

# Fundamenty w zabudowie miejskiej poniżej poziomu wody gruntowej

Projektowanie oraz realizacja robót budowlanych poniżej poziomu wody gruntowej, ze szczególnym uwzględnieniem zabudowy miejskiej, jest zagadnieniem trudnym technicznie. Od inżyniera wymaga dużej wiedzy, który musi uwzględnić parcie gruntu i wody działające na części obiektów znajdujących się poniżej poziomu wody gruntowej

Obecność wody gruntowej często powoduje problemy przy realizacji robót ziemnych i przy wykonywaniu fundamentów oraz części budynków zagłębionych w podłożu. Nierzadko też komplikuje eksploatację obiektów. Stąd wynikają częste decyzje inwestorów zakładające możliwie płytkie posadowienie budynków (np. rezygnacja z piwnic w budownictwie jednorodzinny). Realizacja inwestycji budowlanych w zabudowie miejskiej rządzi się jednak odmiennymi regułami. Często koszt zakupu działki jest na tyle wysoki, że nieracjonalne wydawałoby się zrezygnowanie z możliwości zabudowy podziemnej, nawet w przypadku płytkiego poziomu wody gruntowej. Stąd często projektant stoi przed problemem doboru odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych oraz właściwej technologii prowadzenia robót. Nie można też zapominać o problemie realizacji prac w pobliżu innych budynków, a także ich wpływu (w szczególności leja depresji) na sąsiednie działki i budynki na nich zlokalizowane.

Przy realizacji robót ziemnych i fundamentów często wykonuje się tzw. suchy wykop. Polega on na doraźnym obniżeniu poziomu wody gruntowej, aby wykonanie robót było w ogóle możliwe.

Inżynierom budownictwa znana jest zasada, że poziom posadowienia nie powinien być niższy niż 0,5 m powyżej poziomu wody. Spełnienie tego warunku gwarantuje brak problemów związanych z wodą gruntową. Generalnie można uznać, że w budownictwie kubaturowym nie wykonuje się robót w wodzie, a ewentualne roboty poniżej jej poziomu piezometrycznego powinny być poprzedzone obniżeniem poziomu tej wody. Oprócz problemów związanych z szeroko rozumianym odwodnieniem inżynier budownictwa musi również znać zagadnienia związane z przesłonami przeciwfiltracyjnymi, które ograniczają objętość odpompowywanych wód, a także stanowią zabezpieczenie przed niekorzystnymi zjawiskami związanymi z obecnością wody w gruncie oraz jej filtracją.

Prowadzenie robót poniżej poziomu wody gruntowej jest przesłanką nakazującą przyjęcie złożonych warunków gruntowych, co skutkuje występowaniem przynajmniej drugiej kategorii geotechnicznej. W takim przypadku prawidłowo wykonana dokumentacja projektowa będzie wymagać opracowania opinii geotechnicznej, dokumentacji badań podłoża gruntowego oraz dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, natomiast koncepcja posadowienia i rozwiązania w zakresie technologii prowadzenia robót powinny być opracowane na podstawie projektu geotechnicznego.

## ODDZIAŁYWANIE WODY NA OBIEKTY BUDOWLANE

Ośrodek gruntowy, w najczęściej stosowanych modelach, bywa traktowany jako dwuskładnikowy - tzn. składający się ze szkieletu gruntowego oraz wody całkowicie wypełniającej pory. Bardziej zaawansowane opisy traktują ten ośrodek jako trójskładnikowy, gdzie w części porów znajdują się pęcherzyki powietrza. W takim przypadku mówi się o gruntach nienasyconych, które jednakże aktualnie pozostają w sferze zaawansowanych analiz naukowych i bardzo rzadko są wykorzystywane w analizach inżynierskich. Obecność wody w ośrodku gruntowym powoduje występowanie ciśnienia wody w porach, które ma wpływ na składowe naprężeń w ośrodku gruntowym. Zjawisko to powoduje powstanie sił wyporu. Z punktu widzenia obiektów budowlanych, ważne jest przede wszystkim parcie wody na obiekty znajdujące się poniżej jej poziomu. Działa tutaj prawo Pascala mówiące o tym, że składowe ciśnienia wody w porach mają takie same wartości we wszystkich kierunkach - odmiennie niż w ośrodku gruntowym, gdzie składowe poziome zwykle są mniejsze od składowych pionowych tensora naprężenia. Jednakże są sytuacje (np. grunty silnie prekonsolidowane), gdzie sytuacja może być odwrotna. Powyższy stan może mieć duże znaczenie przy analizach nośności podłoża gruntowego pod fundamentami. W wykorzystywanych przez inżynierów metodach szacowania nośności (zarówno tych dostępnych w normach, jak i literaturze fachowej), powyższy problem jest najczęściej uwzględniany poprzez przyjęcie odpowiedniej wartości ciężaru objętościowego z uwzględnieniem wyporu wody.

Innym, bardzo poważnym problemem jest oddziaływanie parcia wody na elementy budynków znajdujących się poniżej zwierciadła wody. Parcie występuje przede wszystkim w zawodnionych gruntach niespoistych. Trzeba jednak zwrócić uwagę na ustalony poziom piezometryczny w przypadku występowania gruntów spoistych. Należy się liczyć z tym, że bardzo często występują przewarstwienia gruntów niespoistych wewnątrz glin lub łąw, przez co istnieje ryzyko pojawienia się wody nawet wtedy, gdy wg rozpoznania geotechnicznego nie powinno jej tam być. Jeżeli przy rozpoznawaniu podłoża geolog wskaże miejsca występowania sączeń wody, projektant i późniejszy wykonawca powinien założyć, że najprawdopodobniej woda później tam wystąpi. Znaczenie może mieć również zagospodarowanie wód opadowych na powierzchni terenu. Przy niewłaściwym jego rozwiązaniu, może również dochodzić do gromadzenia się wody powyżej poziomu posadowienia i powodować parcie wody na obiekt. Wartość parcia wody  $p$  zależy od głębokości poniżej poziomu zwierciadła wody  $h_w$  i wynosi:

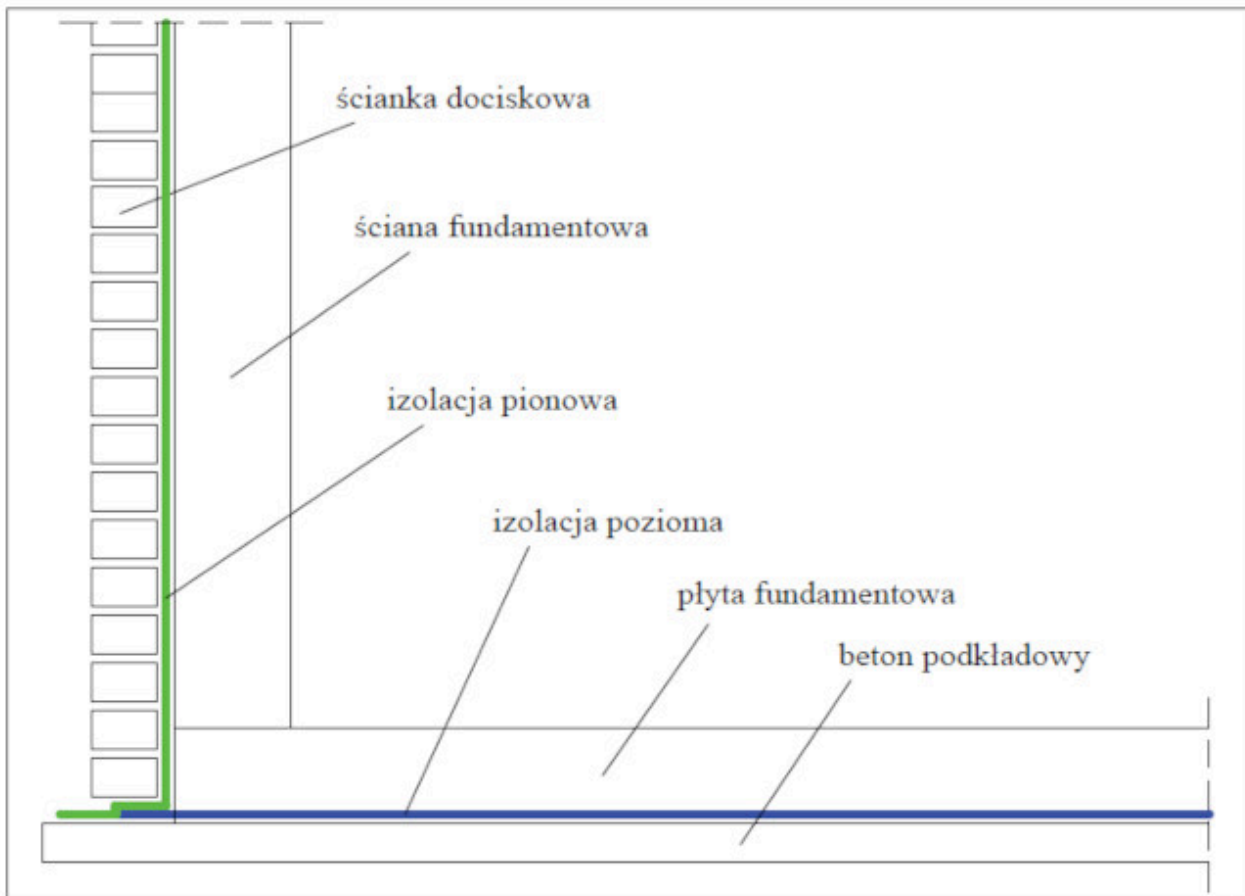
$$p = \gamma_w \cdot h_w$$

gdzie:

$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$  jest ciężarem objętościowym wody.

Parcie wody wywołuje powstanie konkretnych oddziaływań (naprężeń), które zebrane z określonej powierzchni mogą być traktowane jako siła zewnętrzna. Ona z kolei powoduje powstanie rzeczywistych sił wewnętrznych, na które należy zaprojektować element konstrukcyjny pracujący pod wodą. Nierzadko schemat statyczny konstrukcji sprawia, że parcie wody ma wpływ także na wyężenie elementów znajdujących się wyżej. W analizach statyczno-wytrzymałościowych należy również brać pod uwagę parcie wody od spodu, co ma szczególne znaczenie w przypadku lekkich części budynku (np. garaży poza częścią wysoką budynku). Przy dużym zagłębieniu posadowienia poniżej poziomu wody, może dojść do utraty stateczności części obiektu wskutek jego uniesienia, co bezpośrednio może spowodować poważną awarię. Parcie wody gruntowej jest jednym z oddziaływań ośrodka gruntowego na obiekt i winno być przedmiotem odpowiedniej analizy w projekcie geotechnicznym.

Oprócz oddziaływań mechanicznych, które powodują dodatkowe wyężenie konstrukcji, woda gruntowa może również destrukcyjnie oddziaływać na części budynków poprzez pogorszenie ich stanu, co przekłada się na warunki użytkowania (niespełnienie stanów granicznych użytkowalności) oraz przyspieszone zużycie. Mowa tutaj przede wszystkim o wilgoci, która migruje w materiałach budowlanych i w istotny sposób wpływa na komfort użytkowania. Dotyczy to głównie części zagłębionych poniżej poziomu wody, ale w przypadku braku izolacji poziomych ścian, również i kondygnacji wyższych. Większa wilgotność to także szybsze zużycie elementów, co może powodować konieczność częstszych i kosztownych remontów, a niekiedy doprowadzić nawet do szybszego zakończenia możliwości eksploatacji obiektu. Jest też ona szkodliwa dla zdrowia ludzi, a także destrukcyjnie wpływa na rzeczy znajdujące się w pomieszczeniach. W skrajnych przypadkach, przy braku szczelności izolacji, która najczęściej powstała z niedbałego wykonawstwa, może dojść do wniknięcia wody do obiektu i zalania pomieszczeń podziemnych. Często taką sytuację obserwuje się w wielu budynkach podczas powodzi, nawet wtedy, gdy woda nie zalała terenu przy budynku, tylko doszło do chwilowego wzrostu poziomu wody gruntowej. Jednakże większość z tych obiektów nie miała właściwych izolacji przeciwwodnych i wpływ wody do obiektów był ułatwiony. Gorzej, jeżeli powyższe zjawiska obserwuje się w budynkach, gdzie stosowne izolacje były zaprojektowane, a później wykonane. Trzeba jednak zwrócić uwagę na fakt, że błąd lub niedokładność w wykonawstwie niweczy możliwości, które dają nowoczesne materiały izolacyjne. Pojawienie się wody w najniższych kondygnacjach powoduje ogromne problemy. W pierwszej kolejności należy wypompować wodę nie narażając budynku (lub jego części) na utratę stateczności. Następnie konieczne jest dodatkowe uszczelnienie (z wnętrza pomieszczeń), co nierzadko bywa trudne technicznie i bardzo kosztowne. Wreszcie w kolejnym etapie można przystąpić do osuszania murów, po którym można wykonać remont. Często wskazane jest również wykonanie studni odwadniających, drenaży itp. umożliwiających redukcję parcia wody na obiekt.



Rys. 1. Schemat wykonania izolacji typu ciężkiego

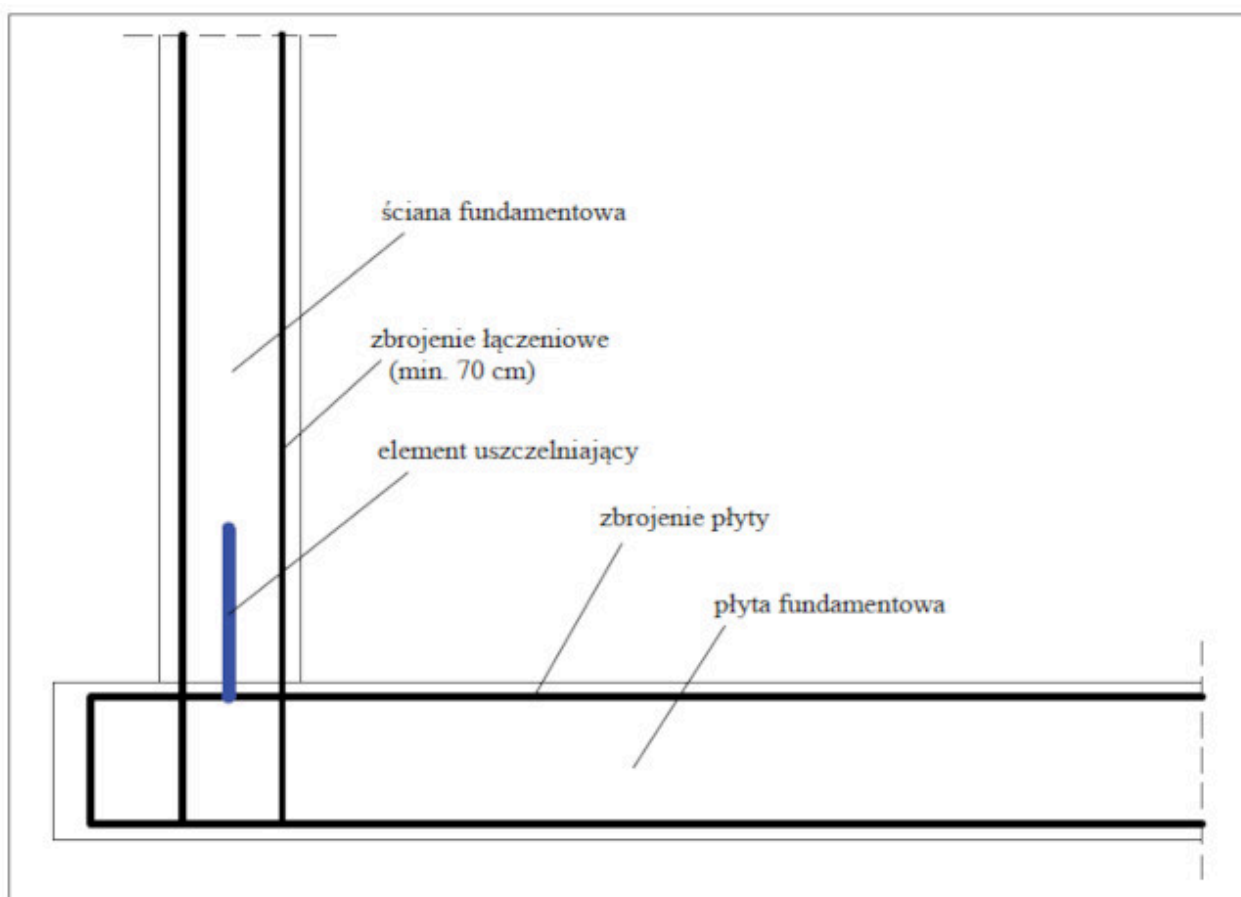
#### ROZWIĄZANIA TECHNICZNE I TECHNOLOGICZNE

Ogólnie znane zasady fundamentowania mówią, że poziom posadowienia powinien być nie niższy niż 0,5 m powyżej poziomu wody gruntowej. Wtedy uzyskuje się pewien zapas bezpieczeństwa, dzięki czemu w przypadku chwilowego wzrostu poziomu wody gruntowej (np. przy obfitych deszczach), dno wykopu pozostanie suche. Niekiedy uważa się, że wystarczająca różnica poziomów wynosi 0,3 m. Jednak w ostatnich latach można było zaobserwować na tyle mocne opady, że żadna wartość nie daje całkowitej pewności, że dno wykopu nie będzie naruszone. Powyższe zalecenie (w żadnym wypadku nie jest to warunek) w zasadzie wykluczałoby możliwość realizacji robót poniżej poziomu wykopu. Oczywiście w rzeczywistości można budować poniżej poziomu wody gruntowej, jednakże należy zapewnić doraźne (na czas robót budowlanych) skuteczne obniżenie poziomu tej wody, aby wcześniejsze zalecenie było spełnione. W budownictwie drogowym niekiedy wykonuje się roboty poniżej poziomu wody, np. wykorzystując technologię bagrowania. Podobne metody wykorzystywane są też w hydrotechnice lub budownictwie mostowym. W tej ostatniej branży dawniej były znane posadowienia na kesonach, co jednak przy ogromnych kosztach ich realizacji, a przede wszystkim niekorzystnym wpływie na zdrowie ludzi, nie jest już obecnie stosowane. Jednakże w budownictwie kubaturowym nie stosuje się podobnych technologii, a realizacja części podziemnej praktycznie zawsze powoduje konieczność obniżenia poziomu wody gruntowej. Po zakończeniu robót poziom wody może powrócić do stanu pierwotnego, co musi być uwzględnione w projekcie poprzez przyjęcie parcia wody na obiekt oraz właściwego rozwiązania problemu izolacji. Niekiedy stosuje się zmniejszenie parcia wody poprzez zastosowanie odpowiednich drenaży wokół obiektu. Można też zastosować inne rozwiązania, takie jak np. pompowanie wody spod płyty fundamentowej w specjalnie wykonanych studniach odprężających, które zmniejszają wartości jej parcia na konstrukcję. Tego typu rozwiązania jednakże rodzą określone trudności dla przeszłego zarządcy, a ponadto mogą być możliwe do zastosowania jedynie w przypadku niewielkiego zagłębienia dolnej części budynku pod wodą.

W przypadku, gdy na część obiektu budowlanego znajdującą się poniżej poziomu wody działa parcie wody, zachodzi konieczność zastosowania izolacji typu ciężkiego. Tylko tego typu izolacja jest w stanie przejąć

parcia wody. Izolacje typu lekkiego i średniego mogą jedynie stanowić barierę dla migracji wilgoci, natomiast przy parciu wody zwykle będą nieskuteczne. Izolacja typu ciężkiego winna się składać z odpowiedniej liczby pojedynczych warstw materiału izolacyjnego, który będzie w stanie stanowić skuteczną barierę dla określonej wartości parcia wody. Nowoczesne materiały umożliwiają zastosowanie jednej warstwy – zgodnie z właściwościami deklarowanymi przez producenta na podstawie stosownych badań. Wykonana izolacja powinna się ponadto składać z elementów dociskowych (warstwa chudego betonu oraz dodatkowa ściana zapewniająca docisk), które będą stanowić gwarancję prawidłowej pracy izolacji poddanej działaniu ciśnienia wody, a także zapewnią jej długą trwałość (rys. 1).

Rozwiązanie z rys. 1 należy zaliczyć do tradycyjnych metod stosowanych w budownictwie. Obecnie mamy do czynienia z wykonywaniem kondygnacji podziemnych na większych głębokościach poniżej poziomu wody, a przede wszystkim zachodzi konieczność szybszej realizacji robót budowlanych. Stąd potrzeba stosowania bardziej nowoczesnych technologii, które będą w stanie zapewnić przejście parcia wody i zachowanie szczelności. Jedną z popularnych metod jest tzw. system białej wanny. Zakłada on wykorzystanie betonu wodoszczelnego klasy min. W8. Zasada wykonywania tego rodzaju konstrukcji przyjmuje układanie betonu podzielonego na określone etapy (takty), zapewniające wystąpienie odcinków kontrolowanych pęknięć, w których stosuje się dodatkowe elementy uszczelniające. W betonie wodoszczelnym dodatkowo ogranicza się rozwartość rys (najczęściej do 0,2 mm). Największym wyzwaniem przy tej technologii jest właściwe wykonanie dylatacji oraz uszczelnienie przejść instalacyjnych. Często mały błąd wykonawczy powoduje brak szczelności, która poważnie utrudnia lub niekiedy wręcz uniemożliwia korzystanie z części budynku znajdującego się poniżej poziomu wody.



Rys. 2. System tzw. białej wanny

Projektant ma również do dyspozycji wiele innych technologii wykonania części budynków na stałe poddanych oddziaływaniu wody. Bardzo często i chętnie stosowaną metodą jest wykonanie ścian szczelinowych, które sprawdzają się przede wszystkim w gęstej zabudowie miejskiej. Oprócz możliwości przejścia parcia wody, ściany te stanowią zabezpieczenie wykopu na czas wykonywania części podziemnych. Nierzadko głębokość robót jest tak duża, że zachodzi konieczność zastosowania

dotychczasowych zakotwień lub rozparć. Najczęściej zabudowywana jest na tyle duża część działki, że zastosowanie kotew jest wykluczone ze względu na brak możliwości wykonywania robót poza terenem inwestora. Sytuacja taka zachodzi w szczególności, gdy budynki wykonywane są tuż obok siebie. Stąd najczęściej stosowanym rozwiązaniem są rozparcia poprzez stropy kondygnacji podziemnych. Nie wolno też zapominać o rozparciach tymczasowych na etapie robót ziemnych, co wymaga zaprojektowania odpowiedniego harmonogramu robót. Wymusza to wykonywanie przez projektanta obliczeń na każdym etapie robót (kolejne etapy wykopów, nowy schemat konstrukcyjny po każdym nowym rozparciu itp.), co jest cechą charakterystyczną przy projektowaniu konstrukcji podziemnych pełniących również funkcję konstrukcji oporowych i zabezpieczających wykop.

Podobną rolę mogą również pełnić palisady z pali lub kolumn gruntowo-cementowych (np. technologie jet-grouting lub DSM) wykonywanych jeden przy drugim. W takim przypadku kluczową sprawą staje się szczelność palisady. Aby ją zapewnić należy zastosować rozstaw osiowy pali lub kolumn tak, aby przyjęta średnica zapewniała brak szczelin przy odchyłkach uzyskiwanych przez wykonawcę robót. Prawidłowo wykonany projekt powinien również zakładać inspekcję konstrukcji po jej wykonaniu oraz ewentualne późniejsze uszczelnienie. Palisady z kolumn lub pali z reguły bywają tańsze, a także często są jedyną możliwą do zastosowania technologią realizacji robót ze względu na brak miejsca w przypadku np. gęstej zabudowy miejskiej. Z drugiej strony wykonanie palisady najczęściej trwa zdecydowanie dłużej. W przypadku dużej głębokości wykonywania robót konieczne staje się zastosowanie zakotwień lub rozparć, podobnie jak przy innych konstrukcjach oporowych.

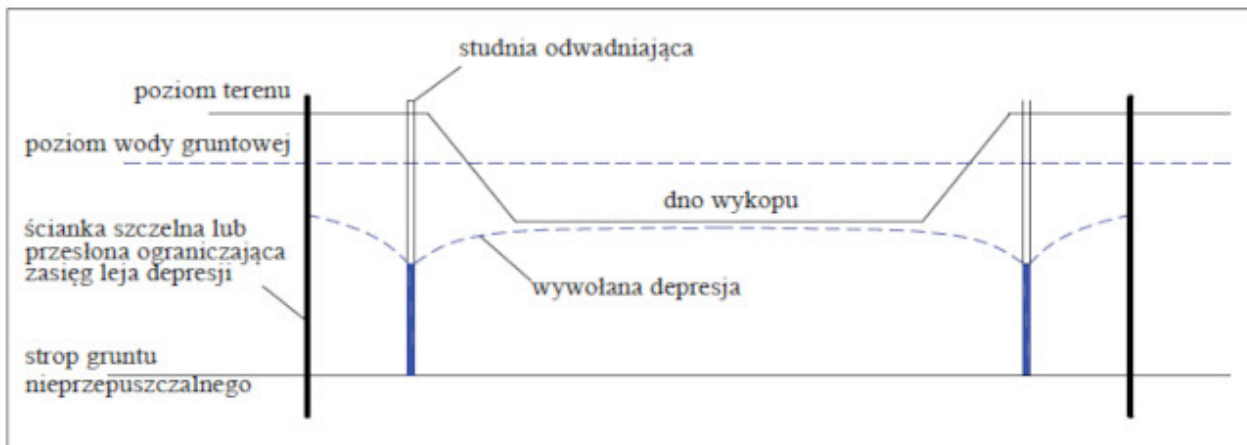
Kolejną technologią pozwalającą na wykonanie konstrukcji przejmującej parcie gruntu i wody gruntowej oraz ułatwiającej uzyskanie suchego wykopu są ścianki szczelne (Larsena). Obecnie na rynku jest dostępnych wiele typów stalowych brusów, które charakteryzują się różnymi charakterystykami wytrzymałościowo-odkształceniowymi, dzięki czemu możliwe jest dobranie odpowiedniego przekroju w zależności od potrzeb. Trzeba dodać, że podczas budowy obiektów miejskich, zastosowanie ścianek szczelnych jest powszechne. Prawie zawsze są one wykonywane jako konstrukcje tymczasowe, choć niekiedy można również spotkać tego typu rozwiązania jako elementy docelowe.

#### ZAGADNIENIA ZWIĄZANE Z ODWADNIANIEM TERENU

Jak już wspomniano wcześniej, w przypadku realizacji robót budowlanych poniżej poziomu wody gruntowej, konieczne jest doraźne obniżenie poziomu wody gruntowej. Definiując odwodnienie, należy wyraźnie rozróżnić odpompowywanie wody gromadzącej się na terenie placu budowy, w szczególności w wykopach, od obniżenia poziomu wody gruntowej. Usuwanie wody deszczowej odbywa się poprzez jej zebranie w najniższych punktach (w tzw. rzępiach) oraz odpompowanie jej przy użyciu pomp i instalacji odprowadzających wodę. Ważne jest, aby zrzut wody dokonywać w takim miejscu, by poprzez filtrację nie wracała ona na teren budowy. Najlepszymi rozwiązaniami w tym przypadku będą rowy odprowadzające wodę, jak również kanalizacje deszczowe. Każdorazowo należy uzyskać odpowiednie uzgodnienia pozwalające na wykorzystanie istniejącej infrastruktury. Usuwanie wody atmosferycznej jest ważne z uwagi na ryzyko degradacji gruntów poddanych temu oddziaływaniu, w szczególności tworzące dno oraz skarpy wykopu. Konieczne trzeba jednak podkreślić, że poprzez pompowanie wody z dna wykopu nie ma możliwości obniżenia poziomu wody gruntowej. Ponadto takie działania mogą jedynie spowodować naruszenie dna i powierzchni skarp oraz wywołać utratę stateczności skarpy, co będzie stanowiło ogromne zagrożenie dla pobliskich budynków oraz elementów infrastruktury.

Obniżenie poziomu wody może być wykonane za pomocą studni, igłostudni lub igłofiltrów. Zasada obniżenia poziomu wody polega na tym, że studnie znajdujące się wzdłuż obwodu wykopu ściągają wodę w dół, powodując powstanie depresji, która pozwala na prowadzenie robót w warunkach suchego wykopu (rys. 3). Jednakże depresja obserwowana jest również na zewnątrz wykopu, tworząc lej. Zasięg tego leja zależy od właściwości filtracyjnych gruntów, w których obniża się poziom wody, i w przypadku pospółek lub żwirów może sięgać nawet kilkaset metrów od miejsca usytuowania studni. W takim przypadku oddziaływanie robót sięga poza granice działki. Wymagane jest wtedy pozwolenie wodnoprawne oraz stosowne uzgodnienia z właścicielami sąsiednich terenów. Dlatego też obecnie prawie zawsze ogranicza się zasięg leja depresji poprzez wykonanie przesłon przeciwnafiltracyjnych (ścianki szczelne, ściany szczelinowe, palisady), które zapewniają brak oddziaływań poza terenem działki inwestora. Ważne jest, aby przesłona

była doprowadzona do warstwy nieprzepuszczalnej i wprowadzenia w nią na długość co najmniej 1-2 m, co zabezpiecza przed filtracją wody poniżej przegrody i zdecydowanie zwiększa skuteczność prowadzenia odwodnienia.



Rys. 3. Zasada obniżenia poziomu wody studniami odwadniającymi

Obecnie coraz bardziej popularne stają technologie formowania przegród wykorzystujące mieszanie gruntów ze spoiwami. Przy projektowaniu tego rodzaju przesłon należy zwrócić uwagę na zawartość bentonitu. Jest on dodawany do różnego rodzaju spoiw (również zaczynów cementowych), aby zwiększyć szczelność przesłon. Z drugiej jednak strony obecność bentonitu mocno zmniejsza właściwości wytrzymałościowe uzyskiwanego gruntocementu, stąd materiał ten nie nadaje się do zastosowania przy budowie konstrukcji oporowych przenoszących duże parcia gruntu i wody.

Przy realizacji pompowania nie sposób nie zwrócić uwagi na fakt, że powoduje ono zmianę warunków wodnych w podłożu, a to z kolei inicjuje procesy filtracji w podłożu. Przy niefortunnym zbiegu okoliczności, może z tego powodu dojść do powstania niekorzystnych zjawisk, które mogą stanowić zagrożenie zarówno dla bezpośredniego sąsiedztwa robót, jak i znajdujących się w pobliżu obiektów. Pierwszym takim zjawiskiem jest przebicie hydrauliczne, które może wystąpić w trakcie wykopów w gruntach spoistych, przy napiętym zwierciadle wody gruntowej. Gdy ciężar gruntu ponad powierzchnię wody jest zbyt mały w porównaniu do parcia gruntu od spągu tej warstwy, może dojść do nagłego pojawienia się wody w wykopie po przebiciu pozostałego nadkładu gruntu. Powoduje to oczywiste zagrożenie bezpieczeństwa ludzi i maszyn w wykopie. Powstanie przebicia hydraulicznego należy zaliczyć do awarii budowlanej, a niekiedy może ono nawet spowodować katastrofę budowlaną. Podobne do przebicia hydraulicznego jest zjawisko kurzawki, które występuje w gruntach słabo przepuszczalnych (głównie pyłach piaszczystych, piaskach gliniastych lub piaskach pylastych). Przy kurzawce mamy do czynienia z gwałtownym wzrostem prędkości filtracji, która powoduje, że nośność dna wykopu staje się zerowa (obiekty znajdujące się na powierzchni dna nagle się zapadają). Tutaj trzeba dodać, że kurzawka to niebezpieczne zjawisko związane z filtracją wody. Kurzawka nie jest rodzajem gruntu ani nie określa jego stanu, jak wynikałoby z żargonu stosowanego niekiedy na placu budowy. Innego rodzaju zjawiskami są kolmatacja i sufozja. Obydwa związane są z wymywaniem przez filtrującą wodę drobnych cząstek gruntowych (głównie frakcji pylastych lub, przy większej prędkości filtracji, drobnych frakcji piaszczystych). Zjawisko kolmatacji to zapychanie porów gruntu cząstkami unoszonymi przez wodę. Może to powodować brak drożności drenaży i być powodem problemów przy odprowadzaniu wody. Z punktu widzenia bezpieczeństwa, dużo groźniejszym zjawiskiem jest sufozja, która oznacza wymywanie cząstek i drobnych ziaren. W ramach zwiększania się prędkości filtracji spowodowanej przez zwiększenie porowatości ośrodka (po usunięciu z niego wymytych cząstek), z czasem wymywane są coraz większe cząstki i ziarna. W skrajnej sytuacji może dojść do utraty nośności podłoża pod fundamentami sąsiednich obiektów. Z podobnych względów drenaże wokół budynków muszą być wykonane powyżej poziomu posadowienia, aby nie powstawało zagrożenie wymycia cząstek spod fundamentów.

#### PODSUMOWANIE

Projektowanie oraz wykonywanie fundamentów poniżej poziomu wody jest zagadnieniem trudnym

technicznie i wymaga dużej wiedzy od inżyniera. W szczególności musi on uwzględnić parcia gruntu i wody działające na części obiektów znajdujące się poniżej poziomu wody gruntowej, a przyjęte rozwiązania w zakresie wykorzystanych materiałów muszą gwarantować szczelność.

Właściwe zrealizowanie części znajdujących się pod wodą wymaga wykonania doraźnego (na czas robót ziemnych i wykonania części podziemnych) obniżenia poziomu wody gruntowej. Odbywa się ono za pomocą studni (czasami igłostudni lub igłofiltrów – w zależności od rodzaju gruntów), a zasięg występowania powstałego wtedy leja depresji ograniczany jest poprzez realizację ścianek szczelnych lub innego rodzaju przesłon przeciwfiltracyjnych.

Często konstrukcje budowlane znajdujące się poniżej poziomu wody mają za zadanie zarówno stanowić ściany dolnych kondygnacji, jak i zapewniać zabezpieczenie wykopu na etapie budowy. Stąd nierzadko wykorzystuje się do tych celów ściany szczelinowe lub palisady z pali, lub kolumn grunto-cementowych.

Ważnym aspektem przy realizacji budynków w gęstej zabudowie miejskiej jest problem rozparcia ścian zewnętrznych, które najczęściej zapewniają stropy dolnych kondygnacji. Wymaga to zastosowania odpowiedniej kolejności robót i przyjęcia właściwej technologii. Konieczne jest również wykonanie obliczeń na każdym etapie realizacji, co jest charakterystyczne dla tego typu realizacji. Zakotwienie zwykle nie może być zastosowane ze względu na bliską odległość sąsiednich działek.

dr inż. Marian Łupieżowiec  
Politechnika Śląska, Katedra Geotechniki i Dróg

Artykuł zamieszczony w „Przewodniku Projektanta” nr 3/2022

Członkowie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa mogą składać zamówienie na drukowane wydanie „Przewodnika Projektanta” nr 4/2022.

Zachęcamy członków PIIB do wypełnienia formularza zgłoszeniowego zamieszczonego na stronie [www.izbudujemy.pl/formularze/przewodnikprojektanta](http://www.izbudujemy.pl/formularze/przewodnikprojektanta)

W kolejnym wydaniu „Przewodnika Projektanta” będziemy poruszać m.in. tematy związane z wymiarowaniem systemu zagospodarowania wody deszczowej, ugięcia belek wraz z aspektami reologii, oświetleniem ewakuacyjnym oraz dotyczące akustyki w obiektach służby zdrowia. Kontynuujemy cykl artykułów dotyczących BIM, a także będą zamieszczone artykuły prawne.



#### NORMY

N1. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dn. 27 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz.U. z 2012 r., poz. 463).

N2. PN-81/B-03020 Grunty budowlane – Posadowienie bezpośrednie budowli – Obliczenia statyczne i projektowanie.N3.

PN-EN 1997-1: 2010 Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – cz. 1: Zasady ogólne.

N4. PN-EN 206+A2:2021-08 Beton – Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność.

#### LITERATURA

1. Pieczyrak J., Projektowanie budowlanych odwodnień podłoża gruntowego, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2020.
2. Pisarczyk S., Fundamentowanie dla inżynierów budownictwa wodnego, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2019.
3. Wiłun Z., Zarys Geotechniki, Wydawnictwo WKiŁ, Warszawa, 2005.

