

BADANIA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE DLA BUDOWNICTWA

UWAGI OGÓLNE

W PRAKTYCE BUDOWLANEJ znaczenie i rola inżynierskich badań geologicznych nie jest dotychczas właściwie rozumiana i doceniana i z tego też względu bywa traktowana czysto formalnie, niekiedy jako zło konieczne wypływające z przepisu. Pomimo wielu przykładów doświadczeń związanych zwłaszcza ze złą lokalizacją obiektów budowlanych i szkodliwych tego następstw w sprawie tej nie nastąpił jeszcze zasadniczy zwrot.

Można mnożyć przykłady, gdzie wskutek nierozpoznania terenu lub lekceważenia zaleceń geologa ponoszone były bardzo duże straty przy wykonywaniu budowli. Często są również wypadki masowych wierceń dla „planu“, które nie zostają należycie opracowane i wykorzystane dla budownictwa. W pewnym wypadku dla zbadania terenu pod niewielki obiekt przemysłowy zostało wykonanych dziesięć wierceń do średniej głębokości 10 m bez opinii geologa. Pomimo iż wiercenia nie zostały opracowane i nie została wydana opinia geologiczno-inżynierska, przystąpiono do budowy. W końcowej fazie budowy na obiekcie pojawiły się dość szybko postępujące pęknięcia, grożąc obiektowi awarią, a nawet częściowym zniszczeniem. W wyniku rozpoczętej „energicznej akcji“ ratowniczej zarządzono nowe wiercenia, ponieważ materiały z poprzednich piętnastu wierceń do średniej głębokości 20 m zaginęły całkowicie. Jak przedstawia się tutaj koszt samych prac badawczych? Łączny metraż wierceń wyniósł 400 mb. Licząc przeciętny koszt 1 mb wiercenia ręcznego ciężkiego 520 zł, koszt

wierceń wynosi 208 000 zł. Do tego dochodzi laboratoryjne zbadanie prób wierceń drugiego rzutu w liczbie około 200. Zbadanie jednej próby laboratoryjnej kosztuje około 500 zł, co stanowi sumę 100 000 zł, razem 308 000 zł (bez opracowań kameralnych), pomijając fakt, iż budowla została zlokalizowana w wybitnie niekorzystnych warunkach terenowych, co mógł stwierdzić geolog na podstawie prostych materiałów geologicznych lub tylko przeglądu terenu. Gdyby w tym wypadku stosowano zasadę uprzedniego rozpoznania terenu przy całkowitym wykorzystaniu pierwszych wierceń, to koszt badań wynosiłby tylko 52 000 zł za wiercenia i około 25 000 za laboratoryjne zbadanie prób.

Przykład ten podałem jako najbardziej typowy, powtarzający się przeważnie przy budowie obiektów średnich i małych, dla których badania albo nie są wykonywane, albo wykonuje się je według dowolnych schematów pozbawionych jakiegokolwiek uzasadnienia naukowego. W efekcie przekształcają się one w schematyczne i rutyniarские orzecznictwo, opierające się głównie na wynikach badań z zakresu mechaniki gruntów (nie zawsze zresztą wykorzystanych), ograniczających się do określenia obciążeń gruntów, z pominięciem a nawet negowaniem wpływu czynników geologicznych.

Stan taki należy oceniać jako wybitnie niekorzystny dla rozwoju geologii inżynierskiej jako nauki, przedstawiający ją w fałszywym świetle oraz dający obraz nieracjonalnego zużycia środków finansowych przeznaczanych na

prace geologiczno-inżynierskie. Pomimo wielokrotnych dyskusji na ten temat należy przypomnieć rolę geologicznych badawczych prac inżynierskich, podać próby ich usystematyzowania i określić ich zakres przy rozpoznawaniu terenu przeznaczonego pod zabudowę, co jest celem niniejszego artykułu.

Jak wiadomo, podstawowym zadaniem geologii inżynierskiej jest kompleksowe rozpoznanie i ocena terenu przeznaczonego pod zabudowę oraz wskazanie miejsc najlepiej nadających się do budownictwa każdego typu. Zadania te geologia inżynierska realizuje na zasadach naukowych doskonalonych poprzez stałe rozwijanie swoich metod badawczych. Na czoło wysuwa się tu przede wszystkim budownictwo związane z gospodarczą rozbudową kraju, wymagające wielkich nakładów inwestycyjnych, które swoim charakterem i rozpiętością zmienia gospodarcze i ekonomiczne oblicze najbliższej okolicy, a nawet całego regionu. Ponadto geologia inżynierska ocenia przydatność terenu pod zabudowę obiektów pojedynczych ważnych z punktu widzenia państwowego, ale nie wpływających zasadniczo na warunki gospodarcze swego sąsiedztwa.

W tym założeniu zrozumiałe staje się, iż geologia inżynierska nie może ograniczać się tylko do opiniowania terenu i podłoża budowlanego z punktu widzenia mechaniki gruntów. Na przykład: lokalizacja zakładu przemysłowego bez względu na jego charakter pozostaje w związku z bazą surowcową, z lokalizacją osiedla, które w perspektywach swego rozwoju może rozrosnąć się w miasto lub połączyć się (w wypadku bliskiego sąsiedztwa) z większym miastem. Dlatego w opracowaniach (dokumentacjach) geologiczno-inżynierskich powinny być uwzględniane te warunki naturalne terenu, które w związku z jego zabudową i rozbudową kształtować będą lokalny układ stosunków gospodarczych, ekonomicznych i kulturalnych. Wobec tego w opracowaniach (dokumentacjach) geologiczno-inżynierskich będą uwzględniane warunki: a) geologiczne, dla określenia statyki podłoża, b) hydrogeologiczne, ich wpływ na statykę podłoża, możliwości zaopatrzenia w wodę pitną i przemysłową, wpływ na warunki higieniczno-sanitarne oraz na rozwój szaty roślinnej, c) klimatyczne, względy zdrowotne jak i znaczenie dla wegetacji roślinnej, d) rolniczo-leśne, stanowiące z jednej strony bazę zaopatrzenia żywnościowego, z drugiej zaś poprawiające warunki zdrowotne i wypoczynkowe przez zalesienie, rozwój parków i zieleńców, e) rzeźby terenu z punktu widzenia komunikacyjnego, rozbudowy nowych dróg połączonych z autostradami i liniami kolejowymi, f) urbanistyczne, w związku z rozbudową osiedla lub miasta. Ponadto w kompleksowych dokumentacjach geologiczno-inżynierskich daje się ocenę lokalnej bazy surowcowej dotyczącej zwłaszcza ma-

teriałów budowlanych wraz z udokumentowaniem ich w kategorii C₂ lub C₁.

Oczywiście, niesposób aby geolog wypowiadał się w tych wszystkich problemach i wpływał decydująco na lokalizację budowli mając jedynie na uwadze wytrzymałość podłoża. Byłoby to zasadniczym błędem i wypaczeniem jego istotnej roli w kompleksie inżynierskich badań geologicznych. Geolog wykona dobrze swoje zadanie wtedy, jeśli umiejętnie powiąże te wszystkie warunki i przedstawi je tak, aby pozwoliły każdemu fachowcowi, który bierze udział w planowaniu przestrzennym zabudowy terenu, znaleźć odpowiedź na interesujące go pytanie lub przynajmniej wskazówkę, która ułatwi tę odpowiedź. Wobec tak określonego zadania geologii inżynierskiej stają się zrozumiałe dwa kierunki badań geologiczno-inżynierskich. Pierwszy to badania kompleksowe dla budownictwa o wielkich nakładach inwestycyjnych. Kierunek drugi to badania dla małych i średnich budowli, dla których głównym problemem geologiczno-inżynierskim jest wytrzymałość podłoża. W badaniach kompleksowych prace geologiczno-inżynierskie wiążą się ściśle z fazą planowania i projektowania budowli i wyprzedzają je o jeden etap, gdyż ich wyniki nadają właściwy kierunek projektom. Stopniowe wykonywanie badań geologiczno-inżynierskich dyktują w pierwszym rzędzie względy najważniejszej lokalizacji budowli. Wykonywanie małoszkolnych badań na kilku wariantach zezwala planiście i projektantowi wybrać teren najbardziej odpowiadający ich założeniom np. znane są z literatury wypadki, że dla budowy zapory prowadzono jednocześnie badania geologiczno-inżynierskie na dziewięciu wariantach. Oszczędności, jakie przyniosło wybranie najbardziej korzystnego wariantu, wielokrotnie przewyższały koszt badań na dziewięciu wariantach. Drugą przyną jest fakt, że badania kompleksowe trwają dość długi okres czasu i projektant musiałby nieraz kilka lat czekać na ich wyniki. Ponadto w niektórych wypadkach może zająć konieczność zmiany kierunku badań, względnie znaczna ich redukcja w dalszych fazach badawczych.

Wynika więc stąd całkowicie uzasadniona konieczność stopniowego rozpoznania terenu w zależności od rodzaju budownictwa i jego fazy projektowej. Słuszna ta zasada jest stosowana w całej rozciągłości w Związku Radzieckim, gdzie badania geologiczne dla potrzeb budowlanych ujęte są ścisłymi przepisami normatywnymi i instrukcjami. Tymczasem w Polsce za mało poświadcza się uwagi metodzie normowania i organizacji badań geologiczno-inżynierskich. Dlatego też paląca staje się potrzeba uregulowania i ujednolicenia inżynierskich prac geologicznych dla potrzeb budowlanych. Częściowym rozwiązaniem tej sprawy będzie wydanie map geologiczno-inżynierskich, które stanowiąc będą materiał podstawowy dla wszystkich rodzajów bu-

downictwa. Natomiast bardziej szczegółowe fazy badawcze powinny być oddzielnie opracowane dla każdego typu budownictwa według odpowiednich instrukcji i zarządzeń.

Zakres i ilość badań dla potrzeb budowlanych ściśle zależy od:

- a) stopnia dotychczasowego poznania terenu pod względem geologicznym (mapy geologiczne, dokumentacje, opracowania monograficzne) i możliwości wykorzystania istniejących opracowań dla celów geologiczno-inżynierskich,
- b) stopnia zróżnicowania budowy geologicznej podłoża starszego i jego pokrywy pod względem stratygraficznym, tektonicznym, litologicznym i facyjnym,
- c) charakteru planowanej zabudowy (budownictwo przemysłowe, mieszkaniowe, drogowe, wodne, górnicze itd.);
- d) rodzaju projektowanych rozwiązań konstrukcyjnych (konstrukcje niewrażliwe lub wrażliwe na różnice osiadań), fundamentowych (posadowienie płytkie lub głębokie), rodzaj fundamentowania budowli.

Dlatego też podstawowym warunkiem rozpoczęcia badań jest szczegółowe zaznajomienie się z wymienionymi czynnikami.

Podane poniżej próby usystematyzowania prac geologiczno-inżynierskich odnoszą się tylko do budownictwa lądowego (obejmującego budowę zakładów przemysłowych, osiedli oraz rozbudowę miast) jako najbardziej obecnie rozwiniętego i wymagającego często bardzo dokładnych badań i oceny terenu.

Z kilkuletnich obserwacji oraz na podstawie licznych wypowiedzi inwestorów i projektantów jak również danych z literatury, szczególnie radzieckiej wynika, że dla geologiczno-inżynierskiego rozpoznania terenu dla potrzeb budownictwa wielkiego najskuszniej byłoby przyjąć zasadę czterech faz badawczych:

- A. Rozpoznanie dla założeń planistycznych.
- B. Rozpoznanie dla założeń projektowych.
- C. Rozpoznanie dla projektu wstępnego.
- D. Rozpoznanie dla projektu technicznego.

Każdy wyższy stopień rozpoznania powinien być konsekwencją poprzedniego i powinien realizować jego wytyczne. Należy zwrócić uwagę, że w wypadku prostej budowy geologicznej wystarczające może okazać się rozpoznanie A i B, a wtedy rozpoznanie C i D będzie zbędne. Przykładem takiego terenu mogą być równiny plejstoceniowe o monotonnej budowie geologicznej, gdzie często na obszarach kilku kilometrów warunki geologiczno-inżynierskie nie ulegają zmianie.

We wszystkich etapach badań jako zasadę należy stosować wykorzystywanie materiałów archiwalnych, dotyczących opracowań geologicznych, hydrogeologicznych, geomorfologicznych i geologiczno-inżynierskich, złożowych, danych o warunkach drogowych, klimatycznych, rolnych itp. i w nawiązaniu do tych danych

należy opracować program badań. Ponadto w organizacji badań geologiczno-inżynierskich zasadą powinno być również zatwierdzenie programów badań jak i wyników przez odpowiednie organa państwowej służby geologicznej w zależności od wielkości i charakteru budowli, a mianowicie:

- a) badania i ich wyniki dla budowli małych, np. zakłady przemysłu terenowego, drobne budownictwo mieszkaniowe itp., których planowanie leży w kompetencji wojewódzkich komisji planowania przestrzennego, zatwierdza geolog wojewódzki;
- b) badania i opracowane wyniki dla obiektów średnich, których planowanie i wykonanie leży w kompetencji odpowiednich resortów, — zatwierdza główny geolog resortu; w wypadku jeśli obiekt ma ważne znaczenie z punktu widzenia państwowego, to dokumentację zatwierdza organ Centralnego Urzędu Geologii;
- c) badania dla budowli wielkoterenowych, ciężkich (obiekty budownictwa przemysłowego, górniczego, wodnego, portowego, budowa nowych miast, zatwierdza główny geolog resortu. Natomiast opracowane wyniki (dokumentacje) zatwierdza organ Centralnego Urzędu Geologii.

A. ROZPOZNANIE TERENU DLA ZAŁOŻEŃ PLANISTYCZNYCH

Rozpoznanie w tym etapie ma na celu zakwalifikowanie pod zabudowę odpowiednich obszarów i wybranie najdogodniejszego z nich dla zlokalizowania obiektów budowlanych. Podstawą rozpoznania jest mapa geologiczna, hydrogeologiczna i geologiczno-inżynierska w skali 1:300 000, 1:50 000 lub 1:25 000 w zależności od charakteru planowania i związanego z tym rodzajem budownictwa. Wnioski wynikające z przestudiowania odpowiedniej mapy uzupełnia się najnowszymi materiałami archiwalnymi. Żadnych dodatkowych badań w tym etapie nie prowadzi się. Jeśli teren nie jest kompleksowo rozpoznany lub tylko rozpoznany częściowo, wtedy opracowuje się opinię geologiczno-inżynierską na podstawie przeglądu terenu, materiałów archiwalnych i danych z literatury. Opinia ta powinna być objaśniona odpowiednimi załącznikami, które można wykonać na podstawie tych materiałów. Wykonywanie takich opinii leży w kompetencji jednostek organizacyjnych Centralnego Urzędu Geologii.

B. ROZPOZNANIE TERENU DLA ZAŁOŻEŃ PROJEKTOWYCH

Załóżmy, że na podstawie rozpoznania w etapie A zostały wybrane dwa warianty terenu pod zabudowę (mapa na s. 277 przedstawia teren wybranego wariantu), wtedy zadanie metapu B, będzie zbadanie obu wariantów i wybranie jednego z nich oraz zlokalizowanie obiektów.



MAPA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA

(dla założeń planistycznych)

Skala 1:50 000

I. Doliny rzeczne wypełnione piaskami, żwirami i miedami - okresowo zalewowe

II. Rejon wysokich terasów (piaszczysto-żwirawych z otoczkami) od 10 do 20 m ze stromymi krawędziami, pokryty płatem lessów do 2 m miąższości zawieszony na głębokości od 15 do 20 m

III. Rejon wysokich równi dyfuwalnych zbudowany z gliny zwalowej o miąższości od 30 do 50 m zalegającej na żwirach preglacjalnych. Miejscami pokryty lessami od 5 do 8 m miąższości. Woda występuje w żwirach preglacjalnych na średniej głęb. 50 m. W glinach występują soczewki wody zawieszony na różnych głębokościach

IV. Rejon górzysty wzniesiony do 700 m n.p.m. intensywnie urzeźbiony o stromych krawędziach dolnych z lokalnymi tendencjami do osuwisk - zbudowany z piaskowców z wkładkami zlepieńców i margli, z wkładkami łupków i piaskowców miejscami pokryty płatem lessu do 1 m miąższości

V. Pagórki skaliste - kopulaste wznoszące się do 300 m n.p.m. zbudowane ze skał wapiennych skrasowiakowych pokrytych miejscami lessem do 1 m miąższości

Złocza dolna o spadku od 5 do 20% (cyfra oznacza % spadku)

Osuwiska

Granica terenu zakwalifikowanego pod zabudowę

Piaski, żwir i miedy - Holocen

Less częściowo piaszczysty i gilmasty - Plejstocen

Głina zwalowa - Plejstocen

Piaski i żwir wysokiego tarasu akumulacyjnego - Plejstocen

Margle z wkładkami łupków i piaskowców - Kreda

Wapienie z wkładkami marglistymi - Jura

Piaskowce z wkładkami zlepieńców - Perm

Granica rejonów

Zespoły litologiczne

Czwartorzęd

Badania obejmą oczywiście każdy wariant z osobna. Rozpoznanie w tym etapie obejmuje wykonanie kompleksowego opracowania terenu w skali 1:10 000 lub 1:5 000 w nawiązaniu do opracowania etapu A.

Jeżeli charakter planowanych budowli wymaga szerszego zakresu badań, niż to jest przewidziane instrukcjami obowiązującymi przy wykonywaniu tego rodzaju prac badawczych, wtedy wszelkie dodatkowe prace badawcze powinny być ściśle uzasadnione i powinien być opracowany dla nich program zatwierdzony przez głównego geologa resortu. Opracowanie w tym etapie składa się z map:

1) geologicznej, podłoża starszego i jego pokrywy czwartorzędowej. W wypadku gdy podłoże skalne występuje zbyt głęboko, wykonuje się mapę podłoża w zasięgu przypuszczalnych naprężeń budowli. Przy jednolitym profilu geologicznym wykonuje się mapę cięcia na 10 lub 15 m od powierzchni terenu dla gliny zwałowej, ilów warwowych, ilów trzeciorzędowych lub tylko mapę stropu tych utworów;

2) hydrogeologicznej, przedstawiającej poziomy wód gruntowych głębokich i przypowierzchniowych, obszary zasilania, kierunki infiltracji, ciśnienie, chemizm, przynajmniej teoretyczną szybkość filtracji oraz wydajność;

d) rysunki odśnieżeń i profile otworów wiertniczych;

e) zestawienie fizycznych i mechanicznych właściwości gruntów i dopuszczalnych obciążeń, osobno dla każdej klasy gruntów.

Mapy powyższe wykonuje się zgodnie z obowiązującymi instrukcjami i przepisami, przy czym zwiększa się trasę i ilość punktów obserwacyjnych przypadających na 1 km² (tablica I tylko dla mapy w skali 1:10 000), warunkujących ich dokładność. Punkty obserwacyjne przy prostej budowie geologicznej rozmieszcza się w miarę możliwości w regularnej siatce 200 — 500 m dla skali 1:10 000, która zwiększy się odpowiednio dla skali 1:25 000. Zależać to będzie od wielkości badanego obszaru, stopnia uprzedniego rozpoznania i zróżnicowania budowy geologicznej. Przy skomplikowanej budowie geologicznej punkty obserwacyjne rozmieszcza się według charakterystycznych form geomorfologicznych (wyniesienia, obniżenia), geologicznych i tektonicznych, tj. według biegu i upadu warstw, linii dyslokacyjnych (uskoków, nasunięć). Punkty obserwacyjne są wykonane i dokumentowane według instrukcji wiertniczej dla potrzeb geologiczno-inżynierskich.

Tabela I

Kategoria złożoności budowy geol.	Trasa w km.	Ilość pkt. obserw. na 1 km.	Rozmieszczenie	Głębokość wierceń lub szybków		
				do 10 m	od 10 m do 20 m	ponad 20 m jednak nie głębiej niż 35 m
I	6	4	w miarę możliwości w regularnej siatce przy zachowaniu odl. 500 m	2	2	—
II	8	9	w miarę możliwości w siatce 2500 m, częściowo wg warunków geol. i geomorfologicznych	4	4	1
III	10	16	wg warunków geol. i geomorfolog.	5	8	3

3) geologiczno-inżynierskiej przedstawiającej klasyfikację opracowywanego terenu przez wydzielenie powierzchniowych jednostek geologiczno-inżynierskich, w powiązaniu z budową podłoża w strefie zasięgu naprężeń. Na mapie tej podaje się również klasyfikację gruntów na podstawie określenia fizycznych i mechanicznych ich własności metodą połową i laboratoryjną (grunty makroporowate, spoiste itd.). W skład mapy geologiczno-inżynierskiej wchodzi:

a) mapa współczesnych procesów geologicznych, przedstawiająca zjawiska czynne i ustępujące;

b) mapa morfometryczna, na której wyznaczone są wszystkie zmienności urzeźbienia terenu;

c) przekroje geologiczno-inżynierskie wykonane według charakterystycznych kierunków w skali mapy lub powiększone (jeżeli tego wymaga potrzeba w skali 1:1000 — 1:2000);

Podczas wykonywania wierceń i szybków szczególną uwagę zwraca się na pobieranie prób do badań laboratoryjnych. Zgodnie z instrukcją wiertniczą próby o strukturze nienaruszonej pobiera się z każdej zmiany warstwy z partii spągowej i stropowej (do tulei) i w stanie naturalnej wilgotności (do słoików). Ścisłym badaniom laboratoryjnym poddaje się 25 — 50% ogólnej ilości prób. Dokładną ilość prób do badań laboratoryjnych jak i zmiany w sposobie ich pobierania ustala geolog prowadzący badania w zależności od zróżnicowania profilu geologicznego. Część pozostałą prób oznacza się makroskopowo według zasad używanych w praktyce laboratoryjnej. Wyniki badań zestawia się dla każdej klasy gruntów, np. jeśli grunty ilaste zostały rozbite na ily pylaste lub piaszczyste, to cechy ich zestawia się oddzielnie. Zasadę oddzielnego zestawiania stosuje się również dla gruntów różnych wiekowo, np. ily plioceńskie i mioceńskie wykazują zasadnicze różnice pomimo

pozornych podobieństw np. w konsystencji. Syntezą wyników badań jest tekst objaśniający, który uwzględnia wszystkie momenty związane z zabudową terenu. Tekst zawiera:

1. Wstęp, w którym zostaną omówione techniczne warunki wykonania badań ich zakres i metoda (przy badaniach laboratoryjnych), dokładność opracowania (tu podać ilość wierceń, szybików i naturalnych odsłonień), braki i trudności oraz krótkie uzasadnienie zakresu badań.
2. Opis terenu, na którym zostały wykonane badania w nawiązaniu do jednostki regionalnej, w jakiej ten teren się znajduje z uwzględnieniem:
 - a) wielkości, kształtu, urzeźbienia i topografii;
 - b) sieci hydrograficznej i jej wpływu na warunki rolniczo-gospodarcze;
 - c) cech klimatycznych opracowanych na podstawie danych archiwalnych dla dłuższego okresu czasu;
 - d) warunków komunikacyjnych, lokalnych i sąsiednich, opisu stanu dróg;
 - e) obecnej wartości gospodarczej badanego terenu i jego sąsiedztwa, stanu upraw gruntów, zalesienia, łąk, ogrodnictwa itp.;
 - f) danych o sejsmice na podstawie istniejących materiałów dla dłuższego okresu czasu.

Powyższe warunki przedstawia się jak najbardziej dokładnie i obiektywnie, aby uwypuklić ujemne i dodatnie cechy powierzchni terenu.

3. Opis budowy geologicznej, stratygrafii, litologię i tektonikę. Szczególną uwagę zwraca się na zmienności facjalne, litologiczne i tektoniczne, warunki występowania skał, ich miąższość, osobno dla podłoża skalnego a osobno dla pokrywy.
4. Opis warunków hydrogeologicznych, objaśniający treść mapy oraz ich znaczenie dla budowli i lokalnego układu warunków gospodarczych.
5. Opis warunków geologiczno-inżynierskich, będący uzasadnieniem przeprowadzonej na mapie klasyfikacji terenu i klasyfikacji gruntów. Następnie w rozdziale tym omawia się współczesne procesy geologiczne, cechy fizyczne i mechaniczne gruntów oraz ich wpływ na statykę budowli.
6. Informacje o materiałach budowlanych i szacunkowe podanie ich zasobów w kategorii C₂ z odpowiednimi załącznikami.
7. Wnioski, które na wstępie zawierają stwierdzenie, czy na podstawie analizy w punktach 1 — 5 teren nadaje się pod zabudowę i w jakich warunkach. W jakim stopniu wymaga poprawy naturalnych warunków posadowienia? Dla słabych miejsc określa się rodzaj środków wzmacniających grunt (cementacja lub zastosowanie sposobów elektrochemicznych) albo odwodnienie; w tym wypadku podaje się uwagi o sposobie odwodnienia.

We wnioskach podaje się również wytyczne co do zakresu dalszych badań, szczególnie doświadczalnych, jak próbne obciążenia w otworach i szybach, pompowanie, założenie hydrowęzłów, cementacja, niwelacja precyzyjna, badanie szczelności podłoża itp.

Wytyczne do tych badań (dla etapu C) powinny być ściśle i wyraźnie sprecyzowane, z określeniem ich przebiegu. Należy zaznaczyć, czy proponowane badanie ma charakter jednocześnie doświadczalny, czy też było już stosowane w podobnych warunkach geologicznych. Powoływanie się na analogie jest wskazane, szczególnie przy metodach znormalizowanych. Dla wypadków nietypowych wskazuje się tylko ogólnie rodzaj i kierunek proponowanych badań i stawiane im wymagania bez wdawania się w szczegóły, co wykraczałoby poza ramy właściwego rozpoznania. Zostaną one opracowane przez odpowiedniego fachowca, który będzie te badania prowadził. W dalszym ciągu we wnioskach należy wskazać te partie terenu, w których obrębie mogą zachodzić zmiany w czasie budowy lub eksploatacji. Kierunek tych zmian można podać jedynie ogólnie, bez wyznaczania ich wartości i szybkości, gdyż mogłoby to wpływać hamująco na podejmowanie decyzji. Można jedynie w formie zaleceń wskazać np. konieczność precyzyjnej niwelacji dla obserwowania osiadań itp. W objaśnieniu tekstowym należy unikać polemiki i prowadzenia dyskusji teoretyczno-naukowej (np. czy dany piasek jest mioceński czy plioceński, jeżeli ma jednakowe cechy), a przede wszystkim dwuznacznego oceniającego zaobserwowanych faktów.

C. ROZPOZNANIE TERENU DLA PROJEKTU WSTĘPNEGO

Jeśli teren zakwalifikowany pod zabudowę cechuje się prostą budową geologiczną i badania w etapie B wystarczająco określiły jego właściwości, dalszych prac badawczych nie należy prowadzić. Decyzję w tej sprawie podejmuje organ zatwierdzający dokumentację na wniosek instytucji inwestującej. W wypadku uznania konieczności dalszych badań opracowuje się ścisły program w porozumieniu z projektantem.

Przewidziane w programie badania powinny być uzasadnione przez podanie:

- a) ogólnego opisu charakteru budowli,
- b) uzasadnienia wyboru danego terenu pod zabudowę,
- c) typu budowy i danych dotyczących projektowanych konstrukcji, budowy i eksploatacji obiektów,
- d) problemów, które powinny być zbadane i rozwiązane w tym etapie za pomocą robót zwiadowczych (wiercenia i szybiki) i doświadczalnych (próbne obciążenia, pompowanie itp.).

Dla badań tych opracowuje się techniczne założenia ich wykonania oraz harmonogram, według którego poszczególne prace zostaną wykonane. Założenia techniczne dla wierceń dotyczą rodzaju wiercenia, jego głębokości, ilości i rodzaju pobieranych prób i ilości przeznaczonych dla ścisłych badań laboratoryjnych. Założenia techniczne dla badań doświadczalnych określają rodzaj badania: znormalizowane, stosowane już w podobnych warunkach lub próbne z podaniem szczegółowego sposobu wykonania.

rencji w procesy geologiczne. Zwiększa się dokładność danych geologicznych i hydrogeologicznych ze względu na zwiększenie ilości punktów obserwacyjnych przewidzianych w tym etapie dla osiągnięcia wymaganej dokładności opracowania.

Ilość punktów i ich głębokość zależy od wielkości i skomplikowania budowy geologicznej badanego terenu. Przy badaniach dla wielkich budowli w Polsce stosowano normy radzieckie według Paniukowa, które w przybliżeniu okazały się wystarczające (tabl. II).

Tabela II

Kategoria geologiczna złożoności terenu	Ilość punktów obserwacyjnych według wielkości zabudowy terenu											
	do 50 ha			Razem	od 50 — 100 ha			Razem	ponad 100 ha			Razem
	głębokość w m				głębokość w m				głębokość w m			
	25	15 — 20	10	25	15 — 20	10	25	15 — 20	10			
I	3	3 — 5	4 — 6	10 — 11	3 — 5	10 — 12	8 — 10	21 — 27	5 — 7	16 — 20	20	41 — 47
II III	3	6 — 8	6 — 8	15 — 19	5	12 — 16	16 — 20	33 — 41	5 — 7	20 — 21	24	49 — 52
IV	3	8 — 12	8 — 12	19 — 27	5 — 7	16 — 20	20 — 24	41 — 51	7 — 11	30 — 35	30	67 — 76

Badania w projekcie wstępnym mają na celu rozmieszczenie i zlokalizowanie poszczególnych obiektów względem lokalnych warunków terenowych i warunków geologiczno-inżynierskich. Powinny one dać odpowiedź, jak należy rozwiązać konstrukcję każdego z projektowanych obiektów i jaką zastosować metodę fundamentowania w zależności od warunków gruntowych występujących w zasięgu naprężeń. W zakres badań wchodzi:

- wyznaczenie fizycznych i mechanicznych właściwości gruntów, interesujących projektantów, zwłaszcza w wątpliwych pod względem inżynierskim odcinkach terenu, a mających decydujące znaczenie przy ostatecznym rozwiązaniu typu konstrukcji dla obiektów wrażliwych na różnicę osiadań lub dających dynamiczne obciążenia. Wyznaczenie tych cech ma również decydujące znaczenie przy rozbudowie osiedla lub miasta, usytuowaniu dzielnic przemysłowych i mieszkaniowych, stacji wodociagowych, ulic, przewodów kanalizacyjnych itp. Zakres badań ustala geolog w porozumieniu z projektantem;
- wyznaczenie lokalnych warunków wodnych, charakteru zawodnienia, głębokości pierwszego poziomu i jego ewentualnego zachowania się na głębokości założenia fundamentów;
- realizacja badań specjalnych, przewidzianych w założeniach do projektu.

Opracowania wykonuje się w skali 1:2000 lub 1:1000 (mapy i przekroje). Natomiast rysunki odsłoneń i profile wierceń w skali 1:500 lub 1:100. Zakres pracy w tym etapie uwzględnia więcej szczegółów, których punkt ciężkości przesuwają się w stronę nośności gruntów i spodziewanych zmian pod wpływem in-

Opracowanie składa się z:

- mapy geologicznej podłoża skalnego i pokrywy;
- mapy warunków wodnych, na której przedstawione jest warstwicowo występowanie zwierciadła wody gruntowej, jej kierunku spływu, ciśnienie, ponadto uwzględniona agresywność wobec betonu, wydajność i filtracja;
- mapy geologiczno-inżynierskiej, która rozdrabnia podział dokonany na takiej mapie w etapie B, na podstawie mapy geologicznej, hydrogeologicznej i mapy współczesnych procesów geologicznych oraz wyników badań laboratoryjnych. W skład mapy ponadto wchodzi: mapa morfometryczna oraz mapa nośności gruntów wykonana w poziomach 2 metrowych do głębokości 10 m od powierzchni terenu. Do mapy załącza się cały materiał dokumentacyjny składający się z przekrojów profilów wierceń, rysunków szybików i odsłoneń, zestawień wyników badań laboratoryjnych i doświadczalnych wykonanych według zasad stosowanych w opracowaniu dla założeń projektowych. Zestawienie wyników badań doświadczalnych wykonuje się według uznania geologa w sposób jak najbardziej przejrzysty i czytelny;
- tekstu objaśniającego, który zawiera te same elementy jak opracowanie dla założeń projektowych podane tylko w większą dokładnością. Uwzględnia się przede wszystkim wpływ czynników atmosferycznych, erozyjnych, akumulacyjnych na zmianę warunków geologicznych opracowywanego wycinka terenu. Np. wpływy opadów atmosferycznych na podłoże budo-

wlane (czy wody spływają po powierzchni, czy wsiąkają w głąb, czy tworzą się okresowe podmokłości). Stateczność zboczy, skarp, krawędzi tarasowych i ich ocena. W wypadku spodziewanych zmian podaje się wnioski geologiczno-inżynierskie. Skutki zawilgacania gruntów makroporowatych, rozwój erozji w obrębie tych gruntów, tworzenia się parowód, zawałów pod wpływem wypłukania substancji rozpuszczalnych. Zjawiska naturalnych ruchów gruntów, wywołane ich pęcznieniem pod wpływem wahań zwierciadła wód gruntowych i zmiany ich chemizmu. Zjawiska krasowe, ich stan nateżenia, rozmiary i głębokość kawern krasowych, znaczenie powierzchniowych form krasowych. Wreszcie ocena, jaką na podstawie przeprowadzonych badań zwiadowczych i doświadczalnych przedstawia się statyka podłoża i jakie muszą być zastosowane dla jego wzmocnienia środki inżynierskie trwałe lub doraźne przy budowie i eksploatacji obiektów.

D. ROZPOZNANIE TERENU DLA PROJEKTU TECHNICZNEGO

Projekt techniczny budowli jest realizowany po zatwierdzeniu projektu wstępnego. W skład jego wchodzi dokładne obliczenia konstrukcji i rysunków, ustalenia organizacji i mechanizacji budowli oraz szczegółowy jej kosztorys.

Badania geologiczno-inżynierskie dla tego stopnia rozpoznania terenu prowadzone są w słabych pod względem budowlanym wycinkach terenu i pod każdy obiekt z osobna, przede wszystkim pod kątem dokonania jak najbardziej ścisłych obliczeń nośności gruntów, osiadania, wyznaczenia miejsc nasuwających obawy dla statyki budowli. Zakres zadań zależy od typu konstrukcji (wrażliwej lub niewrażliwej na różnice osiadań), rodzaju robót inżynierskich zabezpieczających fundamenty (izolacja ochronna) poprawiających naturalne warunki fundamentowania (wykopy, odwodnienie, niwelacja, cementacja itp.).

Przy odwodnieniu wymagane jest wyznaczenie szybkości filtracji gruntów. Prace zwiadowcze prowadzi się na podkładzie topograficznym 1:100 — 1:500 w zależności od rodzaju budowli. Rysunki odsłoneń i otworów wiertniczych sporządza się w skali 1:100 — 1:50. Opracowuje się również kosztorys badań. Badania geologiczno-inżynierskie są prowadzone w miejscach słabych i pod każdy obiekt z osobna i głównie pod kątem dokonania jak najbardziej ścisłych obliczeń nośności gruntów, osiadania, wyznaczenia stref nasuwających obawy zagrożenia budowli. Badania te zależą od typu konstrukcji (wrażliwej na różnice osiadania lub niewrażliwej), od potrzeby wykonania izolacji ochronnej fundamentów przed szkodliwym działaniem wód, od potrze-

by zastosowania sposobów poprawiających naturalne warunki fundamentowania (wykopy, niwelacje, odwodnienie), od potrzeby sztucznego doraźnego lub trwałego wzmocnienia gruntów. Przy odwadnianiu wymagane jest wyznaczenie szybkości filtracji gruntów. Prace badawcze prowadzi się na podkładzie topograficznym 1:100 — 1:500 w zależności od rodzaju budowli. Rysunki odsłoneń sporządza się w skali 1:50 — 1:100. Opracowuje się również program i założenia techniczne dla każdego badania, które uwzględniają gęstość i głębokość otworów wiertniczych lub szybków, ilość prób o strukturze nienaruszonej, z jakich warstw należy je pobierać, jaką ilość zbadać laboratoryjnie i na jakie oznaczenia. Zagęszczenie robót wiertniczych podają normy radzieckie (tabl. III), przy rozmieszczeniu robót należy uwzględnić dotychczas już wykonane.

Tabela III

Typy budowli	Kategoria złożoności warunków geologicznych zabudowywanych terenów	Wymagana ilość punktów obserwacyjnych na 1 ha
Mało wrażliwe na osiadanie	I	1 — 1,5
	II-III	1,5 — 3
	IV	3,5
Wrażliwe na osiadanie	I	2 — 3
	II-III	3 — 5
	IV	5 — 8

Opracowanie składa się z:

- 1) mapy geologicznej wykonanej w poziomach 2 lub 5 metrowych do strefy zasięgu naprężeń;
- 2) mapy warstwicznej zwierciadła wody gruntowej stałej z zaznaczeniem wód przypowierzchniowych (soczewkowatych), kierunku spływu jednych i drugich oraz wyznaczenia współczynników filtracji, co jest konieczne przy zastosowaniu odwodnienia terenu;
- 3) mapy geologiczno-inżynierskiej przedstawiającej podział terenu pod zabudowę w zależności od bliskości podłoża skalnego, cech fizycznych i mechanicznych gruntów oraz zawodnienia wraz z mapą dopuszczalnych obciążeń;
- 4) przekrojów geologiczno-inżynierskich wykonanych możliwie w rzucie aksonometrycznym oraz rysunków punktów obserwacyjnych (wierceń, szybków i wykopów pod fundamenty);
- 5) zestawienia fizycznych i mechanicznych właściwości gruntów oddzielnie dla każdej klasy oraz zestawienia obliczeń dopuszczalnych nacisków, osiadania itp.;
- 6) tekstu objaśniającego, który zawiera opis każdego składowego opracowania w zakresie odnoszącym się do badanego odcinka terenu, zakończony wnioskami dotyczącymi statyki budowli i podłoża oraz dodatko-

Tabela IV

Rodzaj budowli	Zakres i rozmiar badań			Forma opracowania
	Badania rozpoznawcze (wiercenia i szybiki)	Badania laboratoryjne	Specjalne badania terenowe	
I. Pojedyncze obiekty budownictwa przemysłowego a) wrażliwe na różnice osiadań (żelbetowe, konstrukcje statycznie niewyznaczalne) b) niewrażliwe i mało wrażliwe na różnice osiadań (muruwane, stalowe, konstrukcje statycznie wyznaczalne)	wiercenia lub szybiki w ilości od 3-8, do 15 m głębokości, w zależności od zróżnicowania budowy geologicznej terenu i jego wielkości	wyznaczenie fizycznych i mechanicznych właściwości gruntów. Ścisłym badaniom laboratoryjnym poddaje się 25-50% ogólnej ilości prób gruntu, pozostałe bada się makroskopowo	w niepewnych warunkach gruntowych może zająć konieczność przeprowadzenia próbných obciążeń i pompowania	1. przekroje geologiczno - inżynierskie i hydrogeologiczne (w niektórych wypadkach również geologiczne) 2. mapa warstwicowa zwierciadła wody gruntowej z odpowiednimi załącznikami 3. zestawienie wyników badań laboratoryjnych 4. profile wierceń i szybików 5. tekst objaśniający
	wiercenia lub szybiki w ilości od 3-6 do głęb. 10 m w zależności od zróżnicowania budowy geologicznej terenu i jego wielkości			
II. Pojedyncze obiekty budownictwa mieszkaniowego a) dające równomierne obciążenie 35 t/m wieżowca i budynki wielokondygnacyjne	wiercenia lub szybiki w ilości od 8-15 pod wieżowce do 25 m głęb. w zależności od zróżnicowania terenu. Jeśli powierzchnia zabudowy jest większa niż 1 ha, wtedy ilość wierceń lub szybików ustala się 5-3 na 1 ha. Pod budynki wielokondygnacyjne 3-6 wierceń lub szybików do 10 m głęb.	j. w.	j. w.	j. w.
b) budynki małokondygnacyjne o nacisku 10-15 t/m ²	szybik zwiadowczy	B a d a ń n i e p r o w a d z i s i ę		Opinię geologiczno - inżynierską opracowuje geolog na podstawie mapy geologicznej, hydrogeologicznej i geologiczno - inżynierskiej w skali 1:50 000 lub 1:25 000 oraz materiałów archiwalnych i przeglądu terenu
III. Obiekty budownictwa drogowego (przyczółki i filary mostowe), schrony wieże itp.	pod każdą budowlę 3-6 wierceń do 10 m głęb. niekiedy ilość ta może się zwiększyć	ścisłym badaniom laboratoryjnym poddaje się 25-50% ogólnej ilości prób, część pozostała oznacza się makroskopowo	w niepewnych warunkach gruntowych może zająć konieczność przeprowadzenia próbných obciążeń	1. przekroje geologiczno - inżynierskie z naniesioną sytuacją wodną 2. zestawienie wyników badań laboratoryjnych 3. profile wierceń i szybików 4. tekst objaśniający
IV. Budowle drewniane	B a d a ń n i e p r o w a d z i s i ę			Opinię geologiczno - inżynierską w niektórych tylko wypadkach opracowuje geolog na podstawie istniejących materiałów i przeglądu terenu

wymi zaleceniami co do budowy i eksploatacji obiektu.

Podany schemat nie dotyczy badań terenu pod zabudowę obiektów pojedynczych, które swoim charakterem nie wpływają na zmianę warunków gospodarczych okolicy, np. budowy małych zakładów, takich jak: cegielnie, przetwórnice spożywcze, małe siłownie, budowa pomieszczeń na magazyny, składnice itp. Zakres badań zależy w takich wypadkach od rodzaju budowli, jej przeznaczenia i obciążenia, jakie wywiera na podłożu. Badania w tym wypadku powinny być uzgodnione z projektantem i uwzględniać te zagadnienia, które go interesują, a które nie mogą być rozwiązane na podstawie istniejących opracowań. O celowości badań decyduje geolog, który dostarcza opinii na podstawie materiałów archiwalnych, map i przeglądu terenu. Orientacyjny zakres badań dla tych budowli podano w tablicy IV.

Badania te w przybliżeniu są ilościowo takie, jak dla projektu technicznego budownictwa ciężkiego. Tylko w niektórych wypadkach mogą być traktowane szerzej. Schemat podany w tablicy IV dotyczy terenów o małym stopniu różnicowania pod względem geologicznym. Nie obejmuje natomiast terenów zsuwowych, krasowych, gruntów makroskopowych itp., które wymagają badań dostosowanych do potrzeb i charakteru budowli oraz

cech tych zjawisk i gruntów. Rozmiar badań i rodzaj w tych warunkach jako niekorzystnych dla budownictwa ustala geolog według własnego uznania z odpowiednim uzasadnieniem. Przy organizacji badań obowiązuje takie samo postępowanie jak wyżej, a więc zatwierdzenie programu badań i opracowań przez głównego geologa resortu lub geologa wojewódzkiego.

LITERATURA

1. Bendel L. — Ingenieurgeologie. Wien 1948 (głównie tom II, rozdział XI).
2. Guzik K. — Czy geologia techniczna jest nauką samodzielną. (Referat metodyczny). „Geologiczny Biuletyn Inf.“ PIG 1952, z. 1.
3. Popow I. W. — Inżynierskaja geologija. Moskwa 1954
4. Popow I. W., Kac R. S., Korikowska A. K., Łazariewa W. P. — Metodika sostawlenija inżyniersko-geologičeskich kart. Moskwa 1950.
5. Inżyniersko-geologičeskije izyskanija. Rukowodstwo dla planirowki i zastrojki gorodow. Moskwa 1950.
6. Wriemiennyje techničeskije ustowija i instrukcii na isledowanije gruntow osnowanii promyszlennych i graždanskich zdani i sooruzenii. Moskwa 1954.
7. Instrukcja nadzoru wierceń dla potrzeb geologiczno-technicznych (rękopis powielany). Warszawa 1950, PIG.
8. Prace hydrogeologiczne i geotechniczne. Warszawa 1954, Wydawnictwa Geologiczne, „Biblioteka Zawodowa Geologa“.