



NOWE SPOSOBY UŻYCIA TRADYCYJNYCH MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH

NEW METHODS OF USING TRADITIONAL BUILDING MATERIALS

Ingeborga Cygankiewicz¹
mgr inż. arch.

Politechnika Krakowska
Wydział Architektury
Zakład Architektury i Planowania Wsi

STRESZCZENIE

Tradycyjne materiały budowlane odgrywają coraz większą rolę w rozwoju współczesnej architektury. Na rynku światowym obserwujemy dynamiczny rozwój nowych technologii w wyniku których powstają nowe produkty o znacznie lepszych właściwościach. Innowacyjne rozwiązania sprawiają że materiały takie jak drewno, kamień, słoma, bambus stają się konkurencyjne i mogą stanowić alternatywę dla projektowania w nurcie high-tech.

Słowa kluczowe: bambus, drewno, innowacje, słoma, tradycyjne materiały.

ABSTRACT

Traditional building materials are of more and more great importance in development of modern architecture. In the world market we observe a dynamical development of new technologies in result of which new products having better qualities are made. Innovative solutions make that materials such as wood, stone, straw, bamboo become competitive and can constitute an alternative for designing in high-tech set.

Key words: bamboo, innovation, straw, traditional materials, wood.

WSTĘP

Przeprowadzane na całym świecie badania naukowe, dotyczące nowych technologii wykorzystywania w budownictwie drewna, kamienia, ziemi, sprawiają, że materiały tradycyjne stają się na rynku produktem konkurencyjnym, a projektanci wciąż je odkrywają na nowo.

¹ Informacja o autorze na końcu artykułu / Note about author on the end of paper.

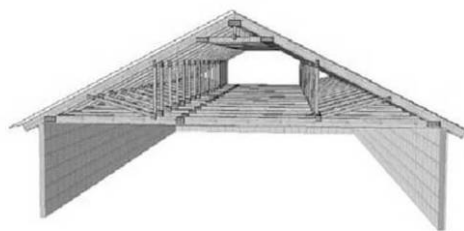
Nie tylko ekologia i energooszczędność stawiają w pierwszym rzędzie materiały naturalne. Niejednokrotnie znaczenie mają również inne zalety ich użycia: prostota wykonania, krótki czas budowy, niskie koszty, możliwość wykorzystania lokalnych surowców, walory zdrowotne, estetyczne etc.

Projektanci skupiają się dzisiaj na:

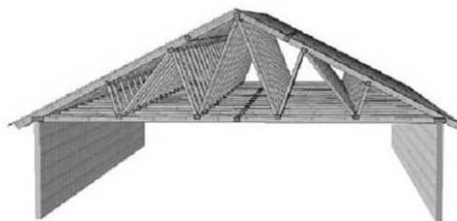
- tradycyjnym wykorzystaniu materiałów naturalnych,
- poszukiwaniu nowych technologii w celu stworzenia produktu o jak najlepszych właściwościach,
- tworzeniu produktu złożonego poprzez innowacyjne połączenia z innymi materiałami i wyrobami,
- prefabrykacji.

1. DREWNO

Coraz częstsze zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym, użyteczności publicznej, a zwłaszcza w budownictwie rolniczym mają prefabrykowane konstrukcje dachowe z płytką kolczastą. Belki drewniane połączone w sposób trwały stalowym elementem tworzą w tej technologii wiązar lekki i bardziej wytrzymały od tradycyjnego. Program komputerowy może zoptymalizować zużycie tarcicy w stosunku do klasycznych konstrukcji aż, do 40% co pozwala zakładowi na zaoferowanie niższej ceny. Stosowanie takiego systemu daje możliwość tworzenia znacznych rozpiętości - do 30 m przy elementach prostych i do 40 m przy elementach łukowych. Konstrukcja nie wymaga dodatkowych podpór, prócz ścian zewnętrznych, dzięki czemu projektant ma swobodę kształtowania wnętrza. Wiązary ramowe mogą tworzyć również całe drewniane prefabrykowane hale. Dodatkowo prefabrykacja znacznie zmniejsza zakres robót montażowych na obiekcie i przyspiesza czas budowy (il. 1, il. 2).



Il. 1. Schemat systemu prefabrykacji drewnianych konstrukcji dachowych. Źródło: [4]

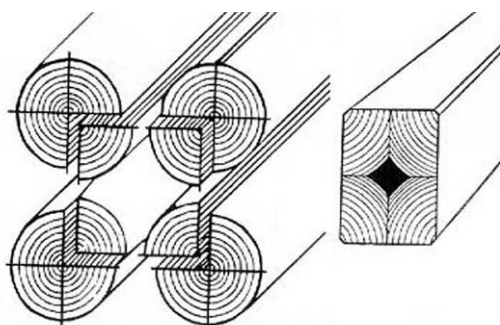


Il. 2. Schemat systemu prefabrykacji drewnianych konstrukcji dachowych. Źródło: [4]

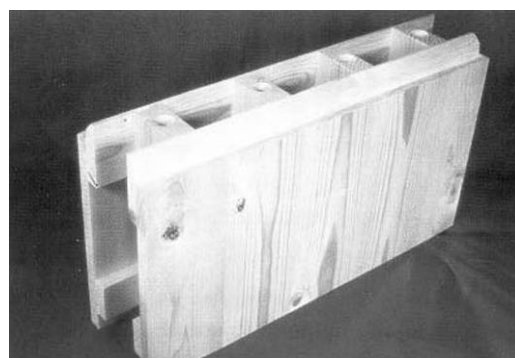
Badania naukowe, dotyczące budownictwa drewnianego, zajmują się również modyfikacją systemów już istniejących bądź tworzeniem całkowicie nowych rozwiązań. Takim nowym sposobem, opierającym się na zasadzie podziału i ponownego łączenia, jest belka krzyżowa (firma KHW Seubert, Serbal).

Elementy powstałe po prostym przecięciu pnia wzdłuż osi podłużnej, wysuszone i odpowiednio wyprofilowane, zostają sklejone klejem poliuretanowym, tworząc belkę ze szczeliną w środku. Zestawienie elementów belki odbywa się na zasadzie odwrotności budowy pnia – zewnętrzna strona pnia jest wewnętrzną stroną nowo powstałego prefabrykatu. Dzięki takiemu zabiegowi otrzymujemy produkt o znacznie większej wytrzymałości (il. 3).

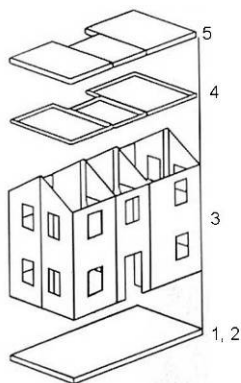
Innowatorskim rozwiązaniem jest system „steko”, oparty na drewnianym module umożliwiającym bardzo proste zestawienie w całe ściany (firma Steko GmbH, Aichach). Poszczególne elementy – „klocki” łączone są za pomocą specjalnych wciskanych złączy, bez konieczności klejenia. Szczeliny modułu mogą posłużyć do prowadzenia instalacji, mogą być również wypełniane materiałem izolacyjnym. Technologia modułowych ścian dostosowana jest do łączenia ze wszystkimi spotykanymi systemami stropowymi (il. 4).



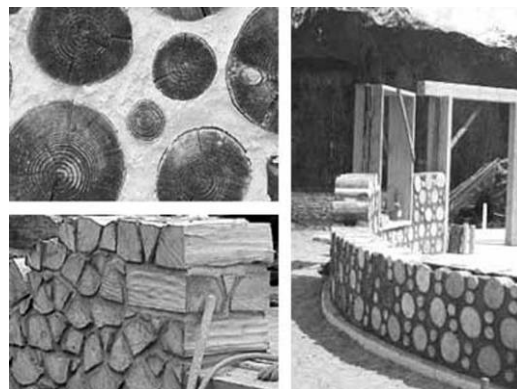
Il. 3. Zasada tworzenia belki krzyżowej. Źródło: W. Ruske, *Drewniane innowacje*, cz.I, *Magazyn Budowlany*, nr 8, 1999, s. 46.



Il. 4. Podstawowy drewniany moduł w systemie „steko”. Źródło: W. Ruske, *Drewniane innowacje*, cz. I, *Magazyn Budowlany*, nr 8, 1999, s. 46



Il. 5. Etapy wznoszenia budowli w technologii grubych elementów drewnianych: 1–betonowanie fundamentów, 2–betonowanie stropu piwnicy, 3–montaż nośnych elementów ściennych, 4–ułożenie podpór stropów, 5–wykonanie stropów, 6–więźba dachowa i pokrycie dachu, 7–prace wykończeniowe z nienośnymi ścianami wewnętrznymi. Źródło: W. Ruske, *Drewniane innowacje*, cz.II, *Magazyn Budowlany*, nr 9, 1999, s. 52



Il. 6. W systemie cordwood krótkie klocki drewniane mogą tworzyć szereg wymyślnych kompozycji. Źródło: [5]

Alternatywnym rozwiązaniem dla budowania w tradycyjnej „mokrej” technologii okazał się system grubych elementów drewnianych projektanta konstrukcji drewnianych Karla Mosera (il. 5). Nowego typu prefabrykat charakteryzuje się masywnością przekroju, krzyżowym klejeniem elementów pełnego drewna oraz wielkowymiarowością. Warstwowa budowa płyty drewnianej, o grubości do 29 cm, wysokości do 20 m i szerokości do 4,8 m, pozwala na wykonanie czterokondygnacyjnej ściany zewnętrznej wraz z wymaganymi otworami. „Grube drewno” jest niezwykle stabilne i odporne na wichrowanie, wykazuje doskonałe właściwości termoizolacyjne, właściwości akustyczne oraz spełnia wymagania dotyczące ochrony przeciwpożarowej. Jest stosowane do budowy ścian zewnętrznych,

działowych, stropów, prefabrykowanych klatek schodowych i szybów windowych. Istnieje wiele rozwiązań wykorzystujących zalety „drewna pełnego” (elementów deskowych BRESTA). Większość rozwiązań bierze pod uwagę względy ekologiczne, kładzie nacisk na prefabrykację, szybkość budowy, niskie koszty i jak najlepsze właściwości materiału.

Starą techniką budowlaną, obecnie wzbudzającą zainteresowanie, jest „cordwood” – połączenie drewna opałowego z murarstwem. W tym systemie ściany zbudowane są z krótkich klocków drewna, a spoiwem łączącym jest masa celulozowa lub zaprawa cementowa. Domy z drewna opałowego są niezwykle tanie, proste w budowie i przyjazne dla środowiska. Warto również nadmienić, iż samo wznoszenie budynku jest w tym wypadku bardzo przyjemne i nie wymaga większych kwalifikacji. Budując dom, należy pamiętać o dużych okapach, gdyż tego rodzaju konstrukcja sprawdza się najlepiej w południowym, suchym klimacie (il. 6).

2. BAMBUS

Olbrzymim wyzwaniem dla projektantów stał się bambus. Dawniej, np. w Indiach, materiał ten utożsamiany był z najniższą kastą i nosił piętno budulca dla biedoty. Dziś dzięki nowym technologiom pogląd na to tworzywo diametralnie się zmienił.

Bambus występuje prawie na każdym kontynencie (prócz Europy i regionów arktycznych). Ma wiele właściwości korzystnych z punktu widzenia budowlanego: najszybszy wzrost wśród roślin (30–50 cm dziennie), jest mocniejszy niż drewno, pełna wytrzymałość następuje pomiędzy 3–4 rokiem, jest budulcem konstrukcyjnym, odnawialnym, trwałym, urodzajnym, twórczym materiałem.

Wielu słynnych architektów i inżynierów zaczęło eksperymentować z tym wspaniałym materiałem konstrukcyjnym. Właściwości bambusa były cenne także dla Renza Piano. W jego pracowni powstało wiele projektów połączeń pomiędzy tubą bambusa a lekką konstrukcją metalową. Wcześniej tą drogą poszli Buckminster Fuller, Frei Otto, Arata Isozaki.

Nad nowymi metodami budowy bambusowych konstrukcji pracował również Simon Velez. Jego projekty przekonują nas o swojej konkurencyjności wobec obiektów wykonanych z nowoczesnych materiałów. Velez jest autorem niezwyklej struktur łączących w niebywale swobodny sposób bambus z betonem, drzewem namorzynowym, kamieniem.

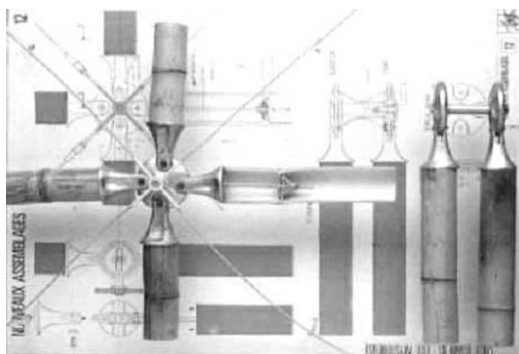
W wielu krajach, w których mieszkańców nie stać na nowoczesne materiały i rozwiązania technologiczne, poszukuje się możliwości taniego projektowania. Dzięki temu powstają zaskakująco ciekawe konstrukcje czerpiące pomysły z lokalnej tradycji. Przykładem może być szkoła w Rudrapur w Indiach (Anna Heringer, Eike Roswag). Budynek dwukondygnacyjny powstał przy użyciu minimum materiałów (bambusa i gliny) i minimum energii. Dzięki temu projektowi i nowoczesnym rozwiązaniom konstrukcyjnym miejscowa społeczność mogła wzbogacić zubożałą już świadomość o starych materiałach budowlanych.

3. SŁOMA

Powszechnie dostępnym, odnawialnym i ekologicznym materiałem jest słoma. Obecnie używa się jej w postaci bali (tzw. *strawbale*) do budowy całorocznych domów mieszkalnych, domków rekreacyjnych, a także, do budowy domów użyteczności publicznej takich jak budynki przemysłowo-gospodarcze, szkoły, kościoły. Technologia budowy *strawbale* opiera się na szkieletowej, drewnianej konstrukcji nośnej, między którą układa się elementy ze słomy. Aby zapewnić bezpieczeństwo przeciwpożarowe, tynkuje się ściany 10–centymetrową warstwą ochronną od środka i na zewnątrz, wykonaną z gliny zmieszanej ze słomą, z trocinami, czasem z dodatkiem cementu i środków impregnujących. W Europie często spotyka się obiekty, w których gruby tynk zastępuje się niepalnymi płytami.

Zalety budownictwa ze słomy to: prostota wykonania, współuczestnictwo w budowie, walory akustyczne i termiczne, walory zdrowotne, niskie koszty, surowiec lokalny.

Wraz ze wzrostem świadomości w zakresie ekologii pojawiła się potrzeba odmiennego wykorzystania słomy jako produktu budowlanego.



Il. 7. System łączenia pni bambusowych z elementami stalowymi zastosowany w projektach Renzo Piano. Źródło: [6]



Il. 8. System łączenia pni bambusowych z elementami stalowymi zastosowany w projektach Renzo Piano. Źródło: [6]



Il. 9. System łączenia pni bambusowych z elementami stalowymi opracowany i udoskonalany na Uniwersytecie w Bogocie w Kolumbii przez prof. RaulaRodrígueza. Źródło: [7]



Il. 10. System łączenia pni bambusowych z elementami stalowymi opracowany przez Shoei Yoh i Architektów z Japonii. Źródło: [6]



Il. 11. Simon Velez. Hala o konstrukcji przestrzennej płatiwio-słupowej Źródło: [7]



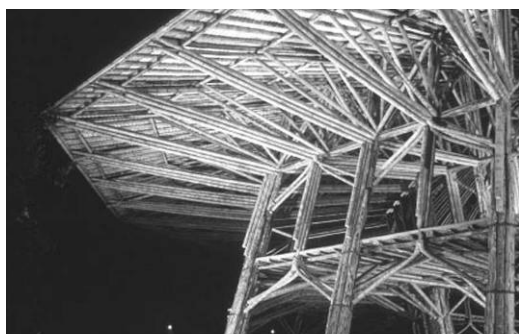
Il. 12. Simon Velez. Dom mieszkalny w Panamie. Słupy wykonane z drzewa namorzynowego połączone punktowo łącznikiem stalowym z kamieniem. Źródło: [7]

Ideą kluczową badań, prowadzonych od lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, przez amerykańskich naukowców, było poszukiwanie wytrzymałości rośliny, tak aby stała się materiałem konstrukcyjnym niewymagającym przy budowie drewnianego szkieletu. Wynikiem doświadczeń stał się system *StrawJet*. Równoległe zestawienie łodyg rośliny, jej skompresowanie i połączenie w „kable” stworzyło nową jakość materiału o imponującej wytrzymałości. Posługując się elementami „kablów”, David Sala i jego zespół zaprojektowali belki nośne oraz całe systemy ścienny, umożliwiając budowę niezwykle ekologicznego i ekonomicznego domu (il. 16, il. 17).

System ścienny polegał na naprzemiennym zestawianiu mat z „kablów” pod kątem prostym i wypełnianiu spoiwem bazującym głównie na glinie, ziemi i masie celulozowej.

Belka, tzw. *StrawCore* łączy cztery kable i może stanowić indywidualny element nośny (stosowany również w konstrukcjach dachowych) bądź łączy się ją w system paneli. Istnieje także możliwość tworzenia z komponentów kabli elementów łukowych co pozwala na swobodę kreowania form.

Znaczenie systemu *StrawJet* polega na jego dostępności i odnawialności słomy. Wiele innych materiałów budowlanych, takich jak cement, stal, drewno, generuje znaczne środowiskowe koszty związane z ich uzyskaniem, produkcją i zbiorem. Przerabianie słomy na materiały budowlane to ratunek dla innych wyczerpujących się zasobów, to również dodatkowe źródło dochodu dla rolników. Należy również nadmienić, że innowacyjna technologia nie ogranicza się do użycia słomy, ale daje także wiele możliwości wykorzystania w tym systemie innych materiałów, takich jak konopie, len, liście palmy, bambus. System *StrawJet* aktualnie wciąż jest w fazie badań. Prace nad innowacyjną technologią prowadzone są z myślą o masowej prefabrykacji na skalę przemysłową.

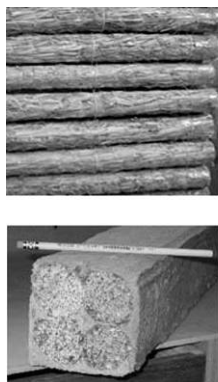


Il. 13. Simon Velez, Zeri Pavilion, Hannover Expo 2000 Źródło: [7]

Il. 14. Jorg Stamm Perreira. Kładka dla pieszych w konstrukcji łukowo-kratowej. Dla wzmocnienia konstrukcji zwielokrotniono poszczególne elementy mostu. Źródło: [8]



Il. 15. Anna Heringer (Austria) i Eike Roswag (Niemcy). Szkoła w Rudrapur w Indiach. Pierwsza kondygnacja o masywnych, grubych ścianach glinianych, mieszcząca 3 pokoje klasowe z organicznie ukształtowanymi wnękami (jaskiniami) dla dzieci. Druga kondygnacja ażurowa, wykonana z pasków bambusowych., przestronna, jasna. Źródło: [9]



Il. 16. Mata oraz belki w systemie strawJet
Źródło: [10]



Il. 17. system ścienny strawJet z naprzemiennym ustawieniem mat. Źródło: [10]

4. WNIOSKI

Prawie we wszystkich rejonach świata natura dostarcza nam wspaniałych materiałów do budowy. Niektóre z nich są materiałami odnawialnymi (np. drzewo, słoma, bambus), inne wydają się być niewyczerpalne (np. kamień, piasek). Wykorzystywanie surowców znajdujących się w okolicy jest projektowaniem w nurcie low-tech. W ten sposób elementy przyrody stają się istotną częścią budowli i dobrze wpisują się w teren. Low-tech to propozycja, która może się stać alternatywna dla współczesnych, dominujących i wszechobecnych, realizacji high-tech.

NEW METHODS OF USING TRADITIONAL BUILDING MATERIALS

Scientific research carried out in the whole world, concerning new technology in the scope of using wood, stone and soil in building, makes that traditional materials become a competitive product on the market and a wide group of designers still discover it again

Not only ecology but also energy-saving put natural materials in the first place – more than once, not without meaning stay also other good points of their use: simplicity of workmanship, short time of building, low costs, possibility of using local materials, healthy and aesthetical values, etc.

Nowadays designers concentrate on a few basic sets:

- traditional use of natural materials,
- searching for new technologies in order to create a product with the best properties,
- creating complex products through innovative compounds with other materials and goods,
- prefabrication.

Prefabricated roofing constructions with hispid plate have more often use in housing, public utility and especially in agricultural building. Wooden beams connected with steel elements in a solid way create in that technology light roof truss and more resistant than traditional one. Computer programme can optimate use of sawn timber compared with classical constructions up to 40%, which makes that the factory can offer a lower price. Using such a system gives a possibility of creating much span – up to 30 m with simple materials and up to 40 m with arc elements. This construction does not need additional props apart from outdoor walls, thanks to which a designer is at liberty to create indoor

areas. Frame roof truss can also create whole wooden and prefabricated halls. Additionally prefabrication much reduces scope of assembly done on the object and quickens building time.

Scientific research concerning wooden building are also engaged in modification of already existing systems or creating totally new realizations. Cruciform beam (KHW Seubert, Serbal) is a new way based on partition and repeated connecting .

New elements after perpendicular cutting of stem along longitudinal axle, dried and properly profiled are glued with polyurethanes glue creating a beam with a rift inside. Elements' of beam formation is done on the base of the reverse of stem built, that is, outdoor side of stem is an inside side of newly-done prefabricated unit. Thanks to such a cut we get a product with much more strength.

'Steko' system, based on a wooden module enabling a very simple formation in the whole walls (Steko GmbH, Aichach), is an innovatory solution. Particular elements – 'blocks' are connected with special joints pushed in without necessity of gluing. Gaps of module can be used for installation conduct, they can also be filled with insulating material. Technology of module walls is adjusted to be connected with all ceiling systems.

System of thick wooden elements by Karl Moser, who was a designer of wooden constructions, is an alternative for building in traditional 'wet' technology. New type of prefabricate is characterised by massiveness of section, cruciform gluing of full wood elements and macro-dimension. Laminar building of wooden plate with thickness up to 29 cm, height up to 20 m and width up to 4,8 m lets make a four-storey outdoor wall with needed holes. 'Thick' wood is extremely stable and resistant to warping, shows great heat-insulating values, acoustic values and fulfils requirements concerning fire protection. It is used in building outdoor walls, partition walls, ceilings, prefabricated staircases and lift shafts. There are many solutions using advantages of 'full wood' (board elements – BRESTA). More of solutions go by ecological reasons, emphasize prefabrication, quickness of building, low costs and the best properties of materials.

'Cordwood' is an old building technique which nowadays awakes much interest – connection of fuel wood with brickwork. In that system walls are built of short wood blocks and chemical paper-pulp or cement mortar are binding materials. Houses made of fuel wood are extremely low-cost, simply in building and environment-friendly. It is worth mentioning that building such houses is very pleasant and does not demand bigger qualifications in that scope. Building a house one must remember about big eaves because that kind of construction proves itself correctly in southern dry climate.

Bamboo has become a big challenge for designers. In the past that material was identified with the lowest caste and was thought to have been a building material for poor people. Nowadays thanks to new technologies opinion about that material has been diametrically changed.

Bamboo is almost on every continent (apart from Europe and Arctic regions).

It has got many good properties from building point of view:

- the fastest growth among plants (30-50 cm a day),
- stronger than wood,
- full strength between the 3rd and 4th year of growing,
- constructional building timber,
- renewable,
- hardy,
- fertile,
- formative material.

Many famous architects and engineers have started to experiment with that great constructional material. Properties of bamboo were not indifferent for Renzo Piano, too. In his studio many projects of connection between tube of bamboo and light metal construction

were made. That way, even earlier, was followed by Buckminster Fuller, Frei Otto, Arata Isozaki.

Simon Velez was also working on new methods of building bamboo constructions. His projects persuade us of their competition in comparison with objects made of modern materials. Velez is an author of extraordinary structures connecting in a very loose way bamboo with concrete, mangrove tree, stone.

Possibilities of cheap designing are searched for in many countries where inhabitants cannot afford new materials and technological solutions. Thanks to that new and surprisingly interesting constructions, deriving ideas from local traditions, are created. The school in Rudrapur in India (Anna Heringer, Eike Roswag) can be an excellent example. Two-storey building was made with minimum materials (bamboo and clay) and minimum energy. Thanks to that project and new constructional solutions local society could have enriched poverty-stricken awareness about old building materials.

Straw is a widespread available, renewable and ecological material. Nowadays it is used in form of bunks, so called 'straw-bunks', for building yearly dwelling-houses, recreational houses and also for building public buildings such as industrial and economic buildings, schools, churches. Technology of building 'straw-bunks' is based on skeleton of wooden supporting structure between which straw elements are put. To assure fire protection walls are plastered with 10-centimetre protective layer from inside and from outside, which is made of clay mixed with straw sawdust, sometimes cement and impregnating agents. In Europe one can often see objects which thick plaster is placed with non-flammable plates.

Advantages of straw building: simplicity of realization, participation in building, acoustic and thermal properties, health values, low costs, local material.

Need of different use of straw as a building product appeared together with increase in awareness about ecology.

Searching for plants' strength, in order to become a constructional material not needing a wooden framework while building, has been a clue idea of research carried on since 90-tees by American scientists. System 'StrawJet' has become a result of these experiences.

Parallel formation of plants' stems, its compression and connecting into 'cables' created a new quality of material having a great strength. Using elements of 'cable' David Sala and his group designed load bearing beams and whole systems of walls, enabling in that way building extremely ecological and economical houses.

Wall system was based on alternate formation of mats from 'cables' at the right angle and filling them with binder mainly basing on clay, soil and chemical paper pulp.

Beam so called 'StawCore' connects 4 cables and can constitute individual load bearing element (used also in roof constructions), or it is connected into a system of panels. There is also a possibility of creating from components – cables arc elements which lets a free creation of forms.

Real meaning of StrawJet system is a common access and renewable of straw. Many other building materials such as cement, steel or wood generate high environmental costs connected with their maintenance, production and picking. Processing straw into building materials can be a rescue for other running out reserves, that is also an additional income for farmers.

It should also be mentioned that innovative technology does not restrict only to using straw but gives a full range of possibilities of using other materials such as hems, flax, palm leaves, bamboo in that system.

StrawJet system is still at the phase of testing. Works on innovative technology are carried on with the thought of mass-prefabrication on a commercial scale.

Nature gives us great materials for building in almost all regions of the world. Some of them are renewable materials – such as wood, straw, bamboo – others seem to be un-failing (stone, sand). Using resources being in the surrounding is a design in low-tech set. In that way elements of nature become an essential part of buildings and seem to go well together with the area. Low-tech is a suggestion which could become alternative for modern, dominative and omnipresent realizations of high-tech.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ruske W., *Drewniane innowacje*, "Magazyn Budowlany", 1999 nr 5, str.46-49
- [2] Ruske W., *Drewniane innowacje*, "Magazyn Budowlany", 1999 nr 6, str.52-56
- [3] Hoerbst K., *This is Not a Building! Hand-Making a school in a Bangladeshi Village*, "Architectural design", 2007 nr 11/12, str.113
- [4] <http://www.mitek.pl/prefabrykacja.htm>
- [5] <http://bloggingthegreen.com/wp-content/uploads/2008/01/cordwood010asmlx.jpg>
- [6] http://bambus.rwthachen.de/eng/reports/modern_architecture/referat.html
- [7] http://www.koolbamboo.com/large_structures.htm
- [8] <http://bambus.rwth-aachen.de/de/referate3/JorgStramm2/referat%20j%F6rg%20stamm%20version2.htm>
- [9] <http://josegenao.wordpress.com/2006/12/>
- [10] <http://ilovecob.com/archive/strawjet>

O AUTORZE

Absolwentka Wydziału Architektury Politechniki Krakowskiej. Od 2006 roku zatrudniona na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego[w Zakładzie Architektury i Planowania Wsi.