

Maria NIESOBSKA*

ZARYS ZAGROŻEŃ SPOWODOWANYCH ODWODNIENIEM BUDOWLANYM NA TERENACH ZURBANIZOWANYCH

Współcześnie rozwój techniczny prowadzonych prac budowlanych pozwala na wykonanie ich w krótszym czasie oraz na coraz większych głębokościach. Jednym z rozwijających się rodzajów robót budowlanych są odwodnienia wykopów. Podczas prac odwodnieniowych należy umiejętnie obniżyć zwierciadło wód gruntowych oraz odpowiednio zabezpieczyć wykop, uwzględniając przy tym problemy i zagrożenia mogące się pojawić. W pracy przedstawiono problematykę, zagrożenia i złożoność wielu zagadnień występujących podczas wykonywania odwodnień wykopów budowlanych. Z powodu obszerności tematyki, zostały wymienione najczęściej pojawiające się zagrożenia oraz przeanalizowano problemy pojawiające się w pracach odwodnieniowych na przykładzie przebudowy Hali Stulecia we Wrocławiu.

1. WSTĘP I CEL PRACY

Aktualnie prace budowlane wykonywane są w coraz to trudniejszych warunkach. Spowodowane jest to głównie ograniczoną powierzchnią terenów pod inwestycje na terenach zurbanizowanych. Wyzwaniem dla współczesnych inżynierów jest wybudowanie obiektów tam, gdzie dotychczas było to niemożliwe lub bardzo trudne i kosztowne. Obecnie dzięki postępowi technicznemu i nowatorskim rozwiązaniom inżynierskim, próbuje się maksymalnie skrócić czas realizacji inwestycji oraz obniżyć jej koszty.

Przy wykonywaniu robót inżynierskich, takich jak posadowienie budowli, rurociągów, fundamentów budynków poniżej naturalnego zwierciadła wody gruntowej zachodzi konieczność, na czas prowadzonych robót budowlanych, obniżenia zwierciadła wody gruntowej i odwodnienia wykopu. Odwodnienia wykopów głównie polegają na wywołaniu depresji zwierciadła wody gruntowej do określonej głębokości

* Politechnika Wroclawska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

i utrzymaniu tego zwierciadła na czas wykonywania robót. Jednakże właściwe wykonanie odwodnienia na terenach zurbanizowanych wiąże się nie tylko z obniżeniem zwierciadła wody do wymaganego poziomu w sposób bezpieczny dla samej wznoszonej konstrukcji, ale również zminimalizowaniem negatywnego wpływu prac odwadniających na szeroko pojęte otoczenie inwestycji [5]. Wykonawca robót odwodnieniowych musi analizować szereg dodatkowych czynników, które należy brać pod uwagę.

Celem pracy jest ukazanie zagrożeń występujących podczas stosowania odwodnień budowlanych metodą igłofiltrów na terenach zurbanizowanych. Przedstawiono problemy napotkane podczas prac odwodnieniowych przykładzie przebudowy wnętrza Hali Stulecia we Wrocławiu oraz przedstawiono zagrożenia mogące się pojawić przy tego typu robotach.

2.ZAGROŻENIA WYSTĘPUJĄCE PODCZAS PRAC ODWODNIENIOWYCH

Roboty związane z obniżaniem poziomu wód gruntowych znacznie różnią się od większości innych robót budowlanych, często bowiem odwodnienie zaczyna się przed wszystkimi innymi pracami, a kończy dopiero z zakończeniem budowy. Odwodnienie wykopu warunkuje nie tylko postęp dalszych prac budowlanych, ale również sam ekonomiczny sukces całego przedsięwzięcia[2]. Wybrana metoda odwodnienia wykopu przede wszystkim musi zapewniać bezpieczeństwo i sprawne wykonanie robót budowlanych. Kolejnym ważnym aspektem jest minimalizacja kosztów wykonania odwodnienia – niestety w obecnych czasach jest ona bardzo często stawiana na pierwszym miejscu.

Podczas czasowego obniżenia zwierciadła wody, na obszarach objętych oddziaływaniem odwodnienia, mogą wystąpić następujące zagrożenia [3]:

- dogęszczenie szkieletu gruntowego, w wyniku czego występują osiadania podłoża gruntowego pod pobliskimi obiektami budowlanymi, co może skutkować m.in. spękaniem, osłabieniem konstrukcji, zarysowaniami tychże obiektów;
- osłabienie podłoża gruntowego w wyniku wtłaczania wód z odwodnienia wykopów (występuje przy tzw. zamkniętych systemach odwodnieniowych);
- pogorszenie się warunków siedliskowych roślinności, które często może prowadzić do niszczenia i usychania drzew, krzewów, itd.;
- naruszenie bilansu wodnego wód powierzchniowych, tj. starorzeczy, jezior, stawów, które może spowodować zanik w nich życia biologicznego, a nawet ich wysychanie;
- zaburzenia warunków eksploatacji lub całkowity zanik wody w innych ujęciach wód podziemnych;

- niekorzystne zmiany własności fizyko-chemicznych wód, które mogą być wywołane m.in. uruchomieniem dopływu zanieczyszczeń;
- różnego rodzaju zjawiska i procesy pojawiające się na obszarze prowadzenia robót ziemnych i fundamentowych, np. rozluźnienie szkieletu gruntowego, osunięcia skarp, wyparcie dna wykopu, sufozja.

Należy pamiętać, że głównym czynnikiem decydującym o bezpieczeństwie budowli podczas prowadzenia prac odwodnieniowych, jak i po ich zakończeniu, są warunki hydrogeologiczne i geotechniczne podłoża [4], na które człowiek nie ma wpływu. Jednak dzięki przygotowaniu odpowiedniego projektu wykonawczego i dokumentacji projektowej uwzględniającej warunki hydrogeologiczne, a następnie wykonaniu właściwych czynności podczas robót odwodnieniowych, możliwe jest zapewnienie bezpieczeństwa podczas robót ziemnych i fundamentowych oraz zminimalizowanie niekorzystnego wpływu odwodnienia na otoczenie.

Oddziaływania wykopu i jego odwodnienia na otoczenie można podzielić na naturalne i technologiczne [2]. Oddziaływania naturalne zależą głównie od warunków geotechnicznych (geologia terenu, parametry gruntowe: odkształceniowe i wytrzymałościowe, poziom i charakter występowania wody gruntowej, wartość początkowej składowej poziomej naprężenia w podłożu) oraz parametrów konstrukcji. Natomiast oddziaływania technologiczne uwarunkowane są rodzajem obudowy wykopu, technologią głębienia wykopu, starannością wykonania prac, drganiem o różnym źródle pochodzenia, technologią i czasem obniżenia zwierciadła wody gruntowej oraz wzmocnieniem podłoża pod fundamentami istniejących budynków w okolicach budowy.

Podstawowymi zagadnieniami przy projektowaniu, na które inżynierowie powinni zwrócić uwagę oceniając wpływ odwodnienia budowlanego na otoczenie są: prawidłowe obliczenia zasięgu oddziaływania odwodnienia oraz identyfikacja wszystkich możliwych zagrożeń mogących wystąpić na obszarze objętym oddziaływaniem odwodnienia, spowodowanych czasowym obniżeniem zwierciadła wody gruntowej.

3. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAWCZEGO

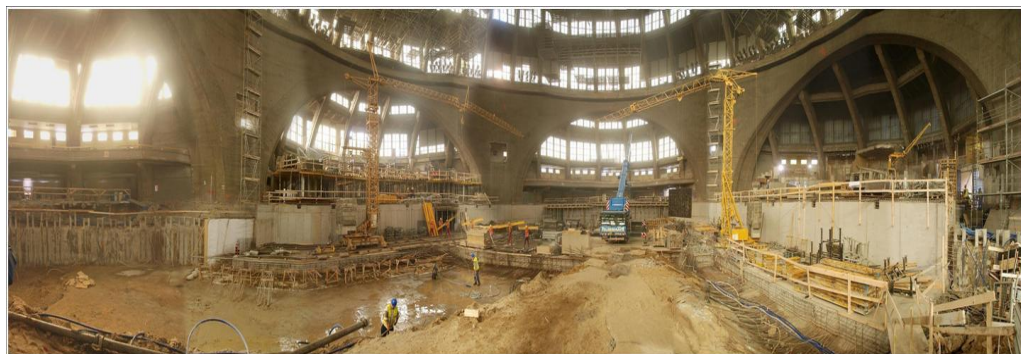
Generalny remont wnętrza Hali Stulecia został przeprowadzony w terminie styczeń–wrzesień 2011 r. Inwestycji nadano nazwę: „Hala Stulecia we Wrocławiu – Centrum Innowacyjności w Architekturze i Budownictwie”. Remont ten miał za zadanie zrewitalizować wnętrze Hali Stulecia, które było w fatalnym stanie technicznym, a zaplecze nie odpowiadało wymogom organizowanych tam imprez. Projekt oparto na idei przywrócenia obiektowi wyglądu zgodnego z pierwotnym zamysłem Maxa Berga z 1910 r., przy jednoczesnym wyposażeniu w najnowsze urządzenia technologiczne. Koncepcję taką wykonała pracownia architektoniczna Chapman Tay-

lor we współpracy z lokalnym wrocławskim biurem Wrotech. Głównym wykonawcą było Katowickie Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego BUDUS S.A.

Przebudowa Hali Stulecia miała na celu m.in. [1]:

- przywrócenie pierwotnego poziomu wnętrza budynku;
- wymianę wszystkich instalacji i posadzek;
- generalną przebudowę kuluarów i zaplecza szatniowo-sanitarnego;
- całkowitą wymianę widowni i zwiększenie jej pojemności do 10 000 widzów; stworzenie centrum edukacyjno-rekreacyjnego dla zwiedzających.

Zwiększenie liczby miejsc siedzących widowni do 10 tys. osób miano uzyskać dzięki mechanizmowi hydraulicznie opuszczanej podłogi. W tym celu wyburzono żelbetowe trybuny i zlikwidowano nieckę płyty głównej z 1996 r. oraz przegłębiono posadzkę sali widowiskowej do poziomu -3,70 m (poziom -1). Pod posadzką kuluarów Hali wykonano kanał na instalacje wodno-kanalizacyjne i grzewcze. Nowoczesny teleskopowy mechanizm trybun po obniżeniu podłogi o 2,70 m miał umożliwić stworzenie dodatkowych 2224 miejsc, wysuwanych w razie potrzeby. Niestety ze względu na ograniczone środki finansowe nie udało się zamontować urządzeń z mechanizmami ruchomej podłogi. Jednak obiekt pod względem technicznym jest przygotowany, aby w przyszłości zrealizować elementy tego wyposażenia.



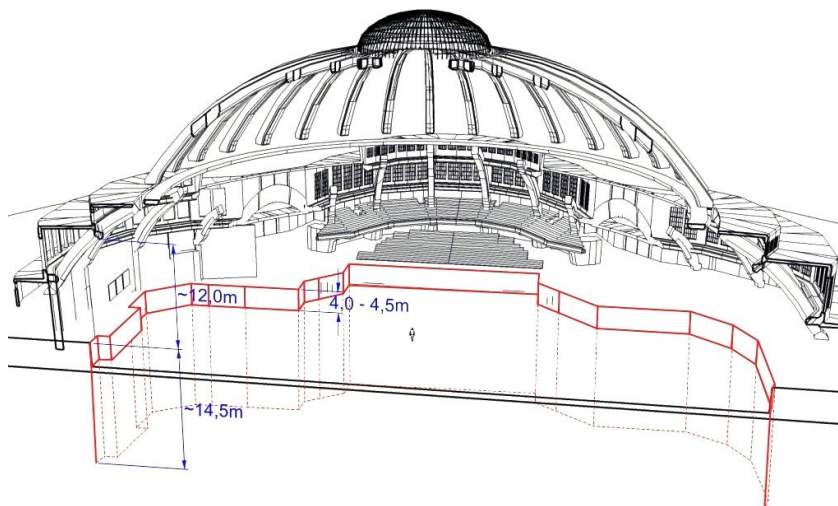
Rys. 1. Instalacja igłofiltrowa we wnętrzu Hali Stulecia (zdjęcie własne)

Podstawowym założeniem projektu renowacji wnętrza hali było zachowanie autentyczności użytych pierwotnie materiałów budowlanych przez zastosowanie technologii naprawczych utrzymujących zabytkowy charakter obiektu [7].

4. PROBLEMY I ZAGROŻENIA WYSTĘPUJĄCE PODCZAS ODWODNIENIA WYKOPU WEWNĄTRZ HALI STULECIA

Projekt zakładał wykonanie wewnątrz hali kilkumetrowego wykopu poniżej istniejącego zwierciadła wody gruntowej, co wiązało się z wykonaniem odwodnienia, które stanowiło duże zagrożenie dla samej konstrukcji budynku. Zastosowanie klasycznego odwodnienia wykopów wywołałoby wytworzenie ogromnego leja depresji, co w konsekwencji prowadziło do uszkodzeń otaczającej inwestycję infrastruktury, jak i możliwości szkód samego budynku hali. Maksymalnie zatem ograniczono wpływ prowadzenia odwodnienia na otoczenie inwestycji poprzez obudowę wykopu i wykonanie odwodnienia metodą igłofiltrów.

Ściankę szczelną wewnątrz hali wykonano za pomocą wspornikowej palisady betonowej z kolumn DSM (Deep Soil Mixing) oraz kolumn Soilcrete. Technologia ta zakładała wykonanie zbrojonych stalowymi profilami pali DSM naprzemiennie z kolumnami Soilcrete (formowanymi w wyniku mieszania w trakcie wiercenia gruntu rodzimego z zaczynem cementowym). Pale DSM były elementami nośnymi i uszczelniającymi. Palisadę tę dogłębiono do warstwy nieprzepuszczalnej występującej na 11-14 m pod poziomem terenu (rys. 2).

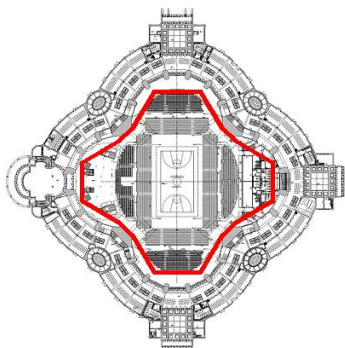


Rys. 2. Warunki realizacji palisady i odwodnienia na badanym obiekcie [1, 6].

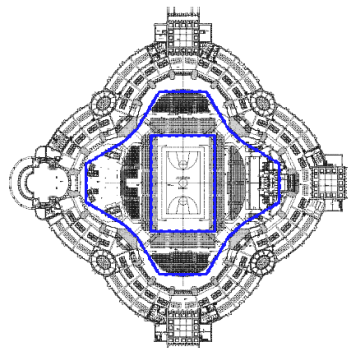
Ścianka miała za zadanie zabezpieczenie ścian wykopu oraz stworzenie przesłony przeciwfiltracyjnej, uniemożliwiającej przepływ wody do wykopu [6]. Specyfika prowadzonych robót wewnątrz istniejącego zabytkowego obiektu, wpisanego na listę

UNESCO, wymusiła zastosowanie metody wykonania ścianki szczelnej metodą gwarantującą możliwie minimalny wpływ na uszkodzenie konstrukcji Hali.

Zakładaną rolą instalacji odwadniającej miało być jedynie odpompowanie wody statycznej zalegającej w wykopie otoczonym szczelną palisadą (rys. 3) i ewentualne pompowanie niedużych ilości wody filtrującej przez nieszczelności do wykopu, co teoretycznie nie stanowiło dużych trudności. Odwodnienie miało być wykonane za pomocą kilku studni poprzez wypompowanie wody do zakładanego poziomu oraz pozostawienie części instalacji do przechwytywania ewentualnych, niedużych przecieków. Natomiast kolumny Soilcrete pełniły funkcję uszczelniającą i wypełniającą [6]. Takie rozwiązanie gwarantowało ograniczenie do minimum wibracji i wstrząsów, które mogłyby przenieść się na konstrukcję hali w przypadku wykonania ścianki przy użyciu wibromłotów.



Rys. 3. Schemat obudowy wykopu ścianką szczelną (rysunek własny).



Rys. 4. Schemat odwodnienia wykopu metodą igłofiltrów (rysunek własny).

Na podstawie wyników badań geologicznych określono teoretyczne zasoby wody w planowanym wykopie. Instalacja pompowa wyposażona była w wodomierze, dzięki którym zakładano oszacowanie ewentualnej filtracji przez palisadę. Dodatkowo wykonano kilkanaście piezometrów wewnątrz i na zewnątrz palisady. Monitorowały one zmiany poziomu zwierciadła wody wewnątrz palisady i informowały o ewentualnym ruchu wody na zewnątrz przegrody. Po pełnym zamknięciu palisady zostało wykonane próbne pompowanie, które w sposób miarodajny wykazało istotną filtrację przez palisadę (ilości pompowanej wody były znacznie większe niż wynikało to z wyliczeń ilości wody statycznej). Poza tym stwierdzono obniżenie zwierciadła wody w piezometrach na zewnątrz palisady, co potwierdziło jej nieszczelność i wywoływanie depresji na zewnątrz wykopu. W wyniku zaistniałej sytuacji zdecydowano się na odwodnienie wykopu metodą igłofiltrów. Igłofiltrówy rozmieszczono po wewnętrznym obwodzie palisady w celu uniknięcia perforacji płyty i gwarancji jej szczelności (rys. 4).

W celu ograniczenia zasięgu leja depresji pod fundamentami Hali Stulecia oraz zmniejszenia kosztów związanych z pompowaniem zwiększonych ilości wody, prace w wykopie podzielono na 5 etapów. Kolejno odwadniano poszczególne części, wykorzystując instalację igłofiltrową traconą (pozostającą na stałe w konstrukcji). Podczas odwadniania wykopu, w miejscach, gdzie płyta znajdowała się na wyższym poziomie, analizowano odczyty zwierciadła wody w piezometrach. Ich zróżnicowanie uwiarygodniło tezę o miejscowej nieszczelności palisady. Nieszczelności te nie były wynikiem błędów wykonawczych. Uniemożliwienie właściwego wykonania pali spowodowane mogło być występowaniem dużych głazów w warstwie pospółek. W celu dokładnego zlokalizowania występujących nieszczelności, zamontowano kilkadziesiąt dodatkowych piezometrów. Analizując poziom wody w piezometrach, określono najbardziej prawdopodobne miejsca występowania nieszczelności i zagęszczono w tym rejonie instalację igłofiltrową. Zabieg ten pozwolił na wykonanie całej płyty fundamentowej.

Kolejnym problemem było wykonanie dwóch przegłębień, w których zwierciadło wody należało obniżyć o następne 3 m poniżej wykonanej płyty. Kwestię tę rozwiązano poprzez wykonanie lokalnej instalacji drugiego poziomu igłofiltrów oraz prefabrykację elementów, które pierwotnie miały być wykonane w wykopie. Podczas miejscowego refulowania drugiego poziomu igłofiltrów, zaobserwowano znaczną różnicę współczynnika filtracji. Zjawisko to charakteryzowało się tym, że woda w gruncie przepływała w większym stopniu w poziomie niż w pionie.

Aby uniezależnić się od przypadkowych wyłączeń napięcia na budowie, umieszczono dodatkowo agregaty prądotwórcze w celu utrzymania ciągłej pracy pomp. Odnotowano kilkukrotny brak prądu. Długotrwałe wyłączenie pomp mogłoby doprowadzić do znacznego podwyższenia się zwierciadła wody i możliwości podniesienia zazbrojonych chudych betonów, powodując ogromne straty finansowe.

Podczas wszystkich prac odwodnieniowych na badanym obiekcie zastosowano całodobowy monitoring całej instalacji wykorzystując system GPRS. Dzięki niemu możliwe było obserwowanie pracy pomp. O każdorazowej zmianie parametrów pracy pomp (podciśnienie, wydajność, przerwa w dostawie prądu itp.) system na bieżąco informował wykonawców odwodnienia drogą SMS.

Konstrukcja hali była monitorowana geodezyjne na wypadek osiadań i przemieszczeń pionowych. Wszelkie istniejące zarysowania na fundamentach były pod stałą kontrolą. Uzyskano to dzięki naklejeniu szklanych płytek na rysy – pęknięcie płytki informowałoby o ewentualnym powiększaniu się rys.

Występowanie znacznych ilości wód infiltrujących z koryta rzeki Odry do odwadnianego wykopu, spowodowało codzienną obserwację stanu wody w rzece. Informacje te przekazywane były przez RZGW (Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej). Wezbranie w rzece skutkowało zwiększeniem się infiltrujących wód do wykopu. W celu utrzymania wysokości zwierciadła wody gruntowej na stałym poziomie, zwiększono w tym czasie wydajność pomp.

Krytycznym okresem w pracach odwodnieniowych był okres, w którym nastąpiło wezbranie na rzece Odrze. Zagrozało to zniszczeniem wcześniej wykonanej płyty fundamentowej. Aby do tego nie dopuścić, wykorzystano wcześniej zamontowane dodatkowo igłofiltry (przed wylaniem płyty) i podłączono je do pracującej instalacji oraz uruchomiono rezerwowe pompy. Przez takie rozwiązanie zwiększono ilość wypompowywanej wody z wykopu.

Na badanym obiekcie nie zaobserwowano negatywnych zjawisk, które mogą wystąpić przy pracy odwodnień budowlanych.

5. PODSUMOWANIE

Zaprezentowane zagrożenia i problemy nie wyczerpują całego spektrum zagadnień jakie napotykamy projektując i wykonując odwodnienia wykopów w terenach zabudowanych. Przedstawiono jedynie główne zagrożenia, jakie napotykamy najczęściej podczas prac odwodnieniowych oraz problemy jakie napotkano przy wykonaniu odwodnienia na terenie Hali Stulecia.

Ważnym elementem prawidłowego wykonywania odwodnień wykopów budowlanych na terenach zurbanizowanych jest dokładny monitoring oraz szybkość reagowania na pojawiające się problemy. Wykonawcy sami muszą przewidywać i szybko rozwiązywać napotykaną przeszkodę w porozumieniu z projektantami. Od powodzenia prac odwodnieniowych bowiem zależy często powodzenie całej inwestycji.

Skuteczne obniżenie poziomu wód gruntowych nie zależy wyłącznie od teoretycznej wiedzy projektantów, ale w znacznym stopniu od wiedzy i praktycznego doświadczenia pracowników wykonujących to odwodnienie. Ważnym aspektem w odwadnianiu wykopów jest również odpowiedni dobór materiałów i sprzętu, a także ich niezawodność.

Określenie zagrożeń i oddziaływań danego odwodnienia nie jest łatwe, gdyż wartości parametrów gruntowych, wodnych itp., w czasie wykonywania odwodnienia zmieniają się i mimo stałego monitoringu są trudne do określenia. Z pewnością ważnym elementem dla tego typu inwestycji jest wykonanie odpowiedniego projektu, uwzględniającego zarówno panujące warunki, jak i mogące wystąpić w trakcie prac inne czynniki. Dobrze zaprojektowane odwodnienie wykopu, z zastosowaniem rozwiązań nowej generacji, to wiele korzyści – zarówno finansowych, technicznych, jak i związanych z bezpieczeństwem ludzi i konstrukcji.

Badania zrealizowano dzięki współpracy z firmą Hydroinżynieria z Olawy.

LITERATURA

- [1] Dokumentacja fotograficzna (wykonana przez firmę Hydroinżynieria, 2011), dokumentacja geotechniczna z badań warunków gruntowo-wodnych (wykonana przez firmę Keller Polska Sp. z o.o. i Budus S.A., 2010/2011) oraz dokumentacja projektowo– budowlana dot. rewitalizacji wnętrza Hali Stulecia we Wrocławiu (wykonana przez firmę Chapman Taylor i Wrotech, 2010).
- [2] NIESOBSKA M.: *Odwadnianie wykopów pod budowle związane z gospodarką wodno-ściekową*, praca magisterska, 2012.
- [3] OPECHOWSKI W., 2005: *Odwodnienia budowlane wykopów na przykładzie obiektów zrealizowanych w Warszawie*, XX Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Wiśła-Ustroń 1-4 marca 2005.
- [4] SOKOŁOWSKI J., ŻBIKOWSKI A.: *Odwodnienia budowlane i osiedlowe*, Warszawa, Wyd. SGGW, 1993.
- [5] SOLECKI T.: Projektowanie odwodnień budowlanych otworami wiertniczymi w warunkach ograniczonego dysponowania terenem na przykładzie budownictwa mieszkalnego, *Wiertnictwo nafta gaz*, zeszyt 2, 647-653, 2008.
- [6] Internet: <http://www.keller.com.pl/nasze-rozwiazania/79-nasze-rozwiazania/130-hala-stulecia>, 18.11.2013.
- [7] http://www.inzynierbudownictwa.pl/biznes,inwestycje,artykul,remont_hali_stulecia_,6310, 18.11.2013.

OUTLINE OF THREATS CAUSED BY DEHYDRATION IN URBAN AREAS

Currently, the technical development the construction works allows you to perform them in a shorter time and at ever greater depths of excavations. During dewatering work must be skillfully lower the groundwater level and to adequately protect excavation, taking into account the problems and risks which may arise. The paper presents problems, risks and complexity of many issues that occur during the execution of dewatering of excavations. Due to the voluminous theme are listed the most commonly emerging threats. author analyzed the problems in dewatering works on the example of the reconstruction of the Centennial Hall in Wrocław.