

# INNOWACYJNA TECHNOLOGIA MONTAŻU INKLINOMETRU NOWEGO TYPU W OTWORZE WIERTNICZYM W KOPALNI ODKRYWKOWEJ

## INNOVATIVE TECHNOLOGY OF PLACING THE NEW TYPE OF INCLINOMETER IN THE BOREHOLE LOCATED IN AN OPEN PIT MINE

Kamil Piróg – “Poltegor-Instytut” – Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

*W artykule scharakteryzowano inklinometr nowego typu wraz z innowacyjną technologią jego montażu oraz problemy jakie mogą się pojawić w trakcie jego instalacji. Przedstawiono również możliwości wynikające z monitorowania ruchów masowych w czasie rzeczywistym przy wykorzystaniu tej technologii.*

**Słowa kluczowe:** instalacja, monitoring, inklinometr

*This paper describes the new type of inclinometer with the new technology of placing its and problems during its installation. Besides it describes possibility of measurements mass moves ground in the real time utilizing the new method of installation inclinometer.*

**Keywords:** installation, monitoring, inclinometer

### Wprowadzenie

Zrozumienie procesów powstawania ruchów masowych jest istotnym zagadnieniem naukowym, gdyż przemieszczenie gruntów może być determinowane przez szereg sił składowych. Odnosi się to zarówno do osuwisk powstałych w sposób naturalny jak i tych wywołanych działalnością człowieka.

Dla dokładniejszej interpretacji zjawisk zachodzących w górotworze stosuje się tzw. systemy monitoringu powierzchniowego i węgelnego [1]. Dotyczy to zwłaszcza kopalń odkrywkowych węgla brunatnego, w których eksploatacja węgla uzależniona jest od stabilności skarp wyrobiska. Nieustanne doskonalanie systemów monitoringu w tych obiektach wynika z zagrożeń spowodowanych coraz głębszą eksploatacją surowca oraz chęcią uzyskania większej kontroli nad tymi niekorzystnymi zjawiskami [2]. Ma to wymiar nie tylko ekonomiczny związany z zabezpieczeniem pracujących maszyn i urządzeń, ale również z koniecznością zapewnienia bezpieczeństwa osobom przebywającym w zakładzie górniczym.

Zasadniczym elementem systemu monitoringu węgelnego są inklinometry wyposażone w czujniki pomiarowe, będące doskonałym źródłem informacji na temat zachowania się górotworu w strefie wzmoczonej jego aktywności. Dzięki prowadzonym pomiarom będzie możliwe zlokalizowanie warstw, w których doszło do przekroczenia stanu granicznego tj. stanu, w którym siły ścinające przekroczyły wytrzymałość gruntu na ścinanie [3].

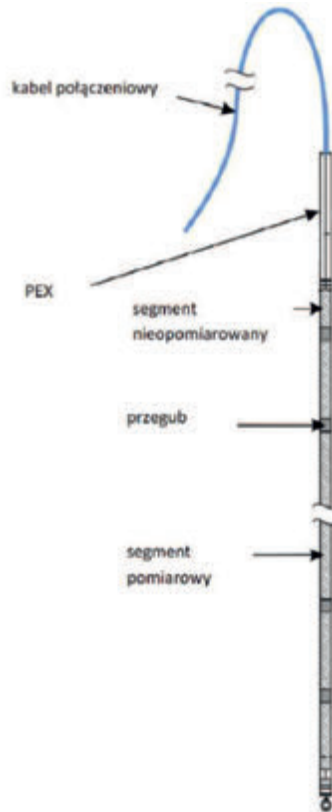
Chcąc lepiej kontrolować procesy zachodzące w górotworze „Poltegor-Instytut” planuje zainstalowanie inklinometru w jednej z odkrywkowych kopalń węgla brunatnego. Zadaniem inklinometru byłby monitoring potencjalnych przemieszczeń

wgłębnym objawiających się ześlizgiwaniem części zbocza po stropie kompleksu węglowego oraz rotacyjnych ruchów struktury kompleksu węglowego. Zastosowana w projekcie aparatura daje nadzieję na pozyskanie nowych danych geologicznych i będzie częścią inteligentnego systemu ostrzegania przed osuwiskami. Ze względu jednak na trudności jakie mogą wystąpić podczas instalacji aparatury w otworze wiertniczym wskazana byłaby nowa technologia jej montażu.

### Charakterystyka wykorzystanej aparatury kontrolno-pomiarowej

Do pomiaru przemieszczeń węgelnym w odwiercie zlokalizowanym w obszarze badań zostanie wykorzystany inklinometr nowego typu. Jest to ciąg modułów pomiarowych zbudowanych z segmentów pomiarowych połączonych przegubami. Maksymalna łączna długość zastosowanych segmentów pomiarowych może wynieść 150 m. W każdym z nich osadzone zostaną czujniki pomiarowe, które pozwalają na uzyskanie 0,5 metrowego interwału pomiaru przemieszczeń (rys. 1). Dokładność pomiarowa zastosowanych urządzeń wynosi 0,02 mm/m, błąd przegubów  $<+/- 0,25^\circ$ . Segmenty pomiarowe cechują się dużą elastycznością, dzięki czemu możliwe jest nawinięcie ich na bęben i dostarczenie w takiej postaci na miejsce instalacji. Dodatkowo inklinometr zabezpieczony jest wodoodporną powłoką oraz wzmacniającym opłotem ze stali nierdzewnej [4]. Na wyposażeniu systemu monitoringu znajdować się będzie rejestrator *data logger* gromadzący dane z czujników pomiarowych inklinometru i przekazujący je do stacji przesyłu danych. Stacja będzie posiadać modem GSM/GPRS umożliwiający przesył danych w czasie rzeczywistym

do centralnego serwera internetowego gromadzącego dane, udostępniając je uprawnionym użytkownikom [2]. Jest to kluczowa zaleta tego systemu ponieważ umożliwia wczesne ostrzeżenie przed zagrożeniem osuwiskowym, a oprócz tego daje szerokie możliwości poznawcze nt. dynamiki ruchów zachodzących w górotworze. Zebrane dane stanowiąc będą obszerny potencjał badawczy, który zostanie wykorzystany do określenia zależności ruchów masowych w badanym rejonie m.in. od zmian ciśnienia porowego gruntu [5].



Rys. 1. Schemat budowy inklinometru nowego typu  
Fig. 1. The construction of the new type of inclinometer

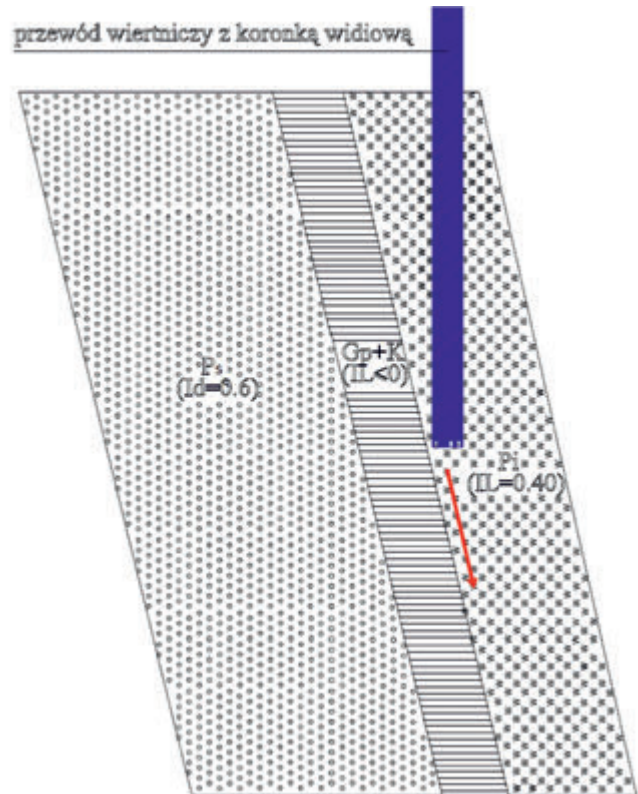
### Dotychczasowe systemy montażu inklinometrów nowego typu

Obecnie stosuje się dwa systemy montażu inklinometru nowego typu. Pierwszym z nich jest instalacja bezpośrednio w otworze wiertniczym, która ze względu na warunki gruntowo-wodne oraz głębokość instalacji może okazać się ryzykowna. Problemem są przede wszystkim występujące, w przeważającej części grunty klasyfikowane według normy PN-86/B02480 jako rodzime, mineralne, nieskaliste, często gruboziarniste [3]. Wymagają one użycia odpowiednio gęstej płuczki, która będzie w stanie utrzymać ściany otworu. Dla instalacji tego typu aparatury stanowi to poważny problem, gdyż budowa modułowa urządzenia połączona jest przegubami. Podczas zapuszczania narażona jest ona na skręcanie i zginanie. Jakikolwiek kontakt aparatury ze ścianą otworu może spowodować skuteczne jego zablokowanie oraz naruszenie ścian otworu.

Dodatkową trudnością może być sam fakt zachowania pionowości otworu, co również może być kluczowe podczas jego instalacji. Na etapie wierceń zakłada się, że możliwość odchyłu osi otworu od pionu może wynieść nawet do 10% w skali długości. Wynika to z naturalnych uwarunkowań geologicznych, zmienności parametrów fizykomechanicznych oraz wytrzymałościowych

przewierczanych warstw – zwłaszcza, że w proponowanym miejscu instalacji istnieją uskoki i deformacje glaciektoniczne (rys. 2).

Drugim systemem montażu jest instalacja w osłonie. Jako osłonę wskazuje się w tym przypadku ciałowe rurki PVC/PE o świetle przekroju niewiele większym niż średnica inklinometru. Metoda ta również posiada pewne ograniczenia ponieważ zachodzi ryzyko powstania tzw. bańki powietrznej w przestrzeni pomiędzy osłoną, a segmentami inklinometru podczas zapuszczania aparatury do otworu wypełnionego płuczka wiertniczą. Przy wierceniu



Rys. 2. Odchył od pionu spowodowany kątem upadu warstw o różnych parametrach geotechnicznych  
Fig. 2. The tilt of the grill string caused by stratum angles



Rys. 3. Powstanie bańki powietrznej przy zastosowaniu ciałowej osłony PVC/PE  
Fig. 3. The occurrence of air displacement during placing of PVC/PE pipe

na płuczkę w gruntach w przeważającej części sypkich, nie ma możliwości wypompowania jej bez uprzedniego zarurowania otworu wiertniczego. Niemal pewne jest, że w trakcie instalacji w rurkach PVC/PE wolne przestrzenie pomiędzy inklinometrem i osłoną wypełnione zostaną powietrzem, przez co znacznie zwiększy się siła wyporu uniemożliwiając prawidłową instalację inklinometru (rys. 3)

### Innowacyjny system montażu inklinometru nowego typu

W związku z przedstawionymi zagrożeniami dla potrzeb projektu opracowano innowacyjną metodę, która jest modyfikacją wyżej wymienionych systemów. Zamiast całowych rurek PCV/PE zastosowane zostaną rury piezometryczne o średnicy 88 mm.

Główną ideą jest możliwość zapuszczenia inklinometru do

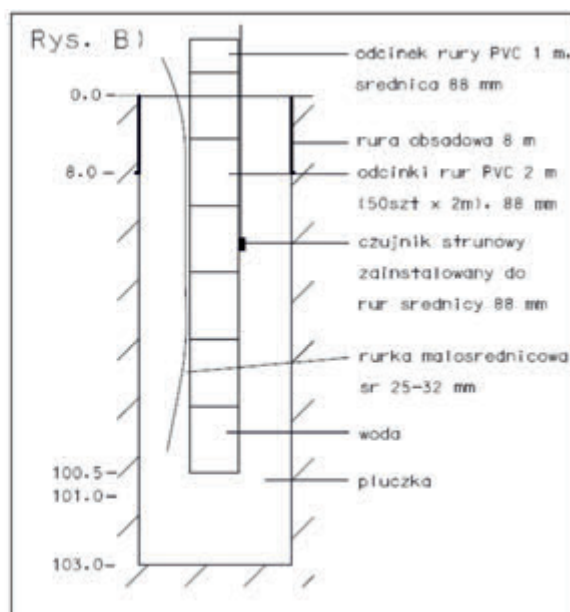
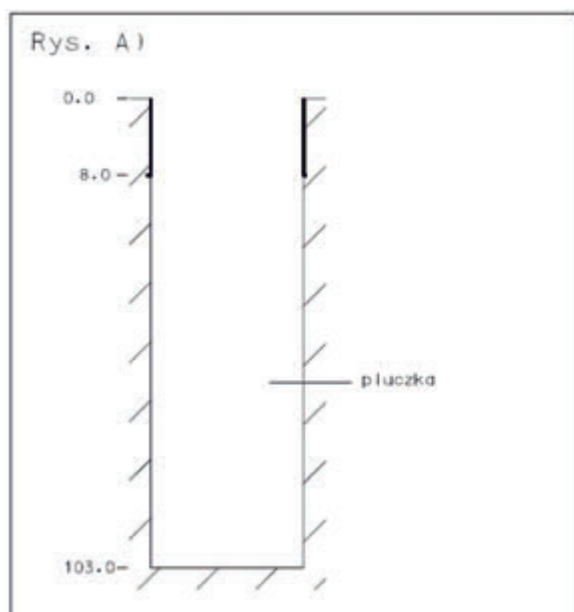
Tab. 1. Procedura instalacji inklinometru nowego typu

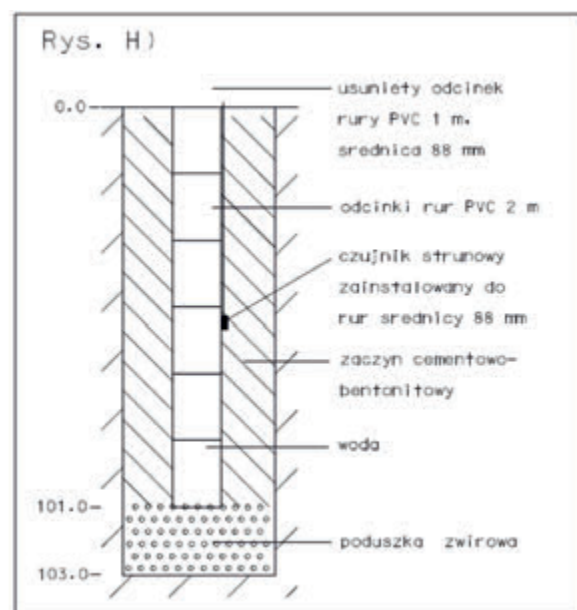
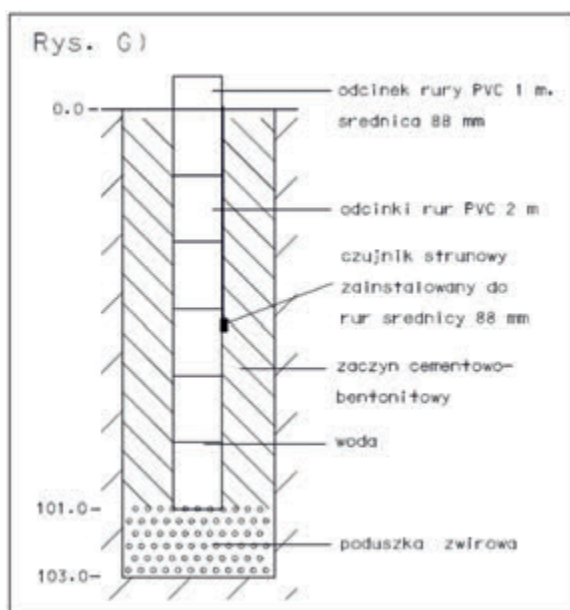
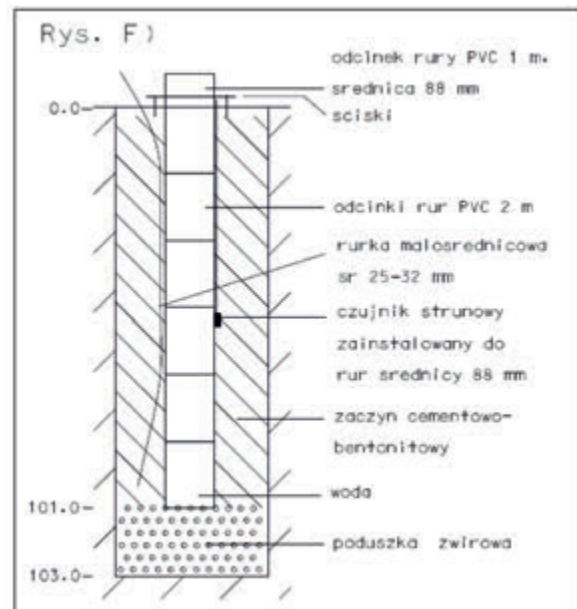
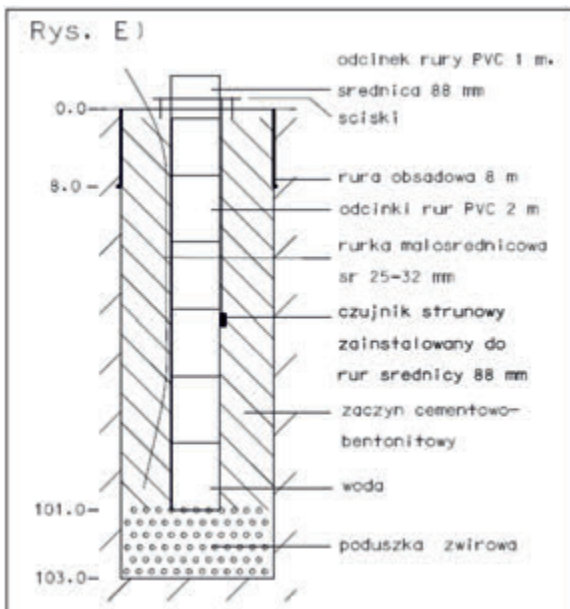
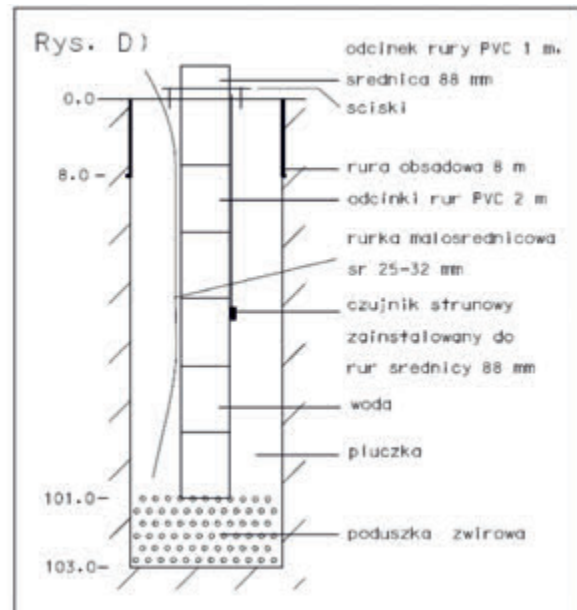
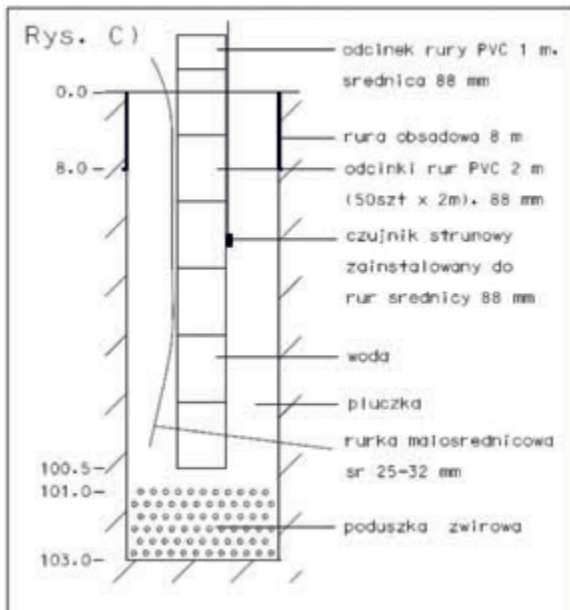
Tab.1. The installation procedure during placing of the new type of inclinometer

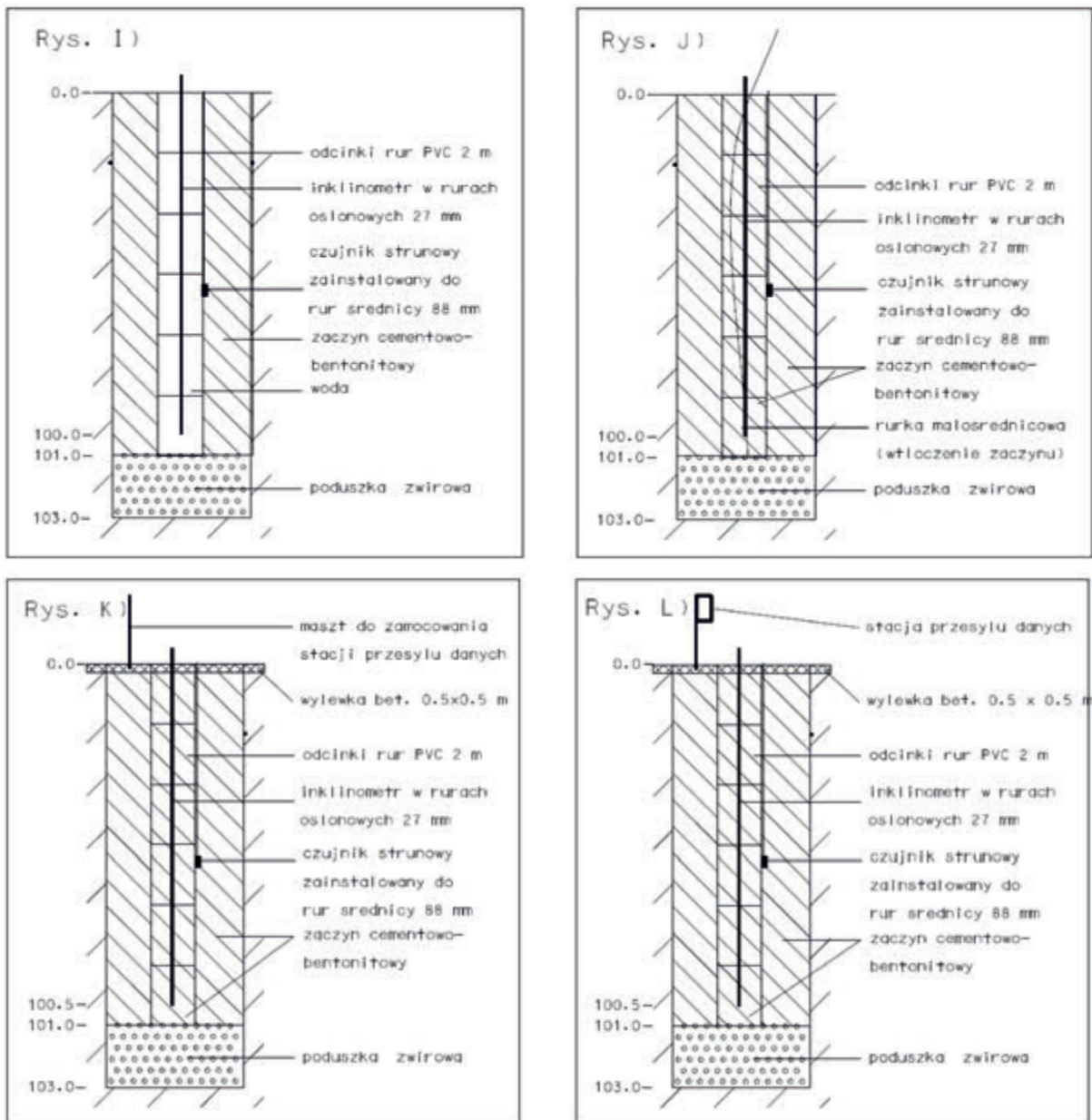
OBJAŚNIENIA GRAFICZNE	PROCEDURA INSTALACJI SYSTEMU INKLINOMETRYCZNEGO
A	Kontrola głębokości otworu wiertniczego.
-	Przygotowanie roztworu płuczkowego.
-	Przygotowanie systemu pomiarowego (inklinometru), przygotowanie rur PVC 88 mm w odcinkach dwumetrowych.
B	Instalacja kolumny rur PVC z denkiem i pierścieniami uszczelniającymi na pół metra przed ostateczną głębokością w taki sposób, że ostatnim odcinkiem jest rura o długości 1 m ( 50 x 2 m + 1 x 1 m). Do kolumny rur PVC jednocześnie przytwierdzony zostanie czujnik strunowy wraz z kablem transmisyjnym oraz wąż gumowy o średnicy 25-32 mm na taśmie adhezyjnej celem późniejszego zatłaczania zaczynu cementowo-bentonitowego.
C	Usypanie poduszki żwirowej do rzędnej 101,0 m p.p.t.
D	Ustabilizowanie kolumny PVC $\phi$ zew. 88 mm na poduszce żwirowej oraz przy pomocy ścisków na wylocie otworu.
E	Zatłoczenie zaczynu cementowo-bentonitowego w przestrzeń pomiędzy ścianę otworu, a zewnętrzną ścianę kolumny PVC.
F	Wyciągnięcie rury obsadowej.
G	Stężenie zaczynu (24 h) i usunięcie ścisków.
H	Usunięcie ostatniej jednometrowej kolumny PVC.
-	Przygotowanie systemu inklinometrycznego do instalacji w otworze.
I	Zapuszczenie inklinometru w całowych rurach osłonowych PVC do rur PVC 88 mm.
J	Wtłoczenie zaczynu cementowo-bentonitowego (wewnątrz rur PVC 88 mm).
K	Wylanie płyty betonowej o wymiarach 0,5 x 0,5 m i zamocowanie masztu.
L	Montaż stacji polowej.
-	Montaż ogrodzenia panelowego z podmurówką o wymiarach 3 x 3 m.

Objaśnienia graficzne do Tab. 1.

The graphical explain to Tab.1.







Rys. 4 A-L. Graficzne przedstawienie procesu instalacji inklinometru nowego typu  
Fig. 4 A-L. The graphical explain of installation the new type of inclinometer

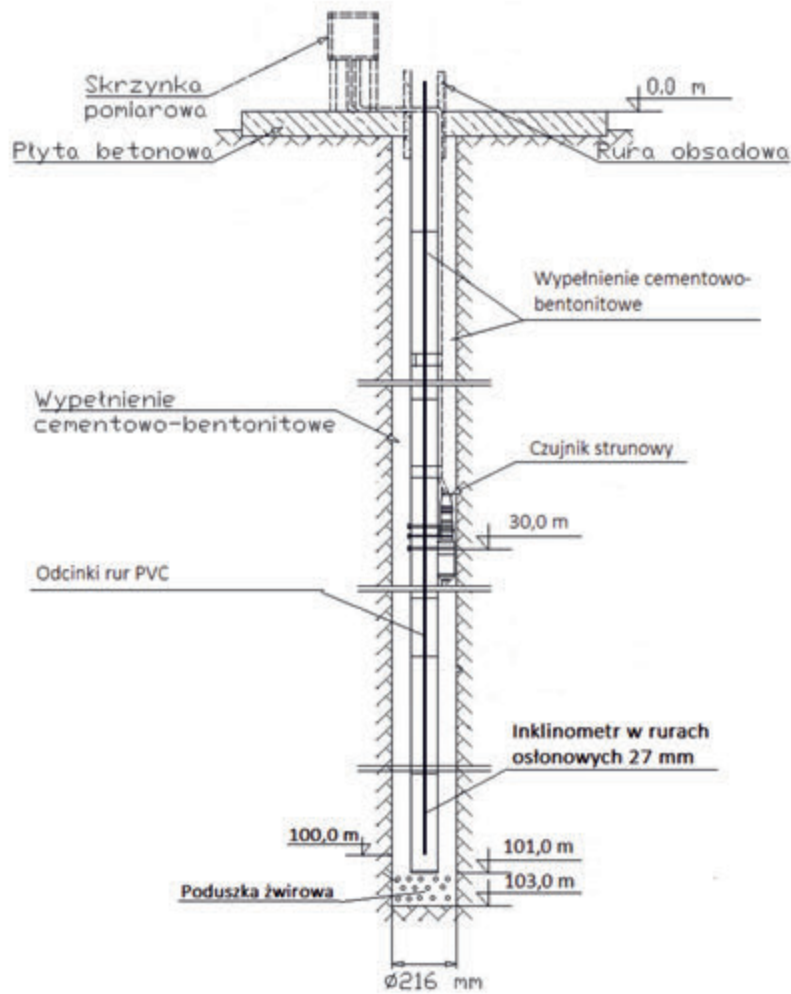
otworu suchego, tak aby pozbyć się siły wyporu i tym samym zwiększyć szanse prawidłowego zapuszczenia aparatury. W tym celu poprowadzone zostaną do otworu wypełnionego płuczką wspomniane rury PVC o średnicy zew.  $\phi$  88 mm. Kolumna rur składać się będzie z odcinków dwumetrowych, skręcanych na gwint trapezowy, dodatkowo uszczelnionych. Na dnie kolumny dokręcone zostanie denko przeciwdziałające nabieraniu zanieczyszczeń do wnętrza rury podczas opuszczania. Rozrzedzenie płuczki w granicach bezpieczeństwa stabilności ścian otworu oraz zalewanie wodą od góry rur piezometrycznych powinno pozwolić na ich opuszczenie do planowanej głębokości 101 m. Przed całkowitym opuszczeniem kolumny rur zostanie podsypana poduszka żwirowa stanowiąca jej fundament. Przestrzeń między ścianą otworu, a kolumną rur wypełniona zostanie zaczynem cementowo-bentonitowym, po zastygnięciu którego z wnętrza kolumny opróżniona zostanie woda metodą hydrodynamiczną *air lift* [6-11]. Następnie do suchej kolumny rur wpuszczony zostanie inklinometr, który zostanie zalany zaczynem cementowo-bentonitowym. Za pomocą utwardzonego zaczynu nastąpi pośrednie połączenie

aparatury kontrolno-pomiarowej z górotworem. Na koniec przeprowadzone zostaną prace mające na celu połączenie inklinometru do stacji przesyłu danych znajdującej się tuż nad aparaturą.

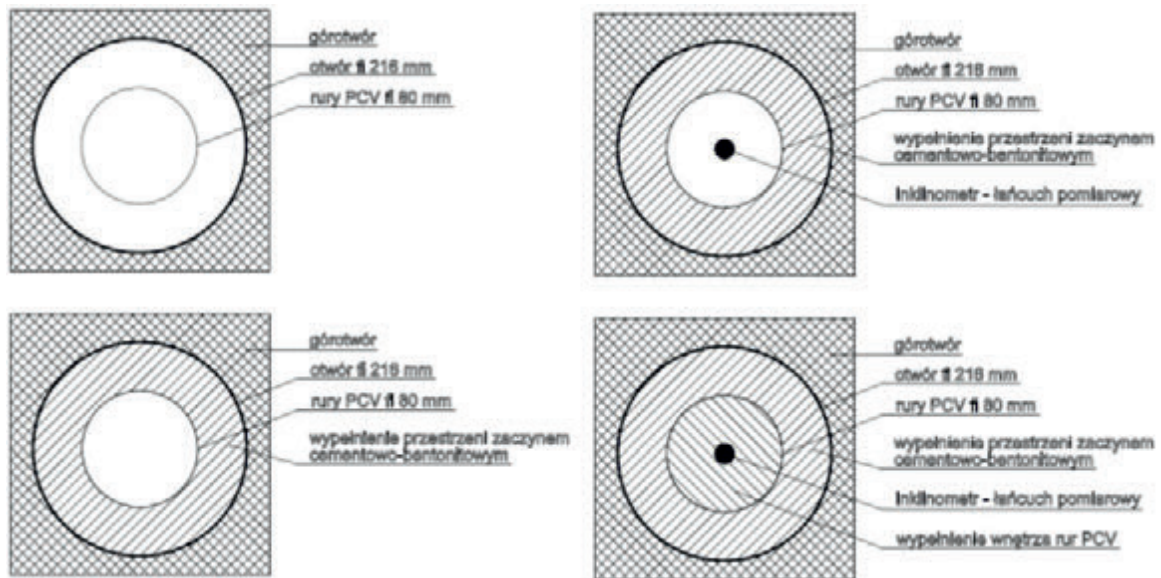
Opisaną wyżej technologię instalacji przedstawiono w sposób syntetyczny w tabeli 1 oraz na rysunkach od 4 do 6.

### Podsumowanie

Ze względu na ryzyko uszkodzenia urządzenia pomiarowego podczas jego instalacji w zaburzonym glicitektonicznie górotworze oraz występowanie w przeważającej części górotworu gruntów piaszczystych proponuje się instalację inklinometru nowego typu w dodatkowych rurach piezometrycznych. Jest to innowacyjna technologia instalacji stanowiąca modyfikację przedstawionych w niniejszym artykule dwóch stosowanych obecnie metod montażu inklinometru nowego typu. Ponieważ technologia zabudowy otworu wiertniczego inklinometrem nowego typu jest podobna do stosowanej podczas wykonywania piezometrów otwartych, można stwierdzić,



Rys. 5. Schemat zabudowy otworu inklinometrem nowego typu  
 Fig. 5. The construction of the borehole with the new type of inclinometer and water pore pressure sensor



Rys. 6. Schematyczny rzut z góry na otwór wiertniczy i jego stopniowa zabudowa inklinometrem nowego typu  
 Fig. 6. The scheme of installation the new type of inclinometer in the borehole

że nie będzie stwarzać wielu problemów. Największą trudnością może okazać się wypompowanie wody z kolumny rur, czego nie ma przy instalacji piezometrów otwartych. Niemniej jednak wykorzystanie metody hydrodynamicznej *air lift* powinno przynieść dobry rezultat.

Innowacyjną technologię instalacji cechuje uniwersalność. Może być stosowana na każdym obiekcie inżynierskim, gdzie występują trudne, bądź skomplikowane warunki geologiczne, w których inne technologie instalacji zawodzą.

## Literatura

- [1] Stefanek Paweł, Sorbjan Paweł, Stępień Michał: Monitoring i jego wykorzystanie w eksploatacji i projektowaniu rozbudowy składowiska „Żelazny Most”. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, 2010, nr 8/1/2010, s.105-116
- [2] Bednarczyk Zbigniew. Metody monitoringu osuwisk i wczesnego ostrzegania on-line na przykładzie badań geologiczno-inżynierskich w Beskidzie Niskim i Średnim. *Przegląd Geologiczny*, 2015, vol.63, nr 10/3
- [3] Wiłun Zenon, *Zarys Geotechniki*, Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2013, 723s, ISBN 978-83-206-1914-0
- [4] [http:// measurandgeotechnical.com](http://measurandgeotechnical.com)
- [5] Stanisław Jacek. Możliwość rozpoznania zagrożenia osuwiskowego na podstawie obserwacji zmian ciśnienia porowego w ośrodku geologicznym. *Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP*, 2013, nr 3(102)
- [6] Dunncliff John, *Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance*, New York: John Wiley and Sons, 1993, 577s, ISBN 0-471-00546-0
- [7] Contreras Ivan. The Use of the Fully-Grouted Method for Piezometer Installation. *Geotechnical Instrumentation News*, June 2008, s.19-25
- [8] Contreras, Ivan. Basic Strength and Deformation Properties of Cement-Bentonite Grout Mixes for Instrumentation Installation. *Proceedings of the 55th Annual Geotechnical Engineering Conference University of Minnesota*, 2007
- [9] Contreras Ivan. Practical Aspects of the Fully-Grouted Method for Piezometer Installation. *Eighth International Symposium on Field Measurements in Geomechanics*, Berlin 2001
- [10] Green G., *Geotechnical Giled Instrumentation: What's New in 2000*, 2000, vol.18, nr 4, s.26-30. ISBN 90-5809-602-5
- [11] Mikkelsen P., Cement-Bentonite Grout Backfill for Borehole Instruments. *Geotechnical News*, December 2002, vol.20, nr 4, s.38-42



Fot. Renata S-K

Z cyklu: „Pustka na granicy nicości”