

BETON

**w nowoczesnym i zrównoważonym
budownictwie mieszkaniowym**



Stowarzyszenie Producentów Cementu
Polish Cement Association

BETON

**w nowoczesnym i zrównoważonym
budownictwie mieszkaniowym**



Stowarzyszenie Producentów Cementu
Polish Cement Association

Kraków 2022

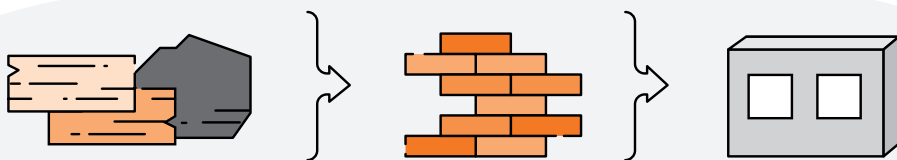
SPIS TREŚCI

- | | | |
|-------------|--|-----------|
| I | POPULARNOŚĆ BETONU | 3 |
| | Czyli dlaczego bez betonu nie ma teraz domów mieszkalnych | |
| II | DOM DREWNIANY, MUROWANY CZY... BETONOWY? | 6 |
| | Czyli dlaczego w Polsce buduje się bardzo mało domów drewnianych, zarówno szkieletowych, jak i z masywnych bali. A także dlaczego w większości domów murowanych jest więcej betonu niż murowanych ścian | |
| III | FUNDAMENTY Z BETONU | 10 |
| | Czyli dlaczego fundamenty domów wykonywane są teraz tylko z betonu, choć kiedyś były one z cegły, kamienia polnego, a nawet z drewnianych bali | |
| IV | STROPY ŻELBETOWE | 13 |
| | Czyli dlaczego stropy żelbetowe są ważne dla bezpieczeństwa i komfortu mieszkańców, a także dla sztywności i trwałości domów murowanych | |
| V | SZKIELET ŻELBETOWY | 15 |
| | Czyli dlaczego bez żelbetowych słupów i belek w domu nie mogłoby być bardzo dużych okien oraz dlaczego bez żelbetowych wzmocnień ściany kolankowe nie utrzymałyby drewnianej więźby dachowej | |
| VI | ŚCIANY ŻELBETOWE | 17 |
| | Czyli dlaczego ściany żelbetowe lepiej usztywniają budynek niż murowane i są od nich bardziej odporne na zarysowania | |
| VII | STROPODACHY | 18 |
| | Czyli dlaczego płaskie dachy mogą równie dobrze jak strome chronić domy przed zimą i opadami atmosferycznymi oraz dlaczego znajdujące się pod nimi pomieszczenia są wygodniejsze do mieszkania od tych na poddaszu | |
| VIII | SCHODY ŻELBETOWE | 20 |
| | Czyli dlaczego schody żelbetowe są dla mieszkańców domów jednorodzinnych dużo bardziej komfortowe i bezpieczne niż drewniane czy metalowe | |
| IX | BETON I ENERGOOSZCZĘDNOŚĆ | 22 |
| | Czyli dlaczego domy, w których jest dużo elementów żelbetowych i betonowych, są bardziej energooszczędne niż inne | |
| X | BETON I MIKROKLIMAT | 23 |
| | Czyli dlaczego elementy betonowe i żelbetowe nie mają negatywnego wpływu na jakość powietrza w domu | |

POPULARNOŚĆ BETONU

Czyli dlaczego bez betonu nie ma teraz domów mieszkalnych

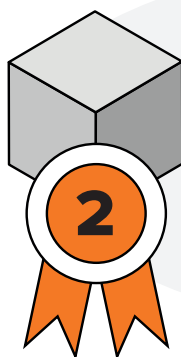
Beton i żelbet, czyli beton zbrojony stalą, to materiały, bez których trudno wyobrazić sobie współczesne budownictwo – nie tylko mieszkaniowe. Już dawno zajęły one miejsce, które przed nim miała cegła ceramiczna, a wcześniej – drewno i kamień naturalny.



O zaletach betonu najlepiej świadczy to, że pomimo pojawiania się wciąż nowych materiałów budowlanych i technologii, jego **udział we współcześnie realizowanych budynkach mieszkalnych** – zarówno dużych, jak i małych, nie tylko nie maleje, ale **stale rośnie**. Dotyczy to również budownictwa przemysłowego i użyteczności publicznej, a także komunikacyjnego i wodnego.

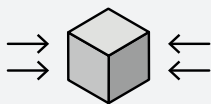
Decydujący wpływ na popularność betonu jako materiału budowlanego mają jego właściwości – przede wszystkim **duża wytrzymałość na ściskanie, twardość, niepalność i trwałość**. Nie bez znaczenia jest też łatwość – nawet w warunkach małej budowy – wykonywania z niego elementów budowlanych o różnych kształtach i wymiarach, zdolnych do przenoszenia nawet bardzo dużych obciążeń.

Beton ma wprawdzie małą wytrzymałość na rozciąganie, ale tę jego niekorzystną cechę da się łatwo wyeliminować przez dodanie **niewielkiej ilości prętów stalowych** – w tych miejscach wykonanych z niego elementów konstrukcyjnych, w których pod obciążeniem występuje rozciąganie. Ten, opatentowany mniej więcej półtora wieku temu, kompozyt betonowo-stalowy – nazywany



Tylko woda jest materiałem, który na świecie stosuje się częściej od betonu

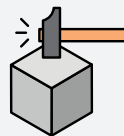
Kluczowe właściwości betonu to:



**duża wytrzymałość
na ściskanie**



niepalność



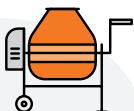
twardość

najpierw żelazobetonem, potem żelbetonem, a teraz żelbetem – zrewolucjonizował całe budownictwo.

Co ważne, jest to jedyny materiał, który umożliwia wykonywanie konstrukcji budowlanych, składających się z monolitycznie połączonych ze sobą elementów. Nie oznacza to

jednak, że – w celu przyspieszenia realizacji obiektów budowlanych – nie opłaca się wcześniej **prefabrykować elementów żelbetowych w wytwórni i składać je w całość na placu budowy** (fot. 1.1).

Beton z betoniarki:



- ✓ **Gdy przygotowujemy niewielką ilość**
- ✓ **Trudno zachować odpowiednie proporcje składników, więc może być gorszej jakości**

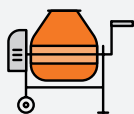
Niewątpliwie rozwój konstrukcji żelbetowych miał decydujący wpływ na obecną popularność betonu, który zresztą sam też jest kompozytem, składającym się z cementu, kruszywa o różnej granulacji i wody. Nie bez znaczenia jest także to, że



Fot. 1.1 – Coraz częstszym widokiem na budowach są prefabrykowane betonowe elementy domów



Fot. 1.2 – Do wykonania żelbetowych i betonowych elementów domu najlepiej zamawiać mieszankę betonową w sprawdzonej wytwórni



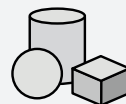
**łatwość
przygotowania**



**przenoszenie
dużych obciążeń**



tani



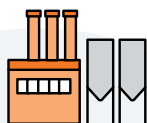
**łatwość wykonywania
różnych kształtów**

nie jest to materiał drogi i da się go przygotować nawet na małym placu budowy. Należy zdawać sobie jednak sprawę, że w takich warunkach trudno jest zachować odpowiednie proporcje składników i dlatego beton, zrobiony z takiej "wykręconej" w niewielkiej betoniarnie mieszanki betonowej, zwykle nie jest najwyższej jakości – co ważne – **nie ma powtarzalnych parametrów wytrzymałościowych**. Dlatego

z tej możliwości warto korzystać tylko wtedy, gdy potrzebne są niewielkie ilości betonu.

W pozostałych sytuacjach – nawet podczas realizacji małego domu jednorodzinnego – opłaca się, także finansowo, zamawiać w najbliższej, ale sprawdzonej wytwórni betonu towarowego (fot. 1.2) większe ilości mieszanki betonowej o **gwarantowanej jakości i właściwościach dostosowanych do panujących warunków pogodowych**. Taka mieszanka zostanie w umówionym terminie przywieziona betonowozami na miejsce budowy i podana bezpośrednio na deskowanie za pomocą pompy (fot. 1.3), co zdecydowanie skróci czas wykonywania elementów betonowych i żelbetonowych.

Beton z wytwórni:



- ✓ **Korzystniejszy finansowo**
- ✓ **Gwarantowana jakość**
- ✓ **Właściwości dostosowane do warunków pogodowych**



Fot. 1.3 – Przywieziona betonowozami mieszanka jest podawana pompą bezpośrednio na deskowanie

DOM DREWNIANY, MUROWANY CZY... BETONOWY?

Czyli dlaczego w Polsce buduje się bardzo mało domów drewnianych, zarówno szkieletowych, jak i z masywnych bali. A także dlaczego w większości domów murowanych jest więcej betonu niż murowanych ścian

W przeciwieństwie na przykład do Kanadyjczyków czy Skandynawów, którzy mieszkają w domach drewnianych, **większość Polaków buduje swoje domy jednorodzinne w technologii popularnie nazywanej murowaną**. Wprawdzie portale prezentujące domy z grubych drewnianych bali cieszą się dużym zainteresowaniem internautów, jednak gdy przychodzi do budowy własnego domu, to decydują się oni na murowany. Dość powiedzieć, że **każdego roku wśród nowo wybudowanych w Polsce domów jednorodzinnych drewnianych jest mniej niż 5%**. Warto zatem przyjrzeć się bliżej, dlaczego tak się dzieje.



Domy z bali

Z wielu powodów takie domy, szczególnie te, wykonane z grubych, okrągłych bali (fot. 2.1), kosztują bardzo dużo. Przede wszystkim do ich budowy potrzebne są wiekowe, wysokie i proste drzewa. Z ich grubych, niezdeformowanych i oczyszczonych z kory pni firma wykonawcza musi najpierw u siebie postawić zamówiony przez klienta dom. Następnie, po ponumerowaniu wszystkich elementów, musi go rozebrać i – po przewiezieniu na działkę klienta – postawić po raz drugi. Tu przykryty dachem budynek musi w stanie surowym otwartym stać dłużej, aż z bali wyparuje naturalna wilgoć – takich grubych elementów nie da się bowiem wysuszyć przemysłowo, tylko trzeba ten proces powierzyć naturze (fot. 2.2). W tym czasie nie można przystąpić do wykańczania domu i osadzania w jego ścianach na przykład okien, ponieważ podczas wysychania bali wysokość kondygnacji może się zmniejszyć nawet o 16–18 cm!

Do tego dochodzi jeszcze problem natury prawnej, związany z wymaganą warunkami technicznymi izolacyjnością termiczną ścian takiego domu. Zamawiający go klienci chcą, żeby bale drewniane były widoczne nie tylko od zewnątrz, ale i od środka. Tymczasem, żeby

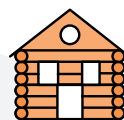
wykonane tylko z nich ściany zewnętrzne miały współczynnik przewodzenia ciepła U równy co najmniej $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, to bale prostokątne z drewna litego lub klejonego musiałyby mieć grubość minimum 78 cm , a okrągłe – średnicę minimum 88 cm . Problem w tym, że prawdopodobnie domów jednorodzinnych ze ścianami z tak grubych bali nikt jeszcze nie wybudował...

Nic zatem dziwnego, że pełen rustykalnego uroku dom z bali jest raczej propozycją dla inwestorów bardzo zde-terminowanych, a do tego cierpliwych i z dużymi pieniędzmi...



Domy wykonane w technologii lekkiego szkieletu drewnianego

Domy wykonane w technologii lekkiego szkieletu drewnianego, nazywanej popularnie kanadyjską, zaliczane są do drewnianych, choć w przeciwieństwie do domów z grubych bali, drewna w nich jest raczej niewiele – często mniej niż w więźbie dachowej domów murowanych o takiej samej kubaturze. W domach tych z drewnianych, smukłych bali o przekroju prostokątnym czterostronnie struganych i ze sfazowanymi krawędziami, wykonana jest konstrukcja nośna ścian, stropów i dachu, a w piętrowych – także schodów. Ponieważ bale te są suszone komorowo, więc ich wilgotność jest na poziomie powiertrzo-suchym (fot. 2.3). To sprawia, że nie muszą one „dosychać” na placu budowy i domy



Domy z bali:

- ✓ **Wysoki koszt**
- ✓ **Budowa trwa długo**
- ✓ **Problem z wymaganą izolacyjnością termiczną ścian**



Fot. 2.1 – Ze względu materiałowych i technologicznych domy z okrągłych bali są drogie, a ich budowa trwa długo



Fot. 2.2 – Przykryte dachem ściany z bali muszą najpierw pozbyć się wilgoci, zanim będzie można w nich zamontować okna i przystąpić do wykańczania domu

z nich buduje się bardzo szybko. Jeśli nie liczyć czasu na wykonanie betonowych fundamentów, to budowa „kanadyjczyka” w pełni wykończonego i z wszystkimi instalacjami zabiera dobrej firmie nie więcej niż trzy miesiące.

Wydawać by się więc mogło, że skoro tradycyjne domy murowane buduje się dużo dłużej niż kanadyjskie, to powinny być one atrakcyjną propozycją zwłaszcza dla tych inwestorów, którzy mieszkają w wynajętych mieszkaniach. Możliwość szybkiego przeprowadzenia się do własnego domu oznacza bowiem dla nich oszczędność sporej sumy pieniędzy, którą trzeba co miesiąc wydać na wynajem. Tymczasem tak nie jest...

Przyczyną tego, że w Polsce domy, wybudowane w technologii lekkiego szkieletu drewnianego, tak popularne w Kanadzie, USA czy Skandynawii, nie cieszą się zbyt dużym uznaniem, jest najprawdopodobniej to, że trzeba za nie zapłacić praktycznie tyle samo, co za murowane o podobnej wielkości. Różnice te są szczególnie małe, jeśli w wydatkach na nowy dom uwzględnimy koszt działki wraz z jej zagospodarowaniem oraz wykonaniem przyłączy do sieci elektrycznej, wodociągowej i kanalizacyjnej. Zapewne dlatego Polacy wybierają domy murowane, które są według nich zdecydowanie bardziej solidne i trwałe.

Trzeba też wziąć pod uwagę, że dla Polaków własny dom jest czym innym niż na przykład dla Amerykanów czy Kanadyjczyków. Tam jest traktowany jak samochód, który zmienia się, gdy tylko sytuacja rodzinna czy finansowa właścicieli istotnie się zmienia. U nas taki dom to siedziba rodowa, której nie sprzedaje się łatwo, nawet wtedy, gdy na jakiś czas jedno z małżonków dostaje pracę w innym mieście.

Inna sprawa, że w Polsce odległości między miastami nigdy nie są tak duże, jak potrafią być w Stanach czy Kanadzie. Nie jest też tak łatwo, jak tam, sprzedać lub zamienić

Domy kanadyjskie:



✓ **Króki czas budowy**

✓ **Koszty porównywalne z domem murowanym (który jest uważany za solidniejszy)**



Fot. 2.3 – Drewnianą konstrukcję lekkich domów szkieletowych wykonuje się z suszonych komorowo bali, czterostronnie struganych i ze szfowanymi krawędziami



Fot. 2.4 – Żelbetowy szkielet zdecydowanie lepiej usztywnia dom niż ściany wymurowane z bloczków lub pustaków, bez wypełniania pionowych spoin

dom jednorodzinny. To ostatnie też warto wziąć pod uwagę przed budową domu – jeśli jedynie pięciu na stu inwestorów wybiera dom drewniany, to sprzedanie go później na rynku wtórnym będzie zdecydowanie trudniejsze niż murowanego.



Domy murowane

Warto zatem sprawdzić, co jest takiego w domach murowanych, że Polacy w zdecydowanej większości wybierają właśnie tę technologię. Na wstępie zajmijmy się jednak samą terminologią, która jest bardzo umowna i coraz bardziej nieprawdziwa. W prawie wszystkich domach nazywanych murowanymi, które zostały wybudowane w Polsce w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat, więcej jest betonu niż muru. Mają one bowiem betonowe fundamenty oraz żelbetowe stropy i schody, a także monolitycznie połączone ze sobą belki i słupy, które usztywniają całą bryłę domu oraz wzmacniają konstrukcję ścian (fot. 2.4), murowanych z coraz większych bloczków lub pustaków na puste spoiny pionowe. Mało tego, w wieżbach tych domów murowanych, które mają strome, wielopłaciowe dachy, bardzo często drewna jest objętościowo więcej niż murowanych ścian, zwłaszcza jeśli zamontowane są w nich wielkowymiarowe okna – mimo to nikt jednak nie próbuje nazywać ich wtedy domami drewnianymi. Dlatego próby zmiany tej tradycyjnej, a mocno dziś nieprawdziwej terminologii nie mają większego sensu.

Warto się jednak przyjrzeć, co sprawia, że domy nazywane murowanymi są u nas tak popularne. **Niewątpliwie wpływ na to ma ich solidna, masywna budowa, która daje mieszkańcom poczucie bezpieczeństwa nawet w skrajnych warunkach pogodowych.** Do tego domy te mają **dużą pojemność cieplną, więc podczas gwałtownych zmian pogody temperatura w nich jest dużo stabilniejsza niż w lekkich „kanadyjczykach”.** Ma to też korzystny wpływ na sprawność nowoczesnych urządzeń grzewczych, takich jak pompy ciepła czy kotły kondensacyjne, co oczywiście przekłada się na niższe koszty ogrzewania domu. Nie bez znaczenia dla popularności domów murowanych jest także to, że łatwiej jest znaleźć

solidną firmę wykonawczą, która ma doświadczenie w ich budowaniu.

Widać też, że inwestorom nie przeszkadza to, że domy murowane buduje się dłużej niż szkieletowe drewniane, że stosunkowo wolno pozbywają się wilgoci technologicznej ze ścian, stropów, schodów, tynków i wylewek podłogowych, a także że większość z nich budowana jest systemem zleceńiowym, co oznacza konieczność zatrudniania kolejnych ekip do prac budowlanych, instalacyjnych i wykończeniowych.

Domy murowane:



- ✓ **Żelbetowy szkielet**
- ✓ **Solidna budowa dająca poczucie bezpieczeństwa**
- ✓ **Duża pojemność cieplna**
- ✓ **Łatwiej znaleźć doświadczoną firmę wykonawczą**
- ✓ **Dłuższy czas budowy**

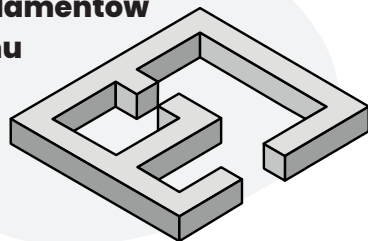
FUNDAMENTY Z BETONU

Czyli dlaczego fundamenty domów wykonywane są teraz tylko z betonu, choć kiedyś były one z cegły, kamienia polnego, a nawet z drewnianych bali

Beton to bezdyskusyjnie najlepszy materiał do wykonania fundamentów domu – zarówno murowanego, jak i drewnianego. Najlepszym dowodem tego jest to, że już dawno całkowicie wyparł stosowane wcześniej do tego celu cegły ceramiczne, kamienie polne i drewniane bale. Beton ma dużą wytrzymałość na ściskanie oraz jest bardzo trwały i odporny na mróz, a przy tym stosunkowo tani. Ważne też, że mieszanka betonowa wiąże nawet pod wodą, więc w wilgotnym gruncie betonowe fundamenty nie tylko nie niszczą się, ale nawet z czasem może wzrastać ich wytrzymałość.

Trzeba jedynie zadbać o to, żeby zewnętrzne, boczne powierzchnie fundamentu chronić przed destrukcyjnym oddziaływaniem kwasów organicznych znajdujących się w ziemi roślinnej i po deszczu przenikających w głąb gruntu. Nie jest to ani trudne, ani kosztowne – wystarczy jedynie osłonić je lekką izolacją przeciwwilgociową, wykonaną na przykład z emulsji asfaltowo-kauczukowej.

Beton to najlepszy materiał do wykonania fundamentów domu



Ławy fundamentowe

Są one tradycyjnym sposobem posadowienia domów i mają postać połączonych ze sobą betonowych belek, które wykonuje się pod zewnętrznymi i wewnętrznymi ścianami nośnymi budynku. Gdy na działce są grunty gliniaste, spód ław fundamentowych musi znajdować się poniżej ich strefy przemarzania, by uchronić budynek przed negatywnymi skutkami wysadzin mrozowych.

Obecnie ławy mają prawie wyłącznie prostokątne przekroje poprzeczne, a ich szerokość i wysokość projektuje się tak, żeby wszystkie występujące w budynku obciążenia były przenoszone na grunt w miarę równomierny sposób. W betonowych ławach umieszcza się dodatkowo zbrojenie podłużne (fot. 3.1), łączone ze sobą w ich narożach i skrzyżowaniach. Przejmuje ono ewentualne naprężenia rozciągające, zwiększając odporność ław na niejednakowe osiadanie lub wypiętrzanie się gruntu.



Fot. 3.1 – Jeśli warunki gruntowe na to pozwalają, zbrojone podłużnie ławy fundamentowe najczęściej betonuje się bezpośrednio w wykopach



Fot. 3.2 – Do budowy ścian fundamentowych zazwyczaj używa się betonowych bloczków – pełnych lub otworowych



Fot. 3.3 – Zwłaszcza do wykonania ścian piwnic stosuje się betonowe pustaki zasypowe, które można zbroić pionowo i poziomo



Fot. 3.4 – Najbardziej sztywnym fundamentem są ławy monolitycznie połączone z żelbetowymi ścianami fundamentowymi

Do wierzchu cokołu budynku, który jest równy zazwyczaj z poziomem podłogi parteru, wykonuje się na ławach ściany fundamentowe lub piwnic. Do ich budowy wykorzystuje się betonowe bloczki pełne (fot. 3.2) i otworowe lub pustaki zasypowe (fot. 3.3), w których po wymurowaniu wypełnia się otwory betonem. Dla trwałości i sztywności budynku najlepiej jest jednak, gdy ściany fundamentowe betonowane są w deskowaniu bezpośrednio na budowie, a ich zbrojenie połączone jest ze zbrojeniem ław (fot. 3.4).

Warto podkreślić, że w domach niepodpiwniczonych betonowy jest także ułożony na zagęszczonej podsypce piaskowej podkład, stanowiący konstrukcję podłogi parteru.

Płyty fundamentowe

Domy – nie tylko lekkie drewniane, ale i ciężkie murowane – buduje się także na żelbetonowych płytach fundamentowych. Zwykle taki sposób fundamentowania wybiera się wtedy, gdy na działce są niekorzystne warunki do budowy domu – na przykład grunt o małej nośności lub wysoki poziom wód gruntowych. Płyt fundamentowych nie zagłębia się bowiem w gruncie tak głęboko jak ław, a ich duża powierzchnia sprawia, że naciski, jakie stojący na nich dom wywiera na podłoże gruntowe, są niewielkie.

Płyty fundamentowe wykonuje się z reguły blisko powierzchni gruntu, po usunięciu z obrysu przyszłego domu ziemi roślinnej. Zwykle też wymienia się kilkudziesięciocentymetrową warstwę rodzimego gruntu na zagęszczoną pospółkę lub żwir o zróżnicowanej granulacji. Na takim nowym, przepuszczalnym dla wody podłożu układa się 10-15-cm warstwę izolacji termicznej z twardych płyt polistyrenu ekstrudowanego i dopiero na niej układa się zbrojenie i betonuje płytę fundamentową (fot. 3.5).

Dzięki tak wykonanym fundamentom cały dom jest nie tylko całkowicie odcięty od wilgoci gruntowej, ale i izolowany termicznie od strony gruntu – takiego efektu nie da się do końca uzyskać w domach wybudowanych na ławach fundamentowych. To właśnie dzięki możliwości ułożenia ocieplenia pod całym budynkiem płyty fundamentowe (fot. 3.6) są bardzo dobrym rozwiązaniem nie tylko dla domów, które mają być zbudowane na słabych pod względem geotechnicznym działkach, ale i dla budynków o małym zapotrzebowaniu energii do ogrzewania lub zeroenergetycznych.

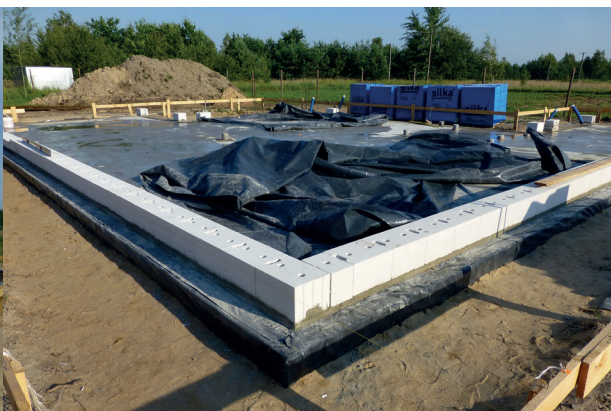
Uwaga! Domy drewniane, zarówno wybudowane z okrągłych lub prostokątnych bali, jak i w technologii lekkiego szkieletu, też mają fundamenty wykonane z betonu.



Oznacza to, że praktycznie wszystko to, co jest poniżej podłogi parteru, jest w tych domach takie samo jak w murowanych.



Fot. 3.5 – Na osłoniętych folią płytach polistyrenu ekstrudowanego układa się zbrojenie płyty fundamentowej, a następnie betonuje ją mieszanką z wywrotni



Fot. 3.6 – Płytka posadowiona płyta fundamentowa bardzo dobrze izoluje dom nie tylko termicznie, ale i od wilgoci gruntowej

STROPY ŻELBETOWE

Czyli dlaczego stropy żelbetowe są ważne dla bezpieczeństwa i komfortu mieszkańców, a także dla sztywności i trwałości domów murowanych

W domach murowanych wykonuje się głównie solidne i trwałe stropy żelbetowe.

Wprawdzie mogłyby być w nich zastosowane także stropy drewniane, ale z wielu powodów raczej się tego nie praktykuje. Jednym z nich jest to, że stropy żelbetowe są niepalne, co w razie pożaru jest bardzo ważne dla mieszkańców, ponieważ wraz z żelbetowymi schodami umożliwiają im bezpieczną ewakuację (fot. 4.1).

Istotne znaczenie ma także to, że rzeczywista nośność stropów żelbetowych jest zazwyczaj większa niż by to wynikało z obliczeń projektowych. Do tego mają one dużą sztywność i znaczny ciężar, więc nie skrzypią, gdy się po nich chodzi – pod względem akustycznym są więc bardziej komfortowe niż drewniane.

Stropy żelbetowe, oparte za pośrednictwem żelbetowych wieńców na ścianach, mają też korzystny wpływ na trwałość i sztywność domów murowanych oraz ich odporność na zarysowanie

Stropy żelbetowe:

- ✓ **Niepalne**
- ✓ **Duża nośność**
- ✓ **Duża sztywność i ciężar – nie skrzypią**
- ✓ **Odporne na drgania i nierównomierne osiadanie gruntu**



Fot. 4.1 – W domach murowanych wykonuje się przede wszystkim stropy żelbetowe – są sztywne, niepalne i „ciche” a dodatkowo usztywniają budynek



Fot. 4.2 – W domach jednorodzinnych najbardziej popularne są stropy gęstożebrowe z częściowo prefabrykowanymi belkami i pustakami wypełniającymi

i pękanie pod wpływem drgań gruntu lub jego nierównomiernego osiadania. Z tego powodu stropy żelbetowe warto stosować także w domach parterowych ze stromym dachem, w których do zamocowania sufitu wystarczyłby strop drewniany. Przy czym dobrze jest to zrobić nawet wtedy, gdy właściciele zakładają, że nigdy nie wykorzystają poddasza na cele mieszkalne.

W Polsce w domach murowanych najczęściej stosuje się stropy gęstożebrowe typu teriva, składające się z częściowo prefabrykowanych belek ze zbrojeniem kratownicowym i betonowymi stopkami oraz z keramzytowych pustaków wypełniających i wykonywanej na budowie płyty betonowej (fot. 4.2).

Obecnie dużą konkurencją dla nich są monolityczne płyty żelbetowe, które do niedawna były stosowane przede wszystkim w budownictwie wielorodzinnym, biurowym i użyteczności publicznej. Stropy te – nawet przez niewielkie firmy budowlane – są obecnie wykonywane z betonu towarowego, dostarczanego z pobliskiej wytwórni betonowozami i podawanego na deskowania inwentaryzowane za pomocą pompy.

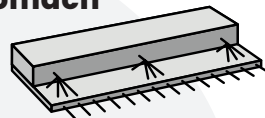
Mniej popularne, ale też coraz częściej stosowane są częściowo prefabrykowane stropy płytowe typu filigran oraz całkowicie prefabrykowane płyty z betonu sprężonego, z których stropy montuje się bardzo szybko za pomocą dźwigu (fot. 4.3), bezpośrednio z samochodu, który przywiózł je na plac budowy z zakładu prefabrykacji.



Fot. 4.3 – Stropy z prefabrykowanych płyt z betonu sprężonego montuje się szybko, bezpośrednio z samochodu, który je przywiózł na budowę

Stropy najczęściej stosowane w domach murowanych:

- ✓ **Gęstożebrowe**
- ✓ **Monolityczne płyty żelbetowe**
- ✓ **Częściowo prefabrykowane stropy płytowe typu filigran**
- ✓ **Prefabrykowane płyty z betonu sprężonego**



SZKIELET ŻELBETOWY

Czyli dlaczego bez żelbetowych słupów i belek w domu nie mogłoby być bardzo dużych okien oraz dlaczego bez żelbetowych wzmocnień ściany kolankowe nie utrzymałyby drewnianej więźby dachowej

We współczesnych domach murowanych ściany wykonywane są ze stosunkowo dużych bloczków lub pustaków, by można je było stawiać szybciej i mniejszym wysiłkiem niż z tradycyjnych cegieł. Do tego produkowane obecnie elementy murowe przeważnie mają boczne powierzchnie wyprofilowane we wpusty i wypusty, więc ściany z nich muruje się bez wypełniania pionowych spoin zaprawą. To wszystko jednak sprawia, że takie „oszczędnościowe” pod względem nakładu pracy i przez to mniej sztywne ściany łatwo się rysują i pękają, gdy dom osiada nierównomiernie. Dotyczy to szczególnie budynków, które wybudowane są na gruntach gliniastych. Niestety, działek z takimi gruntami jest w Polsce najwięcej.

Współczesne domy murowane przed tego typu uszkodzeniami są chronione nie tylko przez sztywne ławy lub płyty fundamentowe i żelbetowe stropy, ale również przez monolitycznie połączone z nimi słupy oraz opierające się na nich belki żelbetowe, pełniące w budynku różne funkcje konstrukcyjne. Są to przede wszystkim podciąg, na których opierają się przęsła stropów, ale także nadproża okienne i drzwiowe oraz całe ramy żelbetowe, umożliwiające zamontowanie w ścianach domu modnych, wielkoformatowych przeszkleń (fot. 5.1).



Fot. 5.1 – Składająca się ze słupów i belek konstrukcja żelbetowa umożliwia montaż wielkowymiarowych okien w ścianach domu



Fot. 5.2 – Są domy, w których za sztywność budynku i bezpieczne przeniesienie obciążeń na fundament odpowiada przede wszystkim szkielet żelbetowy

Zdarza się też, że projektanci na tyle nie mają zaufania do sztywności ścian nośnych, że wzmacniają je pełnym szkieletem konstrukcyjnym (fot. 5.2), przenosząc na niego prawie całkowitą odpowiedzialność za bezpieczne przekazywanie na fundamenty obciążeń występujących w budynku, a także za jego sztywność.

W domach ze stromymi dachami i mieszkalnym poddaszem żelbetowymi słupami i belkami wzmacnia się też ściany kolankowe, by mogły bezpiecznie przejść poziome obciążenia od krokwi dachowych. Bez takich wzmocnień – wieńców dachowych, połączonych słupkami z wieńcami stropu nad parterem – popularne więźby krokwiowo-jętkowe (fot. 5.3) po prostu rozjechałyby się pod ciężarem samych połaci dachowych, nie czekając nawet na większe opady mokrego śniegu czy porywisty wiatr.

Takimi żelbetowymi ramami, zamocowanymi w stropie parteru, wzmacnia się też – osłabione otworami okiennymi – ściany szczytowe domów z dwupołaciowymi stromymi dachami, które bez tego mogłyby zostać wyrócone przez wiatr (fot. 5.4). Zagrożenie to jest największe na etapie ich budowy, gdy działa na nie, oprócz parcia wiatru, także jego ssanie.

Ochrona domu przed nierównomiernym osiadaniem gruntu:



- ✔ **Płyty lub ławy fundamentowe**
- ✔ **Stropy żelbetowe**
- ✔ **Monolityczne słupy i belki żelbetowe**



Fot. 5.3 – Żelbetowe słupki, zakotwione w wieńcach dachowym i stropowym odpowiadają za stabilność więźby dachowej



Fot. 5.4 – Konstrukcja żelbetowa, składająca się ze słupów i belek, chroni ściany szczytowe przed wyróceniem przez wiatr

ŚCIANY ŻELBETOWE

Czyli dlaczego ściany żelbetowe lepiej usztywniają budynek niż murowane i są od nich bardziej odporne na zarysowania

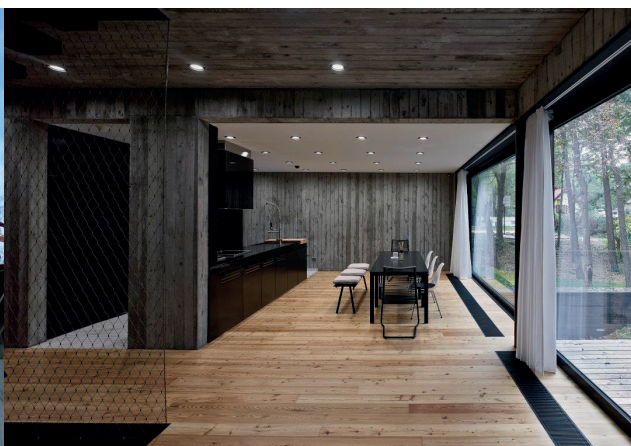
W domach o nowoczesnej architekturze, w elewacjach których dominującym elementem są duże przeszklenia, jest stosunkowo mało ścian nośnych. Dlatego warto, żeby były to **ściany żelbetowe, które mają dużo większą sztywność i nośność niż murowane z bloczków lub pustaków**. Takie odpowiednio rozmieszczone ściany z betonu zbrojonego, połączone monolitycznie ze stropami, fundamentami i schodami, są w stanie zapewnić dużą sztywność budynkowi, w którym za przenoszenie obciążeń pionowych odpowiadają przede wszystkim żelbetowe słupy. Przy czym niekoniecznie muszą być to ściany monolityczne, wykonywane na miejscu w deskowaniach, ale także takie, które przygotowane są wcześniej w zakładzie prefabrykacji betonowej.

Takie rozwiązania ścienne stosowane są powszechnie w wielokondygnacyjnych domach wielorodzinnych o konstrukcji szkieletowej, w których monolityczne lub prefabrykowane ściany żelbetowe (fot. 6.1) odpowiadają za ich sztywność, podczas gdy murowane pełnią jedynie drugorzędne funkcje, na przykład do podziału kondygnacji na mieszkania.

Co ważne, ściany żelbetowe w budynkach mieszkalnych, jeśli wykonane są z dużą starannością w deskowaniach inwentaryzowanych, pełnią nie tylko funkcję konstrukcyjną, ale od strony wnętrza także dekoracyjną, nadając im modny, industrialny wygląd (fot 6.2).



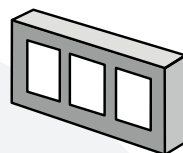
Fot. 6.1 – Monolityczne i prefabrykowane ściany żelbetowe mają nie tylko dużą nośność, ale i bardzo dobrze usztywniają bryłę budynku



Fot. 6.2 – „Surowe” ściany betonowe mogą być także atrakcyjnym elementem wystroju wnętrza, zwłaszcza w domach o industrialnej architekturze

Jeśli są to prefabrykowane ściany żelbetowe o budowie warstwowej w środku, z odpowiednio dużym ociepleniem, dzięki któremu ich współczynnik przenikania ciepła U spełnia wymagania obowiązujących warunków technicznych, to także od strony zewnętrznej mogą one zachować wygląd surowego betonu. Warto przy tym podkreślić, że takie **wykonane z betonu architektonicznego elementy elewacji domu wyróżniają się nie tylko oryginalnym wyglądem, ale i bardzo dużą trwałością i odpornością na uszkodzenia.**

Ściany żelbetowe:



- ✓ **Większa sztywność i nośność (zwłaszcza przy dużych przeszkleniach)**
- ✓ **Mogą pełnić funkcję dekoracyjną**
- ✓ **Odporność na uszkodzenia**

ROZDZIAŁ VII

STROPODACHY

Czyli dlaczego płaskie dachy mogą równie dobrze jak strome chronić domy przed zimmem i opadami atmosferycznymi oraz dlaczego znajdujące się pod nimi pomieszczenia są wygodniejsze do mieszkania od tych na poddaszu

Przyjęło się uważać, że w polskich warunkach klimatycznych dachy strome lepiej chronią domy jednorodzinne przed deszczem i śniegiem niż płaskie (fot. 7.1). Zapewne na taką opinię duży wpływ miały złe doświadczenia właścicieli domów-kostek, w dużej liczbie budowanych w Polsce w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ubiegłego wieku, których niewentylowane stropodachy ocieplane były ułożoną z małymi spadkami warstwą żużla oraz kryte słabej jakości papą asfaltową. Nic dziwnego, że stropodachy o takiej budowie dość szybko ulegały zawilgoceniu, a zimą mogły nawet przemarzać.

Takich wad nie miały stropodachy wentylowane, stosowane powszechnie także w domach wielorodzinnych, w których ocieplenie było rozłożone równomiernie na żelbetowym stropie nad ostatnią kondygnacją, a od pokrycia z papy lub blachy, ułożonego na dodatkowej konstrukcji dachowej, oddzielała je wentylowana szczelina powietrzna o dość dużej grubości. Z takimi stropodachami – jeśli tylko były poprawnie wykonane – nie było problemów i są one stosowane do dzisiaj, także w domach jednorodzinnych (fot. 7.2), oczywiście we współczesnej wersji materiałowej. Trzeba jednak przyznać, że biorąc pod uwagę dość spory kąt pochylenia połaci w stosunku do poziomu, nawet przy dobrej woli trudno uznać takie stropodachy za dachy płaskie.



Fot. 7.1 – Także w polskim klimacie płaskie dachy mogą bardzo dobrze chronić dom przed opadami atmosferycznymi oraz niską i wysoką temperaturą



Fot. 7.2 – W stropodachach wentylowanych pokrycie oddzielone jest od ułożonego na stropie ocieplenia wentylowaną przestrzenią powietrzną

Prawdziwym przełomem w zakresie dachów płaskich okazały się dopiero stropodachy o odwróconym układzie warstw. W nich izolacja przeciwwilgociowa, wykonana najczęściej z papy termozgrzewalnej, ułożona jest na stropie nad ostatnią kondygnacją. Na niej dopiero rozkłada się ocieplenie z praktycznie nienasiąkliwych płyt polistyrenu ekstrudowanego, które przed poderwaniem przez wiatr docięża warstwa żwiru, rozłożona na arkuszach geowłókniny. Przy takim układzie warstw izolacja przeciwwilgociowa jest długotrwale skuteczna, ponieważ przed degradacją, powodowaną dużymi wahaniami temperatury, oraz promieniowaniem UV skutecznie chroni ją ocieplenie z płyt i wierzchnia warstwa stropodachu. Dodatkowo warstwa żwirowa ułatwia odparowywanie wody ze stropodachu, choć może on mieć także własny system odprowadzania wód opadowych i z topniejącego śniegu.

Zamiast żwiru można na płytach polistyrenu ekstrudowanego ułożyć arkusze geowłókniny, a na nich warstwę ziemi roślinnej. Po obsadzeniu jej na przykład roślinnością ekstensywną właściciele takiego domu będą mieli „zielony” dach, którego 50% powierzchni można wliczyć do powierzchni biologicznie czynnej. Na małych działkach umożliwia to postawienie domów o większej powierzchni zabudowy.

Decydując się na wybudowanie domu z płaskim, żelbetowym dachem, jego właściciele zyskują na górnej kondygnacji pomieszczenia o pełnej wysokości, których aranżacja nie jest – tak jak w domach z poddaszem – ograniczona skosami połaci dachowych. Nie powinni się też martwić tym, że trudno będzie doświetlić światłem naturalnym strefę komunikacyjną, znajdującą się pod centralną częścią dachu. Na rynku jest bowiem wiele świetlików i okien do płaskich dachów, które zapewnią dopływ do nich światła dziennego w ilościach nawet większych niż okna połaciowe w dachach stromych. Nie powinni też zapominać, że żelbetowy strop nad ostatnią kondygnacją zdecydowanie lepiej usztywnia dom niż więźba dachowa – z płaskim dachem jest on też dużo bardziej odporny na huraganowe podmuchy wiatru.

SCHODY ŻELBETOWE

Czyli dlaczego schody żelbetowe są dla mieszkańców domów jednorodzinnych dużo bardziej komfortowe i bezpieczne niż drewniane czy metalowe

W domach drewnianych schody na piętro są oczywiście wykonane z drewna. Inaczej jest w domach murowanych, w których mogą być one zarówno drewniane, jak i żelbetowe. Decydując się na schody drewniane, trzeba mieć świadomość, że te docelowe będzie można wykonać dopiero na etapie wykańczania domu, ponieważ podczas prac budowlanych byłyby one jeśli nie zniszczone, to poważnie uszkodzone. I to nawet wtedy, gdy zostałyby na ten czas starannie zabezpieczone, a wszyscy wykonawcy obchodzili się z nimi bardzo ostrożnie. Dlatego wybierając schody drewniane, należy liczyć się z tym, że na czas budowy trzeba będzie zrobić drugie – wprowadzić prowizoryczne, ale – ze względu na bezpieczeństwo osób przemieszczających się po nich z narzędziami i materiałami – odpowiednio solidne (fot. 8.1).

Takich problemów nie mają inwestorzy, którzy do swoich murowanych domów wybiorą schody żelbetowe. Ponieważ betonuje się je zazwyczaj równocześnie ze stropem piętra, więc w celach komunikacyjnych będzie można z nich korzystać już od wczesnego etapu budowy domu (fot. 8.2). Nie trzeba się też martwić, że mogą zostać uszkodzone podczas pozostałych do wykonania robót budowlanych, gdyż beton jest na to bardzo odporny, a do wykończenia stopni i spoczników schodów oraz montażu ich balustrad przystępuje się zwykle dopiero na etapie układania podłóg, czyli wtedy, gdy dom jest już prawie gotowy.



Fot. 8.1 – Jeśli w domu murowanym mają być schody drewniane, to na czas budowy trzeba w nim zamontować schody tymczasowe

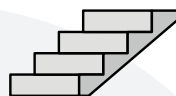
Fot. 8.2 – Konstrukcję schodów żelbetowych wykonuje się zazwyczaj równocześnie ze stropem piętra, więc można z nich korzystać także podczas dalszego etapu budowy domu

Na schody żelbetowe warto się jednak zdecydować nie tylko z tego powodu. **Przede wszystkim są one – nawet z eleganckim wykończeniem – tańsze od drewnianych, które muszą być wykonane z dobrej jakości, a więc drogiego, twardego drewna i wyglądać jak mebel.** Do tego konstrukcja schodów żelbetowych jest niepalna, więc w razie pożaru przebywający na piętrze mieszkańcy nie mają odciętej drogi na parter. Ze względów finansowych ważne jest też to, że schody żelbetowe są bardzo trwałe i w przeciwieństwie do drewnianych nie reagują na zmiany wilgotności powietrza i nie rozsychają się z czasem. To co być może będzie kiedyś wymagać remontu, to wyłącznie ich wykończenie, co nie jest tak kosztowne jak pełna renowacja schodów drewnianych lub ich wymiana.

Schody żelbetowe mają dużą masę, więc pod względem akustycznym są lepsze od drewnianych, ponieważ dobrze tłumią odgłos kroków i nigdy nie skrzypią. Dzięki dużej pojemności termicznej – podobnie jak żelbetowe stropy czy inne, wykonane z betonu elementy domu – akumulują i oddają ciepło, więc przy zmianach pogody korzystnie wpływają na stabilizację temperatury w pomieszczeniach.

Wykonane z betonu zbrojonego schody, ze względu na swoją przestrzenną konstrukcję, składającą się z trwale połączonych ze sobą biegów i spoczników, oraz monolityczne związanie z żelbetowym stropem, mają też **wpływ na zwiększenie sztywności budynku i jego odporności na zarysowanie, spowodowane nierównomiernym osiadaniem fundamentów.**

Schody żelbetowe:



- ✔ **Tańsze od drewnianych**
- ✔ **Niepalne (bezpieczna ewakuacja w razie pożaru)**
- ✔ **Trwałe i odporne na wilgoć**
- ✔ **Zwiększają sztywność budynku**
- ✔ **Akumulują i oddają ciepło**
- ✔ **Ciche**



Fot. 8.3 – Dzięki przestrzennej konstrukcji połączone ze stropem schody żelbetowe stanowią dodatkowe usztywnienie bryły budynku

BETON I ENERGOOSZCZĘDNOŚĆ

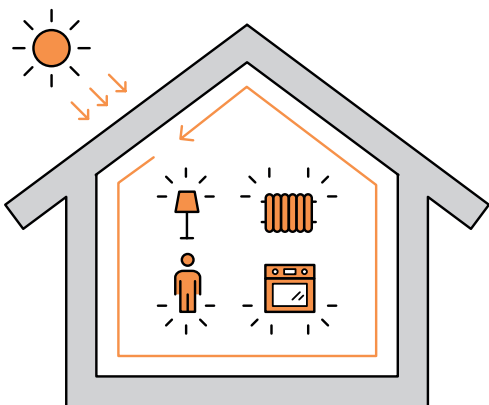
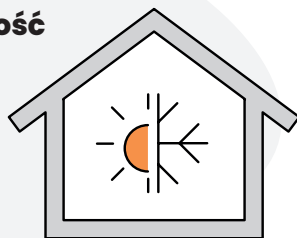
Czyli dlaczego domy, w których jest dużo elementów żelbetonowych i betonowych, są bardziej energooszczędne niż inne

Tym, co odróżnia dom murowany od drewnianego, wykonanego w technologii lekkiego szkieletu, jest duża pojemność cieplna jego elementów konstrukcyjnych. Dzięki niej mogą one magazynować w sobie ciepło znajdujące się we wnętrzu domu, by oddać je z powrotem, gdy temperatura powietrza w jego pomieszczeniach się obniży.

Ilości tego ciepła są znaczne, ponieważ powietrze w domu ogrzewane jest nie tylko przez instalację grzewczą, ale także przez urządzenia AGD i przez... domowników (ciepło bytowe). Duży – choć często niezauważany przez mieszkańców – udział w ogrzewaniu wnętrza domu ma też słońce, którego promieniowanie w mroźne, ale pogodne dni dociera głęboko do wnętrza pomieszczeń.

Pojemność cieplna materiałów budowlanych jest iloczynem ich masy i ciepła właściwego. Ciepło właściwe popularnych ścian murowanych oraz wykonanych z betonu elementów jest podobne, co oznacza, że to żelbetowe stropy, belki, słupy i schody, a także betonowe podkłady pod posadzki mają największy udział w akumulowaniu ciepła przez

Domy murowane wyróżniają dużą pojemność cieplną



budynek murowany. Jest tak nie tylko dlatego, że objętościowo jest w nim takich elementów konstrukcyjnych najwięcej – także ich masa jest kilkakrotnie większa niż ścian, wymurowanych z bloczków lub pustaków.

W chłodnych porach roku duża pojemność cieplna jest niewątpliwie ważną zaletą domów całorocznych, ponieważ raz ogrzane, bardzo wolno reagują na nagłe ochłodzenie pogody. Dotyczy to także niespodziewanych przerw w ich ogrzewaniu, spowodowanych na przykład brakiem

dostawy prądu lub awarią urządzenia grzewczego. W takich sytuacjach domy murowane są w stanie zapewnić mieszkańcom komfort cieplny przez znacznie dłuższy czas niż lekkie, szkieletowe domy drewniane, których elementy konstrukcyjne praktycznie nie akumulują ciepła.

Duża bezwładność cieplna domów murowanych, stabilizująca w nich temperaturę powietrza, korzystnie wpływa też na pracę nowoczesnych kotłów kondensacyjnych i pomp ciepła. Dla utrzymania oczekiwanej przez mieszkańców temperatury w pomieszczeniach, urządzenia te mogą pracować z małą mocą, a wtedy ich

sprawność jest największa. Przekłada się to oczywiście na niższe rachunki za ogrzewanie domu, co też może być jednym z powodów, dla których Polacy wolą mieszkać w domach murowanych, czyli w takich, w których jest dużo elementów żelbetowych.

Duża pojemność cieplna domu:

- ✔ **Ciepło jest magazynowane w elementach konstrukcyjnych i uwalniane w przypadku ochłodzenia**
- ✔ **Niższe rachunki za ogrzewanie**
- ✔ **Korzystny wpływ na pracę nowoczesnych kotłów kondensacyjnych i pomp ciepła**

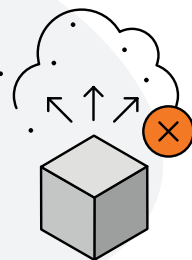
ROZDZIAŁ X

BETON I MIKROKLIMAT

Czyli dlaczego elementy betonowe i żelbetowe nie mają negatywnego wpływu na jakość powietrza w domu

Dla zdrowia i dobrego samopoczucia mieszkańcom nie wystarczy, by w chłodne dni w ich domu było ciepło. Jeszcze powietrze, którym w nim oddychają, musi cały czas zawierać odpowiednio dużą ilość tlenu. **Musi być ono też w jak największym stopniu pozbawione różnego rodzaju bakterii, wirusów, alergenów, drobinek kurzu oraz szkodliwych związków chemicznych, emitowanych przez różne znajdujące się w domu źródła.**

Beton jest materiałem o niskiej emisji lotnych związków organicznych



Do tych ostatnich zalicza się materiały, które zostały użyte do jego budowy i wykończenia, a także meble i inne elementy wyposażenia wewnątrz. W większym lub mniejszym stopniu emitują one różnego rodzaju lotne związki organiczne, które – ze względu na ich toksyczność – lepiej, żeby nie dostawały się do płuc mieszkańców. Ich nagromadzenie we wnętrzach domu, negatywnie wpływające na jakość powietrza, może powodować szybkie pogorszenie stanu zdrowia domowników, objawiające się najpierw bólami głowy, kaszlem i podrażnieniami skóry, by po upływie kilku lat stać się przyczyną poważnych schorzeń płuc i serca, a nawet chorób nowotworowych.

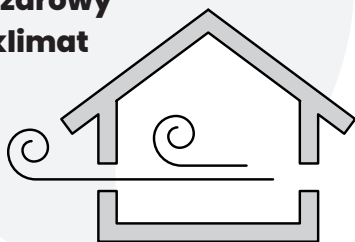
Oczywiście nie wszystkie materiały budowlane i wykończeniowe mają taki sam negatywny wpływ na zdrowie mieszkańców. **Do najmniej szkodliwych należy na przykład beton, który w ocenie Instytutu Techniki Budowlanej jest materiałem o pomijalnie niskiej emisji lotnych związków organicznych.** Wykonane z niego elementy betonowe i żelbetowe nie tworzą też dogodnych warunków do rozwoju pleśni i drobnoustrojów.

Dla inwestorów jest to ważna wiadomość, **ponieważ we współczesnie wznoszonych w Polsce domach jednorodzinnych beton jest dominującym materiałem budowlanym, zarówno pod względem objętościowym, jak i wagowym.** Nie zmienia to faktu, że nawet w takich budynkach sprawna wentylacja jest niezwykle potrzebna. I to najlepiej taka, która za pomocą filtrów także dostarczane z zewnątrz powietrze oczyści z wszelkich występujących w nim zanieczyszczeń.

Elementy betonowe nie tworzą dogodnych warunków do rozwoju pleśni i drobnoustrojów



Właściwa wentylacja domu jest konieczna, aby zapewnić w nim zdrowy mikroklimat



Przy czym konieczność stałej i skutecznej wymiany powietrza w domach nie wynika jedynie z tego, że do ich budowy zostały również użyte materiały budowlane i wykończeniowe, które emitują szkodliwe związki organiczne bez porównania w większym stopniu niż beton. Bez właściwej wentylacji nie da się po prostu zapewnić mieszkańcom przyjaznego im, zdrowego mikroklimatu w ich własnym domu.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji nie może być reprodukowana, przechowywana w systemie odzyskiwania danych ani przekazywana w żadnej formie, ani w żaden sposób, drogą elektroniczną, mechaniczną, poprzez kserokopię, nagrywanie albo w inny sposób, bez uprzedniej zgody ze strony Stowarzyszenia Producentów Cementu w Polsce.

©Copyright

Stowarzyszenie Producentów Cementu

Redakcja

Zbigniew Pilch

Autorzy tekstów, fotografii, rysunków i wykresów

Paulina Gos, Grzegorz Krechowicki, Zbigniew Pilch,
Wiesław Rudolf, Bożena Środa

Korekta

Katarzyna Standerska

Wydawca

Stowarzyszenie Producentów Cementu
ul. Lubelska 29

30-003 Kraków

tel. +48 12 423 33 55

fax +48 12 423 33 45

e-mail: wydawnictwo@polskicement.pl

<http://www.polskicement.pl>



DTP

AMCommunication, Andrzej Jędrychowski

