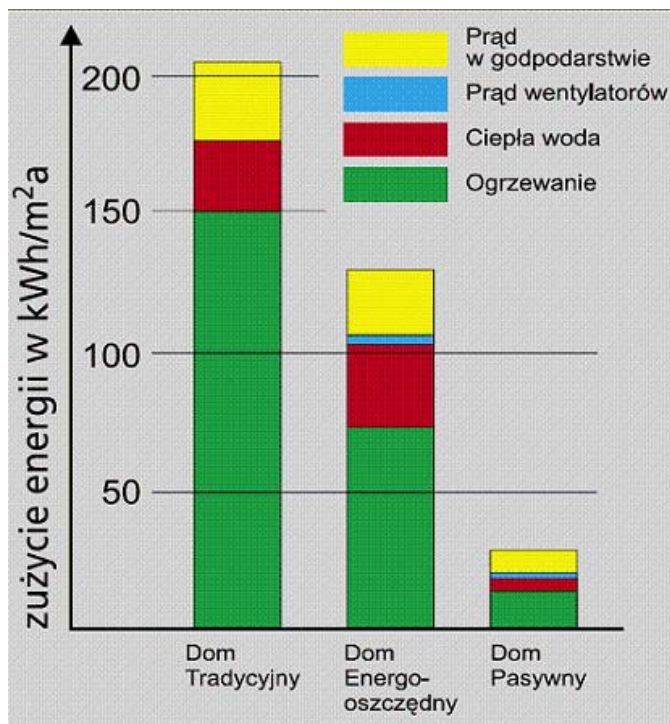


# Rozwiązania stosowane w domach pasywnych w warunkach klimatycznych Europy Środkowej

## Wstęp

Dom pasywny to standard budownictwa rozwijany od 1990r. przez profesorów Wolfganga Feista i Bo Adamssona, choć prace nad domami energooszczędnymi były prowadzone przez nich już dużo wcześniej. W roku 1996 przy ich udziale powstał Instytut Budownictwa Pasywnego w Darmstadt w Niemczech, który zajmuje się promowaniem i kontrolą standardu. Na podstawie zgodności z listą kontrolną domu pasywnego certyfikuje on powstałe budynki.<sup>1</sup> O ile ilościowo dominują wśród nich domy jednorodzinne, o tyle standard ten nie wyklucza innych form zabudowy, takich jak np. budynki użyteczności publicznej, które również powstają coraz częściej. Przewodnią ideą domu pasywnego jest minimalizowanie zużycia energii, nawet tej czystej, nie pochodzącej z surowców kopalnych, zamiast produkowania jej w nadmiarze. Pozwala to tworzyć relatywnie tanie i niezawodne rozwiązania, które owocują ograniczeniem zużycia energii nawet o 90% w porównaniu z domem postawionym za pomocą metod konwencjonalnych.



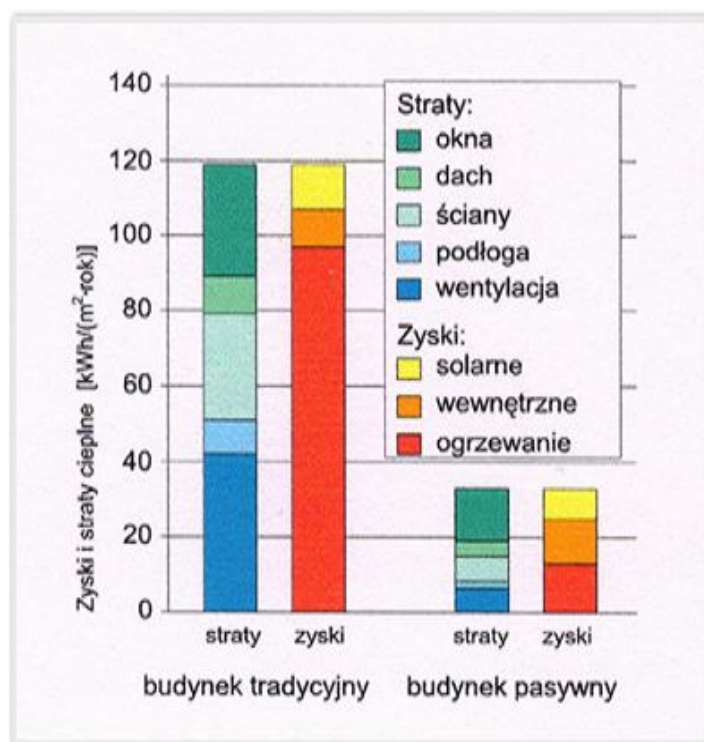
Rys. 1. Porównanie zużycia energii w różnych typach domów.

Źródło: Passivhaus Institut, Darmstadt. [www.passiv.de](http://www.passiv.de)

## Oplacalność domu pasywnego w warunkach polskich

W krajach Europy Zachodniej, zwłaszcza niemieckojęzycznych, standard ten jest mocno rozpowszechniony. Czy w polskich warunkach jest on również opłacalny? Co prawda obecnie dom pasywny może być droższy od zbudowanego w technologii tradycyjnej nawet o 37%, a przewidywany czas zwrotu inwestycji wynosi co najmniej 20 lat, to jednak odpowiadają za to ceny niektórych specjalistycznych rozwiązań technicznych wymaganych w domu pasywnym, które trzeba importować z krajów Europy Zachodniej.<sup>2</sup> Podejmowane są próby ograniczenia tych

kosztów przez zastosowanie pionierskich technologii, których przykładem jest chociażby dom w okolicach Złotowa w Wielkopolsce<sup>3</sup>. Można liczyć na to, że wraz ze wzrostem popularności tego standardu w Polsce koszty te spadną, a dostępność tych rozwiązań na rynku polskim zwiększy się. Należy przy tym pamiętać, że przyszłe ceny energii są nie do przewidzenia i że jeśli te szacunkowe dane będą ulegać zmianie, to raczej na korzyść domu pasywnego. Budownictwo energooszczędne, czyli dające zużycie energii mniejsze o około 30% w stosunku do standardowego, już osiągnęło czas zwrotu inwestycji poniżej ośmiu lat, stając się przez to atrakcyjne dla przeciętnego, niewrażliwego na zagadnienia zrównoważonego rozwoju inwestora.



Rys. 2. Zyski i straty ciepłe w budynku tradycyjnym i pasywnym.

Źródło: Passivhaus Institut, Darmstadt. [www.passiv.de](http://www.passiv.de)

### Charakterystyka rozwiązań stosowanych w domach pasywnych

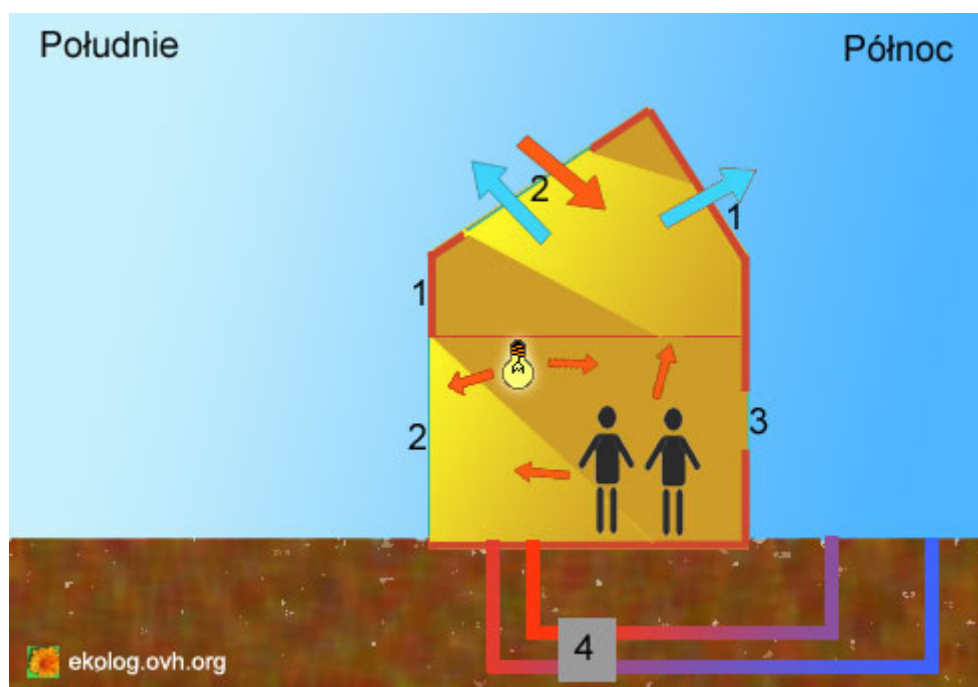
Minimalizowanie zużycia energii opiera się przede wszystkim na jak najskuteczniejszym zmniejszaniu strat ciepła. W przeciętnym domu około 65% strat ciepła odbywa się przez przegrody zewnętrzne. (Ściany: 25-35%, Okna i drzwi: 10-15%, Podłoga na gruncie: 5-10%, Wentylacja: 30-40%, Dach: 8-17%).<sup>4</sup> W związku z tym w domu pasywnym ogranicza się ich powierzchnię przez optymalizację geometryczną czyli zapewnienie jak największej objętości bryły przy jak najmniejszej sumie pól powierzchni przegród, przede wszystkim ścian i dachów. Jeśli nie jest to podyktowane istotnymi potrzebami funkcjonalnymi nie należy również stosować rozległych nadwiesz. Powinno się także dążyć do minimalizacji ilości kątów wklęsłych, gdyż przez błędy w wykonawstwie mogą się tam tworzyć mostki termiczne. Współczynnik zwartości bryły określa się wzorem  $A/V$  czyli stosunku powierzchni zewnętrznej do objętości ogrzewanej budynku. Jak nietrudno zauważyć, większe formy zabudowy są wobec tego bardziej efektywne energetycznie, oczywiście tak długo jak zachowują racjonalność funkcjonalną, dlatego też pierwszym obiektem w historii wzniesionym w technologii domu pasywnego było osiedle domów wielorodzinnych Kranichstein powstałe w 1990r. w Darmstadt.<sup>5</sup> Nawet tę już zredukowaną do minimum powierzchnię ścian należy jak najskuteczniej zaizolować.

Stosuje się zazwyczaj co najmniej trzydziestocentymetrową warstwę materiału izolacyjnego o współczynniku przenikania ciepła  $U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dla porównania przepisy określają maksimum na poziomie  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ .<sup>6</sup> Ważne jest, aby także warstwa nośna łączyła w sobie dobre właściwości izolacji termicznej z wysoką zdolnością do akumulacji ciepła. Dla dachu współczynnik przenikania ciepła powinien wynosić poniżej  $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , co oznacza, że również jego projekt musi odbiegać od standardowych rozwiązań, które przewidują izolację termiczną jedynie między krokiewkami. Drewno ma dość dobrą izolacyjność cieplną, ale mimo to taki szczegół wykończenia należy uznać za mostek termiczny, a ich wyeliminowanie jest niezbędne do zminimalizowania strat ciepła. W domu pasywnym mamy trzy warstwy izolacji: nad krokiewkami, pomiędzy i pod nimi, co pozwala zredukować straty do wymaganego poziomu.<sup>7</sup>

Innym miejscem, gdzie pojawiają się mostki cieplne i którego należy z tego powodu unikać w domu pasywnym jest balkon, zwłaszcza jeśli jest on konstrukcyjnie związane ze stropami budynku. Zamiast niego w domu jednorodzinnym znacznie tańsze, bardziej funkcjonalne i energooszczędne jest zaprojektowanie tarasu.

Współcześnie nawet w budynkach stawianych metodami tradycyjnymi piwnice stosuje się tylko tam, gdzie jest to niezbędne z przyczyn funkcjonalnych, chociażby ze względu na parking podziemny. Nie dzieje się tak wyłącznie z powodu wysokich kosztów wywozu wielu metrów sześciennych ziemi, ale również, a może przede wszystkim, niekorzystnych zjawisk termicznych, jakie w niej zachodzą. Nieogrzewana piwnica oddziela od siebie dwie teoretycznie ciepłe strefy: pomieszczeń mieszkalnych i ziemi, jednocześnie pobierając ciepło i chłodząc podłogę parteru domu. Ogrzewanie kondygnacji podziemnych z kolei w większości przypadków mija się z celem, zwłaszcza w domach jednorodzinnych rzadko bywa uzasadnione funkcjonalnie. Dlatego też domy pasywne projektuje się jako nie podpiwniczone. Trudnym detalem budowlanym jest takie zaprojektowanie ściany fundamentowej, aby nie stanowiła ona kolejnego mostka termicznego. W takim przypadku albo należy zastosować „odcięcie” fundamentów, albo zastosować w tej ścianie specjalne izolacyjne pustaki cokołowe o niskim współczynniku przenikania ciepła.<sup>8</sup>

Ważnym elementem bilansu cieplnego domu pasywnego są bierne zyski słoneczne, do uzyskania których konieczne jest prawidłowe usytuowanie go względem stron świata. Zyski te są przydatne głównie jesienią, zimą i wiosną, kiedy słońce znajduje się nisko nad horyzontem. W tym okresie można liczyć praktycznie wyłącznie na słońce południowe, gdyż operacja od wschodu i zachodu trwa zbyt krótko. W warunkach geograficzno-klimatycznych Europy Środkowej zyski powstałe dzięki dobrze zaizolowanym oknom wychodzącym wprost na południe zazwyczaj przewyższają straty ciepła przez nie, więc należy dążyć do maksymalizacji stopnia przeszklenia elewacji południowej, gdyż oznacza to maksymalizację także zysków cieplnych. Okno cechuje się dużo mniejszą izolacyjnością cieplną niż ściany, więc tam, gdzie operacja słoneczna w miesiącach chłodnych jest niewielka, tj. od wschodu, zachodu i północy, należy dbać o to, by stopień przeszklenia był minimalny, choć raczej nie zerowy, gdyż aby dom był naprawdę energooszczędny, powinno się doświetlać pomieszczenia światłem dziennym tam, gdzie to tylko możliwe. Jest to jeden z punktów zawartych w liście kontrolnej domu pasywnego.



Rys. 3. Uproszczony schemat działania ogrzewania pasywnego.

Źródło: <http://www.ekolog.ovh.org/domypasywne.php>

Aby rzeczywiście tak rozległe przeszklenia dawały energetyczny zysk netto, niezbędne jest stosowanie stolarki okiennej o specjalnych, podwyższonych parametrach, tzn. o współczynniku  $U_w$  wynoszącym 0,85 W/m<sup>2</sup>K. Aby ten współczynnik obniżyć do takiego poziomu, stosuje się stolarkę dwukomorową, trójszybową z komorami wypełnionymi gazem szlachetnym. Szyby tymczasem powinny być wykonane ze szkła niskoemisyjnego, o stopniu przepuszczalności promieni słonecznych wynoszącym powyżej 50%. Same profile okienne także różnią się od tych standardowych, przede wszystkim nie są wykonane z aluminium, a z tworzyw sztucznych takich jak Swisspacer lub nawet z drewna.<sup>9</sup> Aby nie dopuścić do stworzenia się mostków termicznych wokół ościeżnicy, okna te osadza się od zewnątrz, za pomocą specjalnej ramy, choć są prowadzone eksperymenty również z tańszymi metodami. W każdym razie ważna jest maksymalna precyzja i jak najlepsze zaizolowanie styku okna z murem.

Stolarka w domu pasywnym musi być hermetycznie szczelna, to znaczy nie może mieć możliwości najmniejszej nawet naturalnej wentylacji. Takie założenie przyjęto analizując fakt, że tradycyjny dom traci 30-40% ciepła wraz z powietrzem wentylacyjnym. Istnieje wiele metod wykorzystujących pasywną wentylację słoneczną, jednak w warunkach Europy Środkowej w domach pasywnych obowiązującym standardem jest wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła. Taka centrala spełnia trojaką funkcję: po pierwsze zapewnia wentylację, po drugie chłodzi i po trzecie służy do ogrzewania w okresach kiedy pasywne ciepło słoneczne okazuje się niewystarczające. Minimalizacja strat w tej metodzie opiera się na wymianie ciepła pomiędzy powietrzem wywiewanym a nawiewanym. Aby zmniejszyć różnice temperatur między nimi, świeże powietrze wentylacyjne przechodzi przez gruntowy wymiennik ciepła, przez co w zimie podlega wstępnemu ogrzaniu, a latem – schłodzeniu. W przypadku domu pasywnego, gdzie konsumpcja energii cieplnej wynosi zaledwie 15 kWh/m<sup>2</sup>rok jest to rozwiązanie dużo bardziej opłacalne niż kosztowna pompa ciepła.<sup>10</sup>

Unikanie przegrzewania domu pasywnego jest w polskim klimacie również istotne, a oprócz wspomnianej klimatyzacji istnieją także pasywne sposoby zwiększania komfortu termicznego w okresie upałów. Najprostszym i najtańszym z nich, choć cechującym się ograniczoną skutecznością, jest wysunięty okap dachu spadzistego. Jego skuteczność zależy od szerokości geograficznej i wykorzystuje zjawisko, że kąt padania promieni słonecznych latem jest większy niż zimą. Innymi sposobami są żaluzje lub łamacze światła, często wyposażone również w funkcję aktywnego wykorzystywania energii solarnej, jednak najbardziej przyjaznym środowisku rozwiązaniem jest stosowanie zacielenia naturalnego. Aby było ono ograniczone czasowo do okresu letniego, stosuje się w tym celu odpowiednie gatunki drzew liściastych, które stosunkowo wcześniej zrzucają liście. Pytanie jak i czy w ogóle stosować zacielenie powinniśmy rozważać oddzielnie dla każdej lokalizacji.

Rośliny odgrywają dużą rolę w kształtowaniu otoczenia domu pasywnego. Poza wspomnianymi już drzewami liściastymi powszechnie stosuje się również wszelkiego rodzaju nasadzenia, których zadaniem jest osłabianie wpływu wiatru na komfort termiczny domu. W tym celu od strony północno-zachodniej często przewiduje się drzewa iglaste, a same ściany północne i zachodnie mogą być oplecione pnączami lub wręcz porośnięte roślinnością, albo w technologii współczesnej zielonej ściany mającej za podłoże geowłókninę, albo wzorem tradycyjnych domów islandzkich na podłożu z ziemi lub torfu. W tym samym celu pokrywa się roślinnością również dachy. Podobną rolę mogą spełniać buforowe pomieszczenia nieogrzewane, takie jak chociażby garaż, które należy sytuować również od zachodu, od południa zaś można usytuować ogród zimowy. Aby zredukować efekt wysp ciepła należy jak największą część działki pozostawić biologicznie czynną i pokrytą nawierzchniami przepuszczającymi wodę opadową. Efekt ten jest szczególnie silny w przypadku asfaltu, więc jego powierzchnię na działce należy ograniczać do minimum.

Nie na każdej działce można zbudować dom pasywny. Korzystnie jest, jeśli znajduje się ona w pobliżu przeszkody terenowej redukującej wpływ wiatrów zachodnich, jednak najważniejsze, aby dawała ona jak najlepszą możliwość południowej ekspozycji. Nasza działka nie może być zacieleniona z zewnątrz nie tylko w momencie powstawania budynku, ale i w całym jego przewidywanym „cyklu życia”<sup>11</sup>. Jest to warunek trudny do spełnienia w przestrzeni śródmiejskiej, dlatego dom pasywny kojarzyć się może z lokalizacjami na terenach nie zurbanizowanych, jednak jest wiele czynników wiążących ten specyficzny rodzaj zabudowy ze strefą miejską. Po pierwsze, warunek dobrego dojazdu na działkę transportem publicznym zapisany został nawet w liście kontrolnej domu pasywnego i wynika on z energooszczędności pojmowanej szerzej niż tylko w ograniczeniu do samego domu, a tak należy rozumieć postulat ograniczania indywidualnej komunikacji samochodowej, zarówno wobec gospodarzy domu, jak i wszystkich ich potencjalnych odwiedzających.

Co więcej, wytyczanie działek budowlanych na terenach uprzednio nie zabudowanych jest absolutnie sprzeczne z zasadami zrównoważonego rozwoju. Dzieje się tak ze względu na to, że zmniejszenie powierzchni biologicznie czynnej przez budowę domu i zagospodarowanie jego okolicy oznacza nie tylko mniej dwutlenku węgla przetworzonego przez rośliny na tlen, ale także szkody dla lokalnych ekosystemów.<sup>12</sup> Zjawisko to potencjalnie może objąć swym zasięgiem większy obszar niż tylko naszą działkę, gdyż większość pozwoleń na budowę wydawanych jest na podstawie Decyzji o Warunkach Zabudowy, a te na ogół opierają się na precedensach, stąd jedna zabudowana działka budowlana w okolicy stanowi impuls do urbanizacji reszty. Innym powodem do poszukiwania działki pod dom pasywny na terenach bardziej zurbanizowanych jest fakt, że polskie prawo wymaga uzbrojenia działki w infrastrukturę techniczną i nie zna kategorii domu autonomicznego (self-sustained house). Należy więc brać pod uwagę również koszty (energetyczne i ekologiczne) doprowadzenia do działki mediów, a często również wyposażenia w infrastrukturę techniczną pasa ulicy. Zjawisko suburbanizacji ma również wiele innych, negatywnych skutków.<sup>13</sup>

## Podsumowanie

Niska energia użytkowania nie przesądza o ekologiczności, gdyż badając całkowity ślad ekologiczny istotny czynnik stanowią również energia potrzebna do produkcji i transportu materiałów, a także ta potrzebna do wzniesienia i późniejszej rozbiórki domu. Wynika z tego, że dom taki powinien być zbudowany z nisko przetworzonych, łatwych i tanich w produkcji materiałów, najlepiej lokalnych.<sup>14</sup> Kolejnym wnioskiem jest, że również istniejące budynki należy zacząć traktować jako cenny zasób, gdyż najbardziej energooszczędne są modernizacje istniejących obiektów, a nowe domy powinno się wznosić tylko wtedy, kiedy nie ma innego wyjścia. Innym niedocenianym naturalnym zasobem, który należy oszczędzać, jest woda pitna. Dlatego też aby dom był naprawdę ekologiczny należy go wyposażać w instalacje odzyskiwania szarej wody, wykorzystywać w maksymalnym stopniu wodę deszczową, która po uzdatnieniu nadaje się także do picia, a także kompostować ścieki.<sup>15</sup>

Wielkie perspektywy rozwoju budownictwa pasywnego w Polsce wynikają zasadniczo z jednego faktu. Mianowicie Dyrektywa Unii Europejskiej nr 2010/31/UE przewiduje, że od 2018 r. wszystkie nowo powstające budynki użyteczności publicznej, a od 2020 r. również nowe budynki mieszkalne będą musiały być „prawie zeroenergetyczne”, nie określając przy tym dokładnie maksymalnego dopuszczalnego zużycia energii pierwotnej w domu, gdyż dla każdego państwa członkowskiego wartość ta będzie ustalona odrębnie<sup>16</sup>. Przypuszcza się jednak, że w przypadku Polski będzie to 15 kWh/m<sup>2</sup>rok czyli wartość, która dopuszcza praktycznie tylko dwa standardy budownictwa: zeroenergetyczny i pasywny. Pierwsza z tych grup ze względu na swoją kosztowność i energochłonność w fazach przedeksplotacyjnych ma na razie walor głównie eksperymentalny i badawczo-rozwojowy, nie stanowiąc jeszcze rozwiązania, które mogłoby realnie odmienić nasz krajobraz. Być może wymuszony efekt skali sprawi, że domy zeroenergetyczne staną się bardziej dostępne, jednak domy pasywne jeszcze przed wejściem w życie tego aktu prawnego stoją u progu dostępności i ekonomicznej racjonalności.

<sup>1</sup>[http://www.termoportal.pl/inne/dom\\_pasywny/lista\\_kontrolna\\_domu\\_pasywnego](http://www.termoportal.pl/inne/dom_pasywny/lista_kontrolna_domu_pasywnego)

<sup>2</sup>[http://www.termodom.pl/inne/dom\\_pasywny/dom\\_pasywny\\_lipinskih\\_z\\_certyfikatem](http://www.termodom.pl/inne/dom_pasywny/dom_pasywny_lipinskih_z_certyfikatem)

<sup>3</sup>Lorens A., „Dom pasywny w Wielkopolsce koło Złotowa”. Architektura-Murator 3/2011 (198), s. 66-74

<sup>4</sup>[http://www.czeszochowa.energiaisrodowisko.pl/poradniki/broszury/folder.2007-08-31.6867128956/Broszura\\_dom\\_jedn.pdf](http://www.czeszochowa.energiaisrodowisko.pl/poradniki/broszury/folder.2007-08-31.6867128956/Broszura_dom_jedn.pdf)

<sup>5</sup>[http://www.passivhaustagung.de/Kran/First\\_Passive\\_House\\_Kranichstein\\_en.html](http://www.passivhaustagung.de/Kran/First_Passive_House_Kranichstein_en.html)

<sup>6</sup>Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2008 nr 201 poz. 1238

<sup>7</sup>[http://www.termodom.pl/inne/dom\\_pasywny/dom\\_pasywny\\_lipinskih\\_z\\_certyfikatem](http://www.termodom.pl/inne/dom_pasywny/dom_pasywny_lipinskih_z_certyfikatem)

<sup>8</sup>Ibidem.

<sup>9</sup><http://www.oknoserwis.pl/art,540,,szklo,czytelnia.html>

<sup>10</sup><http://ziemianarozdrozu.pl/encyklopedia/59/budynki>

<sup>11</sup>Dąbrowski M., „Zrównoważony rozwój: poprawność polityczna czy realna potrzeba?” Architektura-Murator 3/2011 (198), s. 108-113

<sup>12</sup>Edwards B., „Rough Guide to Sustainability. A Design Primer”, London 2010.

<sup>13</sup>Więcej lektur na ten temat: [http://en.wikipedia.org/wiki/Urban\\_spraw#Further\\_reading](http://en.wikipedia.org/wiki/Urban_spraw#Further_reading)

<sup>14</sup>Anderson J., Shiers D., Steele K., „The Green Guide to Specification. An Environmental Profiling System for Building Materials and Components”, Oxford 2009.

<sup>15</sup>Edwards B., Op. Cit.

<sup>16</sup>Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona)