

Budownictwo z opoki wapnistej na terenie Lubelszczyzny

Maciej Trochonowicz

<https://orcid.org/0000-0001-7742-7916>
m.trochonowicz@pollub.pl

Katarzyna Drobek

<https://orcid.org/0000-0003-3599-1169>
k.drobek@pollub.pl

*Katedra Konserwacji Zabytków, Wydział Budownictwa i Architektury,
Politechnika Lubelska*

Streszczenie: Na terenie Polski występują złoża skał wapiennych i pokrewnych, ich lokalizacja jest nierównomierna. Koncentracja tych złóż znajduje się głównie w południowych regionach kraju. W innych jego częściach występuje w znacznie mniejszych ilościach. Niniejszy artykuł skupia się głównie na przedstawieniu obiektów z obszaru Wyżyny Lubelskiej, który jest bogaty w złoża opoki wapnistej. Ze względu na jej dostępność, łatwość w pozyskiwaniu oraz stosunkowo dobre parametry fizyczne, na terenie Lubelszczyzny kamień ten wykorzystywano na masową skalę jako materiał murowy. Początki budownictwa z wykorzystaniem opoki sięgają prawdopodobnie X w. Jednak najstarsze zachowane obiekty z kamienia wapiennego na Lubelszczyźnie, tj. zamek w Janowcu i Kazimierzu Dolnym pochodzą z XVI w. W czasach obecnych materiał ten jest zdecydowanie rzadziej wykorzystywany ze względu na trudną dostępność i dość wysoką cenę.

Słowa kluczowe: Lubelszczyzna, opoka wapnista, mur kamienny

Wstęp

Na terenie Polski znajdują się złoża skał wapiennych oraz pokrewnych. Największa koncentracja opoki wapiennej występuje w rejonie Wyżyny Lubelskiej, w okolicach Radomia, Łodzi oraz niecce Nidziańskiej.¹ Wykorzystanie ich jako materiału budowlanego miało głównie znaczenie lokalne. Obecnie ich ranga znacznie zmalała. Po wojnie, opoka była wykorzystywana do regulacji Wisły. W czasach obecnych opuszczone kamieniołomy zostały przekształcone w cenne geostanowiska.²

Opoka jest skałą przejściową pomiędzy skałami węglanowymi, a krzemionkowymi. Powstaje w wyniku nagromadzenia węglanu wapnia (kalcytu) i krzemionki, pochodzącej głównie z igieł gąbek (występującej w postaci opalu i chalcedonu). Może również posiadać domieszki glaukonitu oraz substancji ilastych. Ma barwę jasnoszarą lub kremową, rzadziej brązową. Zabarwienie kamienia mogą zmieniać związki tytanu, chromu, miedzi i niklu, jednak najbardziej barwiącym pierwiastkiem jest żelazo. W zależności od stopnia jego utlenienia, może nadawać kolor żółty do czerwono-brunatnego.³

W składzie opoki dominujący udział ma zawsze wapń i krzemionka. W zależności od tego, który komponent jest wiodący, można wyróżnić opokę "ciężką" (wapniową) lub opokę "lekką". Opoka lekka powstaje w wyniku

1 Brogowski Z., Retman G., Characterization of Opoka as a Basis for its Use in Wastewater Treatment, Polish Journal of Environmental Studies Vol. 13, No. 1 2004.

2 Bąk B., Radwanek-Bąk B., Oto opoka, a na niej zbudowano – Kazimierz Dolny, [w:] Górnictwo Odkrywkowe R. 61, nr 1, 2020, s. 55–63.

3 Krzowski Z., Pawlik P., Wójtowicz U., Surowce skalne regionu lubelskiego, Lublin : Wydawnictwo Uczelniane PL, 1979.

odwapnienia opoki wapiennej. Zawartość tlenków wapnia i krzemionki waha się w zależności od rodzaju opoki wapiennej, jednak najczęściej występują te o zawartości 28,0–42,0% CaO i 25–50% SiO₂.



Ryc. 1. Rozmieszczenie surowców mineralnych w Polsce

Źródło: Świat, Polska. Atlas geograficzny, Wyd. PPWK, Książnica-ATLAS, Warszawa-Wrocław 2005.

Na obszarze Wyżyny Lubelskiej znajdują się złoża opoki wapiennej, tworzącej w tym rejonie grube serie w mastrychcie, kampanie, santonie i turonie. Najstarsze są opoki turońskie, które odsłaniają się w okolicach Annapola (Opoczki i Jakubowice)⁴. Znacznie bardziej rozpowszechnione są opoki kampanu tworzące gruboławicowy jednolity kompleks litologiczny ze sporadycznymi skupieniami czertów. Odsłaniają się w zarówno profilu Wisły, jak i w południowo-zachodniej części Lubelszczyzny.⁵ Były one dość popularne w budownictwie.

4 Kozłowski S., Surowce skalne polski, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1986.

5 Krzowski Z., Pawlik P., Wójtowicz U., op. cit.

Bardziej jednorodne są opoki z czertami santonu⁶, jednak ich użytkowanie w budownictwie było ograniczone ze względu na ich słabe odśloneżenia. Najbardziej rozpowszechnione są opoki mastrychtu. Jej rozległe wycho-
dnie sprzyjały powszechnemu wykorzystaniu w budownictwie, mimo dość dużego zróżnicowania litologicznego. Pozyskiwane były przede wszystkim w Kazimierzu Dolnym, Nasiłowie i Piotrawinie, gdzie obecnie znajdują się duże opuszczone kamieniołomy, przekształcane aktualnie w geologiczne stanowiska dokumentacyjne.⁷



Ryc. 2. Przykład opoki pochodzącej z Piask



Ryc. 3. Kamieniołom w Kazimierzu Dolnym nad Wisłą

Charakterystyka opoki jako materiału budowlanego

Opoka od wieków stosowana jest jako materiał budowlany. Jej wykorzystanie ma znaczenie lokalne. Dzięki stosunkowo dobrym parametrom fizycznym surowca, wysokiej dostępności oraz wysokiej estetyki kamienia zaczęto ją wykorzystywać na skalę masową do celów budowlanych. Dodatkowo łatwość w pozyskiwaniu tego surowca, szczególnie na terenie Lubelszczyzny, sprawiło że w późniejszych czasach jego stosowanie znacznie zwiększało swój zakres. Opoka znalazła zastosowanie w drogownictwie, a później oraz również jako materiał elewacyjny. Wykorzystywano je także jako surowiec do produkcji cementu.

Opoka jest kamieniem posiadającym wiele zalet, jak i wad. W celach budowlanych stosowany jest jedynie materiał pozyskiwany z płtych warstw przypowierzchniowych. Głębsze posiadają większy ciężar objętościowy, mniejszą porowatość, dużą wilgotność oraz wysoki współczynnik przewodności cieplnej. Dlatego wykorzystywano go w lokalnym drogownictwie oraz do regulacji rzek.⁸

Zalety

Opoka jest materiałem o wysokiej jak na skały porowatości, która wynosi średnio ok. 42%. Sprawia to, że ma dobre właściwości izolacyjne. Nie bez powodu dawniej opoka wapnista nazywana była "ciepłym kamieniem". Jej współczynnik przewodności cieplnej w przybliżeniu wynosi $\lambda=0,61 \text{ W/m}^2\text{K}$. Pomimo lekkości i znacznej nasiąkliwości, opoka charakteryzuje się w miarę korzystnymi cechami wytrzymałościowymi. Porowate opoki można również wykorzystywać do produkcji kruszywa lekkiego do betonu.

Materiał ten przede wszystkim cechuje stosunkowo mały ciężar właściwy. Powoduje to, że niezależnie od wielkości bloku, w znacznej większości mogły być przenoszone za pomocą siły ludzkiej. Parametr ten jest niezwykle istotny w czasach, gdy nie stosowano jeszcze mechanizmów transportu materiału podczas budowy obiektów. W sposób istotny wpływało to na ciężar budowli i tempo wznoszenia murów.

6 Kurlenda Z., 1967 – Litologia i stratygrafia utworów kredy górnej między Wesołówką a Sulejowem nad Wisłą (Turon górny – kampan dolny). Stud. Soc. Sc. Torunensis Sect. C, vol. 6, nr 3.

7 Bąk B., Szeląg A., op. cit.

8 Bąk B., Szeląg A., Opoki i gezy – zapomniane kopaliny Lubelszczyzny, [w:] Górnictwo Odkrywkowe R. 54, nr 2, 2013, s. 107–116.

Ze względu na swą bloczność oraz lekkość, opoka jest skałą łatwą w obróbce. Świeżo wydobyta pozwala na obrabianie przy pomocy najprostszyc narzędzi, takich jak piły, siekiery, szpadle. Podstawowe metody obróbki pozwalały na dowolną modyfikację faktury muru. Skała wyróżnia się zmianą właściwości po wydobyciu. W stanie naturalnym jest miękka, jednakże wraz z upływem czasu ulega utwardzeniu oraz ustaje ich wstępne intensywne nasiąkanie wodą. Ze względu na te właściwości wydobyty materiał musiał być długo sezonowany. Pozwalało to na uzyskanie wyższej jego wytrzymałości i selekcję bloków, które mogłyby ulec uszkodzeniu bezpośrednio po wybudowaniu.

Mury wykonane z opoki zyskały dużą popularność, ze względu na swą wysoką estetykę. Dzięki jasnej kolorystyce, łatwości utrzymania oraz przede wszystkim naturalności, tworzone z tego kamienia budynki niezwykle rzadko tynkowano. Często zdobiono naroża oraz ościeża cegłą ceramiczną, co powodowało kontrast między materiałami i podkreślało wyjątkowy charakter muru.

Najważniejszym jednak czynnikiem mającym wpływ na częstotliwość wykorzystywania opoki jako materiału murowego miała jego dostępność oraz cena. Złóża opoki znajdują się pod warstwą humusu. Mniejsze kopalnie tzw. „kamieniaki” oraz liczne odkrywki znajdujące się na terenie występowania złóż pozwalały na zmniejszenie kosztów wydobycia i transportu opoki. Bardzo często urobiska zakładano w bliskim sąsiedztwie budowy i na bieżąco go wydobywano i obrabiano. Jeżeli chodzi o cenę, do niedawna na terenie Lubelszczyzny była ona znacznie niższa w porównaniu do innych materiałów murowych (np. cegły ceramicznej). Niskie koszty zakupu gotowego, obrobionego materiału dawały możliwość budowania z opoki poza miejscami jej pozyskiwania. Między innymi w Lublinie powstało wiele obiektów zbudowanych z opoki lub przy jej znacznym udziale.

Wady

Wady opoki są w znacznej części podobne do wad innych materiałów kamiennych, część natomiast wynika bezpośrednio z jej charakteru. Opoka jest kamieniem wymagającym sezonowania, konieczne jest jej przezimowanie w przydach na wolnym powietrzu. Bezpośrednio po wydobyciu opoki ze złóż, nie nadaje się stosowania jej jako materiał murowy lub okładzinowy. W połączeniu z niską, jak na kamień, wytrzymałością na ściskanie oraz dużym rozrzutem otrzymanych w trakcie badań wyników sprawia, że opoka jako materiał budowlany, jest bardzo nieprzewidywalna. Dodatkowo wytrzymałość na ściskanie opoki zmniejsza się wraz z większym nasiąknięciem jej wodą i może obniżyć się aż o 50%.

Kamień ten charakteryzuje się podatnością na destrukcyjne działanie wody, ze względu na dużą nasiąkliwość (w przypadku opoki wapnistej wynosi nawet 50%) oraz wysoką kapilarność materiału.⁹ Wysoka porowatość w powiązaniu ze strukturą porów sprawia, że opoka wypełnia się nawet do 90% wodą. Jest to problematyczne szczególnie w przypadku starszych budowli, pozbawionych izolacji wodochronnych. Dużym problemem jest długi czas oddychania zawilgoconej opoki. Ze względu na budowę i proporcje porów i kapilar, materiał odprowadza wodę znacznie dłużej niż materiały ceramiczne.

Kolejną istotną wadą jest niska mrozoodporność. W połączeniu z dużą nasiąkliwością i kapilarnością mury z opoki wapnistej są narażone na szkody związane z korozją mrozoodporną.

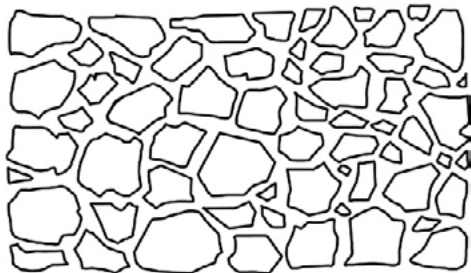
Wysoka ścieralność opoki, znacznie większa niż inne skały wapienne wyklucza wykorzystywanie jej jako materiału na posadzki. Nie jest również zalecane stosowanie opoki w budownictwie drogowym, z powodu wyżej wymienionych jej wad. Jednakże brak innych surowców, konieczne było stosowanie opoki jak kamienia łamanego na drogi lokalne.

Elementy murowe z opoki

Kamienne elementy budowlane są to wyroby z kamienia naturalnego, które przystosowano kształtem oraz wymiarami do określonych funkcji. Kamień łupany jest elementem o kształcie zbliżonym do prostopadłościanu.

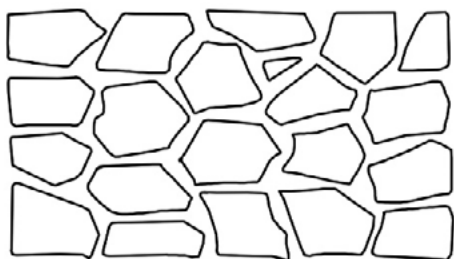
⁹ Trochonowicz M., Analiza skuteczności przepon wykonywanych metodami iniekcji chemicznej w murach z opoki wapnistej. Część I. Badania możliwości wytworzenia przepony w opoce wapnistej i zaprawach. [w:] Budownictwo i Architektura Vol. 11, nr 2, 2012, s. 99–112.

W tradycyjnym budownictwie polskim kamień łupany można podzielić na:



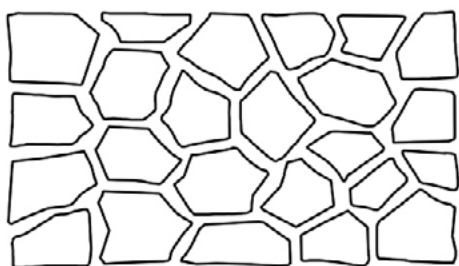
Ryc. 4. Mur z kamienia łamanego niesortowanego

- niesortowany – skalne odłamki o wymiarach od 5 do 50 cm. Mur wykonany z takich elementów nazywany jest murem nieregularnym lub tzw. "dzikim". Zróżnicowany kształt elementów oraz nieregularna powierzchnia wsporna sprawiają, że mur ten może mieć mniejszą wytrzymałość konstrukcyjną;¹⁰



Ryc. 5. Mur z kamienia łamanego sortowanego

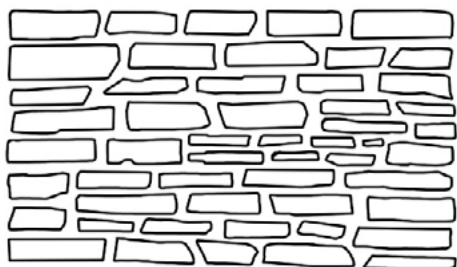
- sortowany – elementy kamienne o zbliżonych wymiarach (ok. 15–35 cm) i kształcie przypominającym graniastosłup. Mur wykonany z tak obrobionego kamienia nazywany jest "cyklopowym". Charakteryzuje się dużo większą estetyką i nieco lepszą wytrzymałością konstrukcyjną;



Ryc. 6. Mur z kamienia łamanego przycinanego

- przycinany – kamień łamany sortowany poddawany jest obróbce ręcznej tak, by lico każdego elementu tworzyło wielobok, a krawędzie były ostre. Wytrzymałość konstrukcyjna podobnie jak w murze sortowanym.¹¹

Kamień łupany wykorzystywany w murach można podzielić na:



Ryc. 7. Mur z kamienia łupanego warstwowo

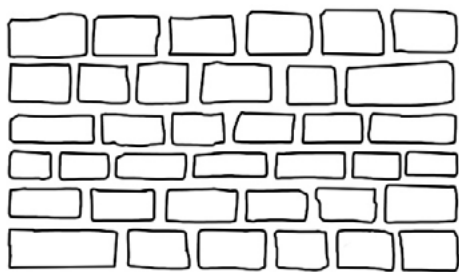
- łupany warstwowo – kamień selekcyjony jest w taki sposób, by jego powierzchnie wsporne były do siebie równoległe. Obróbce poddawana jest zwykle jedynie powierzchnia licowa. Wymiary elementów są różne, wysokość elementów sąsiadujących może być kilkukrotnie większa. Mur ten ma dużo większą wytrzymałość dzięki równoległemu ułożeniu powierzchni wspornych;¹²

10 Skalmowski W., *Technologia materiałów budowlanych*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1972.

11 Osiecka E., *Materiały budowlane – kamień, ceramika, szkło*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.

12 Skalmowski W., op.cit.

13 Skalmowski W., op.cit.



Ryc. 8. Mur z kamienia łupanego rzędowo

- łupany rzędowo – element kamienny o kształcie przypominającym prostopadłościan, a powierzchnie wsporne powinny być prostopadłe do lica. Wszystkie elementy powinny mieć zbliżone wymiary, szczególnie te znajdujące się w jednym poziomie. Mur ten ma dużą wytrzymałość konstrukcyjną.¹³

Budownictwo z opoki na terenie lubelszczyzny

Na terenie Lubelszczyzny budownictwo z opoki było bardzo powszechne i stanowiło znaczny procent jej zabudowy. Wznoszono z niej zarówno obiekty reprezentacyjne (zamki, kościoły, mieszczkańskie kamienice), jak i małe obiekty mieszkalne i budynki inwentarskie. Najbardziej znanymi ośrodkami, gdzie stosowanie opoki jako materiału budowlanego było niezwykle powszechne, to Kazimierz Dolny nad Wisłą oraz Janowiec. Nie znaczy to, że na innych obszarach makroregionu lubelskiego nie wykorzystywano tego materiału. Część obiektów z Lublina zostało wzniesionych całkowicie lub częściowo z opoki. Także na wschód i południe od Lublina, w miejscowościach takich jak Gardzienice, Piaski, Biskupice i Trawniki oraz na terenach Zamojszczyzny, występuje zabudowa z opoki.

Za najstarsze, zachowane do dnia dzisiejszego, budowle z opoki na ziemiach obecnego województwa lubelskiego, uznawane są zamki w Kazimierzu Dolnym i Janowcu. Ich powstanie datuje się na XVI w. Jednakże obiekty z opoki powstawały tu już znacznie wcześniej, być może sięgają X w.¹⁴ Zachowane do dzisiejszych czasów fragmenty średniowiecznego budownictwa z opoki wapnistej świadczą o ogromnej wiedzy i kunszcie ówczesnych budowniczych, którzy pomimo braku obecnej wiedzy, zapewnili wielowiekową trwałość budowanym obiektom.¹⁵

Niestety wiele obiektów historycznych, wykonanych z opoki, utraciło swe wartości wskutek pokrycia ich tynkami lub użyciu nieodpowiednich zapraw do konserwacji.

Aktualnie opokę można uznać poniekąd za materiał luksusowy. Obecna cena metra sześciennego kamienia wapiennego wzrosła kilkukrotnie, w wyniku zamknięciem wielu kamieniołomów. W okolicy Kazimierza Dolnego legalnie można ją pozyskać jedynie w wyniku rozbiórki starego budynku. Jest to o tyle ważny problem, ponieważ budownictwo tradycyjne okolic Kazimierza nad Wisłą i Nałęczowa opiera się na tym materiale. Intensywny rozwój tych miejscowości zwiększa popyt na opokę.

W niniejszym artykule przedstawione zostaną obiekty wraz z krótką ich charakterystyką na terenie takich miejscowości jak: Kazimierz nad Wisłą, Piaski i Trawniki. Miejsca te wykazują znaczny udział procentowy budowli wykonanych z opoki jako materiału murowego, zarówno w obiektach tradycyjnych jak i zabytkowych. Ponadto w ich okolicy znajdują się czynne i nieczynne kamieniołomy.

Kazimierz Dolny nad Wisłą

Kazimierz Dolny jest bardzo charakterystycznym ośrodkiem, w którym do wznoszenia budynków masowo stosowano opokę. Na jego obszarze występują duże ilości różnorodnych budynków powstałych przy użyciu opoki. Niemalże w centrum miasta znajduje się pochodzący z XIII i XIV w. zespół fortyfikacji obronnych. Na północ od Kazimierza gotycki zamek w Bochothnicy oraz w leżącym na przeciwległym brzegu Wisły – Janowcu, znajduje się wybudowany na początku XV w. bastejowy zamek. Innymi obiektami jest kilkanaście kamienic wzniesionych w zwartej zabudowie kazimierskiego rynku oraz wolno stojące budynki mieszkalne i użyteczności publicznej

14 Pożaryska K., Pożarski W.: Przewodnik geologiczny po Kazimierzu i okolicy, Wydawnictwo Muzeum Ziemi, Warszawa 1951.

15 Pinińska J., Właściwości geomechaniczne opok, *Górnictwo i Geoinżynieria*, R. 32, z. 1, 2008, s. 293–301.

zlokalizowane w centrum miasta. Charakterystyczne dla architektury Kazimierza są również wzniesione wzdłuż Wisły spichlerze zbożowe. Znaczną część budownictwa z opoki stanowi zabudowa zagrodowa zlokalizowana poza ścisłym centrum miasta oraz w okolicznych miejscowości.



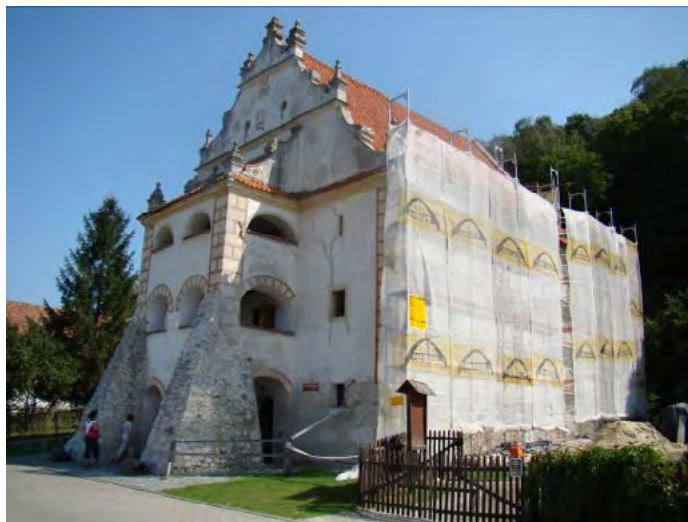
Ryc. 9. Ruiny zamku w Kazimierzu Dolnym



Ryc. 10. Ruiny zamku w Janowcu



Ryc. 11. Kamienica w zabudowie zwartej. Kazimierz Dolny nad Wisłą



Ryc. 12. Spichlerz w Kazimierzu Dolnym nad Wisłą



Ryc. 13. Budynek wolno stojący w Kazimierzu Dolnym



Ryc. 14. Zabudowa zagrodowa w Janowcu

Piaski

Kolejną omawianą miejscowością są Piaski. Budownictwo na ich terenie oraz terytorium gminy związane jest z działalnością pobliskich kamieniołomów. W większości pochodzi z końca XIX i pierwszej połowy XX w. i jest to zabudowa zagrodowa. W centrum miejscowości można znaleźć kilka obiektów piętrowych w zabudowie pierzejowej. W starszych budynkach nie przykładano większej uwagi do dbałości o formę i kształt kamienia. Mury wykonywano warstwowo z różnej wielkości kamienia łamanego.

W kolejnych okresach stosowany materiał obrabiany był ręcznie, zmniejszyła się wielkość bloków kamiennych, a spoiny przybrały kształt bardziej regularnych. Zaczęto także używać czerwonej cegły do wykonywania nadproży oraz naroży budynków.



Ryc. 15. Budynek wielorodzinny w Piaskach



Ryc. 16. Budynek w zabudowie pierzejowej. Piaski



Ryc. 17. Budynek jednorodzinny w Piaskach



Ryc. 18. Młyn holenderski w gminie. Piaski

Trawniki

Gmina Trawniki posiada w swym zasobie ponad 100 budynków, których głównym budulcem jest opoka. Największe ich skupisko znajduje się w Biskupicach i Trawnikach, największych miejscowościach gminy. W głównej mierze są to niewielkie domy jednorodzinne oraz budynki inwentarskie, część z nich to budynki zabytkowe. Najstarsze budowle pochodzą z XIX w. Najbardziej charakterystyczne obiekty dla tego obszaru to: młyn typu holenderskiego i obora w Oleśnikach, budynki byłej cukrowni, młyn wodny w Siostrzytowie.



Ryc. 19. Budynek jednorodzinny. Gmina Trawniki



Ryc. 20. Fragment zabudowy pierzejowej Trawniki



Ryc. 21. Ruiny kapliczki. Trawniki



Ryc. 22. Oleśniki. Ruiny młyna typu holenderskiego

Podsumowanie

Opoka jest charakterystycznym materiałem budowlanym wykorzystywanym dawniej na terenach Lubelszczyzny. Znaczna część zabytkowej zabudowy regionu wykonana jest z wapienia lub przy jego użyciu. Ze względu na niską trwałość tego materiału duża ilość budynków znajduje się obecnie w złym stanie technicznym. W czasach współczesnych właściwości opoki nie pozwalają na wykorzystanie jej jako materiału konstrukcyjnego, dlatego stosowany jest najczęściej jako kamień wykończeniowy i dekoracyjny.

Bibliografia

- [1] Bąk B., Radwanek-Bąk B., *Oto opoka, a na niej zbudowano – Kazimierz Dolny*, [w:] *Górnictwo Odkrywkowe* R. 61, nr 1, 2020, s. 55–63.
- [2] Bąk B., Szelaąg A., *Opoki i gezy – zapomniane kopaliny Lubelszczyzny*, [w:] *Górnictwo Odkrywkowe* R. 54, nr 2, 2013, s. 107–116.
- [3] Brogowski Z., Retman G., *Characterization of Opoka as a Basis for its Use in Wastewater Treatment*, *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 13, No. 1 2004.
- [4] Bus A., Karczmarczyk A., *Charakterystyka skały wapienno-krzemionkowej opoki w aspekcie jej wykorzystania jako materiału reaktywnego do usuwania fosforu z wód i ścieków*, [w:] *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* nr II/1, 2014, s. 227–238.

- [5] Kozłowski S., *Surowce skalne polski*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1986.
- [6] Kurlenda Z., 1967 – *Litologia i stratygrafia utworów kredy górnej między Wesółką a Sulejowem nad Wisłą* (Turon górny – kampan dolny), Stud. Soc. Sc. Torunensis Sect. C, vol. 6, nr 3.
- [7] Krzowski Z., Pawlik P., Wójtowicz U., *Surowce skalne regionu lubelskiego*, Wydawnictwo Uczelniane PL, Lublin 1979.
- [8] Osiecka E., *Materiały budowlane – kamień, ceramika, szkło*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [9] Pożaryska K., Pożarski W., *Przewodnik geologiczny po Kazimierzu i okolicy*, Wydawnictwo Muzeum Ziemi, Warszawa 1951.
- [10] Pinińska J., *Właściwości geomechaniczne opok*, *Górnictwo i Geoinżynieria*, R. 32, z. 1, 2008, s. 293–301.
- [11] Skalmowski W., *Technologia materiałów budowlanych*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1972.
- [12] Trochonowicz M., *Analiza skuteczności przepon wykonywanych metodami iniekcji chemicznej w murach z opoki wapniastej. Część I. Badania możliwości wytworzenia przepony w opoce wapniastej i zaprawach*, [w:] *Budownictwo i Architektura* Vol. 11, nr 2, 2012, s. 99–112.
- [13] Świat, Polska. Atlas geograficzny, Wyd. PPWK, Książnica-ATLAS, Warszawa-Wrocław 2005.