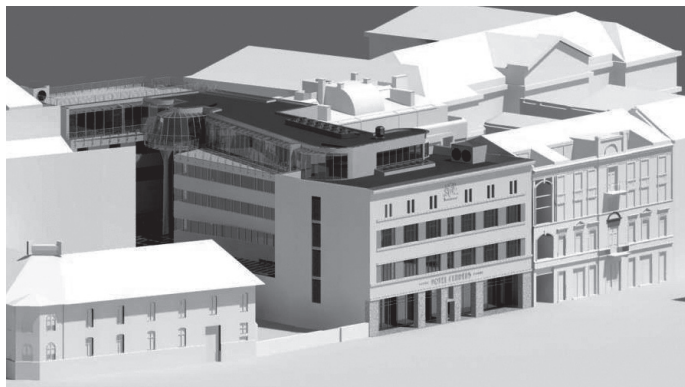


Budowa Hotelu Ferreus w Krakowie – problemy związane z realizacją budynku w zwartej zabudowie miejskiej

Hotel Ferreus (pięciogwiazdkowy) jest budynkiem o 5 i 6 kondygnacjach naziemnych i 2 podziemnych (rys. 1). Jest budowany w centrum Krakowa, przy ul. Kopernika 6, w odległości około 50 m od Krakowskich Plant. Fundament budynku stanowi płyta żelbetowa grubości 60 cm, posadowiona w warstwie średnio zagęszczonych piasków drobnych i średnich, na głębokości $-8,60$ m z niewielkimi lokalnymi przegłębieniami dochodzącymi do $-10,12$ m. Poziom wody gruntowej stabilizuje się na $202,1$ m n.p.m., tj. ponad 9 m poniżej poziomu terenu. Ze względu na rangę obiektu zastosowano izolację ciężką przeciwwodną w postaci maty bentonitowej Voltex DS. Wprowadzono dwie dylatacje w obrębie kondygnacji nadziemnych, aby nie dopuścić do zarysowań budynku pod wpływem zmian temperatury. Główny ustrój nośny budynku stanowi konstrukcja żelbetowa monolityczna słupowo-płytowa oraz słupowo-ryglowa.



Rys. 1. Wizualizacja hotelu Ferreus (ABP s.c.)

Na terenie inwestycji od strony ul. Kopernika stała trzypiętrowa kamienica frontowa zbudowana w okresie międzywojennym w stylu Art Deco. Jej konstrukcję stanowiły ściany z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej oraz stropy żelbetowe monolityczne o przekroju skrzynkowym. Ekspertyza konstrukcyjna wykazała niewystarczającą nośność tych stropów. Część północną działki zajmowała oficyna tylna z zabytkowymi żeliwnymi słupami i oryginalnymi stropami odcinkowymi nad parterem. Przy granicy wschodniej istniały parterowe garaże i budynki gospodarcze, a w głębi podwórka – budynek transformatora.

Ponieważ teren inwestycji podlega ochronie konserwatorskiej, wojewódzki konserwator zalecił pozostawienie całej ściany frontowej budynku głównego i oficyny tylnej – do pierwszego piętra włącznie. Pozostałe obiekty budowlane na działce jako bezwartościowe z konstrukcyjnego i konserwatorskiego punktu widzenia mogły zostać rozebrane.

Szczupłość działki, ambitny program użytkowy (skomplikowana forma architektoniczna), konieczność wykonania głębokich wykopów oraz zachowanie ściany frontowej kamienicy

główniej i oficyny tylnej stanowiły wyzwanie natury konstrukcyjnej i organizacyjnej.

Dokumentacja projektowa branży konstrukcyjnej poza projektem budowlanym i konstrukcyjnym objęła również:

- ekspertyzę o stanie technicznym zabudowy przy ul. Kopernika 6 w Krakowie,
- ekspertyzę o wpływie głębokiego wykopu na sąsiednią zabudowę,
- zabezpieczenie głębokiego wykopu,
- obserwację sąsiedniej zabudowy,
- zabezpieczenie ściany frontowej,
- posadowienie żurawia budowlanego.

Wpływ głębokiego wykopu na zabudowę sąsiednią

Posadowienie nowych obiektów budowlanych w obrębie istniejącej zabudowy miejskiej stanowi duży problem konstrukcyjno-budowlany. Coraz częściej istnieje konieczność budowy wielokondygnacyjnych garaży podziemnych, wykonywanych niejednokrotnie w trudnych warunkach gruntowo-wodnych. Zasadnicza trudność polega nie tylko na bezpiecznym wykonaniu wykopu pod projektowany obiekt budowlany, lecz także na ochronie budynków w jego bezpośrednim otoczeniu.

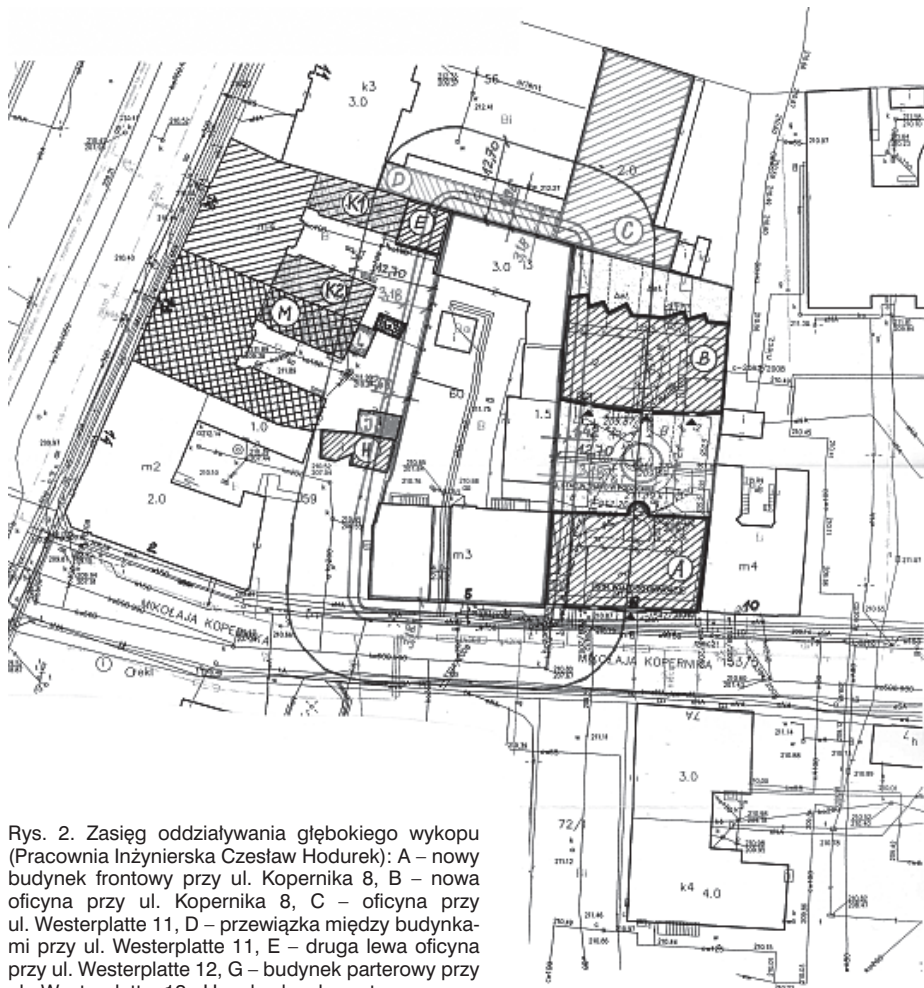
Otoczenie projektowanego hotelu stanowią stare budynki o zróżnicowanym stanie technicznym. Większość z nich ma konstrukcję tradycyjną i nie jest podpiwniczona. W bezpośrednim sąsiedztwie (przy ul. Kopernika 8) znajduje się tylko jeden nowy budynek mieszkalny o konstrukcji żelbetowej, z jednym poziomem garaży podziemnych.

W celu wyznaczenia wpływu głębokiego wykopu na sąsiednią zabudowę wykonano obliczenia zgodnie z pracą [1]. Określono zasięg pierwotny i wtórny (rys. 2), które wynoszą odpowiednio: $S_I = 1,42 \div 3,18$ m (w zależności od analizowanego budynku) i $S_{II} = 12,7$ m.

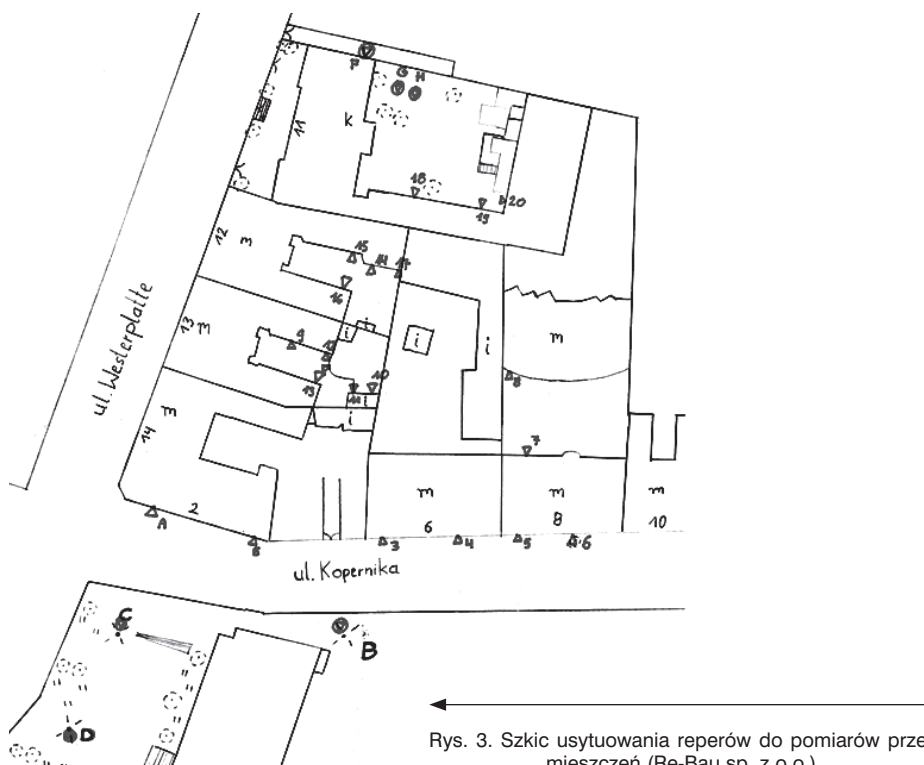
W odniesieniu do sąsiedniej zabudowy określono dopuszczalne przemieszczenia pionowe ze względu na wymagania stanów granicznych nośności i użyteczności zgodnie z [1]. W celu zapewnienia kontroli tych przemieszczeń założono sieć reperów. Repery do kontroli przemieszczeń poziomych umieszczono na koronie palisady oraz na ścianie frontowej. Pomiar wykonywał uprawniony geodeta za pomocą tachimetru ZOOM 80 A10 R 1000 z dokładnością ± 2 mm. Pomiar bazowy wykonano przed rozpoczęciem realizacji hotelu. Kolejne pomiary prowadzono zgodnie z wytycznymi projektanta konstrukcji, przy czym zwiększono częstość pomiarów podczas głębienia wykopu i betonowania płyty fundamentowej (rys. 3).

Zabezpieczenie ściany frontowej

W budynku frontowym (A na rys. 2) miała pozostać tylko ściana frontowa. Dlatego jej zabezpieczenie należało wykonać jeszcze przed wyburzeniem budynku. W pierwszym etapie wykonano na ścianie ruszt stalowy z ceowników 180 (z dwóch stron ściany), łączonych prętami gwintowanymi M16 co około 1 m (rys. 4).



Rys. 2. Zasięg oddziaływania głębokiego wykopu (Pracownia Inżynierska Czesław Hodurek): A – nowy budynek frontowy przy ul. Kopernika 8, B – nowa oficyna przy ul. Kopernika 8, C – oficyna przy ul. Westerplatte 11, D – przewiązka między budynkami przy ul. Westerplatte 11, E – druga lewa oficyna przy ul. Westerplatte 12, G – budynek parterowy przy ul. Westerplatte 12, H – budynek parterowy przy ul. Kopernika 2, J – budynek parterowy przy ul. Westerplatte 13, K1 – pierwsza lewa oficyna przy ul. Westerplatte 12, K2 – pierwsza prawa oficyna przy ul. Westerplatte 12, L – parterowa przybudówka przy ul. Westerplatte 13, M – pierwsza lewa oficyna przy ul. Westerplatte 13



Rys. 3. Szkic usytuowania reperów do pomiarów przemieszczeń (Re-Bau sp. z o.o.)

Następnie wykonywano kolumny „jet-grouting” pod całą ścianą frontową oraz pod podporami zabezpieczenia tej ściany. Kolumny te drążono małą wiertnicą z poziomu piwnicy w istniejącym budynku. Niewielka wysokość piwnicy uniemożliwiła osadzenie zbrojenia sztywnego w kolumnach gruntowo-cementowych o projektowanej długości 10 m, które miały stanowić oparcie kratownic zabezpieczających ścianę frontową. Dlatego zadanie podzielono na dwa etapy. W etapie pierwszym wykonano kolumny gruntowo-cementowe o głębokości 6,0 m poniżej poziomu posadzki piwnicy. W etapie drugim (już po rozbiórce budynku, ale przed wykonaniem głębokiego wykopu) dużą wiertnicą wykonano dodatkowe zbrojone kolumny gruntowo-cementowe o głębokości 10 m, usytuowane pomiędzy wcześniej wykonanymi krótkimi kolumnami. Utworzoną palisadę połączono ocepem z dwuteowników IPE 200.

Ze względów ekonomicznych kratownice pionowe zabezpieczające ścianę zaprojektowano z kształtowników zamkniętych – rur kwadratowych o różnych przekrojach. Całość konstrukcji była spawana na budowie, a pasy, słupki i krzyżulce kratownicy przepuszczano przez otwory wykonane w stropach budynku (rys. 5).

Budynek frontowy został rozebrany po wykonaniu wszystkich kratownic (rys. 6).

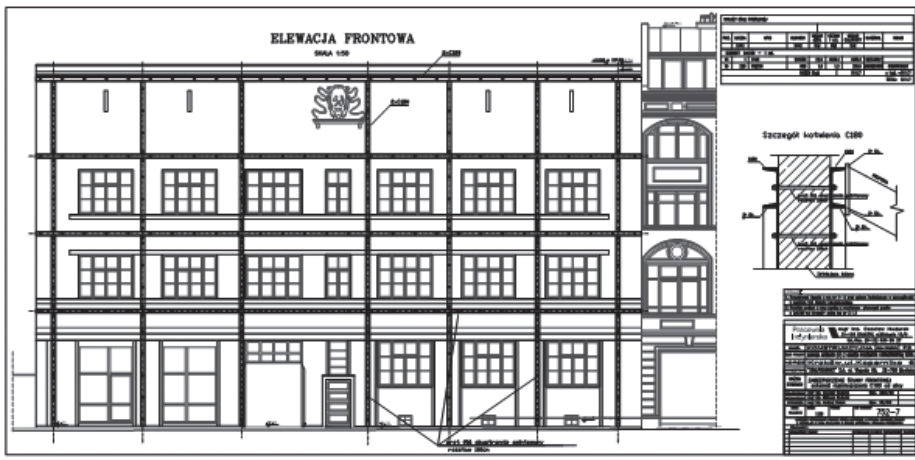
Dokumentacja zabezpieczenia ściany frontowej i wykonane zabezpieczenie były sprawdzane przez nadzór budowlany przed Świątami Dniami Młodzieży w Krakowie.

Podbicie istniejących fundamentów oficyny

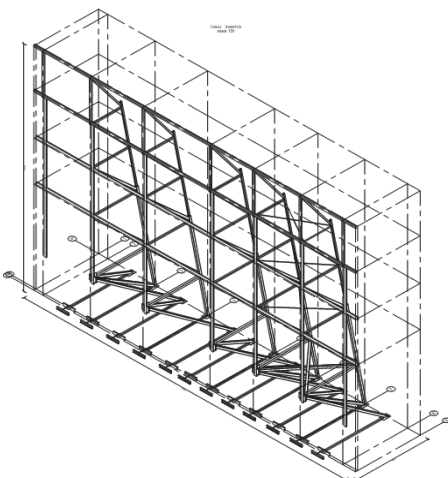
Projekt podbicia istniejących fundamentów oficyny (B na rys. 2) wykonał projektant konstrukcji budynku. Zastosowano kolumny cementowo-gruntowe („jet-grouting”) średnicy 80 cm. Ze względu na duże momenty zginające od parcia gruntu każdą kolumnę zbrojono dwuteownikami IPE 200. Wiercenia wykonano z obniżonej platformy roboczej. Aby umożliwić właściwe usytuowanie kolumn względem podbijanych ścian i ich efektywne podparcie zbrojeniem sztywnym, przed przystąpieniem do wiercenia wycięto w ścianie ukośne bruzdy (rys. 7). Nie spowodowało to istotnego osłabienia ściany, a wyeliminowało konieczność wiercenia koronką w cegle i twardym kamieniu wapiennym.

Zabezpieczenie wykopu

Koncepcja zabezpieczenia wykopu została opracowana przez projektanta konstrukcji budynku na etapie projektu budowlanego oraz przez firmę wyko-



Rys. 4. Schemat usytuowania ceowników na ścianie frontowej od strony ulicy (Pracownia Inżynierska Czesław Hodurek)



Rys. 5. Schemat zabezpieczenia ściany frontowej i montaż jej zabezpieczenia, widoczne przebicia w stropach (Pracownia Inżynierska Czesław Hodurek)



Rys. 6. Zrealizowane zabezpieczenie ściany frontowej (Pracownia Inżynierska Czesław Hodurek)



Rys. 7. Wykonywanie kolumn grunto-cementowych pod oficyną w ukośnych bruzdach oraz odkopane kolumny „jet-grouting” (Pracownia Inżynierska Czesław Hodurek)

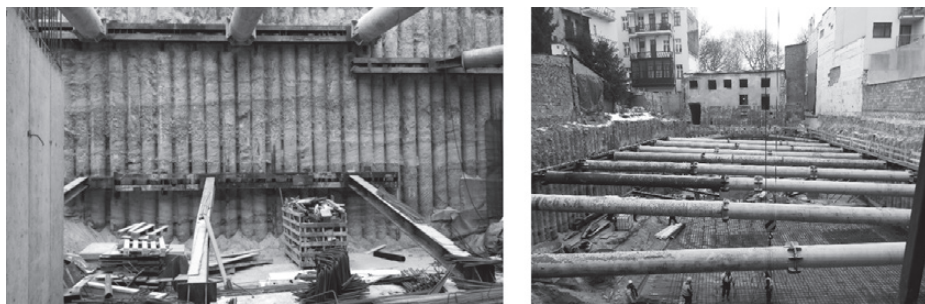
nawczą Stump – na etapie projektu wykonawczego. Projekt wykonawczy po wniesieniu uwag został zaakceptowany przez projektanta konstrukcji budynku. Palisadę wykonano z pali średnicy 430 mm i długości $9 \div 13$ m rozstawionych co 500 mm (rys. 8). Otwory wiercono koronką w rurze obsadowej ze względu na konieczność przewiercania się przez fundamenty ceglane oraz warstwy gruzowo-ceglane. Następnie, po wprowadzeniu mieszanki betonowej, wcisniono (przy użyciu wibromłotu) zbrojenie sztywne w postaci dwuteownika IPE. Było to uzasadnione, gdyż piaski bardzo szybko odciągały wodę z tej mieszanki, co powodowało jej tężenie. Zastosowanie koszy zbrojeniowych, ze względu na niemożność ich pograżenia na docelową głębokość, odrzucono już na etapie projektowania. Rozpory w poziomie –1 wykonano z rur $\varnothing 711/10$, ukośne zastrzały w poziomie –2 – z dwuteowników HEB 300 i 260.

W związku z propozycją kierownika budowy dotyczącą usunięcia rozpór pierwszego poziomu przed wykonaniem stropu żelbetowego nad poziomem –1, wykonano obliczenia sprawdzające i zastąpiono to rozparcie ukośnymi zastrzałami opartymi na stropie nad poziomem –2. Ważnym argumentem za dopuszczeniem tego rozwiązania były niewielkie pomierzone osiadania zabudowy sąsiedniej. Biorąc pod uwagę dopuszczoną zgodnie z Eurokodem 7 metodą obserwacyjną, wprowadzono:

- dodatkowe repery na koronie palisady,
- codzienne pomiary geodezyjne przemieszczeń,
- ustalono progi dopuszczalnych przemieszczeń poziomych palisady: powiadomienia, alertu i alarmu.
- opracowano program prac ratunkowych polegających na wprowadzaniu dodatkowych zastrzałów stalowych już w następnym dniu po stwierdzeniu przekroczenia dopuszczalnych przemieszczeń palisady.

W rejonie oficyny na granicy z sąsiadem (od strony północnej) na etapie budowy ujawnił się dodatkowy problem. Okazało się, że istniejące kamienne ławy budynku sąsiedniego są posadzone bardzo płytko. Dlatego w ramach nadzoru autorskiego polecono wykonanie palisady z mikropali przy tych fundamentach. Co drugi pal zbrojono zbrojeniem sztywnym. Dodatkowo podparto mikropale w górnej części stalowym oczepem kotwionym do istniejącej zabudowy. Dzięki temu rozwiązaniu mikropale, utwierdzone w gruncie, uzyskały dodatkową podporę przegubową w poziomie korony.

Pozostawienie ściany frontowej i oficyny ograniczyło w znacznym stopniu



Rys. 8. Palisada VDW oraz dwa poziomy rozpór wykopu (Pracownia Inżynierska Czesław Hodurek)

teren placu budowy, projektant konstrukcji musiał rozwiązać szereg istotnych problemów związanych z realizacją. Należało zaprojektować dodatkowe posadowienie pod żuraw wieżowy, który został usytuowany na działce sąsiedniej. W tym celu wykonano fundament posadowiony na dodatkowych trzech palach VDW i palisadzie zabezpieczającej wykop.

Trzeba było reagować na pojawiające się trudności i nieprzewidziane przeszkody, jak np. wystające z sąsiedniej posesji kolumny „jet-grouting” lub odkryte pozostałości starej zabudowy utrudniające prowadzenie robót.

Maksymalne pomierzone przemieszczenie pionowe (osiadanie) zabudowy sąsiedniej wynosiło – 5,83 mm, co jest wartością mniejszą od dopuszczalnej, tj. od 7 mm. Maksymalne przemieszczenie poziome ściany frontowej wyniosło 21 mm, co jest wartością mniejszą od dopuszczalnej, równej 1/500 wysokości ściany, czyli 32 mm. Maksymalne przemieszczenie poziome korony palisady (po usunięciu rozpór poziomych w poziomie –1) wyniosło 12 mm, co jest wartością mniejszą od wartości dopuszczalnej 25 mm.

Założone poziomy alertu i alarmu oraz stan graniczny użytkowalności nie zostały przekroczone. Należy podkreślić, że rzeczywiste osiadania zabudowy sąsiedniej były mniejsze od określonych w dokumentacji projektowej. Osiągnięto to dzięki staranności wykonania robót.

Podsumowanie

Wykonawstwo robót wymagało ścisłej współpracy wszystkich uczestników procesu budowlanego: inwestora (Stalpro-

dukt SA), architekta (ABP s.c. *T. Póichtopek, M. Stępień*), autorów projektu konstrukcyjnego, generalnego wykonawcy (Re-Bau sp. z o.o.) oraz podwykonawców specjalistycznych robót inżynierskich. Efektem było m.in. to, że sąsiednia zabudowa została nienaruszona, wykonanie stropu nad poziomem –1 (w poziomie terenu) zwierciłyło najtrudniejszy etap budowy.

Obecnie (maj 2017 r.) prace są prowadzone na poziomie 0. Z pomiarów wynika, że stany graniczne w zakresie przemieszczeń sąsiedniej zabudowy nie

zostały przekroczone, co świadczy o tym, że wykonane zabezpieczenie wykopu spełniło swoje zadanie. Stalowe zabezpieczenie ściany frontowej będzie utrzymane do czasu wykonania stanu surowego budynku i stężenia tej ściany za pomocą stropów kondygnacji nadziemnych.

Ze względu na specyfikę zadania, ograniczony plac budowy, wymagania konserwatorskie oraz inne nieprzewidziane trudności wydłużył się czas realizacji części podziemnej. Dalsze prace powinny przebiegać bez większych komplikacji zgodnie z harmonogramem.

PIŚMIENNICTWO I WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [1] *Wysokiński L., Kotlicki W.*: Ochrona zabudowy w sąsiedztwie głębokich wykopów. Instrukcja ITB nr 376/2002. Warszawa 2002.
- [2] PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne.
- [3] *Lenduszek P.*: Dokumentacja geologiczno-inżynierska, luty 2010.
- [4] *Hodurek Cz.*: Ekspertyza konstrukcyjna dotycząca oddziaływania budynku wznoszonego przy ul. Kopernika 6 w Krakowie na sąsiednią zabudowę. Pracownia Inżynierska Czesław Hodurek, Kraków 2010.
- [5] *Hodurek Cz.*: Hotel Ferreus – projekt budowlany, projekt wykonawczy. Pracownia Inżynierska Czesław Hodurek, Kraków 2011–2016.
- [6] *Póichtopek T., Stępień M.*: Hotel Ferreus, projekt budowlany, projekt wykonawczy, architektura. ABP s.c., Kraków 2011–2016.
- [7] *Kowalski T.*: Projekt wykonawczy zabezpieczenia wykopu. ProKonGeo, Kraków 2016.
- [8] *Hodurek Cz.*: Ekspertyza konstrukcyjna o stanie technicznym zabudowy przy ul. Kopernika 6 w Krakowie. Pracownia Inżynierska Czesław Hodurek, Kraków 2010.