



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Świętokrzyska
Wydział Inżynierii Środowiska, Geodezji i Energetyki
Odnawialnej

Kierunek studiów:
Inżynieria środowiska

Joanna Muszyńska

Materiały dydaktyczne do przedmiotu

Materiałoznawstwo

opracowane w ramach realizacji Projektu
**„Dostosowanie kształcenia
w Politechnice Świętokrzyskiej do potrzeb
współczesnej gospodarki”**
FERS.01.05-IP.08-0234/23

Kielce, 2025



Politechnika Świętokrzyska
Kielce University of Technology

*Projekt „Dostosowanie kształcenia w Politechnice Świętokrzyskiej do potrzeb współczesnej gospodarki”
nr FERS.01.05-IP.08-0234/23*



Spis treści

1. Wstęp.....	3
2. Wybrane właściwości materiałów budowlanych.....	3
3. Spoiwa budowlane	7
3.1. Cement	7
3.1.1. Cement portlandzki	8
3.2. Spoiwa gipsowe	10
3.3. Spoiwa wapienne	10
4. Wybrane materiały stosowane w Inżynierii środowiska	13
4.1. Sieci i instalacje wodociągowe zimnej i ciepłej wody	13
4.2. Sieci i instalacje kanalizacyjne	18
4.3. Instalacje ogrzewcze	23
4.4. Przewody i urządzenia wentylacji mechanicznej oraz klimatyzacji	28
4.5. Instalacja gazowa	29
4.6. Urządzenia melioracyjne	30
5. Wymagania dotyczące wykonywanych sprawozdań.....	32
5.1. Przykłady wykonania sprawozdania	33
5.1.1. Sprawozdanie z Ćwiczenia numer 1 – Spoiwa budowlane – analiza szkła wodnego	34
5.1.2. Sprawozdanie z Ćwiczenia numer 5 – Metale i ich stopy	44
5.2. Wytczne dot. prezentacji	53
6. Literatura	55



Materiały dydaktyczne objęte licencją Creative Commons BY 4.0.

Licencja dostępna pod adresem: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>





1. Wstęp

Inżynieria środowiska jest interdyscyplinarnym kierunkiem studiów, który pozwala na zdobycie szerokiego zakresu wiedzy zarówno z technologii, jak i zarządzania. Absolwenci tego kierunku są specjalistami zarówno w projektowaniu, jak i budowie czy eksploatacji instalacji oraz sieci wodociągowych, kanalizacyjnych, grzewczych, gazowych, instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych, ale także projektowaniu i eksploatacji wszelakiego rodzaju obiektów hydrotechnicznych i infrastruktury związanej z uzdatnianiem wody, oczyszczaniem ścieków, unieszkodliwianiem odpadów.

Dlatego też przy tak szerokim zakresie działalności kluczowym aspektem jest znajomość materiałów stosowanych w wykonawstwie – właściwy wybór materiałów ma znaczący wpływ na efektywność, trwałość i bezpieczeństwo realizowanych inwestycji. Materiały muszą charakteryzować się możliwie najlepszymi parametrami fizycznymi, mechanicznymi oraz chemicznymi, np. ścieranie, odporność na korozję, czy wytrzymałość na ściskanie. Dobór odpowiednich materiałów ma także istotne znaczenie w kontekście zrównoważonego rozwoju i przy zmniejszeniu negatywnego wpływu na środowisko, więc taki materiał powinien posiadać niski ślad węglowy, być łatwy do recyklingu, minimalizować zużycie zasobów naturalnych itd. Ale również optymalizować koszty zarówno budowy, jak i również późniejszej eksploatacji. Opracowanie zawiera treści dodatkowe, które stanowią uzupełnienie zagadnień przedstawionych w instrukcjach do ćwiczeń laboratoryjnych. Zakres treści omówiony w pracy oczywiście nie wyczerpuje całości zagadnień związanych z materiałoznawstwem, a nakreśla dodatkowe aspekty.

2. Wybrane właściwości materiałów budowlanych

W większości przypadków materiały budowlane są przykładem materiałów niejednorodnych. Dlatego też badanie jakiejkolwiek właściwości danego materiału nie może być przeprowadzane tylko i wyłącznie na jednej próbie.

Bez względu na niejednorodność materiału, czy też jego cechy, w trakcie wykonywania pomiarów popełniane są różnego rodzaju błędy (Śliwiński, 1997):

- Błąd bezwzględny – różnica między wynikiem pomiaru a prawdziwą wartością mierzonej wielkości.



- Błąd względny – stosunek błędu bezwzględnego do prawdziwej wartości mierzonej wielkości.
- Błąd systematyczny – powtarzający się przy każdej obserwacji, zazwyczaj o stałej wartości i znaku.
- Błędy grube – łatwe do wykrycia, powodujące wyraźne zniekształcenie wyników.
- Błędy przypadkowe – wynikające z zastosowanej metodyki badań, możliwe do obliczenia na podstawie statystycznego rozkładu wyników.

Klasyczny podział właściwości materiałów budowlanych uwzględnia trzy grupy (rys. 1, rys. 2) (Śliwiński, 1997):

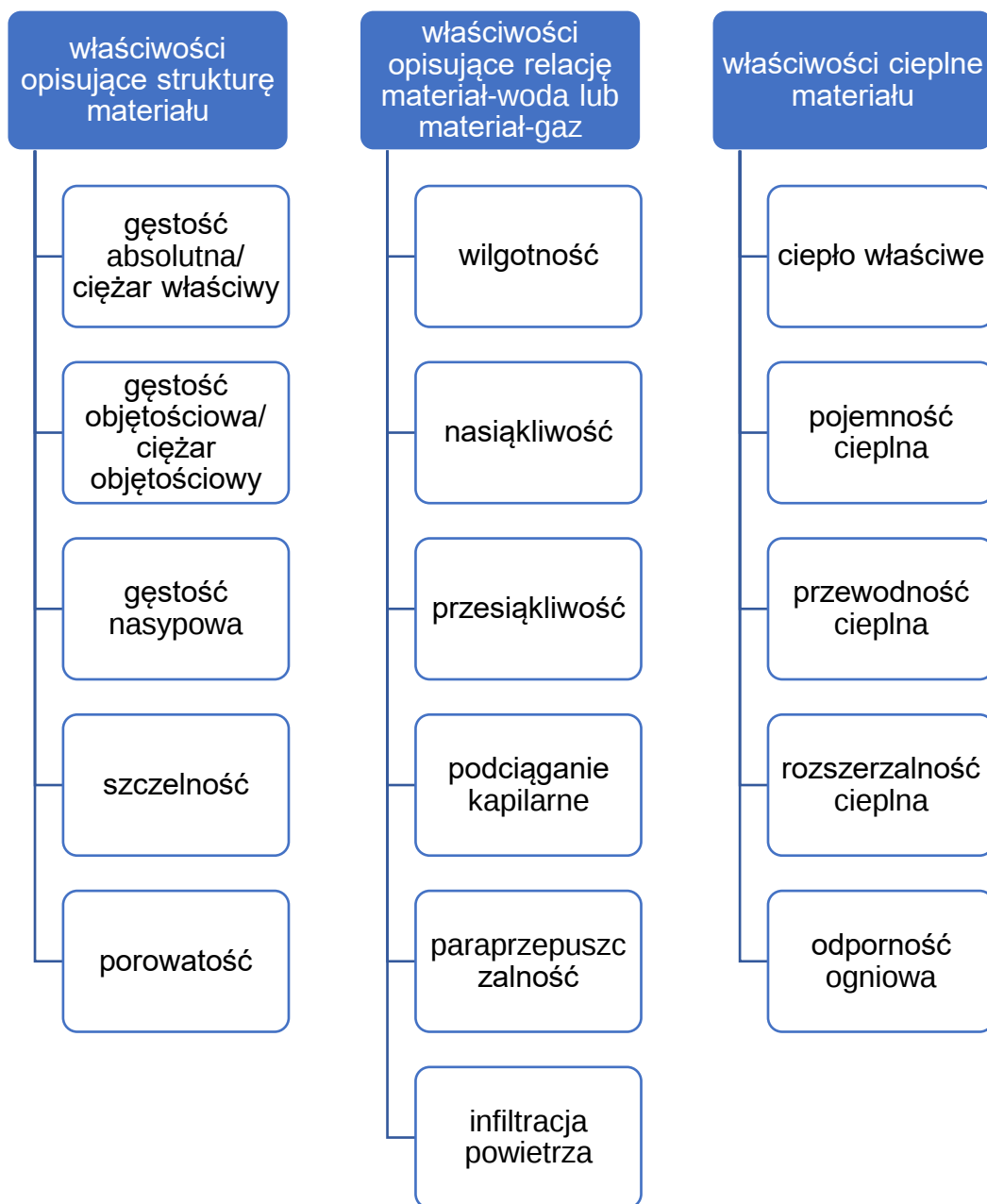
- fizyczne,
- mechaniczne,
- chemiczne.

Jednak jest to podział mocno umowny – np. właściwości mechaniczne są podgrupą właściwości fizycznych.

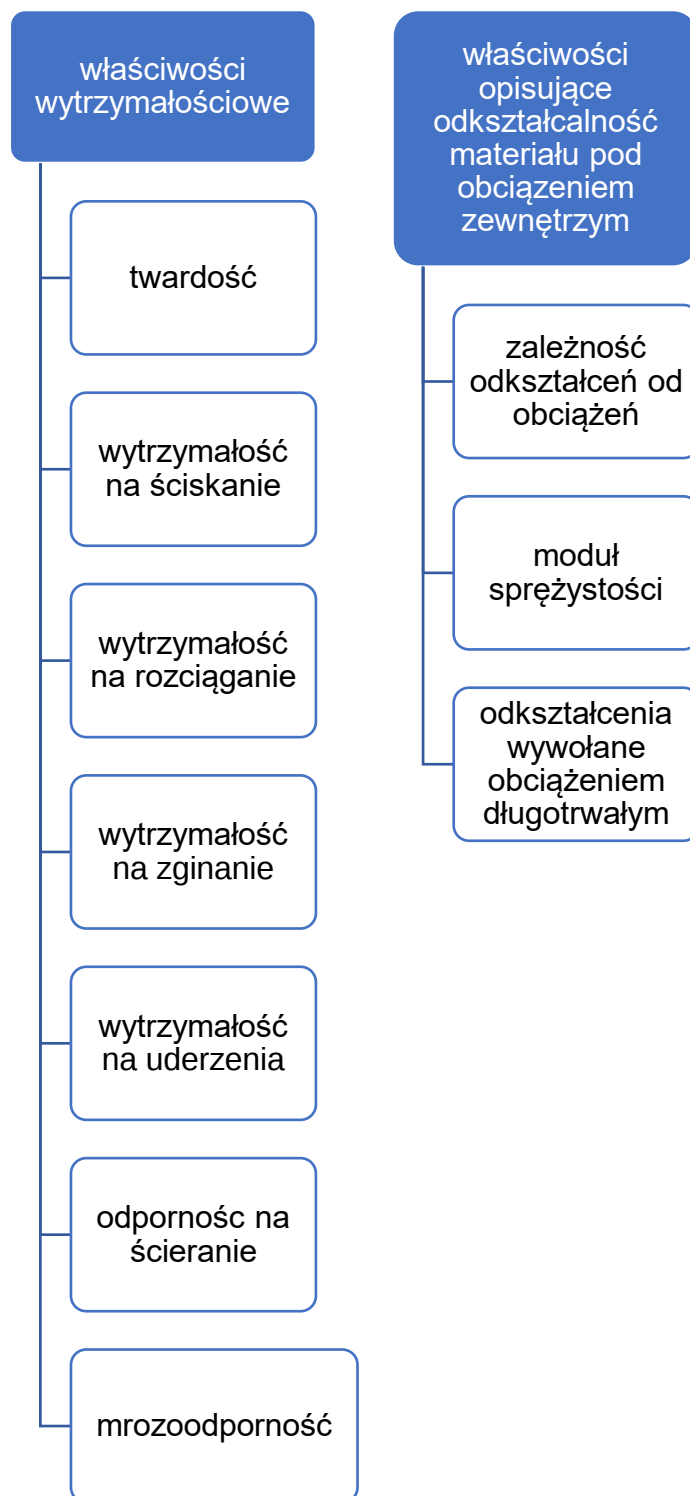
W przypadku właściwości chemicznych materiałów budowlanych to przede wszystkim znajomość składu chemicznego i mineralnego, zawartość wybranych związków (szczególnie tych szkodliwych dla materiału i środowiska) oraz wskaźnik pH.

[Tekst alternatywny. Schemat. Rysunek 1 przedstawia wybrane właściwości fizyczne materiałów podzielone na trzy kategorie. Pierwszą są właściwości opisujące strukturę materiału, które obejmują cechy związane z gęstością (w tym absolutną, objętościową oraz nasypową), szczelnością, a także porowatością. Drugą kategorią są właściwości opisujące relację materiał-woda lub też materiał-gaz. Dotyczą one zdolności materiału do pochłaniania oraz przepuszczania wody i powietrza. Wśród nich wymieniono m.in. wilgotność, przesiąkliwość, infiltrację powietrza, paroprzepuszczalność oraz podciąganie kapilarne. Ostatnią kategorią są właściwości cieplne materiału, które dotyczą zachowania materiału w warunkach zmieniającej się temperatury. Zalicza się do nich ciepło właściwe, pojemność cieplną, przewodność, odporność ogniową i rozszerzalność cieplną.]

[Tekst alternatywny. Schemat. Rysunek 2 przedstawia podział wybranych właściwości mechanicznych na dwie grupy. Pierwszą z nich są właściwości wytrzymałościowe, do których zalicza się twardość, wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie, zginanie, uderzanie, a także odporność na ścieranie oraz mrozoodporność. Drugą grupą są właściwości opisujące odkształcalność materiału pod obciążeniem zewnętrznym – obejmują one zależność odkształceń od obciążeń, moduł sprężystości oraz odkształcenia wywołane długotrwałym obciążeniem.]



Rys. 1 Wybrane właściwości fizyczne materiałów budowlanych (Śliwiński, 1997)



Rys. 2 Wybrane właściwości mechaniczne materiałów budowlanych (Śliwiński, 1997)



3. Spoiwa budowlane

Spoiwa budowlane to każdy materiał wiążący, substancja organiczna lub nieorganiczna rozmieszczona pomiędzy ziarnami kruszywa, powodująca związanie składników.

3.1. Cement

Cement jest najpowszechniej stosowanym spoiwem budowlanym (smig, 2025), a ten powszechnego użytku dzieli się na 5 podstawowych rodzajów (PN-EN 197-1:2012):

- CEM I – cement portlandzki,
- CEM II – cement portlandzki wieloskładnikowy,
- CEM III – cement hutniczy,
- CEM IV – cement pucolanowy,
- CEM V – cement wieloskładnikowy.

Istotnym parametrem określającym właściwości cementu jest jego klasa wytrzymałości na ściskanie, którą określa się po 28 dniach dojrzewania i wyraża w megapaskalach (Mpa) lub nitonach na milimetr kwadratowy (N/mm²). Rozróżnia się trzy klasy wytrzymałości cementu (tab. 1, tab. 2): 32,5, 42,5, 52,5.

Cement mający wyższą klasę wytrzymałości szybciej wiąże i ma wyższą wytrzymałość na ściskanie, co przekłada się bezpośrednio na ich zastosowanie.

Często cementy mające klasę wytrzymałości 52,5 stosowane są tam, gdzie wymagany jest szybki przyrost wytrzymałości, np. w prefabrykacji.

Tabela 1 Klasy wytrzymałości cementu – wymagania mechaniczne i fizyczne (PN-EN 197-1:2012)

Klasa wytrzymałości	Normowa (po 28 dniach) wytrzymałość na ściskanie, [MPa]		Początek czasu wiązania, [min]	Stołość objętości, [mm]
32,5	≥32,5	≤52,5	≥75	≤10
42,5	≥42,5	≤62,5	≥60	
52,5	≥52,5	-	≥45	



Tabela 2 Kod kolorów rozpoznawczych na opakowaniu w zależności od klasy cementu (infor,2025)

Klasa wytrzymałości	Kolor rozpoznawczy	Kolor nadruku
32,5 N	jasnobrązowy	czarny
32,5 R		czerwony
42,5 N	zielony	czarny
42,5 R		czerwony
52,5 N	czerwony	czarny
52,5 R		biały

N – cement o normalnej wytrzymałości wczesnej

R - cement o wysokiej wytrzymałości wczesnej

3.1.1. Cement portlandzki

Do niedawna cement portlandzki był to cement bez dodatków. Obecnie każdy cement dostępny na rynku jest cementem „portlandzkiem”, a dodatkowe określenia liter i cyfr rzymskich oznaczają dodatki, właściwości itd. (la-decor, 2025):

- K – klinkier cementu portlandzkiego,
- D – pył lotny krzemionkowy,
- S – granulowany żużel wielkopiecowy,
- P – pucolana naturalna,
- Q – pucolana naturalna wypalana,
- V – popiół lotny krzemionkowy,
- W – popiół lotny wapienny,
- L – wapień mielony,
- LL – wapień mielony o zawartości węgla organicznego < 0,2%,
- T – łupek palony,
- M – oznaczenie dot. wszystkich składników innych niż klinkier, z których żaden nie dominuje.

W tabeli 3 zestawiono przeciętny skład mineralogiczny cementu portlandzkiego.



Tabela 3 Skład mineralogiczny cementu portlandzkiego

Minerał	Nazwa chemiczna	Wzór chemiczny	Wzór skrócony	Zawartość [%]
Alit	Krzemian trójwapniowy	$3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	38-60
Belit	Krzemian dwuwapniowy	$2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	15-38
	Glinian trójwapniowy	$3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	7-15
Brownmilleryt	Glińnożelazian czterowapniowy	$4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	1-18
	Trójklinian pięciowapniowy	$5 \text{ CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$	C_5A_3	1-2
Gips	Dwuwodny siarczan wapnia	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{CSO}(\text{aq})$	1-2

W celu uproszczenia wzorów minerałów stosuje się skróty: $\text{CaO}=\text{C}$, $\text{Al}_2\text{O}_3=\text{A}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3=\text{F}$, $\text{SiO}_2=\text{S}$, $\text{SO}_4=\text{So}$

Stosunki ilościowe pomiędzy chemicznymi składnikami klinkieru cementowego wyraża się przy pomocy modułów (tab. 4), których wartość charakteryzuje rodzaj i własność cementu.

Tabela 4 Wartości modułów cementu portlandzkiego (Szczygielski, 2020)

Nazwa modułu	Wzór	Przedział wartości
Moduł hydrauliczny	$M_H = \frac{\% \text{CaO}}{\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3}$	1,9-2,4
Moduł krzemianowy	$M_K = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3}$	1,7-3,5
Moduł glinowy	$M_G = \frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{Fe}_2\text{O}_3}$	1,5-2,5
Moduł nasycenia	$M_N = (\% \text{CaO} - 1,65\% \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,53\% \text{Fe}_2\text{O}_3 + 0,75\% \text{SO}_3) \cdot \frac{1}{2,8\% + \text{SiO}_2}$	0,82-0,96



3.2. Spoiwa gipsowe

Spoiwa gipsowe otrzymuje się z osadowych skał siarczanowych (kamień gipsowy).

Podział spoiw gipsowych (A) wg (PN-EN 13279-1:2009):

- do bezpośredniego użytku lub dalszego przetwarzania, np. produkty sypkie,
- do bezpośredniego stosowania w budownictwie,
- do dalszego przetwarzania, np. płyty gipsowe, płyty gipsowo-kartonowe.

Podział spoiw gipsowych (A) wg (PN-EN 14496:2017-08):

- A1 – do bezpośredniego użytku lub dalszego przetwarzania, np. produkty sypkie,
- A2 – do bezpośredniego stosowania w budownictwie,
- A3 – do dalszego przetwarzania, np. płyty gipsowe, płyty gipsowo-kartonowe.

Spoiwa gipsowe A1 służą do produkcji produktów A2 i A3. Spoiwa gipsowe A3 służą do dalszego przetwarzania na tynki gipsowe (B1-B7), tynki gipsowe specjalnego przeznaczenia (C1-C6) oraz elementy prefabrykowane (bloki gipsowe, płyty sufitowe, wyroby gipsowo-włóknowe).

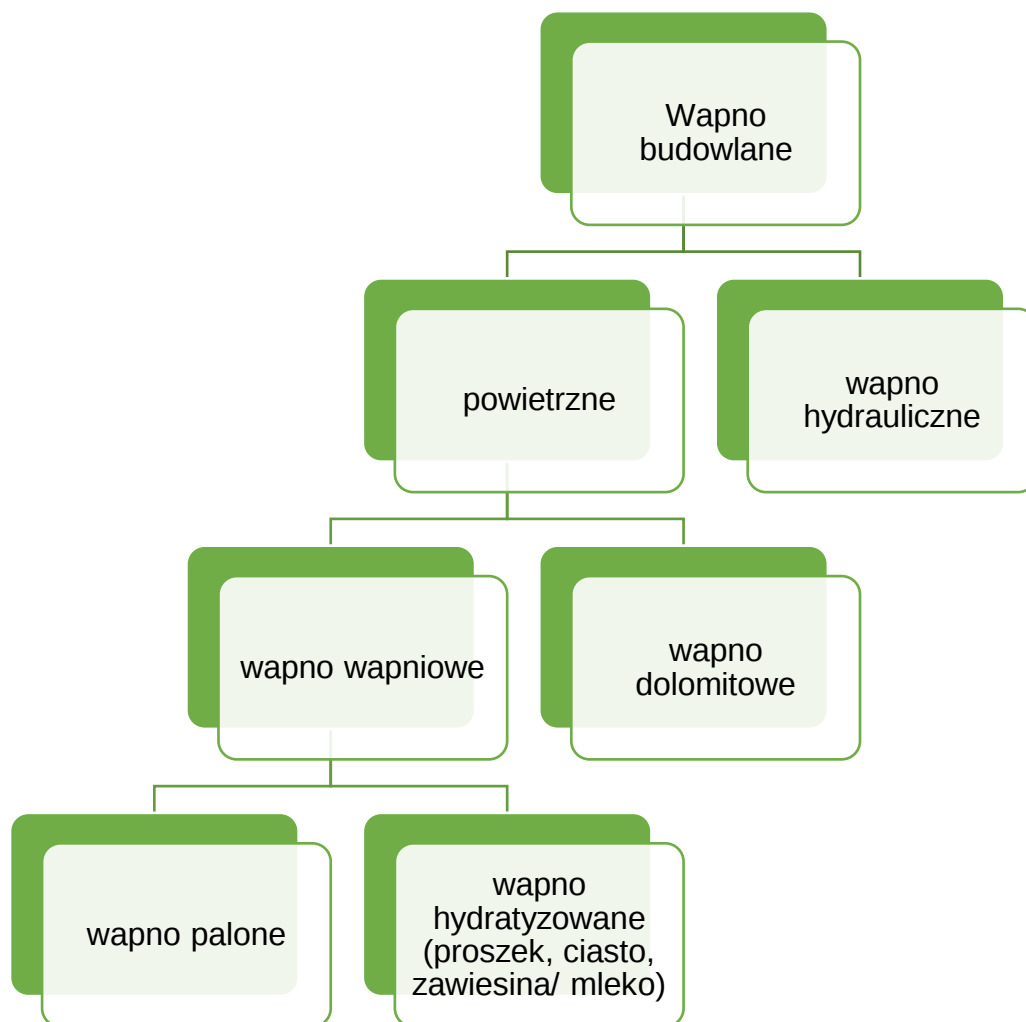
Gips budowlany wg normy PN-B 30041:1997 występuje w dwóch odmianach: grubo mielony (GB-G) oraz drobno mielony (GB-D), z dalszym podziałem na gatunek 6 oraz 8 – różnią się one uziarnieniem, wytrzymałością mechaniczną oraz czasem wiązania. Wiązanie GB-G rozpoczyna się nie wcześniej niż po 3 min, a GB-D po 6 i w obu przypadkach kończy się maksymalnie w 30 min.

Katalizatorami wiązania spoiwa gipsowego są m.in.: drobne uziarnienie, chlorek sodu (NaCl), siarczan potasu K_2SO_4 lub magnezu $MgSO_4$, ale te dwa ostatnie obniżają wytrzymałość (!). Natomiast inhibitorami wiązania spoiwa gipsowego są zimna woda, duża ilość wody zarobowej, kleje, keratyna, krochmal, białko, żelatyna, boraks, fosforany, kwas winowy, cytrynowy.

3.3. Spoiwa wapienne

Wapno budowlane to spoiwa wapienne (rys. 3) oparte na surowcach, których głównym składnikiem jest węglan wapnia ($CaCO_3$). Stosowane w budownictwie przede wszystkim do sporządzania zapraw murarskich, tynkarskich czy wytwarzania gotowych elementów murowych. (Osiecka, 2006).

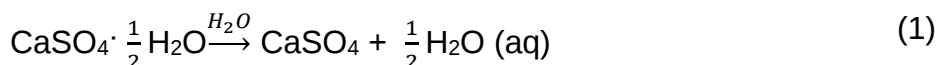
[Tekst alternatywny. Schemat. Rysunek 3 przedstawia podział wapna budowlanego na dwie główne kategorie: wapno powietrzne oraz hydrauliczne. To pierwsze z kolei dzieli się na wapno wapieniowe (palone lub hydratyzowane w postaci proszku, ciasta, zawiesiny lub mleka) oraz wapno dolomitowe.]



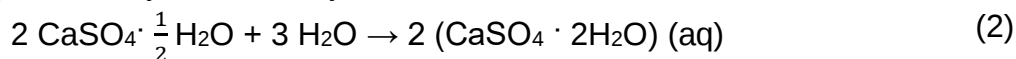
Rys. 3 Rodzaje wapna budowlanego (PN-EN 459-1:2012)

Wiązanie i twardnienie spoiw gipsowych jest procesem pełnej hydratacji półhydratu siarczanu (VI) wapnia do dwuhydratu siarczanu (VI) wapnia i polega na następujących przemianach:

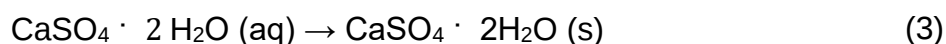
- rozpuszczanie w wodzie



- przyłączanie cząsteczek wody



- krystalizacji znacznie trudniej rozpuszczalnego dwuhydratu siarczanu (VI) wapnia z przesyconego roztworu

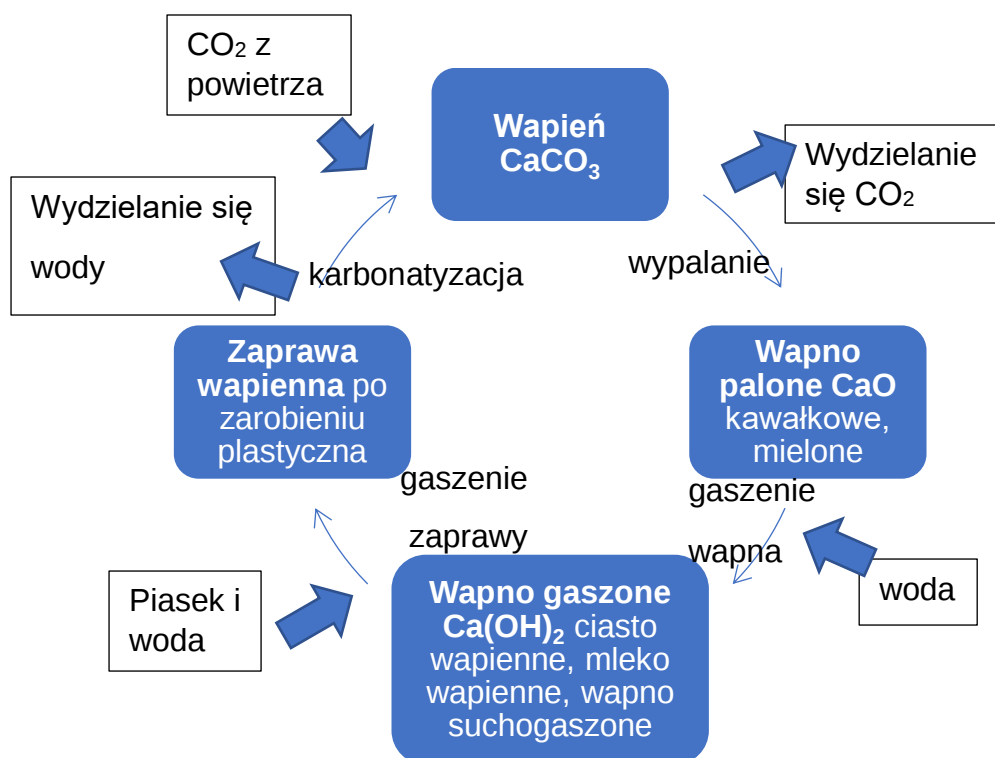


Gaszenie wapna to reakcja chemiczna tlenku wapnia z wodą (w nadmiarze), w wyniku której powstaje wodorotlenek wapnia. Wapno w kawałkach powinno być gaszone w okresie 7 dni od chwili dostarczenia – wapno takie szybko chłonie wilgoć i dwutlenek węgla, w wyniku czego staje się wapnem zwiędłym. W przypadku gaszenia wapna po mechanicznym rozkruszeniu brył, okres gaszenia powinien trwać co najmniej:

- 2 tygodnie – dla wapna przeznaczonego do robót murarskich,
- 2 miesiące - do robót tynkarskich.

Jeżeli gaszenie odbywa się bez uprzedniego rozdrabniania, okres dojrzewania powinien być przedłużony do ok. 3 miesięcy.





Rys. 4 Cykl przemian wapna przy jego wytwarzaniu i stosowaniu (Osiecka, 2006)

[Tekst alternatywny. Schemat. Rysunek 4 przedstawia cykl przemian, który rozpoczyna się od pozyskania wapienia w procesie produkcji. Surowiec poddawany jest wypalaniu podczas którego wydzielą się dwutlenek węgla. Następnie wapno palone poprzez dodanie wody poddawane jest procesowi gaszenia. W kolejnym etapie w zależności od branży, w której ma być zastosowane, stosuje się wapno gaszone, ciasto wapienne, mleko wapienne, wapno suchogaszone, do których w celu gaszenia zaprawy dodaje się piasek i wodę. Plastyczna zaprawa wapienna w procesie karbonatyzacji zamyka cykl przemian poprzez wydzielanie się wody i pobranie CO₂ z powietrza.]

4. Wybrane materiały stosowane w Inżynierii środowiska

4.1. Sieci i instalacje wodociągowe zimnej i ciepłej wody

Wymagania stawiane instalacjom wodociągowym zimnej i ciepłej wody określa między innymi §113 Obwieszczenia Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki

Strona 13 z 59



i ich usytuowanie (Dz.U.2022.1225). Zgodnie z tym paragrafem instalacja wodociągowa:

- powinna być zabezpieczona w taki sposób, aby zapobiegać wtórnemu zanieczyszczeniu wody;
- powinna być wykonana z takich materiałów, które nie spowodują pogorszenia jakości wody;
- powinna być z materiałów dobranych z uwzględnieniem korozyjności wody.

Wszystkie materiały instalacyjne stosowane przy budowie instalacji wodociągowych (wodoplast, 2025):

- powinny posiadać certyfikaty zgodności z Polską Normą,
- jeśli będą miały styczność z wodą przeznaczoną do spożycia muszą mieć atesty,
- powinny być łatwe w montażu i mieć możliwość renowacji – w tym także wymiany poszczególnych elementów.

Ponadto projektowanie i wykonawstwo takich instalacji powinno odbywać się zgodnie z obowiązującymi normami:

- PN-EN 806: 2004 Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. W części 1 (PN-EN 806-1: 2004P) znajdują się postanowienia ogólne dotyczące odpowiedzialności za planowanie, budowanie oraz użytkowanie instalacji. W części 2 (PN-EN 806-2: 2005E) określono zalecenia i wymagania w projektowaniu instalacji. Natomiast w części 3 (PN-EN 806-1: 2006E) znajduje się metoda uproszczona wymiarowania przewodów.
- PN-EN ISO 15874:2013-06E Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do instalacji wody ciepłej i zimnej -- Polipropylen (PP) W normie określono właściwości rur (PN-EN ISO 15874-2:2013-06E), kształtek (PN-EN ISO 15874-3:2013-06E) z polipropylenu oraz przydatność





systemu przewodów rurowych z polipropylenu stosowanych w instalacjach (PN-EN ISO 15874-5:2013-06E)

- PN-EN 1057+A1:2010P Miedź i stopy miedzi -- Rury miedziane okrągłe bez szwu do wody i gazu stosowane w instalacjach sanitarnych i ogrzewania Normę (PN-EN 1057+A1:2010P) stosuje się do rur o średnicy zewnętrznej w zakresie 6-267 mm. Określa ona m.in. metody badań i warunki dostawy dla rur miedzianych.

Rury stosowane w wykonawstwie instalacji i sieci wodociągowych wykonywane są z (blog-cetel, 2025) (instalacjebudowlane, 2025):

- metali
 - stal,
 - miedź,
 - żeliwo szare,
 - żeliwo sferoidalne,
- tworzyw sztucznych
 - polietylen (PE),
 - polietylen sieciowany (PEX),
 - polietylen (kopolimer octanowy etylenu) (PE-RT),
 - polipropylen (PP),
 - polibutylen (PB),
 - polichlorek winylu (PVC),
 - chlorowany polichlorek winylu (PVC-C).
- materiałów wielowarstwowych
 - różne tworzywa z przekładkami, np. polietylen sieciowany – aluminium – polietylen sieciowany (PEX – Al – PEX)

Dobór materiału zależy od tego czy medium ma być woda ciepła, czy też zimna, czy jest to sieć zewnętrzna czy instalacje wewnątrz budynku itd.

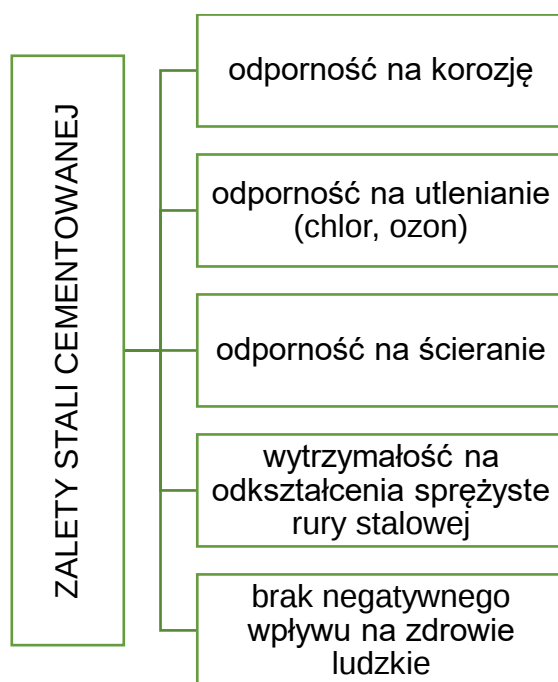
Największą zaletą stosowania instalacji z tworzyw sztucznych jest ich cena – produkty z tworzyw sztucznych są po prostu tanie, a do ich łączenia niezbędna są jedynie odpowiednie kształtki.

Najczęściej stosowane są przewody wykonane z polietylenu lub polichlorku winylu.

Niestety rury wykonane z takich materiałów (szczególnie z miedzi) są dużo droższe niż te wykonane z tworzyw sztucznych. Jednak trwałość takich produktów jest zdecydowanie wyższa (np. rury stalowe mają dużą wytrzymałość na rozciąganie, zginanie i ściskanie), a dodatkowo miedź posiada właściwości bakteriostatyczne i

jest odporna na powstawanie osadów z wytrącających się jonów. W przypadku stosowania rur miedzianych należy pamiętać, że łączenie ich z aluminium, stalą, czy przy kontakcie z wodą o odczynie kwasowym, może powodować korozję.

Obecnie odchodzi się od stosowania sieci i instalacji ze stali, ponieważ niestety mimo stosowania powłok ochronnych jest ona bardzo podatna na korozję, co zdecydowanie zwiększa konieczność wykonywania napraw, a tym samym podnosi koszty utrzymania. W rurach stalowych o średnicach 159-2020 mm możliwe jest wykonanie powłoki wewnętrznej cementowej (rys. 5), która daje ochronę antykorozyjną, ale podnosi koszty.



Rys. 5 Zalety stali cementowanej (rynekinstalacyjny, 2025)

[Tekst alternatywny. Schemat. Rysunek 5 przedstawia pięć zalet stali cementowanej wynikających z wykonania dodatkowej wewnętrznej powłoki.

Żeliwo szare jest odporne na korozję, ale jest kruche i ma małą odporność na uderzenia oraz zginanie, poza tym są ciężkie w porównaniu z innymi materiałami. Dużo lżejsze jest żeliwo sferoidalne, ale wymaga stosowania powłok ochronnych i to jedyna ich wada, ponieważ mają dużo lepsze właściwości mechaniczne i



wytrzymałościowe w porównaniu z żeliwem sferoidalnym. Najczęściej stosowaną powłoką zewnętrzną w żeliwie sferoidalnym stanowi cynk oraz bitum lub PE, natomiast wewnętrzną zaprawa cementowa z cementu hutniczego. (rynekinstalacyjny, 2025)]

Tabela 6 przedstawia porównanie najczęściej stosowanych materiałów do wykonawstwa instalacji wodociągowych. Zestawiono ze sobą właściwości miedzi, polibutyleny (PB), chlorowanego polichlorku winylu (PVC-C) oraz polietylenu sieciowanego (PEX).

Tabela 6 Porównanie wybranych materiałów stosowanych w instalacjach wodociągowych (instalacjebudowlane, 2025)

Parametr	Miedź	PB	PVC-C	PEX
Gęstość [g/cm ³]	8,89	0,93	1,55	0,94
Przewodność cieplna [W/mK]	407	0,22	0,14	0,41
Rozszerzalność cieplna [mm/mK]	0,018	0,13	0,08	0,20
Moduł sprężystości [MPa]	120000	350	3500	600
Prędkość dźwięku [m/s]	3900 (najsłabsza akustyka)	620	2350	800
Odporność na zamarzanie wody	odporność na wysoką i niską temperaturę	wysoka udarność; rozszerzanie się rury bez pękania	najmniej odporne; łatwo pękają	temperatura pracy od -10 do 95°C
Sposób montażu	lutowanie miękkie lub złączkami zaciskowymi	montaż na wcisk z zastosowaniem wewnętrznego pierścienia utrzymującego	klejenie oraz połączenia gwintowe w miejscu łączy z metalem	zaciskowe złączki gwintowane lub złączki wsuwane zaciskane



Parametr	Miedź	PB	PVC-C	PEX
Właściwości higieniczne	najlepsze właściwości w zakresie hamowania rozwoju bakterii	posiada zdolność hamowania rozwoju bakterii	obojętne chemicznie; brak wpływu na smak, barwę i zapach wody	obojętne chemicznie; brak wpływu na smak, barwę i zapach wody
Wytrzymałość i żywotność systemu	nie ulega starzeniu, nie zarasta kamieniem, żywotność 50-100 lat; mało odporne na zarysowania	zachowuje swoją odporność w długim okresie czasu; odporny na korozję i inkrustację	brak zjawiska korozji i "zarastania" rur osadami	żywotność instalacji ponad 50 lat; nie występuje korozja i "zarastanie" rur osadami

Obecnie sieci wodociągowe na terenach o dużym stopniu uzbrojenia oraz skomplikowania wykonywane są głównie z PE. W przypadku terenów o mniejszym zurbanizowaniu i zróżnicowaniu sieci stosuje się systemy ciśnieniowe wykonane przede wszystkim z PVC. (Kwietniewski, 2010)

4.2. Sieci i instalacje kanalizacyjne

Przy projektowaniu i wykonawstwie wewnętrznych instalacji kanalizacyjnych i przydomowych oczyszczalni ścieków należy uwzględniać wytyczne znajdujące się w normach (Dz.U.2022.1225):



- PN-EN 476:2012P Wymagania ogólne dotyczące elementów stosowanych w systemach kanalizacji deszczowej i sanitarnej
Norma (PN-EN 476:2012P) zawiera ogólne wytyczne dot.:
 - elementów wewnątrz oraz na zewnątrz budynków (rury, kształtki, studzienki z połączeniami do nich) działających w systemach grawitacyjnych,
 - elementów stosowanych w ciśnieniowych, hydraulicznych i pneumatycznych rurociągach odpływowych kanalizacji deszczowej i sanitarnej.
- PN-B-75702:1983P Urządzenia splukujące do misek ustępowych i pisuarów -- Rury płuczne z nieplastifikowanego poli(chlorku winylu)
W normie (PN-B-75702:1983P) przedstawiono wymagania dotyczące tworzywa, w tym odporność na działanie środków myjących.
- PN-EN 263:2008E Urządzenia sanitarne -- Arkusze akrylowe ze środkiem sieciującym do wanien i brodzików do użytku domowego
W normie (PN-EN 263:2008E) przedstawiono wymagania oraz metody badań płyt wylewanych z usieciowanych tworzyw akrylowych, z których są wytwarzane wanny i brodziki do użytku domowego.
- PN-EN 877:2004P Rury i kształtki z żeliwa, złącza i elementy wyposażenia instalacji do odprowadzania wód z budynków -- Wymagania, metody badań i zapewnienie jakości
Norma (PN-EN 877:2004P) zawiera wymagania dotyczące materiałów, wymiarów i tolerancji, własności mechanicznych typowych powłok żeliwnych rur, kształtek i elementów wyposażenia, a także wymagania użytkowe dotyczące wszystkich elementów.
- PN-EN 12566-1:2004P Małe oczyszczalnie ścieków dla obliczeniowej liczby mieszkańców (OLM) do 50 -- Część 1: Prefabrykowane osadniki gnilne
Norma (PN-EN 12566-1:2004P) odnosi się do podstawowych wytycznych związanych z funkcjonowaniem, użytkowaniem oraz badaniem prefabrykowanych osadników gnilnych. Do tej normy zostały wprowadzone zmiany oraz dodano metody badań wytrzymałości konstrukcji (PN-EN 12566-



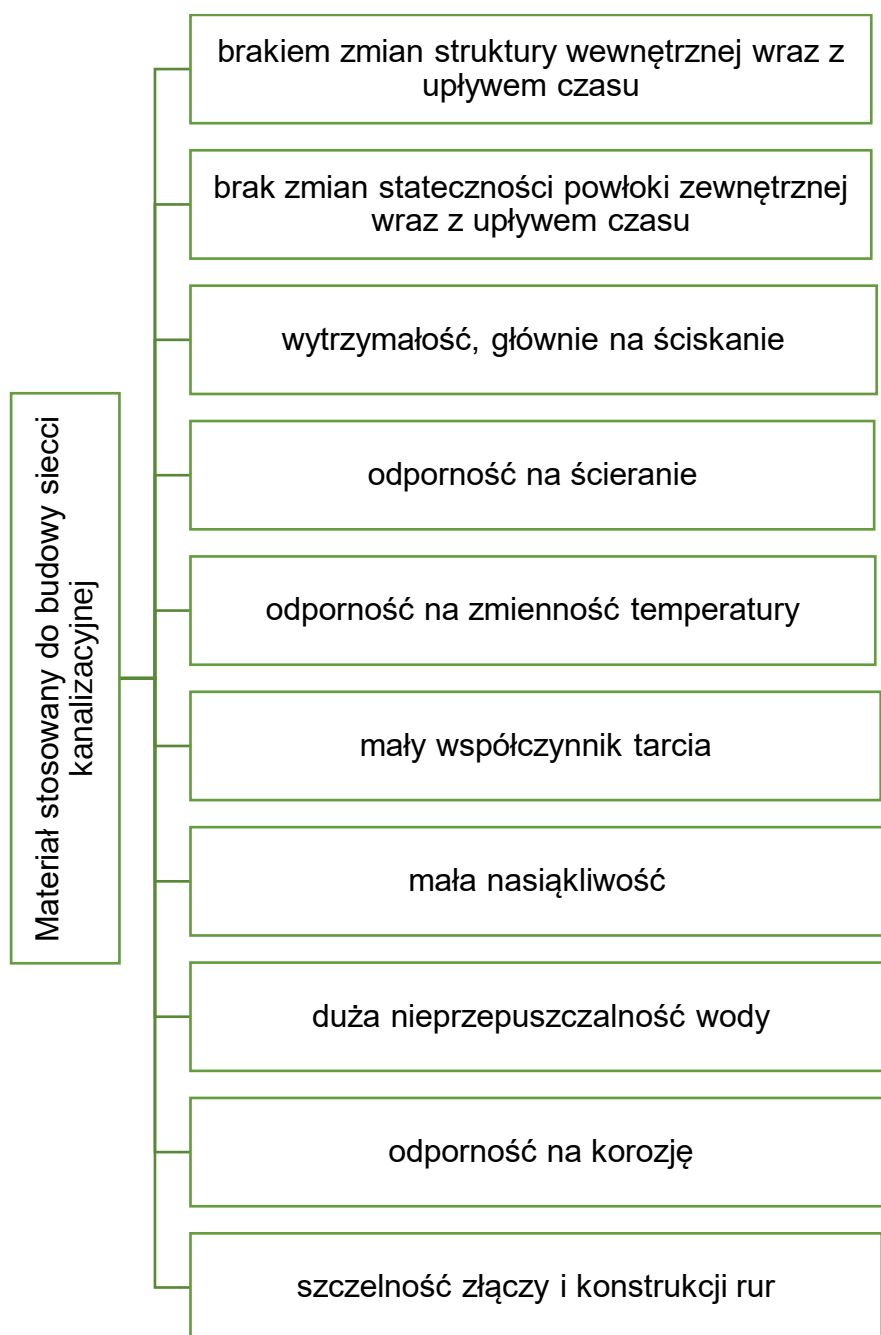


:2004/A1:2006P). W pozostałych częściach normy znajdują się wytyczne co do wymagań, metody badań, znakowania i oceny zgodności:

- kontenerowych i/lub montowanych na miejscu przydomowych oczyszczalni ścieków (PN-EN 12566-3+A1:2009P),
- osadników gnilnych montowanych na miejscu z zestawów prefabrykowanych (PN-EN 12566-4:2009P),
- prefabrykowanych urządzeń do oczyszczania odpływu z osadników gnilnych (PN-EN 12566-6:2013-06E),
- prefabrykowanych urządzeń do oczyszczania trzeciego stopnia (PN-EN 12566-7:2013-09E).

Materiały stosowane do budowy sieci kanalizacyjnej muszą spełniać szereg cech (rys. 6) (Piechurski F. 2011).





Rys. 6 Cechy materiału stosowanego do budowy sieci kanalizacyjnej

[Tekst alternatywny. Schemat. Rysunek 6 przedstawia dziesięć cech, które materiał musi spełniać, aby mógł być stosowany do budowy sieci kanalizacyjnej. Między



innymi cechami tymi są odporność a ścieranie, zmienność temperatury, korozję czy wytrzymałość na ściskanie.]

Rury kanalizacyjne obecnie wykonywane są z (Piechurski F., 8/2011) (Piechurski F., 9/2011):

- kamionki – nowa generacja rur tego typu charakteryzuje się podwyższonymi właściwościami mechanicznymi, wysoką odpornością na ścieranie, mniejszym ciężarem oraz skróconym czasem wypalania – co wpływa korzystnie na obniżenie kosztów energii.
- betonu i żelbetu – stosowane do budowy prostych odcinków dla przepływów grawitacyjnych. Mimo powszechności zastosowania i nowoczesnych rozwiązań materiał ten ma kilka istotnych wad:
 - zbyt mała długość co wymusza stosowanie złączy,
 - mała wytrzymałość na ścieranie,
 - mała wytrzymałość na zgniatanie,
 - duża nasiąkliwość,
 - duże opory przepływu,
 - duży ciężar,
 - brak kształtek.
- bazaltu – dość nowy materiał w porównaniu z wcześniej wymienionymi. Wykonywane rury kanalizacyjne z tego materiału układane są w wykopach otwartych i metodami bezwykopowymi.
- polimerobetonu – charakteryzuje się podwyższoną odpornością na substancje chemiczne, a także wysoką wytrzymałością na obciążenia zewnętrzne i wewnętrzne. Stosowane głównie jako kolektory w przemyśle chemicznym.
- żeliwa sferoidalnego – dzięki wewnętrznej powłoce cementowej posiadają stałe właściwości hydrauliczne, odporne na inkrustację i korozję.
- kompozytu GRP – wytworzone z:
 - żywicy poliestrowej (składnik wiążący),
 - włókna szklanego (zbrojenie),
 - piasku kwarcowego (wypełniacz).

W zależności od klasy sztywności rury mogą być stosowane:



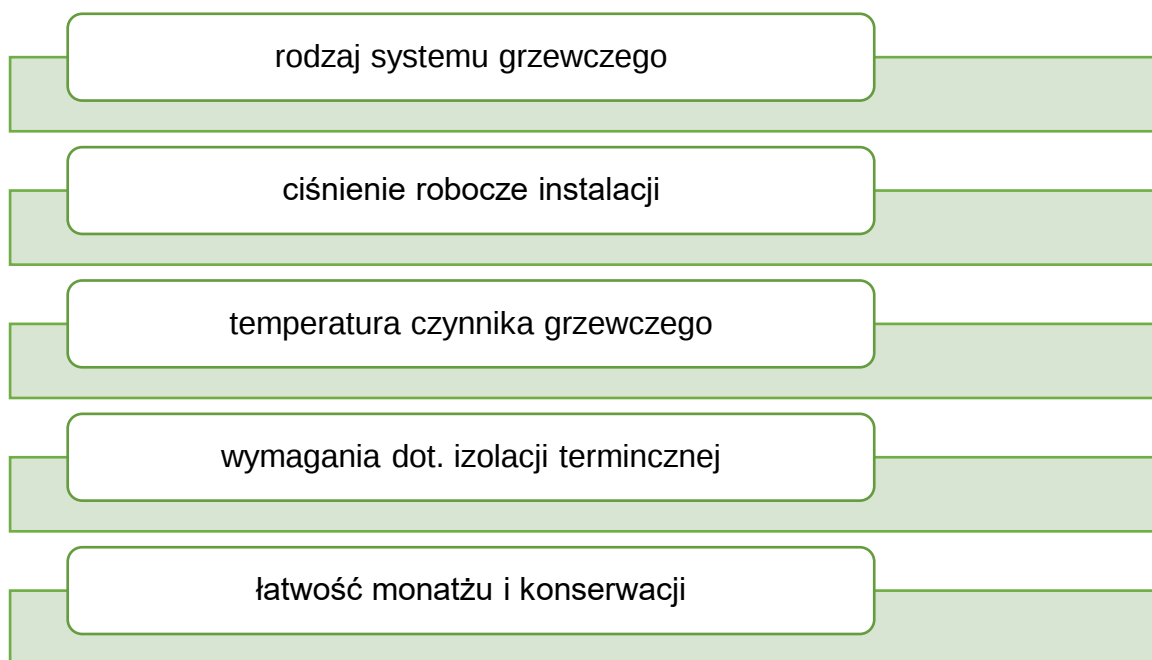


- w reliningu (SN 2500),
 - przy średnich obciążeniach – grunty mieszane do głębokości 3,0m (SN 5000),
 - przy wysokich obciążeniach – grunty mieszane na głębokościach 4m (SN 10000).
- termoplastycznych tworzyw sztucznych – wykonywanie sieci kanalizacyjnej z tego typu materiałów daje możliwość uzyskania pełnej szczelności układu poprzez stosowanie kształtek. Największymi zaletami są:
 - gładkość wewnętrzna powierzchni rur,
 - odporność na korozję,
 - niska masa/ ciężar rur,
 - zmniejszanie oporów hydraulicznych,
 - niepowstawanie osadów wewnątrz rur.

Do wykonywania rur kanalizacyjnych najczęściej stosuje się polichlorek winylu, polietylen, polipropylen oraz kombinacje wymienionych, np. HDPE/PP.

4.3. Instalacje ogrzewcze

Materiały stosowane w instalacjach ogrzewczych (Dz.U.2022.1225) powinny być dobrane (rys. 7) z uwzględnieniem wymagań Polskiej Normy dotyczącej jakości wody w instalacjach ogrzewania oraz z uwzględnieniem korozyjności wody i możliwości zastosowania ochrony przed korozją.



Rys. 7 Cechy determinujące wybór materiału do c.o.

[Tekst alternatywny. Schemat. Rysunek 7 przedstawia pięć najważniejszych cech, które wpływają na wybór materiału do instalacji centralnego ogrzewania, w tym m.in. rodzaj i temperatura systemu grzewczego, łatwość montażu oraz konserwacji i inne.]

Najczęściej stosowanymi materiałami w instalacjach grzewczych (tab. 7) są (long, 2025) (RI, 12/2018):

- miedź – główną zaletą tego materiału jest odporność na wysoką temperaturę. Instalacje grzewcze z grzejnikami wykonywane są najczęściej z przewodów twardych, a ogrzewanie podłogowe wykonywane jest z rur miękkich.
- stal – przewody gwintowane ze stali ocynkowanej i czarnej stosowane są coraz rzadziej,
- tworzywa sztuczne, m.in.
 - polietylen sieciowany (PEX) – wykonywany jest z polietylenu o wysokiej gęstości; posiadają mniejszą przenikalność cieplną od metali, co skutkuje mniejszymi stratami energii na trasie do grzejnika. Co istotne mogą być łączone z przewodami stalowymi i miedzianymi, ponieważ nie wchodzi w reakcje elektrochemiczne z metalami.
 - polibutylen (PB) – wykazuje się odpornością na uderzenia oraz odkształcenia spowodowane długotrwałymi obciążeniami, poza tym jest



w przypadku zamarznięcia wody w instalacji – rozszerza się, ale nie pęka. Stosowany m.in. do instalacji ogrzewania podłogowego, ponieważ można go wyginać.

- polichlorek winylu (PVC) – powszechnie stosowany w instalacjach. Stosuje się zarówno twardy polichlorek winylu (PVC-U) oraz polichlorek winylu chlorowanego (PVC-C).
- wielowarstwowe łączące zalety metalu i tworzywa sztucznego. Oznaczenia systemów wielowarstwowych składają się ze skrótów nazw materiałów użytych do ich produkcji – wewnętrzną oraz zewnętrzną warstwą najczęściej są tworzywa, w środkowa warstwa to metal lub też tworzywo nieprzepuszczalne.

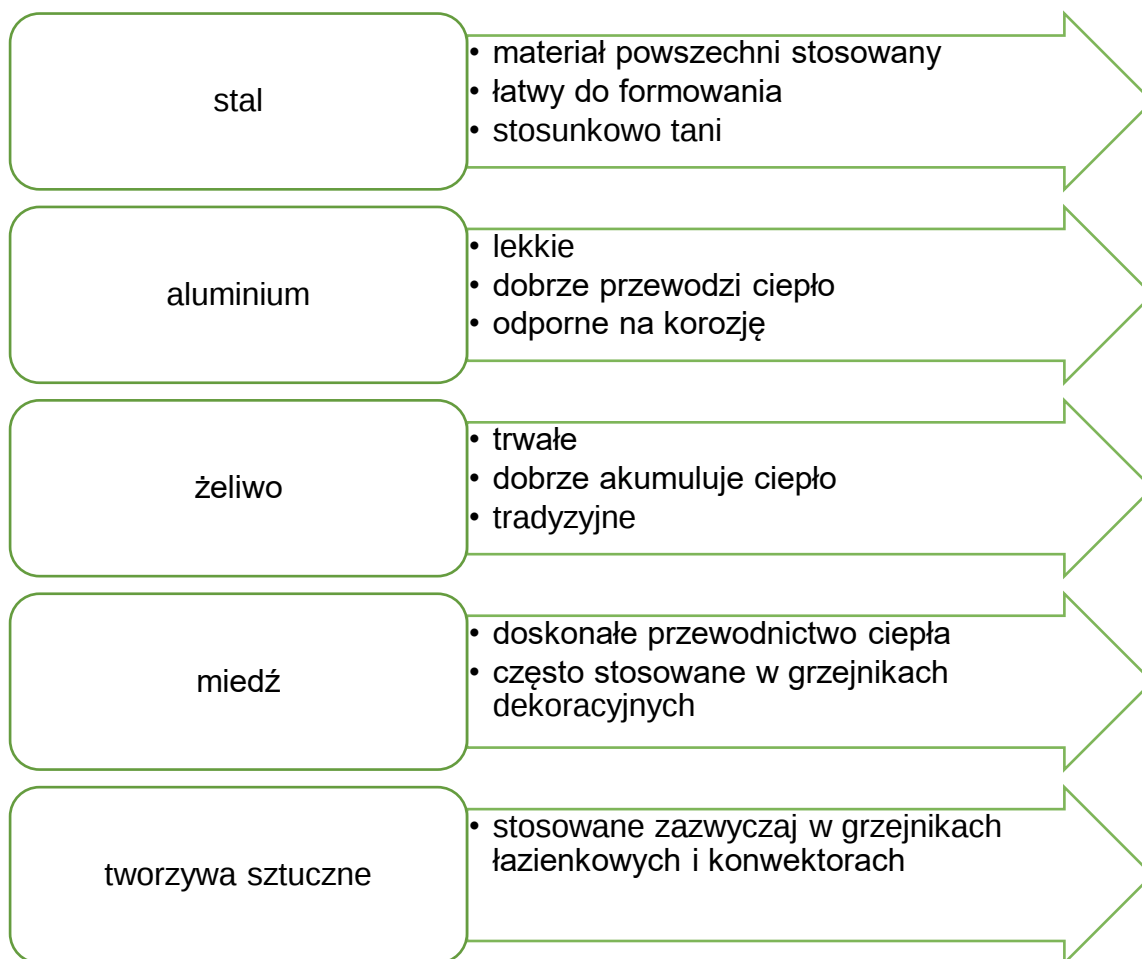
Tabela 7 Najpopularniejsze materiały rurowe w instalacjach grzewczych (long, 2025)

Materiał	Zalety	Wady
miedź	- wysoka przewodność cieplna, - odporność na korozję	- wyższy koszt, - podatność na kradzieże
stal	- wytrzymałość, - niski koszt	- podatność na korozję, - ciężar
PEX	- elastyczność, - odporność na zamarzanie	niższa przewodność cieplna
PP	- odporność chemiczna, - łatwość montażu	wyższa rozszerzalność termiczna

Instalacje centralnego ogrzewania to także grzejniki (long, 2025) :

- płytowe (panelowe),
- aluminiowe,
- żeliwne,
- łazienkowe,
- dekoracyjne,
- konwektory.

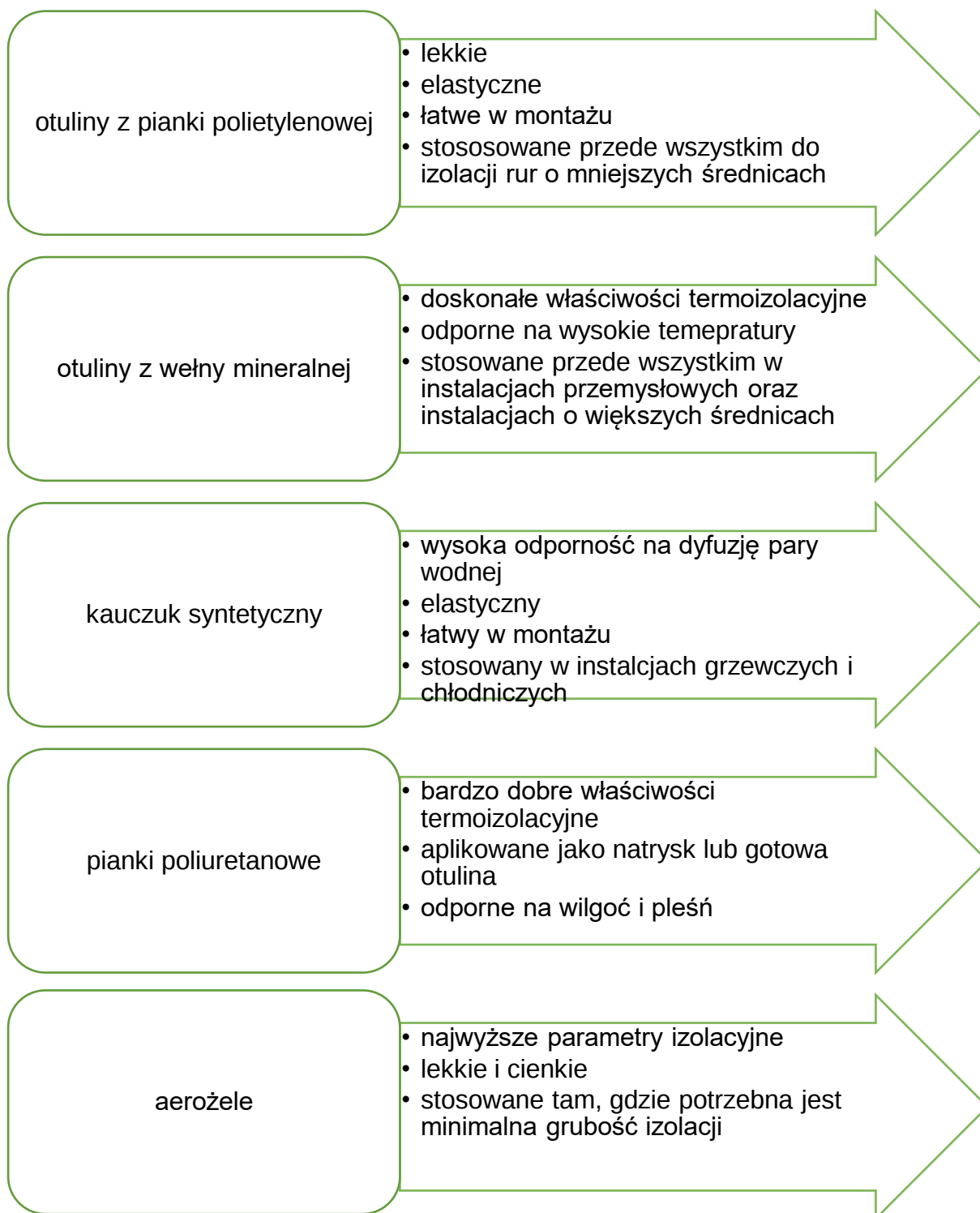
Wykonywane są z różnych materiałów (rys. 8).



Rys. 8 Materiały stosowane do produkcji grzejników

[Tekst alternatywny. Schemat. Rysunek 8 przedstawia pięć podstawowych materiałów (stal, aluminium, żeliwo, miedź, tworzywa sztuczne) stosowanych do produkcji grzejników oraz zalety każdego z nich.

Na efektywność instalacji grzewczej zdecydowanie wpływa stosowana izolacja termiczna. Prawidłowo dobrane i zamontowane materiały izolacyjne (rys. 10) znacząco obniżają straty ciepła (long, 2025).



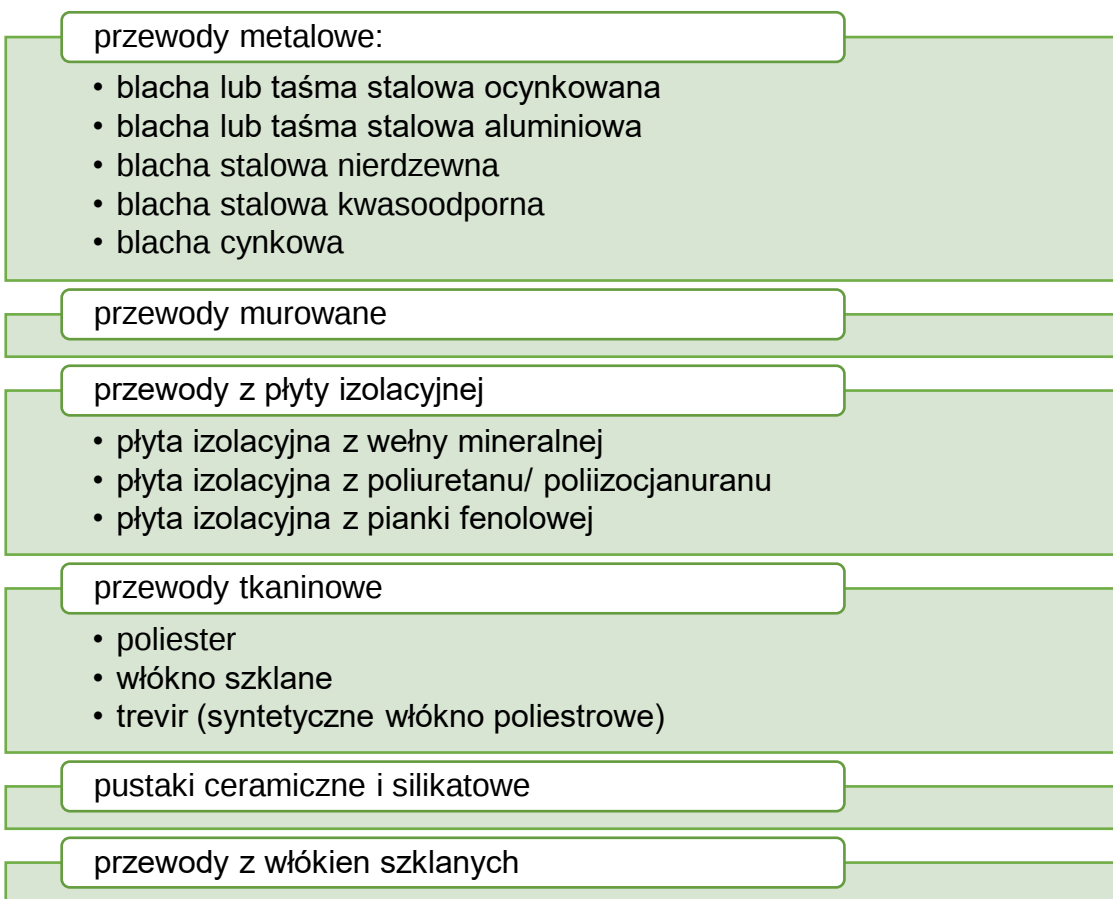
Rys. 9 Materiały izolacyjne stosowane w instalacjach grzewczych (long, 2025)



[Tekst alternatywny. Schemat. Rysunek 9 przedstawia zestawienie materiałów izolacyjnych stosowanych w instalacjach grzewczych oraz ich podstawowe zalety.]

4.4. Przewody i urządzenia wentylacji mechanicznej oraz klimatyzacji

Materiały, z których wykonane są przewody wentylacji mechanicznej oraz klimatyzacji (rys. 10) lub też sposób zabezpieczenia ich powierzchni powinny zostać dobrane do parametrów przepływającego powietrza, a także warunków występujących w miejscu ich zamontowania. Ponadto przewody i urządzenia stosowane w tych systemach muszą minimalizować odkładanie się zanieczyszczeń na ich powierzchni wewnętrznej (Dz.U.2022.1225).



Rys. 10 Materiały stosowane do wykonania przewodów wentylacji mechanicznej (Charkowska, 1-2/2014)



Rysunek 10 przedstawia najczęściej stosowane materiały do wykonywania przewodów wentylacji mechanicznej.

Powierzchnie przewodów wentylacyjnych, w celu uzyskania jak najniższych oporów przepływu powietrza, powinny być gładkie, bez zadrapań, wgnieceń itp. zgodnie z normami PN-EN 15005, PN-EN 1506 (Charkowska, 1-2/2014).

Najczęściej stosowanym materiałem wśród przewodów stalowych ze względu na wiele zalet (niska cena, odporność na uszkodzenia, szerokie zastosowanie) jest blacha stalowa ocynkowana (Charkowska, 1-2/2014).

4.5. Instalacja gazowa

Głównym wymaganiem stawianym przewodom instalacji gazowych jest ich szczelność oraz trwałość. W Rozporządzeniu (Dz.U.2022.1225) zaznaczono również, że przewody instalacji gazowej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych lub do odgałęzień lokali użytkowych w budynkach użyteczności publicznej, powinny być wykonane z:

- rur stalowych bez szwu
- z rur stalowych ze szwem przewodowych.

Ponadto nie ma możliwości prowadzenia po zewnętrznej stronie ścian budynku przewodów wykonanych z rur miedzianych oraz z rur stalowych – jeśli służą do rozprowadzania paliw gazowych zawierających parę wodną lub inne składniki ulegające kondensacji w warunkach eksploatacyjnych.

Przy projektowaniu instalacji gazowych z miedzi (Cu-DHP, miedź odtleniana fosforem twarde) należy stosować wytyczne zawarte w normie PN-EN 1057+A1:2010 Miedź i stopy miedzi. Rury miedziane okrągłe bez szwu do wody i gazu stosowane w instalacjach sanitarnych i ogrzewania.

Przyłącza gazowe wykonywane są z

- rur stalowych
- polietylenu (PE) o odpowiednich parametrach. W przypadku połączenia przyłącza wykonanego z PE z przewodami miedzianymi lub stalowymi



stosowanymi wewnątrz budynku niezbędne są gwintowane łączniki przejściowe.

Szafki gazowe wykonywane są z blachy stalowej o grubości 1mm lub włókien poliestrowych (dwie warstwy maty szklanej nasyczonej żywicą poliestrową samogasnącą).

4.6. Urządzenia melioracyjne

Urządzenia melioracji wodnych to (Dz.U.2024.1087):

- rowy wraz z budowlami związanymi z nimi funkcjonalnie,
- drenowania,
- rurociągi,
- stacje pomp służące wyłącznie do celów rolniczych,
- ziemne stawy rybne,
- groble na obszarach nawadnianych,
- systemy nawodnień grawitacyjnych,
- systemy nawodnień ciśnieniowych.

Budowle drenarskie zazwyczaj stosowane są następujące materiały (Bykowski J., 2022):

- studzienki (na powierzchni lub kryte)
 - kręgi betonowe,
 - pokrywy żelbetowe,
 - klamry włazowe,
 - cement portlandzki,
 - piasek,
 - pospółka lub żwir,
 - papa izolacyjna,
- wyloty
 - prefabrykaty betonowe,
 - korytka betonowe,
 - kratki do wylotów.

W przypadku robót remontowych urządzeń melioracyjnych niezbędna jest znajomość wymagań stawianych poszczególnym materiałom zastosowanym na danej budowlu, w danym urządzeniu (Bykowski J., 2022) np.:



- PN-B-12000:2012 Rurki drenarskie ceramiczne
W normie kreślono wymagania, sposób pobierania próbek i metody badań dotyczące rurek drenarskich ceramicznych stosowanych do drenowania gruntów i melioracji. (PN-B-12000:2012)
- PN-C-89221:1998 Rury z tworzyw sztucznych -- Rury drenarskie karbowane z niezmiękczonego poli(chlorku winylu) (PVC-U)
W normie (PN-C-89221:1998) określono m.in. wymagania dotyczące materiału, wyglądu zewnętrznego, wymiarów rur, wielkości perforacji oraz właściwości mechanicznych. Natomiast w (PN-C-89221:1998/Az1:2004) określono metodę badania sztywności obwodowej tych rur.
- PN-EN 206+A2:2021-08 Beton -- Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność
W normie (PN-EN 206+A2:2021-08) określono wymagania dotyczące:
 - składników betonu,
 - właściwości mieszanki betonowej i betonu stwardniałego oraz ich weryfikacji,
 - ograniczeń dotyczących składu betonu,
 - specyfikacji betonu,
 - dostawy mieszanki betonowej,
 - procedur kontroli produkcji,
 - kryteriów zgodności i oceny zgodności.

Jednak warto tutaj zwrócić uwagę, że wg specjalistów zajmujących budowlami hydrotechnicznymi ogromnym zaniechaniem było niewprowadzenie projektu normy branżowej BN-88/6738 na rzecz normy PN-88/B-06250, w której znalazły się tylko częściowe zapisy, ale która i tak została zastąpiona kolejnymi. W obowiązującej normie usunięto stosowane do tej pory stopnie wodoszczelności, stopnie mrozoodporności badane metodą hydrotechniczną itp. (Jawański, 2021)

Beton hydrotechniczny stosowany w budownictwie wodnym musi być odporny na zmienne warunki pogodowe, oraz kontakt ciągły lub okresowy z wodą. Przy jego projektowaniu bierze się pod uwagę jego trwałość, wytrzymałość, mrozoodporność, trwałość na ścieranie i odporność na związki chemiczne. (Szymczak-Graczyk, 2023)

W budownictwie melioracyjnym stosuje się również materiały drewniane (Szymczak-Graczyk, 2023):





- drewno okrągłe,
- tarcicę, drewno klejone warstwowo,
- materiały drewnopochodne.

Materiał ten jest narażony na korozję biologiczną. Najmniejsza trwałość ma miejsce w przypadku drewna znajdującego się w przewiewnych gruntach piaszczystych, w których dochodzi do dużych wahań temperatury oraz występuje wysoka wilgotność. Niekorzystnymi warunkami dla trwałości materiałów drewnianych są również ciągłe zanurzenia i wynurzenia z wody. Dąb i modrzew w warunkach stałej temperatury i stałej wilgotności ma trwałość nawet do 2500 lat. (Szymczak-Graczyk, 2023)

Do najczęściej stosowanych materiałów w budownictwie hydrotechnicznych zaliczyć należy również polimery, z których wykonuje się m.in. (Szymczak-Graczyk, 2023):

- rurki drenarskie,
- geowłókninę.

5. Wymagania dotyczące wykonywanych sprawozdań

Warunkiem zaliczenia przedmiotu Materiałoznawstwo (laboratorium) zgodnie z kartą przedmiotu jest wykonanie wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych oraz opracowanie wyników – wykonanie sprawozdania laboratoryjnego.

Prawidłowo wykonane sprawozdanie składa się:

- ze strony tytułowej (przesłanej przez prowadzącego po pierwszych zajęciach na maila),
- karty wyników (karty wyników do wszystkich ćwiczeń przesłane są przez prowadzącego po pierwszych zajęciach; należy pamiętać, aby prowadzący podpisał kartę wyników zanim opuści się laboratorium – ćwiczenie bez podpisanej karty wyników nie będzie zaliczone; kartę wyników należy załączyć do sprawozdania jako skan lub zdjęcie – tak, aby sprawozdanie było jednolitym dokumentem)
- punktów 1-6 krótko scharakteryzowanych poniżej.

1. CEL PRZEPROWADZONEGO ĆWICZENIA

Cel przeprowadzonego ćwiczenia to maksymalnie w kilku zdaniach nawiązanie do podanego w instrukcji polecenia oraz zasad wykonania ćwiczenia.





2. ODCZYNNIKI I SPRZĘT UŻYTY PODCZAS DOŚWIADCZENIA

Przy wymienianiu stosowanych w danym ćwiczeniu odczynników chemicznych należy opisać stan skupienia, stężenie, czy był to odczynnik czysty do analiz (cz.d.a.) czy też techniczny. Oprócz stosowanych odczynników należy w tym punkcie podać (o ile wystąpiły):

- naczynia i szkło laboratoryjne,
- drobny asortyment laboratoryjny,
- sprzęt laboratoryjny (np. pHmetr, palnik, konduktometr).

3. PRZEBIEG DOŚWIADCZENIA

W punkcie Przebieg doświadczenia należy szczegółowo opisać wykonywane czynności w trakcie realizacji ćwiczenia, m.in.: przebieg wykonywanych zadań wg instrukcji i ewentualnych uwag prowadzącego wraz z wymaganymi obserwacjami dla poszczególnych punktów ćwiczenia.

4. OTRZYMANE WYNIKI I ICH OPRACOWANIE

Opierając się na danych zapisanych na karcie wyników należy zestawić uzyskane wyniki wraz z niezbędnymi (w zależności od zakresu wykonywanego ćwiczenia) wzorami, obliczeniami, obserwacjami, reakcjami chemicznymi itp.

5. WNIOSKI

Wymieniając wnioski należy odnieść się do celu ćwiczenia i uzyskanych wyników, np. porównać z wymaganiami, wytycznymi, wyjaśnić ewentualne niezgodności i ich przyczynę itp.

6. LITERATURA

W spisie literatury należy wymienić chronologicznie zgodnie z kolejnością cytowania literaturę fachową i naukową, która była wykorzystana przy wykonywaniu opracowania.

5.1. Przykłady wykonania sprawozdania

Sprawozdanie zgodnie z wytycznymi podanymi w punkcie 5 składa się ze strony tytułowej, karty wyników oraz opracowanych punktów.

Na kolejnych stronach przedstawiono przykładowe sprawozdania z wybranych ćwiczeń wraz ze wszystkimi wymaganymi elementami.



5.1.1. Sprawozdanie z Ćwiczenia numer 1 – Spoiwa budowlane – analiza szkła wodnego



Politechnika Świętokrzyska

**WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA,
GEODEZJI I ENERGETYKI ODNAWIALNEJ**

**Kierunek Inżynieria Środowiska
Studia stacjonarne/ niestacjonarne**

**Sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotu:
MATERIAŁOZNAWSTWO**

*Skład grupy
laboratoryjnej*

**1. Jan Kowalski
2. Anna Nowak**

*Numer i temat
ćwiczenia*

**Ćwiczenie numer 1
Spoiwa budowlane –
analiza szkła
wodnego**





<i>Numer grupy laboratoryjnej</i>	L01	<i>Data wyk. ćwiczenia</i>	01.10.2024
<i>Rok akademicki</i>	2024/2025	<i>Data oddania sprawozdania</i>	08.10.2024
Prowadzący: dr inż. Joanna Muszyńska			
<u>Ćwiczenie zostało wykonane z zachowaniem wszelkiej ostrożności i przepisów BHP</u>			
OCENA			





KARTA WYNIKÓW

ĆWICZENIE NR 1	Spoiwa budowlane – SZKŁO WODNE	
Imię i nazwisko	Data wykonania ćwiczenia	Podpis prowadzącego
Jan Kowalski	01.10.2024	
Anna Nowak		

1. Oznaczenie wody i suchej pozostałości

Lp.	Masa pustego tygla	Masa tygla wraz z próbką	Masa tygla wraz z próbką po prażeniu
	[g]	[g]	[g]
1	23,34	23,74	23,42
2	33,62	34,11	33,73
3	17,94	18,46	18,05

Lp.	$w = \frac{b - c}{b - a} \cdot 100$	$s = \frac{c - a}{b - a} \cdot 100$
	[%]	[%]
1	80	20
2	78	22
3	79	21
SREDNIA	79	21

2. Oznaczenie zawartości tlenku sodu (Na_2O)

Lp.	Masa pustego tygla	Masa tygla wraz z próbką	V Objętość HCl do miareczkowania
	[g]	[g]	[cm ³]
1	6,37	6,78	8,1
2	6,38	6,89	10,1
3	6,65	7,14	9,6

Lp.	$\text{Na}_2\text{O} = \frac{V \cdot 0,0031 \cdot 100}{b - a}$
	[%]
1	6,12
2	6,14
3	6,07
SREDNIA	6,11

$$\% \text{SiO}_2 = \% \text{S} - \% \text{Na}_2\text{O}$$

$$\% \text{SiO}_2 = 21 \% - 6,11 \% = 14,89 \%$$

3. Obliczenie modułu szkła wodnego

$$M = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Na}_2\text{O}} \cdot 0,969$$

$$M = \frac{14,89 \%}{6,11 \%} \cdot 0,969 = 2,361 = 2,4$$





1. CEL PRZEPROWADZONEGO ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest oznaczenie modułu szkła wodnego i określenie możliwości wykorzystania go jako spoiwa powietrznego.

2. ODCZYNNIKI I SPRZĘT UŻYTY PODCZAS DOŚWIADCZENIA

Oznaczenie wody i suchej pozostałości

Sprzęt, szkło i drobny asortyment laboratoryjny: waga analityczna, 3 duże tygle porcelanowe, szklana bagietka, palnik gazowy, trójnóg z siatką, ekzykator, szczypce

Oznaczenie zawartości tlenu sodu

Sprzęt, szkło i drobny asortyment laboratoryjny: waga analityczna, 3 małe tygle porcelanowe, 3 zlewki o pojemności 250 cm³, cylinder miarowy, woda destylowana, 4 szklane bagietki, palnik gazowy, trójnóg z siatką, oranż metylowy, HCl o stężeniu 0,1 mol/dm³, biureta, statyw, szczypce

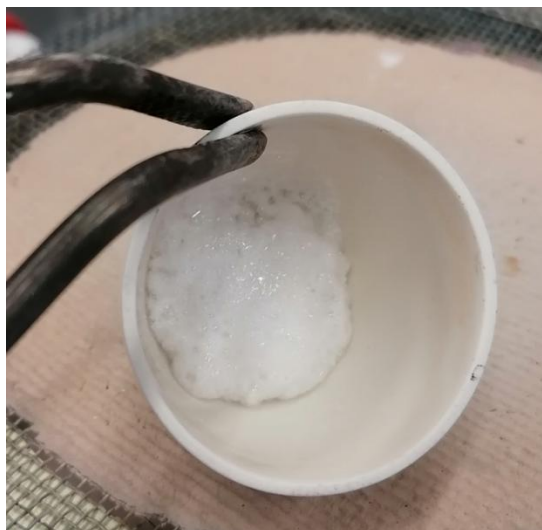
3. PRZEBIEG DOŚWIADCZENIA

W pierwszym etapie Ćwiczenia nr 1 oznaczono wodę i suchą pozostałość. W tym celu trzy wyprażone oraz ostudzone w ekzykatorze duże tygle zważono na wadze analitycznej. Następnie odmierzone zgodnie z instrukcją przy pomocy szklanej bagietki po 10 kropli szkła wodnego do każdego z nich. Tygle ze szkłem wodnym zostały ponownie zważone, a następnie ustawione na siatce na trójnogu nad palnikiem gazowym (Rys. 1). Tygle były ogrzewane słabym płomieniem, aż do ustania dźwięku trzaskania, po czym były ogrzewane jeszcze mocnym płomieniem przez 10 minut. Po tym czasie zostały zdjęte z palnika (Rys. 2) oraz ostudzone w ekzykatorze, a następnie ponownie zważone.





Rys. 1 Tygiel wraz z próbką szkła wodnego przed prażeniem



Rys. 2 Tygiel wraz z próbką szkła wodnego po prażeniu

Kolejnym etapem doświadczenia było oznaczenie zawartości tlenku sodu (Na_2O). Do uprzednio zważonych na wadze analitycznej trzech małych tygli odmierzone 10 kropli badanego szkła wodnego za pomocą szklanej bagietki. Tygle z zawartością zostały ponownie zważone. Do trzech zlewek o pojemności 250 cm^3 odmierzone za pomocą cylindra miarowego 100 cm^3 wody destylowanej. Następnie zlewki z wodą były ogrzewane na siatce nad palnikiem gazowym do momentu wrzenia. Do każdej ze zlewek zdjętej z palnika włożono po jednym z tygli ze szkłem wodnym. W celu jego rozpuszczenia tygle zostały przewrócone, a ich zawartość delikatnie wymieszana z wodą destylowaną przy pomocy szklanych bagietek.

Po całkowitym rozpuszczeniu szkła wodnego, nie wyjmując ze zlewek tygli ani bagietek, oraz ostudzeniu do temperatury pokojowej, dodano po 3-4 krople oranżu metylowego (Rys. 4). Następnie miareczkowano roztworem HCl o stężeniu $0,1 \text{ mol/dm}^3$, aż do pierwszej stałej i zauważalnej zmiany barwy z żółtej na pomarańczową (Rys. 5).



Rys. 4 Próba ze wskaźnikiem – przed miareczkowaniem



Rys. 5 Próba ze wskaźnikiem – po miareczkowaniu

Po wykonaniu czynności laboratoryjnych wykonano obliczenia zgodnie z kartą wyników i uwagami prowadzącego.

4. OTRZYMANE WYNIKI I ICH OPRACOWANIE



1. Oznaczenie wody i suchości pozostałej

Tabela 1 Zestawienie wyników do oznaczenia wody i suchej pozostałości

Lp.	Masa pustego tygla	Masa tygla wraz z próbką	Masa tygla z próbką po prażeniu
	[g]	[g]	[g]
1	23,34	23,74	23,42
2	33,62	34,11	33,73
3	17,94	18,46	18,05

$$W = \frac{b-c}{b-a} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

$$S = \frac{c-a}{b-a} \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

W – procentowa zawartość wody, [%]

a - masa pustego tygla, [g]

b - masa tygla wraz z próbką szkła wodnego przed prażeniem, [g]

c - masa tygla z próbką szkła wodnego po prażeniu, [g]

S – sucha pozostałość, [%]

$$W_1 = \frac{23,74 - 23,42}{23,74 - 23,34} \cdot 100$$

$$W_1 = 80$$

$$S_1 = \frac{23,42 - 23,34}{23,74 - 23,34} \cdot 100$$

$$S_1 = 20$$

$$W_2 = \frac{34,11 - 33,73}{34,11 - 33,62} \cdot 100$$

$$W_2 = 77,55102$$

$$S_2 = \frac{33,73 - 33,62}{34,11 - 33,62} \cdot 100$$





$$S_2 = 22,44898$$

$$W_3 = \frac{18,46 - 18,05}{18,46 - 17,94} \cdot 100$$

$$W_3 = 78,846153$$

$$S_3 = \frac{18,05 - 17,94}{18,46 - 17,94} \cdot 100$$

$$S_3 = 21,153846$$

Tabela 2 Procentowa zawartość wody i sucha pozostałość

Lp.	W	S
	[%]	[%]
1	80	20
2	78	22
3	79	21
Średnia	79	21

2. Oznaczenie zawartości tlenku sodu (Na_2O)Tabela 3 Zestawienie wyników do oznaczenia zawartości tlenku sodu (Na_2O)

Lp.	Masa pustego tygla	Masa tygla wraz z próbką	V Objętość HCl do miareczkowania
	[g]	[g]	[cm ³]
1	6,37	6,78	8,10
2	6,38	6,89	10,10
3	6,65	7,14	9,60

$$\text{Na}_2\text{O} = \frac{V \cdot 0,0031 \cdot 100}{b - a} [\%] \quad (3)$$

a - masa pustego tygla, [g]

b - masa tygla wraz z próbką szkła wodnego, [g]





V - objętość roztworu HCl o stężeniu 0,1 mol/dm³ zużytego do miareczkowania, [cm³]
0,00031 - ilość g Na₂O odpowiadająca 1 cm³ roztworu HCl o stężeniu 0,1 mol/dm³

$$Na_2O = \frac{8,1 \cdot 0,0031 \cdot 100}{6,78 - 6,37}$$

$$Na_2O = 6,124390$$

$$Na_2O = \frac{10,1 \cdot 0,0031 \cdot 100}{6,89 - 6,38}$$

$$Na_2O = 6,139216$$

$$Na_2O = \frac{9,6 \cdot 0,0031 \cdot 100}{7,14 - 6,65}$$

$$Na_2O = 6,07347$$

Tabela 4 Zawartość tlenku sodu

Lp.	Na ₂ O
	[%]
1	6,12
2	6,14
3	6,07
Średnia	6,11

3. Oznczenie zawartości ditlenku krzemu (SiO₂)

$$\%SiO_2 = \%S - \%Na_2O \quad (4)$$

$$\%SiO_2 = 21,00 - 6,11 = 14,89$$

4. Obliczenie modułu szkła wodnego

$$M = \frac{\%SiO_2}{\%Na_2O} \cdot 0,969 \quad (5)$$

0,969 - stosunek mas molowych SiO₂ i Na₂O.



$$M = \frac{14,89}{6,11} \cdot 0,969$$

$$M = 2,361$$

5. WNIOSKI

Moduł badanego szkła wodnego w przybliżeniu ma wartość 2,4. Oznacza to, że mieści się on w przedziale od 2,0 do 3,9.

W związku z powyższym można uznać, że materiały oparte na tym szkłe wodnym są odporne na działanie stężonych kwasów mineralnych (z wyjątkiem kwasu fluorowodorowego, fosforowego, siarkowego oraz octowego).

Szkło wodne posiadające odpowiednią wartość modułu może być stosowane między innymi jako [1]:

- zaprawa do wiązania cegieł kwasoodpornych lub szamotowych w połączeniu z cementem
- substancja do wyrobu kitów kwasoodpornych,
- substancja do produkcji inhibitorów korozji i środków zapobiegających osadzaniu się kamienia
- materiał zapobiegający wilgoci na ścianach.

6. LITERATURA

1. Ganc, P. (2022) Karta charakterystyki substancji chemicznej – szkło_wodne_sodowe. <https://pol-aura.pl/pobierz-karta-charakterystyki-341288676.html> (20.04.2024).





5.1.2. Sprawozdanie z Ćwiczenia numer 5 – Metale i ich stopy

 Politechnika Świętokrzyska WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA, GEODEZJI I ENERGETYKI ODNAWIALNEJ			
Kierunek Inżynieria Środowiska Studia stacjonarne/ niestacjonarne			
Sprawozdanie z ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotu: MATERIAŁOZNAWSTWO			
<i>Skład grupy laboratoryjnej</i>	1. Jan Kowalski 2. Anna Nowak	<i>Numer i temat ćwiczenia</i>	Ćwiczenie numer 5 Metale i ich stopy
<i>Numer grupy laboratoryjnej</i>	L01	<i>Data wyk. ćwiczenia</i>	01.10.2024
<i>Rok akademicki</i>	2024/2025	<i>Data oddania sprawozdania</i>	08.10.2024
Prowadzący: dr inż. Joanna Muszyńska			
<u>Ćwiczenie zostało wykonane z zachowaniem wszelkiej ostrożności i przepisów BHP</u>			
OCENA			





KARTA WYNIKÓW

ĆWICZENIE NR 5	Stopy metali	
Imię i nazwisko	Data wykonania ćwiczenia	Podpis prowadzącego
Jan Kowalski	01.10.2025	
Anna Nowak		

1. Wstępna analiza stopu

1.1. Opis wyjściowej próby (barwa, kształt, wielkość itp.)

Próba nr 1	Barwa szara z metalicznym połyskiem; stop metalu ma postać drobnych kawałków przypominających prostopadłościan; długość około 2-3 mm, szerokość poniżej 1 mm
Próba nr 2	Barwa żółta (złota) z metalicznym połyskiem; nieregularny kształt; zwinięte w rulon kawałki; wielkość około 4-6 mm

1.2. Identyfikacja stopu

Obserwacje po dodaniu: a) 10%KSCN w HCl b) HNO ₃ +NH ₄ OH c) NaOH	
Próba nr 1	a) 10%KSCN w HCl wyraźne ciemnoczerwone zabarwienie – zidentyfikowano stop żelazny b) HNO ₃ +NH ₄ OH – nie wykonywano analizy w związku z identyfikacją stopu żelaznego c) NaOH – nie wykonywano analizy w związku z identyfikacją stopu żelaznego
Próba nr 2	a) 10%KSCN w HCl brak reakcji b) HNO ₃ +NH ₄ OH wyraźne błękitne zabarwienie – zidentyfikowano stop nieżelazny, zawierający miedź c) NaOH – nie wykonywano analizy w związku z identyfikacją stopu żelaznego

Na podstawie wstępnej analizy określono, że jest to stop żelazny/ ~~metali nieżelaznych~~/ lekki¹ (próba nr 1)Na podstawie wstępnej analizy określono, że jest to ~~stop żelazny~~/ ~~metali nieżelaznych~~/ lekki² (próba nr 2)2. Analiza stopów³

Stop nr 1	Obserwacje reakcji z KJ brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Pb ⁺
	Obserwacje reakcji z NaOH brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Co ²⁺
	Obserwacje reakcji z NH ₄ OH brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Cu ²⁺
	Obserwacje reakcji z Alizaryną brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Al ³⁺
	Obserwacje reakcji z K ₃ [Fe(CN) ₆] ciemnoniebieskie zabarwienie
	Obserwacje reakcji z KSCN krwistoczerwone zabarwienie
Zidentyfikowany kation: Fe ³⁺ ; Fe ²⁺	
Stop nr 2	Obserwacje reakcji z KJ brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Pb ⁺
	Obserwacje reakcji z NaOH niebieski osad; po ogrzaniu przechodzi w różowy
	Obserwacje reakcji z NH ₄ OH roztwór zabarwia się na ciemnoniebiesko
	Obserwacje reakcji z Alizaryną czerwone zabarwienie
	Obserwacje reakcji z K ₃ [Fe(CN) ₆] brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Fe ²⁺
	Obserwacje reakcji z KSCN brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Fe ³⁺
Zidentyfikowany kation: Cu ²⁺ ; Co ²⁺ ; Al ³⁺	

¹ Niepotrzebne skreślić² Niepotrzebne skreślić³ Przed wykonaniem punktu należy stop rozpuścić w odpowiednim odczynniku (zgodnie z identyfikacją stopu i informacją w instrukcji)



1.CEL PRZEPROWADZONEGO ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest identyfikacja stopu metalu oraz jego składu jakościowego wykorzystując klasyczną analizę jakościową stopów metali.

2.ODCZYNNIKI I SPRZĘT UŻYTY PODCZAS DOŚWIADCZENIA

Szkło i drobny asortyment laboratoryjny: parownice, cylinder miarowy, pipeta, probówki szklane, statyw, kolby stożkowe 200ml, lejek, sączki

Odczynniki: stężony kwas azotowy, rozcieńczony kwas solny, KJ, NaOH, NH_4OH , alizaryna, $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, KSCN, wszystkie odczynniki były w stanie ciekłym.

3. PRZEBIEG DOŚWIADCZENIA

W pierwszym etapie doświadczenia dokonano opisu prób wyjściowych – barwa, kształt, wielkość itp.

Drugi etap doświadczenia miał na celu identyfikację stopu.

Każdą próbę rozdzielono na trzy mniej więcej równe części i przeniesiono do parownicy, a następnie zgodnie z instrukcją dodano odpowiednich odczynników.

W przypadku próby pierwszej po dodaniu pierwszego odczynnika (10% KSCN w HCl) zaobserwowano wyraźne zabarwienie, co oznaczało, że jest to stop żelazny. W związku z tym nie dodawano już do kolejnych części stężonego kwasu azotowego, ani 30% roztworu wodorotlenku sodowego.

W próbie drugiej po dodaniu 10% KSCN w HCl nie zaobserwowano żadnych zmian zabarwienia – ani od razu ani po kilku minutach. W związku z tym do próby dodano stężony kwas azotowy (czynność wykonywano pod wyciągiem) i po pewnym czasie amoniak. Powstało błękitne zabarwienie co pozwoliło na określenie stopu jako nieżelaznego zawierającego miedź. Do ostatniej części nie dodawano już 30% roztworu wodorotlenku sodowego.

Kolejna część ćwiczenia laboratoryjnego polegała na identyfikacji kationów znajdujących się w danej próbce. W tym celu zgodnie z instrukcją roztworzono stopy metali – pozwoliło to na rozpuszczenie stopu i przejście z postaci stałej do postaci ciekłej.

Próbę pierwszą, czyli żelazo oraz jego stopy rozpuszczono w rozcieńczonym kwasie solnym. Po zakończeniu reakcji rozpuszczania odsączono czarny osad składający się z węgla, krzemu lub węglików. Roztwór zawiera kationy, które zidentyfikowano w kolejnym etapie.



Próbie drugą, czyli metale nieżelazne i ich stopy rozpuszczono w kwasie azotowym rozcieńczonym w stosunku 1:1. Roztwór odparowano prawie do sucha, pozostałość zadano 1-2 molowym roztworem kwasu azotowego i ostrożnie ogrzewano. W wyniku powstawania białego osadu stwierdzono obecność kwasu metacynowego lub kwasu antymonowego. Roztwór badano na obecność kationów.

Ostatnia część ćwiczenia laboratoryjnego polegała na identyfikacji występujących w roztworze kationów. Postępowanie w obu próbach było takie samo:

- a) do probówek wlewo około 1-2 cm³ próby,
- b) do próby dodano tyle samo odczynnika (KJ, NaOH, NH₄OH, alizaryna, K₃[Fe(CN)₆], KSCN) – zgodnie z kartą wyników,
- c) po dodaniu odczynnika zapisano przebieg reakcji, obserwacje/ lub ich brak
- d) na podstawie obserwacji i załączonej do instrukcji tabeli zidentyfikowano poszczególne kationy, a wyniki zapisano w karcie wyników.

4. OTRZYMANE WYNIKI I ICH OPRACOWANIE

1. Wstępna analiza stopu

1.1 Opis próby wyjściowej

Próba nr 1: Barwa szara z metalicznym połyskiem; stop metalu ma postać drobnych kawałków przypominających prostopadłościan; długość około 2-3 mm, szerokość poniżej 1 mm

Próba nr 2: Barwa żółta (złota) z metalicznym połyskiem; nieregularny kształt; zwinięte w rulon kawałki; wielkość około 4-6 mm

1.2 Identyfikacja stopu

Próba nr 1

- a) 10%KSCN w HCl wyraźne ciemnoczerwone zabarwienie – zidentyfikowano stop żelazny
- b) HNO₃+NH₄OH – nie wykonywano analizy w związku z identyfikacją stopu żelaznego
- c) NaOH – nie wykonywano analizy w związku z identyfikacją stopu żelaznego

Próba nr 2:

- a) 10%KSCN w HCl brak reakcji
- b) HNO₃+NH₄OH wyraźne błękitne zabarwienie – zidentyfikowano stop nieżelazny, zawierający miedź



c) NaOH – nie wykonywano analizy w związku z identyfikacją stopu żelaznego



Rys. 1 Próba 1 (z lewej) i próba 2 (z prawej) po dodaniu KSCN



Rys. 2 Próba nr 2 po dodaniu HNO_3



Rys. 3 Próba nr 2 po dodaniu HNO_3 i NH_4OH

2. Analiza stopów
Próba numer 1

Tabela 1 Zestawienie obserwacji reakcji charakterystycznych

Odczynnik	Opis obserwacji	Zdjęcie
KJ	brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Pb^+	
NaOH	brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Co^{2+}	



NH ₄ OH	brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Cu ²⁺	
Odczynnik	Opis obserwacji	Zdjęcie
Alizaryna	brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Al ³⁺	
K ₃ [Fe(CN) ₆]	ciemnoniebieskie zabarwienie	
KSCN	krwistoczerwone zabarwienie	



Próba numer 2

Tabela 2 Zestawienie obserwacji reakcji charakterystycznych

Odczynnik	Opis obserwacji	Zdjęcie
KJ	brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Pb^{+}	
NaOH	niebieski osad; po ogrzaniu przechodzi w różowy	



NH ₄ OH	roztwór zabarwia się na ciemnoniebiesko	
Alizaryna	czerwone zabarwienie	
Odczynnik	Opis obserwacji	Zdjęcie
K ₃ [Fe(CN) ₆]	brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Fe ²⁺	
KSCN	brak reakcji charakterystycznej – nie zidentyfikowano jonu Fe ³⁺	

5. WNIOSKI



1. W próbie pierwszej zidentyfikowano stop żelazny. Po przeprowadzeniu procesu rozpuszczenia oraz analizy reakcji charakterystycznych dla poszczególnych kationów, w danym stopie zidentyfikowano następujące jony: Fe^{3+} , Fe^{2+} . Przykładami stopu żelaza są stal i żeliwo
2. W próbie drugiej zidentyfikowano stop nieżelazny zawierający miedź. Po przeprowadzeniu procesu rozpuszczenia oraz analizy reakcji charakterystycznych dla poszczególnych kationów, w danym stopie zidentyfikowano następujące jony: Co^{2+} , Cu^{2+} , Al^{3+} . Przykładami stopu nieżelaznego zawierającego miedź są mosiądz i brąz.

6. LITERATURA

1. Mróz, M. (2022) Miedź i jej stopy, Politechnika Poznańska, Studocu.
<https://www.studocu.com/pl/document/politechnika-poznanska/nauka-o-materialach-z-elementami-chemii/miedz-i-jej-stopy/62998047> (16.03.2024)

5.2. Wytyczne dot. prezentacji

Jednym z wykonywanych ćwiczeń jest wykonanie prezentacji na temat CHARAKTERYSTYKI WYBRANEGO MATERIAŁU STOSOWANEGO W INŻYNIERII ŚRODOWISKA. Opracowanie ma zawierać następujące elementy:

1. Wprowadzenie – ogólna charakterystyka, historia stosowania, znaczenie w inżynierii środowiska.
2. Właściwości fizyczne i mechaniczne, m.in. gęstość, wytrzymałość, odporność na czynniki środowiskowe.
3. Procesy produkcji i obróbki – metody wytwarzania, możliwości modyfikacji struktury/ składu.
4. Zastosowanie w inżynierii środowiska – przykłady praktycznego zastosowania materiału wraz z zestawieniem zalet i wad; normy oraz regulacje dotyczące stosowanego materiału.
5. Aspekty ekologiczne – recykling, biodegradowalność, wpływ na środowisko

Prezentacja powinna zostać przygotowana w programie PowerPoint z uwzględnieniem podstawowych wytycznych co do wyglądu/ szaty graficznej, tj.

- prezentacja ma stanowić uzupełnienie referatu/ treści mówionej,





- ilość tekstu prezentowanego na pojedynczym slajdzie powinna mieścić się w 8-10 liniach, przy większej ilości tekstu należy zastosować akapity,
- liczba obiektów graficznych (zdjęć, rysunków, wykresów itp.) nie powinna przekraczać 6 takich elementów,
- zdjęcia, filmy, tabele należy podpisać i podać źródło z odniesieniem do numeru w literaturze podanej na końcu prezentacji (rysunki, schematy podpisać u dołu; tabele popisać u góry),
- ograniczyć ilość stosowanych barw czcionek (maksymalnie cztery kolory);
- prezentacja powinna zostać wykonana w „szablon prezentacji WIŚGiE” (tu.kielce.pl – dół strony – identyfikacja wizualna - szablon prezentacji WIŚGiE),
- slajd pierwszy powinien zawierać: logo Uczelni i jej nazwę oraz nazwę wydziału, temat prezentacji, nazwę przedmiotu, datę i autorów,
- slajd drugi powinien zawierać plan wystąpienia,
- slajd podsumowujący wystąpienie powinien zawierać pełne i porządkujące domknięcie całości prezentacji oraz wnioski,
- slajd z literaturą powinien mieć formę zestawienia,
- prezentacja powinna zawierać minimum 10 slajdów i w pełni wyczerpywać temat oraz trwać około 15-20 min.





6. Literatura

1. Bykowski J., Szymczak-Graczyk A. (2022) Urządzenia melioracyjne – ocena stanu oraz warunki odbudowy i remontów, Inżynier budownictwa, 2022
<https://inzynierbudownictwa.pl/urzadzenia-melioracyjne-ocena-stanu-oraz-warunki-odbudowy-i-remontow/>
2. Charkowska A. (2014) Przewody i kształtki w systemach wentylacji mechanicznej, Rynek instalacyjny, 1-2
<https://www.rynekinstalacyjny.pl/artikul/projektowanie-went-klima/18292,przewody-i-ksztaltki-w-systemach-wentylacji-mechanicznej>
3. Jawański J., Wiśniewski M., (2021) Beton hydrotechniczny – projektowanie i wykonawstwo, Inżynier budownictwa
<https://inzynierbudownictwa.pl/beton-hydrotechniczny-projektowanie-i-wykonawstwo/>
4. Kwietniewski M. (2010) Zasady doboru rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych do budowy przewodów wodociągowych, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, 74-75
5. Obwieszczenia Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U.2022 poz.1225)
6. Osiecka E. (2006) Wapno w budownictwie – tradycja i nowoczesność, Stowarzyszenie Przemysłu Wapienniczego, Kraków
7. PN-B 30041:1997 Spoiwa gipsowe – Gips budowlany
8. PN-EN 197-1:2012 Cement – Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku
9. PN-EN 459-1:2012 Wapno budowlane.
10. PN-EN 13279-1:2009 Spoiwa gipsowe i tynki gipsowe – Część 1: Definicje i wymagania
11. PN-EN 14496:2017-08 Kleje gipsowe do płyt zespolonych do izolacji cieplnej i akustycznej oraz do płyt gipsowo-kartonowych -- Definicje, wymagania i metody badań





12. PN-EN 806-1:2004P Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi --
Część 1: Postanowienia ogólne
13. PN-EN 806-1:2005E Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi --
Część 2: Projektowanie





14. PN-EN 806-3:2006E Wymagania dotyczące wewnętrznych instalacji wodociągowych do przesyłu wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi -- Część 3: Wymiarowanie przewodów -- Metody uproszczone
15. PN-EN ISO 15874-2:2013-06E Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do instalacji wody ciepłej i zimnej -- Polipropylen(PP) -- Część 2: Rury
16. PN-EN ISO 15874-3:2013-06E Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do instalacji wody ciepłej i zimnej -- Polipropylen (PP) -- Część 3: Kształtki
17. PN-EN ISO 15874-5:2013-06E Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do instalacji wody ciepłej i zimnej -- Polipropylen (PP) -- Część 5: Przydatność systemu do stosowania
18. PN-EN 1057+A1:2010P Miedź i stopy miedzi -- Rury miedziane okrągłe bez szwu do wody i gazu stosowane w instalacjach sanitarnych i ogrzewania
19. PN-EN 476:2012P Wymagania ogólne dotyczące elementów stosowanych w systemach kanalizacji deszczowej i sanitarnej
20. PN-B-75702:1983P Urządzenia splukujące do misek ustępowych i pisuarów -- Rury płuczne z nieplastyfikowanego poli(chlorku winylu)
21. PN-EN 263:2008E Urządzenia sanitarne -- Arkusze akrylowe ze środkiem sieciującym do wanien i brodzików do użytku domowego
22. PN-EN 12566-1:2004P Małe oczyszczalnie ścieków dla obliczeniowej liczby mieszkańców (OLM) do 50 -- Część 1: Prefabrykowane osadniki gnilne
23. PN-EN 12566-:2004/A1:2006P Małe oczyszczalnie ścieków dla obliczeniowej liczby mieszkańców (OLM) do 50 -- Część 1: Prefabrykowane osadniki gnilne
24. PN-EN 12566-3+A1:2009P Małe oczyszczalnie ścieków dla obliczeniowej liczby mieszkańców (OLM) do 50 -- Część 3: Kontenerowe i/lub montowane na miejscu przydomowe oczyszczalnie ścieków
25. PN-EN 12566-4:2009P Małe oczyszczalnie ścieków dla obliczeniowej liczby mieszkańców (OLM) do 50 -- Część 4: Osadniki gnilne montowane na miejscu z zestawów prefabrykowanych
26. PN-EN 12566-6:2013-06E Małe oczyszczalnie ścieków dla obliczeniowej liczby mieszkańców (OLM) do 50 -- Część 6: Prefabrykowane urządzenia do oczyszczania odpływu z osadników gnilnych
27. PN-EN 12566-7:2013-09E Małe oczyszczalnie ścieków dla obliczeniowej liczby mieszkańców (OLM) do 50 -- Część 7: Prefabrykowane urządzenia do oczyszczania trzeciego stopnia
28. PN-B-12000:2012 Rurki drenarskie ceramiczne





29. PN-C-89221:1998 Rury z tworzyw sztucznych -- Rury drenarskie karbowane z niezmiękczonego poli(chlorku winylu) (PVC-U)
30. PN-C-89221:1998/Az1:2004 Rury z tworzyw sztucznych -- Rury drenarskie karbowane z niezmiękczonego poli(chlorku winylu) (PVC-U)
31. PN-EN 206+A2:2021-08 Beton -- Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność
32. Piechurski F. (2011) Dobór materiałów do budowy sieci wod-kan. Sieci kanalizacyjne (cz.1), Rynek instalacyjny, 8
<https://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/projektowanie-went-klima/11218,dozor-materialow-do-budowy-sieci-wod-kan-sieci-kanalizacyjne-cz-1>
33. Piechurski F. (2011) Dobór materiałów do budowy sieci wod-kan. Sieci kanalizacyjne (cz.2), Rynek instalacyjny, 9
<https://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/projektowanie-wod-kan/15156,dozor-materialow-do-budowy-sieci-wod-kan-sieci-kanalizacyjne-cz-2>
34. Red. RI, (2018) Systemy instalacyjne – materiały i techniki łączenia, Rynek instalacyjny, 12
<https://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/instalacje-c-o-grzejniki/37550,systemy-instalacyjne-materialy-i-techniki-laczenia>
35. Szczygielski W., Walentek I. (2018) Surowce ceramiki budowlanej (building ceramics raw materials), surowce do produkcji kruszyw ceramicznych i cementu (*mineral raw materials for production of clay aggregates and cement clinker*). w: „Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski wg stanu na 31.12.2018 r.” (red. Szamałek K., Szufliski M., Mizerski W.): 239-257. PIG-PIB, Warszawa
36. Szymczak-Graczyk A., Bykowski J., (2023) Materiały budowlane stosowane w budownictwie wodno-melioracyjnym, Inżynier budownictwa
<https://inzynierbudownictwa.pl/materialy-budowlane-stosowane-w-budownictwie-wodno-melioracyjnym/>
37. Śliwiński J., Gąciarz B., Luchter-Marchewka E., Zych T. (1997) Materiały budowlane Ćwiczenia laboratoryjne Skrypt dla studentów wyższych szkół technicznych, Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków
38. Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne, Dz. U. 2024 poz. 1087
39. <https://www.infor.pl/slownik/nieruchomosci/320728,Cement-workowany-kolory-workow-i-nadrukow-poszczegolnych-klas-wytrzymalosciowych.html>, dostępny 07.03.2025





40. <https://www.la-decor.pl/cement-bialy-cement-portlandzki-jakie-oznaczenia-na-workach-i-jak-je-odczytywac>; dostępny 07.03.2025
41. <https://smig.pl/baza-wiedzy/spoiwa-budowlane-czym-sie-roznia>, dostępny 07.03.2025
42. <https://wodplast.pl/wymagania-przy-budowie-instalacji-wodociagowych-cz-1/>, dostępny 07.03.2025
43. <https://blog.cetel-hurtownia.pl/rury-wodociagowe-materialy/>; dostępny 07.03.2025
44. <https://www.rynekinstalacyjny.pl/artikul/projektowanie-went-klima/10905,dozor-materialow-do-budowy-sieci-wod-kan-sieci-wodociagowe>; dostępny 07.03.2025
45. <https://www.instalacjebudowlane.pl/9981-25-56-wlasciwosci-rur-do-wody--porownanie-roznych-tworzyw.html>; dostępny 07.03.2025
46. <https://long.com.pl/10-materialow-budowlanych-ktore-sa-potrzebne-do-instalacji-ogrzewania/>; dostępny 07.03.2025

