

Wpływ współczesnych ruchów pionowych podłoża na niestabilność infrastruktury budowlano-drogowej

Leszek Józef Kaszubowski¹



Influence of contemporary vertical movements of the ground's surface on the instability of the civil engineering infrastructure. Prz. Geol., 62: 601–608.

A b s t r a c t. The author presents the results of the engineering-geological research carried out along of the Potulicka St. and Bohaterów Warszawy Ave. in Szczecin. The analysis relates to geological drillings and made soundings carried out using an SL and ZW. Additionally, author presents use of high resolution seismic research as example to recognize the influence of the present-day vertical movements the ground surface, which have a significant effect on the instability of many parts of the existing technical infrastructure. Seismic high-resolution research carried out by the aid of apparatus CS-5G-1, where the reflection method was used. In the field research, used range $Z = 50$ ms, allowing the penetration of seismic waves in the Quaternary deposits to a depth of 40 m below terrain level. Author presents example of seismic research in the area of flood embankments of the Chemical Plants in Police (Western Pomerania), which show the existence of present-day vertical movements of the ground surface and which of similar size and in the same way can have a real impact in many areas on the instability of the existing civil engineering infrastructure, and can contribute to serious accidents or even disasters. As shown of the engineering-geological research in the area of Potulicka Street and Bohaterów Warszawy Avenue in Szczecin and seismic investigations, contemporary vertical movements in the Western Pomerania have different average rate of displacement of geological layers from 5–10 mm / year.

Keywords: engineering-geological research, seismic research, CS-5G-1 apparatus, contemporary vertical movements the ground surface, uncompaction processes of soils

Prezentowane wyniki badań geologiczno-inżynierskich, przeprowadzonych w rejonie ul. Potulickiej i al. Bohaterów Warszawy 91 w Szczecinie, oraz przykład zastosowania badań sejsmicznych o wysokiej rozdzielczości mogą posłużyć do rozpoznawania istnienia współczesnych ruchów pionowych podłoża, mających wpływ na stabilność istniejącej infrastruktury budowlano-drogowej. Natura ruchów podłoża gruntowego nie jest jeszcze dobrze rozpoznana, ale należy przypuszczać, że ma to związek z przebiegiem współczesnych ruchów pionowych podłoża. Do tej pory, przy powstawaniu wszelkiego rodzaju awarii, czy nawet katastrof w infrastrukturze budowlano-drogowej przyczyny tych wydarzeń upatrywano najczęściej w złym wykonaniu prac, zastosowaniu niewłaściwych technologii, błędach konstrukcyjnych, lub w źle dobranym materiale. Mały procent przyczyn był wiązany ze sposobem funkcjonowania środowiska naturalnego, przeważnie ze złym rozpoznaniem budowy geologicznej. W wielu przypadkach nie brano pod uwagę współczesnych pionowych ruchów podłoża, które w pierwszej kolejności powodują rozgęszczanie gruntów, co w konsekwencji może prowadzić do bardzo poważnych szkód w istniejącej lub projektowanej w określonym miejscu infrastruktury budowlano-drogowej. W ostateczności, w wyniku dłuższego oddziaływania współczesnych ruchów pionowych w określonych miejscach podłoża mogą powstawać strefy bardzo rozgęszczonego gruntu, przyczyniające się do bardzo poważnych katastrof budowlanych i drogowych.

CEL PRACY

Celem pracy było wykazanie wpływu współczesnych pionowych ruchów podłoża na niestabilność istniejącej infrastruktury budowlano-drogowej. Przedstawiono również wpływ intensywności ruchów pionowych na nasilenie

procesu rozgęszczania środowiska gruntowego, prowadzącego w konsekwencji do powstania poważnych katastrof dróg, autostrad czy obiektów budowlanych.

MATERIAŁY I METODY

W celu analizy wpływu współczesnych pionowych ruchów podłoża na niestabilność infrastruktury budowlano-drogowej wykorzystano wyniki badań geologiczno-inżynierskich przeprowadzonych w rejonie ul. Potulickiej i al. Bohaterów Warszawy 91 w Szczecinie oraz, jako przykład, badania sejsmiczne wykonane na obszarze wałów przeciwpowodziowych Zakładów Chemicznych Police (ryc. 1), który nie nawiązuje bezpośrednio do tematu artykułu, ale pokazuje możliwości badawcze tej metody i powszechność występowania ruchów pionowych podłoża. Przeprowadzono badania sejsmiczne o wysokiej rozdzielczości, wykonane aparaturą sejsmiczną typu CS-5G-1, stosując metodę refleksyjną. W badaniach terenowych wykorzystano zakres pomiarowy $Z = 50$ ms, co pozwoliło na penetrację fal sejsmicznych utworów czwartorzędowych i ich podłoża do głębokości ok. 40 m p.p.t. Fale sejsmiczne były rejestrowane przez 6 geofonów, rozstawionych co 10 m. Podczas badań terenowych stosowano stałe wzmocnienie sygnałów sejsmicznych (72–78 dB). Długość pojedynczego profilu sejsmicznego (pojedynczej sekcji) wynosiła 50 m, a odstęp pomiędzy profilami – 40 m. Źródłem wzbudzenia fal sprężystych był młotek sejsmiczny.

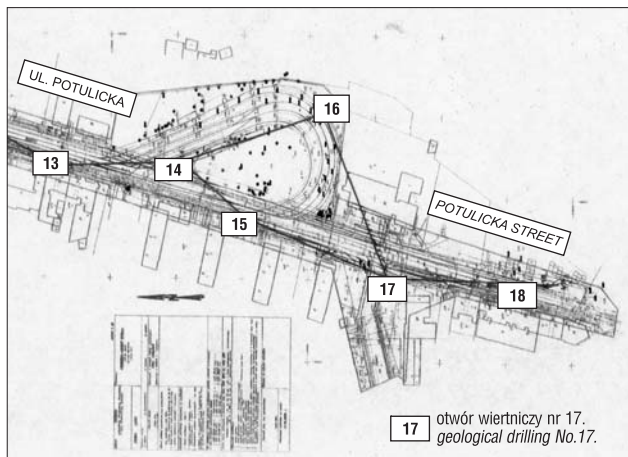
PRZEKRÓJ GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKI WZDŁUŻ UL. POTULICKIEJ W SZCZECINIE

Badania geologiczno-inżynierskie do celów przebudowy ul. Potulickiej w Szczecinie (ryc. 2) zostały przeprowadzone przez firmę ArtGeo (Ober, 2006), w ramach których

¹ Katedra Geotechniki, Zakład Geologii Inżynierskiej i Hydrogeologii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, al. Piastów 50, 70-310 Szczecin; kaszubowski@zut.edu.pl.



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań
 Fig. 1. Localization of study area



Ryc. 2. Lokalizacja wierceń geologiczno-inżynierskich wzdłuż ul. Potulickiej w Szczecinie wykonanych przez ArtGeo (Ober, 2006)

Fig. 2. Localization of engineering-geological drillings along the Potulicka Street in Szczecin, which were made by ArtGeo (Ober, 2006)

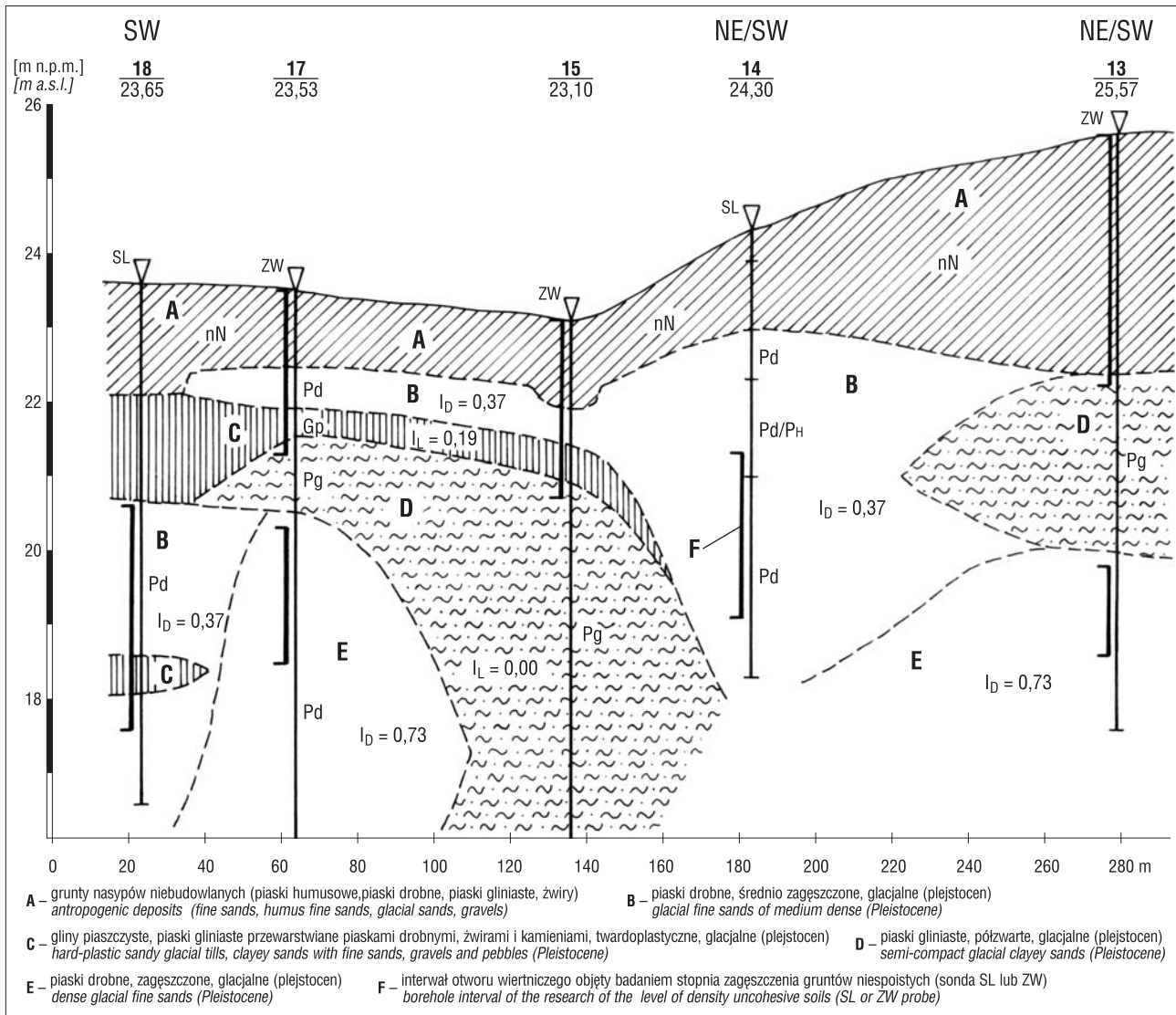
wykonano otwory geologiczne do głębokości 9 m p.p.t. oraz przeprowadzono badania stopnia zagęszczenia sondą SL lub sondą ZW. W związku z tym obliczono średnie wartości ID dla gruntów niespoistych oraz średnie wartości IL dla gruntów spoistych. Osady czwartorzędowe pod ul. Potulicką są reprezentowane przez piaski drobne glacialne plejstocenu, o miąższości od 0,8–7,0 m (ryc. 3). Piaski

drobne pod względem zagęszczenia należą do gruntów średnio zagęszczonych (B) na pograniczu z piaskami luźnymi (ID = 0,37) oraz, z warstwy (E), piasków zagęszczonych (ID = 0,73). Grunty spoiste są reprezentowane przez piaski gliniaste (D) glacialne plejstocenu, jako twardoplastyczne będące na pograniczu gruntów półzwarłych (IL = 0,00). Miąższość tych gruntów jest zmienna i wynosi 1,0–5,0 m (ryc. 3). Na piaskach gliniastych w niektórych miejscach leżą gliny piaszczyste (C) twardoplastyczne (IL = 0,19), o podobnej genezie i wieku jak poprzednio (ryc. 3). Miąższość tych gruntów waha się od 0,5 do 1,5 m. Górne partie są reprezentowane przez nasypy niebudowlane (A), składające się z piasków gliniastych, piasków drobnych, żwirów i materii humusowej (ryc. 3). Miąższość gruntów nasypowych waha się od 1,00 do 3,50 m.

Analizując szczegółowo budowę geologiczną osadów czwartorzędowych położonych pod ul. Potulicką w Szczecinie, autor doszedł do wniosku, że w rejonie otworów nr 15 i 18 występują strefy współczesnych ruchów pionowych (ryc. 4). Na zreinterpretowanym przekroju geologicznym wyznaczono dwie takie strefy (Z1 i Z2). Dowodem na istnienie wspomnianych ruchów pionowych jest zwiększona

miąższość gruntów nasypowych w obu analizowanych otworach wiertniczych, gdzie, wskutek tych ruchów gruntu, musiano uzupełniać nawierzchnię nasypową (ryc. 3).

Kolejnym ważnym dowodem na istnienie tutaj współczesnych ruchów pionowych są zróżnicowane wartości stopnia zagęszczenia ID warstwy piasków drobnych, które są tej samej genezy i tego samego wieku, a które pierwotnie posiadały te same cechy fizyko-mechaniczne (ryc. 3 i 4). W strefie ruchów pionowych Z2 (ryc. 4) cały czas dochodziło i obecnie dochodzi do procesu rozgęszczania występujących tam gruntów piaszczystych. Obecnie zmierzony stopień zagęszczenia wskazuje na grunty średnio zagęszczone, prawie na pograniczu gruntów luźnych (ID = 0,37), a obok, w rejonie sąsiedniego otworu nr 17, te same piaski drobne są już zagęszczone (ID = 0,73), wskazując na ówczesne warunki środowiska sedymentacyjnego (ryc. 3 i 4), tym bardziej, że wyżej położone piaski gliniaste i gliny piaszczyste świadczą o bezpośrednim kontakcie z pokrywą lodową, która oddziaływała na nie komprymująco. Ponadto wyraźnie zwiększona miąższość piasków gliniastych w otworze nr 15 (ryc. 3), nie potwierdzona w pozostałych otworach wiertniczych, wskazuje również na występowanie w tym miejscu ruchów pionowych (ryc. 4), które systematycznie zasysały grunty do nowo utworzonej tam struktury. Wiedząc, że grunty nasypowe zarówno w otworze nr 15, jak i nr 18 przemieściły się o 0,5 m, to biorąc pod uwagę okres ostatnich 100 lat, należy stwierdzić, że średnie tempo ruchów pionowych w tych rejonach osiągnęło wartość 5 mm/rok.



Ryc. 3. Przekrój geologiczno-inżynierski wzdłuż ul. Potulickiej w Szczecinie (materiały archiwalne firmy Energopol w Szczecinie; Ober, 2006)

Fig. 3. Engineering-geological cross-section along the Potulicka Street in Szczecin (Archival material of the Energopol in Szczecin; Ober, 2006)

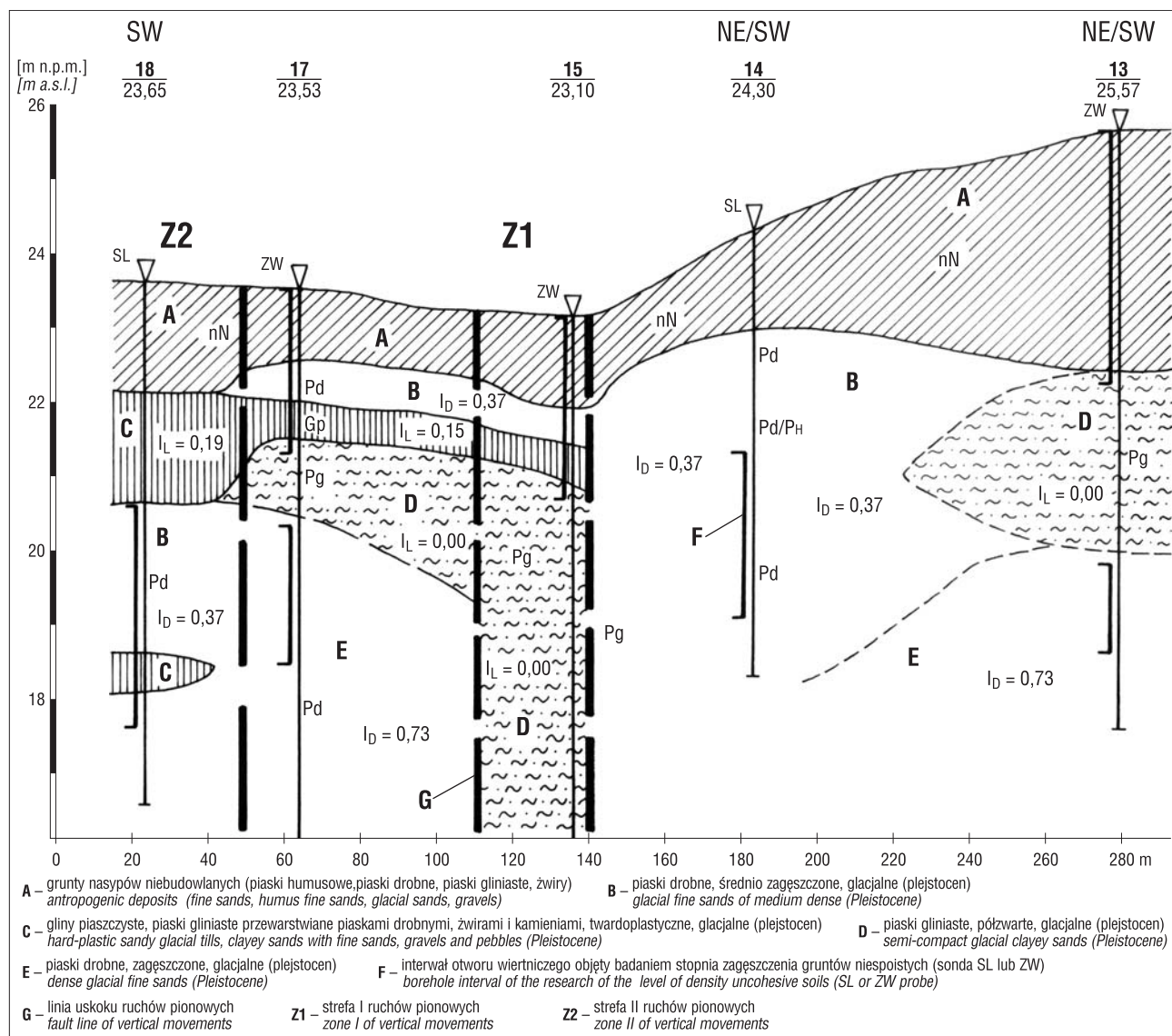
PRZEKRÓJ GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKI PRZY AL. BOHATERÓW WARSZAWY 91 W SZCZECINIE

Badania geologiczno-inżynierskie przy al. Bohaterów Warszawy 91 w Szczecinie zostały wykonane w celu zbadania warunków gruntowo-wodnych podłoża pod posadowienie budynku wielorodzinnego czterokondygnacyjnego SM „Politechnik” (Kaszubowski, 1988). Wykonano cztery otwory (otw. 1, 2, 3, 4) sprzętem mechanicznym do głębokości 6 m p.p.t. (ryc. 5) oraz dwa otwory (otw. 2a, 3a) przy użyciu sprzętu ręcznego do głębokości 4 m p.p.t. Obecnie, w celach naukowych wykonano wiercenie uzupełniające (otw. 1a) do głębokości 6 m p.p.m (ryc. 5). Ponadto wcześniej były wykonane badania stopnia zagęszczenia sondą SL (Kaszubowski, 1988).

Ukształtowanie terenu badanego podłoża gruntowego jest płaskie z łagodnym spadkiem w kierunku zachodnim i północno-zachodnim. Różnica poziomów w granicach wykonanych wierceń geologicznych nie przekracza 1 m, a średnia wysokość powierzchni działki wynosi 19,40 m

n.p.m. Budynek mieszkalny przy al. Bohaterów Warszawy 91, który został wybudowany w 1992 r. (ryc. 6), jest zlokalizowany w północnej części przy budynku wielokondygnacyjnym wybudowanym na początku XX w., w czasach niemieckich, a od strony południowej graniczy z budynkiem wielokondygnacyjnym wybudowanym po drugiej wojnie światowej w latach sześćdziesiątych.

Obszar badań, należący do terenów dzielnicy Turzyn, nie przedstawia jednolitej jednostki geomorfologicznej. Morenę denną przykrywającą tę część obszaru miejskiego wyznacza pas gruntów lodowcowych i glacialfluwalnych, częściowo wzajemnie przemieszanych. Grunty rodzime zalegające w podłożu gruntowym należy zaliczyć do utworów czwartorzędowych uformowanych w czasie działalności procesów glacialnych zlodowacenia wisły, fazy pomorskiej (Dobrcki, 1980). Spąg podłoża gruntowego budują gliny zwałowe reprezentowane przez gliny piaszczyste twaroplastyczne (D) należące do fazy pomorskiej zlodowacenia wisły, które nie zostały tutaj przewiercone (ryc. 7). Na uwagę zasługuje zróżnicowanie położenia stropu glin zwałowych od 4,0 do 5,2 m p.p.t. (ryc. 7). Wyżej



Ryc. 4. Autorska reinterpretacja przekroju geologiczno-inżynierskiego wzdłuż ul. Potulickiej w Szczecinie; na podstawie materiałów archiwalnych (Ober, 2006) firmy Energopol Szczecin

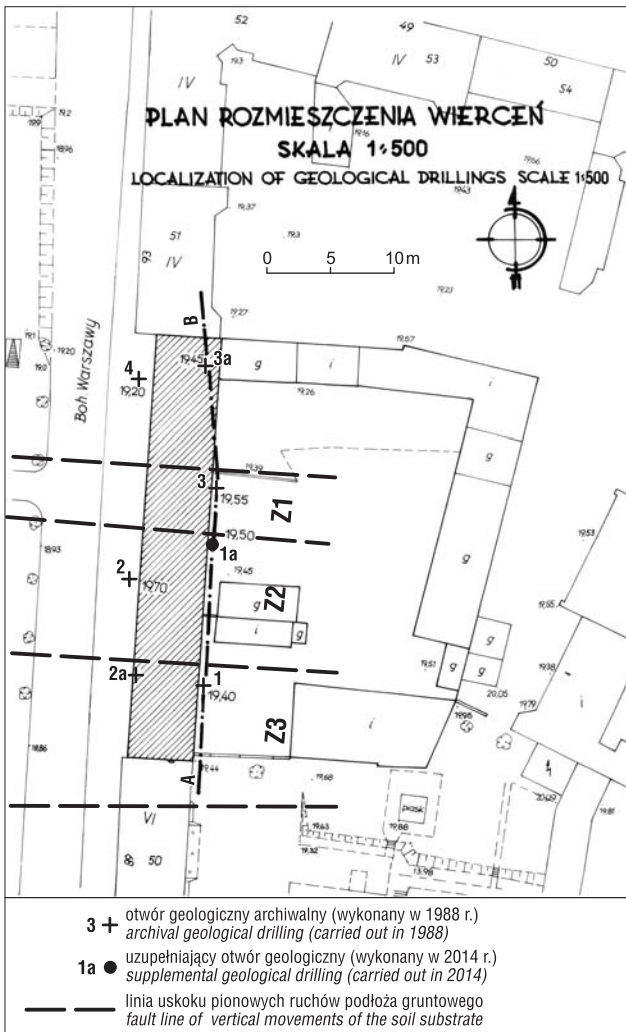
Fig. 4. Author's reinterpretation of engineering-geological cross-section along Potulicka Street in Szczecin; based on archival materials (Ober, 2006) of Energopol in Szczecin

zalegają piaski drobne glacialne (C) wilgotne, a poniżej poziomu wód gruntowych nawodnione, o miąższości 0,5–0,9 m, o niezbyt dużym stopniu zagęszczenia $I_D = 0,35 - 0,42$. Górne partie podłoża gruntowego budują grunty nasypów niebudowlanych, są to piaski drobne z materiałem organicznym i domieszką żużli (B), o miąższości 0,6–1,0 m, w dolnej części oraz nasyp gruzowo-ceglany (Kaszubowski, 1988), o różnym składzie mineralno-okruchowym i zmieniającym stopniu konsolidacji (A), w górnej części.

Jak wykazała analiza geologiczno-inżynierska (materiał archiwalny i aktualnie wykonany otwór uzupełniający 1a) podłoża gruntowego, na którym został usadowiony budynek czterokondygnacyjny SM „Politechnik” (ryc. 5 i 7), można wyznaczyć 3 strefy współczesnych ruchów pionowych powierzchni podłoża (Z1, Z2, Z3), wpływające w sposób negatywny na konstrukcję fundamentową obiektu. Powolny pionowy ruch gruntów został zauważony w rejonie otworów 3, 1a i 1 (ryc. 7). Natomiast fragment budynku, położony w rejonie otw. 3a, znajduje się na podłożu stabilnym geodynamicznie. Jest rzeczą bardzo

ciekawą, że w czasie wykonywanych wierzeń geologicznych w 1988 r., wzdłuż zachodniego obrysu istniejącego budynku, pomiędzy otw. 2 i 4 (ryc. 5), zauważono deniwelację powierzchni podłoża wynoszącą 0,5 m (rejon obecnej strefy Z1). Gdyby założyć, że obniżanie powierzchni podłoża gruntowego trwało systematycznie w tym miejscu od czasu wybudowania budynków wielokondygnacyjnych z początku XX w. (ostatnie 100 lat), to średnie tempo pionowych ruchów wynosiło 5 mm/rok. Natomiast, gdyby przyjąć, że wyrównana po II wojnie światowej powierzchnia analizowanego podłoża gruntowego w dalszym ciągu się obniżała, to średnie tempo pionowych ruchów w tym miejscu było jeszcze większe i wynosiło ok. 12 mm/rok.

O pionowych ruchach podłoża gruntowego świadczy zróżnicowane położenie stropu glin zwałowych (ryc. 7). W strefie stabilnej geodynamicznie (rejon otw. 3a) strop glin zwałowych zalega na głębokości 4,0 m p.p.t. Natomiast w strefie Z1 (ryc. 7), przylegającej bezpośrednio do obszaru stabilnego, gliny piaszczyste występują na głębokości 4,8 m p.p.t. Różnica poziomów 0,8 m pozwala

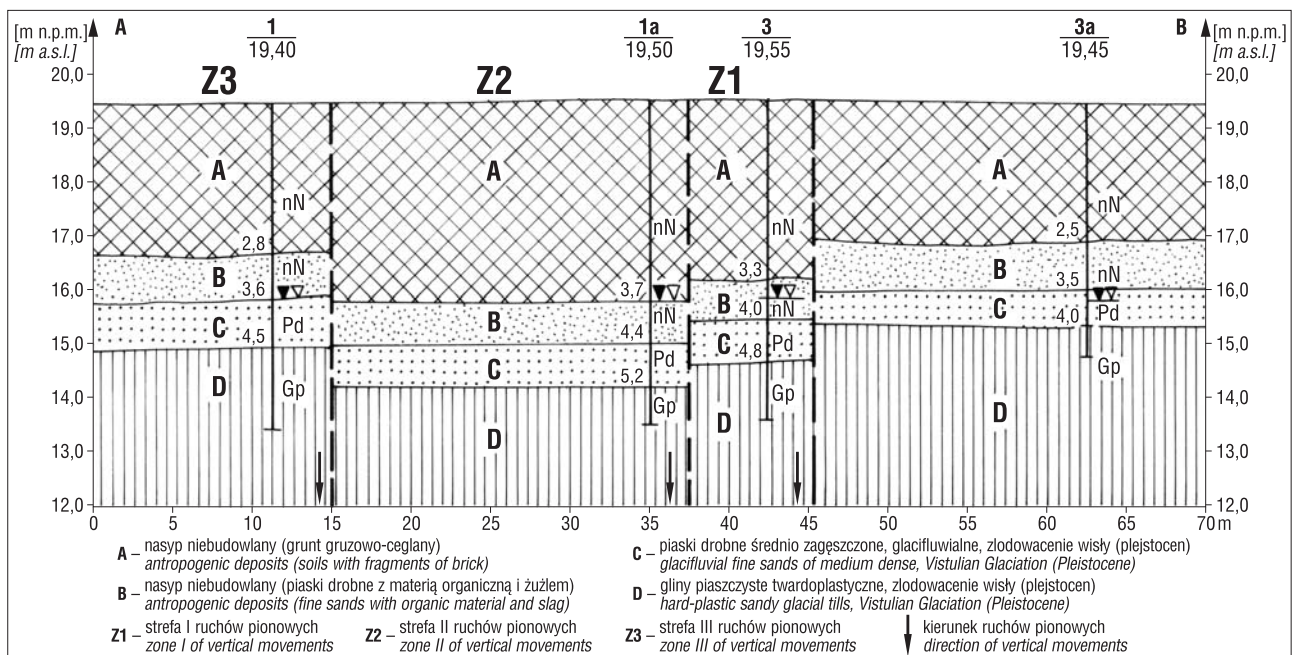


Ryc. 5. Położenie budynku przy al. Bohaterów Warszawy 91 w Szczecinie i rozmieszczenie otworów geologicznych
 Fig. 5. Localization of the building at Bohaterów Warszawy 91 Ave. and the geological drillings



Ryc. 6. Widok od strony wschodniej budynku mieszkalnego przy al. Bohaterów Warszawy 91 w Szczecinie. Linia uskoku pionowych ruchów podłoża gruntowego przebiega w rejonie trzeciej klatki schodowej (Strefa Z1). Fot. L. J. Kaszubowski (lato, 2014)
 Fig. 6. View from the eastern side of the building at Bohaterów Warszawy 91 in Szczecin. Fault line of vertical movements of the soil substrate passes near the third stairwell (Zone of Z1). Photo by L. J. Kaszubowski (summer, 2014)

sądzić, że w okresie 100 lat pionowe ruchy gruntu w tej strefie przemieszczają się średnio w tempie 8 mm/rok. Najgłębiej strop glin zwałowych zalega w strefie Z2 (ryc. 7) na głębokości 5,2 m p.p.t. Różnica poziomów analizowanych stropów w stosunku do obszaru stabilnego, wynosząc 1,2 m, sugeruje, że w okresie ostatnich 120 lat (rejon dodatkowego otworu 1a wykonany przez autora współcześnie) średnie tempo pionowych ruchów wynosi 10 mm/rok. Tak duże tempo pionowych ruchów podłoża gruntowego powoduje pęknięcie muru i fundamentu analizowanego budynku mieszkalnego (ryc. 8 i 9) w rejonie linii uskoku strefy Z2. Nawet nawierzchnia betonowa części parkingowej jest w tej strefie bardzo spękana (ryc. 10). Tak szybkie ruchy pionowe podłoża gruntowego w strefie Z2 powodują bardzo duże rozgęszczanie gruntów pod funda-



Ryc. 7. Przekrój geologiczno-inżynierski AB wzdłuż wschodniej strony budynku mieszkalnego przy al. Bohaterów Warszawy 91 w Szczecinie
 Fig. 7. Engineering-geological cross-section AB along the eastern side of the building at Bohaterów Warszawy 91 Ave. in Szczecin



Ryc. 8. Pęknięcie muru budynku mieszkalnego w rejonie linii uskoku strefy Z2. Fot. L. J. Kaszubowski (lato, 2014)
Fig. 8. Crack of the wall of a residential building in the area of the fault line zone Z2. Photo by L. J. Kaszubowski (summer, 2014)



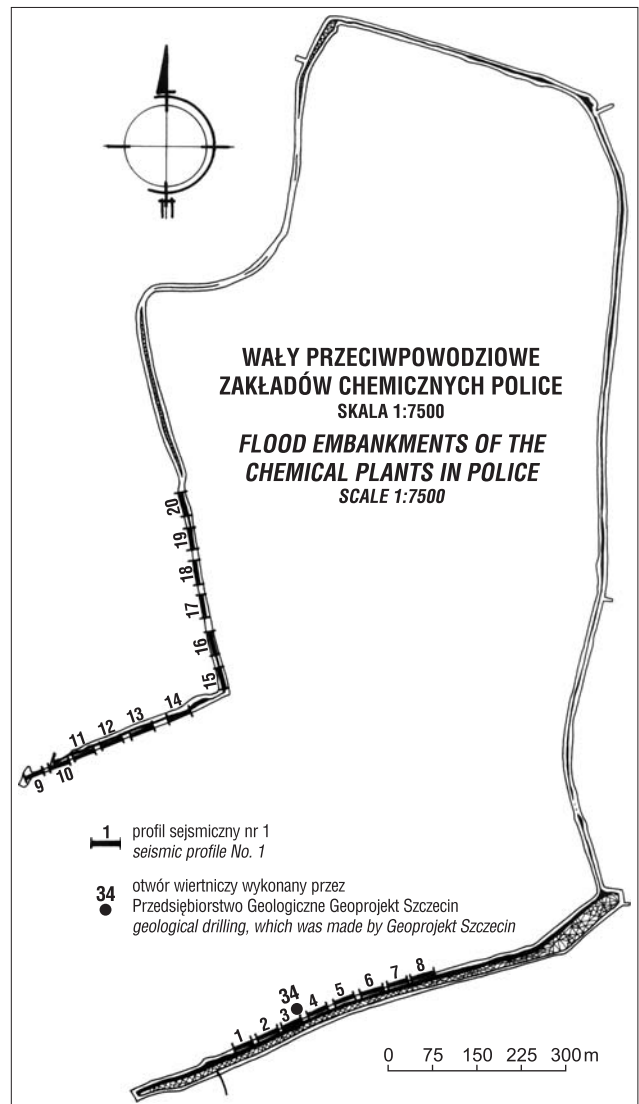
Ryc. 9. Pęknięcie dolnych partii muru i fundamentu budynku mieszkalnego w rejonie linii uskoku strefy Z2. Fot. L. J. Kaszubowski (lato, 2014)
Fig. 9. Crack of the lower parts of the wall and the foundation of a residential building in the area of fault line zone Z2. Photo by L. J. Kaszubowski (summer, 2014)



Ryc. 10. Bardzo mocno spękana nawierzchnia betonowa części parkingowej na obszarze strefy Z2. Fot. L. J. Kaszubowski (lato, 2014)
Fig. 10. Very heavily cracked concrete surface of the part of parking in the area of zone Z2. Photo by L. J. Kaszubowski (summer, 2014)



Ryc. 11. Awaria al. Bohaterów Warszawy w 2007 roku (Kaszubowski, 2011) w rejonie linii uskoku strefy Z3. Zapadająca się nawierzchnia asfaltowa ulicy. Fot. L. J. Kaszubowski (lato, 2007)
Fig. 11. Damage of Bohaterów Warszawy Ave. in 2007 year (Kaszubowski, 2011) in the area of the fault line zone Z3. Collapsing of the asphalt surface of the street. Photo by L. J. Kaszubowski (summer, 2007)



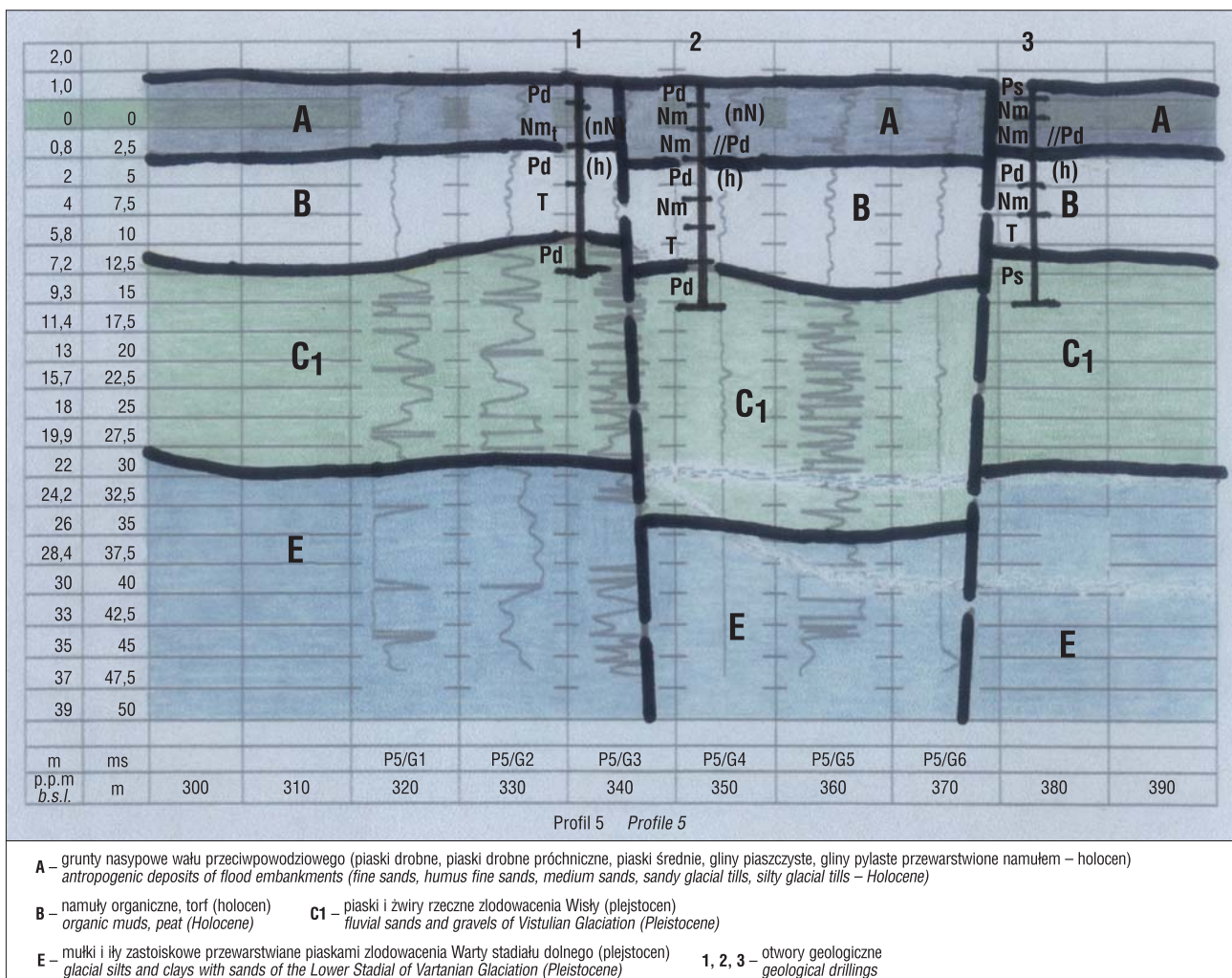
Ryc. 12. Lokalizacja badań sejsmicznych w obrębie wałów przeciwpowodziowych Zakładów Chemicznych Police
Fig. 12. Localization of seismic research on the area of flood embankments of the Police Chemical Plant

mentami budynku mieszkalnego, a nawet powstawanie w wielu miejscach pustych przestrzeni. W strefie Z3 (ryc. 7) powierzchnia glin zwałowych zalega na głębokości 4,5 m p.p.t. Różnica poziomów w stosunku do obszaru stabilnego geodynamicznie wynosi 0,5 m, co sugeruje, że w okresie ostatnich 100 lat średnie tempo pionowych ruchów podłoża gruntowego wynosi 5 mm/rok. Południowa granica linii uskoku strefy Z3 przebiega w obrębie podłoża budynku sąsiedniego, wybudowanego w latach 60. XX w. (ryc. 5). Znamienne jest to, że w rejonie omawianej linii uskokowej w 2007 roku wydarzyła się awaria, na al. Bohaterów Warszawy nawierzchnia asfaltowa zapadła się (ryc. 11). Podsumowując, należy stwierdzić, że analiza geologiczno-inżynierska podłoża gruntowego w rejonie al. Bohaterów Warszawy 91 pokazała, że obszar pionowych ruchów podłoża nie jest jednorodny. Może występować kilka podstref, o zróżnicowanym średnim tempie przemieszczania się gruntów względem siebie.

BADANIA SEJSMICZNE WAŁÓW PRZECIWPOWODZIOWYCH ZAKŁADÓW CHEMICZNYCH POLICE

Badania sejsmiczne w rejonie wałów przeciwpowodziowych Zakładów Chemicznych Police (ryc. 12) również wskazują na występowanie skutków współczesnych

ruchów pionowych podłoża. Należy zaznaczyć, że badania sejsmiczne o wysokiej rozdzielczości, z wykorzystaniem aparatury CS-5G-1, wykonywano już wielokrotnie badania utworów czwartorzędu i ich podłoża z bardzo dobrymi rezultatami (Kaszubowski, 1989, 1994, 2010, 2011; Kaszubowski & Dobracki, 2005). Badania sejsmiczne na analizowanym obszarze pozwoliły na odkrycie określonych rejonów wałów przeciwpowodziowych, gdzie wystąpiły przesunięcia warstw geologicznych względem siebie, w wyniku występujących tam współczesnych ruchów pionowych (ryc. 13). Potwierdzają to również wykonane w tym rejonie otwory geologiczne. W otworze nr 2 grunty nasypowe warstwy (A) znajdują się o 0,5 m głębiej niż w otworze nr 1 i nr 3. Również spąg torfów warstwy (B) w otw. nr 2 jest odpowiednio przesunięty w stosunku do warstw sąsiednich. Rejony te są bardzo niestabilne (niebezpieczne), szkielet gruntowy ulega stopniowemu rozgęszczaniu, co prowadzi do zmiany z pierwotnie dobrych warunków geotechnicznych na bardzo słabe, a w konsekwencji – do zapadnięcia się tych fragmentów struktury wałów przeciwpowodziowych. Grunty nasypowe w tym rejonie przemieściły się o 50 cm (ryc. 13). Szerokość takiej struktury wynosiła od 30–40 m. Przypuszcza się, że te współczesne ruchy pionowe na tym obszarze posiadają dość znaczne tempo, które wynosi 10 mm/rok. Przedstawiony przykład pokazuje, że pionowe ruchy podłoża mają



Ryc. 13. Przekrój sejsmiczno-geologiczny (profil 5) przez wały przeciwpowodziowe Zakładów Chemicznych Police
Fig. 13. Seismic-geological cross-section (profile 5) through the flood embankments of the Police Chemical Plant

charakter dość powszechny, mogą występować w wielu miejscach obecnej oraz projektowanej infrastruktury budowlano-drogowej i mogą mieć niebezpieczny, a nawet niekiedy katastrofalny przebieg.

WNIOSKI

Na podstawie analizy badań geologiczno-inżynierskich, przeprowadzonych wzdłuż ul. Potulickiej i al. Bohaterów Warszawy w Szczecinie oraz na przykładzie badań sejsmicznych wałów przeciwpowodziowych Zakładów Chemicznych Police, przedstawiono obecność współczesnych ruchów pionowych podłoża, które mogą mieć negatywny wpływ na stabilność obecnych czy projektowanych ciągów komunikacyjnych dróg i autostrad oraz obiektów budowlanych.

Jak wynika z przedstawionych przykładów, współczesne ruchy pionowe na obszarze Pomorza Zachodniego posiadają zróżnicowane tempo przemieszczania się warstw geologicznych, średnio 5–10 mm/rok. W Szczecinie pod nawierzchnią ul. Potulickiej wynosi 5 mm/rok (ryc. 4), a w podłożu gruntowym pod budynkiem mieszkalnym przy al. Bohaterów Warszawy 91 – 5–10 mm/rok. Przykład podłoża gruntowego pod budynkiem mieszkalnym przy al. Bohaterów Warszawy 91 pokazuje, że strefa pionowych ruchów nie jest jednorodna i można tam wydzielić kolejne podstrefy, o zróżnicowanym średnim tempie ruchów pionowych. Ponadto dało się zauważyć, po 20 latach istnienia budynku, negatywny wpływ pionowych ruchów podłoża gruntowego na jego stabilność, w postaci pęknięć muru i fundamentu (ryc. 8 i 9). W rejonie wałów przeciwpowodziowych Zakładów Chemicznych Police, tempo pionowych ruchów podłoża jest również znaczne i wynosi 10 mm/rok (ryc. 13). Nie można wykluczyć, że tempo tych ruchów może być jeszcze większe.

Współczesne ruchy pionowe podłoża w rejonie występowania gruntów niespoistych wywołują zjawisko rozgęszczania gruntów, o czym świadczy wyraźnie mniejszy stopień zagęszczenia tych samych piasków drobnych w strefie Z2 pod nawierzchnią ul. Potulickiej w Szczecinie (ryc. 4). Podobne zjawisko rozluźniania gruntów dotyczy

osadów spoistych, które w strefach zapadliskowych (strefa Z1) są systematycznie zasysane w dolne partie tych struktur, stając się w tych miejscach gruntami mniej skonsolidowanymi w porównaniu z sytuacją pierwotną (ryc. 4). W konsekwencji prowadzi to do przemieszczania się warstw geologicznych w tych miejscach, a ostatecznie do utworzenia się niespodziewanych i bardzo groźnych struktur zapadliskowych w najbardziej niepożądanych miejscach, jakimi są ciągi komunikacyjne dróg i autostrad, czy też podłoża gruntowe wszelkich obiektów budowlanych. Niebezpieczne zjawisko współczesnych ruchów pionowych podłoża nie jest jeszcze dobrze rozpoznane, wymaga dalszych szczegółowych badań, które dadzą odpowiedź dotyczącą ich genezy, rozmiaru oraz przyszłych tendencji rozwojowych i sposobu ich rozpoznawania.

LITERATURA

- DOBRACKI R. 1980 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 50 000, ark. Szczecin. Wyd. Geol., Warszawa.
- KASZUBOWSKI L.J. 1988 – Opinia geotechniczna dotycząca określenia warunków gruntowo-wodnych podłoża działki położonej w Szczecinie przy al. Bohaterów Warszawy, opracowana na podstawie technicznych badań podłoża gruntowego w związku z projektowaną budową obiektu mieszkalnego. Arch. Spółdz. Mieszkaniowej „Politechnik”, Szczecin.
- KASZUBOWSKI L.J. 1989 – Badania sejsmiczne z wykorzystaniem aparatury CS-5G-1. Pr. Nauk. Politechniki Szczecińskiej, s. 408.
- KASZUBOWSKI L.J. 1994 – Eksperymentalne badania sejsmiczne w rejonie Mierzei Dziwnowskiej. Inżynieria Morska i Geotechnika, 15 (3), s. 3.
- KASZUBOWSKI L.J. 2010 – Jednostki sejsmostratygraficzne Mierzei Dziwnowskiej. Inżynieria Morska i Geotechnika, 31 (3): 387–392.
- KASZUBOWSKI L.J. 2011 – Zastosowanie badań sejsmicznych w badaniach geologiczno-inżynierskich wykorzystywanych przy projektowaniu dróg i autostrad. Magazyn Autostrady, 11: 64–70.
- KASZUBOWSKI L.J. & DOBRACKI R. 2005 – Zapis ruchów neotektonicznych w profilach osadów mierzei jezior Kopań i Wicko w świetle badań geologicznych i sejsmicznych. [W:] W. Florek (red.) Geologia i geomorfologia pobraża i południowego Bałtyku 6. Wyd. Pomorskiej Akad. Pedagog., Słupsk: 297–305.
- OBER M. 2006 – Dokumentacja geotechnicznych warunków posadowienia do projektu budowlanego modernizacji ulicy Potulickiej wraz z fragmentami ulic 3Maja, Narutowicza, Owocowej, Czarnieckiego, Kaszubskiej i Piekary w Szczecinie. Arch. firmy Energopol Szczecin, Szczecin.