδριο Γεωγραφίας "Η γεωγραφία σε έναν κόσμο που αλλάζει". Λέσβος 2-4 Ιουνίου 2021: πρακτικά συνεδρίου.
- [16] Παλάζη, Δ. (2014). Διδακτική προσέγγιση της Γεωγραφίας με τη χρήση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών.
- [17] Χιωτέλης, Ι., & Θεοδωροπούλου, Μ. (2021). Επιστημονικό Συνέδριο Γεωγραφίας "Η γεωγραφία σε έναν κόσμο που αλλάζει". Λέσβος 2-4 Ιουνίου 2021: πρακτικά συνεδρίου.

Αρχιτεκτονικά οικοδομήματα εμπνευσμένα από την τεχνοτροπία της κυψέλης και τη ζωή των μελισσών

Ελένη Θεοδωράκη & Δημήτριος Σακελλαρίου

1ο Επαγγελματικό Λύκειο. Καρδίτσας

Email: etheodoraki1975@gmail.com

Περίληψη

Μελετήθηκε ο τρόπος ζωής των μελισσών, καθώς και η τεχνοτροπία τους στην κατασκευή των κελιών (κυψελών) τους. Σημαντικό ρόλο στην όλη διαδικασία παίζει η μέλισσα αρχιτέκτονας. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της κοινωνικής ζωής της μέλισσας είναι η ομοιόσταση, δηλαδή η διατήρηση της θερμοκρασίας και των άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων του μελισσιού σε σχετικά σταθερά επίπεδα, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

Παρατηρώντας και μελετώντας τη διαδικασία της «ψύξης-κλιματισμού και θέρμανσης» μέσω της ομοιόστασης, οι μηχανικοί προσάρμοσαν αντίστοιχες τεχνικές στα κτίρια. Οι μέλισσες μπορεί να κάνουν οικονομία υλικού και δυνάμεων, όμως αυτό που τις ωθεί σε αυτό, είναι η τάση της φύσης να κάνει απόλυτη οικονομία.

Οι αρχιτέκτονες αναζητώντας τρόπους ώστε να μειώσουν τις πρώτες ύλες, δημιουργώντας κάτι κομψό και ταυτόχρονα σταθερό στράφηκαν στην εγγυημένη οδό της φύσης. Έτσι, λοιπόν, διαμορφώθηκε η σύγχρονη αρχιτεκτονική.

Λέξεις κλειδιά: ζωή μελισσών, τεχνοτροπία κυψέλης, ομοιόσταση, αρχιτέκτονες, αρχιτεκτονικά οικοδομήματα

1.Η ΖΩΗ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΚΥΨΕΛΗ



Εικόνα 1 Yuansu projects του μελισσοκόμου Ren Ri

1.1 Οργάνωση – Κατανομή εργασιών μελισσών

Οι εργασίες που πραγματοποιούν οι εργάτριες μέλισσες ποικίλει ανάλογα με την ηλικία τους. Μόλις γεννηθεί αναλαμβάνει τον καθαρισμό των κελιών. Έπειτα όσο περνάνε οι μέρες αρχίζει να σφραγίζει τα κελιά του γόνου, περιποιείται το γόνο και

τη βασίλισσα, κατασκευάζει και συντηρεί της κηρήθρες. Επίσης χρησιμοποιώντας το κεντρί της φρουρεί και υπερασπίζεται την αποικία με αυτοθυσία.

Υπάρχουν, όμως, και περιπτώσεις που εργάτριες πραγματοποιούν πολλές εργασίες σε μία ημέρα ανάλογα με τις ανάγκες του μελισσιού. Σε περιόδους έντονης δραστηριότητας (Άνοιξη- Καλοκαίρι) η εργάτρια ζει το πολύ 45 ημέρες ενώ το χειμώνα μέχρι και 6 μήνες.

Η καθαρίστρια μέλισσα

Η πρώτη δραστηριότητα της εργάτριας λίγες ώρες αφού γεννηθεί είναι να προετοιμάσει τα κελιά για την υποδοχή αυγών που θα γεννήσει η βασίλισσα ή την αποθήκευση τροφής, δηλαδή την απομάκρυνση των υπολειμμάτων στα κελιά από κομμάτια κεριού, κόκκους γύρης, αποδερματώσεις και ακαθαρσίες από τις νύμφες, γυαλίζοντας τον πάτο και τα τοιχώματα των κελιών (καθαρισμός κελιών). Επίσης χρησιμοποιώντας το κεντρί της φρουρεί και υπερασπίζεται την αποικία με αυτοθυσία. Σε περιόδους έντονης δραστηριότητας (Άνοιξη - Καλοκαίρι) η εργάτρια ζει το πολύ 45 ημέρες ενώ το χειμώνα μέχρι και 6 μήνες. Οι πιο ηλικιωμένες εργάτριες μέλισσες καθαρίζουν το κάτω μέρος της κυψέλης όπου μπορεί να περιέχει ξένα σώματα τα οποία απομακρύνουν εκτός της κυψέλης.

Η τροφός, παραμάννα μέλισσα

Η νεαρή μέλισσα από την ηλικία των 3 - 4 ημερών της ζωής της και για περισσότερες από 15 ημέρες και μετά την έξοδό της από το κελί αρχίζει την φροντίδα του γόνου. Σε ηλικία 6 ημερών και πάνω, γίνονται παραμάνες εκτρέφοντας τις βασιλικές προνύμφες στα βασιλικά κελιά.

Η μέλισσα αρχιτέκτονας

Οι εργάτριες μέλισσες ηλικίας 5 - 20 ημερών μπορούν να παράγουν κεριό, χτίζοντας και επισκευάζοντας αυτό το θαύμα αρχιτεκτονικής δομής που ονομάζεται κηρήθρα. Οι κηρήθρες χτίζονται σε παράλληλες σειρές και αποτελούνται από εξάγωνα κελιά και στις δύο όψεις. Το μέγεθος των κελιών ποικίλει. Τα πιο μικρά κελιά, όπου είναι και περισσότερα σε αριθμό, προορίζονται για τις εργάτριες μέλισσες και τα μεγαλύτερα για τους κηφήνες. Τα κελιά των βασιλισσών είναι λιγοστά και βρίσκονται συνήθως στο κάτω μέρος του πλαισίου (σμηνοουργίας) ή στο κέντρο του πλαισίου (ορφάνιας). Χωρίς την κηρήθρα δεν μπορεί να εκτραφεί γόνος ούτε να αποθηκευτεί μέλι και γύρη.



Η μέλισσα αποθηκάριος

Καθώς η συλλέκτρια μέλισσα επιστρέφει στην κυψέλη για να εναποθέσει το φορτίο της αναζητεί τις εργάτριες (αποθηκάριοι) που θα παραλάβουν την τροφή. Η μεταφορά και ανταλλαγή της τροφής από μέλισσα σε μέλισσα με τις προβοσκίδες τους ονομάζεται τροφάλλαξη.

Οι αποθηκάριοι προσθέτοντας σάλιο και μέλι στοιβάζουν την γύρη στο βάθος του κελιού με τα σαγόνια τους και όταν το κελί γεμίσει το καλύπτουν με ένα λεπτό στρώμα μελιού για να την συντηρήσουν.

Η αερίστρια μέλισσα

Οι μέλισσες έχουν το πλεονέκτημα να διατηρούν την θερμοκρασία του σμήνους σταθερή, ανεξαρτήτως τις εξωτερικές συνθήκες. Ο αερισμός γίνεται από εργάτριες κάθε ηλικίας. Οι αερίστριες παίρνουν θέση στην έξοδο της κυψέλης, κουνάνε γρήγορα τα φτερά τους και έχουν σηκωμένο το πίσω μέρος της κοιλιάς τους δημιουργώντας ρεύματα αέρα, ρυθμίζοντας έτσι το μικροκλίμα της αποικίας.

Η συλλέκτρια μέλισσα

Η συλλογή τροφής πραγματοποιείται από μεγαλύτερης ηλικίας μέλισσες, συλλέγοντας νέκταρ, γύρη και νερό, απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη της αποικίας. Έτσι, επιστρέφει με το φορτίο της στην κυψέλη, όπου με την διαδικασία της τροφάλλαξης το μεταφέρει προς αποθήκευση.

Πριν γίνει συλλέκτρια η νεαρή μέλισσα πραγματοποιεί πτήσεις προσανατολισμού ώστε να μάθει τις πηγές της τροφής της έξω από την κυψέλη. Η απόσταση που διανύει για την τροφή παίζει σημαντικό ρόλο στην διάρκεια της ζωής της. Η διατροφή της μέλισσας περιλαμβάνει πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, βιταμίνες, νερό και διάφορα άλλα συστατικά. Υπάρχουν μέλισσες που συλλέγουν αποκλειστικά νέκταρ, γύρη, νερό ή πρόπολη. Υπάρχουν και οι μικτές συλλέκτριες που μαζεύουν και γύρη και νέκταρ.



Φωτογραφία: Mike Riter

Επομένως, για την ύπαρξη “ισορροπίας” σε μια κηρήθρα, συντελούν πολλοί παράγοντες, οι οποίοι εφαρμόζονται από το σμήνος των μελισσών με απόλυτη ακρίβεια. Η εξαγωνική δομή της αποτελεί ένα θαύμα της φύσης. Παράλληλες προς το μαγνητικό πεδίο της γης, ώστε να μην κυλά το μέλι και ισοπαχείς. Η κάθε μια γνωρίζει επακριβώς το ρόλο της και στο σύνολό τους υλοποιούν τις εργασίες προς όφελος του συνόλου. Οι δραστηριότητες των μελισσών ποικίλουν, ανάλογα με το ρόλο και το ηλικιακό τους όριο.

Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η αρχιτέκτονας μέλισσα, διότι υπό των οδηγιών της, οι εργάτριες επιδιορθώνουν τη δομή των κελιών που χαρακτηρίζεται ως κηρήθρα. Σημαντικές ενέργειες που σκοπό έχουν τη βιωσιμότητά τους σ’ αυτήν, καθώς και την διαιώνιση του είδους.

1.2 Ομοιόσταση – Ρύθμιση της θερμοκρασίας του μελισσιού

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της κοινωνικής ζωής της μέλισσας είναι η ομοιόσταση, δηλαδή η διατήρηση της θερμοκρασίας και των άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων του μελισσιού σε σχετικά σταθερά επίπεδα, ανεξάρτητα από τις εξωτερικές συνθήκες.

Οι μέλισσες είναι γενικά δραστήριες σε θερμοκρασίες από 10 – 38°C. Για την εκτροφή του γόνου η άριστη θερμοκρασία στη φωλιά είναι 35°C. Οι παραμάνες καλύπτουν με το σώμα τους το γόνο και επιτυγχάνουν τη θερμοκρασία αυτή με συνεχείς συσπάσεις των μυών του θώρακα και ταυτόχρονη κατανάλωση μελιού. Όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη από 35°C οι μέλισσες δροσίζουν την φωλιά συλλέγοντας νερό και ανεμίζοντας τα φτερά τους, έτσι ώστε να διευκολύνεται η εξάτμιση του νερού με τη δημιουργία ρεύματος αέρα.

Κατά τη σμηνουργία (αμυντικός μηχανισμός που ο κύριος ρόλος του είναι ο πολλαπλασιασμός του μελισσιού), η θερμοκρασία στο εσωτερικό του αφεσμού (το σμήνος μελισσών το οποίο κατά την άνοιξη, από τον Φεβρουάριο έως τον μήνα Μάιο είναι δυνατόν να εγκαταλείψει την κυψέλη μαζί με την παλαιά βασίλισσα, οδεύοντας προς τη δημιουργία μιας καινούργιας αποικίας.) είναι 35°C ενώ στο εξωτερικό του περίβλημα είναι 15-21°C. Επειδή οι εργάτριες στο εσωτερικό του αφεσμού παράγουν

θερμότητα και οι εργάτριες στο εξωτερικό του παρέχουν μόνωση, εναλλάσσονται μεταξύ τους. Όταν η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας ανεβεί, τότε ο αφεσμός αραιώνει και δημιουργούνται δίοδοι δια μέσου των οποίων περνά ρεύμα αέρος δημιουργούμενο από το φτερούγισμα των μελισσών.

Όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι κάτω από τους 14°C οι μέλισσες σχηματίζουν στη φωλιά τη μελισσόσφαιρα και καθώς η θερμοκρασία κατεβαίνει η μελισσόσφαιρα συμπύκνεται, ώστε να εξοικονομείται θερμότητα λόγω μείωσης της επιφάνειας από την οποία αυτή χάνεται. Στο εξωτερικό της μελισσόσφαιρας, οι μέλισσες σχηματίζουν στρώσεις με το κεφάλι προς τα μέσα και εναλλάσσονται με τις εσωτερικές μέλισσες. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει γόνος στο μελίσσι, η ελάχιστη θερμοκρασία στο εσωτερικό της μελισσόσφαιρας είναι 13°C και η μέγιστη 20°C ενώ στη εξωτερική στρώση είναι 8°C. Όταν όμως υπάρχει γόνος στο εσωτερικό της σφαίρας, η θερμοκρασία πρέπει να παραμείνει στους 35°C. Μια μεμονωμένη μέλισσα χάνει την ικανότητα της να πετάξει όταν η θερμοκρασία μειωθεί κάτω από τους 10°C και στους 8°C ακινητοποιείται και μπορεί να πεθάνει. Όταν η θερμοκρασία μειωθεί στους -5°C η μελισσόσφαιρα δεν μπορεί να συμπτυχθεί άλλο και οι εργάτριες για να επιβιώσουν παράγουν επιπλέον θερμότητα καταναλώνοντας μέλι.

1.3 Γιατί η φύση “αγαπάει” τα εξάγωνα; Από τις κηρήθρες ως τη σύγχρονη αρχιτεκτονική

Από τις κηρήθρες ως και τα ... μάτια των μυγών, τα εξάγωνα εμφανίζονται πολύ συχνά στη φύση. Γιατί όμως συμβαίνει αυτό, αλλά και τι προέκταση μπορεί να έχει στη σύγχρονη αρχιτεκτονική;

Η πιο λογική απάντηση, έχει να κάνει με την γεωμετρία. Οι μέλισσες μπορεί να κάνουν οικονομία χρόνου, υλικού και δυνάμεων, όμως αυτό που τις ωθεί σε αυτό, είναι η τάση της φύσης να κάνει απόλυτη οικονομία. Τουλάχιστον όσον αφορά τις επιφάνειες.

Κάθε υλικό, όπως επιβάλουν οι νόμοι της φύσης, θα επιδιώξει να βρει τη δομή με την χαμηλότερη δυνατή επιφανειακή τάση. Στην περίπτωση των φυσαλίδων, αυτό σημαίνει, το λιγότερο χώρο «τοιχωμάτων». Δηλαδή τα εξάγωνα!

Τα «σπίτια» των μελισσών αποτελούν αντικείμενο μελέτης, αλλά και θαυμασμού εδώ και χιλιετίες. Αυτές οι τέλεια κατασκευασμένες, εξαγωνικές δομές, αποτελούν ένα θαύμα της φύσης. Παράλληλες προς το μαγνητικό πεδίο της γης, ώστε να μην κυλάει το μέλι, απολύτως ισοπαχείς, σαν να είναι φτιαγμένες από υπολογιστή. Η «οικοδομική» των μελισσών ξεπερνάει και τον καλύτερο μηχανικό.

1.4 Η φύση κάνει... οικονομία στην επιφάνεια

Οι μέλισσες μπορεί να κάνουν οικονομία υλικού και δυνάμεων, όμως αυτό που τις ωθεί σε αυτό, είναι η τάση της φύσης να κάνει απόλυτη οικονομία. Τουλάχιστον όσον αφορά τις επιφάνειες. Στις φούσκες ασκείται μια επιφανειακή τάση, η οποία τους επιτρέπει να έχουν την μικρότερη δυνατή επιφάνεια. Για τον ίδιο λόγο οι σταγόνες τις βροχής, όταν δημιουργούνται, έχουν σφαιρικό σχήμα. Η σφαίρα είναι το σχήμα

με την μικρότερη επιφάνεια, σε σχέση με τον όγκο του. Στα λεία φύλλα, τα σταγονίδια του νερού έχουν σφαιρικό σχήμα, για τον ίδιο ακριβώς λόγο.

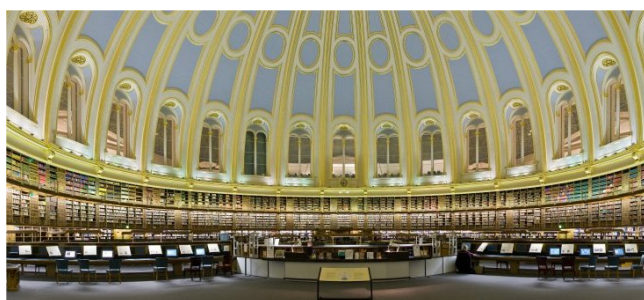
Κάθε υλικό, όπως επιβάλουν οι νόμοι της φύσης, θα επιδιώξει να βρει τη δομή με την χαμηλότερη δυνατή επιφανειακή τάση. Στην περίπτωση των φυσαλίδων, αυτό σημαίνει το λιγότερο χώρο «τοιχωμάτων». Δηλαδή τα εξάγωνα!

2. ΠΩΣ ΕΧΕΙ ΕΠΗΡΕΑΣΤΕΙ Η ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ;

Παρατηρώντας και μελετώντας τη διαδικασία της «ψύξης-κλιματισμού και θέρμανσης» μέσω της ομοιόστασης, οι μηχανικοί προσάρμοσαν αντίστοιχες τεχνικές στα κτίρια.

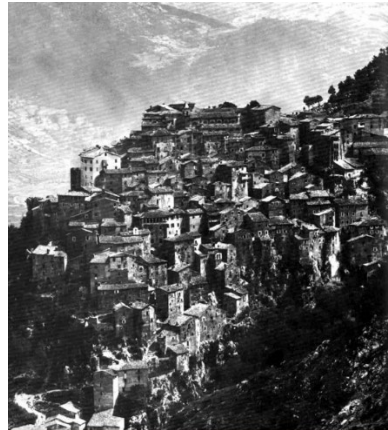
Κάπως έτσι, δηλαδή, σύμφωνα με την τάση της φύσης να εξοικονομεί επιφάνεια, διαμορφώθηκε και η σύγχρονη αρχιτεκτονική. Αναζητώντας τρόπους ώστε να μειώσουν τις πρώτες ύλες, δημιουργώντας κάτι κομψό και ταυτόχρονα σταθερό, οι αρχιτέκτονες στράφηκαν στην εγγυημένη οδό της φύσης!

Sydney Smirke: Το μεγαλύτερο μέρος του λόγου του επικεντρώθηκε στη μαθηματική τελειότητα της κηρήθρας. Ότι, δηλαδή, η εξαγωνική δομή της κηρήθρας με τη ρομβοειδή βάση ήταν κατ' εξοχήν αποτελεσματική μορφή που περικλύει το μέγιστο του χώρου με το ελάχιστο ποσό κεριού.



Κάρολος Δαρβίνος: Διαπίστωσε πως οι μέλισσες σπαταλούν ελάχιστο μέλι για την έκκριση κεριού έχοντας καταφέρει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Μπερνάρντ Ρουντόφσκι: Μελέτησε τις κυψέλες, τις φωλιές των ζώων και υποστήριξε, πως, αν οι σύγχρονοι άνθρωποι ήθελαν να διατηρήσουν την ανθρωπιά τους, καλύτερα θα ήταν να ενημερωθούν πιο λεπτομερώς για την αρχιτεκτονική και τη μηχανική των ζώων.



Τον 20 αιώνα οι αρχιτέκτονες αναζητώντας ερεθίσματα από το φυσικό περιβάλλον, κατέληξαν στο εξής: ότι, δηλαδή, η κοινωνία των μελισσών θεωρήθηκε ιδανική κοινωνία.

Ο Antonio Gaudí παρομοίαζε τον αρχιτέκτονα με τη βασίλισσα - συντονίστρια και τους υπόλοιπους εργαζόμενους με μέλισσες - εργάτριες. Η θυσία της βασίλισσας βοηθά τις κοινωνίες ν' ανθίσουν. Η Cooperativa Mataronesa ήταν το πρώτο του έργο.



Ο Frank Lloyd Wright κατασκεύασε το «Σπίτι της Κηρήθρας» στην Καλιφόρνια και υιοθέτησε το μοτίβο της κηρήθρας ανακαλύπτοντας τα πλεονεκτήματα αυτού του σχεδίου. Η εφαρμογή του εξαγωνικού σχήματος σε τοιχοποιίες ήταν πηγή καινοτομίας, διότι ήταν δομή σταθερή και συνεκτική.



Ο Frei Otto, μελέτησε τη δομή των φυσικών υλικών και την εφάρμοσε πάνω στην αρχιτεκτονική του. Αυτό φαίνεται μέσα από τα κτίριά του. (γεωμετρικές επιφάνειες, συμμετρίες, λίγες και απαραίτητες καμπύλες όταν χρειάζεται και πανάλαφρη δομή)

Στον 21ο αιώνα όμως, περισσότερη πρώτη ύλη σημαίνει περισσότερες δαπάνες, που ισοδυναμούν με λιγότερο κέρδος. Εκτός αυτού όμως, η αισθητική έχει αλλάξει. Τα πιο... αέρινα κτίρια είναι αυτά που τραβούν την προσοχή. Οι μίνιμαλ (αλλά όχι απλές) κατασκευές είναι αυτές που αναζητά κάθε νέος αρχιτέκτονας. Από την εποχή του μοντερνισμού και έπειτα, σπάνια θα δει κανείς κτίρια με μεγάλες καμπύλες.



Βιβλιογραφία

https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/7966/nikoloudiss_bioklimatikos.pdf?sequence=1

<https://www.tilestwra.com/chrisimopii-melisses-ke-kataskevazi-glipta-ke-chartes/>

<https://www.pearllam.com/exhibition/ren-ri-yuansu-projects/>

<https://www.lifo.gr/now/athens/istoriko-15o-lykeio-tis-kypselis-anoigei-tis-portes-toy-se-21-ellines-eikastikoys>

<https://www.melissokomikiepitheorisi.gr/%CE%BF%CE%B9-%CE%B1%CE%BC%CF%85%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%AF-%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CE%AF-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BC%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CF%83%CF%83%CE%B9%CE%BF/>

<https://www.honeybeesuite.com/open-air-colonies-from-coast-to-coast/>

<https://ingolden.gr/in/%CE%BC%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B5%CE%AF%CE%BF-guggenheim-%CE%B7-%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85/>

<https://www.infoagro.gr/news/51-msc>

<https://blog.beeing.gr/%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%B9%CF%8C%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7-%CF%81%CF%8D%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%B7%CF%82->

%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82/

<https://melissokomianet.gr/diaxeimasi-melisson/>

https://www.wikiwand.com/en/Honeycomb_housing

https://inhabitat.com/new-acme-pavilion-employs-sustainable-clt-construction/acme_stratford-pavilion_huftoncrow_006/

<https://www.carrsconsulting.com/honeybee/normal/anatomyhive.htm>

<https://www.iefimerida.gr/news/261736/giati-i-fysi-agapaei-ta-exagona-apo-tis-kirithres-osti-syghroni-arhitektoniki-eikones>

<https://www.jamesedition.com/stories/real-estate/frank-lloyd-wright-style-homes-for-sale/>

<https://www.engelvoelkers.com/en/blog/luxury-living/architecture/the-philosophy-behind-iconic-frank-lloyd-wright-architecture/>

<https://www.smithsonianmag.com/arts-culture/prickly-brilliant-deeply-influential-frank-lloyd-wright-180973512/>

<https://vomvolakis.gr/el/project/bioclimaticresidence-in-vori-south-heraklion-crete/>

<http://4lyk->

vyrion.att.sch.gr/autosch/joomla15/images/docs/BIOKLIMATIKI_ARXITEKTONIKI.pdf

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CF%83%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%AF%CF%89%CE%BD

<https://www.xn---->

[ylbaqknabc9ci5aehjki.gr/el/%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%B7-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B2%CE%B1%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%B7-%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%B9%CF%89%CE%BD/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B7-%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B9%CF%84%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%B7.html](https://www.xn----ylbaqknabc9ci5aehjki.gr/el/%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%B7-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B2%CE%B1%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%B7-%CE%BA%CF%84%CE%B9%CF%81%CE%B9%CF%89%CE%BD/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B7-%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B9%CF%84%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%B7.html)

<https://www.findingmrwright.com/17-buildings/honeycomb-house/>

<https://www.nps.gov/places/hanna-honeycomb-house.htm>

https://www.google.com/search?q=frank%20lloyd%20wright%20architecture&tbm=isch&tbs=rimg:CYq56sdHRehMYXcq84sUdvResgIMCgIABAAOgQIABAA&hl=el&sa=X&ved=0CBoQuIIBahcKEwiQgNuG_OL8AhUAAAAAHQAAAAAQHQ&biw=1349&bih=657#imgsrc=6yf4m2wityrJtM

<https://www.thoughtco.com/architecture-by-frank-lloyd-wright-3573373>

<https://collections.vam.ac.uk/item/O83196/architectural-model-for-the-proposed-architectural-model-smirke-sydney/>

Η αξιοποίηση του Arduino για τη μελέτη της ποιότητας των υδάτινων πόρων στο πλαίσιο εκπαιδευτικών δράσεων

Γεωργίου Ιωάννης & Λιάπη Βασιλική

Εσπερινό Γυμνάσιο με Λυκειακές Τάξεις Πύργου

Email: giageorgiou1@gmail.com

Περίληψη

Το σχολείο παίζει κρίσιμο ρόλο στην προώθηση της αειφορίας και της περιβαλλοντικής συνείδησης. Μέσα από εκπαιδευτικά προγράμματα και δράσεις, οι μαθητές μαθαίνουν τη σημασία της βιώσιμης ανάπτυξης και της προστασίας του πλανήτη. Έτσι, το σχολείο γίνεται όχι μόνο χώρος μάθησης, αλλά και μια πλατφόρμα για την προώθηση ενός πιο βιώσιμου μέλλοντος, εκπαιδεύοντας τους νέους να γίνουν υπεύθυνοι πολίτες και ενεργοί συμμετέχοντες στην προστασία του περιβάλλοντος.

Η παρούσα εργασία αφορά σε μία από τις δράσεις του Εσπερινού Γυμνασίου με Λ.Τ. Πύργου προκειμένου να μετατραπεί από «συμβατικό» σε αειφόρο σχολείο. Αφορμή ήταν η συμμετοχή του σχολείου μας στο διαγωνισμό Problue που αφορά τη δημιουργία ενός δικτύου σχολείων της Ευρωπαϊκής Ένωσης που εστιάζουν στην ευαισθητοποίηση σχετικά με το υδάτινο οικοσύστημα και τη προσπάθεια διατήρησης των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και της βιοποικιλότητας.

Λέξεις κλειδιά: Αειφόρο σχολείο, ΤΠΕ, Arduino

Εισαγωγή

Ο όρος «sustainability» χρησιμοποιείται για να αποδώσει την έννοια της αειφορίας. Αναφερόμενος σε μια διαδικασία της οποίας ο ρυθμός πρέπει να διατηρείται σταθερός. Από σημειολογική πλευρά, η αειφορία χαρακτηρίζεται ως η ικανότητα των συστημάτων, πρακτικών και πολιτικών, να διατηρούνται και να λειτουργούν με συνέπεια στο χρόνο (Throsby, 1997· Φλογαΐτη, 2011).

Στην απόδοση του όρου στην ελληνική γλώσσα, οι όροι «αειφορία» και «βιωσιμότητα» χρησιμοποιούνται ως ισοδύναμοι (Δημητρίου, 2009· Ρόκος, 2003· Φλογαΐτη, 2011), με την Δημητρίου (2009) να τονίζει ότι η αειφορία φέρει μια πιο έντονη περιβαλλοντική χροιά, ενώ η βιωσιμότητα συνδέεται περισσότερο με πρακτικές και διαχειριστικές προσεγγίσεις.

Επιπλέον, η έννοια της αειφορίας στοχεύει στη διαμόρφωση ενός κοινωνικού μοντέλου που διακρίνεται από τις αξίες της οικολογικής και κοινωνικής δικαιοσύνης, της αλληλεγγύης, της συλλογικότητας και της δημοκρατίας, αναδεικνύοντας το ρόλο του υπεύθυνου και ενεργού πολίτη ως θεμελιώδη συντελεστή για τη δημιουργία των προϋποθέσεων μιας αειφόρου κοινωνίας (Sauvé, 1999· Φλογαΐτη, 2006· Λιαράκου & Φλογαΐτη, 2009).

Σύμφωνα με τα IUCN, WWF & UNEP (1991) για να χαρακτηριστεί μια κοινωνία αειφορική θα πρέπει να ικανοποιεί, μεταξύ άλλων, και κριτήρια που θα στοχεύουν στη

- βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων
- διατήρηση της ζωής και της ποικιλότητας της γης
- ελαχιστοποίηση της εξάντλησης των μη ανανεώσιμων πόρων
- διατήρηση της φέρουσας ικανότητας της γης

Στον περιβαλλοντικό τομέα περιλαμβάνονται στρατηγικές, που αφορούν στη διατήρηση των φυσικών πόρων και την επίδραση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και αποφάσεων στο περιβάλλον (UNESCO, 2005). Υποστηρίζουν την άρρηκτη σύνδεση της ανάπτυξης και του περιβάλλοντος, εμπεριέχουν την έννοια των ορίων αντοχής των οικοσυστημάτων, του οικολογικού αποτυπώματος, την αρχή της πρόληψης (Δημητρίου, 2009) και αναζητούν τρόπους διατήρησης, προστασίας και αποκατάστασης του φυσικού αποθέματος και των οικοσυστημάτων, τα οποία θεωρούνται μέρος της κληρονομιάς, που θα πρέπει να παραδίδεται στις μελλοντικές γενιές (WCED 1987).

Σε περιβαλλοντικό επίπεδο η βιωσιμότητα εξασφαλίζει τη προστασία της φύσης και την ορθολογική χρήση της, που δεν γίνεται αντιληπτή πλέον ως ανεξάντλητη πηγή πόρων. Με την επιδίωξη της περιβαλλοντικής ακεραιότητας, ως πυλώνα της αειφορίας, διασφαλίζεται ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες δε θα καταστρέφουν τους φυσικούς πόρους του πλανήτη (Bansal, 2005).

ΤΠΕ και αειφορία

Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) αποτελούν δομική συνιστώσα της σύγχρονης κοινωνίας στην οποία καλούνται να ζήσουν οι σημερινοί νέοι και επηρεάζουν καθοριστικά κάθε δραστηριότητα αυτής (Παπαδόπουλος, 1998; Τζιμογιάννης & Κόμης, 2004). Η Εκπαίδευση θεωρείται το μέσο προώθησης της Κοινωνίας της Πληροφορίας (Τσαούσης, 1995).

Με τον όρο «Τεχνολογίες της Πληροφορίας» χαρακτηρίζονται οι τεχνολογίες που επιτρέπουν την επεξεργασία και τη μετάδοση μίας ποικιλίας μορφών αναπαράστασης της πληροφορίας (σύμβολα, εικόνες, ήχοι, βίντεο) καθώς και τα μέσα που είναι φορείς αυτών των άυλων μηνυμάτων (Κόμης, 2004). Η εξοικείωση με

τις ΤΠΕ κι ο τεχνολογικός αλφαριθμητισμός αποτελούν τμήμα του πυρήνα της βασικής εκπαίδευσης και είναι αντίστοιχης σπουδαιότητας με την ανάγνωση και τη γραφή (Unesco, 2000; ΥΠΕΠΘ, 1996). Σύμφωνα με το Παρατηρητήριο για την Κοινωνία της Πληροφορίας (2009), το σύγχρονο εκπαιδευτικό περιβάλλον θεωρεί τις ΤΠΕ ως αναπόσπαστο εργαλείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, το οποίο στοχεύει στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών, στην προώθηση της ενεργητικής συμμετοχής τους και τελικά στην αποτελεσματικότερη εκπαιδευτική διαδικασία.

Παράλληλα, σύγχρονες θεωρίες μάθησης τονίζουν την ανεπάρκεια των παραδοσιακών εκπαιδευτικών δομών και προβάλλουν την ανάγκη αξιοποίησης συνεργατικών μορφών μάθησης και την στροφή από μία δασκαλοκεντρική προσέγγιση σε μία άλλη που θα θεωρεί τον μαθητή ως κέντρο της και τον δάσκαλο ως διευκολυντή της μάθησης (Μακρή-Μπότσαρη, 2006). Οι μαθητές οικοδομούν τη γνώση, ενώ η μάθηση προωθεί την ανάπτυξη χωρίς ωστόσο να την διαχωρίζει από το κοινωνικό περιβάλλον (Vygotsky, 1978). Οι εμπειρίες των μαθητών συσχετίζονται με σχολικές εμπειρίες (Κόκκοτας, 2002).

Σε μία τέτοια μορφή μάθησης, η συνεργατική μέθοδος μπορεί να αποτελέσει ένα εργαλείο που θα βοηθήσει τους μαθητές (Dillnbourg & Self, 1995) καθώς αυτοί εμπλέκονται ενεργά αφενός στη διατύπωση ερωτημάτων στη δική τους γλώσσα, αφετέρου στη συλλογική διαπραγμάτευση των μαθησιακών δραστηριοτήτων. Έτσι δεν αρκούνται στην απλή αναπαραγωγή του υλικού ή της πληροφορίας που παρουσιάστηκε από το δάσκαλο ή υπάρχει σε ένα βιβλίο (Κόκκοτας, 2002). Η συνεργατική μέθοδος υλοποιείται σύμφωνα με τους Johnson et al (1993), με μικρές ομάδες στις οποίες οι μαθητές εργάζονται μαζί, με σκοπό τη μεγιστοποίηση της μάθησης σε προσωπικό αλλά και συλλογικό επίπεδο, παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο μία σειρά από θετικά αποτελέσματα (Johnson et al., 1986; Slavin, 1991; Johnson et al., 1993; Kagan, 1994).

Η χρήση των ΤΠΕ για την παρακολούθηση της περιβαλλοντικής ποιότητας και της ικανότητας διεξαγωγής ποσοτικής ανάλυσης πληροφοριών σχετικών με το περιβάλλον σε πρωτοφανές βάθος καθώς και η δυνατότητα επικοινωνίας των εν λόγω δεδομένων με τις ενδιαφερόμενες ομάδες μπορεί να θεωρηθεί ως σημαντική συμβολή στη βιώσιμη ανάπτυξη (Makrakis, 2006).

Οι Rutsky (1999) και Davis (1999) θεωρούν ότι στον 21ο αιώνα έχουμε ήδη συνειδητοποιήσει ότι η τεχνολογία είναι το εργαλείο για την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης αναφορικά με την φύση και τον πολιτισμό. Αν ο εκπαιδευτικός αξιοποιήσει τις ΤΠΕ σε δράσεις και προγράμματα που σχετίζονται με το περιβάλλον, είναι δυνατόν οι μαθητές να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα που το αφορούν (Σταμούλης et al., 2008).

Η βασική προϋπόθεση για να αξιοποιηθούν τα εργαλεία των ΤΠΕ στο πλαίσιο της εκπαίδευσης για την αειφορία είναι όλες οι δραστηριότητες να είναι σχεδιασμένες με το σκεπτικό του ομαδοσυνεργατικού πνεύματος. Οι μαθητές δεν είναι παθητικοί δέκτες αλλά συμμετοχικοί με τη δυνατότητα αυτορρύθμισης (Borthwick et al., 2008).

Οι ΤΠΕ μπορούν όχι μόνο να υποστηρίξουν την εκπαιδευτική διαδικασία με τον κατάλληλο σχεδιασμό δραστηριοτήτων, αλλά και να ευαισθητοποιήσουν τους μαθητές σε θέματα σχετικά με το περιβάλλον (Σταμούλης et al., 2008). Παράλληλα, συνδέονται οι μαθητές με τα τοπικά και παγκόσμια ζητήματα καλλιεργώντας την διεπιστημονικότητά τους ενώ ενεργοποιείται η δημιουργικότητά τους. Παράλληλα, μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να διερευνήσουν τις έννοιες, να εμπλακούν σε προβλήματα αυθεντικής μάθησης, να βελτιώσουν τις μεταγνωστικές τους δεξιότητες και να παρουσιάσουν πληροφορίες χρησιμοποιώντας πολλαπλά μέσα. Όλα αυτά συνδέονται στενά με τους στόχους που θέτει η εκπαίδευση για την αειφορία (Makrakis & Kostoulas-Makrakis, 2012). Τελικά, η μεγαλύτερη πρόκληση είναι η δημιουργία κατάλληλου περιεχόμενου, ο σχεδιασμός δραστηριοτήτων και μαθησιακών περιβαλλόντων που να προωθούν το είδος της σκέψης και την κατανόηση που απαιτούνται για να ζήσουν οι μαθητές βιώσιμα.

Arduino

Το Arduino είναι μια πλατφόρμα ανοικτού κώδικα που συνδυάζει εξελιγμένο εξοπλισμό (μικροελεγκτές) και ένα εύχρηστο περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού, επιτρέποντας στους χρήστες να δημιουργούν διαδραστικά έργα. Ο σχεδιασμός του, που εστιάζει στην απλότητα και την ευελιξία, το καθιστά προσβάσιμο τόσο σε αρχάριους όσο και σε έμπειρους προγραμματιστές και ηλεκτρονικούς μηχανικούς.

Στην εκπαιδευτική διαδικασία, το Arduino παίζει καθοριστικό ρόλο διότι γεφυρώνει το θεωρητικό περιεχόμενο με την πρακτική εφαρμογή. Μέσω της δημιουργίας και υλοποίησης έργων που βασίζονται σε αισθητήρες και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να εξερευνήσουν έννοιες από την ηλεκτρονική, τον προγραμματισμό και τη φυσική, ενισχύοντας την κριτική τους σκέψη και την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων. Επιπλέον, η συνεργατική και δημιουργική φύση των εργασιών με το Arduino ενθαρρύνει την καινοτομία και την ενεργό συμμετοχή, καθιστώντας το ένα πολύτιμο εργαλείο για την προώθηση της τεχνολογικής παιδείας και της βιώσιμης ανάπτυξης στο εκπαιδευτικό περιβάλλον.

Στο πλαίσιο της εργασίας, έχει σχεδιαστεί ένα σύστημα Arduino για τη μέτρηση παραμέτρων σε υδάτινους πόρους της περιοχής μας – είμαστε κοντά τόσο σε παραλίες όσο και σε ποταμούς καθώς και στο λιμάνι Κατακόλου - με σκοπό την παροχή πολύτιμων πληροφοριών για την ποιότητα και την κατάστασή τους.

Το σύστημα περιλαμβάνει μια σειρά από αισθητήρες:

- Θερμοκρασίας Νερού
- Διαλυμένου Οξυγόνου
- Αγωγιμότητας Νερού
- pH
- Πίεσης Νερού

Από τη μελέτη των δεδομένων που θα προκύψουν από τακτικές μετρήσεις σε επιλεγμένες περιοχές θα αποκτήσουμε πληροφορίες που έχουν σχέση με :

Παρακολούθηση Περιβαλλοντικών Συνθηκών:

- Τα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου μειώνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτή η σχέση μπορεί να αποκαλύψει πληροφορίες για τις εποχιακές μεταβολές και την επίδραση της θερμοκρασίας στους οργανισμούς του νερού.

Την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού:

- Αν το pH ή η αγωγιμότητα αποκλίνουν από τις φυσιολογικές τιμές, αυτό μπορεί να δείχνει ρύπανση ή εισροή αλάτων.
- Η αυξημένη θολότητα μπορεί να υποδηλώνει απόβλητα ή βροχοπτώσεις που παρασύρουν χώματα, επηρεάζοντας την ποιότητα του νερού.

Την παρακολούθηση της ρύπανσης:

- Όταν υπάρχουν οργανικά απόβλητα, το διαλυμένο οξυγόνο μειώνεται καθώς τα βακτήρια καταναλώνουν οξυγόνο για την αποσύνθεση των αποβλήτων. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό περιοχών με ρύπανση.

Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα δημοσιοποιηθούν με μια σειρά εργασιών σε συνέδρια αλλά και στην τοπική κοινότητα, στοχεύοντας στην ευαισθητοποίηση της σχολικής κοινότητας και τοπικών φορέων για τη σημασία της προστασίας των υδάτινων πόρων, προτείνοντας ενδεχομένως και μέτρα για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού όπου χρειάζεται.

Επίλογος

Συμπερασματικά, η παρούσα εργασία αναδεικνύει τον κρίσιμο ρόλο του σχολείου ως φορέα προώθησης της αειφορίας και της περιβαλλοντικής συνείδησης, ενσωματώνοντας τόσο τις θεωρητικές βάσεις της βιώσιμης ανάπτυξης όσο και τις σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές. Μέσω της συμμετοχής στο διαγωνισμό Problue και της υλοποίησης δράσεων με τη χρήση ΤΠΕ και Arduino, το Εσπερινό Γυμνάσιο με Λ.Τ. Πύργου μετατρέπεται σε ένα ζωντανό εργαστήριο και πλατφόρμα καινοτομίας, όπου οι μαθητές αποκτούν πρακτικές γνώσεις και αναπτύσσουν κριτική σκέψη, ενώ παράλληλα ενεργοποιούνται ως υπεύθυνοι πολίτες.

Η εναρμόνιση των εκπαιδευτικών προγραμμάτων με τις αρχές της αειφορίας, όπως αυτές διατυπώνονται στη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία (Throsby, 1997· Φλογαΐτη, 2009/2011· Δημητρίου, 2009· Ρόκος, 2003), αποτελεί βασικό προαπαιτούμενο για τη διαμόρφωση ενός κοινωνικού μοντέλου που δίνει έμφαση

στην οικολογική και κοινωνική δικαιοσύνη. Επιπλέον, η αξιοποίηση των ΤΠΕ και των καινοτόμων εργαλείων, όπως το Arduino, επιτρέπει την άμεση παρακολούθηση και ανάλυση των περιβαλλοντικών δεδομένων, προσφέροντας έτσι πρακτικές λύσεις για την προστασία των φυσικών πόρων και την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προκλήσεων.

Η υλοποίηση τέτοιων δράσεων ενισχύει τη σύνδεση της θεωρίας με την πράξη και προάγει την ενεργή συμμετοχή της σχολικής κοινότητας, προάγοντας μια ολιστική προσέγγιση στην εκπαίδευση για την αειφορία. Σε αυτό το πλαίσιο, το σχολείο δεν λειτουργεί μόνο ως χώρος μάθησης, αλλά και ως κινητήριο μοχλός κοινωνικής αλλαγής, καθιστώντας σαφές ότι ο συνδυασμός της τεχνολογίας με την ευαισθητοποίηση για το περιβάλλον αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τη διαμόρφωση ενός βιώσιμου μέλλοντος. Τέλος, η εμπειρία αυτή καθιστά αναγκαία τη συνέχιση και διεύρυνση παρόμοιων πρωτοβουλιών, που με βάση την καινοτομία και την ενεργή συμμετοχή των νέων, θα μπορέσουν να συμβάλουν ουσιαστικά στη δημιουργία μιας αειφόρου κοινωνίας, όπου η προστασία του περιβάλλοντος και η ορθολογική διαχείριση των πόρων είναι κοινές αξίες και στόχοι.

Βιβλιογραφία

Bansal, P. (2005). Evolving sustainably: a longitudinal study of corporate sustainable development. *Strategic Management Journal*, 26(3), 197-218.

Δημητρίου, Α. (2009). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Περιβάλλον, Αειφορία. Θεωρητικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις*. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.

Dillnbourg, P., & Self, J. A. (1995). Designing human-computer collaborative learning. In C. E. O'Malley (Ed.), *Computer Supported Collaborative Learning*. Hamburg: Springer-Verlag.

IUCN, WWF, UNEP (1991). *Caring for the Earth - Sustainability: a question of definition Chapter 1. Box 1*.

Johnson, R., Johnson, D., & Stanne, M. (1986). Comparison of Computer assisted cooperative, competitive and individualistic learning. *American Educational Research Journal*, 23, 382-392.

Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. J. (1993). *Circles of learning: Cooperation in the classroom* Edina. M.N.: Interaction.

Kagan, S. (1994). *Cooperative Learning*. San Juan Capistrano, CA: Kagan Cooperative Learning.

Κόκκοτας, Π. (2002). *Διδακτική των φυσικών επιστημών II. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Γρηγόρης.

Λιαράκου, Γ., Φλογαΐτη Ε. (2007). *Από την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στην Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη: Προβληματισμοί, Τάσεις και Προτάσεις*. Αθήνα: Νήσος.

Μακρή – Μπότσαρη, Ε. (2006). Σύγχρονες αντιλήψεις για τη μάθηση και τη διδασκαλία και η εφαρμογή τους με εργαλεία υπολογιστικής και δικτυακής τεχνολογίας. Στο: *Επιμορφωτικό υλικό γενικού μέρους του προγράμματος σπουδών για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών*. Αθήνα, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Παπαδόπουλος, Γ. (1998). *Η πληροφορική στο σχολείο: Ο σχεδιασμός και το έργο του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου*. Αθήνα: Π.Ι.

ΠΚτΠ (2009). *Έκθεση αναφοράς αποτελεσμάτων έρευνας χρήσης Των Νέων Τεχνολογιών στα Σχολεία*. Παρατηρητήριο για την Κοινωνία της Πληροφορίας.

Rutsky, R. L. (1999). *High Techne: Art and Technology from the Machine Aesthetic to the Posthuman*. University of Minnesota Press.

Ρόκος Δ. (2003). Από τη «βιώσιμη» ή «αιεφόρο» στην ολοκληρωμένη ανάπτυξη. Αθήνα: Λιβάνη.

Sauvé, L. (1999). Environmental education between modernity and postmodernity: Searching for an integrating educational framework. *Canadian Journal of Environmental Education*, 4 (1), 9-35.

Slavin, R. (1991). Synthesis of research on cooperative learning. *Educational Leadership*, 48, 71-82.

Σταμούλης, Ε., Γρίλλιας, Α., Πήλιουρας, Π. (2008). Η αξιοποίηση των ΤΠΕ στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση μέσω Ιστοεξερεύνησης. Μια εφαρμογή στη μελέτη του προβλήματος του γλυκού νερού της γης. *Πρακτικά 4ου Συνέδριου ΠΕΕΚΠΕ*. Ναύπλιο

Throsby, D. (1997). Sustainability and culture some theoretical issues. *International Journal of Cultural Policy*, 4 (1), 7-19.

Τζιμογιάννης, Α., Κόμης, Β. (2004). Στάσεις και αντιλήψεις εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδασκαλία τους. *Πρακτικά 4ου συνεδρίου ΕΤΠΕ*. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Τσαούσης, Δ. (1995). *Η πρόκληση της κοινωνίας της γνώσης στην εκπαίδευση στο ΠΟΕΒ, ΕΚΕΒΙ, ΕΕΒ*. Αθήνα: ΕΚΕΒΙ.

ΥΠΕΠΘ. (1998). *Η Πληροφορική στο σχολείο*. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Φλογαΐτη, Ε. (2011). *Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία*, Αθήνα: Πεδίο.

Φλογαΐτη, Ε. & Λιαράκου, Γ. (2009). *Εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη. Από τη θεωρία στην πράξη*. Αρχάνες: ΚΠΕ Αρχανών.

WCED (1987). *Our common future*. Oxford: Oxford University Press.

Makrakis, V., Kostoulas-Makrakis, N. (2012). Course curricular design and development of the M. Sc. programme in the field of ICT in education for sustainable development. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 14 (2), 5-40.

Τριτοβάθμια Επεξεργασία Λυμάτων και Υγρών Αποβλήτων-Η περίπτωση της Λίμνης Παμβώτιδας των Ιωαννίνων

Αικατερίνη Ρήγα¹, Ευαγγελία Δημουλά²

¹Διευθύντρια 26ου ΓΕ.Λ. Αθηνών (Μαράσλειο), Πληροφορικής - Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΠΕ86 - ΠΕ83

² Καθηγήτρια Πληροφορικής, 2ο Πρότυπο Γυμνάσιο Αθήνας, Πληροφορικής ΠΕ86

Email: katsouf12@gmail.com, edimoula@gmail.com

Περίληψη

Αυτή η εργασία εξετάζει τη διαδικασία της τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων και υγρών αποβλήτων, εστιάζοντας στην προστασία και διατήρηση του οικοσυστήματος, στη λίμνη Παμβώτιδα. Το τρίτο και τελευταίο στάδιο καθαρισμού των λυμάτων, επικεντρώνεται στην απομάκρυνση ρύπων, μικροοργανισμών και άλλων επιβλαβών ουσιών. Σε αυτό το στάδιο αφαιρείται έως και το 99 % των ακαθαρσιών οι οποίες απομένουν στα λύματα. Πλέον, τα απόβλητα δύνανται να επαναχρησιμοποιηθούν.

Ο ευτροφισμός αποτελεί σοβαρό περιβαλλοντικό και οικολογικό πρόβλημα των ανοικτών πηγών ύδατος και έχει ως αποτέλεσμα την επιδείνωση της ποιότητας αυτών. Για το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα επιλέξαμε τη λίμνη Παμβώτιδα η οποία βρίσκεται στην Περιφερειακή Ενότητα των Ιωαννίνων και παρουσιάζει το έντονο φαινόμενο του ευτροφισμού.

Στο πλαίσιο του προγράμματος, οι μαθητές θα ενημερωθούν για τις διαδικασίες και τις τεχνολογίες της τριτοβάθμιας επεξεργασίας, τις εφαρμογές τους σε διαφορετικά περιβάλλοντα, και θα αναγνωρίσουν τη σχέση της με την πρόληψη του ευτροφισμού και την προστασία των οικοσυστημάτων. Μέσα από παραδείγματα, οπτικοακουστικό υλικό, εκπαιδευτική επίσκεψη στη λίμνη Παμβώτιδα θα αντιληφθούν πώς η απουσία κατάλληλης επεξεργασίας οδηγεί σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Το πρόγραμμα στοχεύει στην ενθάρρυνση των μαθητών ώστε να αναπτύξουν κριτική σκέψη για τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, να κατανοήσουν τις συνέπειες της ανεπαρκούς επεξεργασίας των λυμάτων, να αναγνωρίσουν τη σημασία της προστασίας του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας, ενεργοποιώντας την ενσυναίσθηση και τη φροντίδα για τη φύση. Βιώνοντας άμεσα τις συνέπειες της ρύπανσης και της έλλειψης διαχείρισης των πόρων, θα αντιληφθούν τη σημασία της ατομικής και συλλογικής ευθύνης, γεγονός το οποίο θα επηρεάσει τη στάση και τη συμπεριφορά τους απέναντι στο περιβάλλον.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Τριτοβάθμια Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων, Ευτροφισμός, Αειφορία, Περιβαλλοντική Συνείδηση, Λίμνη Παμβώτιδα

ABSTRACT

This paper examines the process of tertiary wastewater and wastewater treatment, focusing on the protection and conservation of the ecosystem in Lake Pamvotis. The third and final stage of wastewater purification focuses on the removal of pollutants, microorganisms and other harmful substances. At this stage, up to 99 % of the impurities remaining in the wastewater are removed. Wastewater can now be reused.

Eutrophication is a serious environmental and ecological problem of open water sources. It results in a deterioration in water quality. In the Environmental Program we chose to deal with Lake Pamvotis, which is located in the Regional Unit of Ioannina and presents the intense phenomenon of eutrophication.

Within the framework of the project, students will be informed about the processes and technologies of tertiary processing, their applications in different environments, and will recognize its relationship with the prevention of eutrophication and the protection of ecosystems. Through examples, audiovisual material, educational visit to Lake Pamvotis they will understand how the absence of appropriate treatment leads to environmental impacts.

The project aims to encourage students to develop critical thinking about wastewater management, to understand the consequences of inadequate wastewater treatment, to recognize the importance of the environmental protection and public health, if empathy and care for nature. Experiencing directly the consequences of pollution and lack of resource management, they will realize the importance of individual and collective responsibility, which will affect their attitude and behavior towards the environment.

KEYWORDS: Tertiary Wastewater Treatment, Eutrophication, Sustainability, Environmental Awareness, Lake Pamvotis

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ευτροφισμός οφείλεται στις ποικίλες δραστηριότητες του ανθρώπου με το έντονο περιβαλλοντικό αποτύπωμα στα κλειστά οικοσυστήματα όπως οι λίμνες. Δύναται να εξελίσσεται φυσικά για χιλιάδες έτη καθώς οι λίμνες γερνούν και εμπλουτίζονται - γεμίζουν με ιζήματα. Χαρακτηρίζεται από την πυκνή ανάπτυξη των φυκιών και των φυτών εξαιτίας του εμπλουτισμού με θρεπτικά στοιχεία όπως ο φωσφόρος και το άζωτο τα οποία απαιτούνται για τη φωτοσύνθεση. Αναπτύσσονται μικροσκοπικά φύκια - φυτοπλαγκτόν τα οποία σχηματίζουν κάποιο επικάλυμμα στην επιφάνεια της λίμνης (Valavanidis, A., & Vlachogianni, T., 2015).

Κατά την πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια επεξεργασία αφαιρείται ένα ποσοστό από το περιεχόμενο των ρύπων. Ακολουθεί η τριτοβάθμια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Στο τρίτο επίπεδο της επεξεργασίας απομακρύνονται τα ανεπιθύμητα στοιχεία όπως τα στερεά και τα κολλοειδή, ο φωσφόρος, το άζωτο, τα παρασιτοκτόνα, τα μέταλλα, τα απορρυπαντικά και άλλα ανεπιθύμητα συστατικά των υγρών αποβλήτων. Αυτό το στάδιο είναι παρόμοιο με αυτό το οποίο χρησιμοποιείται από τις μονάδες της επεξεργασίας του ποσίου νερού οι οποίες καθαρίζουν το

ακατέργαστο νερό για πόσιμο σκοπό. Το στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας έχει την ικανότητα να αφαιρέσει έως και το 99 % των ακαθαρσιών από τα λύματα. Σε αυτό το τρίτο επίπεδο της επεξεργασίας τα απόβλητα προετοιμάζονται ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν.

Το φαινόμενο της λειψυδρίας απασχολεί αρκετές χώρες του πλανήτη μας. Σε άλλες είναι πιο έντονο και σε άλλες χαρακτηρίζεται ως το λιγότερο υπαρκτό πρόβλημα. Στη χώρα μας η μεγαλύτερη λειψυδρία παρουσιάστηκε το 1993, ακολούθησε η λειψυδρία του 2007 και διαφαίνεται η έναρξη μιας νέας περιόδου λειψυδρίας. Με την υπάρχουσα πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια τεχνολογία της επεξεργασίας των αποβλήτων αποδίδεται νερό πολύ καλής ποιότητας, το οποίο είναι εφικτό να επαναχρησιμοποιηθεί. Κάποιες χώρες του κόσμου έχουν εφαρμόσει εδώ και αρκετά χρόνια την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων, τα οποία αποτελούν μια πολύτιμη πηγή νερού σε άγονες και ημιάνυδρες περιοχές οι οποίες αντιμετωπίζουν την αυξανόμενη έλλειψη του νερού. Η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων είναι τμήμα της βιώσιμης διαχείρισης των υδάτων, αποτελεί για τις ανθρώπινες δραστηριότητες μια εναλλακτική πηγή νερού. Στην Ελλάδα προς το παρόν έχει εφαρμοσθεί πιλοτικά σε κάποιες περιοχές, όπως στη Χίο και στη Θεσσαλονίκη (Λύρα, 2017).

2. ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΥ - ΛΙΜΝΗ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ

Στο Περιβαλλοντικό Πρόγραμμά μας επιλέξαμε να ασχοληθούμε με τη λίμνη Παμβώτιδα η οποία βρίσκεται στην Περιφερειακή Ενότητα των Ιωαννίνων, έχει έκταση 19,4 km² και παρουσιάζει το έντονο φαινόμενο του ευτροφισμού. Η λίμνη Παμβώτιδα έχει ζωή χιλιάδων ετών και επομένως παρουσιάζει υψηλά επίπεδα στην εισροή των θρεπτικών ουσιών από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Ο ευτροφισμός αποτελεί σοβαρό περιβαλλοντικό και οικολογικό πρόβλημα, καθώς έχει ως αποτέλεσμα την επιδείνωση της ποιότητας των ανοικτών πηγών ύδατος όπως οι λίμνες, οι ωκεανοί και οι δεξαμενές. Στη συνέχεια θα αναλυθούν οι αιτίες της εμφάνισης του φαινομένου του ευτροφισμού στη λίμνη Παμβώτιδα.

Αυτή η λίμνη αποτελεί το κόσμημα της περιοχής των Ιωαννίνων. Έως το 1960 οι κάτοικοι είχαν τη δυνατότητα να κολυμπούν στα νερά της, να απολαμβάνουν το διαυγές χρώμα του νερού, το οποίο ταυτόχρονα ήταν και πόσιμο. Στα επόμενα έτη όλα άλλαξαν δραματικά. Ο άνθρωπος απέκτησε την “απαραίτητη τεχνογνωσία” και υλοποίησε κάποιες καθοριστικές επεμβάσεις οι οποίες διατάραξαν την ισορροπία του οικοσυστήματος της λίμνης (<https://www.naturagraeca.com/ws/129,191,114,1,1,%CE%9B%CE%AF%CE%BC%CE%BD%CE%B7-%CE%A0%CE%B1%CE%BC%CE%B2%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B4%CE%B1>).

Οι λίμνες Παμβώτιδα και Λαψίστα αποτελούσαν ένα ξεχωριστής οικολογικής σημασίας υδάτινο σύστημα, το οποίο κατά τη δεκαετία του 1970 δέχθηκε τη σημαντική επιβάρυνση εξαιτίας της αποξήρανσης των ελών της Λαψίστας με σκοπό να αποδοθούν οι αποξηραμένες εκτάσεις προς καλλιέργεια στους κατοίκους της

ευρύτερης περιοχής. Η λίμνη Λαψίστα, ήταν το φυσικό εκκολαπτήριο και ο τόπος της αναπαραγωγής των ψαριών και των πτηνών. Από αυτή εμπλουτίζονταν συνεχώς η λίμνη Παμβώτιδα με όλα τα είδη. Επιπλέον κατασκευάσθηκε το ανάχωμα στην περιοχή του Περάματος, της Αμφιθέας και της Ντραμπάτοβα. Αυτές οι δύο σημαντικές παρεμβάσεις ήταν καθοριστικής σημασίας και συνέβαλαν στην υποβάθμιση της ποιότητας των λιμναίων υδάτων και στο δραματικό περιορισμό της ποσοτικής ανανέωσης αυτών, διότι τα νερά των πηγών τροφοδοτούν πλέον τη λίμνη με αργό ρυθμό. Εξαιτίας της έλλειψης της εισροής των καθαρών πηγαίων υδάτων από το όρος Μιτσικέλι καθώς και της άντλησης των υδάτων για αρδευτικούς σκοπούς περιορίσθηκε αρκετά η στάθμη της λίμνης. Βορειοδυτικά της λίμνης Παμβώτιδας κατασκευάστηκε το 1972 το παραλίμνιο ανάχωμα το οποίο έχει μήκος ένα χιλιόμετρο περίπου. Και αυτό συνετέλεσε στην αποκοπή της εισροής των υπογείων και των ποιοτικά καλών υδάτων από τις πηγές του Ζεντενίκου και του Κιόσκι. Το νερό της λίμνης ανανεώνεται με τις βροχοπτώσεις και για αυτό το λόγο υπάρχουν διακυμάνσεις στη στάθμη της λίμνης στις διαφορετικές εποχές του έτους. Ο συνδυασμός όλων των προαναφερόμενων είχε ως άμεση συνέπεια την έντονη εμφάνιση του φαινομένου του ευτροφισμού (Σακκάς, 2014).

Ο ευτροφισμός οφείλεται και στις ανθρώπινες δραστηριότητες οι οποίες λαμβάνουν χώρα στην ευρύτερη περιοχή των Ιωαννίνων. Οι γεωργικές δραστηριότητες και η χρήση των νιτρικών και των φωσφορικών λιπασμάτων συμβάλλουν στη συσσώρευση των θρεπτικών φωσφορικών και νιτρικών στοιχείων. Ρύποι, όπως τα φυτοφάρμακα και τα λιπάσματα, καταλήγουν στη λίμνη με το νερό των βροχοπτώσεων μέσω των τάφρων και φυσικά δεν υπάρχει καμία δυνατότητα της συγκράτησης αυτών στους υγροτόπους. Ακόμη υπάρχουν ρύποι οι οποίοι προέρχονται από τις κτηνοτροφικές δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή, διότι δυστυχώς οποιοδήποτε απόβλητο καταλήγει στη λίμνη. Το πλαγκτόν, τα φύκια και άλλες υδρόβιες φυτικές ζωές τροφοδοτούνται καλά και η δραστηριότητα της φωτοσύνθεσης αυξάνεται. Άξιο αναφοράς είναι και το γεγονός ότι έως το 1992, έτος κατά το οποίο υλοποιήθηκε και τέθηκε σε λειτουργία ο βιολογικός καθαρισμός της πόλης των Ιωαννίνων, σε αυτή τη λίμνη διοχετεύονταν όλα τα απόβλητα της πόλης, τα νοσοκομειακά απόβλητα καθώς και τα απόβλητα των σφαγείων. Στη λίμνη καταλήγουν ποικίλα φερτά υλικά. Ο υδροβιότοπος υπέστη σημαντική κακοποίηση κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου. Αποτέλεσμα αυτών των ενεργειών ήταν η πυκνή αύξηση των φυκιών και της άλγης καθώς και της χαρακτηριστικής βλάστησης. Πλέον είναι εμφανέστατο το φαινόμενο του ευτροφισμού στη συγκεκριμένη λίμνη.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του ευτροφισμού είναι η αυξημένη ανάπτυξη των μικρών επιπλεόντων φυτών όπως τα φύκια και τα φωτοσυνθετικά βακτήρια και η ανάπτυξη των εκτεταμένων και των πυκνών στρώσεων από τα επιπλέοντα φυτά. Διαπιστώνεται ότι η αλιεία απειλείται. Καθίσταται δύσκολη η τοποθέτηση των διχτυών της αλιείας στο νερό και τα φυτά τα οποία επιπλέουν σε αυτό περιορίζουν την κινητικότητα των αλιευτικών σκαφών αλλά και άλλων τύπων σκαφών. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μείωση στις ποικιλίες και στους πληθυσμούς των ψαριών όπως ο κυπρίνος, ο γληνιός κ.ά. Τα ψάρια είναι κατώτερης ποιότητας συγκρινόμενα με το

παρελθόν, επιπλέον όπως μαρτυρούν οι αλιείς αυτής της λίμνης έχουν εξαφανισθεί πλέον τα χέλια τα οποία ζούσαν στο συγκεκριμένο υδροβιότοπο.

Τα άνθη των φυκών περιορίζουν την ποσότητα του οξυγόνου το οποίο απαιτείται για την αναπνοή άλλων ζώων και άλλων φυτών στο νερό. Η εξάντληση του οξυγόνου συμβαίνει όταν η τα φύκια πεθαίνουν και αποσυντίθενται. Όταν το οξυγόνο φθάσει σε χαμηλά επίπεδα, τα ζωικά και τα φυτικά είδη τα οποία διαβιούν εντός του νερού, όπως τα ψάρια, οδηγούνται στο θάνατο. Σε ακραίες περιπτώσεις, οι αναερόβιες συνθήκες ενθαρρύνουν την ανάπτυξη των βακτηρίων τα οποία παράγουν τις τοξίνες οι οποίες χαρακτηρίζονται ως θανατηφόρες για τα θηλαστικά και για τα πουλιά. Η ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν προκαλεί τη μειωμένη διείσδυση του φωτός στα πιο βαθιά σημεία της λίμνης. Αυτό το γεγονός δύναται να οδηγήσει στη διαμόρφωση των νεκρών ζωνών των υδάτων και στην απώλεια της υδρόβιας ζωής με άμεση και φυσική συνέπεια τη μείωση της βιοποικιλότητας (<https://www.naturagraeca.com/ws/129,191,114,1,1,%CE%9B%CE%AF%CE%BC%CE%BD%CE%B7-%CE%A0%CE%B1%CE%BC%CE%B2%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B4%CE%B1>).

Αυτή η οικολογική καταστροφή δύναται να έχει αρνητικές επιπτώσεις και στην υγεία των ανθρώπων είτε άμεσα, είτε έμμεσα. Το νερό της λίμνης δεν είναι πόσιμο, οι κάτοικοι αδυνατούν και αποφεύγουν να κολυμπήσουν στη λίμνη όπως συνέβαινε στο παρελθόν. Οι δυσάρεστες οσμές οι οποίες αναδύονται από τη λίμνη, ιδιαίτερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, προξενούν άσχημα συναισθήματα και κακή ψυχική διάθεση. Οι κάτοικοι και οι επισκέπτες της περιοχής παρατηρούν ότι η λίμνη χάνει την ομορφιά της εξαιτίας του ευτροφισμού. Είναι δυσάρεστο όταν επιθυμείς να απολαύσεις τον παραλίμνιο περίπατό σου ή τη βόλτα με το πλοίο, να παρατηρείς την ελαττωμένη διαύγεια των υδάτων δια γυμνού οφθαλμού. Δυστυχώς η οικολογική υποβάθμιση της λίμνης δια του ευτροφισμού καθρεφτίζεται άμεσα σε αυτή (Enviroplan S.A., 2015).

3. ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

3.1 Σκοπός Τριτοβάθμιας Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων και τα Στάδια αυτής

Δια της τριτοβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων διασφαλίζεται ότι τα λύματα τα οποία απορρίπτονται σε ποταμούς, σε λίμνες, σε υγροτόπους και στη θάλασσα πληρούν τα περιβαλλοντικά πρότυπα. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται ότι τα λύματα τα οποία θα καταλήξουν στους προαναφερθέντες υγρούς αποδέκτες δε θα είναι ρυπογόνα. Συνεπώς προστατεύεται η χλωρίδα, η πανίδα, το νερό, το έδαφος και το υπέδαφος.

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει διάφορες φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα υλικά τα οποία βοηθούν σε αυτή τη διαδικασία είναι η άμμος και ο (ενεργοποιημένος) άνθρακας. Μία διεργασία περιλαμβάνει την προσθήκη του χλωρίου στα τελικά λύματα πριν από την επαναχρησιμοποίησή τους. Η χλωρίωση στην επεξεργασία των λυμάτων καταστρέφει τα βακτήρια και τους ιούς και εξαλείφει τα παράσιτα τα οποία δύνανται να προκαλέσουν πολύ σοβαρές

ασθένειες. Συνοπτικά, αυτή η διαδικασία απολυμαίνει το νερό έτσι ώστε να είναι ασφαλές για την επαναχρησιμοποίηση ή την ανακύκλωση. Το τελικό στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων περιλαμβάνει την αφαίρεση του χλωρίου το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την απολύμανση του νερού. Αυτό είναι πολύ σημαντικό βήμα επειδή το χλώριο είναι επιβλαβές για την υδρόβια ζωή. Όταν η συγκέντρωση του χλωρίου μειωθεί σε ασφαλές επίπεδο, το επεξεργασμένο νερό θεωρείται αρκετά καθαρό ώστε να απελευθερώνεται με ασφάλεια στο περιβάλλον.

Σύμφωνα με τους Metcalf και Eddy οι συνήθεις μέθοδοι της τριτοβάθμιας επεξεργασίας είναι η κροκίδωση - συσσωμάτωση, η διήθηση - φιλτράρισμα και η απολύμανση (METCALF & EDDY, 2018).

Κροκίδωση - Συσσωμάτωση

Ο συνδυασμός της κροκίδωσης με τη συσσωμάτωση οδηγεί στην απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών μικρών σωματιδίων (10 μm). Έπειτα αποσταθεροποιούνται (προσθήκη χημικών ουσιών) με συνέπεια να αυξηθεί ο όγκος τους. Διαμορφώνονται τα κολλοειδή σωματίδια, των οποίων το ηλεκτρικό φορτίο εξουδετερώνεται.

Διήθηση - Φιλτράρισμα

Πρόκειται για τη συμπληρωματική διαδικασία της κροκίδωσης. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων βελτιώνονται σημαντικά διότι απομακρύνονται πλήρως τα αιωρούμενα στερεά μικρά σωματίδια.

Απολύμανση

Ακολουθεί η εφαρμογή της διαδικασίας της απολύμανσης (υπεριώδης ακτινοβολία, χλωρίωση, οζόνωση κ.ά.) των υγρών αποβλήτων ώστε αυτά να απαλλαγούν από τους μικροοργανισμούς οι οποίοι επιδρούν αρνητικά στη δημόσια υγεία και στην υγεία του ανθρώπου (<https://www.organicawater.com/primary-secondary-tertiary-wastewater-treatment-work/>), (<https://www.napasan.com/179/Primary-Secondary-Tertiary-Treatment>), (<https://www.conserve-energy-future.com/process-of-wastewater-treatment.php>), (<https://aosts.com/tertiary-treatment-of-wastewater-process-methods/>).

Η τριτογενής επεξεργασία συμβάλλει στην αποφυγή των αρνητικών επιπτώσεων οι οποίες προέρχονται από τα λύματα και από τους ρύπους της δευτερογενούς επεξεργασίας.

Εάν τα απόβλητα δεν υφίστανται την κατάλληλη επεξεργασία, τότε το περιβάλλον και η ανθρώπινη υγεία δύνανται να επηρεασθούν αρνητικά. Αυτές οι επιπτώσεις περιλαμβάνουν τη βλάβη των πληθυσμών των ιχθύων και των αγρίων ζώων, την εξάντληση του οξυγόνου, την απαγόρευση της πρόσβασης στις παραλίες και την επιβολή άλλων περιορισμών στη χρήση του νερού για την αναψυχή, την επιβολή των περιορισμών στη συγκομιδή των ιχθύων και των οστρακοειδών και τη μόλυνση του ποσίου νερού.

Παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα των ρύπων οι οποίοι δύνανται να βρεθούν στα λύματα και οι πιθανές βλαβερές επιπτώσεις αυτών στα οικοσυστήματα και στην ανθρώπινη υγεία:

- η αποσυντιθέμενη οργανική ύλη και τα υπολείμμάτα της είναι εφικτό να χρησιμοποιήσουν το διαλυμένο οξυγόνο σε κάποια λίμνη, έτσι ώστε τα ψάρια και οι άλλοι υδρόβιοι οργανισμοί να αδυνατούν να επιβιώσουν.
- η υπερβολική ποσότητα των θρεπτικών συστατικών, όπως ο φωσφόρος και το άζωτο (συμπεριλαμβανομένης της αμμωνίας), δύνανται να προκαλέσει τον ευτροφισμό, την υπερβολική ενεργοποίηση των υδάτων της υποδοχής, τα οποία ενδέχεται να είναι τοξικά για τους υδρόβιους οργανισμούς, προάγει την υπερβολική ανάπτυξη των φυτών, μειώνει το διαθέσιμο οξυγόνο, συμβάλλοντας στη μείωση του πληθυσμού ορισμένων ειδών.
- οι ενώσεις του χλωρίου και οι ανόργανες χλωραμίνες δύνανται να είναι τοξικές για τους ασπόνδυλους υδρόβιους οργανισμούς, τα φύκια και τα ψάρια.
- τα βακτήρια, οι ιοί και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί οι οποίοι προκαλούν ασθένειες, δύνανται να μολύνουν τις παραλίες και τους πληθυσμούς των οστρακοειδών, περιορίζοντας την ανθρώπινη αναψυχή, την κατανάλωση του ποσίου νερού και την κατανάλωση οστρακοειδών.
- τα μέταλλα, όπως ο υδράργυρος, ο μόλυβδος, το κάδμιο, το χρώμιο και το αρσενικό μπορούν να έχουν οξείες και χρόνιες τοξικές επιδράσεις στα είδη άλλες ουσίες, όπως ορισμένα φαρμακευτικά προϊόντα και τα προϊόντα της προσωπικής φροντίδας, τα οποία εισέρχονται κυρίως στα απόβλητα των λυμάτων, ενδέχεται να αποτελέσουν απειλή για την ανθρώπινη υγεία, την υδρόβια ζωή και την άγρια πανίδα (<https://water.usgs.gov/edu/wuww.html>), (Λύρα, 2017).

3.2 Χρήσεις των Επεξεργασμένων Λυμάτων

Το πλαίσιο της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων βρίσκεται σε εξέλιξη. Κάποιες περιπτώσεις της χρήσης αυτών αφορούν την (περιορισμένη και την απεριόριστη) αρδευτική χρήση τους, την αστική χρήση τους και τις χρήσεις αναψυχής, τη βιομηχανική χρήση τους, την ενίσχυση των υπόγειων υδροφορέων και την αξιοποίηση του βιοαερίου.

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Κατά την εκπόνηση ενός περιβαλλοντικού προγράμματος αρχικά θα οριοθετήσουμε το θέμα περιγράφοντας το πρόβλημα της λίμνης Παμβώτιδας και παρουσιάζοντας την υπάρχουσα κατάσταση των υδάτων, των τύπων των αποβλήτων τα οποία εισρέουν σε αυτή και την ανάγκη για την επεξεργασία αυτών. Θα θέσουμε τα ερευνητικά ερωτήματα όπως για τη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων της λίμνης μέσω της τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων. Μέσα από παρουσιάσεις με βίντεο και με εικόνες, καθώς και συζήτηση θα παρουσιάσουμε την υφιστάμενη κατάσταση στη Λίμνη Παμβώτιδα, αλλά και την τριτοβάθμια επεξεργασία των υγρών λυμάτων

και τις πιθανές χρήσεις οι οποίες προκύπτουν από την αξιοποίησή τους. Οι μαθητές με την καθοδήγηση των καθηγητών τους θα διερευνήσουν το θέμα χρησιμοποιώντας τις πηγές οι οποίες θα τους υποδειχθούν, όπως άρθρα, τεχνικές εκθέσεις σχετικά με την τριτοβάθμια επεξεργασία και τις μεθόδους οι οποίες χρησιμοποιούνται σε άλλες λίμνες τόσο στην Ελλάδα, όσο και στο εξωτερικό. Επιπλέον, θα συλλέξουν πληροφορίες από τις ιστοσελίδες τοπικών φορέων όπως ο Δήμος των Ιωαννιτών και από τις υπηρεσίες του περιβάλλοντος οι οποίες διαθέτουν δεδομένα για την ποιότητα του νερού και τις υπάρχουσες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Θα υπάρξει συζήτηση και προβληματισμός εξετάζοντας την καταλληλότητα των διαφόρων μεθόδων της τριτοβάθμιας επεξεργασίας και θα υπάρξει η αξιολόγηση της δυνατότητάς τους να εφαρμοσθούν στη λίμνη Παμβώτιδα. Θα πραγματοποιηθεί εκπαιδευτική εκδρομή στα Ιωάννινα. Οι μαθητές θα περιηγηθούν στη λίμνη, θα διασχίσουν τη λίμνη χρησιμοποιώντας το τοπικό καραβάκι και θα έχουν τη δυνατότητα να φωτογραφίσουν ώστε να αποκτήσουν μια σαφή και καθαρή εικόνα. Αυτές τις φωτογραφίες θα τις αξιοποιήσουν για να δημιουργήσουν βίντεο και αφίσες για την παρουσίαση του Περιβαλλοντικού Προγράμματος. Στις τελευταίες συναντήσεις θα καταρτίσουν προτάσεις οι οποίες θα βασίζονται στα αποτελέσματα της έρευνάς τους, θα περιλαμβάνουν τις βέλτιστες πρακτικές και την κατάλληλη τεχνολογία για την περιοχή. Αξιοποιώντας το σύνολο της γνώσης την οποία αποκόμισαν από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα θα δημιουργήσουν βίντεο, αφίσες και παρουσίαση για το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμά τους. Όλα τα προαναφερόμενα θα παρουσιασθούν στην τελική ημερίδα η οποία θα αφορά τα προγράμματα και τις δράσεις τα οποία θα έχουν λάβει χώρα στο σχολείο μας την τρέχουσα σχολική χρονιά και θα υπάρξει αλληλεπίδραση με όλα τα μέλη της σχολικής κοινότητας, μαθητές, καθηγητές και γονείς (Monroe, M. C., & Krasny, M. E. (Eds.), 2016).

5. ΟΦΕΛΗ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ

Η συμμετοχή των μαθητών σε ένα περιβαλλοντικό πρόγραμμα με θέμα την τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων και υγρών αποβλήτων στη λίμνη Παμβώτιδα προσφέρει σημαντικά οφέλη, τα οποία ενισχύουν τόσο τις γνώσεις όσο και τις δεξιότητές τους. Αυτό το πρόγραμμα αποτελεί μια μοναδική ευκαιρία για να γνωρίσουν το ρόλο της επιστήμης και της τεχνολογίας στην προστασία του περιβάλλοντος και να γίνουν πιο ευαισθητοποιημένοι και υπεύθυνοι πολίτες. Εμπλουτίζουν τις γνώσεις τους και αναπτύσσουν οικολογική συνείδηση, διότι αντιλαμβάνονται καλύτερα τα προβλήματα της ρύπανσης των υδάτων και τις επιπτώσεις οι οποίες προκύπτουν. Μέσα από την έρευνα και τις δραστηριότητες, οι μαθητές θα ενημερωθούν για τα ειδικά προβλήματα της λίμνης Παμβώτιδας και θα αντιληφθούν την ανάγκη για την προστασίας της. Οι μαθητές θα κατανοήσουν την αναγκαιότητα της προστασίας του περιβάλλοντος και θα θελήσουν να αναλάβουν το ρόλο τους ως ενεργοί πολίτες. Καθώς θα διερευνήσουν ένα υπαρκτό περιβαλλοντικό πρόβλημα θα βελτιώσουν την κριτική ικανότητά τους και θα εξασκηθούν στο να προτείνουν λύσεις. Οι ομαδικές δραστηριότητες, οι εκπαιδευτικές επισκέψεις, η συμμετοχή στην ημερίδα θα ενισχύσει τις επικοινωνιακές δεξιότητες συμβάλλοντας

στην κοινωνικοποίησή τους. Η βιωματική εμπειρία η οποία προκύπτει από τη συμμετοχή τους στο Πρόγραμμα θα τους κεντρίσει το ενδιαφέρον για τις περιβαλλοντικές επιστήμες με πιθανότητα κάποιοι από αυτούς να ακολουθήσουν ανάλογες σπουδές. Έπειτα από την ολοκλήρωση του προγράμματος, οι μαθητές έχουν ενισχυμένο κίνητρο να συμμετέχουν σε δράσεις προστασίας του περιβάλλοντος και να υιοθετήσουν οικολογικές συνήθειες στην καθημερινότητά τους. Θα αντιληφθούν τη σημασία της διατήρησης των κοινών φυσικών πόρων για τις επόμενες γενιές και θα είναι πιο προσεκτικοί και ενεργοί πολίτες (Boca, G. D., & Saraçlı, S., 2019) (Monroe, M. C., & Krasny, M. E. (Eds.), 2016).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων είναι σημαντική για την απομάκρυνση μικροβιολογικών και χημικών ρυπογόνων στοιχείων τα οποία δεν απομακρύνονται πλήρως με πρωτοβάθμιες ή δευτεροβάθμιες μεθόδους, συμβάλλοντας σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας του νερού της λίμνης Παμβώτιδας. Με την εφαρμογή σύγχρονων τεχνικών, μειώνονται τα νιτρικά και τα φωσφορικά στοιχεία, τα οποία ευθύνονται για τον ευτροφισμό και την τοξική ανάπτυξη φυκιών, με αποτέλεσμα την προστασία της βιοποικιλότητας. Η συμμετοχή των μαθητών σε περιβαλλοντικά προγράμματα έχει ως αποτέλεσμα την ευαισθητοποίηση για τη διατήρηση των υδάτινων πόρων και την ενδυνάμωση των δράσεων για καθαρισμό και μείωση της ρύπανσης. Παράλληλα, η αποτελεσματική διαχείριση απαιτεί αυστηρότερη νομοθεσία και στήριξη από την τοπική αυτοδιοίκηση, όπως και κίνητρα για περιβαλλοντικά υπεύθυνες πρακτικές. Οι μαθητές, από τη συμμετοχή τους σε περιβαλλοντικά προγράμματα, αναπτύσσουν δεξιότητες στις περιβαλλοντικές επιστήμες, καλλιεργώντας το ενδιαφέρον τους για τη βιώσιμη ανάπτυξη.

7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Για τη βιωσιμότητα της λίμνης Παμβώτιδας και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, προτείνονται δράσεις σε τεχνολογικό, εκπαιδευτικό και κοινωνικό επίπεδο. Αρχικά, απαιτείται τεχνολογική αναβάθμιση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων. Παράλληλα, η συνεχής παρακολούθηση της ποιότητας του νερού θα βοηθήσει στην άμεση εντοπισμό ρύπων. Στον εκπαιδευτικό τομέα, προγράμματα σε σχολεία και επισκέψεις σε υγροτόπους δύνανται να αυξήσουν την οικολογική συνείδηση των μαθητών. Επιπλέον, προτείνεται η συμμετοχή της τοπικής κοινότητας σε δράσεις καθαρισμού της λίμνης. Νομοθετικά, απαιτούνται αυστηρότεροι κανονισμοί και έλεγχοι για τη ρύπανση από τα βιομηχανικά και τα γεωργικά απόβλητα. Τέλος, προτείνεται η δημιουργία ερευνητικών κέντρων και η ενίσχυση συνεργασιών με πανεπιστήμια για εξεύρεση λύσεων. Οι πολίτες δύνανται να ενημερώνονται μέσω ψηφιακής πλατφόρμας και ενημερωτικών καμπανιών.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Boca, G. D., & Saraçlı, S. (2019). Environmental education and student's perception, for sustainability. *Sustainability*. 11(6), 1553.

- Enviropian S.A. (2015). Μελέτη αποκατάστασης οικοσυστήματος Λίμνης Παμβώτιδας. Αθήνα.
<http://www.naturagraeca.com/ws/129,191,114,1,1,%CE%9B%CE%AF%CE%BC%CE%BD%CE%B7-%CE%A0%CE%B1%CE%BC%CE%B2%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B4%CE%B1>. (χ.χ.).
- Keddy, P. A. (2010). Wetland ecology principles and conservation . Vol. 614. Cambridge University Press.
- METCALF & EDDY. (2018). “ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Επεξεργασία & Επαναχρησιμοποίηση”. ΤΕΤΑΡΤΗ ΕΚΔΟΣΗ, ISBN: 978-960-418-746-1, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ.
- Monroe, M. C., & Krasny, M. E. (Eds.). (2016). Across the spectrum: Resources for environmental educators. North American Association for Environmental Education.
- Valavanidis, A., & Vlachogianni, T. (2015). Environmental pollution of rivers, lakes and wetlands in Greece. Environmental research and reports on the state of greek freshwater resources. web. www.chem.uoa.gr/wp-content/uploads/epi. ΑΘΗΝΑ: University of Athens.
- Αθανασιάδης, Α., Καζανίδης, Σ. (2011). Λίμνες της Ελλάδας: Οικολογία και Βιοποικιλότητα. Αθήνα: Σταμούλη.
- Καρβούνης Σωτήρης, Γεωργακέλλης Δημήτρης. (χ.χ.). “Διαχείριση του Περιβάλλοντος Επιχειρήσεις & Βιώσιμη Ανάπτυξη”. Πειραιάς: ΒΑΡΒΑΡΗΓΟΥ.
- Λύρα, Β. (2017). Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Η διαχείριση των Επεξεργασμένων Αστικών Λυμάτων και οι διαφαινόμενες προοπτικές. Αθήνα: ΑΤΕΙ Πειραιά & Ευρωπαϊκό Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- ΜΠΑΚΟΠΟΥΛΟΥ, Σ. (χ.χ.). Ενότητα 4: ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ. Στο Διαχείριση Αποβλήτων. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ: Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης.
- Προκόπη, Θ. (2016). Πτυχιακή διατριβή Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις Επεξεργασίας Νερού και Υγρών αποβλήτων από βιομηχανίες. Λεμεσός: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.
- Σακκάς, Κ. (2014, Δεκέμβριος). Ημερίδα «Συζητάμε για την Παμβώτιδα - παρελθόν, παρόν και μέλλον», Ιωάννινα.
- Τασούλα, Α. (2007, Δεκέμβριος). Επαναχρησιμοποίηση Επεξεργασμένων Λυμάτων. Τεχνικά Χρονικά.
- Τσιγκοΐδα, Α. (2016). Διδακτορική Διατριβή, Επιπτώσεις της δημόσιας άρδευσης με αστικά λύματα στη δημόσια υγεία και στις χημικές επιπτώσεις του εδάφους. Αθήνα: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Αγροτικής Παραγωγής Υποδομών & Περιβάλλοντος.

Περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση μέσα από το μάθημα της Φιλοσοφίας (Β Λυκείου)

Σακαρέλλου Ευθυμία και Τριπουλά Ιωάννα

1^ο Γενικό Ενιαίο Λύκειο Παλλήνης

Email: joantrip@gmail.com

Περίληψη

Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση έχει βρει μια θέση στα θεωρητικά μαθήματα και συγκεκριμένα στο μάθημα των Νέων Ελληνικών της Β Λυκείου, καθώς και της Φιλοσοφίας στην ίδια τάξη. Σε αυτό εξετάζεται μερικώς σε δύο κεφάλαια, από τα οποία το πρώτο (8ο) αφορά στην Αισθητική και το δεύτερο (9ο) στον Πολιτισμό. Ειδικότερα, στην Ενότητα «Φύση, Τέχνη Και Αισθητική Εμπειρία» (1η) του κεφαλαίου με τίτλο «Θαυμάζοντας Το Ωραίο» παρουσιάζεται η θέση, ότι η αισθητική πηγάζει από τη θέαση και το θαυμασμό της φύσης, και η σχέση μεταξύ ομορφιάς της φύσης και ομορφιάς της τέχνης. Η προσέγγιση του εγχειριδίου υιοθετεί μια πλατωνική οπτική, σύμφωνα με την οποία η τέχνη ως μίμηση και ο θαυμασμός για φύση ως αφόρμηση για την αισθητική καλλιέργεια είναι μια μάλλον παρωχημένη στάση. Στην Ενότητα «Άνθρωπος Και Φυσικό Περιβάλλον» (4η) του κεφαλαίου με τίτλο «Μιλώντας Για Τον Πολιτισμό» γίνεται μια εισαγωγική αναφορά στις απαρχές της συνειδητοποίησης της οικολογικής κρίσης και σε φαινόμενα που τεκμαίρουν το πρόβλημα, ενώ κατόπιν αναπτύσσεται το δίπολο “ρηχή” και στη “βαθιά” οικολογία, που συνδέει την αντιμετώπιση του προβλήματος με την οικονομική πολιτική. Στη συνέχεια γίνεται μια πολύ γενική αναφορά στις δυτικές αξίες που ουσιαστικά ταυτίζονται με το καπιταλιστικό μοντέλο και την ανθρωποκεντρική αντιμετώπιση του φυσικού περιβάλλοντος, ενώ αναφέρονται εξαιρετικά ακροθιγώς η βαναυσότητα απέναντι στη φύση και στα ζώα.

Η θέση που υποστηρίζεται στην παρούσα εισήγηση είναι ότι η διδασκαλία του μαθήματος της φιλοσοφίας με βάση το συγκεκριμένο εγχειρίδιο και σύμφωνα με τις προβλεπόμενες οδηγίες διδασκαλίας δεν επιτρέπει την ουσιαστική περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητριών και μαθητών. Στην ιστορία της φιλοσοφίας έχει συζητηθεί διεξοδικά και συνεχίζει να απασχολεί η σχέση του ανθρώπου με τη φύση, η ποικιλότροπη προσφορά του φυσικού στο κοινωνικό περιβάλλον, τα δικαιώματα και οι υποχρεώσεις του ανθρώπου απέναντι στη φύση. Η προσήλωση στην προτεινόμενη ύλη και προσέγγιση στερεί από τις μαθήτριες και τους μαθητές την πολύπλευρη προσέγγιση του ζητήματος και την βαθύτερη κατανόηση του προβλήματος. Οι διαπιστώσεις αυτές σε συνδυασμό με το γεγονός ότι το ίδιο το μάθημα έχει καθιερωθεί μέσα από την επικρατούσα εξετασιοκεντρική οπτική ως δευτερεύον και ότι τα εν λόγω κεφάλαια περιλαμβάνονται στο τέλος της ύλης, που συχνά οι διδάσκουσες και διδάσκοντες δεν καταφέρνουν να ολοκληρώσουν, καταδεικνύουν το βαθμό απαξίωσης της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης μέσα από το μάθημα το οποίο κατεξοχήν προσφέρεται για την καλλιέργεια της κριτικής

σκέψης. Ταυτόχρονα με την ανάδειξη του προβλήματος στην εισήγηση αυτή προτείνονται θεματικές, που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν για την ουσιαστικότερη περιβαλλοντική εκπαίδευση.

Εισαγωγή

Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση έχει βρει μια θέση στα θεωρητικά μαθήματα και συγκεκριμένα στο μάθημα των Νέων Ελληνικών, καθώς και της Φιλοσοφίας της Β Λυκείου. Στην παρούσα ανακοίνωση θα εστιάσουμε στο ζήτημα της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης μέσα από το μάθημα της Φιλοσοφίας εξετάζοντας τα σημεία από τη διδακτέα ύλη, που προσφέρονται για συζήτηση γύρω από το θέμα της προστασίας του περιβάλλοντος. Κυρίως θα εστιάσουμε σε δύο ενότητες δύο διαφορετικών κεφαλαίων, όπου η αναφορά στη φύση επανέρχεται από διαφορετικές οπτικές, μια της αισθητικής και μια της πρακτικής και δη πολιτικής φιλοσοφίας. Η μελέτη αυτών καταδηλοί ότι αν και σε γενικές γραμμές η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση δεν βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος των συγγραφέων, οι εκπαιδευτικοί, που αναλαμβάνουν το συγκεκριμένο μάθημα, μπορούν να βρουν σημεία που θα κέρδιζαν το ενδιαφέρον των μαθητών και θα οδηγούσαν σε παραγωγικό προβληματισμό και γόνιμη συζήτηση αναφορικά με τα αίτια και τους τρόπους αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Ι. Θαυμάζοντας Το Ωραίο: Φύση, Τέχνη Και Αισθητική Εμπειρία

Στο διδακτικό εγχειρίδιο Φιλοσοφίας της Β Λυκείου το ζήτημα του περιβάλλοντος εξετάζεται μερικώς και αποσπασματικά σε δύο κεφάλαια, από τα οποία το πρώτο (8ο) αφορά στην Αισθητική και το δεύτερο (9ο) στον Πολιτισμό¹. Ειδικότερα, στην Ενότητα «Φύση, Τέχνη Και Αισθητική Εμπειρία» (1η) του κεφαλαίου με τίτλο «Θαυμάζοντας Το Ωραίο» γίνεται αναφορά στη σχέση μεταξύ ομορφιάς της φύσης και ομορφιάς της τέχνης και προβάλλεται η θέση ότι η αισθητική πηγάζει από τη θέαση και το θαυμασμό της φύσης. Η προσέγγιση του εγχειριδίου, ωστόσο, υιοθετεί μια πλατωνική οπτική, σύμφωνα με την οποία ο θαυμασμός για φύση ως αφόρμηση για την αισθητική καλλιέργεια και την καλλιτεχνική δημιουργία είναι μια μάλλον επιπόλαιη θεώρηση. Το εγχειρίδιο αναφέρεται γενικά στην ανησυχία του Πλάτωνα για την επιφανειακή απόδοση των πραγμάτων του φυσικού κόσμου μέσα από την τέχνη, προσεγγίζοντας, όμως, το ζήτημα εξίσου επιφανειακά. Κι αυτό, γιατί παραλείπεται μια ουσιώδης αναφορά στους λόγους για τους οποίους ο Πλάτων οδηγήθηκε σε αυτή τη θέση. Ο Αθηναίος φιλόσοφος υποτιμά την απεικόνιση της φύσης όχι γιατί απαξιώνει τη φύση ή την ομορφιά, της, αλλά γιατί σκοπός της φιλοσοφίας του είναι η αναγωγή σε έναν κόσμο πέρα από τον φυσικό, που γίνεται αντιληπτό με τις αισθήσεις, στον υπεραισθητό κόσμο των Ιδεών και του Αγαθού. Ο Πλάτων δεν καταδικάζει την ομορφιά και εν γένει την αξία της φύσης και του φυσικού κόσμου εν γένει, αλλά μόνον την προσήλωση στην απόδοση αυτής ως αυτοσκοπό.

¹ Βιρβιδάκης, Στ., Καρασμάνης, Β. & Τουρνά, Χ., *Αρχές Φιλοσοφίας Β' Τάξη Γενικού Λυκείου Γενικής Παιδείας*, Υπουργείο Παιδείας Και Θρησκευμάτων Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών Και Εκδόσεων «Διοφαντος», α.χ.

Αντιθέτως, μάλιστα, αναγνωρίζει ότι η τελειότητα και η ομορφιά του φυσικού κόσμου αντικατοπτρίζει την τελειότητα και την ομορφιά του ιδεατού, που είναι ο μόνος πραγματικός. Υπό αυτό το πρίσμα η ομορφιά του φυσικού κόσμου εξυμνείται ως μέσο αφόρμησης και εφαλτήριο για την αναγωγική πορεία προς την αληθή γνώση².

Η ιδέα αυτή απαντά και στον Νεοπλατωνισμό, από τον οποίο παρατίθεται ένα εξαιρετικά σύντομο χωρίο των πλωτίνειων Εννεάδων στα συνοδευτικά Κείμενα: «Κάθε δεξιότητα που ξεκινά από την παρατήρηση της συμμετρίας των έμβιων όντων, για να φτάσει ως τη συμμετρία όλης της ζωής, είναι μέρος της Υπερβατικής Δύναμης που παρατηρεί και διαλογίζεται τη συμμετρία που βασιλεύει σ' όλα τα όντα του Νοητού Κόσμου» (V, ix, 11)³. Δεδομένου, ωστόσο, ότι αφενός δεν η μελέτη των συνοδευτικών Κειμένων είναι προαιρετική, αφετέρου δεν υπάρχει καμία εξήγηση του χωρίου και ότι, εξάλλου, για την ανάθεση την διδασκαλία του μαθήματος δεν προβλέπεται μια ορισμένη φιλοσοφική προπαιδεία, η ελάχιστη αυτή αναφορά πέφτει στο κενό. Για το λόγο αυτό καλό θα ήταν να επισημαίνεται ότι και τον Πλάτωνα, όπως αργότερα στον Πλωτίνο και στους Νεοπλατωνικούς ο θαυμασμός προς τα φυσικά όντα είναι όχι μόνον εύλογος, αλλά και αναγκαίος, καθότι γεννά τον φιλοσοφικό έρωτα, το πρώτο σκαλί πάνω στο οποίο θα πατήσει ο άνθρωπος για να αντιληφθεί ότι εκτιμά τη φυσική ομορφιά, επειδή αυτή αντικατοπτρίζει κάτι ακόμη πιο αληθινό και ουσιώδες⁴.

Το σημείο αυτό θα μπορούσε να λειτουργήσει ως εφαλτήριο για την πρόκληση συζήτησης γύρω από τους λόγους για τους οποίους η φύση αποτελεί αντικείμενο θαυμασμού και γύρω από τη βαρύτητα της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος · κάτι τέτοιο, όμως, μέσα από το διδακτικό εγχειρίδιο δεν επιχειρείται, γιατί το βάρος της εξέτασης πέφτει στον κλάδο της Αισθητικής – παραγνωρίζοντας ασφαλώς ότι η φιλοσοφική εξέταση του τρόπου αντιμετώπισης της φύσης είναι ένα ζήτημα εξαιρετικά σημαντικό στην περιοχή της Πρακτικής φιλοσοφίας, με σημαντικές θεωρητικές και πρακτικές προεκτάσεις για τη διαμόρφωση μιας ορισμένης στάσης ζωής και επιπλέον αδιαμφισβήτητα επίκαιρο και ενδιαφέρον για τους μαθητές.

II. Μιλώντας Για Τον Πολιτισμό: Άνθρωπος Και Φυσικό Περιβάλλον

Η δεύτερη ενότητα, στην οποία γίνεται αναφορά στη φύση, έχει τον τίτλο «Άνθρωπος Και Φυσικό Περιβάλλον» (4η του κεφαλαίου με τίτλο «Μιλώντας Για Τον Πολιτισμό»). Το κεφάλαιο αυτό ξεκινάει με την προσπάθεια προσδιορισμού της έννοιας του πολιτισμού, ξεκινώντας από τον εντοπισμό της ιδιαιτερότητας του ανθρώπου. Το σκεπτικό εδώ είναι ότι η δημιουργία του ανθρώπινου πολιτισμού αποδίδεται στις

² Πλάτων, *Τίμαιος*, 30d-31a: «τὰ γὰρ δὴ νοητὰ ζῶα πάντα ἐκεῖνο ἐν ἑαυτῷ περιλαβὸν ἔχει, καθάπερ ὁδε ὁ [30d] κόσμος ἡμᾶς ὅσα τε ἄλλα θρέμματα συνέστηκεν ὁρατά. τῷ γὰρ τῶν νοουμένων καλλίστῳ καὶ κατὰ πάντα τελέῳ μάλιστα αὐτὸν ὁ θεὸς ὁμοιωσάι βουληθεὶς ζῶον ἐν ὁρατῶν, πάνθ' ὅσα αὐτοῦ κατὰ φύσιν συγγενῇ ζῶα ἐντὸς ἔχον ἑαυτοῦ, συνέστησε» · R. Kraut, (ed.), *The Cambridge Companion to Plato*, Cambridge: Cambridge University Press, 1992, pp. 283-305 · R. A. D. Pollard, *Plato on the Cosmos: The Spirituality of the Physical World*, Lanham, MD: Lexington Books, 2011, pp. 50-75 · A. E. Taylor, *Platos Timaeus: Theories of the Physical World*, London: Methuen & Co. Ltd., 1928, pp. 120-135.

³ Βιρβιδάκης, Καρασμάνης & Τουρνά, σ. 201.

⁴ Πλωτίνου, *Εννεάδες*, Α', ζ, 2 · Β, θ, 16-17 · Γ, η, 11 · Δ, η, 6.

διαφορές που παρατηρούνται ανάμεσα στον άνθρωπο και στα ζώα και κυρίως ότι ο άνθρωπος ορίζεται ως ζώο πολιτικό, που διαθέτει λόγο, λογική, αισθητική, ηθική, συναισθήματα, δημιουργικότητα, συνειδητή δημιουργικότητα και ελευθερία βούλησης. Θα πρέπει βεβαίως να επισημανθεί ότι η σκέψη αυτή είναι αρκετά προβληματική, γιατί παρουσιάζει το ζωικό βασίλειο ως αξιολογικά κατώτερο των ανθρώπινων κοινωνιών και την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση όχι ως αναγκαιότητα, αλλά ως επιλογή και πράξη προαιρετική. Εξάλλου, αυτή η αντιμετώπιση ενέχει τον κίνδυνο διολίσθησης στην παρωχημένη και κατακριτέα σήμερα διάκριση των πολιτισμών σε ανώτερους και κατώτερους, από τους οποίους οι τελευταίοι εξισώνονται με τις κοινωνίες των ζώων.

Στον αντίποδα της προσέγγισης αυτής μια ρεαλιστικότερη θα ήταν εκείνη που θα έθετε ως κριτήριο προόδου του ανθρώπινου πολιτισμού την επανοικείωση με το φυσικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να λειτουργήσει ως εφαλτήριο της θεώρησης περί πολιτισμού η ανάλυση της φράσης που αποδίδεται στον Μαχάτμα Γκάντι ότι «Ο πολιτισμός ενός έθνους φαίνεται από τον τρόπο που μεταχειρίζεται τα ζώα»⁵. Η φιλοσοφία του Ινδού πολιτικού εστίαζε στη μη χρήση βίας και στον σεβασμό προς όλα τα έμβια όντα, όχι μόνον στις σχέσεις μεταξύ των ανθρώπων, αλλά και στη σχέση του ανθρώπου με τα ζώα και τη φύση. Η ηθική πρόοδος μιας κοινωνίας μπορεί να κριθεί από το πώς αυτή αντιμετωπίζει τα πιο αδύναμα μέλη της, συμπεριλαμβανομένων και των ζώων. Η προσέγγιση αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι θέτει ως αξίωμα την αναγκαιότητα της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης, οπότε το επόμενο εύλογο βήμα θα ήταν να εξεταστεί αν γίνεται αυτό και γιατί πρέπει, ή αντιστρόφως εάν δε γίνεται αυτό, για ποιους λόγους και πώς θα μπορούσε να αντιστραφεί η κατάσταση.

Η ενότητα που εστιάζει στη σχέση ανθρώπου και φυσικού περιβάλλοντος είναι η τελευταία του κεφαλαίου και η τελευταία της διδακτέας ύλης εν γένει. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι, όπως είναι αναμενόμενο για ένα μάθημα που έχει καθιερωθεί μέσα από την επικρατούσα εξετασιοκεντρική οπτική ως δευτερεύον, συχνά οι διδάσκουσες και διδάσκοντες δεν καταφέρνουν να φτάσουν στην εξέτασή τους ή να την ολοκληρώσουν, πράγμα που με τη σειρά του καταδηλοί την υποδεέστερη θέση που επέχει η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση μέσα από το μάθημα το οποίο κατεξοχήν προσφέρεται για την καλλιέργεια της κριτικής σκέψης.

Αρχικά γίνεται μια εισαγωγική αναφορά στις απαρχές της συνειδητοποίησης της οικολογικής κρίσης και σε φαινόμενα που καταδηλούν το πρόβλημα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τη ρύπανση του αέρα, της στεριάς και του υδροφόρου ορίζοντα, την εξαφάνιση φυτικών και ζωικών ειδών, ή την εξάντληση των φυσικών πόρων. Παρά το γεγονός ότι αυτές είναι πολύ σημαντικές επισημάνσεις, η αναφορά είναι εξαιρετικά σύντομη και γίνεται πάντα από μια ανθρωποκεντρική οπτική (για παράδειγμα η καταστροφή του όζοντος της ατμόσφαιρας συνδέεται με την εμφάνιση τύπων καρκίνου του δέρματος). Την ανθρωποκεντρική αντιμετώπιση του φυσικού

⁵ L. Fischer, *The Life of Mahatma Gandhi*, Harper & Row, 1950, pp. 198-202 · R. Iyer, *The Moral and Political Thought of Mahatma Gandhi*, Oxford University Press, 1973, pp. 190-205.

περιβάλλοντος, ακολουθεί μια επιφανειακή αναφορά στη βαναυσότητα απέναντι στη φύση και στα ζώα, ενώ επικρατεί η οπτική ότι οι δυτικές αξίες δυσχεραίνουν την αλλαγή θεώρησης του φυσικού περιβάλλοντος και της σχέσης του ανθρώπου με αυτό.

Έτσι, επισημαίνεται ότι είναι κοινή παραδοχή η σύνδεση της αντιμετώπισης του περιβάλλοντος με την οικονομική πολιτική που ανά εποχή και περιοχή ακολουθείται, καθώς και η ανάγκη χάραξης μιας νέας πολιτικής. Με αυτό το σκεπτικό αναπτύσσεται το δίπολο “ρηχή” και στη “βαθιά” οικολογία, από τις οποίες η πρώτη εστιάζει σε διορθωτικές κινήσεις εντός του υπάρχοντος μοντέλου ανάπτυξης, ενώ η δεύτερη αξιώνει μια αλλαγή του κοινωνικο-οικονομικού συστήματος βασισμένη στην αναθεώρηση της σχέσης ανθρώπου – φύσης. Οι συγγραφείς καταλήγουν ότι «η σημαντικότερη πηγή του κακού είναι ότι η ηθική μας διαπνέεται από ανθρωποκεντρισμό και πως θα πρέπει να διαμορφώσουμε μια νέα ηθική που θα επεκτείνεται στα ζώα και ίσως σε όλο τον πλανήτη»⁶.

Στα κείμενα – που βέβαια είναι προαιρετικά προς μελέτη – παρατίθεται ένα πράγματι ενδιαφέρον απόσπασμα του Λεβί Στρός. Ο Γάλλος διανοητής, υπέρμαχος της θεωρίας του στρουκτουραλισμού ως θεωρίας πρόσφορης για την κατανόηση της εξέλιξης της ανθρώπινης κοινωνίας και του πολιτισμού, αναφέρει: «Ακόμη και οι λαοί που αποκαλούνται “πρωτόγονοι”, τους οποίους μελετούν οι εθνολόγοι, διαπνέονται από έναν βαθύ σεβασμό για τη ζωική και τη φυτική ζωή· ο σεβασμός αυτός εκφράζεται από αυτούς με τρόπους που τους θεωρούμε προλήψεις, οι οποίοι όμως, στην πραγματικότητα, συνιστούν αποτελεσματικά μέσα για τη διατήρηση μιας φυσικής ισορροπίας ανάμεσα στον άνθρωπο και στο περιβάλλον το οποίο εκμεταλλεύεται. [...]»⁷. Οι κοινωνίες που ανήκαν στον πρωτογενή τομέα οικονομικής δραστηριότητας υπερέιχαν από τους σημερινούς πολιτισμούς ως προς το ότι ακολουθούσαν ένα οικολογικό μοντέλο ανάπτυξης της οικονομίας, που αντιδιαστέλεται στην άλογη εκμετάλλευση της φύσης από τον άνθρωπο σήμερα – παραπέμποντας έντονα στη σύγχρονη τάση της βιο-οικονομίας, που θεωρείται διεθνώς η πιο πρόσφατη εκδοχή ανάπτυξης του όψιμου καπιταλισμού.

Η αναφορά αυτή – που τονίζουμε ότι, αν και παρατίθεται, μένει στο περιθώριο της μελέτης ως παράλληλο κείμενο – επαναφέρει το ζήτημα της θεώρησης των πραγμάτων υπό την υπεροπτική δυτική οπτική. Οι δυτικοί πολιτισμοί, ειδικά τον 19ο αιώνα, υποστήριξαν σθεναρά την ανωτερότητά τους και το συνακόλουθο χρέος εξαγωγής αξιών και θεσμών του δυτικού κόσμου στο πλαίσιο της φιλανθρωπίας. Το «χρέος του λευκού ανθρώπου» (the white man's burden), που πρόβαλλαν οι Άγγλοι και η «πολιτιστική αποστολή» (mission civilisatrice) των Γάλλων, καλύπταν με τον μανδύα του μεσσιανισμού την πρόθεση πολιτισμικής και πολιτικής επιβολής και του επεκτατισμού, στο πλαίσιο του οποίου οι θεωρούμενες ως υπανάπτυκτες περιοχές λειτούργησαν ως πηγή πρώτων υλών και εργατικού δυναμικού για την κάλυψη των

⁶ Βιρβιδάκης, Καρασμάνης & Τουρνά, σ. 243.

⁷ Κλοντ Λεβί-Στρός, “Συνομιλία”, Λε Μοντ, 21-1-1979, στο: Βιρβιδάκης, Καρασμάνης & Τουρνά, σ. 244.

παραγωγικών αναγκών των μητροπολιτικών χωρών⁸. Άνθρωποι και φυσικό περιβάλλον υπήρξαν εξίσου θύματα αυτού του μεσσιανικού, ιμπεριαλιστικού και καπιταλιστικού μοντέλου, που έθεσε τα κράτη σε έναν ατέρμονα και ανεξέλεγκτο ανταγωνισμό χωρίς καμία πρόνοια για ένα βιώσιμο μέλλον. Το εγχειρίδιο ορθώς καταλήγει ότι «η ακραία αντίληψη (που ακόμα και σήμερα επικρατεί σε μεγάλο βαθμό) ότι ο άνθρωπος είναι δεσπότης και κυρίαρχος της φύσης, την οποία και αντιλαμβάνεται με έναν μηχανιστικό τρόπο, αποτελεί φραγμό για το ξεπέρασμα της οικολογικής κρίσης»⁹. Πράγματι, ο πολιτισμός ξεκίνησε με την προσπάθεια του ανθρώπου να υπερβεί τους φυσικούς καταναγκασμούς και να αξιοποιήσει τα στοιχεία της φύσης για τη βελτίωση της ζωής του. Η αντίληψη, ωστόσο, ότι η φύση είναι ένα απλό μέσο για την εξυπηρέτηση του ανθρώπου δεν είναι πλέον μόνον παρωχημένη, αλλά και αποδεδειγμένα επικίνδυνη.

Η συζήτηση θα μπορούσε από το σημείο αυτό και έπειτα να αναπτυχθεί με αντίθεση ανάμεσα στα πρώτα στάδια του πολιτισμού, όπου επικρατεί αρμονική συνύπαρξη με το φυσικό περιβάλλον και μια ήπια και λελογισμένη εκμετάλλευση, και στο σήμερα, που χαρακτηρίζεται από άμετρη και άλογη εξόντωση του φυσικού περιβάλλοντος, σε μια εποχή μάλιστα κατά την οποία η τεχνολογία και οι εφαρμοσμένες επιστήμες έχουν προτείνει συγκεκριμένες και υλοποιήσιμες εναλλακτικές των πεπερασμένων και απειλούμενων φυσικών πηγών. Με ατομικές ή ομαδικές εργασίες οι μαθήτριες και οι μαθητές μπορούν να οδηγηθούν οι ίδιοι στην επισήμανση συγκεκριμένων τρόπων με τους οποίους εκδηλώνεται βαναυσότητα απέναντι στη φύση και στα ζώα, μέσα από γεγονότα, περιστατικά και φαινόμενα και να διερωτηθούν για το αναπόφευκτο αυτών και για εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισής τους.

Στη συνέχεια η συζήτηση θα μπορούσε να στραφεί στην αναζήτηση των τρόπων αντιμετώπισης, σε συλλογικό και ατομικό επίπεδο. Όσον αφορά το συλλογικό, το μεγάλο μερίδιο ευθύνης πέφτει στις κυβερνήσεις και εκεί θα ήταν εξαιρετικά ενδιαφέρον να κληθούν οι μαθήτριες και οι μαθητές να μελετήσουν θεσμούς που έχουν εισαχθεί για το σκοπό αυτό και να τους αξιολογήσουν ως προς την ηθική και την αποτελεσματικότητά τους. Πέρα, όμως, από τη συλλογική ευθύνη, είναι σημαντικό να συζητηθεί και η ατομική, που συνίσταται στην αλλαγή των επιλογών και της συμπεριφοράς εν γένει.

III. Πρώτη διδάξασα η αρχαιοελληνική φιλοσοφία

Αν αναλογιστούμε ότι ο πολιτισμός πράγματι ξεκίνησε από την προσπάθεια του ανθρώπου να επιβιώσει και να συνυπάρξει εντός του φυσικού περιβάλλοντος, θα άξιζε από τις διδάσκουσες και τους διδάσκοντες μια αναδρομή στην ιστορία της φιλοσοφίας, στο πλαίσιο της οποίας έχει συζητηθεί διεξοδικά και συνεχίζει να απασχολεί η σχέση του ανθρώπου με τη φύση, η ποικιλότροπη προσφορά του φυσικού στο κοινωνικό περιβάλλον, τα δικαιώματα και οι υποχρεώσεις του ανθρώπου απέναντι στη φύση. Οι πρώτοι φιλόσοφοι που έθεσαν τη φύση στο

⁸ M. Burrows, (1986). "Mission civilisatrice: French Cultural Policy in the Middle East, 1860 -1914". *The Historical Journal*. 29 (1): 109–135.

⁹ Βιρβιδάκης, Καρασμάνης & Τουρνά, σ. 244.

επίκεντρο της φιλοσοφικής έρευνας ήταν οι επονομαζόμενοι «φυσικοί» ή «προσωκρατικοί», που αναγνωρίζοντας στοιχεία της φύσης ως τα πρώτα αίτια του κόσμου, εισηγούνταν μια θεώρηση η οποία αναγνώριζε τα στοιχεία αυτά ως δημιουργικές δυνάμεις, κάποτε και δημιουργικές θεότητες (όπως του ηρακλείτειο πυρ) και άρα άξιες σεβασμού¹⁰.

Αυτή την θέση αργότερα διακήρυξαν ανοιχτά οι Στωικοί (4ος αι.π.Χ-3ος αι. μ.Χ.), ότι δηλαδή οι τρεις δυνάμεις που κυβερνούν τον κόσμο, το θείο, η Φύση και η Ειμαρμένη, συλλειτουργούν και ταυτίζονται, καθότι προσβλέπουν στο καλό του κόσμου. Ο άνθρωπος, κατά τους Στωικούς, αποτελεί μέρος της φύσης και οφείλει να ζει σε αρμονία με αυτήν, δηλαδή «όμολογουμένως τῇ φύσει ζῆν»¹¹. Η ανθρώπινη φύση είναι τμήμα της παγκόσμιας φύσης, άρα πραγματικά ευτυχισμένος είναι μόνον εκείνος που ζει σύμφωνα με τη φύση. Τα συμβεβηκότα, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγονται και τα υλικά αγαθά, είναι από αδιάφορα έως και επιβλαβή. Για την ακρίβεια, η πρωτογενώς αγαθή φύση του ανθρώπου αλλοιώνεται από τις πολιτισμικές επιρροές και η αλλοτρίωση αυτή οδηγεί τον άνθρωπο σε άστοχες αντιλήψεις και επιλογές. Χρέος του είναι να συνειδητοποιήσει ότι η πρόοδος του πολιτισμού οδηγεί σε έναν ηθικό εκφυλισμό και να κινητοποιηθεί ο ίδιος, ώστε να απελευθερωθεί από τις εγκόσμιες επιθυμίες και τα πάθη που η κοινωνία έχει καλλιεργήσει¹².

Συνεπώς, η θεωρία των Στωικών βρίσκεται ξεκάθαρα στον αντίποδα του υλισμού, του καταναλωτισμού και του καπιταλισμού, καθότι προτείνει μια διαφορετική αντιμετώπιση του φυσικού περιβάλλοντος, με σεβασμό ανάλογο με εκείνον που θα άρμοζε σε μια θεότητα. Ο άνθρωπος κατά τους Στωικούς δεν πρέπει να εκμεταλλεύεται τη φύση, γιατί τότε αντιμάχεται και την προοπτική της ίδιας της ευημερίας – και δη της ουσιαστικής- της ατομικής και της συλλογικής¹³. Ασφαλώς οι Στωικοί αποτελούν μια ιδιαίτερη, αλλά όχι μοναδική περίπτωση όπου η φιλοσοφία παίρνει θέση απέναντι στη αντιμετώπιση την οποία– ήδη από την εποχή εκείνη διαφαινόταν ότι- θα είχε ο άνθρωπος απέναντι στη φύση και αντιτάσσουν στο γίνεσθαι το δέον γενέσθαι.

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τη θέση μας, θα πρέπει να επισημανθεί ότι ένα τόσο σημαντικό για την ανθρωπότητα ζήτημα, θα έπρεπε ασφαλώς να εξετάζεται διεξοδικότερα και μεγαλύτερη έμφαση και ότι, εάν η διδασκαλία του μαθήματος της φιλοσοφίας στηριχθεί αποκλειστικά και μόνον στο διδακτικό εγχειρίδιο και στις προβλεπόμενες

¹⁰ J. Barnes, *The Presocratic Philosophers*. London: Routledge, 1982, pp. 11–50, 300–320 · G. S. Kirk, J. E. Raven & M. Schofield, *The Presocratic Philosophers: A Critical History with a Selection of Texts*, Cambridge: Cambridge University Press, 1983, pp. 76–150.

¹¹ Διογένης Λαέρτιου *Βίοι και Γνώμαι τῶν ἐν φιλοσοφίᾳ εὐδοκίμησάντων*, VII, 87,

¹² M. Frede, *Essays in Ancient Philosophy*, Minneapolis: University of Minnesota Press, 1987, pp.201–222· D. E. Hahm, *The Origins of Stoic Cosmology*, Columbus: Ohio State University Press, 1977, pp. 53–72, 97–120· J. Sellars, *Stoicism*, Berkeley: University of California Press, 2006, pp. 24–38, 85–96.

¹³ Μάρκος Αυρήλιος, *Τα Εἰς ἑαυτόν*, μτφρ. -σχόλια Gregory Hays, Penguin Classics, "Meditations", 2 1-3· 4 23-27 · Διογένης Λαέρτιος *Βίοι και Γνώμαι των Εν Φιλοσοφία Ευδοκίμησάντων*, μτφρ. -σχόλια R.D. Hicks, Oxford University Press, VII, 85-88

οδηγίες διδασκαλίας, είναι μικρές οι πιθανότητες να αναπτύξουν οι μαθήτριες και οι μαθητές μιας ουσιαστική περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση μέσω του συγκεκριμένου μαθήματος, καθώς θα στερηθούν την ευκαιρία μιας πολύπλευρης προσέγγισης του ζητήματος και βαθύτερης κατανόησης του προβλήματος. Εάν, συνεπώς, οι συνάδελφοι που αναλαμβάνουν τη διδασκαλία του μαθήματος αυτού – ενός μαθήματος που αποτελεί φωτεινή εξαίρεση στο καθαρά εξετασιοκεντρικό εκπαιδευτικό σύστημα της χώρας μας- εμφορεύονται από γνήσιο προβληματισμό για το μέλλον του ανθρώπου και του κόσμου, οφείλουν να εμπλουτίσουν τη διδασκαλία τους με εναλλακτικές μεθόδους και πρόσθετες πηγές, που θα τους επιτρέψουν το σχεδιασμό μιας σειράς μαθημάτων ικανών να καλλιεργήσουν την αδήριτα πλέον αναγκαία περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση της μαθητικής κοινότητας, ήτοι των αυριανών πολιτών.

Βιβλιογραφία

Barnes, J., *The Presocratic Philosophers*. London: Routledge, 1982, pp. 11–50, 300–320.

Burrows, M. (1986). "'Mission civilisatrice': French Cultural Policy in the Middle East, 1860-1914". *The Historical Journal*. 29 (1): 109–135.

Fischer, L., *The Life of Mahatma Gandhi*, London:Harper & Row, 1950, pp. 198-202.

Frede, M., *Essays in Ancient Philosophy*, Minneapolis: University of Minnesota Press, 1987, pp.201–222.

Hahm, D. E., *The Origins of Stoic Cosmology*, Columbus: Ohio State University Press, 1977, pp. 53–72, 97–120.

Iyer, R., *The Moral and Political Thought of Mahatma Gandhi*, Oxford: Oxford University Press, 1973, pp. 190-205.

Kirk, G. S., Raven, J. E., & Schofield, M., *The Presocratic Philosophers: A Critical History with a Selection of Texts*, Cambridge: Cambridge University Press, 1983, pp. 76–150.

Kraut, R. (ed.), *The Cambridge Companion to Plato*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992, pp. 283-305.

Plotinus, *Enneades*, St. McKenna (transl.), London: Bohn's Classical Library, 1909.

Pollard, R. A. D., *Plato on the Cosmos: The Spirituality of the Physical World*. Lanham, MD: Lexington Books, 2011, pp. 50-75.

Sellars, J., *Stoicism*, Berkeley: University of California Press, 2006, pp. 24–38, 85–96.

Taylor, A. E., *Plato's Timaeus: Theories of the Physical World*. London: Methuen & Co. Ltd., 1928, pp. 120-135.

Βιρβιδάκης, Στ., Καρασμάνης, Β.& Τournά, Χ., *Αρχές Φιλοσοφίας Β΄ Τάξη Γενικού Λυκείου Γενικής Παιδείας*, Υπουργείο Παιδείας Και Θρησκευμάτων Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών Και Εκδόσεων «Διοφαντος», α.χ.

Πλάτων, Τίμαιος, Αρχαίον κείμενον, εισαγωγή, μετάφρασις, σημειώσεις, Α. Παπαθεοδώρου, Αθήνα: Πάπυρος, 1956.