

Iceland 
Liechtenstein
Norway grants

BUDOWNICTWO NATURALNE

PORADNIK INWESTORA

Buduj i remontuj z użyciem nowoczesnych, ekologicznych technologii



IOŚ-PIB
Instytut Ochrony Środowiska
Państwowy Instytut Badawczy



Ogólnopolskie
Stowarzyszenie
Budownictwa
Naturalnego



Tytuł: Budownictwo Naturalne. Poradnik Inwestora.

Redakcja merytoryczna: Anna Zawadzka-Sobieraj

Projekt graficzny: Katarzyna Woszczyńska

Skład i łamanie: Katarzyna Woszczyńska

Materiał powstał w ramach projektu „Dekarbonizacja procesów budowlanych - wprowadzenie materiałów naturalnych o zerowym śladzie węglowym, w tym drewna do gospodarki obiegu cyrkularnego w budownictwie” realizowanego przez Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy oraz Ogólnopolskie Stowarzyszenie Budownictwa Naturalnego. Projekt korzysta z dofinansowania o wartości 744 951 euro otrzymanego od Islandii, Liechtensteinu i Norwegii w ramach Funduszy EOG. Celem projektu jest umożliwienie rozwoju sektora budownictwa naturalnego i drewnianego oraz implementacja Gospodarki Obiegu Zamkniętego w sektorze budownictwa w Polsce. Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.”

www.eeagrants.pl

Warszawa, 2024

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

BUDOWNICTWO NATURALNE

PORADNIK INWESTORA

Buduj i remontuj z użyciem nowoczesnych, ekologicznych technologii



IOŚ-PIB
Instytut Ochrony Środowiska
Państwowy Instytut Badawczy



Ogólnopolskie
Stowarzyszenie
Budownictwa
Naturalnego

**DEKARBONIZACJA
PROCESÓW
BUDOWLANYCH**

Spis Treści

Wprowadzenie

Dekarbonizacja i GOZ w budownictwie naturalnym 6

Anna Zawadzka-Sobieraj, Katarzyna Skiba

Rozdział 1

Przegląd rozwiązań stosowanych w budownictwie opartym na zasadach GOZ 12

Anna Zawadzka-Sobieraj, Katarzyna Skiba

1.1 Budownictwo jednorodzinne 12

1.2 Budownictwo wielorodzinne i użyteczność publiczna 13

Rozdział 2

Charakterystyka wybranych technologii GOZ 16

Borys Lewandowski, Wojciech Piątkiewicz, dr Piotr Narloch,

Anna Zawadzka-Sobieraj, Katarzyna Skiba, Paweł Wołęjsza,

Iwona Jadanowska-Gromke, Marcin Kacprzyk

2.1 Słoma 16

2.2 Hempcrete (beton konopny) 19

2.3 Gлина ubijana. 24

2.4 Materiały zasypowe 28

2.5 Wtórne zastosowanie materiałów
i komponentów budowlanych 32

2.6 Wykończenia naturalne 35

Rozdział 3

Wzornik GOZ 49

Jan Dowgiałło

3.1 Budownictwo jednorodzinne 49

3.2 Budownictwo jednorodzinne szeregowe 55

3.3 Budownictwo wielorodzinne. 59

Rozdział 4

Rozwiązania budowlane i wykonawcze 65

Jan Dowgiałło, Adam Parzyszek

4.1 Budynki nowe 65

4.1.1 Szkielet drewniany izolowany kostkami słomy 65

4.1.2 Hempcrete. 68

4.1.3 Prefabrykaty słomiane 71

Rozdział 5

Przykłady realizacji z wykorzystaniem naturalnych technologii74

Przemysław Woś

Wprowadzenie

Dekarbonizacja i GOZ w budownictwie naturalnym

Anna Zawadzka-Sobieraj, Katarzyna Skiba

Po co ten poradnik?

Poradnik Inwestora stanowi kompendium wiedzy o materiałach i technologiach naturalnych, będących jedną z możliwości, wciąż mało wykorzystaną, dekarbonizacji sektora budownictwa i przejścia na gospodarkę obiegu zamkniętego. Rozwiązania budownictwa naturalnego są obecnie nielicznymi przykładami podejścia ograniczającego emisję jednocześnie w procesie produkcji materiałów, organizacji procesu budowlanego, eksploatacji budynku i utylizacji materiałów pobudowlanych.

Publikacja adresowana jest zarówno do inwestorów indywidualnych, samorządowych czy deweloperów. Pomoże przygotować się do budowy domu jednorodzinnego, jak i do realizacji inwestycji publicznej z zastosowaniem rozwiązań budownictwa naturalnego.

Budownictwo naturalne nie jest nowym odkryciem. Bazuje na używanych tradycyjnie materiałach: glinie, słomie, konopiach, ziemi, drewnie, pozyskiwanych lokalnie, ale we współczesnym wydaniu ze zapytmalizowanym procesem budowy, produkcją i prefabrykacją.

Poradnik Inwestora oraz inne zadania realizowane w ramach projektu „Dekarbonizacja procesów budowlanych: wprowadzenie materiałów naturalnych o zerowym śladzie węglowym, w tym drewna do gospodarki obiegu cyrkularnego w budownictwie” mają na celu popularyzację budownictwa naturalnego oraz likwidację barier i ograniczeń w jego zastosowaniu.

W Poradniku Inwestora znajduje się opracowanie szczegółowej charakterystyki wiodących technologii naturalnych. Omówione są: budownictwo słomiane, konoplit, technologie zasypowe, glina ubijana/ glina lekka. Są też szczegółowo

opisane wykończenia naturalne, takie jak tynki gliniane, wapienne, czy tadelakt i możliwość ich zastosowania również w konwencjonalnej realizacji budynków.

Dodatkowo w poradniku znajdziemy informacje o wtórnym zastosowaniu materiałów i komponentów budowlanych. Mimo, że nie opiera się ono na wykorzystaniu materiałów naturalnych, to z racji powiązania z zagadnieniem dekarbonizacji stanowi przyszłościowe rozwiązanie przyczyniające się do redukcji ilości odpadów budowlanych i emisji dwutlenku węgla w ramach Gospodarki Obiegu Zamkniętego.

Emisje i ich konsekwencje a potrzeby dekarbonizacji

Dekarbonizacja polega na redukcji emisji gazów cieplarnianych, zwłaszcza dwutlenku węgla (CO₂), w celu ograniczenia negatywnego wpływu na zmiany klimatu. Emisje gazów cieplarnianych powstają głównie w wyniku spalania paliw kopalnych, takich jak węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny, które są powszechnie wykorzystywane m.in. w produkcji energii, transporcie, przemyśle i budownictwie.

Wzrost zawartości gazów cieplarnianych w atmosferze utrudnia uwolnienie promieniowania podczerwonego emitowanego przez powierzchnię planety. W rezultacie Ziemia wypromieniowuje w kosmos mniej energii niż pochłania ze Słońca. Energia ta kumuluje się w ziemskim systemie klimatycznym wywołując globalne ocieplenie. Skala przyszłego globalnego ocieplenia zależy od poziomu mających nastąpić emisji gazów cieplarnianych. Konsekwencje z nią związane są już nieuniknione, ale wciąż

jest możliwe podjęcie skutecznych działań, dzięki którym nie będą one aż tak poważne czy katastrofalne.

Scenariusze emisji opracowywane są przez IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu, który jest organem Organizacji Narodów Zjednoczonych zajmującym się oceną zmian klimatycznych. IPCC w 2023 roku sporządziło szóste sprawozdanie (AR6), podsumowujące stan wiedzy na temat zmian klimatycznych, ich powszechnych skutków i zagrożeń oraz mitygacji - łagodzenia zmiany klimatu i adaptacji - przystosowania się do niej.

Nastąpiły już, wywołane przez człowieka, szybkie zmiany w atmosferze, oceanach, kriosferze i biosferze, które z kolei wywołują ekstremalne zjawiska pogodowe i klimatyczne w każdym regionie świata. Doprowadziło to do powszechnych niekorzystnych skutków i szkód dla przyrody i ludzi.

Globalne emisje gazów cieplarnianych w 2030 r., zakładane na podstawie ustalonych na szczepku krajowym wkładów, ogłoszonych do października 2021 r., wskazują na prawdopodobieństwo, że ocieplenie przekroczy $1,5^{\circ}\text{C}$ w XXI wieku oraz, że może być trudne ograniczenie ocieplenia poniżej 2°C . Są to zakładane ograniczenia globalnego ocieplenia w pierwszym w historii prawnie wiążącym porozumieniu w dziedzinie klimatu, zwanym Porozumieniem Paryskim, przyjętym podczas konferencji klimatycznej w Paryżu (COP21) w grudniu 2015 r.

Według raportu IPCC na temat globalnego ocieplenia z 2018 r., globalne emisje netto powinny osiągnąć poziom zerowy do 2050 r., jeśli cel 2°C ma zostać osiągnięty, a w przypadku ograniczenia ocieplenia do $1,5^{\circ}\text{C}$ już do 2030 roku.

O zerowej emisji CO_2 netto mówimy, gdy ilość CO_2 wyemitowana do atmosfery jest równa ilości CO_2 usuniętego z atmosfery w wyniku działalności człowieka w określonym czasie. Ujemne emisje CO_2 netto mają miejsce, gdy pochłanianie przekracza emisje antropogeniczne. Skumulowana emisja dwutlenku węgla do czasu osiągnięcia zerowej emisji CO_2 netto oraz poziom redukcji emisji gazów cieplarnianych

w tej dekadzie w dużej mierze decydują o tym, czy ocieplenie uda się ograniczyć do najniższego progu i bardziej optymistycznych scenariuszy.

Możliwych scenariuszy jest pięć, są oznaczane skrótem SSP (Shared Socio-economic Pathway), tzn. wspólne ścieżki społeczno-ekonomiczne. Odwołują się do alternatywnych możliwości rozwoju społeczno-gospodarczego, stanowiących czynniki antropogenicznej zmiany klimatu:

Redukcja emisji do poziomu określanego w scenariuszu SSP1-1.9, wydaje się już mało realistyczna, zaś scenariusz SSP5-8.5, który zakłada podejście „business as usual”, szczęśliwie mało prawdopodobny, przy już obecnie podjętych działaniach.

Można przyjąć, że obecnie znajdujemy się na ścieżce scenariusza SSP2-4.5, z możliwym wahaniem od SSP1-2.6 do SSP3-7.0. Co to oznacza? SSP2-4.5 to scenariusz średnich emisji, z ich poziomami podobnymi do obecnych, utrzymującymi się do drugiej połowy stulecia, później stopniowo spadającymi, lecz nie poniżej zera do końca XXI wieku. W scenariuszu SSP2-4.5 obecna polityka doprowadzi do ocieplenia o $2,7^{\circ}\text{C}$ w 2100 r., ale po tej dacie będzie ono również nadal rosnąć. Obecna polityka nie ogranicza ocieplenia nawet do poziomu $2,7^{\circ}\text{C}$.

O ile do około roku 2050 wzrost średniej globalnej temperatury we wszystkich scenariuszach jest podobny, to w dalszym horyzoncie czasowym scenariusze znacznie różnią się od siebie. Im wyższy poziom emisji, tym poważniejsze skutki: podniesienie poziomu mórz i oceanów, wymieranie gatunków, susze, fale upałów, powodzie i inne gwałtowne zjawiska pogodowe, z których część będzie nieodwracalna.

„Dowody naukowe są jednoznaczne: zmiany klimatu stanowią zagrożenie dla dobrostanu ludzi i zdrowia planety. Jakiegokolwiek dalsze opóźnienia w skoordynowanych działaniach globalnych spowodują, że zabraknie krótkiego i szybko zamykającego się okna, w którym można zapewnić godną życia przyszłość”, czytamy w „Ekonomii obwarzanka”, Kate Raworth.

Stoimy przed koniecznością nieuchronnych

zmian. Dotyczą one również polskiej gospodarki, w tym sektora budowlanego.

Dekarbonizacja sektora budowlanego

Sektor budowlany jest największym emitentem gazów cieplarnianych, odpowiadającym za 37 proc. światowych emisji.

Działania w tym sektorze skupiały się dotychczas wokół redukcji „operacyjnych” emisji dwutlenku węgla z budynków – emisji pochodzących z fazy użytkowania, czyli: ogrzewania, chłodzenia i oświetlenia. Wiele zostało zrobione w kierunku zwiększenia efektywności energetycznej budynków, w tym budowania w standardzie zeroenergetycznym, termomodernizacji, przejścia na niskoemisyjne źródła ciepła.

Oprócz emisji „operacyjnych” istotną rolę odgrywają emisje „wbudowane”, czyli proces produkcji i utylizacji komponentów i materiałów budowlanych.

Raport „Building Materials and the Climate: Constructing a New Future” opracowany przez UNEP, Yale Center for Ecosystems + Architecture w ramach Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC) podkreśla pilną potrzebę ustanowienia innowacyjnych modeli działania w celu dekarbonizacji materiałów budowlanych.

W raporcie wskazano trzy nadrzędne strategie, które należy wdrożyć łącznie, aby dekarbonizować procesy budowlane. Należy:

- unikać wydobycia surowców i produkcji materiałów, optymalizować procesy projektowe i budowę, dzięki czemu będzie możliwe budowanie z mniejszej ilości materiałów, wykorzystywać wtórnie komponenty i materiały
- przejść na praktyki związane z materiałami regeneracyjnymi, stosując etycznie wyprodukowane, niskoemisyjne, biologiczne materiały budowlane (takie jak materiały ziemne, drewno, odpady rolne i leśne)
- ulepszać metody radykalnej dekarbonizacji konwencjonalnych materiałów, takich jak beton, stal, aluminium, stosować te

nieodnawialne, wysokoemisyjne materiały tylko wtedy, gdy jest to absolutnie konieczne.

Przejście na stosowanie biomateriałów może doprowadzić w wielu regionach do łącznych oszczędności emisji w sektorze sięgających nawet 40 procent do 2060 r. wg raportu „Building Materials and the Climate: Constructing a New Future”.

Odnawialne, biologiczne materiały budowlane mają wyjątkową zdolność zmniejszania emisji dwutlenku węgla do atmosfery, jeśli są pozyskiwane i zarządzane w sposób zrównoważony.

Obecnie drewno jest wiodącym biomateriałem. Jest też nieodłącznym elementem większości konstrukcji stosowanych w budownictwie naturalnym. Konstrukcje wymagają wypełnienia lub obłożenia materiałem izolacyjnym i wykończeniowym. Jest to szerokie pole do zagospodarowania, jako że na razie głównie stosowane są konwencjonalne rozwiązania często oparte na surowcach nieodnawialnych. W roli zamiennika doskonale sprawdzą się materiały naturalne, szerzej omówione w tym opracowaniu.

Wprowadzanie na szeroką skalę dotychczas mało znanych materiałów pochodzenia biologicznego wymaga wielopoziomowych działań, takich jak: włączenie do norm i przepisów budowlanych, standaryzacja, szerokie podniesienie kwalifikacji w branży, zachęty marketingowe i finansowe oraz regulacje.

Nie zawsze przecież budowano z materiałów wysokoemisyjnych. W pierwszej połowie XX wieku w wielu częściach świata powstawały budynki, również duże obiekty, z rodzimych materiałów ziemnych i biologicznych, takich jak drewno, trzcina, słoma, ziemia, glina. Jednakże w ciągu ostatniego stulecia, wraz z coraz większym dostępem do paliw kopalnych, globalne wydobycie i produkcja materiałów na bazie minerałów charakteryzujących się dużą emisją dwutlenku węgla (takich jak beton i stal) gwałtownie wzrosły, wyparty materiały pochodzenia biologicznego i co więcej stały się symbolem nowoczesności i postępu.

Budynki z materiałów wysokoemisyjnych po okresie użytkowania generowały odpady

trafiające na składowiska. Materiały użyte do budowy, nabyte w ramach złożonych łańcuchów dostaw, nie były przeznaczone do łatwego demontażu lub ponownego użycia.

Istotne zatem jest wybieranie takich rozwiązań, które oprócz niskiego poziomu energii wbudowanej nie generują powstawania odpadów, są możliwe do recyklingu lub ponownego użycia czy adaptacji.

Gospodarka Obiegu Zamkniętego

Przez ostatnie dwieście lat produkcję opierano na linearnym systemie, zbudowanym na zasadzie „od kołyski aż po grób”. Związane z nim podejście „weź-zrób-użyj-wyrzuć” polega na wydobyciu minerałów, metali, biomasy i paliw kopalnych z ziemi, przetworzeniu ich na towary, sprzedaży konsumentowi, który, gdy zakończy ich użytkowanie (zmienia się jego potrzeby, moda, albo zwyczajnie, będzie miał ochotę na co innego), pozbędzie się ich. Ten model funkcjonuje wbrew porządkowi przyrody, który polega na nieustannym obiegu materii. System linearny dąży do nieuchronnego wyczerpania zasobów natury.

Wprowadzane różnego typu narzędzia rynkowe czy finansowe mające na celu obniżenie emisji i poziomu użycia materiałów opartych o paliwa kopalne pomagają ograniczyć destrukcyjne działanie człowieka, ale wciąż są częścią degeneracyjnego podejścia obciążającego limity Ziemi. Na jego miejsce należy wprowadzić paradygmat podejścia regeneracyjnego, naśladującego naturalne systemy. Przez miliardy lat naturalne systemy regenerowały się same. Odpady są wynalazkiem człowieka.

Podejście regeneracyjne zakłada pozostawienie świata w lepszym stanie niż go zastaliśmy. Janine Benyus, myślicielka i aktywistka w dziedzinie biomimikry głosiła: „(..) Chcę, żebyśmy podjęli się tego zadania (..) i zaczęli w pełni uczestniczyć w cyklach przyrody. Zaczniemy od cyklu węglowego. Nauczmy się, jak zatrzymać nasz przemysłowy „wydech” zanieczyszczeń węglowych, a następnie, naśladując rośliny, nauczmy się jak „wdychać” dwutlenek węgla

w nasze wyroby i przechowywać go przez stulecia w bogatych glebach rolnych. Kiedy spróbujemy swoich sił w cyklu węglowym, zastosujemy to, czego się nauczymy, do cykli fosforowych, azotowych i wodnych”.

Produkcja przemysłowa zaczęła już przemianę od podejścia degeneratywnego ku regeneracyjnemu w ramach Gospodarki Obiegu Zamkniętego, zbudowanej na zasadzie „od kołyski do kołyski” - „cradle to cradle”. Zasada od kołyski do kołyski zaproponowana przez Williama McDonough i Michaela Braungarta zakłada zaprojektowanie produktów i procesów produkcyjnych w taki sposób, aby stały się surowcem dla kolejnych procesów produkcyjnych. Jest to koncepcja oparta na zapewnieniu trwałego i zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych oraz minimalizacji wpływu na środowisko.

W modelu gospodarki o obiegu zamkniętym produkty, komponenty i materiały pozostają w obiegu tak długo jak to możliwe, maksymalizując swoją wartość i użyteczność. Dążenie do domykania obiegów materiałowych oznacza, że komponenty, materiały i surowce zawarte w zużytych produktach są ponownie wykorzystywane w różnych modelach działania (cyrkularne modele biznesowe), nie pozostawiając po sobie odpadów. Obieg materii możliwy jest w cyklu technicznym oraz biologicznym. Cykl techniczny dotyczy surowców nieodnawialnych, poddawanych odzyskowi, ponownemu użyciu, naprawie, regeneracji czy przetworzeniu.

Cykl biologiczny dotyczy surowców odnawialnych - materiały naturalne ulegają rozpadowi biologicznemu, składniki odżywcze z materiałów biodegradowalnych wracają na Ziemię służąc regeneracji przyrody.

W założeniu GOZ każda substancja raz wprowadzona do obiegu już w nim pozostaje na zawsze – w cyklu biologicznym przetwarzana w procesach naturalnych, a w cyklu technicznym utrzymywana jako zasób do kolejnego wykorzystania.

Zastosowanie zasad GOZ w budownictwie

Projektując budynki, infrastrukturę i inne elementy środowiska zabudowanego zgodnie z zasadami Gospodarki Obiegu Zamkniętego, możemy zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych, tworząc jednocześnie obszary miejskie, które są bardziej przyjazne do życia, produktywne i wygodne.

Takie podejście nazywane jest projektowaniem cyrkularnym. Zakładając cyrkularny obieg produktów, komponentów i materiałów, od samego początku przewiduje się możliwość adaptacji, a także demontażu oraz recyklingu i ponownego użycia. Elastyczność w projektowaniu i doborze technologii zapewnia dostosowanie budynku do zmian w zakresie użytkowania, potrzeb użytkowników, struktury demograficznej lub do zmian wynikających z czynników zewnętrznych, takich jak zmiana klimatu.

W gospodarce o obiegu zamkniętym budynki staną się bankami materiałów do przyszłych realizacji.

Ślad węglowy

Ślad węglowy budynku to rodzaj śladu ekologicznego, wyrażonego w całkowitej sumie emisji gazów cieplarnianych wywołanych bezpośrednio lub pośrednio przez budynek. Do sumy tej wliczają się zarówno emisje wbudowane (czyli wynikające z produkcji i transportu wbudowanych materiałów budowlanych, prac budowlanych przy wznoszeniu obiektu oraz rozbiórkowych po końcu jego użytkowania) jak i emisje operacyjne (związane z użytkowaniem budynku).

Do pomiaru wpływu danego materiału, produktu czy procesu na środowisko używana jest ocena cyklu życia produktu (Life Cycle Assessment – LCA). Ocena dokonywana jest w różnych kategoriach - jedną z nich jest wpływ na globalne ocieplenie wyrażony w kilogramach ekwiwalentu CO₂.

W celu redukcji śladu węglowego (a tym samym wpływu cyklu życia budynku na globalne ocieplenie) na etapie projektowania

konceptyjnego należy zidentyfikować aspekty budynku, które najbardziej przyczyniają się do emisji gazów cieplarnianych. Na etapie projektowania szczegółowego emisje należy obliczać i modelować. Można testować emisje z różnych scenariuszy projektowych i scenariuszy przyszłego cyklu życia. Należy szczególnie zwrócić uwagę na: kompromis między redukcją emisji na etapie użytkowania budynku, a emisjami związanymi z wytwarzaniem izolacji termicznej i innych rozwiązań, w tym OZE, minimalizowanie zużycia materiałów i powstawania odpadów na placu budowy oraz cyrkularność rozwiązań; stosowanie rozwiązań zapewniających trwałość budynku; zapewnienie możliwości dostosowania budynku do zmieniających się potrzeb (ang. design for adaptability), możliwość odzysku i ponownego użycia materiałów po zakończeniu życia budynku (ang. design for deconstruction).

Materiały budowlane możemy usystematyzować w postaci piramidy materiałowej, na szczycie której znajdują się te o największym śladzie węglowym: cement, beton, aluminium, stal.

Na dole piramidy znajdują się materiały pochodzenia roślinnego, takie jak ziemia ubijana, glina oraz te o ujemnym śladzie węglowym, takie jak: słoma, drewno czy materiały drewnopochodne.

Podczas wzrostu rośliny pochłaniają i wiążą duże ilości CO₂ z powietrza, a także przenoszą tę ilość do otaczającej gleby. Każdy kilogram suchej masy roślinnej zawiera około 0,5 kilograma węgla. Odpowiada to sekwestracji 1,8 kilograma CO₂ z atmosfery. Węgiel ten pozostanie nienaruszony, dopóki materiał nie ulegnie spaleniowi lub rozkładowi. Dlatego budynki z drewna i innych produktów roślinnych magazynują dwutlenek węgla tak długo, jak stoją.

Podsumowując, ślad węglowy wbudowany stanowią głównie emisje z najczęściej stosowanych, wysoko przetworzonych materiałów i odpady generowane przez procesy budowlane, zarówno z placu budowy, jak i z rozbiórek.

Uwarunkowania legislacyjne

Unia Europejska podjęła szereg działań legislacyjnych mających umożliwić osiągnięcie neutralności klimatycznej.

W ramach Europejskiego Zielonego Ładu określono plan zmiany transformacyjnej, w tym działania na rzecz przejścia na gospodarkę o obiegu zamkniętym.

W życie weszło też Rozporządzenie Komisji Europejskiej w sprawie Taksonomii, ustanawiające kryteria, określające czy dana działalność gospodarcza, w tym budownictwo, może zostać uznana za zrównoważoną. Opracowano wymogi dot. wdrożenia gospodarki o obiegu zamkniętym w budownictwie. Określono konieczne do osiągnięcia progi odpadów z budowy i rozbiórki, nadających się do ponownego użycia, recyklingu i innych procesów odzysku materiału. Wskazano konieczność spełnienia zasad cyrkularności w projektowaniu, mających umożliwić osiągnięcie wyższego poziomu zasobooszczędności, możliwości dostosowania, elastyczności i możliwości demontażu w celu umożliwienia ponownego użycia i recyklingu. Unijne regulacje pociągnęły za sobą konieczność dekarbonizacji budownictwa w Polsce i co za tym idzie konieczność zmian w polskich regulacjach prawnych oraz strategicznych dokumentach kształtujących sektor budownictwa.

Konieczne są dalsze kroki w celu stworzenia regulacji prawnych, narzędzi niezbędnych do osiągnięcia zerowego całkowitego śladu węglowego netto w budynkach i umożliwienie rozwoju efektywnych ekonomicznie technologii budowy i modernizacji.

Projekt „Dekarbonizacja procesów budowlanych - wprowadzenie materiałów naturalnych o zerowym śladzie węglowym, w tym drewna do gospodarki obiegu cyrkularnego w budownictwie”, którego częścią jest opracowanie Poradnik Inwestora określa niezbędne działania do dalszego upowszechniania materiałów naturalnych, jako jednego z elementów GOZ.

Realizacja celów GOZ przez uczestników procesu budowlanego-deweloperzy, inwestorzy i właściciele budynków wobec dekarbonizacji

Do roku 2050 wszystkie budynki powinny charakteryzować się zerowym operacyjnym śladem węglowym, natomiast budynki nowe i poddawane modernizacji - zerowym śladem węglowym netto w całym cyklu życia. Realizacja tego celu wymaga zmian w podejściu do inwestycji budowlanych.

Pierwszym krokiem jest podniesienie poziomu wiedzy i świadomości w zakresie dekarbonizacji i gospodarki o obiegu zamkniętym i co za tym idzie Identyfikacja oraz realizacja działań zmniejszających ślad węglowy. Jedną z dróg do tego celu jest wdrożenie naturalnych materiałów i technologii do planowanych inwestycji. To opracowanie ma przybliżyć Inwestorowi spektrum możliwości budownictwa naturalnego i stać się drogowskazem do przejścia na neutralność klimatyczną.

Rozdział 1

Przegląd rozwiązań stosowanych w budownictwie opartym na zasadach GOZ

Anna Zawadzka-Sobieraj, Katarzyna Skiba

1.1 Budownictwo jednorodzinne

W budownictwie jednorodzinnym możliwe jest zastosowanie całego spektrum rozwiązań cyrkularnych.

Dotychczas głównymi barierami były poziom wiedzy i świadomości w zakresie dekarbonizacji oraz koszty. Inwestor, finansując budowę ze środków własnych lub starając się o kredyt, zwykle szuka możliwie jak najtańszych rozwiązań. Te rozwiązania mogą być najtańsze „tu i teraz”, ale niekoniecznie w perspektywie okresu użytkowania budynku, a na pewno nie, jeżeli chodzi o ślad ekologiczny pozostawiony przez dany obiekt.

Wraz z upowszechnianiem się rozwiązań cyrkularnych, stają się one coraz bardziej konkurencyjne cenowo, zaś obciążenie kosztów materiałów budowlanych kosztem ich utylizacji będzie zdecydowanie działać na korzyść rozwiązań prośrodowiskowych.

Najwięcej możliwości zastosowania rozwiązań naturalnych istnieje obecnie w budownictwie jednorodzinnym. Wiele naturalnych technologii, omówionych szerzej w tym opracowaniu, nie ma wykonanej w Polsce wystarczającej ścieżki badań, w tym pożarowych czy cieplno-wilgotnościowych.

Projektanci czy wykonawcy opierają się na wynikach badań zagranicznych oraz własnej wiedzy i doświadczeniu. Mimo, że budownictwo naturalne jest od lat cenione za granicą, nietrudno zgadnąć, że przy braku stosownych certyfikacji, tylko świadomy i otwarty inwestor decyduje się na mniej konwencjonalne rozwiązania.

W ramach projektu „Dekarbonizacja procesów budowlanych - wprowadzenie materiałów naturalnych o zerowym śladzie węglowym, w tym

drewna, do gospodarki obiegu cyrkularnego w budownictwie”, którego częścią jest ten poradnik, wykonywane są badania pożarowe i cieplno-wilgotnościowe, jak również powstaje mapa drogowa definiująca niezbędne kroki w celu upowszechnienia opisanych tu technologii.

Na razie w przypadku słomy, hempcretu czy rozwiązań opartych na glinie (głina lekka, glina ubijana), w których to z powodzeniem wznoszone są ekologiczne i zdrowe domy jednorodzinne, uczestnicy procesu budowlanego: architekt, wykonawca czy kierownik budowy - biorą na siebie ciężar odpowiedzialności za zastosowanie tych technologii. Architekt sporządza jednostkowe dopuszczenie danego materiału/technologii do zastosowania, a wykonawca bierze odpowiedzialność za dobór receptury i osiągnięcie koniecznych parametrów.

Zgodnie z obowiązującą Ustawą o wyrobach budowlanych, dopuszczone do jednostkowego zastosowania w obiekcie budowlanym są wyroby budowlane wykonane według indywidualnej dokumentacji technicznej, sporządzonej przez projektanta lub z nim uzgodnionej, dla których producent (wykonawca) wydał oświadczenie, że zapewniono zgodność wyrobu budowlanego z tą dokumentacją oraz z przepisami. Indywidualna dokumentacja techniczna, stanowiąca dopuszczenie jednostkowe, powinna zawierać opis rozwiązania, charakterystykę materiałową i informację dotyczącą projektowanych właściwości użytkowych wyrobu budowlanego oraz określać warunki jego zastosowania w danym obiekcie budowlanym, a także, w miarę potrzeb, instrukcję obsługi i eksploatacji.

Oświadczenie producenta powinno zawierać: nazwę i adres wydającego oświadczenie, nazwę

wyrobu budowlanego i miejsce jego wytworzenia, identyfikację dokumentacji technicznej, stwierdzenie zgodności wyrobu budowlanego z dokumentacją techniczną oraz przepisami, adres obiektu budowlanego (budowy), w którym wyrób budowlany ma być zastosowany, miejsce i datę wydania oraz podpis wydającego oświadczenie.

Wyroby dopuszczone do jednostkowego zastosowania nie są oznaczane oznakowaniem CE ani znakiem budowlanym. Z określenia „wyrób przeznaczony do jednostkowego zastosowania” wynika, że nie jest to wyrób seryjnie produkowany z przeznaczeniem do powszechnego stosowania.

Wyrób przeznaczony do jednostkowego zastosowania może być użyty jedynie na konkretnej budowie, dla której ta dokumentacja została sporządzona.

Zwykle rozwiązania wymagające jednostkowego dopuszczenia dotyczą tych technologii, które używane są bezpośrednio na budowie. Czasami też to inwestor jest wykonawcą swojego budynku, jako że materiały naturalne dają taką możliwość i, co więcej, satysfakcję z osobistego udziału w procesie budowy.

Do budownictwa jednorodzinnego przeznaczone są też prefabrykaty, np.: prefabrykaty drewniane ze sprasowaną słomą. Ze względu na wysoki koszt ich kompleksowych badań i to, że powstają w ramach lokalnej produkcji na małą skalę w niewielkich manufakturach, często brakuje także ich produktowej oceny jakościowej, potwierdzonej badaniami i deklaracjami, a stosowane są według powyżej opisanej ścieżki.

Te ograniczenia nie zmniejszają możliwości zastosowania technologii naturalnych w budownictwie jednorodinnym.

Oprócz kompleksowych rozwiązań, w których stosowana jest naturalna technologia dla całego budynku - szkielet drewniany wypełniony naturalnym izolatorem lub prefabrykaty na bazie szkieletu drewnianego - w obrębie budownictwa naturalnego znajdziemy różne rozwiązania wykończeniowe, jak: tynki gliniane, tynki wapienne, tadelakt, czyli tynk wodoodporny, płyty gliniane, farby gliniane.

Te produkty mogą być zastosowane również na konwencjonalnych budowach, przy renowacjach budynków czy remontach mieszkań. Mogą być aplikowane na różnego typu powierzchnie, w tym cegły, beton, tynki cementowo-wapienne czy płyty gipsowo-kartonowe.

Ze względu na swoje właściwości, takie jak buforowanie wilgotności, brak zawartości LZO (lotnych związków organicznych), są doskonałą prozdrowotną i prośrodowiskową alternatywą dla typowych wykończeń.

W obrębie rozwiązań z zakresu GOZ, oprócz stosowania zrównoważonych materiałów, znajdziemy całą gamę rozwiązań do zastosowania zarówno na konwencjonalnej budowie, jak i na budowie z naturalnych materiałów.

Są to :

- rozwiązania zwiększające efektywność energetyczną np: właściwe zaprojektowanie budynku pod kątem maksymalizowania zysków i minimalizowania strat ciepła: zwarta bryła, odpowiednia orientacja wobec stron świata, odpowiedni dobór przeszkleń, odzysk ciepła z wentylacji;
- zbieranie i wykorzystanie deszczówki oraz zastosowanie instalacji wody szarej;
- zastosowanie źródeł odnawialnej energii dla potrzeb zasilania i ogrzewania budynku: panele fotowoltaiczne, geotermia;
- zrównoważone projektowanie krajozrazu: nasadzenia zacieniające budynek i chroniące przed przegrzewaniem, permakultura.

1.2 Budownictwo wielorodzinne i użyteczność publiczna

Do niedawna w projektowaniu i realizacji typowych budynków wielorodzinnych główne kryterium wyboru technologii stanowiła cena. Zagadnienia środowiskowe zwykle nie były brane pod uwagę.

Ta sytuacja zaczyna ulegać stopniowej zmianie dzięki wprowadzanym regulacjom, jak również zachodzącej zmianie świadomościowej.

Jedną z takich regulacji jest Taksonomia wspomagająca transformację gospodarki Unii

Europejskiej ku gospodarce niskoemisyjnej i zrównoważonej poprzez oddziaływanie na europejski sektor finansowy.

Unia Europejska w 2021 roku wprowadziła przepisy określające, jakie rodzaje działalności gospodarczej prowadzonej w krajach UE są zrównoważone środowiskowo. Część tych przepisów dotyczy działalności budowlanej, deweloperskiej i związanej z obsługą rynku nieruchomości.

Taksonomia określa sześć celów środowiskowych, które musi realizować dana działalność (w tym budynki nowoprojektowane i poddawane renowacji), a także ustanawia tzw. techniczne kryteria kwalifikacji, czyli konkretne warunki, które muszą zostać spełnione, aby została ona zakwalifikowana jako zrównoważona środowiskowo.

Wprowadzana konieczność stosowania tych wytycznych opartych również o Wskaźniki level(s), czy normę ISO 20887 w zakresie oceny możliwości demontażu lub dostosowania budynków sprawia, że projektanci, deweloperzy i wykonawcy zaczynają sięgać po rozwiązania cyrkularne.

W momencie pisania tego poradnika w przygotowaniu są pierwsze projekty budynków wielorodzinnych, opartych o kryteria zawarte w Taksonomii.

W budynkach zaprojektowanych w oparciu o kryteria prośrodowiskowe należy zastosować rozwiązania w zakresie:

- adaptacji budynku do zmian klimatu, zwłaszcza oparte na zasobach przyrody, zielonej i niebieskiej infrastrukturze po uprzednim przeprowadzeniu oceny ryzyk klimatycznych, zgodnie ze scenariuszami klimatycznymi do 2050/2060 (stanowiące odpowiedź na zdefiniowane ryzyka klimatyczne);
- adaptacji do lokalnego mikroklimatu: w tym oparte o potencjał pasywnego ogrzewania/chłodzenia, wysokowydajne odnawialne źródła energii i komfortowe oświetlenie dzienne;
- łagodzenia zmian klimatu: poprawy efektywności energetycznej, szczelności, zwartości bryły, redukcji śladu węglowego,

minimalizowania wyspy ciepła;

- elastyczności rzutów, możliwości adaptacji/zmiany funkcji/przebudowy w przyszłości;
- zamykania obiegu materiałów, redukcji ilości odpadów na etapie budowy i przyszłej rozbiórki/demontażu budynku i odzysku materiałów;
- nietoksyczności stosowanych materiałów, zwłaszcza tych, z którymi użytkownik ma bezpośredni kontakt;
- redukcji zanieczyszczenia hałasem i światłem.

Należy również zadbać o:

- zdrowie, samopoczucie i komfort mieszkańców/użytkowników, jakość powietrza, komfort akustyczny, wentylację naturalną/przewietrzanie;
- dostępność pieszą, dostępność transportu publicznego, bliskość niezbędnych usług oraz rozwiązania proekologiczne w zakresie parkowania, parkingów rowerowych, elektromobilności;
- zagospodarowanie działki: dużą ilość powierzchni biologicznie czynnych, w tym zielone ściany i dachy czy retencję wody w obrębie działki.

Ze względu na ograniczoną możliwość zastosowania naturalnych technologii do czasu wykonania koniecznych badań i wdrożenia rozwiązań na szerszą skalę, obecnie, w przypadku budownictwa wielorodzinnego i użyteczności publicznej, możemy skorzystać z rozwiązań w zakresie naturalnych wykończeń. Są to tynki gliniane, tynki wapienne, tadelakt (tynk wodoodporny), płyty gliniane, farby gliniane. Odpowiadają one na kryteria nietoksyczności, jakości powietrza, komfortu akustycznego.

W realizacjach deweloperskich, w których wykonywane są prace wykończeniowe, lub w przestrzeniach wspólnych, będą stanowić wartość dodaną i zapewniać zdrowy mikroklimat mieszkańcom i użytkownikom. W budynkach użyteczności publicznej, w tym w budynkach biurowych czy administracyjnych, zastosowanie

tych materiałów będzie wpływać na komfort pracy i korzystania z przestrzeni.

Możliwe jest też użycie naturalnych technologii w przypadku elementów dekoracyjnych, np. wykonanie ściany z gliny/ziemi ubijanej czy zastosowanie elementów aranżacji wnętrza przy użyciu materiałów z recyklingu.

Rozdział 2

Charakterystyka wybranych technologii GOZ

Borys Lewandowski, Wojciech Piątkiewicz, dr Piotr Narloch,
Anna Zawadzka-Sobieraj, Katarzyna Skiba, Paweł Wołęjsza,
Iwona Jadanowska-Gromke, Marcin Kacprzyk

2.1 Słoma

Borys Lewandowski

Do czego stosujemy słomę w budownictwie?

We współczesnym budownictwie stosuje się słomę głównie jako materiał izolacyjny do wypełniania konstrukcji szkieletowych ścian, stropów i dachów (ang. in-fill). Budowanie z samych kostek słomy (ang. straw-bale) bez użycia dodatkowej konstrukcji jest, pod pewnymi warunkami, możliwe i stosowane głównie w obiektach niskich, wznoszonych sposobem gospodarczym. Jest to technika zwana samonośną (ang. load-bearing). Kierunkiem rozwoju najbardziej interesującym dla przemysłu budowlanego jest obecnie prefabrykacja (wielkoformatowe elementy przygotowane w zakładzie produkcyjnym i montowane na budowie) oraz materiały ociepleniowe w postaci płyt i mat z wełny lignocelulozowej pochodzącej z rozwłóknionej słomy.

Podstawowe informacje na temat słomy

Większość z nas intuicyjnie kojarzy czym jest słoma, jednak czy na pewno wszyscy to wiemy? Chyba zacząć należy od rozróżnienia słomy i siana, z którym często jest mylona przez osoby wychowane w mieście, które niewiele miały w życiu do czynienia z wiejską rzeczywistością.

- Słoma to łodygi i liście jednorocznych roślin uprawnych (np. zboża, trzcina, rośliny oleiste, jak rzepak i len, oraz włókniste, jak len i konopie) zebrane w stanie dojrzało-suchym (żniwa), po omłocie (pozbawione nasion). Co

do zasady nie zawiera domieszki siana, lecz w praktyce nie da się tego zupełnie uniknąć. Działania dążące do minimalizacji zawartości zielonej masy są podejmowane już na etapie uprawy i zwykle nie musimy się nią martwić poszukując materiału do budowy. Jednak warto zwracać na to uwagę. W tym rozdziale pisząc „słoma” będziemy mieli na myśli słomę ze zbóż takich, jak żyto lub pszenica, a nie z innych roślin np. włóknistych, jak len, czy konopie. Ta ostatnia jest jednak na tyle ceniona w przemyśle, że poświęciliśmy jej osobny rozdział poradnika.

- Siano to także łodygi i liście roślin jednorocznych (głównie trawy i bobowate, dawniej zwane motylkowymi, np. koniczyna, ubik), jednak skoszonych przed dojrzałością (sianokosy), a następnie wysuszonych. W odróżnieniu od słomy zawiera znacznie więcej wartości odżywczych i służy głównie do karmienia zwierząt. Z tego powodu łatwo fermentuje i kompostuje. Ma za to dużo mniej krzemionki, która odpowiada za twardość, sprężystość i trwałość słomy cenną dla budownictwa.

Oba surowce używane są w hodowli zwierząt i rolnictwie, przy czym siano bardziej jako pasza, a słoma jako ściółka (zarówno w hodowli i ogrodnictwie), a także jako źródło materii organicznej w glebie - próchnicy (tzw. przyoranie).

Słoma znajduje także od dawna zastosowanie w budownictwie i w tym ostatnim przechodzi dziś swoisty renesans. Tradycyjne jej wykorzystanie obejmowało głównie dachy (strzechy) oraz maty do pokrywania ścian pod tynki lub wykładania podłóg pomieszczeń (to ostatnie jest do dziś najbardziej powszechne w Japonii).

Współczesne zastosowanie tego materiału różni się jednak znacznie od tradycyjnego, przed-przemysłowego. Postępująca mechanizacja i uprzemysłowienie rolnictwa zmieniły skalę oraz sposób przetworzenia tego wbrew pozorom cennego surowca i w niczym nie przypomina dziś stogów stojących w polu od jesieni do wiosny.

Dostępność/pozyskiwanie

Pomimo ogromnego popytu na słomę w rolnictwie jej produkcja znacząco przewyższa zapotrzebowanie. Z 30 mln ton rocznej produkcji w Polsce wykorzystane zostaje ok. 2/3, reszta pozostaje odpadem do zagospodarowania. Jest to jeden z najpowszechniej występujących surowców w naszym kraju. Gdyby próbować zaspokoić całe zapotrzebowanie na domy jednorodzinne w Polsce słomą wykorzystano by co najwyżej 1/10 tego zasobu.

Jak wygląda zbiór słomy? Do niedawna jeszcze popularne były wynalezione ponad 100 lat temu napędzane ciągnikiem prasy polowe do zbierania i kostkowania słomy na polu. W efekcie powstają kostki sprasowanej słomy ściśle związane sznurkami (pierwotnie lnianymi lub konopnymi, obecnie najczęściej polipropylenowymi) o różnych rozmiarach, ale najpopularniejsze oscylują wokół 35x45x75 cm. Regionalna nazwa tej formy na wschodzie Polski to ciuk, a prasa do ich wykonania to ciukarka. Zdarzają się i znacznie większe kostki o rozmiarach dochodzących do 2m (ang. big-bale). Kostki przez długi czas pozostawały niezwykle praktyczną formą dla transportu, przeładunku i przechowywania. Kompresja i regularna forma pozwalają na przechowanie większej ilości słomy na mniejszej przestrzeni, niż tradycyjnie. Kostki złożone w przewiewnej i zadaszonej stodole mają też dłuższy czas przydatności, niż stogi na polu (choć sztukę układania stogów nadal warto doceniać).

Forma kostki jest tak praktyczna, że pomysł na zastosowanie w budownictwie nasunął się zapewne każdemu, kto brał udział w żniwach choćby jako bierny obserwator. Można się domyślać, że próby układania ścian z kostek słomy są tak stare, jak samo kostkowanie i układanie kostek w stodole.

Rozmiar kostki stał się podstawą do rozwoju ponad sto lat temu pierwszej techniki wznoszenia ścian w konstrukcji drewnianej wypełnionych prasowaną, kostkowaną słomą. Najstarszym budynkiem w tej technologii, stojącym i użytkowanym do dziś, jest Maison de Feuillette - dom stojący w Montargis w departamencie Loiret we Francji, zaprojektowany przez francuskiego architekta, Émile Feuillette, ukończony w 1920 roku.

Obecnie bardziej popularne w rolnictwie są baloty, czyli rolki o średnicy zwykle 1,5-2,0 m, wiązane siatką polipropylenową, ładowane i układane podnośnikiem widłowym (mocowanym do ciągnika). Ta forma słomy, aby zastosować ją do budowy, wymaga przeprasowania z balotu do kostki. Dzieje się to ze szkodą dla jej struktury, ale jest to mniej znaczące w przypadku zautomatyzowanej produkcji prefabrykatów, gdzie mamy do czynienia z odpowiednio zaprojektowaną linią produkcyjną oraz zakładową kontrolą jakości. W produkcji ręcznej powinno się, w miarę możliwości, unikać przeformatowania.

Parametry techniczne

Technika prasowania słomy ukierunkowuje włókna, co powoduje, że tak przygotowany materiał ma różne właściwości w zależności od kierunku ich badania.

Nośność

Prasowana słoma jest co do zasady słabym materiałem konstrukcyjnym.

Zdecydowanie lepszą nośność kostki słomy wykazują w poprzek łodyg niż wzdłuż, ponieważ w tym drugim wypadku łodygi zagłębiają się między siebie wzajemnie, stawiają mniejszy opór i pozwalają na dużo większe odkształcenie, niż w przypadku ściskania łodyg prostopadle.

Prasowana słoma jest dobrym podłożem dla tynków glinianych bądź wapiennych, pod warunkiem, że są grubowarstwowe. Taki ustrój nie nadaje się jednak do kotwienia elementów konstrukcyjnych (wieszania szafek kuchennych itp.) i wymaga np. wzmocnienia obszaru ściany płytą konstrukcyjną (deską, OSB, MFP) przed tynkowaniem. Popularne jest też wykańczanie

ścian ze słomy płytami budowlanymi, w tym glinianymi.

Izolacyjność termiczna

Słoma jest o wiele lepszym materiałem ociepleniowym, służącym do wypełnienia przegród (ścian, stropów, dachów), zwykle wykonywanych w konstrukcji drewnianej. Nie wypada może wybitnie na tle innych współczesnych materiałów ociepleniowych pod względem jednostkowego współczynnika przewodności cieplnej, jednak łatwość jej pozyskania i zastosowania, cena, oraz inne właściwości, pod względem których pozostałe materiały izolacyjne nie wypadają tak korzystnie (jak np. ślad węglowy, nakład energii pierwotnej, pojemność cieplna, właściwości akustyczne, wrażenia zmysłowe) powodują, że jest warta rozważenia.

Swoje właściwości cieplne zawdzięcza specyficznej strukturze materiału - sprężystych słomek, które znacznie utrudniają konwekcję, przenikanie i promieniowanie ciepła poprzecznie do ich kierunku. Na przewodność cieplną prasowanej słomy wpływ ma wiele czynników, m.in. kierunek ułożenia włókien, gęstość, wilgotność, czas przechowania w niekorzystnych warunkach, gatunek/odmiana, warunki uprawy. Na większość z nich, tych najważniejszych, mamy wpływ w trakcie budowy i jej przygotowania.

Prefabrykacja

Coraz popularniejszym kierunkiem rozwoju budownictwa słomianego jest prefabrykacja. Korzyścią w rozwiązaniach prefabrykowanych jest przede wszystkim czas montażu, a także większa staranność wykonania elementów wynikająca z kontrolowanych warunków w zakładzie (np. niezależność od pogody).

Wad prefabrykacja posiada niewiele, ale najważniejszą jest to, że aby była ekonomicznie opłacalna konieczny jest efekt skali - elementy powinny być powtarzalne, a popyt na nie stały. Utrzymanie zakładu produkcyjnego w ruchu wymaga stałych nakładów. Wraz z rozwojem budownictwa ekologicznego ten sposób zastosowania słomy w budownictwie będzie

najprawdopodobniej coraz popularniejszy i bardziej konkurencyjny.

Zagrożenia i środki ostrożności

Słoma, pomimo swoich ogromnych zalet, posiada, jak każdy materiał budowlany, także niedające się pominąć wady, o których należy wspomnieć. Da się im jednak zapobiegać odpowiednią organizacją pracy.

Pylenie

Podczas przeładunku i obróbki mechanicznej powstaje dużo pyłu, drobinki są ostre i zawierają krzemionkę, są więc twarde i drażniące dla dróg oddechowych i błon śluzowych. Chorobą zawodową rolników pracujących przy żniwach jest związana z tym odmiana pylicy, dlatego podczas pracy należy pamiętać o środkach ochrony osobistej dróg oddechowych i błon śluzowych - maskach przeciwpyłowych i szczelnych gogli do ochrony oczu - a także właściwej wentylacji zakładu. Aby zminimalizować pylenie należy unikać gwałtownego przerzucania materiału, a zamiast tego spokojnie go przekładać.

Szorstkość

Łodygi i drobinki słomy są ostre i przez to mechanicznie drażniące dla skóry (najbardziej narażone są przedramiona, kark, tułów i golenie) dlatego należy używać ubrania ochronnego okrywającego całe ciało, najlepiej z grubego dreluchu, lecz w przewiewnym kroju, oraz przewiewnej chusty na szyję. Czy czegoś wam to nie przypomina? Brakuje słomianego kapelusza i słomki w zębach. Dodatkowo taki strój dobrze chroni przed upałem, w którym najczęściej prowadzone są prace na budowie związane ze słomowaniem.

Pleśń

Spory pleśni mogą wywołać choroby dróg oddechowych oraz groźne zatrucia, dlatego należy zawsze sprawdzić słomę na ich obecność i bezwarunkowo odrzucić partie, które są nimi zanieczyszczone. Nie tylko z powodu bezpieczeństwa na budowie, ale także ze względu na przyszłych

mieszkańców. Obecność pleśni najłatwiej poznać po czarnym lub kolorowym nalocie (ale może być także żółty) oraz charakterystycznym zapachu po roztarciu. Rozwój pleśni zwykle jest związany z niewłaściwym przechowywaniem słomy w warunkach okresowego narażenia na wysoką wilgotność. Słoma powinna być przechowywana w suchym i przewiewnym pomieszczeniu, bez narażenia na powtarzające się zawilgocenie, np. opady. O ile jednorazowy kontakt z wodą nie stanowi problemu, pod warunkiem, że słoma będzie miała szansę wyschnąć w krótkim czasie, o tyle powtarzające się zawilgocenie tworzy warunki do rozwoju pleśni (na dowolnym materiale, niekoniecznie słomie, zarodniki pleśni są zawarte w powietrzu). Częstym zjawiskiem podczas przechowywania pod blaszanym dachem jest skraplanie pary wodnej z powietrza pod blachą w wyniku różnicy temperatur i jej skapywanie na słomę. Dobrym sposobem na zapobieganie temu zjawisku jest stosowanie wentylowanej podbitki dachowej lub blachy podklejonej filcem.

Odpowiednia organizacja robót powinna uwzględniać słomowanie w trakcie suchej pogody lub wykonanie zadaszenia przed przystąpieniem do słomowania (jeżeli konstrukcja umożliwia wykonanie dachu przed słomowaniem). Wcześniejsze wykonanie zadaszenia tworzy też dobre warunki do przechowania kostek słomy na budowie i pozwala uniezależnić tempo prac od pogody.

Palność

O ile ściana z prasowanej słomy w szkielecie drewnianym obustronnie wykończona wykazuje dużą odporność pożarową (nawet 120 minut) to w stanie sypkim (siecarka) lub pyłowym, z dobrym dostępem powietrza, jest bardzo kalorycznym paliwem łatwo ulegającym zapłonowi. Zapalić może się zarówno pył o odpowiednim stężeniu (co skutkuje gwałtownym wybuchem), jak i siecarka rozrzucona po placu budowy lub zakładzie. Zajmuje się niezwykle szybko i błyskawicznie rozprzestrzenienia ognia. Podstawowymi środkami ostrożności są:

- odpowiednia wentylacja,

- środki gaśnicze (np. gaśnice, albo nawet zwykłe wiadro z wodą) znajdujące się w pobliżu miejsca kumulacji siewki,
- zakaz palenia na budowie i w zakładzie,
- zakaz używania ognia (np. palnik, spawanie) lub narzędzi iskrzących (np. szlifierka kątowna, która może trafić na gwóźdź) w pobliżu luźnej siewki lub w zapyłonym pomieszczeniu,
- nakaz usuwania siewki na bieżąco i składowania jej w miejscu zabezpieczonym przed płomieniem i iskrami.

Podczas gaszenia płonącej siewki należy zwracać szczególną uwagę na kierunek strumienia środka gaśniczego, ponieważ zdmuchnięcie płonącej siewki w kierunku następnej porcji luźnej siewki może mieć efekt odwrotny do zamierzonego i rozprzestrzeni ogień. Najlepszy efekt daje zwilżanie jeszcze niezajętego materiału dookoła ogniska pożaru i cierpliwe czekanie aż zajęty materiał się dopali, połączone z uważnym obserwowaniem tego procesu.

2.2 Hempcrete (beton konopny)

Wojciech Piątkiewicz

Do czego stosujemy hempcrete w budownictwie?

Może być stosowany w formie bloczków, szalunku, płyt lub w formie natryskowej jako wypełnienie (izolacja) ścian zewnętrznych lub wewnętrznych. W formie zasypowej może być wypełnieniem stropów lub podłóg. Stosujemy go do budynków nowych, termomodernizacji i wykonywania uzupełnień w starych murach.

Co to jest hempcrete?

Naukowa nazwa kompozyt wapienno-konopny, popularnie nazywany jest również betonem konopnym lub konoplitem. Najbardziej znana nazwa tego materiału, obecna również w polskim języku, to hempcrete, która jest zlepką słów hemp (ang. konopia) oraz concrete (ang. beton). Hempcrete jest w uproszczeniu połączeniem dwóch składników (kruszywa roślinnego

i spoiwa) - konopi i wapna. Kruszywo roślinne stanowią konopie pod postacią paździerz konopnych, czyli krótkich kawałków zdrewniałej łodygi. Kawałki te mogą mieć różną długość i szerokość, nieraz można znaleźć wśród nich krótkie włókna, pozostałość po procesie przeróbki słomy konopnej. Spoiwo materiału to przede wszystkim wapno i woda. Łączy ono sobą paździerz, nadając kształt kompozytowi oraz decyduje o jego trwałości.

Krótką historia

Konopie stosowano w budownictwie od wieków, natomiast zastosowanie ich jako składnik w kompozycie wapienno-konopnym miało swój początek pod koniec XX wieku we Francji. Wówczas to poszukiwano materiału do renowacji historycznych budynków, który będzie paroprzepuszczalny, z dobrą izolacyjnością termiczną oraz będzie dobrze współpracował z konstrukcją drewnianą. Postanowiono wykorzystać odpad przy produkcji wełny konopnej i wymieszać go z wapnem. Tak powstał materiał, który w Polsce nazywamy dziś betonem konopnym (fr. beton de chanvre). Wkrótce zaczęto go wykorzystywać także do budowania nowych budynków, rozwijać jego receptury oraz możliwe zastosowania. Do dziś Francja pozostaje liderem w zastosowaniu tego materiału.

Rozwój budownictwa z betonu konopnego w Polsce datuje się na 2011 rok, kiedy to powstał z niego obiekt doświadczalny w IWNiRZ [Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich-Państwowy Instytut Badawczy] w Poznaniu. Od tamtego czasu technologia to konsekwentnie się rozwija i dziś można znaleźć około 60 budynków, w których zastosowano ten materiał. Na terenie Polski znajdują się także uprawy konopi do celów budowlanych oraz zakłady przetwarzające je na paździerz m.in. w Wielkopolsce i na Podlasiu. Popyt na paździerz jest jednak na tyle duży, że w trakcie sezonu budowlanego jest on sprowadzany także z Ukrainy, Rumunii czy Litwy.

Z czym to się je?

Hempcrete najczęściej jest wykorzystywany do wypełniania ścian. Pełni rolę izolacji termicznej

oraz wypełnienia szkieletu budynku zazwyczaj o konstrukcji drewnianej. Jego zastosowanie sięga jednak szerzej i może być on używany również jako izolacja stropów, dachów i podłóg oraz jako tynk. Jego skład można modyfikować w zależności od przeznaczenia materiału. Dzięki temu konoplit może osiągać różne właściwości w zależności od naszych potrzeb.

Skąd się bierze paździerz konopny?

Historia

Konopie choć w dzisiejszych czasach kojarzą się, przez popkulturę, głównie z ich narkotycznym wykorzystaniem, od dawna były używane przez człowieka głównie w innych celach.

Konopa siewna (*Cannabis sativa* L.), która bywa nazywana również konopią włóknistą lub przemysłową, ma długą historię wykorzystania, sięgającą tysięcy lat, co potwierdzają znaleziska archeologiczne z Azji. Dzięki swojej łatwości przystosowania się do różnych warunków klimatyczno-glebowych roślina ta rozprzestrzeniła się na cały świat. Dziś obecne są na świecie dziesiątki jej odmian. Różnią się one między sobą m.in. budową, okresem wegetacji lub zawartością substancji chemicznych. Konopie uprawiano w celach przemysłowych głównie dla włókien, ze względu na wytrzymałość i odporność na gnienie. Konopne worki, sznury, liny okrętowe czy żagle miały nieraz tak istotne znaczenie dla gospodarek europejskich krajów, że władcy nakazywali rolnikom uprawę tego materiału. W XX wieku Polska była jednym z liderów uprawy tej rośliny na świecie. Wszystko zmieniło się wraz z wynalezieniem włókien syntetycznych oraz kryminalizacją marihuany, co doprowadziło do zakazów uprawy konopi wszelkiego typu.

Wzrost świadomości ekologicznej w Europie pod koniec XX wieku spowodował odrodzenie zainteresowania konopiami. Dziś konopie uprawia się dla wielu zastosowań. Głównie są one uprawiane dla produkcji włókna, ale także do celów spożywczych, farmaceutycznych czy kosmetologii. Znajdują również zastosowanie

jako rośliny do rekultywacji terenów poprzemysłowych i przyczyniają się do regeneracji biologicznej terenu.

Uprawa

Konopie są łatwe w uprawie i mogą rosnąć na różnych rodzajach gleb, choć wymagają odpowiedniego pH (6,5 lub więcej). Choć konopie nie wymagają specjalnych wartości odżywczych, aby wyrosnąć, dla osiągnięcia odpowiedniego plonu potrzebują nawożenia. Rośliny te mają duże wymagania wodne i jako młode siewki są wrażliwe na okresy suszy, ale dzięki głębokiemu systemowi korzeniowemu dobrze radzą sobie z takimi warunkami w dorosłym stadium, co może być istotne w zmieniających się warunkach klimatycznych. Dzięki szybkiemu wzrostowi konopie tłumią inne rośliny i wygrywają walkę o dostępność światła. Przy ich uprawie nie trzeba stosować środków przeciw chwastom (herbicydów). Konopie mają wysoką odporność na choroby i szkodniki, nie wymagają stosowania pestycydów, co pomaga ograniczyć użycie chemii w rolnictwie oraz chronić bioróżnorodności w okolicy.

Paździerz konopny

Paździerz konopny jest to zdrewniała część rośliny, który stanowi około 70 proc. objętości łodygi. Używany był do tej pory głównie jako wyściółka dla zwierząt, biomasa na cele energetyczne lub do celów papierniczych. Od kilkudziesięciu lat znalazł wykorzystanie do celów budowlanych. Proces oddzielania włókien od paździerza w warunkach polskich najczęściej polega na roszniu: poddaniu ściętych roślin działaniu grzybów i bakterii, a następnie międleniu i dekortykacji, czyli mechanicznemu oddzieleniu paździerza od włókien.

Paździerze konopne mają budowę gąbczastą tzn. składają się z sieci zamkniętych mikroporów. Dzięki takiej budowie wypadają najlepiej względem innych potencjalnych kruszyw roślinnych pod względem izolacyjnym. Częstki paździerza do celów budowlanych mają wielkość zazwyczaj w zakresie 5-35 mm. Większe cząstki utrudniają obróbkę technologiczną. Mniejsze natomiast

będą potrzebowały większej ilości spoiwa, co przekłada się na spadek izolacyjności termicznej. Im większy udział drobnych paździerzy tym tworzony materiał będzie bardziej jednorodny oraz osiągnie większą wytrzymałość na ściskanie. Paździerz powinien być jak najlepiej odpylony, w przeciwnym wypadku konieczne jest użycie większej ilości wody w mieszance co negatywnie wpływa na wiązanie materiału. Nie wskazana jest również duża ilość włókien. Włókna w niewielkiej ilości pełnią rolę mikrozbrojenia konoplitu. Kolor paździerzy konopnych powinien być beżowy, ze względu na proces rosznienia dopuszczalny jest zabarwienie lekko ciemne. Należy jednak sprawdzić czy nie powstało ono w trakcie przechowywania już wyprodukowanego paździerza.

Paździerze mają gęstość nasypową około 100-120 kg/m³ w zależności od uziarnienia i pakowane są w worki 20 lub 25 kg. Skład chemiczny paździerzy konopnych jest podobny do drewna, z przewagą celulozy, hemicelulozy i ligniny.

Spoiwo

Głównym składnikiem wykorzystywanym w spoiwie hempcretu jest wapno hydratyzowane. Stanowi ono zazwyczaj 70-80 proc. masy spoiwa. Wapno hydratyzowane powstaje przez wypalenie skały wapiennej, czyli wapienia. Polska ma bogate złoża wapna, głównie na południu kraju. Wapno hydratyzowane (zwane również gaszonym) jest szeroko dostępne w składach budowlanych na terenie całego kraju.

Cykl życia wapna

W procesie wypalania skały wapiennej zawierającej głównie węglan wapnia zostaje uwolniony dwutlenek węgla. Tak powstaje wapno palone, które następnie jest gaszone. Przez dodanie odpowiedniej ilości wody powstaje wapno hydratyzowane, które jest w postaci suchego proszku. Po dodaniu wody następuje wiązanie wapna, które można podzielić na dwa procesy. Wiązanie wstępne podczas którego odparowuje woda i następuje krystalizacja wodorotlenku wapnia. Po tym etapie następuje właściwe wiązanie, czyli karbonatyzacja. Materiał w tym procesie

wyłapuje z powietrza dwutlenek węgla i w obecności wody zamienia się z powrotem w węglan wapnia. Ten proces, zwany cyklem wapiennym powoduje, że dwutlenek węgla powstały podczas produkcji jest z powrotem pochłaniany przez materiał. Stanowi to o ekologiczności tego spoiwa oraz przekłada się na niski wpływ środowiskowy hempcretu.

Dlaczego wapno?

Wapno nie bez powodu jest tak szeroko stosowane w budownictwie oraz stanowi główny składnik spoiwa w konoplicie. Oto jedne z jego najważniejszych cech:

- Wysoki odczyn pH, wynoszący około 12, tworzy środowisko wysoce zasadowe. Dzięki temu pokryte wapnem paździerz konopne stają się odporne na działanie większości grzybów i bakterii.
- Wysoka paroprzepuszczalność spoiwa wapiennego. Pozwala to z jednej strony odparować wodzie wchłoniętej przez paździerz w trakcie mieszania jak i zapewnia gotowej przegrodzie swobodny przepływ pary wodnej co wpływa na trwałość konstrukcji budynku.
- Dobra izolacyjność termiczna w porównaniu z innymi zaprawami cementowymi.

Dodatki do spoiwa

Wapno hydratyzowane mimo swoich zalet jest spoiwem wolno wiążącym i osiągającym niską wytrzymałość. Aby poprawić właściwości spoiwa, w hemprecie stosuje się dodatki. Mają one za zadanie poprawić wytrzymałość kompozytu, zwłaszcza tą wczesną, która przyspiesza możliwość prowadzenie prac budowlanych.

Do najważniejszych dodatków w spoiwie wapiennym należą:

- Spoiwa hydrauliczne takie jak: wapno hydrauliczne, cement portlandzki czy cement romański. Główną cechą tego rodzaju dodatków jest osiąganie przez nie wysokiej wytrzymałości oraz wiązanie w obecności wody.
- Pucolany takie jak: metakaolin, pył krzemionkowy, popiół lotny i inne. Dodatki te

mają pochodzenie naturalne (np. metakaolin i pył krzemionkowy) lub sztuczne (np. popiół lotny). Pucolany mają przede wszystkim za zadanie zwiększyć wytrzymałość, ale dzięki swojemu pochodzeniu mogą również obniżyć ślad węglowy hempcretu.

Przez lata rozwoju powstały także gotowe mieszanki spoiwa dedykowane do hempcretu. Produkowane są one np. w Wielkiej Brytanii, Francji czy Ukrainie i ich wytwórcy zalecają używać ich razem z konkretnym paździerzem. Tego typu spoiwa są trudniej dostępne, dlatego w Polsce najczęściej wykonawcy opracowują własne mieszanki.

Właściwości hempcretu

Wytrzymałość

Hempcrete nie jest materiałem konstrukcyjnym. To znaczy jego zadaniem nie jest przenoszenie obciążeń od innych elementów jak wyższe piętra, dach lub wiatr. Jego główną funkcją jest term izolacja oraz wypełnienie przegród. Hempcrete musi mieć wystarczającą wytrzymałość by przenieść swój własny ciężar tzn. zachować kształt i spełniać wymagania użytkowości. Przy zachowaniu podstawowych zasad możemy osiągnąć taki rezultat bez problemu.

Przez swoją budowę hempcrete zachowuje się pod obciążeniem bardzo charakterystycznie. Dotyczy to mieszanki, która jest stosowana dla ścian. W przypadku mieszanek bardziej gęstych lub bardziej luźnych ten schemat będzie się różnił. Przy ściskaniu w pierwszym momencie zachowuje się niemal sprężysto. Następnie, gdy wiązania spoiwa zostaną przerwane, hempcrete ulega kompresji. Przez swoją porowatość materiał przy niewielkiej sile dosyć łatwo poddaje się prasowaniu. Taki stan może przebiegać długo bez szczególnego momentu zniszczenia. Dzięki temu konoplit może się sprawdzać w rejonach narażonych na trzęsienia ziemi.

Wpływ różnych czynników na wytrzymałość hempcretu został dobrze przebadany. Chcąc bezpiecznie stosować ten materiał warto pamiętać o kilku aspektach. Generalnie im

więcej spoiwa w mieszance tym materiał będzie miał większą gęstość i wytrzymałość (należy jednak pamiętać, że wraz z ilością spoiwa będzie się obniżała izolacyjność termiczna). Podobnie sprawa ma się z kompresją hempcretu. Nie powinno się go bardzo mocno ubijać, ale konieczne jest takie ułożenie mieszanki aby nie tworzyły się duże pustki powietrzne i materiał był homogeniczny. Wraz z rosnącą ilością dużych cząstek paździerza (>30 mm) hempcrete trudniej się układa i obniża się jego wytrzymałość na ściskanie. Również zbyt mała ilość wody w mieszance może sprawić, że zabraknie jej dla związania spoiwa, paździerze nie połączą się ze sobą i materiał nie osiągnie odpowiedniej wytrzymałości.

Ważną składową wytrzymałości hempcretu jest również wytrzymałość na zginanie. Ta istotna jest zwłaszcza przy cieńszych przegrodach jak ściany wewnętrzne. W przypadku wytrzymałości na zginanie włókna pozostałe po przetwórstwie paździerza oraz dłuższe kawałki jego samego działają jak naturalne zbrojenie kompozytu i poprawiają wytrzymałość.

Warto zauważyć, że przez specyfikę spoiwa wapiennego, jego głównym etapem twardnienia jest karbonatyzacja. Z tego powodu hempcret wraz z wiekiem zyskuje na wytrzymałości. Wytrzymałość na ściskanie między pierwszym miesiącem po wybudowaniu a dwudziestym czwartym może wzrosnąć nawet trzykrotnie.

Komfort termiczny w budynku

Najważniejsza, z punktu widzenia Europy środkowej, cecha hempcretu to jego izolacyjność termiczna. Paździerze konopne, które stanowią większość objętości materiału mają niski współczynnik przewodzenia ciepła wynoszący 0,05-0,06 W/m*K. Przez dodatek spoiwa oraz kompresję materiału ta wartość dla hempcretu rośnie. Tworząc ten materiał i budując z niego mamy duży wpływ jaką ostatecznie izolacyjność termiczną osiągniemy.

Współczynnik przewodzenia ciepła hempcretu może osiągać wartość od 0,07 do 0,12 W/m*K. Może się wydawać, że to dużo gorzej niż inne popularne materiały izolacyjne takie jak

styropian czy wełna mineralna. Jednak unikalną cechą hempcretu w porównaniu do tych materiałów jest jego pojemność cieplna. Cecha, która opisuje jak szybko nagrzewają się materiały, a w budownictwie odpowiada również za magazynowanie energii cieplnej i ograniczanie przegrzewania się budynków. Wysoka pojemność cieplna to wysoka masa termiczna. Wpływa ona na regulację temperatury wewnątrz budynku przez niwelowanie gwałtownych zmian, co bezpośrednio przekłada się na komfort użytkowników. Jednocześnie zbyt wysoka (np. w betonie lub kamieniu) będzie powodowała, że przegroda będzie akumulować za dużo ciepła i będzie pogarszać komfort mieszkańców. Hempcrete posiada pojemność cieplną na poziomie 1000-1100 J/kg*K. Taka wartość jest zasługą spoiwa wapiennego oraz higroskopijnej natury celulozy konopnej. Te dwie cechy, izolacyjność termiczna i masa termiczna, wpływają na komfort cieplny wewnątrz pomieszczeń. Zwłaszcza w przypadku lekkich konstrukcji szkieletowych hempcrete, którym są wypełnione przegrody, niweluje problem małej pojemności cieplnej budynku.

Nie da się opisać wpływu naturalnych materiałów budowlanych i ich wpływu na komfort użytkowania tylko przez jedną cechę, np. izolacyjność termiczną. Paroprzepuszczalność oraz zdolność do pochłaniania i oddawania wilgoci hempcretu wpływa i reguluje wilgotność wewnątrz pomieszczeń (zwłaszcza w przypadku, gdy ściana z hempcretu nie zostanie pokryta dodatkową osłoną od strony wewnętrznej). Dodatkowym, trudnym do zbadania i zapisania liczbowo zjawiskiem, które zachodzi, jest absorbowanie i uwalnianie energii. Dzięki swojej wysokiej pochłanierności wody w obrębie paździerzy konopnych w materiale zachodzi jej zmiana stanu skupienia. Te dynamiczne zmiany wzmacniają efekt magazynowania i przenoszenia ciepła, co pozytywnie wpływa na właściwości termiczne hempcretu.

Bardzo ważną zaletą budowania z hempcretu jest tworzenie przegród szczelnych, pozbawionych mostków termicznych. Ściany powstają jako monolityczne przegrody z małą ilością połączeń między poszczególnymi elementami, a konstrukcja nośna jest otoczona przez konoplit.

W ten sposób unikamy powstawania miejsc, przez które łatwiej ucieka ciepło oraz tworzą się nieszczelności.

Odporność na ogień i korozję biologiczną

Słyszając o naturalnych materiałach budowlanych od razu zastanawiamy się „czy to nie będzie gnąć”, „czy to się nie spali łatwo”. Są to słuszne obawy, ponieważ materiały pochodzenia organicznego, tzn. roślinne, są zazwyczaj bardziej narażone na działanie takich czynników jak grzyby, bakterie lub ogień. W przypadku hempcretu paździerz konopne są otoczone i zabezpieczone spoiwem wapiennym. Taka bariera ochronna zapewnia środowisko niesprzyjające do rozwoju większości mikroorganizmów, takich jak grzyby lub pleśń. Paździerz konopne, same w sobie, również nie są pożywnym pokarmem (budową chemiczną przypominają drewno) i nawet organizmy, które potrafią przetrwać w alkalicznym środowisku wapna niechętnie rozwijają się w hemprecie.

Paździerz konopne będące zdrewniałą częścią rośliny są materiałem łatwopalnym i trzeba go chronić przed ogniem. Taką ochronę w hemprecie zapewnia mu spoiwo wapienne. Paździerz konopny w trakcie mieszania zostaje pokryty spoiwem i w ten sposób jest zabezpieczony w razie pożaru. Dzięki temu staje się trudno zapalny, a według niektórych producentów nawet niepalny. Z przeprowadzonych testów wynika, że ściana z hempcretu potrafi wytrzymać w warunkach pożarowych ponad godzinę, a w niektórych badaniach nawet do czterech godzin (w przypadku przegrody niekonstrukcyjnej). Dodatkowo w trakcie pożaru nie uwalniają się z konoplitu żadne toksyczne opary, a materiał jest naturalnym zabezpieczeniem ogniowym dla drewnianej konstrukcji wewnątrz przegrody.

Nasiąkliwość

Nie ma materiałów idealnych. Także hempcrete taki nie jest. Za jego wysoką porowatością oraz szybką wchłanianością wody przez paździerz idzie także duża nasiąkliwość materiału. Im więcej paździerza w mieszance, tym większa nasiąkliwość. Obecność większej ilości składników hydraulicznych w spoiwie będzie tą cechą

obniżać. To powoduje, że hempcrete musi być zabezpieczony przed oddziaływaniem deszczu oraz podciąganiem wody z gruntu. Materiał wilgotny automatycznie łatwiej przewodzi ciepło i staje się gorszym izolatorem termicznym. Długie zawilgocenie murów ma wpływ także na ich trwałość.

2.3 Glina ubijana

dr Piotr Narloch

Wstęp

Przez tysiące lat, aż do XX wieku, wznoszenie budowli z surowej, naturalnej ziemi było powszechną praktyką w cywilizacjach na całym świecie. Do dzisiaj szacuje się, że jedna trzecia ludności na świecie mieszka w budynkach wzniesionych w technologia wykorzystujących ziemię – najczęściej w postaci masy glinianej. Łatwość dostępu do tego naturalnego materiału sprawia, że konstrukcje z niego wykonane można spotkać na każdym kontynencie. Budowle wykonane z użyciem surowej ziemi często uważane są za nietrwałe. Z drugiej strony, na całym świecie można znaleźć starożytne budowle, które w dobrym stanie przetrwały do współczesności. Przykładem takiej budowli jest Wielki Mur Chiński, którego liczne fragmenty wzniesione w technologii ziemi ubijanej około cztery tysiące lat temu możemy podziwiać do dziś.

W obszarach globu o klimacie ciepłym i suchym istnieją całe miasta wzniesione z użyciem gliny. Słynie z tego m.in. Shribam w Jemenie, którego budowle wzniesiono z cegły suszonej (adobe) i gliny ubijanej. Wieżowce tego miasta, powstałe w XIX i XX w., osiągają do 11 pięter powyżej poziomu gruntu, co wskazuje na potencjał wykorzystania gliny jako materiału budowlanego. Również w klimacie umiarkowanym można znaleźć wielokondygnacyjne realizacje budynku z użyciem gliny ubijanej. Przykładem może być budynek w Weilburgu w Niemczech, gdzie na fundamentach z kamienia łamanego wybudowano pięciopiętrową ścianę techniką gliny ubijanej. Budynek, wzniesiony w 1828 roku, użytkowany jest do dnia dzisiejszego.

W rozwiniętych gospodarkach, sektor budowlany jest odpowiedzialny za zużycie 20-40 proc. energii. W świetle aktualnych trendów dążących do zmniejszenia jej zużycia, widoczny jest wzrost zainteresowania wykorzystaniem lokalnie dostępnych materiałów, w celu m.in. ograniczenia transportu. Dąży się również do wyeliminowania wysokoenergetycznego procesu budowy. Fenomenem technologii wykorzystujących do budowy ziemię, jest powszechna jej dostępność na placu budowy. Wiąże się to z ułatwieniem planowania zapasów i zmienieniem ilości odpadów. Ograniczeniu ulega koszty ekonomiczne i środowiskowe związane z transportem materiałów. Materiał z rozbiórki budynku z gliny może posłużyć do budowy innego budynku lub stanowić nieszkodliwy odpad środowiskowy. Wiele przegród konstrukcyjnych z materiałów z gliny, takich jak m.in. te wzniesione technologią gliny ubijanej (ang. rammed earth) w wyniku analizy metodą BREEAM (ang. Building Research Establishment Environmental Assessment Method) uzyskały najwyższą ocenę A+, świadczącą o bardzo wysokim zrównoważeniu rozwiązania budowlanego.

Budownictwo z gliny w Polsce

Najczęstszym gruntem stosowanym do budowy jest glina, dlatego też w latach 50. i 60. XX wieku w Polsce wprowadzono szereg norm branżowych i krajowych dotyczących wykorzystania gliny w budownictwie. Współczesne znaczenie terminu glina według geotechnicznej normy PN-EN ISO 14688-2:2006 dotyczy gruntów mających od 8 do 31 procent frakcji spoistej (frakcja ilasta). Ponieważ istnieją techniki budowy wykorzystujące inne rodzaje gruntu, w niniejszym poradniku używany jest również ogólny termin „ziemia”.

Niestety w ciągu ostatnich dekad polskie normy dotyczące budownictwa z gliny nie były aktualizowane i według Polskiego Komitetu Normalizacyjnego zawierają nieaktualne dane techniczne. Z drugiej strony obecnie obserwuje się rosnącą liczbę norm i organizacji w krajach rozwiniętych zajmujących się opracowywaniem technologii glinianych. Jedną z nich jest

Międzynarodowe Centrum Badań i Zastosowań Budownictwa z Ziemi (CRAterre) specjalizujące się w badaniach, promowaniu i rozwoju technik budowlanych opartych na ziemi, w szczególności na glinie. CRAterre zajmuje się szkoleniami, doradztwem technicznym oraz wspieraniem projektów związanych z budownictwem z ziemi na całym świecie. Organizacja ta odgrywa ważną rolę w promowaniu zrównoważonego budownictwa oraz działa na rzecz zachowania i rozwijania tradycyjnych technik naturalnych. CRAterre dokonało klasyfikacji technik budownictwa z ziemi.

Istnieją trzy główne grupy technologii budowy z wykorzystaniem ziemi:

- wykorzystanie surowej ziemi w nośnych konstrukcjach monolitycznych;
- wykorzystanie surowej ziemi w nośnych konstrukcjach murowych;
- wykorzystanie surowej ziemi jako nienośnego materiału budowlanego.

Glina będąca spoistym rodzajem nieorganicznej ziemi odgrywa rolę naturalnego spoiwa, przez co dominuje wśród konstrukcyjnych rozwiązań stosowanych do budowy, ograniczając konieczność zastosowania cementu i innych nieekologicznych spoiw.

Konstrukcje monolityczne z ziemi

Ziemia drążona (ziemianki)

Od czasów prehistorycznych, ziemianki, ze względu na ich prostotę wykonania, należały do pierwszych przestrzeni tworzonych przez ludzi do celów. Ich konstrukcja opiera się na wykopywaniu zagłębień użytkowych w ziemi, zarówno wertykalnie, jak i horyzontalnie. Ziemianki mogą być całkowicie zanurzone w ziemi lub też tylko częściowo. Znany przykładem ziemianki jest zbudowany w XII wieku kościół Zwiastowania w Haute-Isle W dolinie Val d'Oise wpisany na listę Światowego Dziedzictwa Kultury UNESCO.

Ziemianki budowane są również współcześnie. W klimatach o suchym i ciepłym klimacie, ze względu na wysoką masę termiczną ziemi, chroniącą w ciągu dnia przed nadmiernym przegrzaniem wnętrza budynku, zaś nocą, kiedy robi się

chłodno, przed jego wychłodzeniem. W obecnych czasach coraz częściej można zauważyć wykorzystanie techniki ziemianek w nowoczesnym budownictwie w Polsce.

Gлина wylewana

Technologia gliny wylewanej polega na wylewaniu mieszanki gliny z domieszką cementu portlandzkiego do specjalnie przygotowanych form, podobnie jak w przypadku betonu. Główną różnicą między gliną wylewaną a betonem jest zastosowane kruszywo. W betonie jest to głównie piasek i żwir, natomiast w gliny wylewanej używa się gruntu spoistego, co pozwala na zmniejszenie ilości wymaganego cementu w porównaniu do typowych mieszanek betonowych.

Gлина układana

Glina układana, spotykana również pod nazwą glinobitka, a w anglojęzycznej literaturze jako cob, polega na wznoszeniu ścian z gliny z dodatkiem słomy lub innych włókien roślinnych, w celu wzmocnienia struktury. Ściany są formowane poprzez delikatne ubijanie nieregularnych brył mieszanki bez użycia deskowania. Włókna organiczne w mieszance pełnią funkcję zbrojenia oraz poprawiają izolacyjność termiczną ścian. Gлина, z której jest wznoszona konstrukcja, charakteryzuje się dużą plastycznością, co umożliwia nadanie budynkowi oryginalnych kształtów. Jednakże, należy zauważyć, że budowa ścian przy użyciu tej technologii jest zazwyczaj pracochłonna.

Ziemia modelowana

Technologia ziemi modelowanej polega na formowaniu wilgotnej masy glinanej, często przy użyciu rąk lub prostych narzędzi nieelektrycznych. W tej metodzie, podobnie jak w przypadku ziemi układanej (cob), nie potrzebuje się deskowania ani specjalnych form do wznoszenia ścian. Konstrukcje kształtowane są na zasadach podobnych do ceramiki. Dzięki temu, metoda ta umożliwia tworzenie fascynujących struktur architektonicznych, które nie wymagają dodatkowych elementów nośnych. Jak w przypadku większości metod wykorzystujących surową

ziemię, kluczowym wyzwaniem jest zarządzanie procesem kurczenia się materiału podczas suszenia. Metoda ta jest nadal powszechnie stosowana w wielu regionach Afryki.

Gлина ubijana

Glina ubijana, nazywana w literaturze międzynarodowej rammed earth, jest technologią wznoszenia konstrukcyjnych przegród pionowych poprzez ubijanie warstwami w szalunkach wilgotnej gliny, często z niewielkim dodatkiem stabilizatora w postaci cementu. Gлина pozyskiwana jest najczęściej bezpośrednio z placu budowy, co czyni technologię niezwykle ekologiczną i ekonomiczną. Wilgotną, sypką mieszankę gruntowo-cementową układa się w deskowaniu, a następnie ubija ręcznie lub za pomocą zmechanizowanych urządzeń. Po uzyskaniu wymaganej gęstości każdej warstwy, kontynuuje się dodawanie nowych, aż do osiągnięcia oczekiwanej wysokości przegrody. Ostateczna nośność i trwałość ściany zależy od jakości zastosowanej gliny i dodatków stabilizujących a także techniki ubijania.

Konstrukcje murowe z surowej ziemi

Cegła suszona

Cegła suszona, spotykana pod terminem „adobe”, produkowana jest przez wysuszenie na słońcu mieszanki ziemi, często z dodatkiem słomy lub innych organicznych włókien. Ta mieszanka, umieszczona w formach, nie jest poddawana dalszemu zagęszczaniu ani procesowi wypalania. Dzięki temu produkcja cegieł nie wiąże się z dużym zapotrzebowaniem na energię. Ze względu na brak dodatków stabilizujących, cegły te nie wykazują dużej odporności na wilgoć. Jednak koszt produkcji sprawia, że materiał ten jest szczególnie popularny w regionach biedniejszych, o suchym klimacie.

Bloczki z gliny

Bloczki pracowanie z gliny, (ang. Compressed Earth Blocks, CEB), uzyskuje się poprzez

mechaniczne sprasowanie gliny i dodatku stabilizującego. Proces ten zwiększa wytrzymałość i stabilność bloczków. CEB są ekologiczną alternatywą dla tradycyjnych cegieł i betonowych bloków, ponieważ wykorzystują lokalny grunt (glinę), wymagają mniej energii do produkcji w porównaniu z wypalaniem cegieł i mają mniejszy ślad węglowy. Technologia bloczków prasowanych umożliwia wykonanie elementów zarówno na placu budowy jak i w lokalnej wytwórni. Zagęszczanie ziemi możliwe jest zarówno za pomocą pras ręcznych, jak i zmechanizowanych urządzeń ułatwiających masową produkcję. Bloczki z gliny oferują doskonałą masę cieplną, pomagającą regulować temperaturę w pomieszczeniach i zmniejszyć koszty energii potrzebnej do ogrzewania i chłodzenia. Ta metoda budowlana jest popularna w projektach zrównoważonego budownictwa, szczególnie w obszarach, gdzie dostęp do przystępnych i zrównoważonych materiałów budowlanych jest kluczowy.

Bloczki ubijane (ang. tamped blocks) różnią się od bloczków prasowanych sposobem zagęszczania. Bloczki ubijane są formowane przez ręczne lub mechaniczne ubijanie suchej lub lekko wilgotnej mieszanki ziemi, również często z dodatkiem stabilizującego, w formach. Metoda ta nie wykorzystuje tak wysokiego ciśnienia jak prasowanie, co może skutkować mniejszą jednorodnością i gęstością bloczków. Obydwa typy bloczków mogą być stosowane w konstrukcjach ścian nośnych i nie nośnych, jednak ze względu na wyższą regularność kształtów i jednorodność, CEB są częściej wybierane do precyzyjnych projektów budowlanych.

Innym typem bloczków z gliny są bloczki wytłaczane (ang. extruded earth blocks). Ich produkcja polega na formowaniu bloczków z wilgotnej gliny do określonego kształtu. Bloki te zazwyczaj posiadają otwory, które nie tylko zmniejszają ich masę, ale również poprawiają ich właściwości termoizolacyjne.

Bloczki wycinane

W regionach świata o klimacie tropikalnym i subtropikalnym, w wyniku intensywnego wietrzenia

chemicznego skał w warunkach dużej wilgotności i temperatury tworzą się grunty laterytowe. Proces ten powoduje utratę krzemionki i koncentrację tlenków żelaza i glinu. Grunty te mają specyficzne właściwości, takie jak duża porowatość, przepuszczalność oraz zdolność do tworzenia twardej, często kamiennej warstwy wierzchniej, zwanej krustą laterytową. Wilgotne grunty laterytowe wykazują wysoką plastyczność, co umożliwia wycinanie ich z podłoża gruntowego i formowanie bloczków o precyzyjnych, regularnych kształtach. Po wystawieniu na powietrze, bloczki te stopniowo zyskują na twardości, gdy wilgoć odparowuje, a zawarte w gruncie związki żelaza formują krystaliczną strukturę, która wzmacnia ich odporność na warunki zewnętrzne. Bloczki te znalazły zastosowanie w budownictwie tradycyjnym, gdzie używa się ich do wznoszenia konstrukcji bez potrzeby wypalania cegieł.

Materiały nienośne z ziemi

Lekka glina

Technologia lekkiej gliny polega na wypełnianiu konstrukcji nośnej, najczęściej drewnianej mieszanką gliny ze słomą. W przeciwieństwie do gliny układanej, glina lekka jest lżejsza i posiada lepsze właściwości izolacyjne i paroprzepuszczalne. Ta metoda zapewnia dobrą izolację i regulację wilgoci w systemie ścian oraz służy jako doskonałe podłoże pod naturalne tynki. Lekka glina nadaje się zarówno na ściany zewnętrzne, jak i wewnętrzne oraz można ją dostosować do różnych szerokości ścian. Słoma w technologii lekkiej gliny zapewnia izolację, podczas gdy glina podnosi masę termiczną i reguluje wilgoć. W odróżnieniu od techniki cob, która jest samonośna, ta metoda budowlana wymaga zastosowania szkieletu konstrukcyjnego, co jednak przekłada się na krótszy czas potrzebny na wyschnięcie oraz możliwość wznoszenia lżejszych przegród pionowych.

Ziemia kryjąca

Technologia ziemia kryjąca (ang. sheltered earth) polega na wykorzystaniu ziemi, jako naturalnego

izolatora w budownictwie, poprzez osłanianie budynku za pomocą ziemi – również organicznej. Metoda ta może obejmować częściowe, jak i całkowite zakopanie budynków, a także zastosowanie ziemi na dachach lub wokół ścian zewnętrznych. Głównym celem jest wykorzystanie termicznej masy ziemi do stabilizacji temperatury wewnątrz budynku, co przyczynia się do zmniejszenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania zimą i chłodzenia latem. Zaletą tej techniki budowy jest zintegrowanie budynku z otaczającym go krajobrazem, co pozytywnie wpływa na estetykę i wpasowanie w środowisko naturalne.

2.4 Materiały zasypowe

Anna Zawadzka-Sobieraj, Katarzyna Skiba

Do czego stosujemy w budownictwie zasypy i izolacje wdmuchiwane?

Zasypy i izolacje wdmuchiwane są stosowane jako materiały izolacyjne do ocieplania powierzchni trudniej dostępnych. Jest cała pula materiałów, które mogą być użyte w projektach GOZ, pochodzenia roślinnego, mineralnego, pochodzące z obiegu biologicznego, lub z recyklingu - z obiegu technicznego.

Z kolei jako zasypy mineralne stosuje się perlit ekspandowany, szkło spienione, keramzyt. Jako izolacje wdmuchiwane lub zasypy stosuje się celulozę recyklingową, włókna drzewne, włókna roślin jednorocznych.

Zaletami zasypów i izolacji wdmuchiwanych jest brak mostków cieplnych - wypełnienie przestrzeni, których nie da się zaizolować w inny sposób, łatwość obróbki, brak odpadów i pozostawienie czystego placu budowy. Te metody sprawdzają się zarówno przy prefabrykacji (np. elementów ściennych), jak i podczas prac wykonawczych bezpośrednio na placu budowy.

Typowe zastosowanie izolacji wdmuchiwanych to: dachy skośne dachy płaskie, dachy więzaryowe, drewniane i murowane stropy nieużytkowe, ściany szkieletowe, ściany murowane ze stelażem zewnętrznym. Zasypy mineralne stosuje się

najczęściej w podłogach na gruncie, izolacji płyt fundamentowych lub stropach.

Celuloza recyklingowa

Celuloza jest materiałem pochodzenia roślinnego. Bez celulozy nie byłoby drzew. Jest to polimer liniowy, współtworzy ściany komórkowe wielu gatunków roślin. W języku łacińskim słowo „cellula” stanowi określenie komórki. Produkcja włókien celulozowych zachodzi dzięki procesowi fotosyntezy.

Celuloza znajduje wiele zastosowań, jednym ze szczególnie istotnych jest przemysł papierniczy. Wytwarzane z celulozy produkty to m.in. m.in.: papier, kartony, opakowania i artykuły higieniczne (papier toaletowy, ściściwo, ręczniki kuchenne).

Podstawowe informacje

Izolacja cieplna z włókien celulozowych powstaje drogą recyklingu z segregowanego papieru z gazet, kartonów i innych papierów odpadowych. Papier jest poddawany rozwłóknieniu i zmielony. Nie stosuje się żadnych szkodliwych dodatków chemicznych, dzięki czemu jest to materiał całkowicie ekologiczny i przyjazny dla środowiska.

Celuloza nasączana jest solami mineralnymi, które dają jej ochronę przed szkodnikami, rozwojem grzybów i pleśni i zwiększają jej odporność na ogień.

Materiał jest otwarty dyfuzyjnie.

Parametry techniczne

Izolacja celulozowa charakteryzuje się dobrym współczynnikiem przewodzenia ciepła (od 0,042 W/m²K, do 0,037 W/m²K).

Izolacja celulozowa jest niepalna. Jedynie zewnętrzna warstwa ulega zwęgleniu. Klasa reakcji na ogień:

B-s2, d0 (dla grubości >10cm)

Sposób użycia

Ocieplenie metodą wdmuchiwania celulozy polega na rozdrobnieniu jej na mniejsze kawałki i wdmuchiwaniu pod ciśnieniem do przestrzeni między elementami konstrukcyjnymi przegrody. Wdmuchiwanie odbywa się przez otwory na rury

instalowane w ścianach czy płytach poddasza.

Powszechnie stosuje się trzy metody ocieplania celulozą: wdmuchiwanie, otwarty nadmuch oraz mokry natrysk. Ocieplenie celulozą poprzez wdmuchiwanie świetnie sprawdza się tam, gdzie klasyczne docieplenia w postaci płyt, nawet tych miękkich, zawodzą. Celuloza wdmuchiwana pod ciśnieniem otacza elementy konstrukcyjne, niwelując powstawanie mostków termicznych. Metoda jest też stosowana w celu naprawy istniejącego już, nieskutecznego ocieplenia, co jest szczególnie skuteczne w przypadku starszych budynków, ponieważ pozwala na wypełnienie wszystkich szczelin i ubytków.

Ocieplenie celulozą poprzez otwarty nadmuch pozwala na izolację dużych powierzchni, najczęściej jest stosowane na poddaszach nieużytkowych.

Metoda natryskowa jest najbardziej czasochłonna i dlatego najrzadziej wykorzystywana. Nakładanie na mokro jest możliwe dzięki aktywowaniu przy pomocy dodatku wody naturalnie występującego w celulozie kleju. Metoda ta ma też swoje techniczne ograniczenia.

Włókna roślin jednorocznych

Są to włókna lignocelulozowe pozyskiwane ze zbóż: pszenicy i żyta. Jest to surowiec powszechnie dostępny, z którego przez użycie zaawansowanych technologii można uzyskać pełnowartościowe izolacje termiczne.

Podstawowe informacje

Włókna lignocelulozowe mają podobne cechy i parametry jak włókna drzewne. Są otwarte dyfuzyjnie, paroprzepuszczalne i buforują wilgoć wewnątrz pomieszczenia, zapobiegając rozwojowi grzybów i bakterii. Ze względu na swoje właściwości akustyczne mogą być też stosowane do wytłumiania pomieszczeń. Są produktem biodegradowalnym, podlegającym pełnemu recyklingowi materiałowemu. Po zakończeniu użytkowania mogą zostać wykorzystane jako biopaliwo.

Parametry techniczne

Izolacja z włókien roślin jednorocznych ma dobry

współczynniki przewodzenia ciepła (0,042 W/m*K). Mają wysoką pojemność cieplną (chroni przed zimnem i upałem). Klasyfikacja ogniowa to E, włókna nasączone są polifosforanem amonu, czyli środkiem uniemożliwiającym podtrzymywanie ognia.

Sposób użycia

Włókna lignocelulozowe mogą być również stosowane jako izolacje wdmuchiwane i nadmuchiwane. Używane są przy ocieplaniu dachów, stropodachów wentylowanych oraz ścian szkieletowych. Nadmuchiwanie aplikuje się tam, gdzie można zastosować jedynie swobodnie ułożony materiał na poziomych powierzchniach np. między więzarami dachowymi, na poddaszu.

Włókna drzewne

Surowcem do produkcji włókien drzewnych jest świeże drewno, najczęściej sosnowe. Za pomocą pary wodnej i obróbki mechanicznej drewno rozdrabniane jest na pojedyncze włókna w tzw. procesie suchym. Jeżeli włókno drzewne ma być zastosowane w budownictwie ekologicznym to niezwykle ważną składową jest pochodzenie drewna ze zrównoważonych upraw leśnych i najlepiej z drewna stanowiącego odpad w procesie produkcji innych elementów drewnianych.

Podstawowe informacje

Materiał jest dostarczany na budowę w postaci sprasowanej i rozdrabniany w agregatach do wdmuchiwania izolacji.

Włókna drzewne są otwarte dyfuzyjnie i sorpcyjne, dzięki czemu buforują nadmiar wilgoci, wchłaniają do 20 proc. wagowo wilgoci z otoczenia - bez silnego zawilgocenia i utraty efektu izolacyjnego. Wchłoniętą parę wodną oddają podczas parowania, dzięki czemu termoizolacja i konstrukcja budynku nie są narażone na rozwój pleśni i grzybów.

Parametry techniczne

Izolacja z wdmuchiwanymi włókien drzewnych ma dobry współczynnik przewodzenia ciepła (od 0,040 W/m*K). Klasa reakcji na ogień: B-s2, d0, uzyskana dzięki nasączeniu włókien np.

siarczanem amonu. Podczas kontaktu z ogniem wytwarza zwęgloną warstwę, która zapobiega rozprzestrzenianiu się płomieni i szybkiemu wypalaniu.

Utylizacja materiału przebiega tak, jak w przypadku innych materiałów drewnopochodnych.

Sposób użycia

Włókna drzewne stosuje się zarówno jako izolację wdmuchiwaną i nadmuchiwaną. Wdmuchiwanie włókien drzewnych stosuje się wewnątrz zamkniętych przegród przez otwory na rury. Materiał zachowuje swoją formę i objętość, dzięki klinowaniu się poszczególnych włókien drzewnych. Nadmuchiwanie aplikuje się jako swobodnie ułożony materiał na poziomych powierzchniach np. między wiązarami dachowymi, na poddaszu. Pozioma izolacja nadmuchiwana zawsze osiada. Wykonawca musi zastosować o 15-20 proc. więcej materiału, aby uzyskać ostatecznie celowaną grubość termoizolacji.

Podobnie jak w przypadku celulozy i włókien roślin jednorocznych, poprzez wdmuchiwanie czy nadmuchiwanie niweluje się powstawanie mostków termicznych. Metoda jest też stosowana w istniejących docieplanych budynkach. Włókna drzewne do wdmuchiwania wymagają agregatów o większej mocy niż te do celulozy. Możliwa jest regulacja gęstości materiału podczas wdmuchiwania, dzięki czemu uzyskuje się przegrody o lepszej izolacyjności akustycznej. W związku z dużym ciśnieniem należy zastosować odpowiednio twarde i grube płyty uszczelniające przegrodę, aby wytrzymały duże ciśnienie podczas zadmuchu i nie popękały.

Perlit ekspandowany

Perlit to naturalna skała wulkaniczna, w której podczas powstawania zamknięte zostały spore ilości wody. W wyniku procesu ekspansji, tj. prażenia w temperaturze 850- 1150 °C, ziarna pokruszonej rudy poprzez rozprężanie zwiększają swoją objętość nawet kilkunastokrotnie dając perlit ekspandowany. W zależności od sposobu prowadzenia tego procesu można uzyskać frakcje o różnym uziarnieniu, którym przypisuje się odpowiednią klasę perlitu.

Perlit znajduje zastosowanie w budownictwie, hutnictwie, przemyśle spożywczym, rolnictwie, ochronie środowiska. Perlit jest wydobywany, przetwarzany i wykorzystywany w różnorodnych zastosowaniach już od ponad 50 lat.

Podstawowe informacje

Występuje w formie sypkiej. Niestety mimo pochodzenia naturalnego, jest obciążony sporym śladem węglowym, ze względu na proces produkcji. Ma wiele zastosowań w budownictwie i ogrodnictwie. W budownictwie naturalnym najczęściej stosuje się go jako izolację zasypową. Jest niepalny, obojętny chemicznie, odporny na mróz, wysokie temperatury, szkodniki i mikroorganizmy. Perlit po recyklingu może być użyty np. jako składnik podłoża do roślin lub jako dodatek do ziemi ogrodniczej spulchniający i poprawiający retencję wody.

Parametry techniczne

Jest materiałem lekkim, o ciężarze 70-95 +/- 10 kg/m³. Perlit charakteryzuje się dobrym współczynnikiem przewodzenia ciepła (0,040 W/m*K).

Sposób użycia

Izolacja zasypowa stosowana jest w dociepleniach stropów i konstrukcji dachowych. Może być aplikowany jako izolacja akustyczna podłóg, ścian i stropów. Oprócz suchych zasypek możliwe jest użycie perlitu do wdmuchiwania w ściany szkieletowe.

Perlit należy chronić przed wilgocią.

Szkło spienione (piankowe)

Jest materiałem pochodzenia mineralnego, otrzymywanym z czystej stłuczki szklanej, pochodzącej z recyklingu szkła przez dodanie domieszek pianotwórczych. Nie zawiera żadnych środków wiążących. Jako lekkie kruszywo jest stosowany do ulepszania produktów przemysłowych oraz w budownictwie. Na skalę przemysłową produkcja szkła spienionego, rozwinęła się po drugiej wojnie światowej. Stanowi alternatywę dla użycia granulatu styropianowego EPS, pianki polistyrenowej, wełny mineralnej. Wadą stosowania tego materiału jest ślad

węglowy powstający ze względu na obróbkę termiczną w procesie produkcji, plusem fakt, że powstaje z odpadów. Szkło spienione może być recyklingowane i wykorzystane powtórnie.

Podstawowe informacje

Ze szkła spienionego uzyskuje się trzy rodzaje produktów: granulaty, kruszywo i panele. Jest to materiał spełniający funkcje termoizolacji i hydroizolacji, może być też stosowany do drenażu.

Granulaty składa się z ziarenek w kolorze kremowobiałym, których średnica wielkość wynosi od ułamka milimetra aż po kilkanaście milimetrów, dzieli się go na poszczególne frakcje, które są stosowane w zależności od celu użycia.

Produkty uzyskiwane ze szkła spienionego są lekkie, niepalne, dźwiękochłonne, mają wysoką odporność na wilgoć, pleśń, mróz, ciepło, gryzenie, kwasy i starzenie się.

Parametry techniczne

Klasa palności materiału A1 wg normy EN 13055-

1. Granulaty mają gęstość nasypową: 190-530 kg/m³, kruszywo ok 150 kg/m³.

Współczynnik przewodzenia ciepła (0,070 W/m*K)- granulaty, (0,080 W/m*K)- kruszywo.

Wysokość nasypowa około 50 cm (po zagęszczeniu 40 cm) pozwala uzyskać izolacyjność cieplną wynosi $U=0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Sposób użycia

Szkło spienione w postaci granulatu jest stosowane jako wypełniacz termoizolacyjny do ścianek działowych i podłóg.

Szkło w postaci płyt jest używane do izolacji ścian fundamentowych, ścian zewnętrznych oraz dachów, a także do wykonywania termoizolacji wewnętrznej ścian, podłóg i sufitów.

Kruszywo jest materiałem stosowanym do izolacji poziomej płyty fundamentowej czy podłogi na gruncie jako izolacja pozioma dachów płaskich (w tym zielonych dachów), jako podłóg budynków wielkopowierzchniowych oraz jako lekkie kruszywo odciążające stropy (np. garaży podziemnych).

Izolacja płyty fundamentowej przy

pomocy szkła spienionego jest często stosowana w budynkach wysoce energooszczędnych, ze względu na właściwości izolacyjne, a także funkcję drenażu i stabilizacji. Dzięki funkcji stabilizacji podłoża nie jest konieczne wykonywanie podbudowy ze żwiru czy chudego betonu.

Wykonywanie izolacji podłogi na gruncie przeprowadza się w następujących krokach:

Należy usunąć humus i wyrównać podłoże, następnie rozłożyć geowłókninę z zapasem, aby można było nią przykryć boczną warstwę szkła. Należy wysypać warstwę szkła spienionego o wysokości od 40 do 50 cm, którą następnie należy zagęścić zagęszczarką budowlaną. W przypadku większych powierzchni można użyć walca budowlanego. Zagęszczone szkło piankowe jest bazą do wykonania wylewanej płyty fundamentowej lub warstw posadzki na gruncie z materiałów naturalnych (klepiska, podłogi wapienne).

Keramzyt

Wytwarzany jest bezpośrednio z gliny, praktycznie nie zawiera domieszek. Surowiec do produkcji keramzytu - glina ilasta - wydobywany jest na Pomorzu Gdańskim i na Mazowszu. Jego zalety zostały odkryte na początku XX wieku. W Polsce produkcję rozpoczęto w latach 70. Keramzyt z rozbiórki może być zastosowany ponownie. Nadaje się do recyklingu, może być po oczyszczeniu i rozkruszeniu wykorzystany np. jako kruszywo spulchniające podłoże gruntowe.

Podstawowe informacje

Występuje w postaci sypkiego granulatu. Jest lekkim kruszywem. Proces produkcji keramzytu wygląda następująco: glina leżakuje przez 2-3 tygodnie, zostaje do niej dolana woda, drobiny margla są rozgniatane walcami. Powstała w ten sposób uplastyczniona glina trafia do pieca rozgrzanego do temperatury około 1150°C. W trakcie wypału kilkakrotnie zwiększa swoją objętość. Po wypaleniu powstają kulki keramzytowe. Jest odporny na działanie wilgoci, kwasów i na procesy gnilne, mrozoodporny i niepalny, oraz całkowicie odporny na działanie żywych organizmów.

Parametry techniczne

Średnice granulatu to 10-20 mm, 4-10 mm, 2-4 mm oraz 0-2 mm. Materiał jest porowaty i bardzo lekki dla wielkości 10-20 mm ma ciężar objętościowy to nieco poniżej 300 kg/m³. Współczynnik przewodzenia ciepła (0,1 W/m*K). Klasa reakcji na ogień: A1. Gęstość nasypowa w stanie luźnym: 246-333 kg/m³.

Sposób użycia

Stosowany jest do izolacji stropów, stropodachów, dachów zielonych, ścian fundamentowych i piwnicznych, podłóg na gruncie. Jest odpowiednim materiałem do docieplania istniejących stropów i podłóg drewnianych np. w trakcie renowacji stropu izolowanego polepą można dokonać wymiany polepy na warstwę keramzytu.

Keramzytowa obsypka ścian fundamentowych może być zastosowana do polepszenia izolacyjności cieplnej, a także przeciwwilgociowo i jako odprowadzenie wody padowej do drenażu. Keramzytem można także izolować podłogi układane na gruncie.

2.5 Wtórne zastosowanie materiałów i komponentów budowlanych

Paweł Wołjsza

Wtórne zastosowanie materiałów i komponentów budowlanych istniało w budownictwie od zawsze. Konstrukcje drewniane albo się rozkładały, albo się paliły. Obiekty wymurowane z modularnych cegieł, często przemierzały setki kilometrów, aby zacząć tworzyć nowy fragment miasta. Takim przykładem są np. cegły z Elbląga, które jechały na odbudowę powojennej Warszawy. Materiały od zawsze były ekologiczne i naturalne, a po cyklu życia budynku trafiały jako część obiegu zamkniętego, do środowiska. Dzięki temu, nie mamy śladów, poza tymi wykutymi w kamieniu, po budowlach, które były już niepotrzebne.

Inaczej jest dzisiaj, kiedy większość materiałów budowlanych jest wysoko przetworzona, a często, aby wydłużyć trwałość materiału budowlanego, dodaje się środki chemiczne, które nie rozkładają się w środowisku. Jedna

z tendencji ekologicznych stawia tezę, że im trwalszy materiał tym bardziej ekologiczny. Oczywiście można z tym polemizować, natomiast jedno jest pewne - jeśli coś jest trwałe, to zostanie w świecie na dłużej. Dopóki obiekt nie jest wyburzany lub przebudowywany, to nie generuje to wpływu na środowisko naturalne. A i tak, np. w USA szacuje się, że w latach 2005-2018 poziom odpadów budowlanych wzrósł o ponad 10 razy niż w latach 1990-2005. Wynika to z wielu czynników, ale przede wszystkim z jednego - potrzeby zmiany.

W przypadku chęci zmiany danego materiału, nawet z przyczyn wyłącznie estetycznych, materiał wysoko-przetworzony zazwyczaj trafi na wysypisko odpadów budowlanych. Odpady budowlane stanowią globalnie od 30 do 40 procent wszystkich odpadów. Największym wyzwaniem dla budów jest segregacja odpadów budowlanych. Ciężkie, często łączone ze sobą zaprojektowanymi jako trwałe materiałami fragmenty, zlewają się stanowiąc nierozłączną, pulpę. Pracownicy fizyczni, którzy często wykonują swoją pracę w pocie czoła, nie mają ani czasu, ani siły na segregację. Niestety dla nich, ale na szczęście dla środowiska niedługo się to zmieni. Dlatego ważne jest, aby w trakcie wyboru projektu oraz decyzji o nowej inwestycji myśleć o prefabrykacji.

Prefabrykowane budynki są to obiekty wykonane z dużych klocków, które przyjeżdżają na budowę i na niej są montowane. W zakładach prefabrykacji można precyzyjnie zaplanować proces dzięki temu, że dokładnie wiadomo jakie materiały będą użyte. Pracownicy pracują w warunkach kontrolowanych a środowisko atmosferyczne nie wpływa negatywnie na ich pracę. Dlatego budynki prefabrykowane generują znacznie mniej odpadów budowlanych niż te które są realizowane na budowach tzw. in-situ. Dodatkowo, podczas rozbiórki, zdemontowany element często można zastosować ponownie.

A branża budowlana zużywa około 50 proc. zasobów naturalnych planety. Szacuje się, że do 2025 roku roczne odpady budowlane osiągną 2,2 mld ton na całym świecie. Przemysł budowlany generuje około 40 proc. emisji CO₂,

a według Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska całkowita ilość odpadów budowlanych była dwukrotnie wyższa niż odpadów komunalnych w 2018 roku. Temat szeroko pojętego „reuse” (czyli ponownego wykorzystywania bez przetwarzania) w branży budowlanej jest rozwojowy, w związku z globalnymi regulacjami, które dotyczą wpływu na środowisko naturalne. W 2022 roku, według badań Ministerstwa Klimatu i Środowiska aż 86% badanych mieszkańców Polski było skłonnych ograniczyć zakup dóbr materialnych, aby zmniejszyć ilość produkowanych odpadów, jednocześnie było to po największej fali remontów dokonanych podczas covidowego roku 2020. O reuse łatwiej jest mówić, niż go faktycznie wdrażać. Tymczasem miasta są pełne skarbów i materiałów, które mogą być użyte ponownie. Na zachodzie, od lat funkcjonuje termin Urban Mining, który opisuje miasto jako kopalnię elementów budowlanych widząc w nich źródło potencjalnego bogactwa, w przeciwieństwie do składowania na wysypisku, spalania.

Materiały naturalne, kompostowalne nie stanowią problemu dla GOZ. Wracają do obiegu. Są też często lokalne.

Ale jak już powstaną, to co dalej? Jeśli do ich impregnacji były stosowane naturalne metody (opalenie, malowanie dziegiem, itd.) lub impregnacja neutralnymi dla środowiska lakierami, można je kompostować. W dzisiejszym świecie jednak rzadko kiedy występują materiały traktowane wyłącznie naturalnymi środkami impregnacji, więc warto wtedy zapytać się specjalistów z danej branży, aby mogli rozpoznać z jaką substancją element miał styczność.

Z niemiarodajnej, ale pouczającej ankiety na FB z dnia 6. grudnia przeprowadzonej w 2021 roku widać, że największym problemem dla redukcji odpadów w branży budowlanej jest brak wiedzy o elementach z rozbiórki. Zgodnie z tym, co mówi amerykańskie powiedzenie „one man’s trash is another man’s treasure”, tłumacząc: to, co dla jednej osoby stanowi odpad, dla innej jest skarbem, widać, że faktycznie tak jest. Zwłaszcza w społeczeństwach o dużych dysproporcjach społecznych, gdzie część elementów

takich, jak złom po prostu znika z placu budowy.

Stan obecny: na ile możliwe jest projektowanie i budowa z zastosowaniem reuse?

Projektowanie i budowa budynków z zastosowaniem zasad reuse są możliwe i stanowią istotny obszar rozwoju w dziedzinie architektury i budownictwa. Podejście to może obejmować ponowne wykorzystanie zarówno fizycznych, jak i projektowych elementów w celu zminimalizowania odpadów, obniżenia kosztów i zwiększenia efektywności energetycznej oraz takich czynników, które mogą cyrkularnie krążyć.

Wybrane strategie sprzyjające GOZ w budownictwie i projektowaniu:

- Materiały budowlane:
 - Świadomy wybór materiałów do budowania budynku. Mogą to być materiały naturalne – biologiczne i wtedy też kompostowalne, ale również materiały o wysokiej trwałości, które nie korodują biologicznie wystawione na działania atmosferyczne i wodę.
 - Wykorzystanie odzyskanych lub zrecyklowanych materiałów budowlanych, takich jak drewno, metal czy beton, w celu ograniczenia zużycia surowców i energii.
 - Demontaż istniejących budynków i ponowne wykorzystanie materiałów do budowy nowych obiektów lub elementów małej architektury.
 - Wykorzystanie lokalnie dostępnych materiałów. Na przykład w Kazimierzu Dolnym nad Wisłą, wiele budynków budowano z dostępnego lokalnie wapienia i dzięki temu, całe miasteczko ma niepowtarzalny charakter.
 - Ograniczenie drewna w projektowaniu. Drewno jako ograniczony zasób – ze względu na powolny wzrost – powinno być uzupełniane materiałami szybko rosnącymi, które mogłyby wypełnić strukturę szkieletu – na przykład Strawbale albo Hempcrete.
- Prefabrykacja
 - Zastosowanie prefabrykowanych elementów budowlanych, które mogą być używane w różnych projektach. To podejście pozwala na

oszczędność czasu i zasobów, zmniejsza ilość odpadów budowlanych, pozwala często na wyższą jakość, a podczas montażu i zastosowaniu tzw. Just in Time Delivery oszczędza też czas na budowie.

- Oznaczanie elementów prefabrykowanych kodami, które zawierają specyfikę całego obiektu. Takie rozwiązania stosują niektóre firmy na zachodzie Europy.
- Koszt prefabrykacji spada wraz z powtarzalnością elementów, a ona z kolei umożliwia łatwe zarządzanie zasobami prefabrykatów.
 - Modularność rozwiązań:
- Wykorzystanie modułowych systemów konstrukcyjnych, które umożliwiają elastyczne dostosowanie do różnych funkcji i wymagań
- Projektowanie budynków w sposób modułowy, co umożliwia rozbudowę lub modyfikację w przyszłości.
- Stosowanie połączeń skręcanych, wiązanych i ściskanych a nie klejonych trwale.
 - Adaptacja istniejących budynków
- Jeśli jest na działce istniejący budynek, może da się go przebudować zamiast wyburzać i stawiać od nowa. Dzięki temu można zmniejszyć ślad środowiskowy inwestycji, a czasem zachować wyjątkowy charakter budynku.
 - Projektowanie
- Używanie oprogramowania do projektowania w 3D np. BIM które zmniejsza liczbę błędów projektowych minimalizując odpady na budowie
- Projektowanie obiektów tak, aby mogły łatwo zmieniać swoją funkcję
- Projektowanie z jak najmniejszej liczby materiałów oraz jak najbardziej powtarzalnych łączonych elementów.
 - Rozwiązania cyrkularne wykorzystujące tak zwane Nature Based Solutions – rozwiązania oparte na przyrodzie
- Zielone dachy i ściany gromadzą cyrkularnie wodę deszczową i dają cień w okresie upałów, schładzając miejską wyspę ciepła.
- Technologie energooszczędne – pompa ciepła cyrkularnie wykorzystuje ciepło ziemi. - Mikroinstalacja fotowoltaiczna wykorzystuje promienie słoneczne.
- Posadzone drzewo od południa lub zachodu

ograniczy ilość penetrującego słońca od południa i zachodu latem, a dogrzeje obiekt zimą.

- Wiatraki używają siły wiatru
- Jasne dachy się znacznie mniej nagrzewają, a więc trwałość powłok, połączeń jest znacznie wyższa. Świadome użycie koloru z uwzględnieniem Albedo – parametru zdolności odbijania światła przez daną powierzchnię.

Poza wybraniem różnych strategii Reuse należy sprawdzić, na ile możliwe jest projektowanie i budowa z zastosowaniem Reuse:

Przed demontażem

Odnowienie i modernizacja elementu, który już obecnie jest wbudowany to zdecydowanie najbardziej ekologiczna wersja.

Zazwyczaj wymaga to największej ilości pracy oraz jest obciążone koniecznością modernizacji elementów do aktualnych przepisów regulujących rynek budowlany.

Po demontażu

Po demontażu elementów lub ich częściom, można spróbować znaleźć dodatkowe zastosowanie.

Najpierw element należy oczyścić z pozostałości klejów, farb czy tynku.

Po decyzji, że wyrzucimy

Zanim stanie się odpadem można spróbować elementu użyć ponownie.

Aby to zrobić legalnie, sprawdzając, czy:

- Element będzie stanowił tę samą funkcję co poprzednio, przed demontażem.
- Element nie powinien opuścić działki inwestora, bo w momencie odbioru go przez firmę, staje się odpadem budowlanym.
- Sprawdzić stan techniczny oraz parametry danego elementu budowlanego. Na przykład dla okna będzie to współczynnik przenikania ciepła, który aktualnie jest określony w Warunkach Technicznych – biblii architektów.

Po tym jak stanie się odpadem

Aktualne przepisy nie zobowiązują Inwestora do segregacji, ale zachęcają - przy segregacji odpadów budowlanych na kilka frakcji, wywóz kontenera będzie tańszy.

Odpady budowlane nie mogą zostać wyrzucone do zwykłego pojemnika na odpady komunalne. Dodatkowo, może być pomysł na ponowne wykorzystanie tych samych elementów, poprzez ich oczyszczenie i ponowne wprowadzenie do budynku.

2.6 Wykończenia naturalne

Iwona Jadanowska-Gromke, Marcin Kacprzyk

Glina

Glina była niewątpliwie pierwszym spoiwem odkrytym i użytym do wykonania tynków, a gliniane budownictwo na bazie gliny to nasza najstarsza ciągła tradycja budowlana. Gliny powstają w wyniku milionów lat erozji mineralnej. Góry rozpadają się na głazy, głazy na skały, skały na kamyki, piasek, muł i w końcu, kiedy muł osiąga pewien rozmiar, następuje niesamowita przemiana. Zamiast być po prostu luźną mieszanką, drobne cząsteczki przyciągają wodę i siebie nawzajem na poziomie molekularnym. To obecność minerałów ilastych wywiera znaczący wpływ na właściwości tynków glinianych. Glina ma budowę przypominającą stos krystalicznych arkuszy krzemionki i tlenku gliny, co daje różne rodzaje minerałów ilastych. Najpopularniejszymi minerałami są kaolinit, illit i montmorylonit. Cechą gliny, szczególnie istotną z punktu widzenia budownictwa naturalnego, jest jej plastyczność, która wynika z wielkości cząstek, geometrii oraz zawartości wody. Na plastyczność duży wpływ ma skład chemiczny materiału zawartego w glinie. Gliny można formować w dowolny sposób, jeśli zatrzymują wodę. To właśnie skład mineralny decyduje o różnych właściwościach tynków glinianych. Dlatego decydując się na zastosowanie tynku glinianego, musimy mieć pewność co do jego składu mineralnego, pozwoli to mieć kontrolę nad procesem aplikacji, zapewni właściwą jakość, a także wykluczy ewentualne

problemy pojawiające się podczas aplikacji.

Tynki gliniane różnią się od innych tynków sposobem wiązania i utwardzania się. W przypadku cementu, gipsu i w pewnym stopniu wapna hydraulicznego proces utwardzania przebiega w wyniku reakcji hydraulicznej pomiędzy spoiwem a wodą. Tynki gliniane natomiast twardnieją, gdy nadmiar wody dodanej podczas mieszania zostaje utracony, a cząstki gliny zbliżają się do siebie. To siła przyciągania i odpychania się cząstek gliny odpowiada za wielkość siły spójności i wiązania gliny w stanie plastycznym oraz za wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie w stanie stałym.

Właściwości tynków glinianych a zdrowie

Tynki gliniane mają bardzo specyficzne i unikalne właściwości, które z wielu powodów doskonale nadają się do warunków budownictwa zabytkowego, budownictwa naturalnego oraz konwencjonalnego.

Jedną z ważniejszych zalet tynków glinianych, która bezpośrednio wpływa na zdrowie człowieka, jest ich oddychalność. Tynki gliniane mają nie tylko doskonałą przepuszczalność pary, ale także wyjątkowo dobre właściwości higroskopijne. Związane jest to z ich kapilarną strukturą. Może to stanowić ważną strategię kontroli nadmiaru wilgoci we wrażliwych budynkach, zagrożonych wzrostem poziomu wilgoci.

Tynki gliniane są nietoksyczne, charakteryzują się brakiem emisji lotnych związków organicznych i nie zawierają dodatków syntetycznych, betonu czy wapna.

Są najbardziej zrównoważonym, dostępnym wykończeniem ścian i sufitów, który nadaje się do recyklingu, naprawy i kompostowania. Pozwalają budynkom oddychać, tłumią akustykę i pomagają regulować wilgotność i temperaturę. Ich właściwości buforowania wilgoci pomagają utrzymać komfortowy poziom wilgotności dla domowników (40-60 proc.), jednocześnie zmniejszając ryzyko powstania pleśni czy rozwoju grzybów, bakterii i wirusów. Badania wykazały, że tynki gliniane mają potencjał redukcji LZO (lotnych związków organicznych) obecnych w powietrzu z innych źródeł.

Estetyka

Tynki gliniane to imponująco elastyczny i wyjątkowo trwały materiał. Może być renderowany w celu uzyskania nieskończonej gamy tekstur, od rustykalnych z widocznym kruszywem po gładkie i błyszczące. Kreatywność projektanta i zaangażowanie wykonawcy pozwalają na osiągnięcie niepowtarzalnych rozwiązań i detali, które nadają przestrzeni ekskluzywność i unikalność.

Dla ułatwienia rodzaje wykończeń zostały sklasyfikowane umownie do 3 kategorii:

- Tynki gliniane wykończone na gładko — dzięki miękkiej fakturze to delikatne wykończenie pozwala uzyskać pięknie gładkie ściany i jest preferowanym wyborem dla domów prywatnych. Zauważalne są bardzo subtelne różnice tonalne i fakturalne. Materiał: tynk drobnoziarnisty. Narzędzia: paca z gąbką, gąbka, paca wenecka.
- Tynki gliniane wykończone półrustykalnie — teksturalna powierzchnia tynku nadal jest gładka, ale obserwujemy lekkie nierówności, wgłębienia. W tym wykończeniu możemy do tynku dodać różne organiczne i mineralne dodatki: słoma, mieniające się minerały, aby uzyskać nieskończoną liczbę odmian i możliwości. Materiał: tynk drobnoziarnisty lub tynk strukturalny. Narzędzia: paca z gąbką, pędzel, paca japońska.
- Tynki gliniane wykończone rustykalnie — tynk bogaty w charakter, o różnym stopniu szorstkości. Wykończenie rustykalne można zastosować, aby stworzyć rustykalny, a jednocześnie nowoczesny styl. Oferuje niesamowitą możliwość personalizacji przestrzeni. Materiał: tynk strukturalny, tynk wzbogacony dodatkami mineralnymi lub organicznymi. Praca na mokrym tynku. Narzędzia: paca japońska, paca wenecka, pędzle, gąbka.

Tynki gliniane oferują również bogactwo kolorów. Swoją szlachetną, ziemistą kolor mogą zawdzięczać różnobarwnym złożom gliny. Ich

selekcji i mieszania. Są to tynki najbardziej naturalne, niepigmentowane, których kolor jest wynikiem użycia glin o różnym zabarwieniu. W sprzedaży dostępne są także tynki gliniane barwione pigmentami naturalnymi.

Wytyczne projektowe

Tynki gliniane możemy aplikować na wielu podłożach, jednak w zależności od tego, z czego wykonana jest ściana, na którą aplikować będziemy tynk, istnieją różne procedury przygotowawcze. Podłoże musi być strukturalnie mocne i solidne, odpowiednio szczepne i chropowate tak, aby tynk mógł dobrze się do niego przyczepić. Bardzo istotna jest także chłonność podłoża, im bardziej chłonne podłoże, tym bardziej będzie „piło” wodę z zaprawy, co może w efekcie doprowadzić do zbyt szybkiego wyschnięcia tynku i jego pęknięcia. Jeśli aplikacja tynków glinianych będzie wykonywana w nowych budynkach, trzeba pamiętać, aby zastosowane w nich tynki cementowo-wapienne były sezonowane.

- Podłoża niepłaskie i zakrzywione mogą wymagać innego przygotowania niż standardowe
- W obszarach o dużym natężeniu ruchu zaleca się stosowanie listew narożnikowych montowanych na powierzchni. W przypadku grubszych wykończeń zaleca się zaokrąglone rogi, ponieważ zapewniają większą trwałość.
- Rodzaj podłoża wymaga właściwej procedury przygotowawczej, co jest kluczowe dla trwałości i jakości tynku glinianego
- Bardzo chłonne podłoża wymagają zwilżenia przed aplikacją tynku

Warunki pracy

Nie należy wykonywać aplikacji, gdy temperatura spadnie poniżej 5°C lub wzrośnie powyżej 30°C. Wilgotność powietrza nie powinna przekraczać 70°C. Czas schnięcia zależy od warunków otoczenia i szybkości wchłaniania podłoża. W idealnych warunkach tynk powinien całkowicie wyschnąć w ciągu 24-48 godzin. Podczas aplikacji i po jej zakończeniu wymagana jest dobra cyrkulacja powietrza. Ogrzewanie

pomieszczeń może być stosowane w niskich temperaturach, ale należy zachować ostrożność, ponieważ zbyt szybkie wysychanie może powodować pęknięcia w tynku.

Ograniczenia

Tynk gliniany jest wszechstronnym materiałem, który z powodzeniem można aplikować na ściany i sufity. Tynki gliniane dobrze sprawdzają się w łazienkach, kuchniach i pomieszczeniach o okresowo podwyższonej wilgotności. Jednak nie nadają się do pomieszczeń mokrych z bezpośrednim kontaktem z wodą (np. kabina prysznicowa lub powierzchnia za umywalką). Tynki gliniane w naszej szerokości geograficznej są przeznaczone wyłącznie do użytku wewnętrznego.

Ochrona i pielęgnacja

Tynki gliniane są wykończeniem stosunkowo delikatnym i nie są odporne na uderzenia czy mocniejsze otarcia. Jednak z uwagi na fakt, że są wodno rozpuszczalne, uszkodzenia — np. drobne rysy i pęknięcia można łatwo naprawić miejscowo, spryskując powierzchnię wodą i delikatnie zacierając gąbką. Większe uszkodzenia mechaniczne należy miejscowo naprawić, stosując zaprawę glinianą.

Plamy i zabrudzenia należy w pierwszej kolejności próbować usunąć na sucho, stosując miękką gąbkę lub pędzel, w przypadku trudniejszych zabrudzeń powierzchnię można przetrzeć w delikatny sposób lekko zwilżoną, miękką gąbką.

Tynk gliniany, jeśli jest dobrej jakości i został zaaplikowany bez pominięcia żadnej fazy, nie powinien się „osypywać”. Aby zwiększyć jego trwałość, dopuszcza się zastosowanie utrwalaczy: naturalnych impregnatów (szczegóły w podrozdziale: Rozwiązania dla inwestora domu jednorodzinnego oraz dewelopera - zastosowanie naturalnych wykończeń w ujęciu projektowania zrównoważonego).

Zużycie materiału oraz wytyczne do kosztorysu

Tynk gliniany gruboziarnisty zwany także tynkiem bazowym wykorzystujemy jako tynk zasadniczy

przy aplikacji na ściany wykonane w technologii budownictwa naturalnego z zastosowaniem betonu konopnego, kostek słomy, płyt z włókien drzewnych czy konstrukcji z bala drzewnego, jak również ścian murowanych z cegieł. Średnie zużycie tego materiału to 60 m^2 z 1000 kg przy grubości aplikacji ok. 10 mm . Tynk drobnoziarnisty zwany także wykończeniowym stosujemy bezpośrednio do wykańczania powierzchni ścian i sufitów aplikując na różne powierzchnie, w tym również te wcześniej obrzucone tynkiem glinianym. Dodatkowo również jako samodzielna warstwa wykończeniowa w przypadku aplikacji na tynki wapienno-cementowe czy ściany wykonane z karton gipsu. Aplikujemy go maksymalnie na grubość 5 mm , przy wydajności ok. 5 m^2 z 20 kg tynku. W przypadku aplikacji na ściany wykonane z karton-gipsu w kosztorysie należy uwzględnić również koszt związany z aplikacją gruntu szczerpnego. W przypadku aplikacji na inne podłoża, w kosztorysie należy uwzględnić konkretny system tynkarski.

- Szacowane zużycie tynku glinianego wykończeniowego: $4\text{-}4,5 \text{ kg/m}^2$

- Szacowana cena tynku glinianego wykończeniowego brutto: $20\text{-}25 \text{ PLN/m}^2$

- Szacunkowy koszt aplikacji tynków wykończeniowych w 2024 roku wynosi $100\text{-}140 \text{ PLN/m}^2$ w zależności od lokalizacji, wielkości inwestycji oraz efektów wizualnych.

Tynki wapienne

Tynk wapienny jest jednym z najstarszych surowców stosowanych w budownictwie. Jego początki sięgają jeszcze początków Cesarstwa Rzymskiego. W okresie ostatnich 60 lat promocja tynków na bazie gipsu doprowadziła do niemal całkowitego upadku tynkarstwa wapiennego. Rosnąca świadomość ekologiczna oraz niezwykle właściwości oddychające tego surowca, powodują ponowne zastosowanie go w nowoczesnych budynkach zarówno wykonanych według założeń budownictwa naturalnego, jak i konwencjonalnego.

Wapienna zaprawa tynkarska składa się głównie z wapna, piasku i wody. Jednak, aby zmienić

jej podstawowe właściwości, potrzebne są różne dodatki. To, co odróżnia tynk wapienny od tynku glinianego to jego proces twardnienia. Tynki gliniane osiągają wytrzymałość po wyschnięciu, a po dodaniu wody mogą ponownie się rozmiękczyć. Tynki wapienne natomiast twardnieją na skutek procesu chemicznego zachodzącego w jego składnikach.

Jeśli decydujemy się na zastosowanie tynku wapiennego ze względów ekologicznych i zdrowotnych, musimy w pierwszej kolejności ocenić jego skład. Sucha zaprawa, produkowana na bazie dolomitowego wapna powietrznego lub naturalnego wapna hydraulicznego oraz gotowa do użycia zaprawa tynkarska z wapna dołowanego to produkty naturalne.

Właściwości tynków wapiennych

Tynk wapienny jest surowcem ekologicznym i nietoksycznym. Oprócz czarującej faktury tynk wapienny podobnie, jak tynk gliniany utrzymuje w budynku chłód latem, a ciepło zimą. Dodatkowo tynki wapienne mają właściwości przeciwwgrzybiczne i antyalergiczne, są zatem idealnym wyborem dla osób zmagających się z alergiami czy częstymi infekcjami górnych dróg oddechowych. Tynki wapienne to materiał niezwykle plastyczny, co daje olbrzymie możliwości aplikacyjne. Jest materiałem trwałym, który nadaje się do stosowania wewnątrz i na zewnątrz, jako powłoki bazowe i wykończeniowe. Można nakładać go bezpośrednio na dowolne podłoże mineralne, które jest nieobrobione, niezabezpieczone, niepomalowane. Można także aplikować go na płyty gipsowo-kartonowe i inne podłoża niemineralne, pod warunkiem że zostały one przygotowane za pomocą podkładu wiążącego. Tynk wapienny pozbawiony jest szkodliwych lotnych związków organicznych, jest bezwonny. Jego naturalnie wysoka alkaliczność zapobiega rozwojowi bakterii, pleśni i grzybów.

Estetyka

Tynk wapienny dzięki swoim niezwykłym właściwościom plastyczno-elastycznym można zastosować w przeróżnych aranżacjach. Wykańczanie tynku wapiennego daje szeroki

wachlarz możliwości.

Surowiec ten znajduje wykorzystanie również do kreowania małych detali, tj. okapy kuchenne czy ściany kominkowe. Aby uzyskać nieskończoną gamę tekstur, od rustykalnych z wyraźnym kruszywem po gładkie i błyszczące.

Tynki wapienne oferują zdecydowanie mniejszą gamę kolorystyczną, przy założeniu, że kolor wynika ze spoiwa (tynki wapienne niepigmentowane). Niemniej jednak tynki wapienne możemy zapigmentować używając pigmentów naturalnych. Jednak trzeba stosować pigmenty odporne na działanie soli wapiennych, a przy stosowaniu tynku wapiennego na zewnątrz, również odporne na kwasy. Zawartość pigmentu w zaprawie nie powinna przekraczać 5 proc. objętości spoiwa. Proces pigmentowania przeprowadzamy techniką sucha na sucha.

Wytyczne projektowe

Tynk wapienny aplikujemy na podłoża chłonne i stabilne. Nakłada się go zwykle w systemie trzech cienkich warstw, a proces aplikacji wykonujemy „mokro” na „mokro”.

Pierwsza warstwa o grubości około 10 mm, nakładana na podłoże, takie jak drewno lub odstonięty mur ceglany. Składa się z grubego kruszywa w celu uzyskania szorstkiego wykończenia, które zapewnia dobrą przyczepność do następnej warstwy. Druga warstwa wykonana z grubego kruszywa i ma grubość 10 mm, ale jest bardziej wygładzona i tylko lekko szorstka, aby zapewnić dobre efekty wizualne. Warstwa wykończeniowa ma grubość ok. 4 mm. Wykonana jest z gładkiego kruszywa, co daje dekoracyjny i bardzo estetyczny efekt końcowy. Wykończeniowy tynk wapienny można aplikować również na tynk gliniany bazowy lub jako samodzielną wykończeniową warstwę na podłożu typu karton-gips czy tynki cementowo-wapienne po uprzednim jego przygotowaniu.

Warunki pracy

Tynk wapienny należy przygotować minimum 24 godziny przed planowaną aplikacją. Nie należy wietrzyć pomieszczenia, należy utrzymać możliwie największą wilgotność i dość niską

temperaturę. Jeśli tynk wapienny aplikujemy na zewnątrz, prace należy prowadzić w miesiącach wiosennych lub jesiennych. Zakres temperatur podczas pracy: 5°C-20°C. Czas schnięcia zależy od warunków otoczenia oraz podłoża. Suchość dotykowa obserwowana jest po 24-48 h, a całkowite utwardzenie po 28 dniach.

Ograniczenia

Tynk wapienny można stosować w pomieszczeniach wilgotnych, ale nie nadaje się do wnęk prysznicowych. Nie nadaje się również do aplikacji na podłogę oraz powierzchnie nieutwardzone i mało stabilne.

Trwałość i pielęgnacja

Tynk wapienny jest wyjątkowo trwały, odporny na ścieranie oraz dość odporny na działanie wody, ale najlepiej stosować go na suche obszary. Większe uszkodzenia mechaniczne należy miejscowo naprawić, stosując zaprawę wapienną naprawczą. Plamy i zabrudzenia należy w pierwszej kolejności próbować usunąć na sucho, stosując miękką gąbkę lub pędzel, w przypadku trudniejszych zabrudzeń powierzchnię można przetrzeć w delikatny sposób lekko zwilżoną, miękką gąbką.

Zużycie materiału oraz wytyczne do kosztorysu

Tynk wapienny bazowy wykorzystujemy jako tynk zasadniczy przy aplikacji na ściany wykonane w technologii budownictwa naturalnego z zastosowaniem betonu konopnego, kostek słomy, płyt z włókien drzewnych czy konstrukcji z bala drzewnego, jak również ścian murowanych z cegły. Średnie zużycie tego materiału to ok. 50 m² z 1000 kg przy grubości aplikacji ok. 10 mm. Tynk wapienny drobnoziarnisty wykończeniowy aplikujemy maksymalnie na grubość 5 mm, przy wydajności ok. 5 - 6 m² z 20 kg tynku. W przypadku aplikacji na ściany wykonane z karton-gipsu w kosztorysie należy uwzględnić również koszt związany z aplikacją gruntu szczepnego. W przypadku aplikacji na inne podłoża, w kosztorysie należy uwzględnić konkretny system tynkarski.

Szacowane zużycie tynku wapiennego: 3,5-4,5 kg/m²

Szacowana cena tynku wapiennego wykończeniowego brutto: 18-23 PLN/m²

Szacunkowy koszt aplikacji tynków wykończeniowych w 2024 roku wynosi 100-140 PLN/m² w zależności od lokalizacji, wielkości inwestycji oraz efektów wizualnych.

Farby gliniane

Farby gliniane są przyjazne dla środowiska oraz dla człowieka. Charakteryzują się brakiem LZO (lotnych związków organicznych), a ich skład jest w 100 proc. naturalny, dzięki czemu są w pełni biodegradowalne. Oferują wysoki poziom krycia i łatwość aplikacji. Ich ogromną zaletą jest również brak nieprzyjemnego zapachu podczas aplikacji, a w pomieszczeniu można zamieszkać zaraz po pomalowaniu. Poza bezpiecznym i w pełni naturalnym składem farby gliniane gwarantują również artystyczną, unikatową, niejednorodną i oddychającą powierzchnię.

Aplikacja farb glinianych wygląda dokładnie tak, jak aplikacja standardowych farb malarskich, dedykowanymi narzędziami są przede wszystkim pędzle oraz wałki malarskie. Naturalne farby gliniane są całkowicie wolne od olejów i akryli, są to farby wodne, odpowiednie do ścian i sufitów. Nadają się szczególnie do tynków wapiennych i glinianych oraz innych podłoży chłonnych. Na rynku obecne są farby gliniane dające matowe i gładkie wykończenie, których kolory powstały w wyniku zastosowania pigmentów naturalnych, jak i bardziej organiczne i szlachetne farby gliniane niepigmentowane, wzbogacone o minerały i kruszywa, dzięki czemu dają lekko strukturalne, ale w pełni matowe wykończenie. Kolory tych farb uzyskano poprzez zastosowanie glin o różnym zabarwieniu, pozyskanych z różnych regionów i różnych głębokości.

Estetyka

Farby gliniane gwarantują aksamitnie matowe wykończenie, które nie odbija promieni słonecznych. Stosując farbę glinianą gładką, uzyskujemy kombinację matowo-jedwabistego wykończenia,

natomiast w przypadku zastosowania farb glinianych strukturalnych otrzymujemy intensywnie matowe wykończenie z widoczną strukturalną powierzchnią. Farby gliniane niepigmentowane można mieszać ze sobą, dzięki czemu możemy uzyskać personalizowany kolor. Innym sposobem na uzyskanie unikalnego koloru jest zastosowanie pigmentów naturalnych. Najlepsze efekty wizualne, bardziej artystyczne, osiągnąć można poprzez aplikację pędzlami.

Wytyczne projektowe

Farba gliniana jest farbą wodną, która nadaje się do powierzchni zdolnych do absorpcji wody. Idealnym podłożem dla farb glinianych są: tynki (tynki gliniane, tynki wapienne, tynki mineralne), kamień (cegła, beton konstrukcyjny), płyty karton-gips po wcześniejszym zagruntowaniu. Aby uzyskać pełne krycie i intensywność koloru, należy zaaplikować dwie warstwy. Drugą warstwę nakładamy po całkowitym wyschnięciu warstwy pierwszej. Do aplikacji nie stosujemy agregatu hydrodynamicznego, ponieważ minerały zawarte w farbie mogą zapychać dysze.

Większość farb dostępnych na rynku jest sprzedawana w konsystencji proszkowej, co pozwala zminimalizować straty. Rozwodnioną farbę można przechowywać w szczelnie zamkniętym pojemniku bez obawy, że utwardzi się czy zwierteje.

Warunki pracy

W przypadku starych powłok podłoże należy oczyścić i umyć wodą z dodatkiem mydła szarego. Zaleca się również zagruntowanie naturalnym gruntem celulozowym, który wyrówna chłonność podłoża w przypadku świeżych i sezonowanych tynków. Farbę glinianą najlepiej przygotować minimum 12 godzin przed planowaną aplikacją.

Ograniczenia

Gliniana farba do wewnątrz, choć jest wyjątkowo korzystna dla naszego zdrowia, ma swoje ograniczenia. Nie nadaje się do obszarów o dużym natężeniu ruchu, miejsc, które mogą wymagać szorowania lub kontaktu z wodą. Farb glinianych

nie aplikujemy na niechłonne powierzchnie tj: płyta MDF, metal, tworzywa sztuczne.

Trwałość i pielęgnacja

Należy bezwzględnie unikać intensywnego kontaktu z wodą. Zabrudzenia najlepiej usuwać za pomocą suchej szmatki wykonując ruchy w różnych kierunkach. Dla większości zabrudzeń taka czynność będzie wystarczająca. Klasa odporności na ścieranie przypomina fary wapienne, oznacza to, że dopiero intensywne przecieranie szmatką, powoduje ścieranie farby. W przypadku bardziej intensywnych zabrudzeń czy otarć można użyć wilgotnej gąbki i delikatnie przetrzeć zabrudzenia. Jeśli podczas tego procesu usuniemy znaczną część farby, możemy wykonać przemaalowanie miejscowe, stosując mały pędzel lub wałek, wykonując krótkie ruchy w różnych kierunkach.

Zużycie materiału oraz wytyczne do kosztorysu

Wydajność jakiej można spodziewać się po farbach glinianych to około 20 m² z 5 kg proszku przy jednokrotnym kryciu. Dla założeń kosztorysu należy również uwzględnić koszt gruntu celulozowego.

Szacowane zużycie farby glinianej przy dwukrotnym malowaniu: 0,3-0,5 kg/m²

Szacowana cena materiału brutto przy dwukrotnym malowaniu: 10,50 - 15 PLN/m²

Pigmenty ziemne, naturalne i tlenkowe

Pigmenty ziemne to naturalnie występujące minerały, głównie tlenki żelaza, których ludzie używali w farbach od tysięcy lat. Ich niezastąpionym walorem jest organiczne pochodzenie, które gwarantuje w pełni naturalny kolor. Te naturalne pigmenty można znaleźć w skałach i glebach na całym świecie, gdzie różne kombinacje minerałów tworzą żywe kolory, unikalne dla regionalnych krajobrazów. Niektóre pigmenty ziemne są prażone w celu zintensyfikowania ich koloru. Do pigmentów ziemnych należą ochry, sjena i umbry. Pigmenty ziemi wytwarzają miękkie, ziemiste

odcienie, które tworzą wyjątkowo szlachetne, naturalnie harmonijne wnętrza. Ochry pochodzą z naturalnie zabarwionej gliny zawierającej tlenki minerałów. Jedne z najstarszych pigmentów znanych ludzkości. Ochry są dostępne w różnych odcieniach żółci, złota i czerwieni. Sjena jest formą glinki limonitowej. Pigment został po raz pierwszy użyty we Włoszech w czasach prehistorycznych. Unikalny kolor pochodzi od tlenków żelaza. Sjena dostępna jest w bogatej, ziemistej czerwieni. Umbry to pigmenty gliniaste zawierające tlenki żelaza i manganu. Odkopane umbry zbiera się we Włoszech, w Ardenach i na Cyprze. Dają kolory ciemniejsze niż ochra i sjenna. Kolory wahają się od kremowego do brązowego, w zależności od stosunku związków żelaza i manganu. Naturalne pigmenty ziemne mają charakter półprzezroczysty i dają delikatniejsze, bardziej ziemiste odcienie, szczególnie po zmieszaniu z nieprzezroczystymi podłożami, takimi jak białe farby i tynki.

Pigmenty mineralne to pigmenty powstające w wyniku łączenia i podgrzewania naturalnie występujących pierwiastków. Należą do nich pigmenty ultramarynowe i spinelowe. Ultramaryny czyli błękit ultramarynowy pochodził z kamienia szlachetnego lapis lazuli. W okresie renesansu cena tego rzadkiego pigmentu przewyższała cenę złota. Obecnie ultramarynę wytwarza się przez ogrzewanie sody, gliny i siarki. Dzięki ultramarynie możemy otrzymać głębokie błękity i fiolety. Spinele to twarde, krystaliczne minerały pochodzenia wulkanicznego. Czyste spinele są bezbarwne. Naturalnie kolorowe spinele są niezwykle rzadkie i są pożądanymi kamieniami szlachetnymi. Kolor pojawia się, gdy spinel łączy się z zanieczyszczeniami mineralnymi wewnątrz wulkanu. Odważne i żywe kolory spinelu powstają w wyniku wymiany niektórych jonów w minerałach poprzez ogrzewanie i łączenie ich z innymi minerałami. Pigmenty spinelowe zapewniają żywe kolory z iskrą. Dostępne w kolorze żółtym, pomarańczowym, zielonym, turkusowym i niebieskim.

Pigmenty tlenkowe to produkowane barwniki wykonane z materiałów naturalnych. Mają bogatsze właściwości barwiące i większą

nieprzezroczystość niż inne pigmenty, co skutkuje mocniejszymi, wyrazistymi kolorami. Bardziej miękkie kolory można uzyskać, zmniejszając ilość i dodając biały pigment. Są to głównie tlenki żelaza.

Pigmentowanie tynków i farb glinianych

Dla tynków glinianych i farb glinianych zazwyczaj używa się większy dodatek pigmentów, ale nie większy niż 10 proc. objętości suchych komponentów. Zazwyczaj jest to 3-5 proc.. Trzeba mieć również na uwadze, że pigmentacja wpływa na „osypywanie się tynku”, dlatego praktykuje się albo dodatek specjalnego spoiwa do zaprawy, albo utrwalenie impregnatem naturalnym po aplikacji i wyschnięciu.

Pigmentowanie można przeprowadzić na dwa sposoby: metodą suchą przez dodanie pigmentu do suchej zaprawy i wymieszanie oraz metodą moką przez rozpuszczenie pigmentu w wodzie i dodanie do mokrej zaprawy.

Przy intensywnej obróbce tynku, np. zacieraniu gąbką, może dojść do usunięcia znacznej części pigmentu, przez co można zaobserwować „łaciatość powierzchni”.

Pigmentowanie tynków i farb wapiennych

Nie wszystkie pigmenty nadają się do barwienia spoiw na bazie wapna. Zasadowość wapna powoduje bardzo szybkie blaknięcie niektórych pigmentów. Dlatego tworząc autorski kolor, należy używać pigmentów dedykowanych do tego materiału. Idealnie nadają się do tego umbry palone i naturalne, sienny palone i naturalne, czerwony tlenek żelaza, żółty tlenek żelaza, czarny tlenek żelaza, biel tytanowa, ultramaryna, naturalne ochry i ziemia zielona.

Proces pigmentacji przeprowadza się metodą sucho na sucho - dodanie pigmentu do suchych składników i dokładne wymieszanie.

Zawartość ilości pigmentu w zaprawie wapiennej nie powinna przekraczać 5 proc. objętości spoiwa.

Tadelakt (wodoodporny tynk wapienny)

Historycznie tadelakt wywodzi się z regionu płaskowyżu Marrakeszu w Maroku. Po raz pierwszy został użyty w XI wieku do uszczelnienia królewskich cystern berberyjskich. Słowo tadelakt oznacza po arabsku „wcierać” lub „masować”. Marokański wodoodporny tynk wapienny to jedno z najstarszych, znanych ludzkości wykończeń architektonicznych. Określenie tadelakt odnosi się do specyficznego procesu aplikacji tynku wapiennego, ale obecnie używa się go do odróżnienia klasycznego tynku wapiennego od wodoodpornego tynku wapiennego.

Tadelakt (wodoodporny tynk wapienny) to jedno z najbardziej pożądanych obecnie wykończeń architektonicznych. Poprzez wymagający proces aplikacji uzyskujemy jedwabistą, gładką i wodoodporną powierzchnię, w postaci jednej wielkiej tafli pozbawionej spoin i łączeń. Tadelakt jest wyjątkową alternatywą dla tradycyjnych płytek ceramicznych. Jego powierzchnia jest odporna na pleśń i wymaga bardzo delikatnej i naturalnej konserwacji.

Właściwości

Ten wyjątkowy tynk wapienny dzięki technice aplikacji, jest wodoodporny i niezwykle trwały. Precyzyjnie i umiejętnie wcierane mydło z oliwy z oliwek, wchodzi w reakcję chemiczną z wapnem, dając stearynian wapna, to dzięki niemu powierzchnia staje się wodoszczelna i odporna na zarysowania. Tadelakt, choć nie przepuszcza wody, doskonale przepuszcza parę wodną, dzięki czemu jest „oddychający” i jeszcze bardziej odporny na grzyby i pleśń. Jest w 100 proc. naturalny, wspomaga zdrowe i bezpieczne środowisko życia. W jego skład wchodzi jedynie naturalne surowce, które są w pełni biodegradowalne i mogą być poddane recyklingowi poprzez rozdrobnienie i ponowne użycie w nowych zaprawach tynkarskich.

Estetyka

Powierzchnie wykonane tym tynkiem uzyskują niepowtarzalnie luksusowe, monolityczne

wykończenie. Tadelakt można wykończyć na wiele sposobów, od półmatowych do lśniących powierzchni. Ze względu na swój unikalny skład, pokrywa się patyną, która potęguje jego orientalny urok. Poza niewątpliwymi aspektami wizualnymi - lśniącą i monolityczną taflą, tadelakt oferuje niesamowite wrażenia dotykowe. Powierzchnia twarda jak kamień, przypominająca swoim ubarwieniem marmur, w efekcie jest satynowa, miękka i niezwykle gładka. Tadelakt można również zabarwić, w tym celu należy użyć pigmentów przeznaczonych do tynków wapiennych, a proces pigmentacji przeprowadzić na sucho.

Wytyczne projektowe

Tadelakt można nakładać na różne powierzchnie: drewno, cegłę, beton i inne materiały ogólnie stosowane w budownictwie. Trzeba pamiętać, by takie podłoże było odpowiednio przygotowane. Najlepszym podłożem pod tadelakt są tynki mineralne, przede wszystkim wapienne, cementowo-wapienne. Wodoodporny tynk wapienny nie lubi się jednak z podłożami gipsowymi. Jego pierwotnym zastosowaniem były powierzchnie, które często ulegają zamoczeniu: łazienki, fontanny, baseny. Obecnie stosowany jest do wykańczania ścian wewnętrznych, kuchni, kominków, siedzeń, półek, umywalk, kabin prysznicowych, wanien, basenów, spa, łazni parowych. Może być stosowany na podłogach, ale tylko w miejscach, w których użytkownicy nie będą nosili twardego obuwia, ponieważ piasek i drobne kamienie mogą rysować powierzchnię i znacznie ją uszkodzić.

Warunki pracy

Tadelakt należy przygotować min. 24 godziny przed planowaną aplikacją. Aplikacja wymaga doświadczenia, w przeciwnym razie może zakończyć się niepowodzeniem. Marokański tynk wapienny nakładamy na podłoże czysto mineralne, wapienne, cementowo-wapienne, cementowe, rzadziej gliniane, w kilku cienkich warstwach. Bezpośrednio przed aplikacją należy wyrównać chłonność podłoża wodą, do momentu aż przestanie się wchłaniać. Po nałożeniu jest

gładzony pacą i polerowany specjalnym kamieniem. Ostatnim i dość czasochłonnym etapem jest wcieranie w jego powierzchnię mydła marsylskiego z oliwy z oliwek. Procesu aplikacji nie można przerwać. Kluczowe jest dobre rozplanowanie pracy. Ponieważ wilgotność i temperatura wpływają na czas utwardzenia. Tempo pracy dyktuje proces schnięcia. Nie należy wietrzyć pomieszczenia, należy utrzymać możliwie największą wilgotność i dość niską temperaturę. Przy większych powierzchniach tadelakt powinien aplikować zespół rzemieślników.

Ograniczenia

Tadelaktu nie poleca się aplikować na podłogę, ponieważ obuwie, jak i drobne kamienie mogą porysować powierzchnię i ją zmatowić. Tadelakt można nakładać praktycznie w każdym pomieszczeniu. Jednak trzeba pamiętać, że jest on prawdopodobnie droższy niż standardowa aplikacja płytek ceramicznych, czy innych wykończeń, dlatego budżet może okazać się głównym ograniczeniem. Przypadkowe użycie ostrych środków czyszczących, może zniszczyć wodoodporną powierzchnię. Dlatego należy ściśle przestrzegać właściwego sposobu konserwacji. Raz uszkodzonej agresywnymi środkami czystości powierzchni tadelaktu, nie można naprawić i trzeba ją wymienić.

Trwałość i pielęgnacja

Tadelakt jest prosty w utrzymaniu. Pielęgnację należy ograniczyć do minimum. Należy raz w tygodniu czyścić go gąbką nasączoną roztworem wodnym mydła marsylskiego z oliwy z oliwek. Należy bezwzględnie unikać ostrych środków chemicznych, t.j. wybielaczy oraz środków ściernych. Tadelakt jest niezwykle trwałym wykończeniem pod warunkiem, że pielęgnowany jest we właściwy sposób. Drobne uszkodzenia mechaniczne możemy naprawiać punktowo, dokładając nieco świeżego materiału i delikatnie obrabiając uszkodzenie, maskując je — nie zapominamy o wygładzeniu i wtarcu mydła. Przy dbaniu o powierzchnię i świadomym korzystaniu z tadelaktu, uszkodzenia zdarzają się bardzo rzadko.

Zużycie materiału oraz wytyczne do kosztorysu

Aplikacja tynku wodoodpornego wapiennego jest procesem kilkuwarstwowym, dlatego jego wydajność jest znacznie niższa niż klasycznych tynków wapiennych. Wydajność, jakiej można się spodziewać wynosi 5-7 kg/m². W założeniach kosztorysowych należy uwzględnić również koszt mydła marsylskiego oraz wosków konserwujących, które wydłużą trwałość tynku.

Szacowana cena materiału brutto: 200 PLN/m²

Szacunkowe koszty aplikacji w 2024 roku: 1000-1500 PLN/m²

Rozwiązania dla inwestora domu jednorodzinnego oraz dewelopera - zastosowanie naturalnych wykończeń w ujęciu projektowania zrównoważonego

Ideą budownictwa naturalnego jest projektowanie w taki sposób, aby zapewnić użytkownikowi przestrzeni możliwie jak najlepsze samopoczucie, ale starając się jednocześnie nie wpływać negatywnie na środowisko. To projektowanie, które wspiera zdrowy styl życia. Zdrowie i dobre samopoczucie zawsze były kluczowe dla zrównoważonego projektowania.

Projektując jednorodzinny dom mieszkalny zgodnie z podejściem, które na pierwszym miejscu stawia dobro jego mieszkańców oraz dobro planety, musimy rozważyć wiele czynników, które będą miały bezpośredni lub pośredni wpływ na stan psychiczny i fizyczny domowników. Pod uwagę powinniśmy wziąć między innymi styl życia, lokalizację, wielkość pomieszczeń, ich układ itp.

Budynki zaprojektowane w taki sposób, aby zapewniać komfort mieszkańców, będą dostarczały mu: najlepszą jakość powietrza, komfort termiczny, wizualny i akustyczny, właściwe standardy higieny, dostęp do natury, udogodnienia dostosowane do aktywności, równowagę pomiędzy życiem osobistym a zawodowym, efektywność energetyczną oraz estetykę zgodną z ich upodobaniami.

Z dostępnych badań jasno wynika, że nie ma pojedynczych i uniwersalnych rozwiązań projektowych, które zapewniłyby optymalizację każdego parametru zdrowotnego oraz ogólny rozwój mieszkańców.

Co uwzględnić w projekcie?

Jako absolutne minimum podczas decydowania się na konkretne materiały budowlane powinniśmy wziąć pod uwagę poszczególne parametry takie, jak: jakość powietrza, oświetlenie, aspekty wizualne, akustykę, komfort cieplny i starać się osiągnąć je na dobrym poziomie, przy jednoczesnym ograniczeniu negatywnego wpływu na środowisko.

Niestety badania pokazują, że zanieczyszczenie powietrza w pomieszczeniach zamkniętych jest 3,5-krotnie większe niż na zewnątrz. Jest to spowodowane wieloma czynnikami, takimi jak: brak wentylacji, gotowanie, stosowanie środków chemicznych do sprzątania. Jednak główną przyczyną tkwi w emisji gazów cieplarnianych i toksycznych substancji z materiałów budowlanych i mebli. Główną grupą budzących obawy substancji chemicznych są lotne substancje organiczne (LZO), do których należą formaldehyd, benzyna, naftalen oraz inne chemikalia. Znajdziecie je w klejach, farbach, syntetycznych tynkach, meblach, drewnie kompozytowym itp.

- Poprawa jakości i higieny powietrza — podstawowe środki zapobiegawcze powinny obejmować wybór nietoksycznych materiałów wykończeniowych, pozbawionych groźnych dla zdrowia LZO. Zarówno tynki naturalne, jak i farby gliniane są całkowicie obojętne (przy wyborze właściwego producenta, należy dość dokładnie zapoznać się ze składem i sposobem wytwarzania, ponieważ na rynku dostępne są tynki naturalne i farby naturalne wzbogacane o różne rodzaje wypełniaczy i utrwalczy, co powoduje, że nie są to w pełni naturalne produkty). Naturalne tynki i farby są nietoksyczne i nie uwalniają do powietrza lotnych związków organicznych (LZO) ani podczas ich produkcji, ani podczas stosowania we wnętrzu. Właściwości buforowania wilgoci przez tynki gliniane pomagają utrzymać

komfortowy poziom wilgotności dla mieszkańców, jednocześnie redukując ryzyko powstania pleśni we wnętrzach. Dodatkowo udowodniono, że tynki gliniane mają zdolność do pochłaniania emitowanych z innych źródeł szkodliwych substancji chemicznych.

Kolejną przyczyną złej jakości powietrza w pomieszczeniach są pleśnie, grzyby i drobnoustroje. Dodatkowo wyższa wilgotność powietrza zwiększa uwalnianie LZO z innych materiałów. Dlatego tak ważne jest dbanie o właściwy poziom wilgotności w pomieszczeniach. Wybór tynków glinianych okazuje się najbezpieczniejszym i korzystnym dla zdrowia rozwiązaniem, ponieważ materiał ten ma zdolność utrzymywania wilgotności na poziomie 40-60 proc., czyli idealnej do wyeliminowania większości niekorzystnych zjawisk.

- Komfort wizualny, akustyczny i termiczny — zastosowanie materiałów wykończeniowych zgodnych z ideą budownictwa naturalnego takich jak np. farby gliniane, wapienne, tynki gliniane, tynki wapienne w tym tadelakt, przyczynia się również do innych aspektów dobrego samopoczucia. Naturalne materiały budowlane zapewniają przyjemną przestrzeń, w której nie tylko dobrze się czujemy, ale możemy również się rozwijać. Matowa powierzchnia tynku glinianego odbija światło w rozproszony sposób, redukując je i zmniejszając odbłaski. Dodatkowo wykończenie go w sposób teksturowany, umożliwia osiągnięcie nieporównywalnych efektów wizualnych oraz subtelny grę światła. Tadelakt wprowadza do wnętrza szlachetność i naturalność kamienia. Jednocześnie jest aksamitny, twardy, matowy z subtelnym, rozproszonym blaskiem. Tynk gliniany pomaga także pochłaniać i tłumić dźwięki w pomieszczeniu oraz zmniejsza ich przenoszenie pomiędzy przestrzeniami, aby stworzyć spokojne i harmonijne wnętrze. Gлина ma również doskonałe właściwości masy termicznej, wysoką pojemność cieplną właściwą i szybkość dynamiczną zmian, co pozwala złagodzić wahania temperatury i utrzymać ją na stałym poziomie w pomieszczeniach bez

konieczności stosowania dodatkowej energii.

- Poprawa stanu psychicznego — udowodniono, że kontakt z naturą i użycie naturalnych surowców w naszej przestrzeni, może obniżyć ciśnienie krwi, poprawić koncentrację i pamięć, po prostu sprawić, że będziemy czuć się zrelaksowani. Uwzględnienie biofilnych elementów w projekcie, będzie wspierało autentyczne połączenie mieszkańca z naturą. Projekt biofilny wykorzystuje naturalne surowce i materiały, aby złagodzić stres, poprawić jakość powietrza i wspierać funkcje poznawcze. Podkreśla związek pomiędzy środowiskiem wewnętrznym i jego mieszkańcami a naturą.

Biorąc pod uwagę wszystkie utrzymujące się trendy projektowe, które w rezultacie ugruntowały się, popyt skupił się na materiałach organicznych, imitujących środowisko zewnętrzne takich jak: drewno, kamień, tynki gliniane, wapienne, farby gliniane i wapienne.

Wymagania

Uwzględnianie aspektów zdrowotnych i środowiskowych podczas zakupu, montażu i utylizacji materiałów budowlanych, poprawi warunki życia w nieruchomości. Jako mieszkańcy budynków jesteśmy narażeni na działanie substancji chemicznych tworzących środowisko zabudowane. Osoby budujące oraz mieszkańcy społeczności, w których wytwarzane są produkty budowlane, mogą być narażeni w większym stopniu. Lepiej dla nas wszystkich będzie wiedzieć, na jakie chemikalia jesteśmy narażeni i jakie zagrożenia dla zdrowia mogą wiązać się z tymi chemikaliami.

W szczególności osoby odpowiedzialne za projektowanie, budowę i eksploatację budynków są w stanie działać na podstawie tych informacji i unikać znanych i potencjalnych zagrożeń. Publiczne ujawnianie składników materiałów budowlanych pozwala zespołom projektowym na dokonywanie bardziej świadomych wyborów. Pełne ujawnienie zawartości i znanych zagrożeń związanych z produktami to pierwszy krok w kierunku optymalizacji budynków, pozwalający nam unikać budowy domów z użyciem

niebezpiecznych chemikaliów.

Określ i zainstaluj produkty, których wykazy zostały ujawnione publicznie, a których zawartość jest scharakteryzowana i sprawdzona przy użyciu list zagrożeń dla zdrowia. Większość polskich producentów ujawnia składy swoich produktów naturalnych. Dla wykończeń naturalnych możesz odnieść się do poniższych składów:

- Skład naturalnego tynku glinianego — kolorowe gliny, piaski kwarcowe, mąka marmurowa i włókna naturalne, dodatki mineralne i organiczne, pigmenty naturalne i mineralne
- Skład naturalnego tynku wapiennego — wapno hydratyzowane, kaolin, piaski kwarcowe, mąka marmurkowa, pigmenty naturalne i mineralne
- Skład naturalnej farby glinianej — kaolin i mieszanka dodatków mineralnych, pigmenty naturalne
- Skład tadelaktu — wapno hydrauliczne, wapno hydratyzowane, kruszywo marmurowe, piasek kwarcowy, wyselekcjonowane kruszywa wapienne, dodatki mineralne oraz naturalne pigmenty

Unikaj produktów, w których znajdują się LZO. Farby, powłoki, podkłady, kleje i uszczelniacze mogą uwalniać LZO, szczególnie gdy są nowo nałożone lub mokre. Narażenie na poszczególne LZO i mieszaniny LZO może powodować, lub pogarszać warunki zdrowotne, w tym alergie, astmę i podrażnienie oczu, nosa i dróg oddechowych. Niektóre LZO, takie jak formaldehyd, są powiązane ze skutkami zdrowotnymi, np. nowotworami. Wybór produktu ma wpływ na środowisko, zarówno podczas produkcji, jak i całej działalności. Tynki naturalne i farby gliniane nie wydzielają LZO i mogą stać się idealną alternatywą dla syntetycznych wykończeń architektonicznych.

Wybieraj produkty o niskiej emisji CO₂ w skali cyklu życia budynku. Przejrzystość dotycząca emisji gazów cieplarnianych z materiałów, jest kluczowym pierwszym krokiem w określeniu optymalnego wyboru produktu. Tynki naturalne stanowią bardziej zrównoważoną alternatywę dla tynków gipsowych i farb syntetycznych.

Dostarczane są w postaci gotowej do zmieszania z wodą i nakładania przy użyciu konwencjonalnych narzędzi i umiejętności tynkarskich. Podczas procesu produkcyjnego potrzeba bardzo mało energii, nie używa się wody i nie powstają żadne odpady. Tynki gliniane to jedne z najbardziej zrównoważonych dostępnych na rynku wykończeń ścian, które nadają się do recyklingu, naprawy i kompostowania. Tynki gliniane charakteryzują się nieporównywalnie niższą emisją CO₂ niż inne wykończenia architektoniczne. I jest ona na poziomie 0,05 kg CO₂ e/kg.

Oczekiwana trwałość przeciętnej farby wynosi 10 lat, co wymaga sześciokrotnej aplikacji w ciągu 60 lat życia budynku. Ponieważ farba wymaga wielokrotnego nakładania, tynki gliniane zapewniają niższą wartość zawartego węgla. To pokazuje, jak ważne jest projektowanie długowieczne, jako strategia zrównoważonego projektowania.

- Używaj materiałów, które można poddać recyklingowi, ponownie wykorzystać lub zwrócić do systemów naturalnych bez ich wyczerpania. Po zakończeniu okresu użytkowania tynk gliniany można poddać recyklingowi i ponownie wykorzystać w prostym, niskoenergetycznym procesie. Jeśli konieczna jest utylizacja, tynk gliniany jest nietoksyczny i ulega biodegradacji. Można go łatwo poddać kompostowaniu.
- Stosuj produkty wpisujące się w projektowanie długowieczne — tynk gliniany wymaga niewielkiej konserwacji, jest odporny na promieniowanie UV i nie ulega degradacji z biegiem czasu. Wszelkie szkody, które wystąpią, można łatwo naprawić na miejscu. Dzięki tym właściwościom oczekiwana trwałość tynku glinianego wynosi 60 lat.
- Stosuj materiały regionalne — materiały budowlane wydobywane, przetwarzane i produkowane lokalnie w bliskiej lokalizacji miejsca realizacji projektu minimalizują zużycie energii związane z ich transportem i przyczyniają się do rozwoju lokalnej gospodarki. Wykorzystanie materiałów

lokalnych może również odzwierciedlać lokalną tożsamość, historię lub kontekst, zwiększając poczucie przywiązania do miejsca. Tynki gliniane oraz farby gliniane - szczególnie te niepigmentowane w znaczący sposób podkreślają tożsamość z miejscem. Są wydobywane z określonych regionów Polski i mogą stać się cennym argumentem w projekcie uwzględniającym lokalną tożsamość.

Podłoża pod tynki naturalne

Tynki naturalne można z powodzeniem kłaść na różne podłoża występujące w budownictwie. Idealnym podłożem pod tynki naturalne są wszystkie materiały zawierające mineralne składniki. Można również aplikować je na ściany wykonane z bali drewnianych czy płyt drewnopodobnych, ale należy zastosować w tym przypadku maty trzcinowe jako nośnik tynku.

Podłoża pod farby gliniane

Farbę glinianą można stosować do malowania ścian i sufitów wewnątrz budynku. Idealnie nadaje się również do malowania tynków glinianych, wapiennych oraz typowych, chłonnych powierzchni, jak karton-gips czy tynk cementowo-wapienny. W przypadku starych powłok podłoże należy oczyścić i umyć wodą z dodatkiem mydła szarego. Powierzchnię przed aplikacją farby glinianej należy zagruntować gruntem celulozowym, który wyrówna chłonność podłoża w przypadku świeżych i sezonowanych tynków.

Dodatkowe ekologiczne materiały budowlane polecane przy pracy z tynkami i farbami naturalnymi

Praca z tynkami naturalnymi wymaga dość elastycznego podejścia. Trzeba pamiętać, że przede wszystkim są to produkty naturalne, które wymagają zastosowania dedykowanych produktów kompatybilnych z ich składem. Poniżej przedstawiamy listę najbardziej powszechnych produktów, które znajdują zastosowanie w aplikacji i użytkowaniu tynków naturalnych.

Impregnat naturalny — jego zadaniem jest wzmocnienie nietrwałych i osypujących się

powierzchni. Znajduje zastosowanie podczas pracy ze starymi powierzchniami. W niektórych przypadkach, w wyniku aplikacji złej jakości tynku naturalnego, albo jego nieprawidłowego wykonania, impregnat stosujemy, aby związać powierzchnię tynku, co zapobiega przed osypywaniem się minerałów. Impregnat musi być paroprzepuszczalny. Zastosowanie: drewno, tynk, beton, płyty kartonowo – gipsowe, tynki gliniane, wapienne, dekoracyjne rodzaju II.

Grunt celulozowy — zmniejsza i wyrównuje chłonność podłoża. Przeznaczony jest do przygotowania podłoża wewnątrz budynków, szczególnie przed aplikacją farb glinianych. Jest także idealnym produktem przy przeprowadzaniu remontów i renowacji starych budynków, ponieważ wzmacnia osypujące się i nietrwałe powierzchnie. Powstaje na bazie metylocelulozy. Zastosowanie: drewno, tynk, beton, płyty kartonowo – gipsowe, tynki gliniane, wapienne, dekoracyjne rodzaju II.

Mata trzciniowa — mata trzciniowa, podtynkowa jest najlepszym nośnikiem dla tynków glinianych i wapiennych. Maty trzciniowe mogą być stosowane przy renowacji i remontach budynków, jak również przy nowych konstrukcjach, na przykład w konstrukcji szkieletowej. Mogą być montowane na ścianach drewnianych, kamiennych czy płytach drewnopodobnych.

Grunt szczepny — znajduje zastosowanie jako podkład pod tynki wapienne i gliniane nakładane na płyty karton-gips. W swoim składzie zawiera piasek kwarcowy, który zapewnia przyczepność dla tynków naturalnych. Warto wybrać produkt ekologiczny, przyjazny dla środowiska.

Izolacyjna płyta z włókna drzewnego lub konopnego — termoizolacyjne płyty chronią przed zimnem, upałem, hałasem i wilgocią. Jednocześnie są otwarte dyfuzyjnie i tworzą zdrowy mikroklimat w domu. Na większość płyt izolacyjnych dostępnych na rynku można aplikować tynk naturalny.

Płyty gliniane — produkowane są z mieszanki gliny, piasku i siewki słomianej. Stanowią doskonały zamiennik płyt OSB i płyt kartonowo-gipsowych. Mają nad nimi przewagę, gdyż doskonale regulują wilgotność. Można je

zastosować w miejscach, gdzie nie można zastosować tynku glinianego bazowego, co jest związane z wysoką wilgotnością wydzielaną podczas schnięcia tynku.

Jak wykończyć ściany wykonane z betonu konopnego lub kostek słomy?

Budynki postawione w technologii budownictwa naturalnego, czyli np. budynki z kostek słomy czy betonu konopnego można wykończyć różnymi technikami, w zależności od pożądanых wymagań estetycznych i funkcjonalnych. Oto kilka typowych metod wykańczania lub renderowania betonu konopnego:

Tynk wapienny - tynk wapienny to tradycyjny i popularny wybór do wykańczania ścian z betonu konopnego czy kostek słomy. Polega na nałożeniu na powierzchnię betonu konopnego/słomy mieszaniny wapna, piasku i czasami innych dodatków. Tynk wapienny nie tylko zapewnia gładki i atrakcyjny wygląd, ale także zwiększa trwałość i odporność betonu konopnego/słomy na warunki atmosferyczne.

Tynk gliniany - tynkowanie powierzchni betonu konopnego/słomy polega na nałożeniu warstwy tynku glinianego. Tynk gliniany jest ekologiczny i oddychający, dzięki czemu beton konopny zachowuje swoje naturalne właściwości regulujące wilgotność.

Procedura wykańczania ścian wykonanych z kostek słomy, z bloczków ziemi czy betonu konopnego wymaga kilkuetapowej aplikacji. Pierwszym etapem jest przygotowanie podłoża, które ma na celu wyrównanie chłonności, ale także, w przypadku kostek słomy wyrównanie i przycięcie wystających elementów słomy. Kolejnym etapem jest obrzutka, a po niej aplikacja zasadniczej (bazowej) warstwy tynku naturalnego z siatką lub matą trzciniową. Aplikujemy ją na grubość 10-15 mm. Ostatnim etapem jest aplikacja warstwy wykończeniowej maks. do 5 mm, która zapewni walory estetyczne.

System aplikacji tynku glinianego na różne podłoża

PODŁOŻE POD TYNK	SPOSÓB APLIKACJI	UWAGI
Tynk cementowo-wapienny	Przygotowanie podłoża (wyrównanie chłonności), cienkowarstwowy, droбноziarnisty tynk gliniany	Nowe tynki powinny zostać wysezonowane.
Cegła	Przygotowanie podłoża (wyrównanie chłonności), obrzutka, warstwa zasadnicza (gruboziarnisty tynk gliniany), warstwa wykończeniowa (droбноziarnisty tynk gliniany).	Należy zwrócić szczególną uwagę na chłonność podłoża ceglanego, aby uniknąć zbyt szybkiego pochłonięcia wody przez powierzchnię cegieł, co w efekcie może spowodować zbyt szybkie wysychanie tynku glinianego i jego pękanie.
Pustaki	Przygotowanie podłoża, obrzutka, warstwa zasadnicza (gruboziarnisty tynk gliniany), warstwa wykończeniowa (droбноziarnisty tynk gliniany).	Beton porowaty jest bardzo nasiąkliwy i pozbywa się wody bardzo powoli, z tego powodu zaleca się raczej obniżenie nasiąkliwości podłoża poprzez gruntowanie.
Płyta gliniana	Zbrojenie według zaleceń producenta płyty; warstwa zasadnicza, cienkowarstwowy, droбноziarnisty tynk gliniany.	Z reguły stosuje się delikatne, droбноziarniste tynki gliniane.
Płyta karton gips	Gruntowanie gruntem szczepnym, cienkowarstwowy, droбноziarnisty tynk gliniany.	Zalecana grubość aplikacji do 4 mm.
Belki drewniane	Przygotowanie podłoża, aplikacja maty trzcinowej, obrzutka, gruboziarnisty tynk gliniany z zatopioną siatką, cienkowarstwowy, droбноziarnisty tynk gliniany.	
Płyty drewnopodobne	Przygotowanie podłoża, aplikacja maty trzcinowej, obrzutka, gruboziarnisty tynk gliniany z zatopioną siatką, cienkowarstwowy, droбноziarnisty tynk gliniany.	
Płyty izolacyjne ekologiczne	Przygotowanie podłoża, warstwa zasadnicza tynku z siatką, warstwa wykończeniowa - cienkowarstwowy, droбноziarnisty tynk gliniany.	Nie wszystko płyty izolacyjne nadają się do aplikacji tynków. Należy zapoznać się z informacją producenta.

Rozdział 3

Wzornik GOZ

Jan Dowgiałło

3.1 Budownictwo jednorodzinne



autor ilustracji: Jan Dowgiałło

3.1 Budynek jednorodzinny wizualizacja

3.1 Budynek jednorodzinny

wizualizacja

autor ilustracji: Jan Dowgiałło

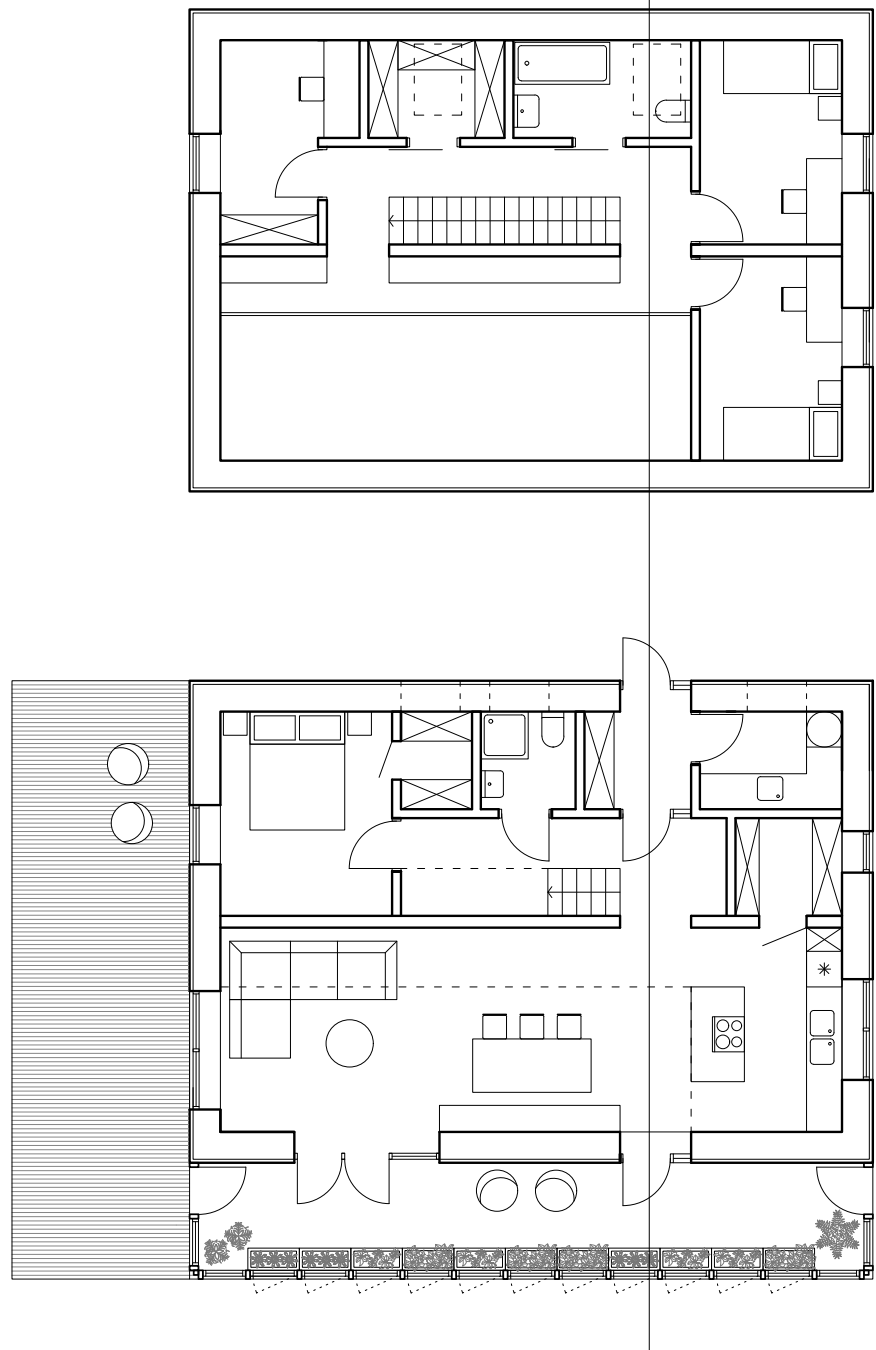


3.1 Budynek jednorodzinny
wizualizacja



3.1 Budynek jednorodzinny
wizualizacja





autor ilustracji: Jan Dowgiałło

3.1 Budynek jednorodzinny

rzuty

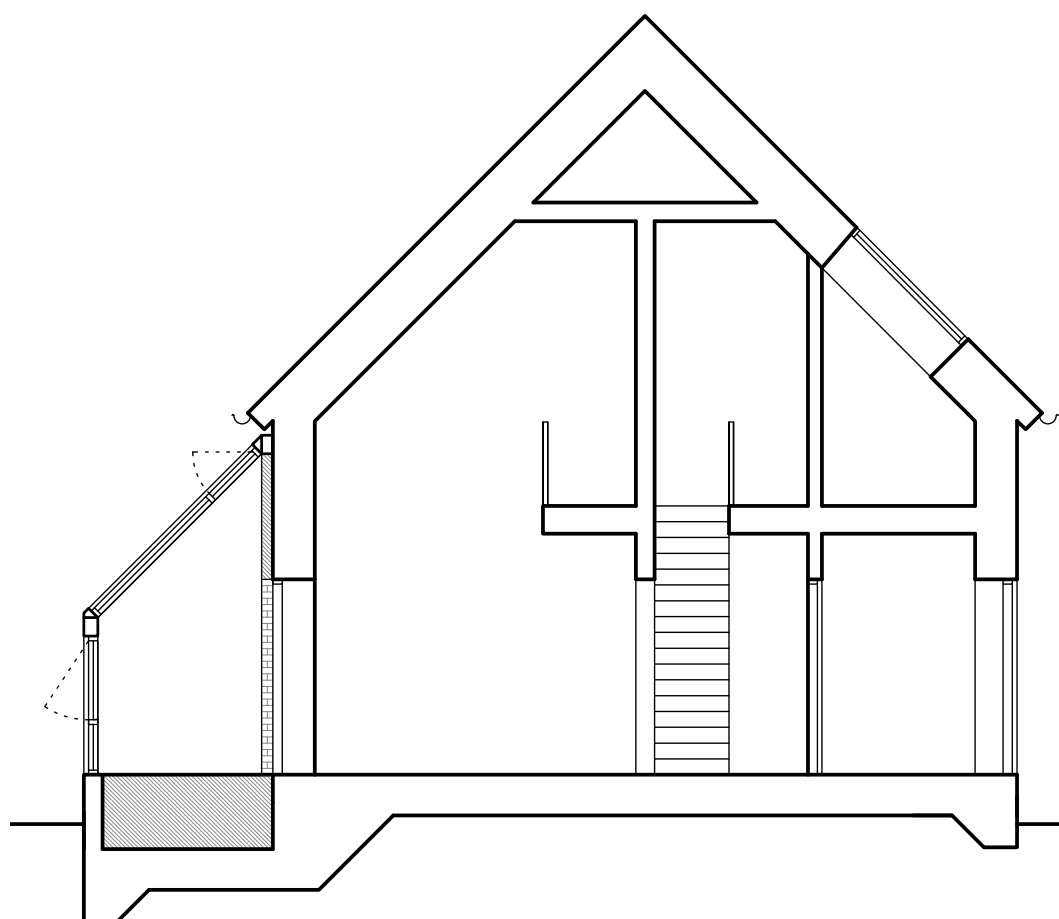


autor ilustracji: Jan Dowgiałło

3.1 Budynek jednorodzinny wizualizacja

3.1 Budynek jednorodzinny

przekrój



autor ilustracji: Jan Dowgiałło

3.2 Budownictwo jednorodzinne szeregowe



3.2 Budynek szeregowy

wizualizacje



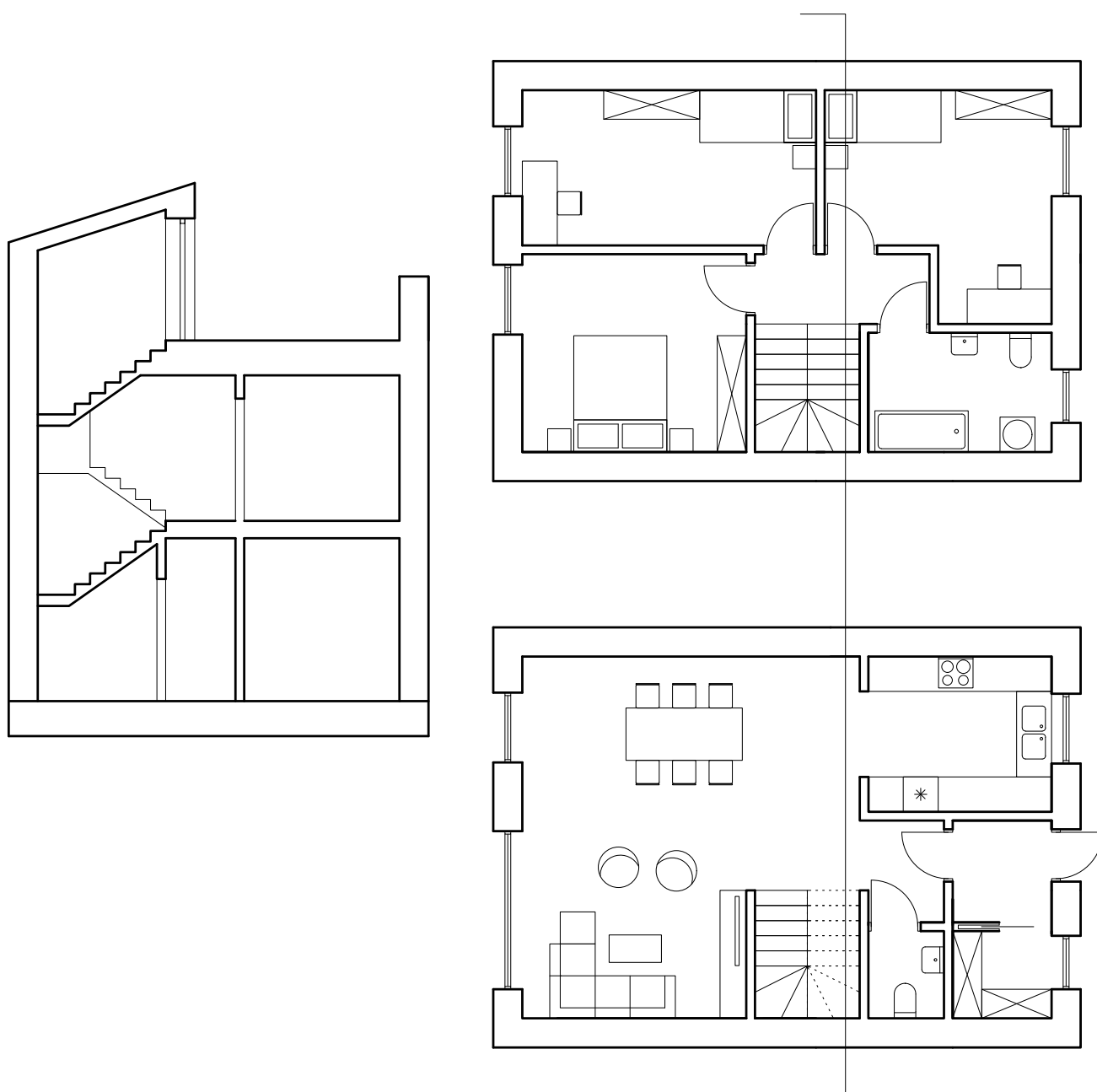
autor ilustracji: Jan Dowgiałło



4.2 Budynek szeregowy

wizualizacje





3.2 Budynek szeregowy

rzuty

autor ilustracji: Jan Dowgiałło



3.2 Budynek szeregowy

wizualizacja

3.3 Budownictwo wielorodzinne



3.3 Budynek wielorodzinny wizualizacje





3.3 Budynek wielorodzinny

wizualizacje



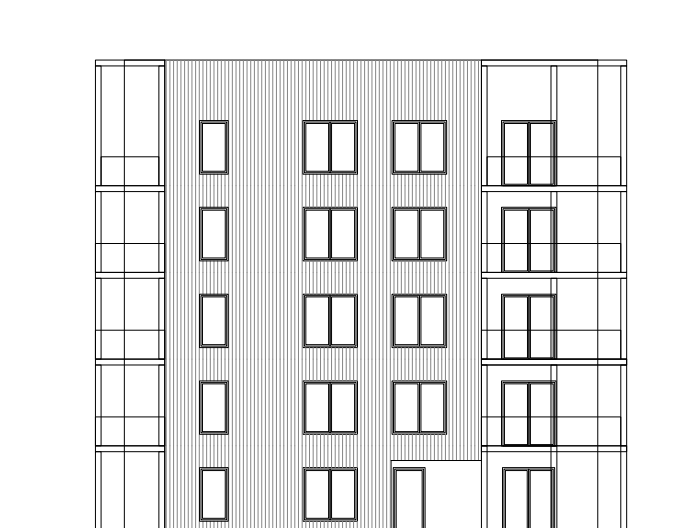
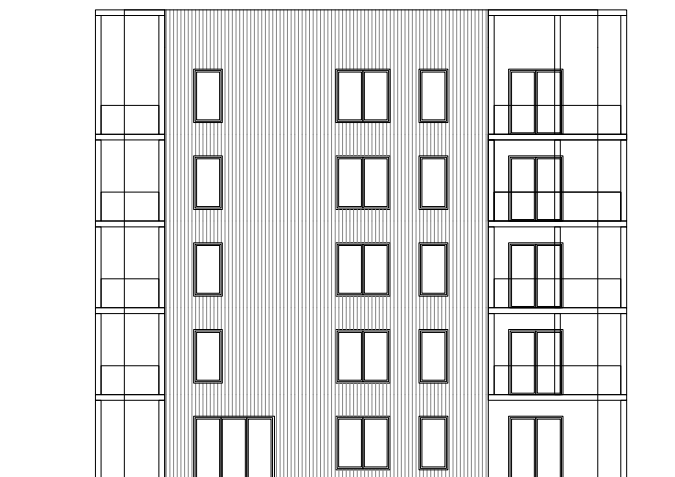
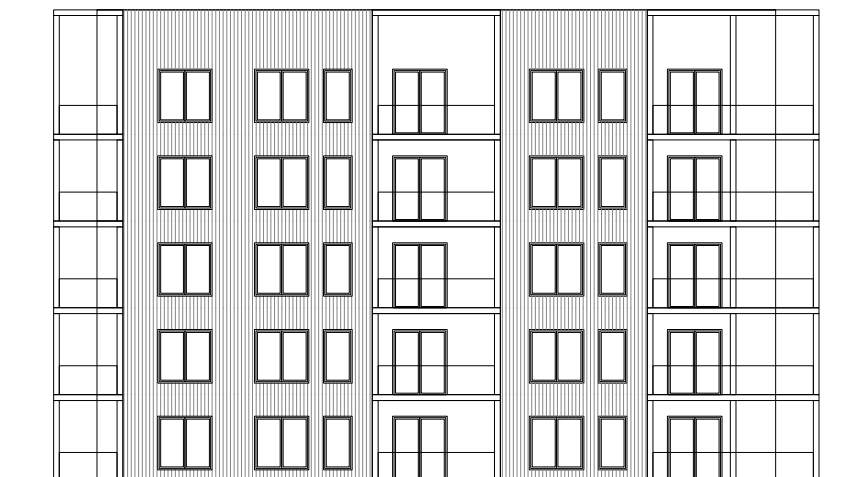


autor ilustracji: Jan Dowgiałło

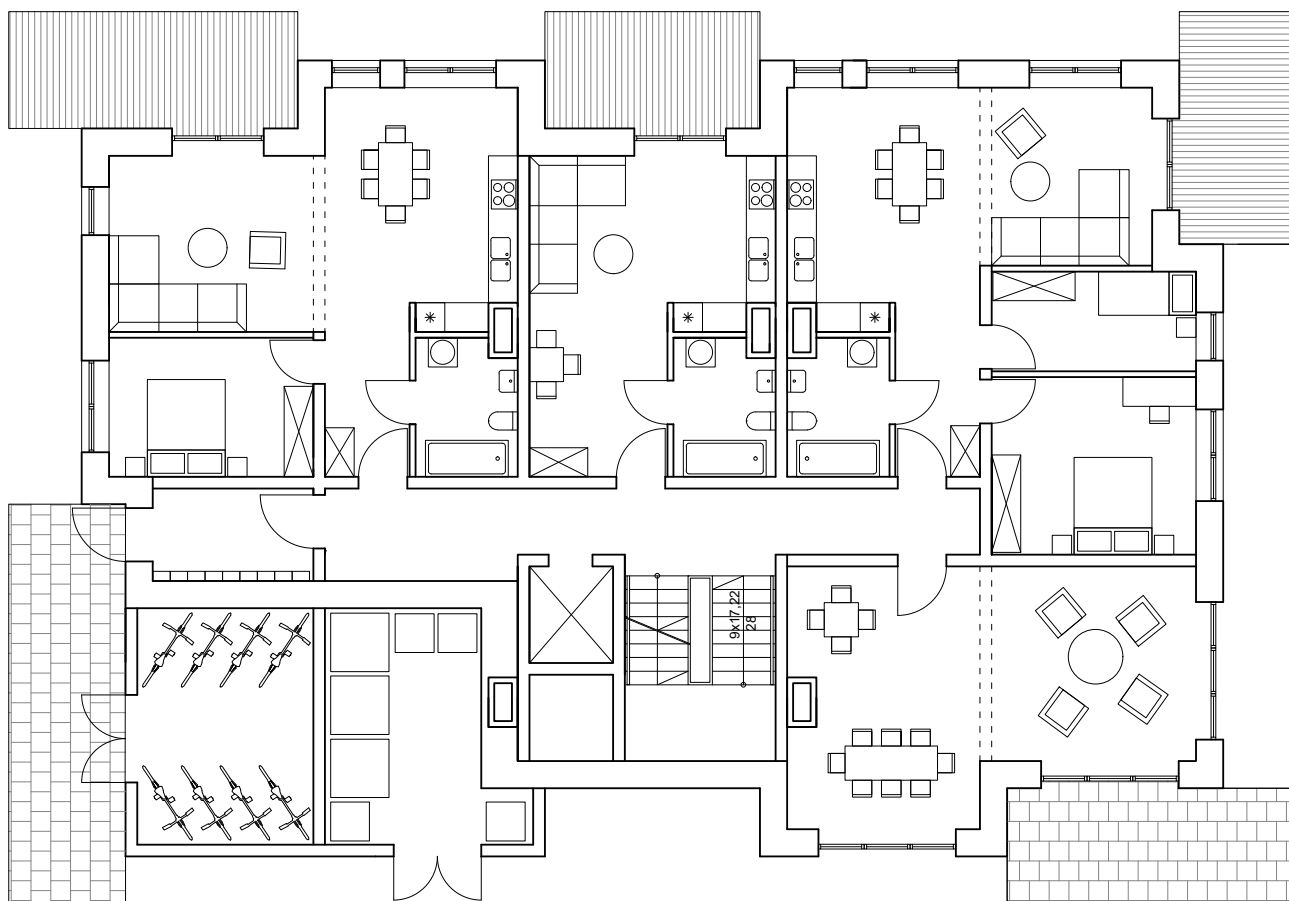
3.3 Budynek wielorodzinny wizualizacja

3.3 Budynek wielorodzinny

elewacje

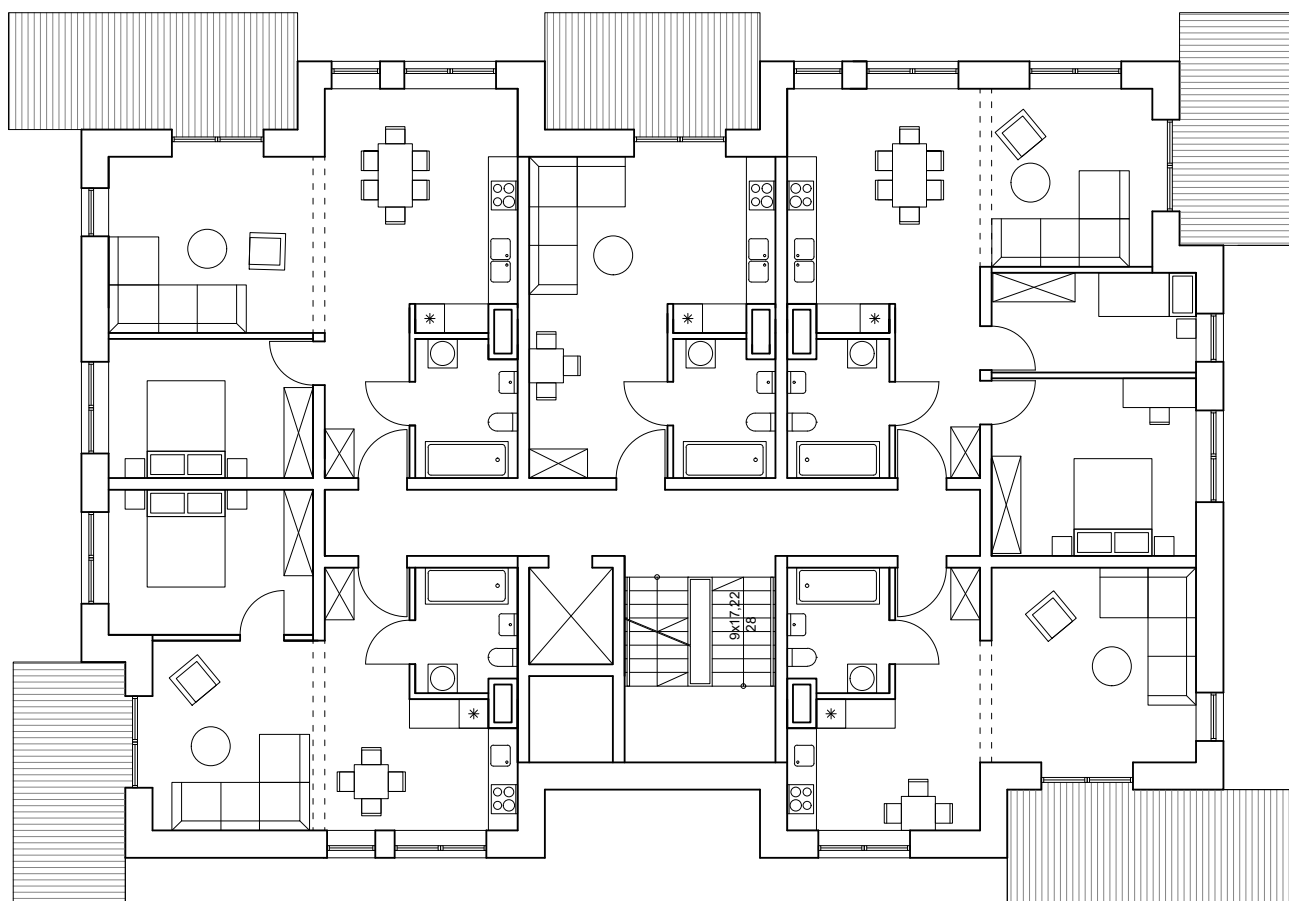


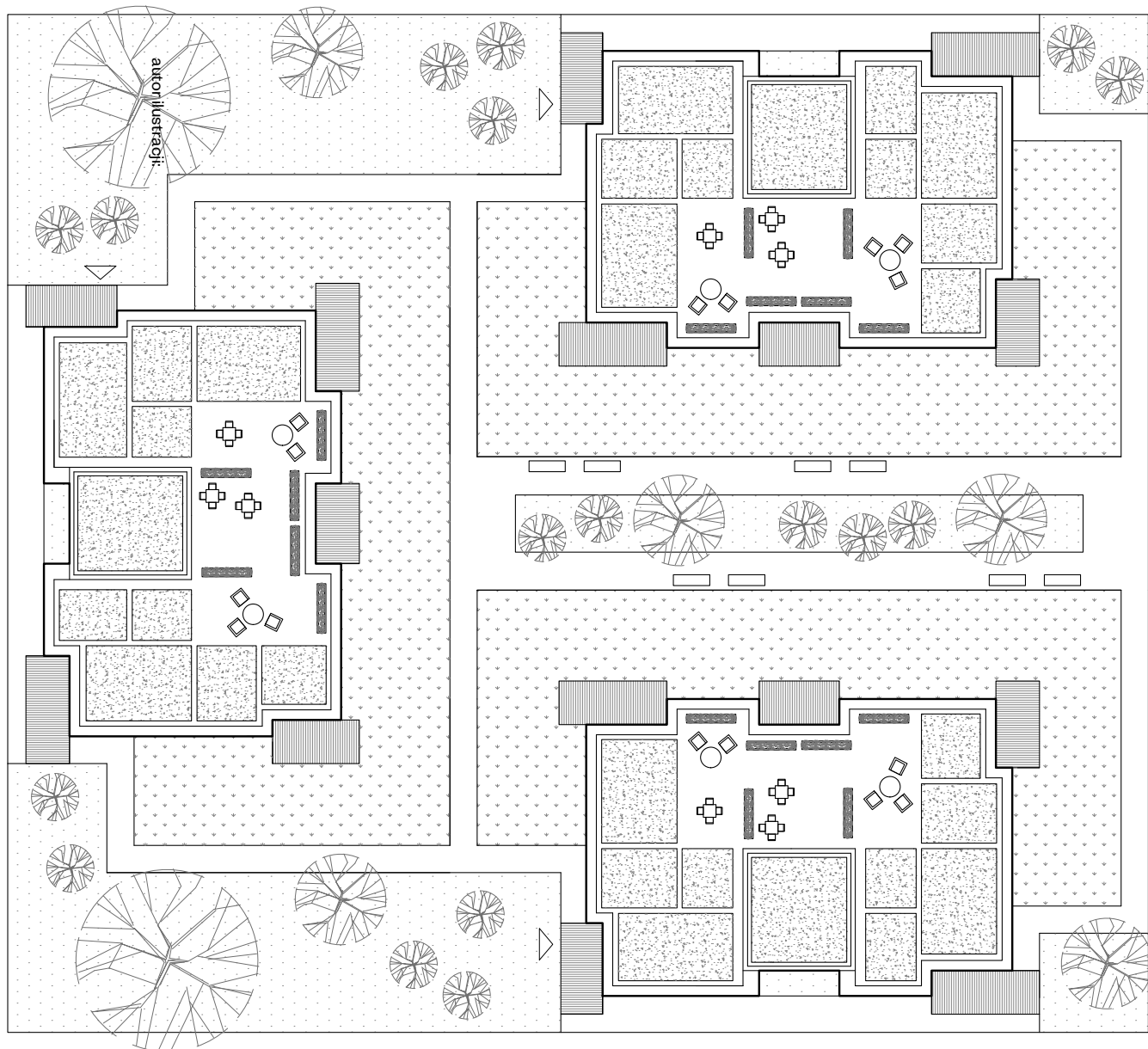
autor ilustracji: Jan Dowgiałło



4.3 budynek wielorodzinny
rzut parteru

4.3 budynek wielorodzinny
rzut powtarzalny





3.3 Budynek wielorodzinny

wizualizacja

Rozdział 4

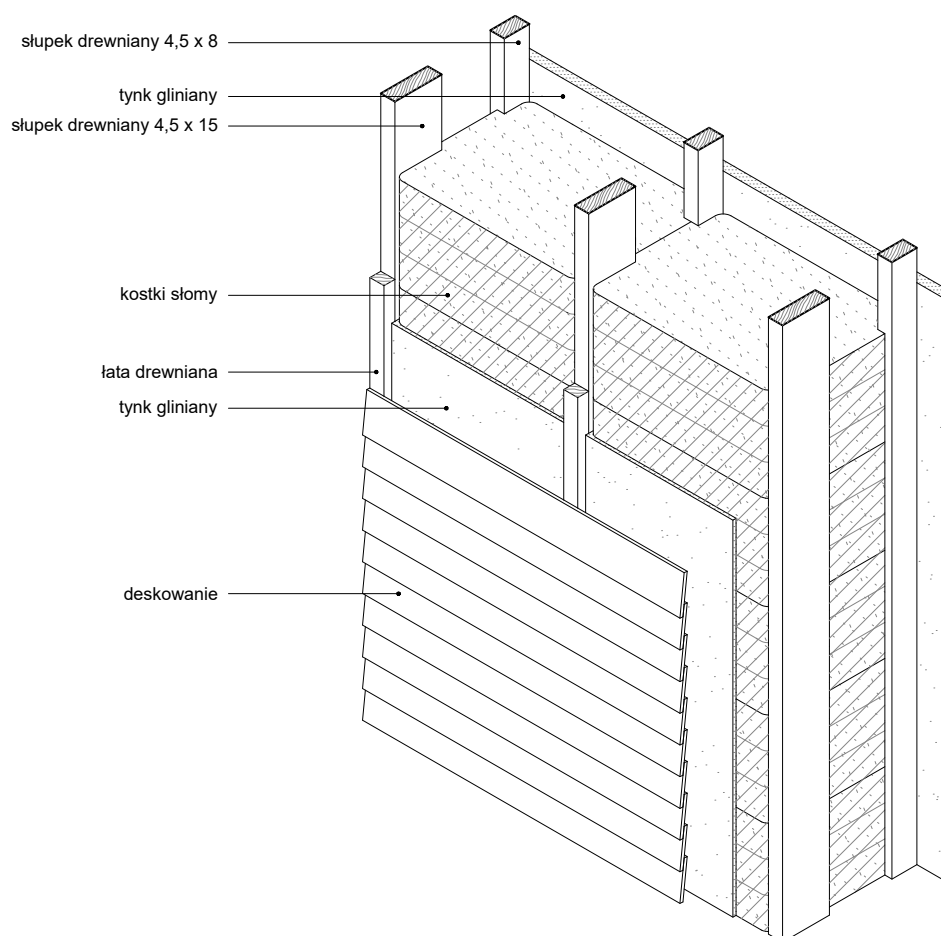
Rozwiązania budowlane i wykonawcze

Jan Dowgiałło, Adam Parzyszek

4.1 Budynki nowe

Jan Dowgiałło

4.1.1 Szkielet drewniany izolowany kostkami słomy

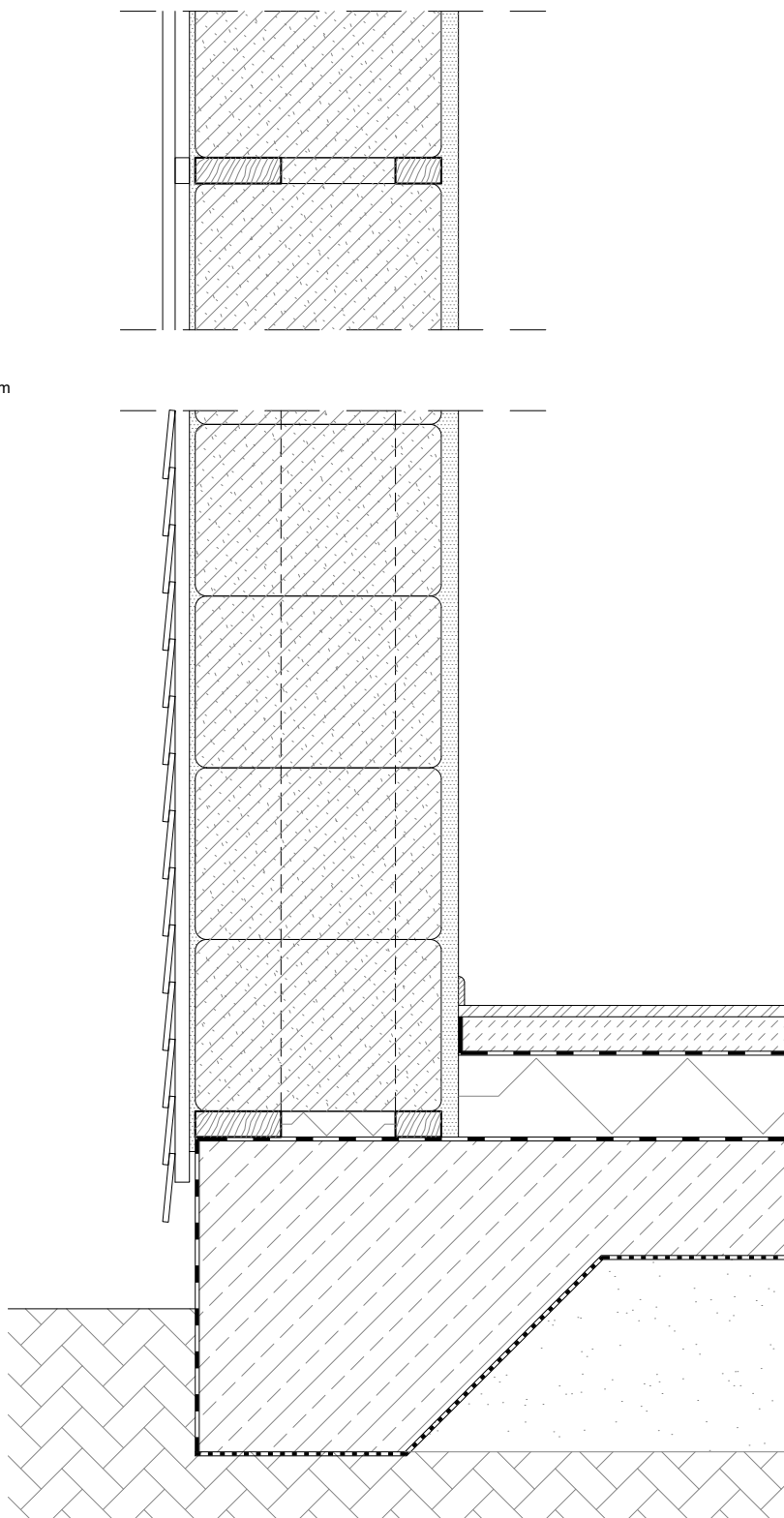


autor ilustracji: Jan Dowgiałło

4.1.1 Konstrukcja szkieletowa z kostkami słomy aksonometria ściany

ŚCIANA	
3	tynek gliniany
43	kostki słomy pomiędzy podwójnymi słupami
1	tynek gliniany zewnętrzny
2,5	łaty / szczelina wentylacyjna
	deskowanie na nakładkę

PODŁOGA	
2	deski drewniane
6	wylewka cementowa z ogrzewaniem
15	podłogowym srebrna folia
	styrodur
20	płyta fundamentowa
	folia
20	ubity piach



autor ilustracji: Jan Dowgiałło

4.1.1 Konstrukcja szkieletowa z kostkami słomy

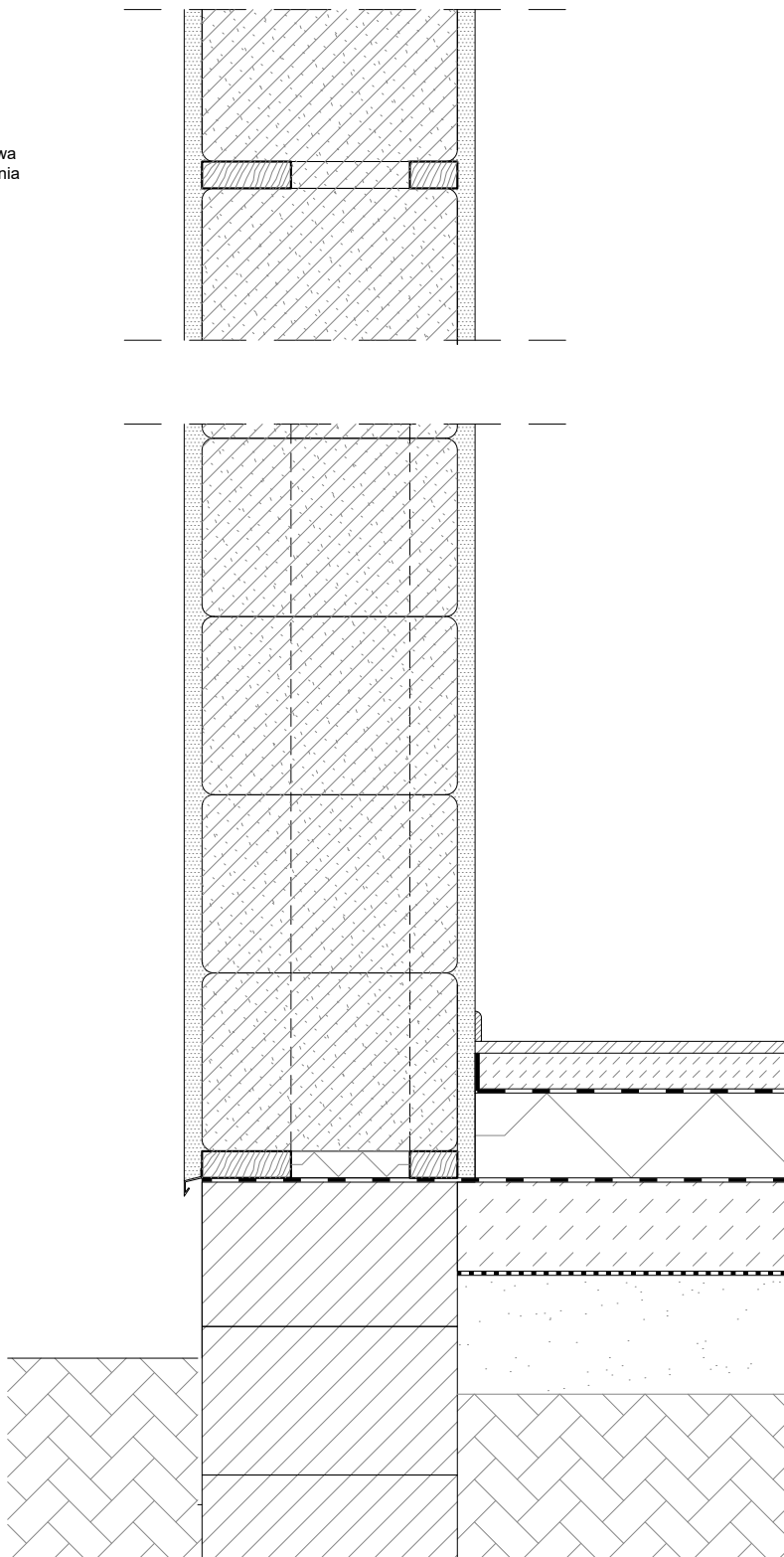
detal płyty fundamentowej

ŚCIANA

- 3 tynk gliniany
- 43 kostki słomy pomiędzy podwójnymi słupami
- tynk gliniany jako warstwa podkładowa
- tynk wapienny jako warstwa wierzchnia

PODŁOGA

- 2 deski drewniane
- 6 wylewka cementowa z ogrzewaniem podłogowym
- folia srebrna
- 15 styrodur
- izolacja przeciwwilgociowa
- 15 płyta betonowa
- folia
- 20 ubity piach

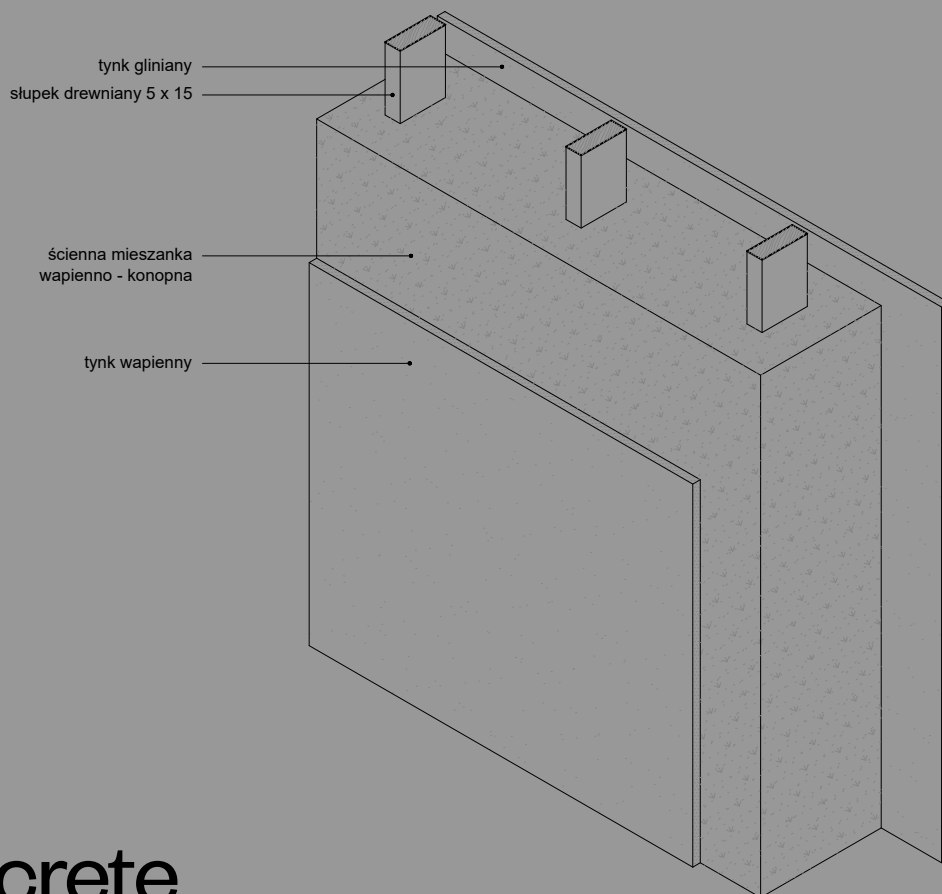


autor ilustracji: Jan Dowgiałło

4.1.1 Konstrukcja szkieletowa z kostkami słomy

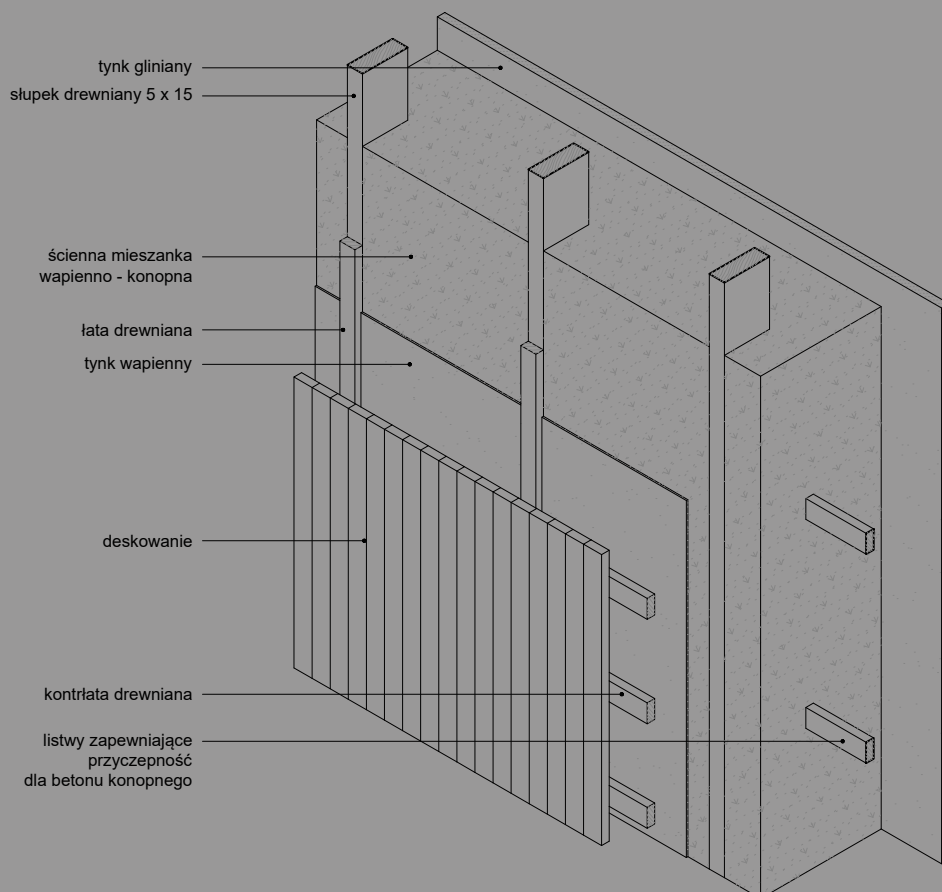
detal podłogi na gruncie

4.1.2 Hempcrete



4.1.2 Hempcrete

aksonometria ściany



ŚCIANA

- 3 tynk gliniany
- 39 ścienna mieszanka wapienno-konopna + słupy drewniane 15x5
- 3 tynk wapienny

COKÓŁ

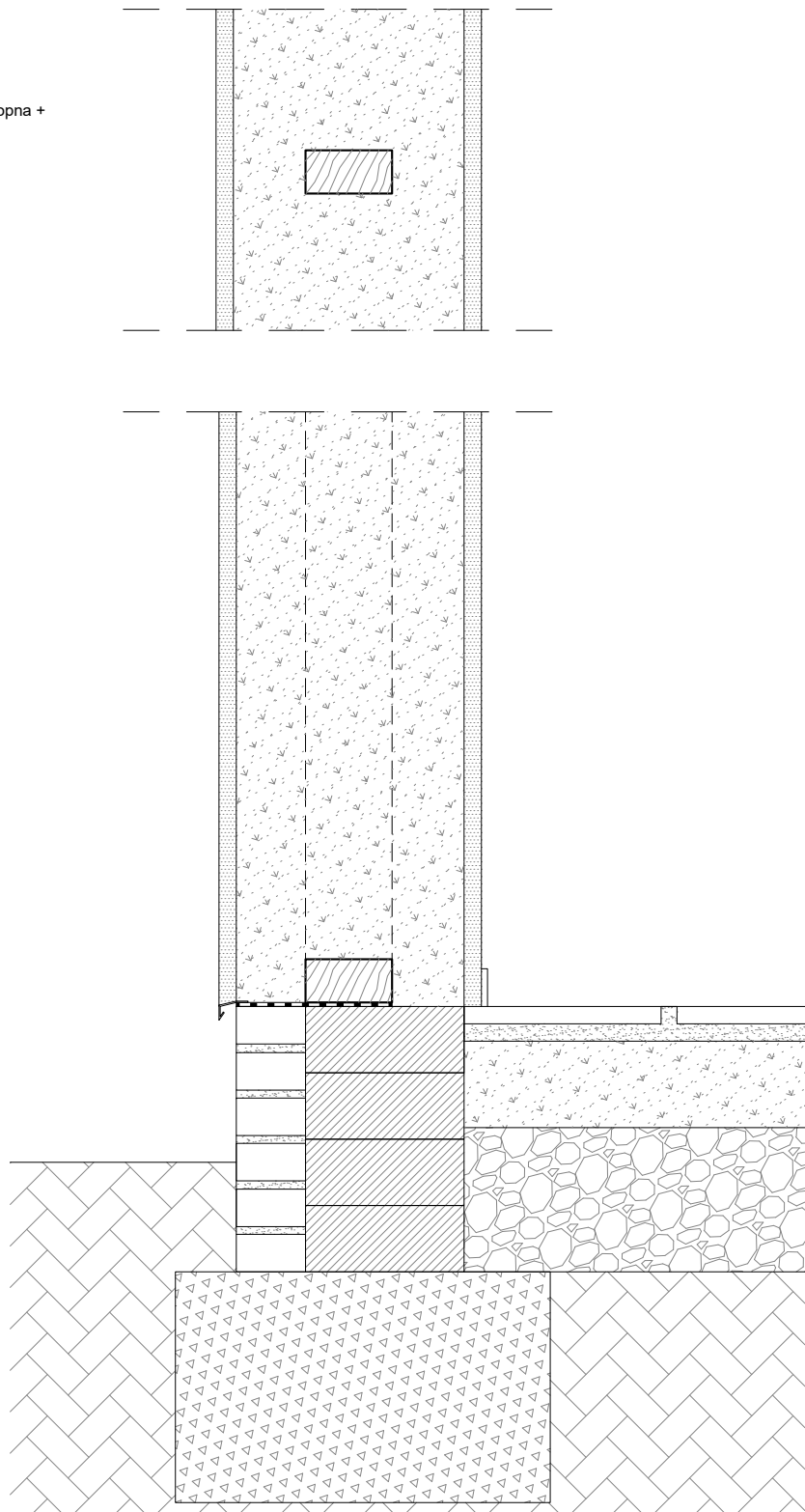
- 27 bloczki ze szkła piankowego
- 12 cegła klinkierowa na zaprawie wapiennej

FUNDAMENT

- ubity żwir

PODŁOGA

- 3 płytki z naturalnego kamienia
- 3 zaprawa wapienna
- 15 hempcretowa płyta podłogowa
- 25 kruszywo kermazytowe



autor ilustracji: Jan Dowgiałło

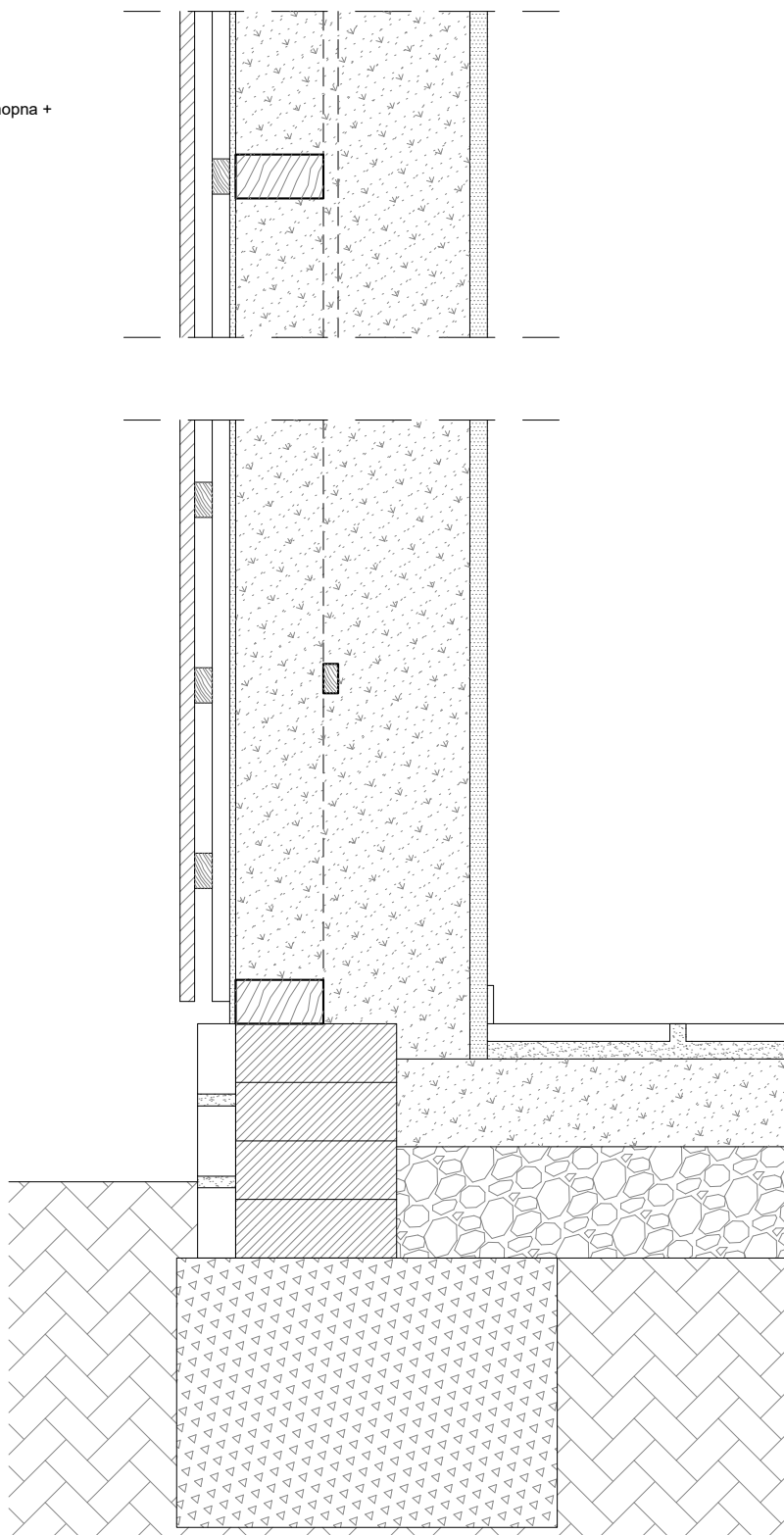
4.1.2 Hempcrete detal fundamentu „a”

ŚCIANA
 3 tynk gliniany
 39 ścienna mieszanka wapienno-konopna + słupy drewniane 15x5
 3 tynk wapienny

COKÓŁ
 27 bloczki ze szkła piankowego
 6,5 cegła klinkierowa na zaprawie wapiennej

FUNDAMENT
 ubity żwir

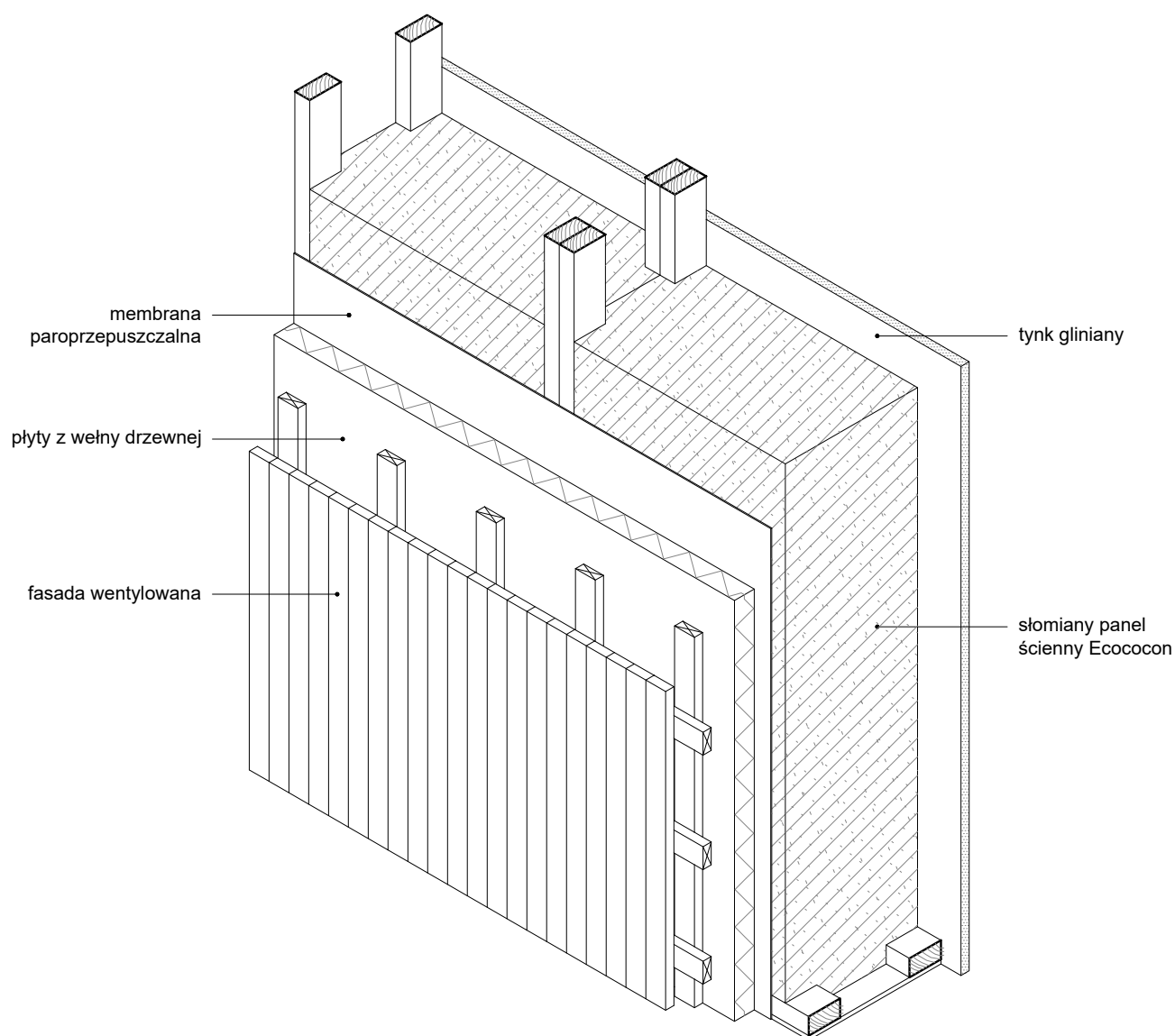
PODŁOGA
 3 płytki z naturalnego kamienia
 3 zaprawa wapienna
 15 hempcretowa płyta podłogowa
 25 kruszywo kermazytowe



autor ilustracji: Jan Dowgiałło

4.1.2 Hempcrete detal fundamentu „b”

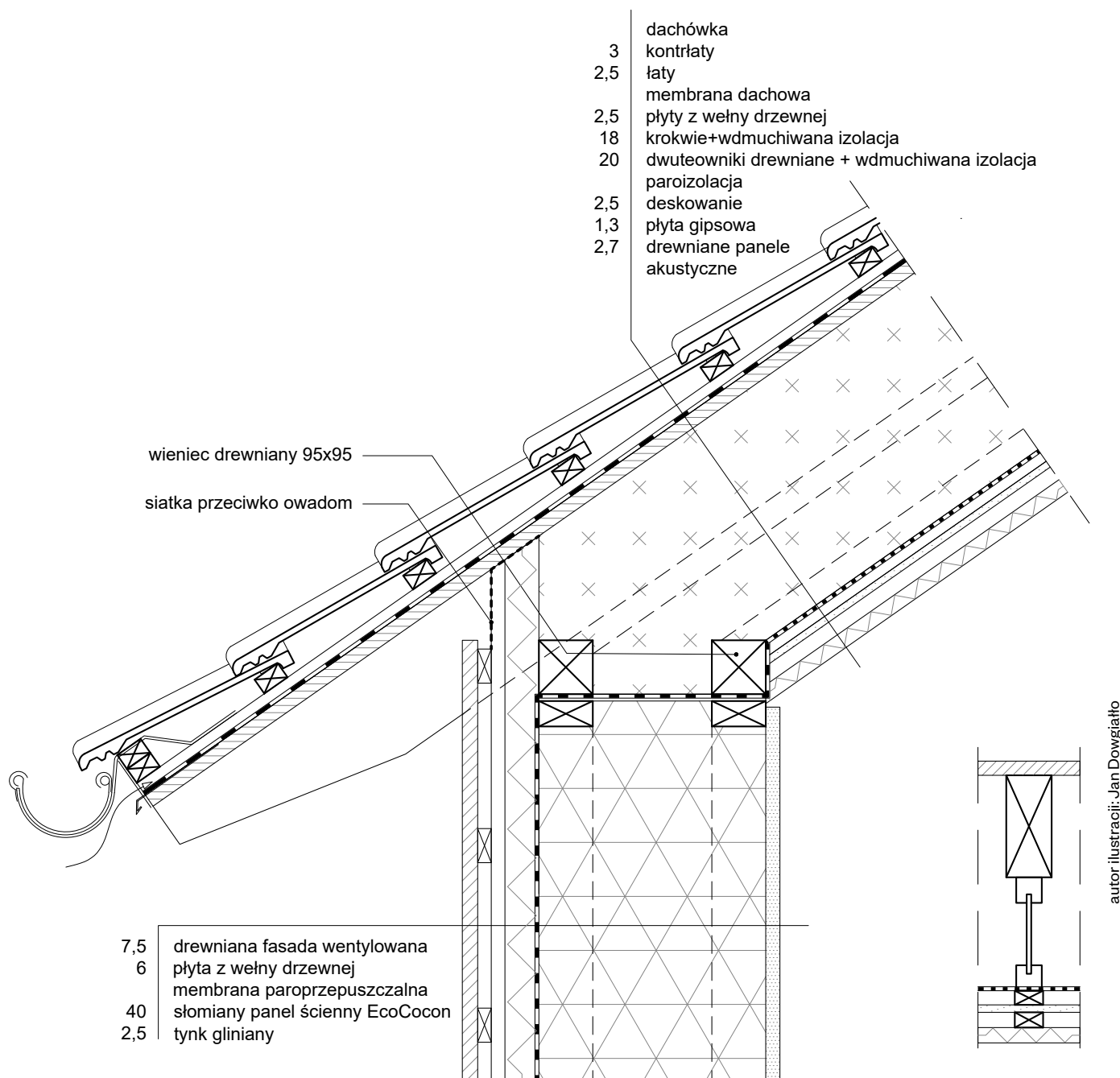
4.1.3 Prefabrykaty słomiane



autor ilustracji: Jan Dowgiałło

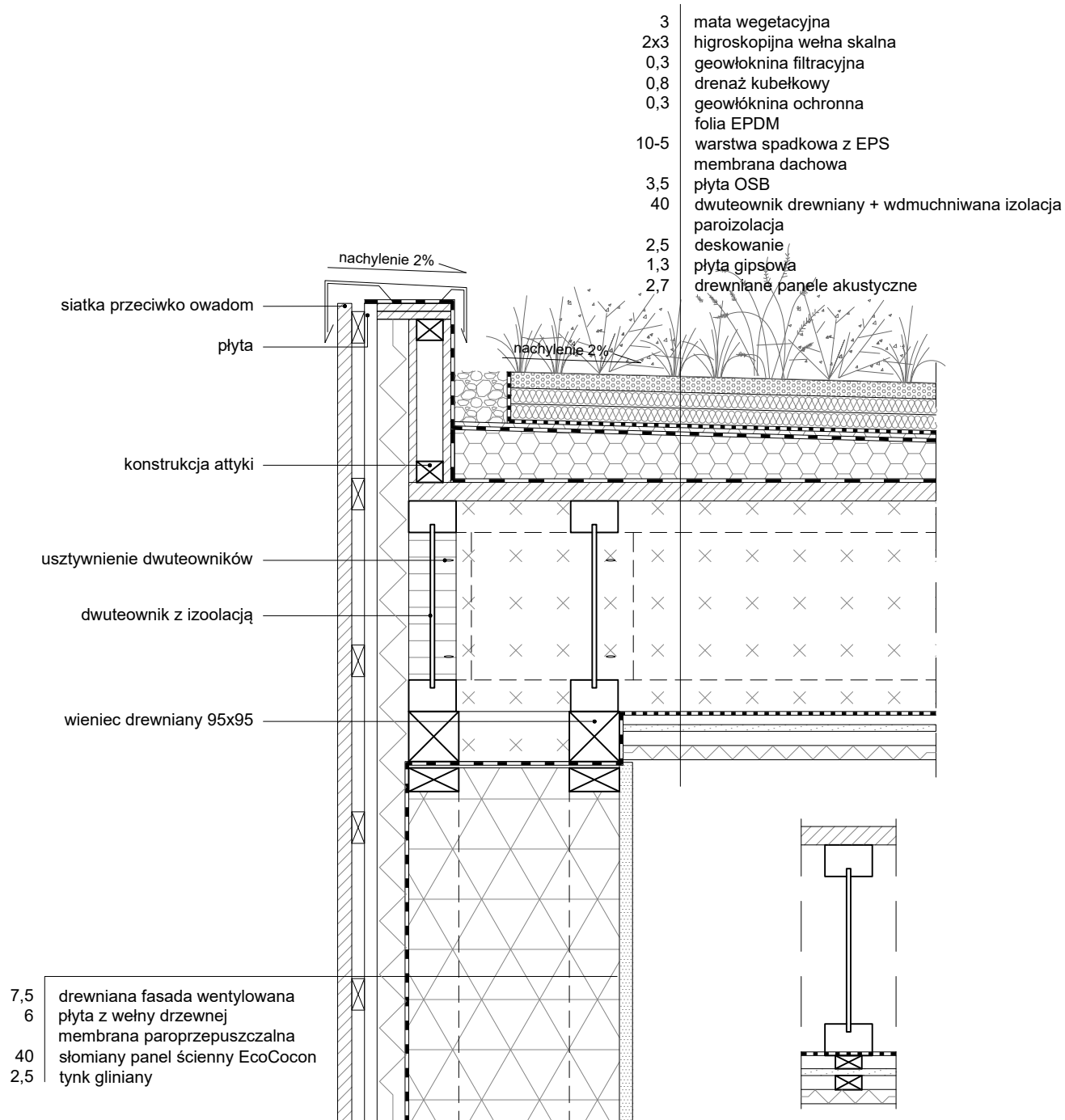
4.1.3 Prefabrykaty słomiane

aksonometria ściany



4.1.3 Prefabrykaty słomiane

detal ściany i dachu



autor ilustracji: Jan Dowgiałło

4.1.3 Prefabrykaty słomiane

detal ściany i stropodachu

Rozdział 5

Przykłady realizacji z wykorzystaniem naturalnych technologii

Przemysław Woś

Rezydencja Jules Ferry / Saint Dié des Vosges

Lokalizacja: Saint-Dié-des-Vosges, Francja

Realizacja: 2014

Projekt: ASP Architecture

Zamawiający: Le Toit Vosgien

Powierzchnia użytkowa: 2 700 m²

Projekt ten jest znany z najwyższych na świecie budynków zbudowanych z użyciem izolacji słomianej. Składa się z dwóch obiektów: trzy- i siedmiokondygnacyjnego. Łącznie mieszczą one 26 mieszkań (o metrażu 76 i 90 m²). Konstrukcja ścian i stropów powstała z prefabrykatów z drewna klejonego CLT, a jako izolacja w prefabrykowanych kasetonach posłużyła słoma. Następnie dla ochrony przed deszczem i podwyższenia odporności ogniowej elewację w znacznej części pokryto płytkami ceramicznymi.

Obiekt ma ujemny ślad węglowy. Zastosowanie materiałów pochodzenia naturalnego pozwoliło zamknąć w budynku 1100 ton CO₂ (po odliczeniu śladu węglowego wytworzonego w czasie budowy) - co oznacza, że dzięki naturalnym materiałom udało się uniknąć emisji takiej ilości dwutlenku węgla. Dla porównania, analogiczny budynek w technologii konwencjonalnej (beton/styropian/PCV) wyemitowałby do atmosfery 600 ton CO₂.

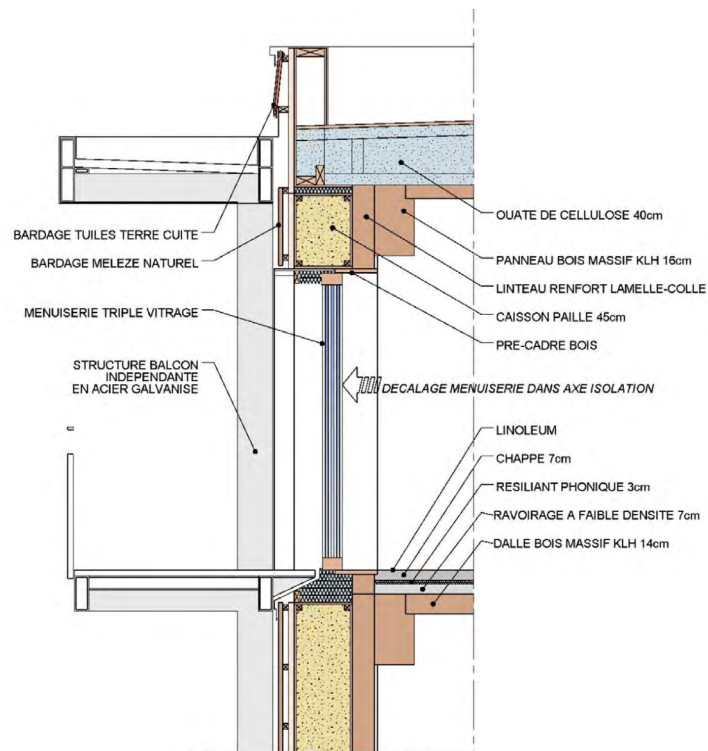
Szczególną uwagę względem śladu środowiskowego włożono nie tylko na etapie budowy. Budynek jest w standardzie pasywnym, z grunтовую pompą ciepła, wentylacją mechaniczną z rekuperacją, solarami na dachu. Prowadzony jest nawet odzysk ciepła ze zużytej wody i energii z ruchu windy. Koszt eksploatacyjny mieszkania o pow. 90 i 90 m² wynosi ok. 11 euro (ok. 47 zł).



zdjęcie nr 01, źródło: Lignatec

zdjęcie nr 02, źródło: Lignatec





Przekrój ściany, rys. nr 03, źródło: Lignatec

Rezydencja Jules Ferry / Saint Dié des Vosges we Francji

zdjęcie nr 04, źródło: Lignatec



Przedszkole Les Boutours / Rosny sous Bois

Lokalizacja: Rosny sous Bois, Francja

Realizacja: 2014

Projekt: Atelier d'Architecture LA RUCHE

Zamawiający: Miasto Rosny sous Bois

Powierzchnia użytkowa: 2 500 m²

Przedszkole Les Boutours powstało na przedmieściach Paryża, w regionie, który znany był z tradycji ogrodnictwa i produkcji żywności dla stolicy. Była to jedna z inspiracji stworzenia miejsca edukacji dzieci, które będzie uczyć odpowiedzialnych relacji z przyrodą. Wszystko - od użytych materiałów budowlanych, przez sposób użytkowania budynku, z prawdziwym ogrodem warzywnym na dachu, po zaangażowanie lokalnej społeczności w powstanie tego miejsca - zostało pomyślane tak, by mieć pozytywny wpływ na bezpośrednie otoczenie i środowisko.

Budynek spełnia standardy pasywności, a jego ściany zostały wykonane z prefabrykatów słomianych. Urządzenia wentylacyjne zostały zredukowane do minimum dzięki zastosowaniu studni kanadyjskich (wymienika gruntowego) i naturalnej wentylacji wspieranej czujnikami stanu powietrza wewnątrz i na zewnątrz budynku. Farby użyte we wnętrzach zostały przygotowane na bazie olejów z roślin rosnących nieopodal.

Na dachu budynku znajduje się ogród o pow. 600 m², w którym dzieci mogą poznać życie roślin oraz nauczyć się odpowiedzialnego gospodarowania zasobami naturalnymi. Co ważne rodzice, nauczyciele, a także dzieci, uczestniczyli w projektowaniu ogrodu już od momentu wyboru lokalizacji budynku, a także wykonali ozdabiające go mozaiki oraz zaprojektowali i zbudowali jego ogrodzenie. Wszystkim tym działaniom towarzyszyły warsztaty ogrodnicze (np. dotyczące permakultury miejskiej). Projekt był takim sukcesem, że zachęcił jego twórców to powielenia zawartych w nich rozwiązań.



zdjęcie nr 1

autor zdjęć: Przemysław Woś



zdjęcie nr 2

autor zdjęć: Przemysław Woś



zdjęcie nr 3

autor zdjęć: Przemysław Woś

Przedszkole Les Boutours / Rosny sous Bois we Francji



Przedszkole Les Boutours 2 / Rosny sous Bois

Lokalizacja: Rosny sous Bois, Francja

Realizacja: 2017

Projekt: Architekci Miasta Rosny sous Bois /
Emmanuel Pezrès et Fanny Mathieu

Zamawiający: Miasto Rosny sous Bois

Powierzchnia użytkowa: 2 000 m²

Po sukcesie przedszkola Les Boutours miasto zdecydowało się pójść o krok dalej. Na sąsiedniej działce przeprowadziło kolejną przyjazną dla środowiska inwestycję, przekształcając istniejące zabudowania po nieczynnym targowisku miejskim w przedszkole.

Zastane betonowe ściany zostały zaizolowane warstwą słomy o grubości 36 cm. Ponadto w technologii słomy samonośnej (ściana konstrukcyjna ze słomy grubości 50 cm, bez konstrukcji drewnianej) [zdj.05] dobudowano nowe pomieszczenie. Ściany działowe powstały z cegły suszonej.

Użyto również pionierskiego systemu wież wiatrowych i wymienników ciepła do kontrolowanej wentylacji naturalnej. [zdj.03].

Oczywiście cały proces przebiegał przy udziale społeczności lokalnej, a towarzyszyły mu warsztaty z rozwiązań przyjaznych dla środowiska.

Warte uwagi jest też zaangażowanie architektów miejskich w to przedsięwzięcie - po dobrych doświadczeniach zebranych przy pierwszej realizacji przedszkola z wykorzystaniem materiałów naturalnych.



zdjęcie 01

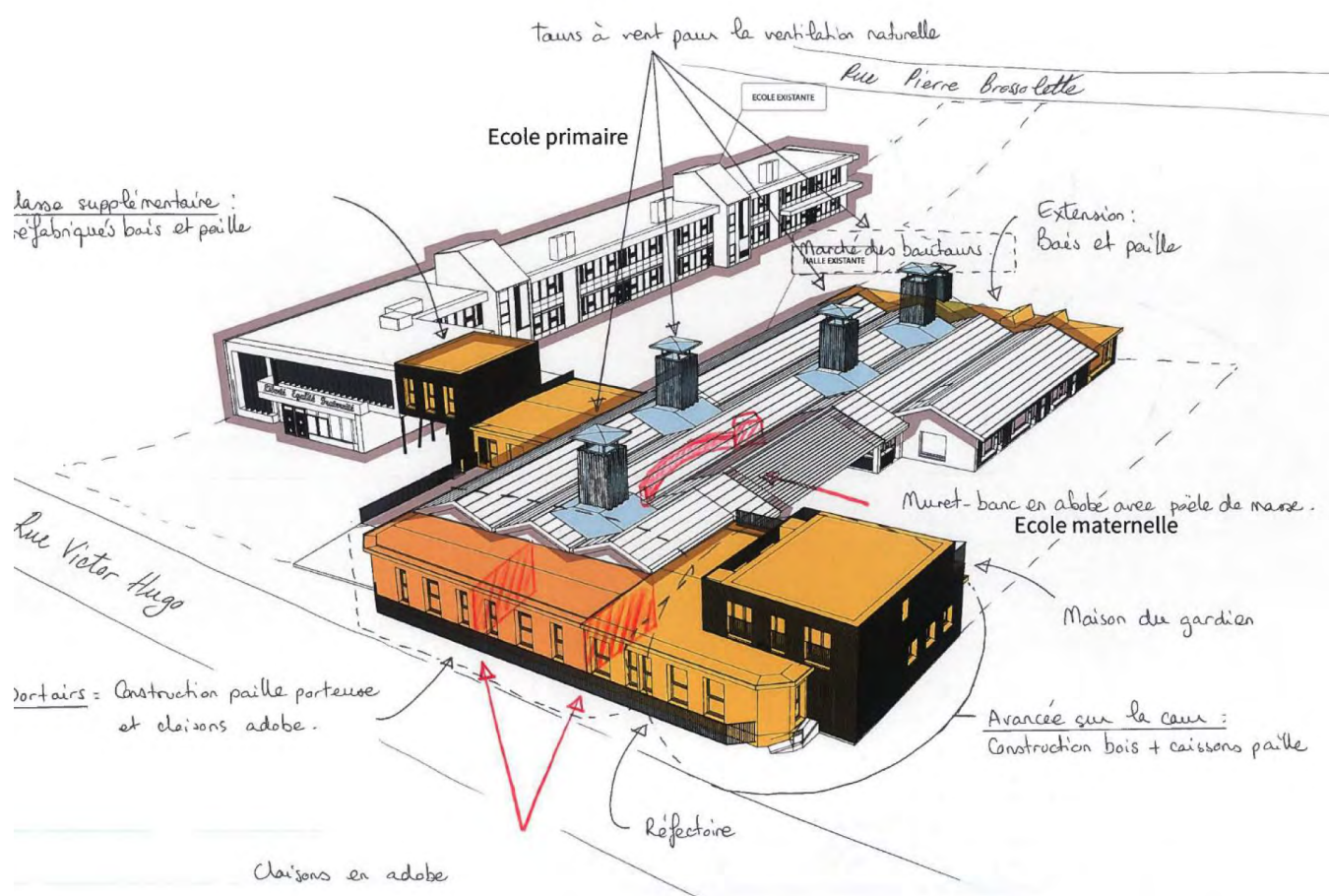


zdjęcie 02

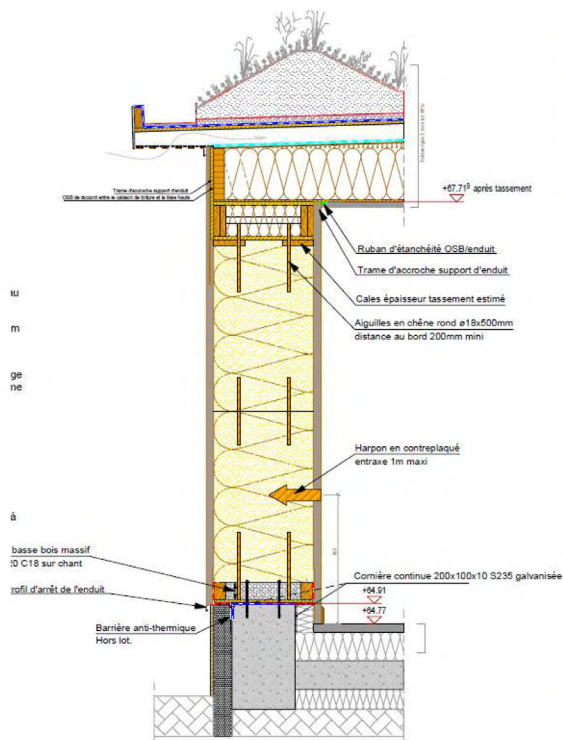
źródło: Architekci Miasta Rosny sous Bois / Emmanuel Pezrès et Fanny Mathieu

źródło: Architekci Miasta Rosny sous Bois / Emmanuel Pezrès et Fanny Mathieu

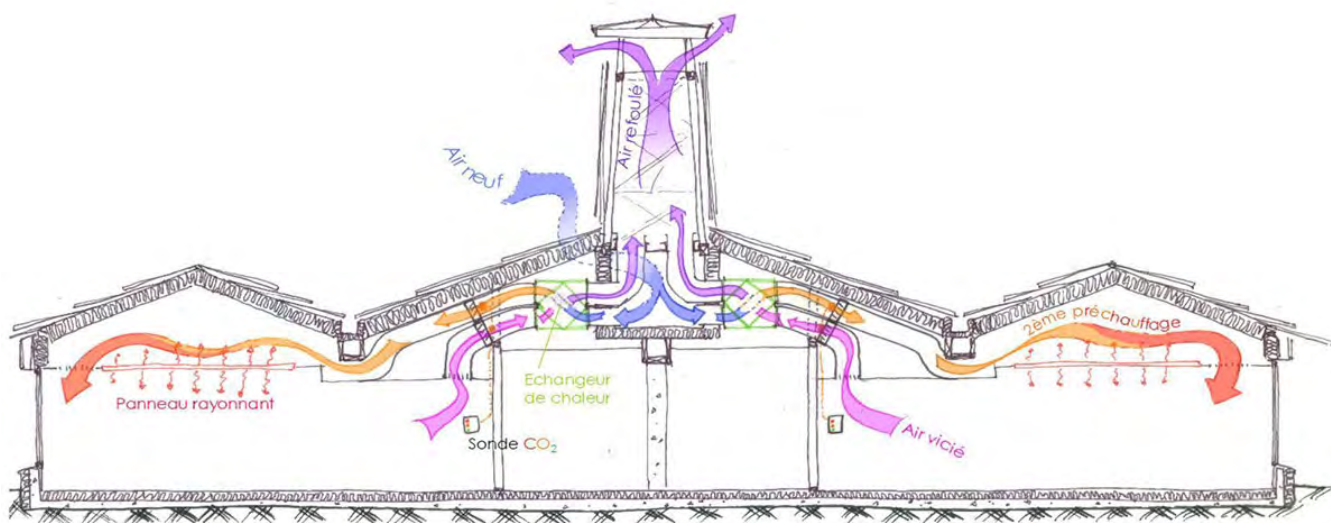
Przedszkole Les Boutours 2 / Rosny sous Bois we Francji



rysunek 03



zdjęcie 05



zdjęcie 03

Przedszkole Les Boutours 2 / Rosny sous Bois we Francji

Iceland
Liechtenstein
Norway grants



IOŚ-PIB
Instytut Ochrony Środowiska
Państwowy Instytut Badawczy



Ogólnopolskie
Stowarzyszenie
Budownictwa
Naturalnego

**DEKARBONIZACJA
PROCESÓW
BUDOWLANYCH**