

ARCHITEKTURA BUDYNKÓW IZOLOWANYCH GRUNTEM

Mirosława Górecka

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. W artykule omówiono kategorie budynków, które można rozwiązywać w formie częściowo lub całkowicie zagłębionej w gruncie, oraz podstawowe ich zalety ze szczególnym uwzględnieniem korzyści ekonomicznych oraz ekologicznych. Zwrócono szczególną uwagę na możliwości uzyskiwania niekonwencjonalnych form architektonicznych, spełniających wymagania projektowania przyjaznego dla środowiska i wpisujących się w krajobraz. Następnie wyodrębniono trzy podstawowe typy budynków izolowanych gruntem oraz scharakteryzowano ich specyficzne rozwiązania konstrukcyjne. Przeanalizowano architekturę tego rodzaju obiektów na wybranych przykładach.

Słowa kluczowe: architektura budynku, energoszczędność, grunt

WSTĘP

Budownictwo izolowane gruntem kojarzy się przede wszystkim z obiektami zagłębionymi w gruncie i z pomieszczeniami bez dostępu światła naturalnego. Jednak należy stwierdzić, że wiele budynków, z racji swojej funkcji, światła naturalnego nie potrzebuje. Na terenach zurbanizowanych wymienić tu można: kina, teatry, sale koncertowe, muzea, domy towarowe, sale wystawowe, hale sportowe, kawiarnie, restauracje, dworce, parkingi itp., a na terenach wiejskich: magazyny, garaże, obiekty pomocnicze i gospodarcze, przechowalnie itp.

Realizacje ostatnich lat dowiodły, że również szkoły i przedszkola można lokalizować w budynkach o ograniczonym dostępie światła dziennego lub pozbawionych go całkowicie, bez ujemnych skutków dla zdrowia ludzkiego [Rozwój kierunków... 1989].

Wydaje się, że szczególnie przedszkola – częściowo zagłębione, mogą się cieszyć jednoznaczna akceptacją tego typu budownictwa, tym bardziej że ich forma architektoniczna, dzięki wykorzystaniu szerokiej możliwości gruntu, jest w naturalny sposób dostosowana do zainteresowań i typów zachowań dzieci. Oprócz podstawowej zalety

gruntu – właściwości termoizolacyjnych, zagłębienie i zasypywanie ścian i dachów stwarza możliwości atrakcyjnego ukształtowania przede wszystkim terenu zabaw.

Wymienione powyżej kategorie budynków wiążą się jednak z czasowym, zazwyczaj kilkugodzinnym pobytem w nich ludzi. Istniejące regulacje prawne związane z budownictwem mieszkaniowym, a więc z budynkami przeznaczonymi na stały pobyt ludzi, stanowią warunki, których spełnienie jest możliwe tylko w budynkach częściowo zagłębionych. Chodzi tu głównie o wymóg istnienia określonej wielkości otworu doświetlającego pomieszczenie mieszkalne światłem naturalnym, jak również wymogi ewakuacyjne i przeciwpożarowe, których zrealizowanie w budownictwie mieszkaniowym całkowicie zagłębionym jest utrudnione [Rozporządzenie... 2002].

Do podstawowych zalet budownictwa izolowanego gruntem można zaliczyć:

- oszczędność energii na cele ogrzewania i chłodzenia,
- oszczędność w kosztach budowy,
- możliwość zagospodarowania na cele budowlane terenów o dużym nachyleniu, nieprzydatnych dla tradycyjnego budownictwa oraz możliwość lokalizacji poniżej poziomu gruntu obiektów na terenach, gdzie należy zachować istniejącą zabudowę,
 - zwiększony komfort użytkowania – ochrona przed hałasem, wiatrem, katastrofami żywiołowymi, zmniejszenie dobowych i sezonowych wahań temperatury,
 - zachowanie nieskażonych walorów krajobrazowych istniejącego terenu,
 - możliwość uzyskania niekonwencjonalnych form architektonicznych, spełniających wymagania projektowania przyjaznego dla środowiska i wpisujących się w krajobraz.

METODA BADAŃ

Metoda badawcza pracy oparta jest na analizie stanu badań – krytycznej analizie literatury przedmiotu, wyborze i analizie obiektów zrealizowanych oraz syntezie badań.

Krytyczna analiza literatury przedmiotu dotyczy zagadnień związanych z rozwiązaniami materiałowo-konstrukcyjnymi budynków, których energooszczędność wynika przede wszystkim z ograniczenia strat ciepła na skutek wykorzystania izolacyjnych właściwości gruntu.

Temat ten jest stosunkowo rzadko poruszany w fachowej literaturze i czasopismach branżowych.

Wybór budynków izolowanych gruntem oraz analiza ich elementów funkcjonalno-przestrzennych dotyczy przykładów obiektów wybudowanych za granicą i w kraju. Przykłady te pozyskane zostały ze źródeł literaturowych, jak również z badań bezpośrednich, w których zastosowano metodę empiryczną.

KLASYFIKACJA I ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE BUDYNKÓW IZOLOWANYCH GRUNTEM WPLYWAJĄCE NA ICH FORMĘ PRZESTRZENNĄ

Można wyodrębnić trzy podstawowe typy budynków izolowanych gruntem:

- budynki na terenie płaskim z izolującą warstwą gruntu na dachu (tzw. biotyczne dachy) lub obsypane gruntem na pełną wysokość ścian bocznych wraz z warstwą gruntu na dachu,

- budynki na stoku, które dzięki wykorzystaniu spadku terenu umożliwiają osiągnięcie wielu korzyści wynikających z cech gruntu zastosowanego jako izolacja, m.in. ekonomiczne zbilansowanie robót ziemnych,

- budynki częściowo lub całkowicie zagłębione w gruncie z układem funkcjonalnym typu atrium.

Rozwiązania domów izolowanych gruntem realizowanych w ostatnich latach, głównie w krajach Europy Zachodniej, w większości przypadków prezentują szerokie możliwości architektoniczne i użytkowe. Dla celów energooszczędności większość powierzchni ścian i dachy budynków są izolowane gruntem. Niektóre z tych rozwiązań opierają się na wykorzystaniu naturalnego spadku terenu. Odsłonięte („otwarte”), są elewacje południowe w celu biernego wykorzystania energii słonecznej, a zasypane gruntem ściany północne i dach. Większość z nich jest wybudowana w terenach o szczególnie wysokich walorach krajobrazowych, nie wywołując swą obecnością dysharmonii środowiska naturalnego, a przeciwnie, integrując się z nim. Dla obiektów tych motywem przewodnim są elementy pejzażowe i „powrót do natury”, stąd wykorzystanie naturalnych elementów, takich jak: ziemia, kamienie, woda, roślinność, niezakłócających przemian chemicznych i biologicznych w naturalnym otoczeniu. Dla obserwatora z zewnątrz domy te stanowią przykład harmonijnego wpisania funkcji użytkowych domu w środowisko naturalne, głównie ze względu na brak klasycznych brył i elewacji budynków.

Budownictwo zagłębione, poprzez wykorzystanie właściwości izolacyjnych gruntu pokrywającego ściany i dach, daje możliwości znacznych ograniczeń strat ciepła. Obsypywanie budynku ziemią jest ogólnie zalecane, zwłaszcza jego elewację północną.

Zagłębienie budynku pozwala uniknąć szczególnie dużej infiltracji w czasie zimnych wiatrów. System wentylacji może być kontrolowany, a poza tym daje możliwości odzyskiwania ciepła. Izolacyjność ściany zasypanej gruntem jest zbliżona do ściany zaizolowanej konwencjonalnie. Dodatkowym źródłem energooszczędności jest to, że uzyskanie izolacji gruntowej nie wymaga energii w przeciwieństwie do konwencjonalnych materiałów termoizolacyjnych. Grunt wykazuje duże zdolności tłumienia wahań temperatury na powierzchni. Izolacyjne zalety gruntu znajdują odzwierciedlenie zarówno w obniżeniu współczynnika U , jak i zmniejszeniu różnicy temperatury, znacznie ją stabilizując.

Na ogólny bilans cieplny budynku zagłębionego wpływa wiele różnych parametrów, takich jak: położenie geograficzne, rozwiązania konstrukcyjne, wyposażenie w systemy wspomaganie w odnawialne źródła energii, głębokość zasypiania oraz warunki gruntowe. W większości źródeł stwierdzono, że oszczędności energii na skutek ograniczenia strat ciepła w budynkach izolowanych gruntem stanowią około 50% [Rozwój kierunków... 1989].

Biorąc pod uwagę specyficzne warunki środowiska, w jakich te budowle pracują (duże obciążenie gruntem obiektów, parcie gruntu na ściany), wymagają one nietypowych rozwiązań konstrukcyjnych. Dotyczy to głównie stropodachów i ścian.

Konstrukcja stropodachu musi być dostosowana do zadania przenoszenia dużo większych obciążeń niż w budynkach tradycyjnych. Zwiększone obciążenia wynikają z ciężaru warstwy gruntu, a także z ciężaru warstw izolujących dach. Na rozwiązania konstrukcyjne przekryć dachowych stosuje się konstrukcje belkowe, płytowe, monolityczne i prefabrykowane oraz powłoki, których atutem są względy ekonomiczne, bowiem przy tym samym zużyciu materiałów przenoszą one znacznie większe obciążenia niż kon-

strukcje płaskie. Na przekrycia powłokowe stosowane są jednokrzywiznowe powłoki walcowe, dwukrzywiznowe łupiny o małej wyniosłości i kopuły obrotowe.

Ściany elewacyjne, zawierające okna i drzwi, rozwiązywane są tradycyjnie, gdyż warunki ich pracy, wynikające z funkcji, nie są niczym specjalnie podyktowane. Natomiast ściany izolowane gruntem mogą być pozbawione własności termoizolacyjnych i często wykonywane są jako żelbetowe lub betonowe o wysokim współczynniku przewodności cieplnej. W przenoszeniu poziomego parcia ziemi wywieranego na budynki zagłębione może brać udział konstrukcja stropu współpracująca z poprzecznymi ścianami budynku. W rozwiązaniach, w których przekrycie stanowi powłoka walcowa lub inna swobodna forma geometryczna, ściany stanowią integralną część przekrycia. Dla zmniejszenia parcia ziemi stosowane jest również zbrojenie gruntu.

Charakterystyczną cechą budynków zagłębionych są biotyczne ściany i dachy. Ściany mogą stanowić dobre podłoże dla roślin, a w rezultacie zapewniać ochronę cieplną przed zimnem i nocnym wypromieniowaniem ciepła. Tworzą swego rodzaju barierę ochronną przed warunkami atmosferycznymi, a także przed hałasem.

Dach pokryty murawą również odgrywa dużą rolę, a mianowicie: zatrzymuje i wyparowuje wodę deszczową (odciąża kanalizację), pochłania kurz i brud, tłumi hałas, produkuje tlen, chroni przed nocnym wypromieniowaniem, a zwłaszcza akumuluje ciepło i chroni przed jego stratami. Modyfikuje korzystnie klimat poprzez zmniejszenie temperatury w lecie o kilka stopni Celsjusza i zwiększenie wilgotności powietrza. W rozwiązaniach spotyka się dachy pokryte mchem, łąkowe, wrzosowiskowe, w formie jednolitej płaszczyzny lub stopniowych tarasów. Koszt takiego dachu jest niższy od pokrycia dachówką ceramiczną.

Budynki izolowane gruntem, częściowo lub całkowicie zagłębione, wymagają zastosowania szczególnie izolacji przeciwwilgociowej i przeciwwodnej. Dobre rezultaty osiąga się wówczas, gdy problem odwodnienia jest należycie potraktowany już w fazie projektowania i oparty jest na dobrym rozpoznaniu stosunków wodnych w otaczającym obiekt gruncie. Ochrona budynku przed zawilgoceniem zaczyna się od jak najszybszego i najdokładniejszego odprowadzenia wody poza tę część budynku, która jest zagłębiona. Osiąga się to poprzez wykonanie drenażu.

ANALIZA ARCHITEKTURY PRZYKŁADOWYCH REALIZACJI BUDYNKÓW IZOLOWANYCH GRUNTEM

Przeprowadzona analiza architektury energooszczędnych budynków izolowanych gruntem dotyczy przykładów obiektów zrealizowanych w Niemczech, USA oraz w Polsce.

Pierwszy z nich – „dom ziemny”, zlokalizowany 40 km na południe od Stuttgartu, przed stromymi zboczami Szwabskiego Albu w Pfullingen, jest jednym z przykładów nowoczesnego budownictwa zagłębionego, jednocześnie nawiązującego do prehistorycznych archetypów, płynnie wtopionego w otaczającą przyrodę (rys. 1).

Projektując ten zespół obsługi szkółek drzewnych, inwestor i architekci pragnęli otrzymać zamkniętą formę architektoniczną, spełniającą wymagania projektowania przyjaznego dla środowiska. Część obiektu zrealizowano przy użyciu betonu natryskowego, połacie dachowe pokryto ziemią i roślinami, zaizolowano przed wilgocią kilkuwarstwo-

a



b

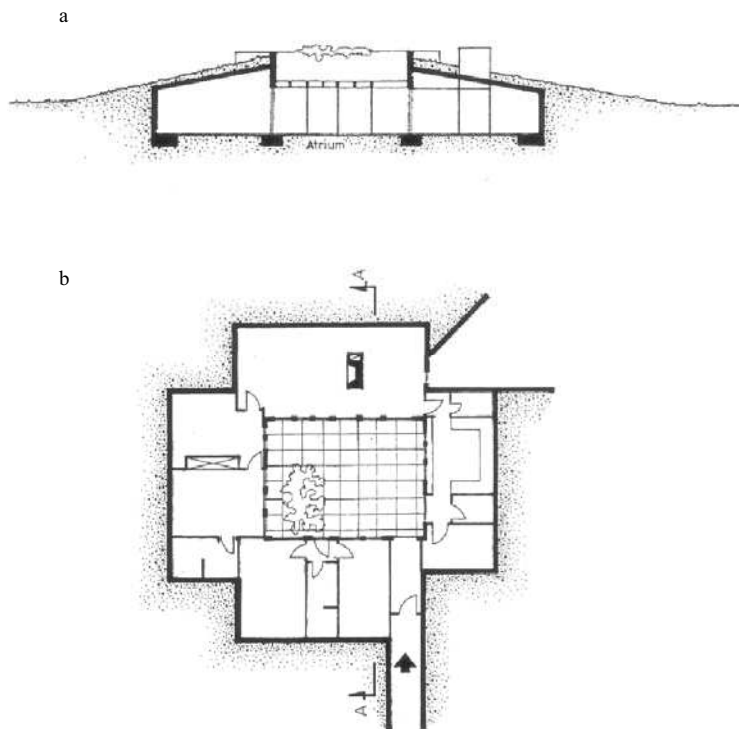


Rys. 1. Dom – jaskinia w Pfullingen, Niemcy: a – widok budynku od strony wejścia, b – widok budynku od strony stawu

Fig. 1. The house – the cave in Pfullingen, Germany: a – the building seen from the entrance, b – the building seen from the pond

wym bitumem oraz ocieplono izolacją termiczną z pianki poliuretanowej. Zoptymalizowanie stosunku powierzchni zewnętrznej do kubatury poprzez zaokrąglenie bryły budynku, odzyskiwanie ciepła, południowa orientacja powierzchni otwartych, pompa ciepła, „skrzynia kamienna” w hali jako bierny akumulator ciepła, naturalnie lub minimalnie sterowana wentylacja i biologiczna oczyszczalnia ścieków czynią ten zespół obiektów ważnym przykładem budownictwa o charakterze ekologicznym [Machalski 1998].

Dom atrialny w Texasie (USA) jest typowym przykładem obiektu całkowicie zagłębionego w gruncie (rys. 2). Ta forma zabudowy jest bardzo korzystna w aspekcie ochrony przed niekorzystnymi warunkami klimatycznymi, szczególnie wiatrami, dając mieszkańcom maksymalny stopień prywatności i niezależności. Atrium, tworzące ogród wewnątrz



Rys. 2. Dom atrialny w Teksasie, USA: a – przekrój pionowy, b – rzut poziomy
 Fig. 2. The atrial house in Texas, USA: a – vertical section, b – a plan of a building

domu, zapewnia dostęp światła do pomieszczeń mieszkalnych. Ściany zewnętrzne budynku skonstruowane są jako żelbetowe monolityczne, a strop prefabrykowany z płyt kanałowych grubości 15 cm [Rozwój kierunków... 1989].

Kolejne dwa domy reprezentują zabudowę zlokalizowaną na stoku.

Dom mieszkalny w Gutach, w Niemczech, został zrealizowany na ekstremalnie spadzistym zboczach, co zmusiło architekta do zastosowania przesuniętych w pionie kondygnacji (rys. 3). Dlatego mieszkańcy tego drewnianego domu o konstrukcji szkieletowo-ramowej mieszkają na sześciu poziomach. Budynek jest „zamknięty” od strony północnej i „otwarty” od południowej, stwarzając dodatkowo możliwość oglądania szczytów sąsiadujących gór.

W celu skutecznej ochrony budynku przed napływem wody ze zbocza konieczne było wykonanie w piwnicy specjalnych, pracochłonnych i wymagających szczególnej precyzji uszczelnień. Do betonu w ścianach zewnętrznych dodano domieszkę uszczelniającą, a od strony gruntu położono na nich warstwę wodoszczelną i ułożono specjalną folię. Dodatkowo wokół ścian wykonano drenaż żwirowy zapewniający szybki odpływ wody. Istotną sprawą było też odpowiednie zabezpieczenie zewnętrznych elementów drewnianych [Bauer-Böckler 1999].



Rys. 3. Dom mieszkalny zlokalizowany na ekstremalnie spadzistym zboczcu, Gutach w Niemczech

Fig. 3. The dwelling house located on the extremely steep hillside, Gutach in Germany



Rys. 4. Budynek w stylu regionalnym osadzony w skale stoku alpejskiego, Hermagor w Niemczech

Fig. 4. The building in regional style placed in the rock of the Alpine slope, Hermagor in Germany

Budynek w Hermagor, również w Niemczech, został osadzony w skale stoku alpejskiego i reprezentuje tradycję budowlaną, doskonale powiązaną z otaczającym krajobrazem (rys. 4). Dążność do zapewnienia pomieszczeniom mieszkalnym południowej ekspozycji i umożliwienia prostego, a zarazem oszczędnego przeprowadzenia robót budowlanych, doprowadziła do ukształtowania wąskiej i długiej bryły budynku „opadającej” ku dolinie. Z zadaszonego placu przed domem oraz umiejętnie wkomponowanego w zbocze garażu dochodzi się przez osłonięte szklanym dachem schody do przyziemia i wyżej do kondygnacji mieszkalnej.

Do dawnej tradycji budowlanej nawiązano dzięki konstrukcji mieszanej (kamień, drewno), balkonom od strony stoku, pochyleniu połaci, widocznym krokwiom i płatwiom, okapom, znacznym szczytowym nadwieszeniom dachu oraz przede wszystkim dzięki odpowiednim proporcjom bryły budynku [Bauer-Böckler 1999].



Rys. 5. Dom mieszkalny w Magdalence: a – elewacja ogrodowa, b – elewacja od ulicy Lipowej
 Fig. 5. A dwelling house in Magdalence: a – the garden elevation, b – the elevation seen from Lipowa Street

Następne przykłady budynków izolowanych gruntem zostały zrealizowane w Polsce i reprezentują również tradycyjną architekturę, doskonale powiązaną z otaczającym krajobrazem.

Pierwszy z nich to dom mieszkalny o charakterze rezydencjonalnym w Magdalence pod Warszawą (rys. 5). Został on zaprojektowany w taki sposób, aby wykorzystać w maksymalny sposób naturalne ukształtowanie terenu. Południowa, w znacznej części przeszklona elewacja umożliwia dostęp światła dziennego do pomieszczeń oraz „otwiera” dom na ogród. Budynki znajdujące się na terenie działki (mieszkalny, pawilon basenowy, pomocniczy oraz łącznik) tworzą zamknięty kompleks funkcjonalny. Pomieszczenia w obiektach są rozmieszczone na trzech poziomach użytkowych. Część budynku, w którym znajdują się garaże, jest ukryta w skarpie. Podobnie jak forma samej zabudowy, tak i jego konstrukcja nie odbiega od tradycyjnej. Ściany i ławy fundamentowe zostały wykonane jako żelbetowe, ściany kondygnacji nadziemnych jako murowane, trójwarstwowe, z warstwą izolacyjną, stropy gęstożebrowe typu Teriva, dach jętkowy ze stalowymi wzmocnieniami. Dom jest posadowiony na gruntach przepuszczalnych (piaski, żwiry), dlatego wykonano izolacje pionowe typu lekkiego.

Przykładem rozwiązania, w którym zastosowano dach biotyczny, może być dom oszczędny i ekologiczny zlokalizowany również w Magdalence (rys. 6). Zastosowane fragmenty zielonego dachu nie są duże, a zazielenienia ekstensywne, ilość substratu glebowego niewielka, więc nie musiała być wzmocniana konstrukcja przekrycia. Na dachu panuje bardzo stabilna temperatura i dobre naświetlenie słoneczne, co powoduje doskonałe warunki do rozwoju roślin. Na domku gościnnym zlokalizowano jeden z pierwszych w Polsce zielonych dachów. Na folii umieszczone zostało 5 cm gleby z ogrodu, która została umocowana siatką, aby się nie zsuwała, oraz zasadzono roślinność ekstensywną, głównie sukulentki i trawy. Dach jest skierowany na południe i nie ma systemu podlewania. Nad oranżerią znajduje się 10-centymetrowa warstwa substratu glebowego z rosnącymi rodzimymi roślinami z łąk i lasów. Natomiast na małym daszku ułożono



Rys. 6. Budynek z biotycznym dachem w Magdalence

Fig. 6. The house with biotic roof in Magdalenska

10-centymetrową warstwę substratu, na którym rosną niewielkie krzewy, głównie jałowce i sosenki, ale bez systemu nawadniania. Również wiata garażowa została pokryta zielonym dachem. Nie izoluje on wnętrza, ale sprawia, że pojazdy są niewidoczne. Budowane na wielu działkach duże i często wolno stojące garaże wydają się być, w odróżnieniu, bardzo kontrowersyjną ozdobą zagospodarowania całych posesji.

PODSUMOWANIE

Zalety budownictwa izolowanego gruntem nie spowodowały dotychczas takiego stopnia jego rozwoju i zainteresowania, na jakie zasługuje. Przyczyną jest niewielka jeszcze społeczna akceptacja tego rodzaju budownictwa, wynikająca z naturalnej reakcji na propozycje zmiany przyzwyczajeń i utartych schematów.

Przegląd literatury dotyczącej studiów architektoniczno-konstrukcyjnych, badania, analizy teoretyczne, a także przykłady realizacji dowodzą, że budownictwo izolowane gruntem, w większości zagłębione i charakteryzujące się dwiema zasadniczymi zaletami – ekonomiczną i ekologiczną, może stanowić alternatywę dla tradycyjnego budownictwa naziemnego. Należy tu wyszczególnić przede wszystkim oszczędność energii na cele ogrzewania i chłodzenia oraz oszczędność w kosztach budowy.

Istotna wydaje się również możliwość uzyskiwania niekonwencjonalnych form architektonicznych, spełniających wymagania projektowania przyjaznego dla środowiska i wpisujących się w krajobraz.

Różnorodność budynków sprawia, że część z nich znajduje zdecydowanie lepsze warunki w wersji zagłębionej niż w konwencjonalnej, inne w mniejszym stopniu, ale wymogi ekonomii, energooszczędności oraz ochrony środowiska, szczególnie terenów wiejskich, będą z pewnością decydować o coraz większej liczbie realizacji obiektów tego typu.

PIŚMIENNICTWO

- Bauer-Böckler H., 1999. Dom optymalnie zaprojektowany. Oficyna Wydawnicza „Kalliope”, Warszawa, 35–37, 88–89.
- Dziurla M., Nowak W., 1986. Kształtowanie konstrukcji budynków częściowo zagłębionych. Instytut Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Świętokrzyska, Kielce.
- Machalski A., 1998. Blisko natury. Dom – jaskinia w Pfullingen. *Magazyn Budowlany* 5, 22–25.
- Mikoś J., 2000. Budownictwo ekologiczne. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Rozwój kierunków projektowania energooszczędnych budynków mieszkalnych, 1989. IPPT PAN, Warszawa, 147–185.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DzU nr 75 z 2002 r., poz. 690.
- Załącznik do tematu Kształtowanie konstrukcji budynków częściowo zagłębionych. Album przykładów realizacji, 1989. Prace naukowe Instytutu Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Świętokrzyska, Kielce.

THE ARCHITECTURE IN BUILDINGS INSULATED WITH SOIL

Abstract. Buildings' categories which can be solved in form partly or completely plunged into soil and their advantages with special considering of economical and ecological benefits have been discussed in this article. Special attention has been drawn to possibilities of obtaining of unconventional architectural forms which are environmentally friendly and will become part of a landscape. Later three basic types of buildings insulated with soil have been distinguished and their unique constructional solutions have been characterized. This type of architecture has been analysed using chosen examples.

Key words: building's architecture, energy efficiency, soil

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 31.10.2006