

# Architektura odnawialna – nowe zagrożenia dla przyszłości architektury

## Renewable Architecture – New Threats to the Future of Architecture

### Streszczenie

Naukowcy roztoczyli wizję wyczerpania złóż węgla i ropy naftowej, co spowodowało lawinowy rozwój badań nad nową generacją materiałów budowlanych oraz energią alternatywną. Niestety, każde rozwiązanie techniczne wykorzystujące materiały z odzysku ma tyleż samo zwolenników co i zagorzałych przeciwników.

Na szczęście już dawno stwierdzono, że przetwórstwo „śmieci” jest jedynym ratunkiem dla dynamicznie rozwijającej się cywilizacji. Traktując ogólną, technologiczną transformację ludzkości w skali globalnej jako specyficzny rodzaj produkcji, tworzący odpady i zanieczyszczenia, należy rozważyć wykorzystanie materiałów odnawialnych na skalę przemysłową. Architektura tworzy i zarazem ogranicza przestrzeń człowieka, do działań twórczych niezbędna jest energia, czyli bez architektury nie byłoby zapotrzebowania na energię. Nieprzemysłane działania człowieka w aspekcie ekologii doprowadzają do istotnych, globalnych zmian naszej planety. Ochrona powietrza, wód, przyrody mimo wszystko jest możliwa.

### Abstract

Researchers have made a vision of the depletion of coal and oil deposits, which has resulted in the rapid development of research into a new generation of building materials and alternative energy. Unfortunately, every technical solution using recycled materials has as many supporters as hard-core opponents.

Fortunately, it has long been found that the processing of „garbage” is the only salvation for a dynamically developing civilization. Treating the global technological transformation of humanity on a global scale, as a specific type of production, creating waste and pollution, the use of renewable materials on an industrial scale should be considered. Architecture creates and at the same time limits human space, energy is necessary for creative activities, that is, without architecture there would be no need for energy. Unreasonable human activities in the aspect of ecology lead to significant, global changes to our planet. Protection of air, water, nature is possible despite adversity.

Słowa kluczowe: recykling, budownictwo pasywne, energia odnawialna, architektura

Keywords: recycling, passive housing, renewable energy, architecture

### 1. Wstęp

Do zdefiniowanych naukowo zagrożeń globalnych, możemy zaliczyć tzw. 4P, czyli: *pollution*, *poverty*, *proliferation*, *population* (skażenie środowiska, nędza, zbrojenia, przeludnienie). Z analiz naukowych wynika, że ludzkość konsumuje poniżej 1% ziemskiego pierwotnego produktu netto, lecz niszczy aż 40% jego zawartości.

Człowiek ingeruje w klimat, atmosferę, poziom wód, sposób użytkowania ziemi i nazywa to wszystkim nowoczesnymi technologiami energetycznymi. Ale jest jeszcze jedna forma ingerencji człowieka w środowisko. Zanieczyszczenie falami elektromagnetycznymi, które można porównać do skażenia chemicznego lub zagrożenia hałasem.

Według danych Międzynarodowego Biura Rejestracji Częstotliwości Radiowych (IFRB) liczba źródeł pól elektromagnetycznych na świecie zwiększa się każdego roku o 6 proc.

### 2. Introduction

Among scientifically defined global threats, we can mention the so-called “4P”, namely: *pollution*, *poverty*, *proliferation* and *population*. Scientific studies have concluded that Humanity consumes less than 1% of earth’s net primal product, but destroys as much as 40% of its contents.

Man interferes with the climate, atmosphere, water level, land use and calls all of this modern energy technologies. But there is another form of man’s interference in the environment. Pollution with electromagnetic waves, which can be compared to chemical pollution or the danger of noise. According to information provided by the International Frequency Registration Board (IFRB), the number of sources of electromagnetic fields around the world is increasing at a rate of 6% per year.

\* Dr inż. arch. Bogdan Siedlecki, Zakład Techniki Budowlanych, Instytut Projektowania Budowlanego, Politechnika Krakowska/  
Ph.D. Eng. Arch. Bogdan Siedlecki, Building Techniques Division, Institute of Building Design, Cracow University of Technology, bogdan-si@poczta.fm

Smog elektromagnetyczny jest wszechobecny, a tworzą go wszystkie używane przez nas urządzenia elektroniczne. Czy więc architektura odnawialna nie jest lekarstwem na taką działalność człowieka, a przynajmniej suplementem diety? Istnieją jednak również czynniki pozaludzkie, czysto przyrodnicze, naturalne, jak zmiana bieguny magnetycznej, zmiany globalne występujące mniej więcej co 30 tys. lat, tj. okresy lodowcowe i międzylodowcowe, czy perspektywa chmur pyłów wulkanicznych lub gwiazdnych, które zakryją Słońce na tysiące lat. I na to mamy nikły wpływ.

*Natura jest niewygodna. Trawa jest twarda, wilgotna, pełna obrzydliwych insektów. Gdyby natura byłaby wygodna, ludzkość nie wymyśliłaby architektury*<sup>1</sup>.

Pomijając intensywny rozwój cywilizacji oraz świadomości wspomnianej ludzkości, teoria ta wydaje się godna zastanowienia. Wszechstronne działania inwestycyjne, zarówno twórców (od pewnego czasu zwanych architektami) jak i budowniczych, zbliżały niekiedy człowieka do wymarzonego ideału a czasem, niestety zapędzały się w „ślepy zaulek” wizji kreowania przestrzeni, czyli architektury. A przecież *Architektura jest mądrą, skoordynowaną grą brył w świetle*<sup>2</sup>. Nadmierne komplikowanie, zarówno formy jak i funkcji obiektu, nie jest zatem logicznie uzasadnione.

Może właśnie takie przemyślenia skłoniły współczesnych architektów do poszukiwań inspiracji bezpośrednio w naturze. Stąd krąg zainteresowań zamknął się wokół architektury organicznej, pozwalającej w coraz większym stopniu wykorzystywać zarówno naturalne formy jak i materiały.

Czyż można być bliżej natury niż mieszkając pod ziemią, a zwłaszcza nie wykorzystując do tego celu ogólnodostępnych materiałów budowlanych. Granada ma obecnie największą populację jaskiniową w Europie, a dzielnica jaskiń w Guadix w Granadzie – najwyższy wskaźnik zamieszkałych jaskiń w Hiszpanii.

*Mniej znaczy więcej*<sup>3</sup>.

Ale niezależnie od wielkości czy ilości istotny jest również rachunek ekonomiczny, a często warunki geopolityczne czy wręcz działania wojenne.

Obecnie przypuszcza się, że w dzielnicy jaskiń w Guadix znajdującej się za Calle de San Miguel, w tych podziemnych domach może przebywać ponad dziesięć tysięcy mieszkańców. W tych podziemnych obiektach utrzymuje się przez cały rok, w naturalny sposób temperatura około dwudziestu stopni Celsjusza, podczas gdy na zewnątrz w okresie letnim temperatury sięgają czterdziestu stopni, a podczas zimy często to niezwykle osiedle okrywa śnieg.

Ten niezwykle labirynt pomieszczeń mieszkalnych nie do końca jest tworem natury, lecz dziełem człowieka przez wydrążenie jaskiń w miękkim piaskowcowym górotworze. Znane są dowody na istnienie mieszkań w jaskiniach na tym obszarze już w czasach arabskiej inwazji na Iberię w VIII wieku, jednak uważa się, że główny labirynt domów powstał w XVI wieku, kiedy po udanej inwazji chrześcijańskiej na ten region, Maurów, obawiając się prześladowań w Guadix ze strony ich zdobywców, uciekali masowo z miasta na pobliskie wzgórze.

Electromagnetic smog is ever-present, and it is mainly created by the electronic devices that we all use. Is renewable architecture the cure for this type of human activity, or is it at least a dietary supplement? There are, of course, factors that are not man-related, purely environmental and natural, like the changes in the magnetic poles, global changes that occur more or less every 30 thousand years, e.g. glacial and inter-glacial periods, or the perspective of volcanic or star dust clouds, which block out the sun for thousands of years at a time. We do not have much influence on that.

*“But nature is so uncomfortable. Grass is hard and lumpy and damp, and full of dreadful black insects. [...] If Nature had been comfortable, mankind would never have invented architecture.”*<sup>1</sup>

The intense development of civilisation and human awareness aside, this theory appears to be worthy of consideration. Comprehensive building efforts, of both the authors (who have been called architects for some time) and builders of structures, have at times drawn mankind closer to their imaginary ideal and, at times, have unfortunately caused it to go down a “dead end street” in terms of the vision of the creation of space, or in other words - architecture. But *“Architecture is the learned game, correct and magnificent, of forms assembled in light”*<sup>2</sup>. The excessive complication of both the form and the function of a structure is not logically justified.

Or perhaps it is this type of reasoning that has convinced modern architects to search for inspiration directly in nature. Thus the field of interest has locked itself around organic architecture, allowing us to make use of both natural forms and materials towards a greater degree. Can we be closer to nature than when we live underground, especially when not using generally available construction materials to this end? Granada currently has the greatest cave-dwelling population in Europe, and the cave district in Guadix in Granada - the highest index of inhabited caves in Spain.

*“Less is more”*<sup>3</sup>.

But regardless of size or number, it is economic balance that is important, often in addition to geopolitical conditions or even military operations. It is currently believed that over ten thousand residents can inhabit these underground houses in the cave district of Guadix, located behind Calle de San Miguel. A temperature of around 20 degrees Celsius is naturally maintained in these underground structures year-round, while outside summer temperatures can reach up to forty degrees, and snow often covers this extraordinary settlement in winter. This extraordinary labyrinth of residential spaces is not purely a work of nature, but the work of man, achieved through tunnelling in the soft sandstone formation. We have evidence for the existence of living spaces in caves in this area already during the Arab invasion of Iberia in the eighth century, however, it is believed that the labyrinth of homes was built during the sixteenth century, when, after a successful Christian invasion of the region, the Moors of Guadix, fearful of persecution at the hands of the conquerors, fled



Il. 1. Domy w jaskiniach Guadix, znane również, jako jaskinie troglodytów. Źródło: archiwum: B. Siedlecki/ Houses in the caves of Guadix, also known as the caves of the troglodytes. Source: archive: B. Siedlecki

Współcześnie pomieszczenia domów w dolnych grotach są starannie wykończonymi jaskiniami, z bieżącą wodą, elektrycznością i urządzeniami gospodarstwa domowego w najwyższym standardzie. Wiele z tych rezydencji zostało rozbudowanych na zewnątrz o dodatkowe pokoje i tarasy zwiększając tym samym dostęp światła słonecznego. Natomiast w niektórych strefach dzielnicy, jedynymi dowodami na istnienie podziemnego życia są widoczne w skale pobielone drzwi, niewielkie okna i kominy rozmieszczone wzdłuż zboczy masywu górskiego. W tym niecodziennym krajobrazie można również napotkać ślady minionych czasów w formie starożytnych, opuszczonych, często zarośniętych jaskiniowych wejść.

## 2. Teza

Porównując system zabudowy dzielnicy Guadix z innym naturalnym sposobem egzystencji, jaki stanowią kopce termitów, możemy wysunąć tezę, że dla uzyskania wielopłaszczyznowego komfortu klimatycznego nie są niezbędne istotne, szeroko rozumiane nakłady energetyczne. Architektura odnawialna – bazująca na materiałach odnawialnych powinna bazować na ogólnych zasadach recyklingu, czyli maksymalizacji ponownego wykorzystania materiałów odpadowych lub rozbiórkowych, z uwzględnieniem jak najmniejszych nakładów na ich wtórne dostosowanie. Działania takie mają na celu ochronę surowców naturalnych, służących do ich wytworzenia oraz surowców służących do ich późniejszego przetworzenia. Nie wolno jednak pominąć zagadnień, jakie nowe zagrożenia dla przyszłości architektury mogą generować takie technologie. Zagadnienia odnawialności należy rozpatrywać, co najmniej w dwóch obszarach: takiej technologii związanej z produkcją dóbr, która zmniejszy nakłady wtórnego wykorzystania materiału oraz sposobu organizacji przetworzenia powstających z tych materiałów odpadów. Założenia recyklingu zakładają wymuszanie odpowiednich postaw producentów dóbr, sprzyjających produkcji materiałów jak najbardziej odzyskiwanych oraz tworzenie odpowiednich zachowań u odbiorców tych dóbr.

the city en masse to the surrounding hills. The modern rooms of homes in the lower caves are carefully finished tunnels, with running water, electricity and the highest standard household appliances. Many of these residences have been expanded outwards to include additional rooms and terraces, thus increasing access to sunlight. However, in some zones of the district, the only evidence of the existence of subterranean life are the whitened doors visible in the rock, in addition to small windows and chimneys along the walls of mountain massif. In this unusual landscape we can also find traces of the past in the form of ancient, abandoned and often overgrown cave entrances.

## 2. Thesis

By comparing the system of the buildings of Guadix with a different natural form of existence constituted by termite mounds, we can make the statement that in order to obtain a multi-planar climate comfort, widely understood energy expenditure is both necessary and significant. Renewable architecture - based on renewable materials, should be based on the general principles of recycling, which is the maximisation of the reuse of waste materials or that obtained during demolition, taking into account the lowest possible cost of their secondary adaptation. Such efforts are aimed at protecting the natural resources used to manufacture them, as well as the raw materials employed in their further processing. However, we should not ignore such issues like new threats to the future of humanity that such technologies can generate.

The issues of renewability should be considered in at least two areas: the type of technology of the production of goods that can lessen the cost of the reuse of materials and the manner of the organisation of the processing of the waste produced from these materials. The objectives of recycling assume forcing certain stances on goods manufacturers, leaning towards production using mate-

Rozszerzając rozważania dotyczące zagadnień architektury odnawialnej warto przeanalizować zjawiska, jakie zachodzą w jej naturalnej formie. W skali globalnej większe koszty ponosimy na chłodzenie niż na ogrzewanie wszelkich obiektów. Niestety w niewielkiej skali wykorzystujemy zjawiska naturalne, które mogą w znacznym stopniu wpłynąć na obniżenie kosztów eksploatacji. Największe straty generuje system wentylacji. Analiza systemu wentylacji indukowanej, jaką stosują termyty pozwoliłaby na zastosowanie podobnych rozwiązań w budynkach mieszkalnych. Czy wobec tego należy uwzględnić globalistyczny charakter potrzeb mieszkańców i inwestować w skupienie ludności w obszarach miejskich?<sup>4</sup> Indukowany lub stosowy proces wentylacji w projekcie kopca termitów „otwartego komina” uzyskuje wyższe prędkości wiatru na szczycie stosu (na wysokości ok. 2 m), w porównaniu z mniejszymi prędkościami wiatru na poziomie gruntu. Zjawisko to prowadzi do uzyskania różnicy ciśnień w pionie przez centralny komin kopca generując strumień powietrza stanowiący naturalną wentylację. To proste zjawisko nieco się komplikuje w przypadku kopców bez dużego otworu na górze, podobnie jak w naszych obiektach mieszkalnych. I na to termyty mają receptę, tj. wentylacja termosyfonowa napędzana metabolizmem. *Macrotermes* to rodzaj termitów należących do rodziny *Termitidae* i szeroko rozpowszechnionych w Afryce i Azji Południowo-Wschodniej. Podobnie jak inne rodzaje *Macrotermitinae*, konsumują martwy materiał roślinny prowadząc hodowlę grzyba *Basidiomycete* z rodzaju *Termitomyces* na galeriach wewnątrz – często bardzo dużych – kopców termitów. Pomysł realizowany przez owady jest skutecznie oparty na „zyskach ciepła z mieszkańców”. Wszystkie te małe, ruchliwe owady, poruszające się wokół rosnącego grzyba kumulują ciepło. Pojedynczy osobnik nie generuje go zbyt dużo, ale przy milionach w każdym gnieździe przyrost ciepła zaczyna być istotny. Gorące powietrze unosi się na skutek konwekcji, w wyniku czego, może wzniesić się przez główną strukturę komina, a następnie przez czapkę, która ma liczne rozgałęzione tunele

materials that are as recyclable as possible, as well as facilitating appropriate behaviours among the consumers of said goods. Expanding the discussion of the problem of renewable architecture, it would be good to analyse phenomena that occur in its natural form. On the global scale, the costs of cooling are much greater than of the heating of all manners of buildings. Unfortunately, we use natural phenomena that can greatly influence the lowering of operational costs on a very small scale. The greatest losses are generated by the ventilation system. An analysis of the induced ventilation system used by termites would allow the use of similar solutions in residential buildings. Should we, in light of this, take into account the globalist character of the needs of residents and invest in concentrating the population in urban areas?<sup>4</sup> The induced or stack ventilation process in the design of a termite mound featuring an “open stack” yields higher wind speeds at the top of the stack (at a height of around 2 m), in comparison to lower wind speeds at ground level. This phenomenon leads to obtaining a vertical pressure difference in the central shaft of the mound, generating an air stream constituting natural ventilation. This simple phenomenon becomes slightly complicated in the case of mounds without a large opening at the top, similarly as in our residential buildings. Termites have a solution to that problem as well, in the form of thermosiphon ventilation, fuelled by metabolism. *Macrotermes* is a genus of termites that belong to the *Termitidae* family that is very common in Africa and South-East Asia. Similarly to other genera of *Macrotermitinae*, they consume dead plant material through cultivating the *Basidiomycete* fungus of the genus *Termitomyces* on galleries inside their - often very large - termite mounds. The idea implemented by the insects is effectively based on “thermal gains from occupants”. All of the small, busy insects accumulate heat when moving around the growing fungus. A single specimen does not generate that much



Il. 3. Kopiec termitów. Źródło: [www.abc.net.au](http://www.abc.net.au) (dostęp: 20 listopad 2017)/ A termite mound. Source: [www.abc.net.au](http://www.abc.net.au) (retrieved on: 20th of November 2017)

Il. 4. Wieża katedry Sagrada Familia. Źródło: archiwum: B. Siedlecki/ The tower of the Sagrada Familia basilica. Source: archive: B. Siedlecki

między kominem a powierzchnią. Gdy powietrze unosi się, tworzy podciśnienie u podstawy gniazda, która jest wypełniana przez powietrze wchodzące do gniazda z kanałów zewnętrznych na poziomie terenu.

*Najwięcej dostojęstwa mają najprostsze formy*<sup>5</sup>.

Analizując naturalną formę kopca termitów nasuwa się skojarzenie z twórczością Antonio Gaudiego. Inspirując się naturalnymi formami występującymi w przyrodzie, prowadził własne eksperymenty związane z rozkładem obciążeń, czyli przenoszeniem ciężarów na różne elementy budowli. Jego specjalnie przygotowany pokój, w którym zawieszono były skomplikowane sieci ciężarków i sznurków, pozwolił Gaudiemu eksperymentować z nietypowymi rozwiązaniami technicznymi. Obecne długotrwałe obliczenia na zaawansowanych programach komputerowych wraz z wykonywaniem symulacji wirtualnych 3D potwierdzają poprawność przyjętych schematów statycznych.

### 3. Analiza

Podobne, organiczne formy posiadają obiekty mieszkalne określane, jako „Earthships”. Są to pasywnie ogrzewane, autonomiczne budynki konstruowane niskim kosztem z lokalnie dostępnych materiałów, w tym z ziemi i odpadów. Czy warto, więc rozważać takie budownictwo, w jakim stopniu jest ono opłacalne i jaki jest aspekt zdrowotny takich rozwiązań? Miej-

heat, but considering there are millions of them in every nest, the heat gain starts to be quite substantial.

Warm the air rises due to convection, and as a result can rise through the main structure of the stack, and then through the cap, which features many branching tunnels between the stack and the surface. When the air rises, it creates negative pressure at the base of the nest, which is being filled by air coming inside it through external ducts at ground level.

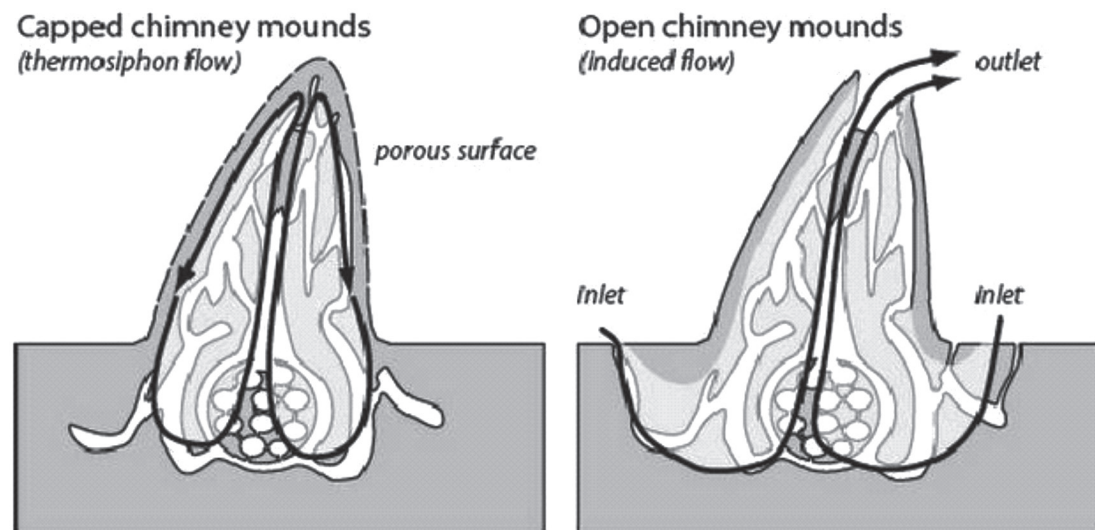
*“The simplest forms have the most grandeur.”*<sup>5</sup>

When analysing the natural form of the termite mound, we can see its resemblance to the work of Antonio Gaudi. Inspired by natural forms occurring in the environment, he performed his own experiments associated with load distribution, which is the transfer of loads to different elements of a structure. His custom prepared room, in which he had hanged complicated networks of weights and strings, allowed him to experiment with atypical technical solutions. Current tedious calculations performed using advanced computer software, along with performing virtual 3D simulations, have confirmed the appropriateness of the statical schemes that he adopted.

### 3. Analysis

Residential buildings called “Earthships” have similar, organic forms. They are passively heated, autonomic buildings built at a low cost from local-

Il. 2. Modele systemu wentylacji kopca termitów. Źródło: [www.projects.science.uu.nl](http://www.projects.science.uu.nl) (10 grudnia 2017)/ Models of the ventilation systems used in termite mounds. Source: [www.projects.science.uu.nl](http://www.projects.science.uu.nl) (10th of December 2017)



scowe Plany Zagospodarowania Przestrzennego różnią się w sposób istotny zabudowę miejską od tej w strefach małych miast i wsi. O ile sytuacja w centrach miast poprawiła się wraz ze zmianami gospodarczymi, o tyle zagospodarowanie przestrzeni w podmiejskich dzielnicach mieszkaniowych jest nadal złe<sup>6</sup>.

*Architektura polega na zachowaniu trzech zasad: trwałości, użyteczności i piękna<sup>7</sup>.*

Czyż takich właśnie cech nie posiada natura w czystej formie? Słoma i glina to najstarsze materiały budowlane, stosunkowo najzdrowsze i najbardziej ekologiczne z obecnie dostępnych na rynku materiałów budowlanych. Trudno uwierzyć, ale powszechnie używane w Polsce do budowy domów i ociepleń budynków jeszcze po II wojnie światowej. Dopiero rozwój cementowni i hut wykształcił pęd ku betonowym i żużłopodobnym domkom, które dalekie są od ekologii generując swoim składem trujące emisje i wykrywalną radioaktywność.

Istnieje wiele technologii wyznoszenia obiektów, w których podstawą jest glina. W jednej z nich, formuje się ściany ze szkieletem drewnianym wewnątrz, glinę do wypełniania ścian miesza się z suchą trzcina, z ciętą słomą czy wrzosem. Zastosowana glina powinna mieć dużą zawartość piasku, z dodatkiem żwiru, a ściany są ubijane w szalunku pneumatycznie lub wibracyjnie.

Można również kształtować przegrodę przez formowanie gliny w bloczki, którymi, po odpowiednim stopniu utraty wody, bez wypalania, wypełnia się ściany ze szkieletem drewnianym.

Inna metoda to bloczki z ziemi, gliny piaszczystej, suchej, zgniatane w prasach mechanicznych.

O trwałości tych wspomnianych technologii świadczą budowle, funkcjonujące w dobrym stanie od wielu lat praktycznie na całym świecie. Na naszych terenach to m.in. Pałac w Tarchominie pod Warszawą, wzniesiony w XVII w., budynek w Szańcu (woj. krakowskie) wzniesiony w 1932 r., szkoła Podstawowa w Kasince Małej (woj. nowosądeckie) oddana do użytku w 1948 r.

Przeliczeniowy nakład energii na zbudowanie 100 m<sup>2</sup> domu jednorodzinnego wynosi odpowiednio:

w technologii wielkopłytowej – 180 000 kWh;

w technologii tradycyjnej (cegła) – 80 000 kWh;

w technologii ekologicznej (głina + drewno) – 25 000 kWh

Jak widać, korzyści płynące z budowania z gliny są oczywiste: inwestycja jest do 80% tańsza od metod obecnie stosowanych. Mury z gliny dobrze izolują ciepłnie, mają jednocześnie duże zdolności akumulacyjne, co w budynkach pasywnych jest istotne.

Współcześnie w Europie z gliny wykonanych jest wiele obiektów, w tym ponad 300 tys. mieszkań w Niemczech. W ilości historycznej zabudowy glinianej przoduje jednak Francja, posiadając ponad 15% budynków sprzed 1900 r. W rejonie Grenoble – Lyon – Chacon większość niskich obiektów miejskiej zabudowy jest wykonana z niepalonej gliny, szacuje się, że jest to ok 70% budynków. [2]

Szczytowym osiągnięciem technologii i konstrukcji obiektów glinianych jest miasto Shibam w Jemenie. Cały kompleks jest całkowicie zbudowany z suszonej gliny. Zrealizowane na

ly available materials, including earth and waste. Is it worth then to consider such buildings, and to what degree is it economical and what is the health aspect of such solutions? Local Spatial Development Plans clearly differentiate urban buildings from those in the zones of towns and rural areas. As far as the situation in city centres has improved along with economic changes, spatial development in suburban residential areas is still poor<sup>6</sup>.

*“Architecture is based on adhering to three principles: solidity, usefulness and beauty”<sup>7</sup>.*

Does nature in its purest form not have these properties?

Straw and clay are the oldest building materials, and are relatively the healthiest and the most environmentally friendly of the currently available construction materials. It is hard to believe that, but they were commonly used in Poland for the construction and insulation of houses even after the Second World War. It was only the development of cement plants and steel mills that established the drive towards concrete and cinder-like houses, which are far removed from being friendly to the environment, generating poisonous emissions and detectable radioactivity through their composition.

There are many technologies of constructing buildings that use clay as their base. In one of them, walls are formed featuring a timber frame, while the clay that is used as infill is mixed with dry reeds, cut straw or heathers. The clay used in this system should have a high sand content, with an addition of gravel, and the walls are rammed in a formwork either pneumatically or with the use of vibrations.

We can also shape a partition through forming clay into blocks, which, after losing some water content and without firing, are used as infill for a timber frame wall. Another method uses blocks made of earth, sandy dry clay, which are compressed in mechanical presses. The durability of the aforementioned technologies is attested by the structures which have functioned in good condition all around the world for many years. In our area they include the Palace in Tarchomin near Warsaw, erected in the seventeenth century, the building in Szaniec (Krakowskie voivodship) erected in 1932, as well as the primary school in Kasinka Mała (Nowosądeckie voivodship), which was opened in 1948.

The conversion energy cost of building a 100 m<sup>2</sup> of a single family house is, respectively:

180 000 kWh using panel building technology

80 000 kWh using traditional technology (brick)

25 000 kWh using environmentally friendly technology (clay - timber)

As we can see, the benefits associated with building out of clay are obvious: a project is up to 80% cheaper than when adopting currently used methods. Clay walls provide good thermal insulation, in addition to having considerable accumulative capacity, which is important in passive buildings. Currently there are numerous buildings built out of clay in Europe, including over 300 thousand dwellings in Germany. In terms of the historical



Il. 5. Gliniane miasto Shibam w Jemenie. źródło: www.skyscrapercity.net (dość: 20 listopada 2017)/ The clay city of Shibam, Yemen. source: www.skyscrapercity.net (retrieved on: 20th of November 2017)

przełomie XIX i XX w. budynki mają wysokość do 10 pięter. Warto podkreślić, że glina posiada niewielki opór dyfuzyjny i utrzymuje właściwą wilgotność w mieszkaniu. Istotne cechy to: tłumienie hałasu, oczyszczanie powietrza ze szkodliwych substancji i antystatyczność. Zawartość związków wapnia blokuje rozwój mikroorganizmów. Optymalna wilgotność powietrza w pomieszczeniach mieszkalnych powinna wynosić od 40 do 70%. Głina dzięki swoim właściwościom wchłaniania i oddawania wody, pozwala na utrzymanie wilgotności na poziomie około 50%.

Słoma, jako dopełniający wspomnianą technologię materiał budowlany, jest materiałem naturalnym, który w odpowiednich warunkach może zachować swoją trwałość. Jednak w niesprzyjających warunkach klimatycznych, słoma podlega procesowi rozkładu tak samo, jak wszystkie naturalne materiały typu: papier, drewno czy bawełna. Zakres korozji zależy przede wszystkim od wilgotności i temperatury.

Sprasowana słoma charakteryzuje się dobrym współczynnikiem przewodzenia ciepła – zbliżonym do wartości styropianu czy wełny mineralnej, czyli 0,04 W/m<sup>2</sup>K. Stosując do budowy bloki o gęstości co najmniej 120 kg/m<sup>3</sup>, zapewniamy trwałość realizowanej przegrody. Wytwarzane zwykle ze słomy żytniej, pszennej, pszenżyta, owsa i mieszanek zbóż, są gotowe do użycia bez dodatkowych procesów technologicznych.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że słoma zawiera dostatecznie dużo energii, aby umożliwić rozwój mikroorganizmów. Pokrywając gliną powierzchnie zewnętrzne i wewnętrzne, ograniczamy dostęp tlenu. Mikroorganizmy w zamkniętej warstwie słomy zużywają tlen, zamieniając go na dwutlenek węgla, co skutecznie ogranicza ich dalszy rozwój.

#### 4. Podsumowanie

Współczesne technologie budowlane bazują głównie na monolitycznych konstrukcjach żelbetonowych, stanowiących uziemioną klatkę z siatki stalowej, jaką stanowi zbrojenie obiektu.

Działanie klatki Faradaya znamy z lekcji fizyki szkoły średniej, na-

amount of clay buildings, however, France is clearly in the lead, with its share of over 15% of buildings from before the year 1900. In the Grenoble - Lyon - Chacon region, most low urban buildings are made from non-fired clay, and it is estimated they comprise around 70% of all buildings. [2] The peak achievement of clay building technology and structural engineering is the city of Shibam in Yemen. The entire complex is entirely built out of dried clay. The buildings, built at the turn of the nineteenth and twentieth century, have a height of up to 10 storeys.

It would be worth to highlight the fact that clay has a low diffusion resistance and maintains appropriate humidity in an apartment. Significant characteristics include: noise dampening, purifying the air from harmful substances and antistatic properties. The inclusion of calcium compounds blocks the development of microorganisms. An optimal air humidity in residential spaces should be between 40 to 70%. Clay, thanks to its properties of absorbing and releasing water, makes it possible to retain a humidity level of around 50%.

Straw, as a supplementary construction material for this technology, is a natural material, which, in appropriate conditions, can maintain its durability. However, in unfavourable climate conditions, straw is subjected to the same decomposition process as all natural materials like paper, timber or cotton are. The process of corrosion depends mainly on humidity and temperature.

Compressed straw is characterised by a good heat transfer coefficient - close to the value of Styrofoam or mineral wool, which is 0,04 W/m<sup>2</sup>K. Using it to build blocks with a density of at least 120 kg/m<sup>3</sup>, we ensure the durability of a partition. Manufactured mainly from rye, wheat, triticale, oat and mixed grain straw, they are ready to use without any additional technological processes.

Attention should be paid to the fact that straw contains sufficiently enough energy to enable the growth of microorganisms. Covering the exterior and interior surfaces with clay limits access to oxygen. Microorganisms consume oxygen in the enclosed straw layer, turning it into carbon dioxide, which effectively limits their further growth.

#### 4. Conclusion

Modern construction technologies are mainly based on monolithic concrete structures, constituting an earthed cage of steel netting that is the reinforcement of the structure.

We know the operational principles of the Faraday cage from high school physics lessons, while the influence of the Earth's electromagnetic radiation on the nerves and muscles constitutes a foundation for the appropriate facilitation of the process of cell metabolism. Healthy tissues can exist and be generated only under the influence of the appropriate activity of electromagnetic fields.

The way of life of the civilised man leads to a deficit of movement, which is an energy deficit. The pulsating magnetic field is capable of eliminating this deficit in a physiological manner.

Although modern ceramics are in fact clay, only subjected to firing, they have different properties. Straw has been replaced by Styrofoam and min-



Il. 6. Budynek mieszkalny o konstrukcji monolitycznej, żelbetowej (źródło: archiwum: B. Siedlecki)/ Residential building with a monolithic reinforced concrete structure (source: archive: B. Siedlecki)

Il. 7. Kraków, akcja „recyklingowa” na Błoniach (źródło: archiwum B. Siedlecki)/ Krakow, a recycling campaign at Blonia (source: archive B. Siedlecki)

Il. 8. Sorrento, Plaża miejska przy głównym bulwarze (źródło: archiwum B. Siedlecki)/ Sorrento, The city beach near the main boulevard (source: archive B. Siedlecki)



tomiast oddziaływanie ziemskiego promieniowania elektromagnetycznego w obrębie nerwów i mięśni stanowią fundament dla prawidłowego procesu przemiany materii w komórkach. Zdrowe tkanki mogą istnieć i powstawać tylko pod wpływem odpowiedniej aktywności pól elektromagnetycznych.

Tryb życia cywilizowanego człowieka doprowadza do niedobór ruchu, czyli deficytu energii. Pulsujące pole magnetyczne jest w stanie w sposób fizjologiczny wyeliminować ten deficyt. Wprawdzie dzisiejsza ceramika to też glina tyle, że wypalona, jednak posiada odmienne właściwości. Słomę zastąpiły styropian i wełna mineralna. Bez wątpienia nowoczesne, ale z pewnością mniej zdrowe i bardziej energochłonne w porównaniu z niewypaloną gliną i surową słomą.

Zagospodarowanie surowców wtórnych jest niezwykle istotnym wyzwaniem współczesnej gospodarki światowej. Można je wykorzystać jako odzyskany budulec lub jako materiał energetyczny. Bez wątpienia nie możemy pozwolić na zwykłe porzucanie jakże ważnych „śmieci”.

#### PRZYPISY

<sup>1</sup> Oscar Wilde; Oscar Fingal O'Flahertie Wills Wilde (16 października 1854 r. – 30 listopada 1900 r.) Był irlandzkim poetą i dramaturgiem.

<sup>2</sup> Le Corbusier; jego właściwe nazwisko to: Charles-Édouard Jeanneret-Gris; 1887–1965 – architekt szwajcarski

<sup>3</sup> Mies Van der Rohe; Maria Ludwig Michael Mies (ur. 27 marca 1886 w Akwizgranie, zm. 17 sierpnia 1969 w Chicago); niemiecki architekt modernistyczny, działający również w Stanach Zjednoczonych, czołowy przedstawiciel stylu międzynarodowego. Od 1899 roku uczył się zawodu murarza, a od 1904 praktykował w biurze architektonicznym. Pomimo braku formalnego wykształcenia, nigdy nie studiował na wyższej uczelni, uważany jest za jednego z najwybitniejszych architektów XX wieku. W wieku 20 lat dołączył do renomowanego studia architektonicznego Petera Behrensa, gdzie poznał Waltera Gropiusa i Le Corbusiera.

eral wool. Undoubtedly modern, but surely less healthy and more energy consuming in comparison to non-fired clay and raw straw.

The management of recycled materials is an extraordinarily significant challenge of the modern global economy. We can use them as reclaimed building materials or as an energy source. Undoubtedly, we cannot let such important “waste” be discarded.

#### ENDNOTES

<sup>1</sup> Oscar Wilde; Oscar Fingal O'Flahertie Wills Wilde (16th of October 1854 - 30th of November 1900) - an Irish poet and playwright.

<sup>2</sup> Le Corbusier; his real name being: Charles-Édouard Jeanneret-Gris; 1887–1965 – a Swiss architect

<sup>3</sup> Mies Van der Rohe; Maria Ludwig Michael Mies (b.. 27th of March 1886 in Aachen, d. 17th of August 1969 in Chicago); German modernist architect, also working in the United States, a leading practitioner of the International Style. After 1989 he learned the masonry trade, and after 1904 practiced at an architectural office. Despite a lack of formal education, he never studied at a university or college, he is regarded as one of the most outstanding architects of the twentieth century. At age 20 he joined the renowned architectural studio of Peter Behrens, where he met Walter Gropius and Le Corbusier.

<sup>4</sup> quoted from Wydawnictwo Kształtowania Środowiska Mieszkaniowego 13/2014 p. 155

<sup>5</sup> Antonio Gaudi, b. 25 of June 1852 in Reus, d. 10 of June 1926 in Barcelona - a Catalan architect and secession engineer, tertiary of the Order of St. Francis, Servant of God of the Catholic Church. He was hit by a tram on the 10th of June 1926 in Barcelona. The artist did not have any documents on him and nobody noticed who the man, who looked like a beggar, actually was. He was transported to a hospice for the poor, where he laid dying for three days. However, his funeral had become a significant event in Barcelona. According to his will, Gaudi was interred in the crypt

<sup>4</sup> Cyt. Wydawnictwo Kształtowania Środowiska Mieszkaniowego 13/2014 s. 155

<sup>5</sup> Antonio Gaudi ur. 25 czerwca 1852 w Reus, zm. 10 czerwca 1926 w Barcelonie – kataloński architekt i inżynier secesyjny, tercjarz franciszkański, Sługa Boży Kościoła katolickiego. 10 czerwca 1926 został potrącony w Barcelonie przez tramwaj. Artysta nie posiadał przy sobie dokumentów i nikt nie zorientował się, kim jest ten wyglądający jak żebrak człowiek. Został przewieziony do hospicjum dla ubogich, gdzie umierał trzy dni. Jednak jego pogrzeb stał się w Barcelonie wielkim wydarzeniem. Zgodnie ze swoją wolą Gaudi spoczął w krypcie świątyni Sagrada Familia, której budowie poświęcił większość swego życia.

<sup>6</sup> cyt. Wydawnictwo Kształtowania Środowiska Mieszkaniowego 08/2010 s. 37

<sup>7</sup> Witruwiusz; Marcus Vitruvius Pollio – rzymski architekt żyjący w I w. p.n.e. Konstruktor machin wojennych w czasach Juliusza Cezara. Twórca tzw. człowieka witruwiańskiego – wizerunku nagiego mężczyzny wpisanego w okrąg i kwadrat, symbolizujące ruch. Autor traktatu *O architekturze ksiąg dziesięć*, napisanego pomiędzy rokiem 20 p.n.e. a 10 p.n.e., odnalezionego w 1415 roku w bibliotece klasztoru St. Gallen w Szwajcarii.

#### LITERATURA

[1] Minke G., *Podręcznik budowania z gliny*, Fundacja COHABITAT, Łódź 2015.

[2] Minke G., *Podręcznik budowania kostek słomy*, Fundacja COHABITAT, Łódź 2015.

[3] Rezolucja Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 8 lipca 1999 r. w sprawie wzrostu wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych. (Monitor Polski Nr 25, poz. 3651)

[4] Racięcki Z., *Jak należy budować na wsi: ku własnemu pożytkowi i zgodnie z Rozporządzeniem Prezydenta Rzeczypospolitej o prawie budowlanem i zabudowaniu osiedli z dnia 16 lutego 1928 r.*, Warszawa: nakładem Powszechnego Zakładu Ubezpieczeń Wzajemnych, 1932.

[5] Szulczewska B., Giedych R., *Przestrzeń przyrodnicza i społeczna osiedli mieszkaniowych w XX i XXI wieku*, Warszawa: Wydawnictwo SGGW, 2011.

of the Sagrada Familia, to the construction of which he had devoted most of his life.

<sup>6</sup> quoted from Wydawnictwo Kształtowania Środowiska Mieszkaniowego 08/2010 p. 37

<sup>7</sup> Marcus Vitruvius Pollio – a Roman architect who lived in the first century BCE. A siege equipment builder in the times of Julius Ceasar. The author of, among other things, the Vitruvian Man - an image of a naked man inscribed in a circle and a square, symbolising motion. The author of the treatise «De Architectura Libri Decem», written between the year 20 BCE and 10 BCE, discovered in 1415 in the library of the monastery in St. Gallen, Switzerland.

#### BIBLIOGRAPHY

[1] Minke G., *Podręcznik budowania z gliny*, Fundacja COHABITAT, Łódź 2015.

[2] Minke G., *Podręcznik budowania kostek słomy*, Fundacja COHABITAT, Łódź 2015..

[3] Resolution of the Sejm of the Republic of Poland of the 8th of July 1999 on the matter of increasing the use of energy from renewable sources (Monitor Polski iss. 25, pos. 3651)

[4] Racięcki Z., *Jak należy budować na wsi: ku własnemu pożytkowi i zgodnie z Rozporządzeniem Prezydenta Rzeczypospolitej o prawie budowlanem i zabudowaniu osiedli z dnia 16 lutego 1928 r.*, Warszawa: printed by Powszechny Zakład Ubezpieczeń Wzajemnych, 1932.

[5] Szulczewska B., Giedych R., *Przestrzeń przyrodnicza i społeczna osiedli mieszkaniowych w XX i XXI wieku*, Warszawa: Wydawnictwo SGGW, 2011.