

www.pgi.gov.pl/drogi

XXIV Międzynarodowe
Targi Budownictwa Drogowego
AUTOSTRADA POLSKA 2018
Kielce, 08-10.05.2018 r.


Targi Kielce
exhibition & congress centre

CZĘŚĆ 1

Wytyczne badań podłoża budowlanego w drogownictwie

METODY GEOFIZYCZNE

Grzegorz **PACANOWSKI** |

Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

Patronat medialny

 **inzynieria**.com
jeden portal - wiele branż

 **NOWOCZESNE METODY
ROZPOZNANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO
W DROGOWNICTWIE**

Projekt „Nowoczesne metody rozpoznania podłoża gruntowego w drogownictwie”
finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Skarbu Państwa - Generalną Dyrekcję
Dróg Krajowych i Autostrad w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia RD

 Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju

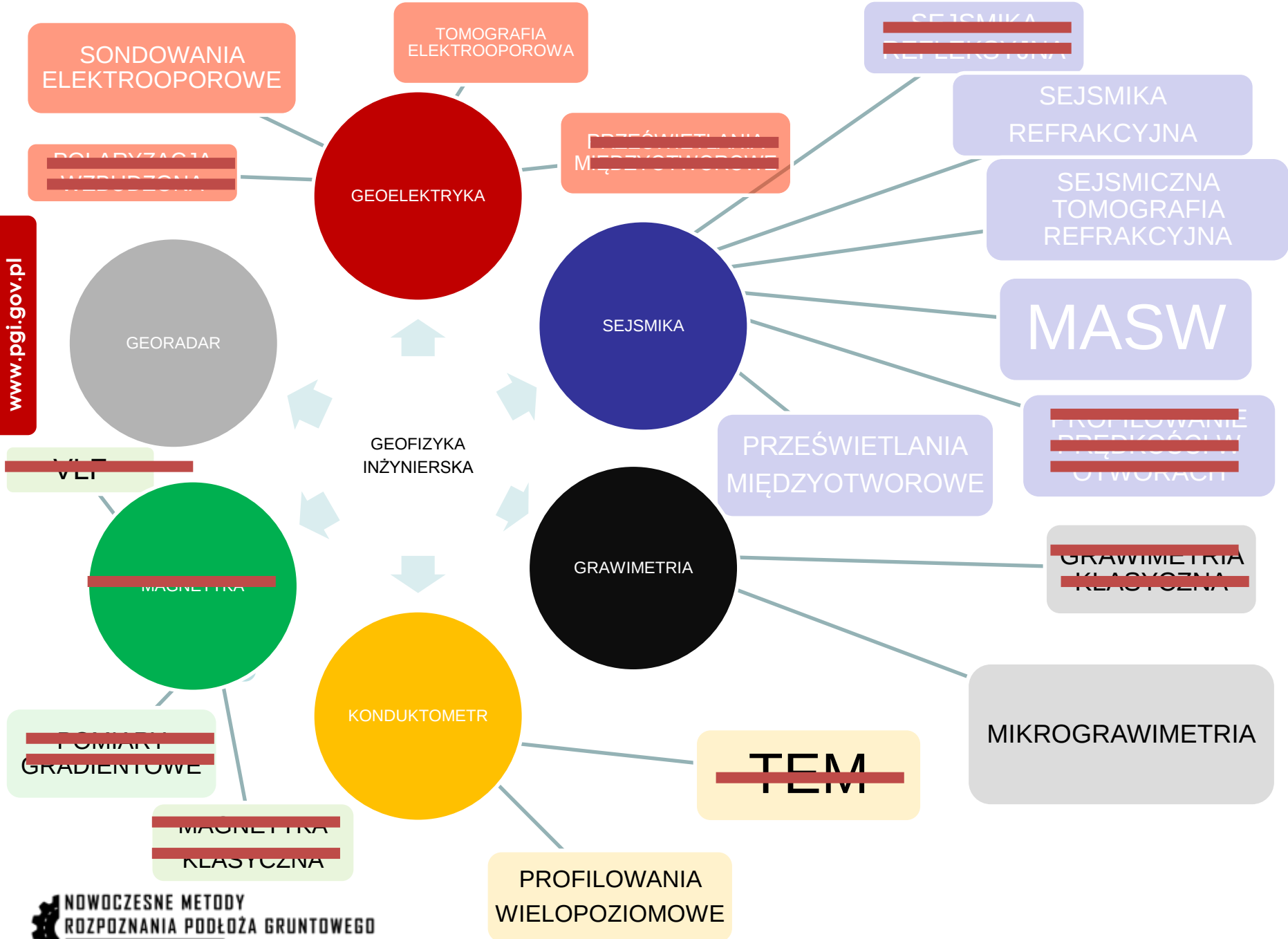
 **GDDKiA**

 **RID**

NEAR SURFACE GEOPHYSICS

Geofizyka inżynierska (używana jest też nazwa – geotechnical geophysics): badania wykonywane są głównie w celu rozpoznania budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych oraz oszacowania parametrów mechanicznych badanego ośrodka, przede wszystkim dla celów budownictwa inżynierskiego.





WYMAGANIA DOTYCZĄCE STOSOWANIA BADAŃ NA POSZCZEGÓLNYCH ETAPACH PROCESU INWESTYCYJNEGO

www.pgi.gov.pl Etapy procesu inwestycyjnego Rodzaj prac dokumentacyjnych	Etap przygotowania				Etap realizacji	Etap eksploatacji	
	SK	STEŚ STEŚ-R I Etap	KP STEŚ-R II Etap	PB	B OB, RB, NB	R/P	
						PB	B
Zbieranie dostępnych informacji o terenie i jego podłożu budowlanym w tym wizja terenowa							
Kartowanie geologiczno-inżynierskie							
Pomiary geodezyjne							
Pomiary fotogrametryczne i teledetekcyjne							
Badania geofizyczne	NW	W	W	Z	Z	Z	Z
Wiercenia w tym pobór próbek oraz makroskopowe oznaczenie gruntów i skał							
Badania laboratoryjne							
Sondowania							
Pomiary i badania hydrogeologiczne wykonywane podczas wierceń							
Badania środowiskowe (wykonywane podczas wierceń także w przypadku stwierdzenia zanieczyszczeń)							
W - wymagane; NW - niewymagane; Z - zalecane;							

- PROJEKT PRAC GEOFIZYCZNYCH
- DOKUMENTACJA BADAŃ GEOFIZYCZNYCH (DBG) LUB ROZDZIAŁ W DOKUMENTACH PODSTAWOWYCH

Wykonywanie badań terenowych – cel, metodyka

Dobór metod geofizycznych powinien być uzależniony od: celu rozpoznania, głębokości rozpoznania i technicznych uwarunkowań metody (rozdział 5.3).

Celem wykonywania badań geofizycznych w zakresie rozpoznania podłoża budowlanego jest dostarczenie danych, które poprzez quasi ciągły charakter zobrazowania środowiska geologicznego wspomagają opracowanie modelu geologicznego oraz identyfikację zagrożeń dla obiektu budowlanego.

Metody geofizyczne pozwalają na zwiększenie zasięgu rozpoznania podłoża budowlanego poza strefę badań inwazyjnych. Badania geofizyczne dostarczają przede wszystkim informacji o zmienności podłoża, przez co można zoptymalizować zakres prac dokumentacyjnych dotyczących wierceń i sondowań.

Na podstawie badań geofizycznych można prowadzić przybliżone oceny rozprzestrzenienia i zmienności stwierdzonych w podłożu warstw i struktur.

Badania geofizyczne na każdym etapie realizacji inwestycji wykonywane są w dwóch etapach:

- badania podstawowe, umożliwiające wskazanie lokalizacji otworów wiertniczych i sondowań oraz wstępne wydzielenie warstw gruntów i skał w celu wyznaczenia miejsc poboru prób do badań laboratoryjnych,
- badania uzupełniające w celu uszczegółowienia anomalii oraz wspomagania opracowania modelu geologicznego.

Dobór metod geofizycznych powinien być uzależniony od: celu rozpoznania, głębokości rozpoznania, warunków geologiczno-inżynierskich/warunków geotechnicznych oraz technicznych uwarunkowań dla przeprowadzenia badań.

Orientacyjne zasięgi głębokościowe poszczególnych metod geofizycznych

Zasięg głębokości	ERT	VES	GCM	SPR	STR-S STR-P	MASW	SBT	GRAW	GPR
~3 m	Z	Z	Z	NZ	NZ	Z	NZ	NZ	Z
~6 m	Z	Z	Z/O	Z	Z	Z	Z/O	Z/O	Z
~10 m	Z	Z	NZ	Z	Z	Z	Z	Z/O	Z/O
~15 m	Z	Z	NZ	Z	Z	Z	Z	Z	NZ
~30 m	Z	Z	NZ	Z	Z	Z/O	Z	Z	NZ
Z- zalecane; Z/O - zalecane z ograniczeniami; NZ - niezalecane									

Do oszacowania zmian w budowie geologicznej podłoża (litologia, elementy strukturalne) stosuje się metodę elektrooporową w wersji sondowań elektrooporowych (VES) i tomografii elektrooporowej (ERT). Metoda ERT umożliwia rozpoznawanie środowiska geologicznego z pożądaną szczegółowością przestrzenną.

Metoda elektromagnetycznych wielopoziomowych profilowań indukcyjnych (GCM) może być używana jako uzupełnienie pomiarów elektrooporowych np.: w celu zagęszczenia rozpoznania lub okonturowania np.: gruntów słabych. W szczególnym przypadku, dopuszcza się stosowanie metody GCM zamiast tomografii elektrooporowej.

Do oszacowania parametrów sprężystych podłoża stosuje się metody z zakresu sejsmiki inżynierskiej określające rozkład przestrzenny wartości prędkości fali poprzecznej (S), w tym wielokanałową analizę fal powierzchniowych (MASW) i sejsmikę refrakcyjną fali S w wersji tomograficznej (sejsmiczną tomografię refrakcyjną STR-S). W obszarach o podłożu zbudowanym ze skał litych dopuszcza się wykonanie sejsmicznej tomografii refrakcyjnej fali P (STR-P).

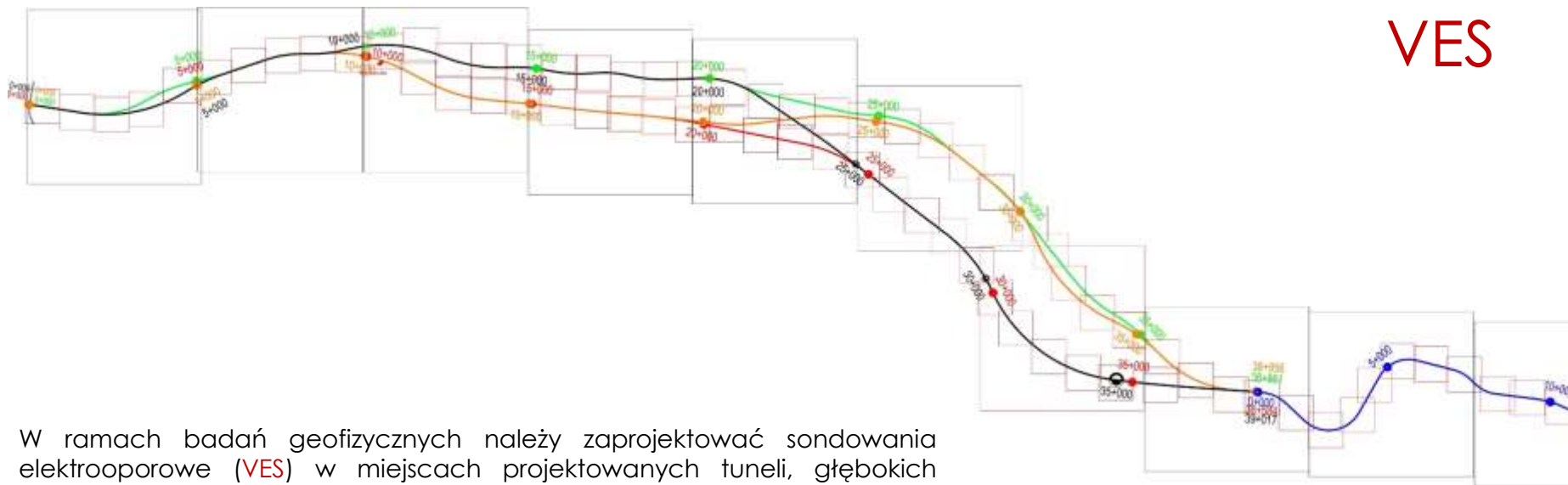
Metodę georadarową (GPR) stosuje się do rozpoznania z wysoką rozdzielczością zmienności podłoża. Metodę tę należy również stosować na etapie remontu i modernizacji istniejącej drogi, dla rozpoznania geometrii i układu warstw konstrukcji nawierzchni drogi istniejącej, podłoża pod tą konstrukcją. Dodatkowo metoda ta jest rekomendowana w zakresie rozpoznania przebiegu sieci uzbrojenia terenu. Rekomenduje się również stosowanie metody GPR w przypadku przebiegu inwestycji w obszarach krasowych i pustek pogórnich.

Metodę grawimetryczną zaleca się stosować w przypadku przebiegu inwestycji w obszarach występowania zjawisk krasowych oraz na terenach górniczych i pogórnich.

Badania geofizyczne mogą być wykonywane przez:

- doświadczonego geofizyka (zgodnie z wymaganiami określonymi przez Zamawiającego np.: w specyfikacji istotnych wymagań zamawiającego),
- geofizyka posiadającego kwalifikacje geologiczne kategorii IX lub X (obowiązujące do roku 2015),

VES

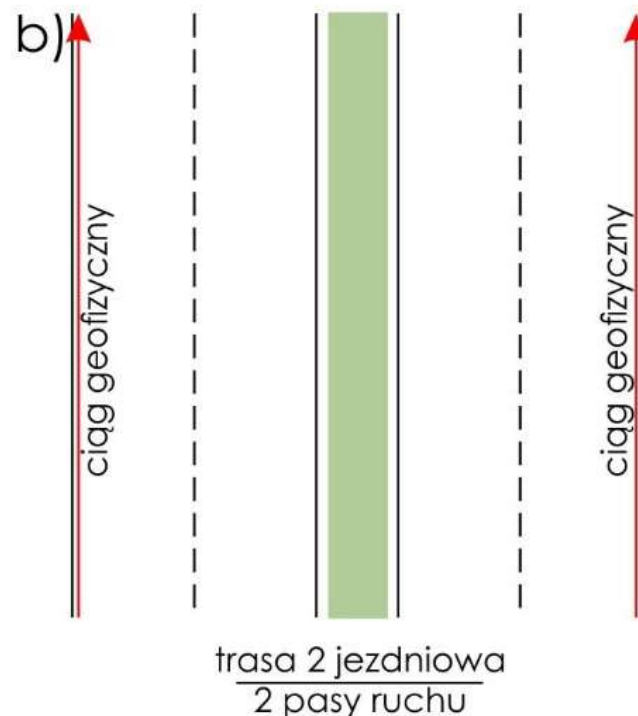
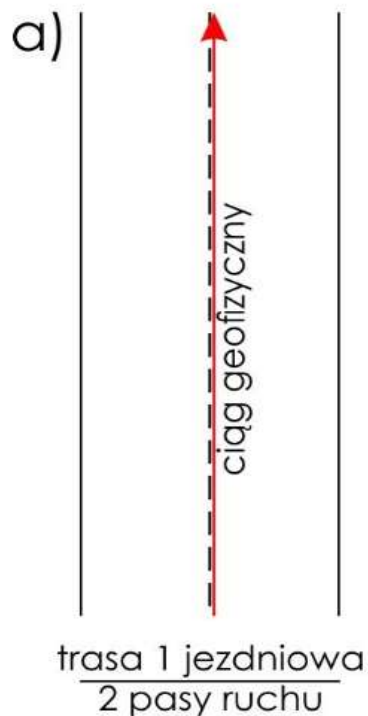


W ramach badań geofizycznych należy zaprojektować sondowania elektrooporowe (VES) w miejscach projektowanych tuneli, głębokich wykopów lub wysokich nasypów w liczbie 1 stanowisko VES (2 sondowania wykonane w układzie krzyżowym) na około 100 m długości tunelu/wykopu/nasypu zlokalizowanych na każdym wariancie projektowanej trasy. Dopuszcza się przesunięcie lokalizacji sondowania VES nie więcej niż 50 m prostopadle od osi wariantu projektowanej trasy tak, aby pojedyncze sondowanie VES mogło służyć rozpoznaniu dla różnych wariantów trasy.

Dodatkowo zaleca się, by sondowania elektrooporowe wykonywane były w miejscach, gdzie wykonanie wierceń nie jest możliwe z uwagi na przepisy ochrony środowiska.

DROGA

(METODA PODSTAWOWA) ERT



DROGA

(METODA PODSTAWOWA) ERT

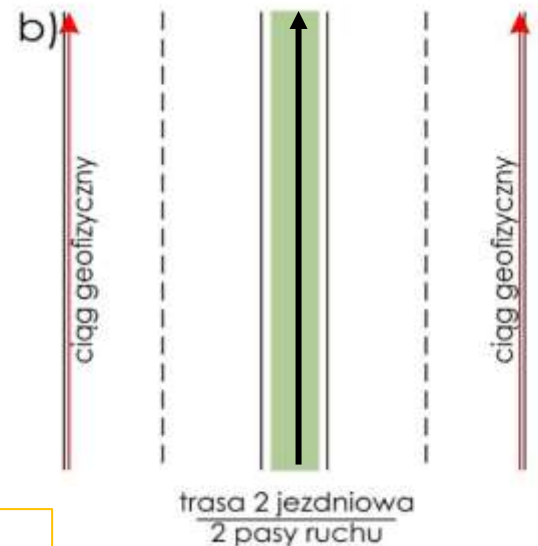


ERT (METODA PODSTAWOWA)

GCM (METODA WSPOMAGAJĄCA)

- projektowana droga przebiegać będzie na obszarach, gdzie występują proste warunki gruntowe,
- projektowana droga/węzeł przebiegać będzie w nasypach nie wyższych niż 3 m,
- zaprojektowane wiercenia i sondowania nie będą głębsze niż 3 m

Uwaga: Dodatkowo dla drogi projektuje się badania geofizyczne metodą GCM w przypadkach, gdy na obszarze badań stwierdzono grunty organiczne w celu ich okonturowania.



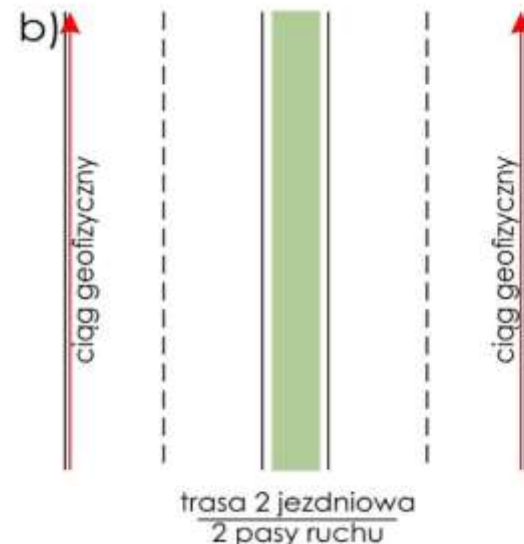
MASW LUB SRT-S (METODA WSPOMAGAJĄCA)

- wymagana jest informacja o parametrach sprężystych podłoża budowlanego (w takim przypadku wykonuje się dodatkowy 1 profil metodą MASW lub SRT-S w profilu pokrywającym się z profilem ERT),
- w podłożu projektowanej drogi występują skomplikowane warunki gruntowe (w takim przypadku wykonuje się dodatkowe profile metodą MASW lub SRT-S w profilach pokrywających się z profilami ERT),
- występują osuwiska w gruntach; wówczas metodę MASW lub SRT-S można zastosować jednocześnie z ERT (w takim przypadku należy zaprojektować tylko 1 profil metodą ERT, a drugi metodą MASW lub SRT-S, przy czym należy skonsultować to z Zamawiającym). Projektując wspólne badania w postaci kompilacji metody ERT i MASW lub SRT-S, można zaprojektować je wzdłuż 1 ciągu w osi drogi, lub osobno dla 2 ciągów skrajnych

ERT (METODA PODSTAWOWA)

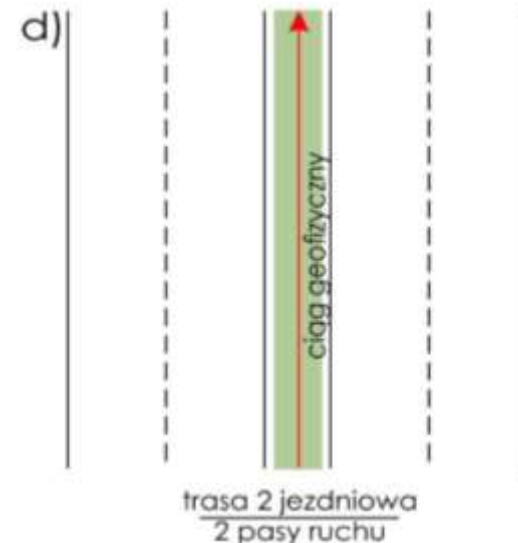
SRT-P (METODA WSPOMAGAJĄCA)

- na podstawie analizy materiałów archiwalnych w podłożu projektowanej drogi w przedziale głębokości 0-30 m p.p.t. stwierdzono występowanie zwierzelin i skał (w takim przypadku dopuszcza się zaprojektowanie tylko 1 profilu metodą ERT, a drugiego metodą SRT-P). Projektując badania w postaci kompilacji metody ERT i SRT-P, należy zaprojektować je wzdłuż jednego wspólnego ciągu dla obu metod w osi drogi,
- występują osuwiska w skałach.



GPR (METODA WSPOMAGAJĄCA)

- w podłożu projektowanej drogi stwierdzono występowanie form krasowych i innych naturalnych lub sztucznych pustek w podłożu (badania wymagane),
- prowadzona jest przebudowa i remont drogi (badania wymagane),
- w podłożu drogi występują skomplikowane warunki gruntowe (badania zalecane),
- w podłożu projektowanej drogi w przedziale głębokości 0-8 m p.p.t. stwierdzono występowanie zwierzelin i skał (badania zalecane),



mGRAW

- Uwaga: Dodatkowo dla pasa drogowego i strefy zagrożeń projektuje się geofizyczne badania grawimetryczne w przypadkach, gdy w podłożu projektowanej drogi stwierdzono występowanie:
- szkód górniczych,
- form krasowych
- innych pustek naturalnych i sztucznych w podłożu drogi.

DROGOWE OBIEKTY INŻYNIERSKIE

ERT (METODA PODSTAWOWA)

GCM (METODA WSPOMAGAJĄCA)

Dodatkowo dla obiektów projektuje się badania geofizyczne metodą GCM w przypadkach, gdy na obszarze badań stwierdzono grunty organiczne w celu ich okonturowania.

MASW LUB SRT-S (METODA WSPOMAGAJĄCA)

- wymagana jest informacja o parametrach sprężystych podłoża budowlanego,
- w podłożu DOI występują skomplikowane warunki gruntowe,

SRT-P (METODA WSPOMAGAJĄCA)

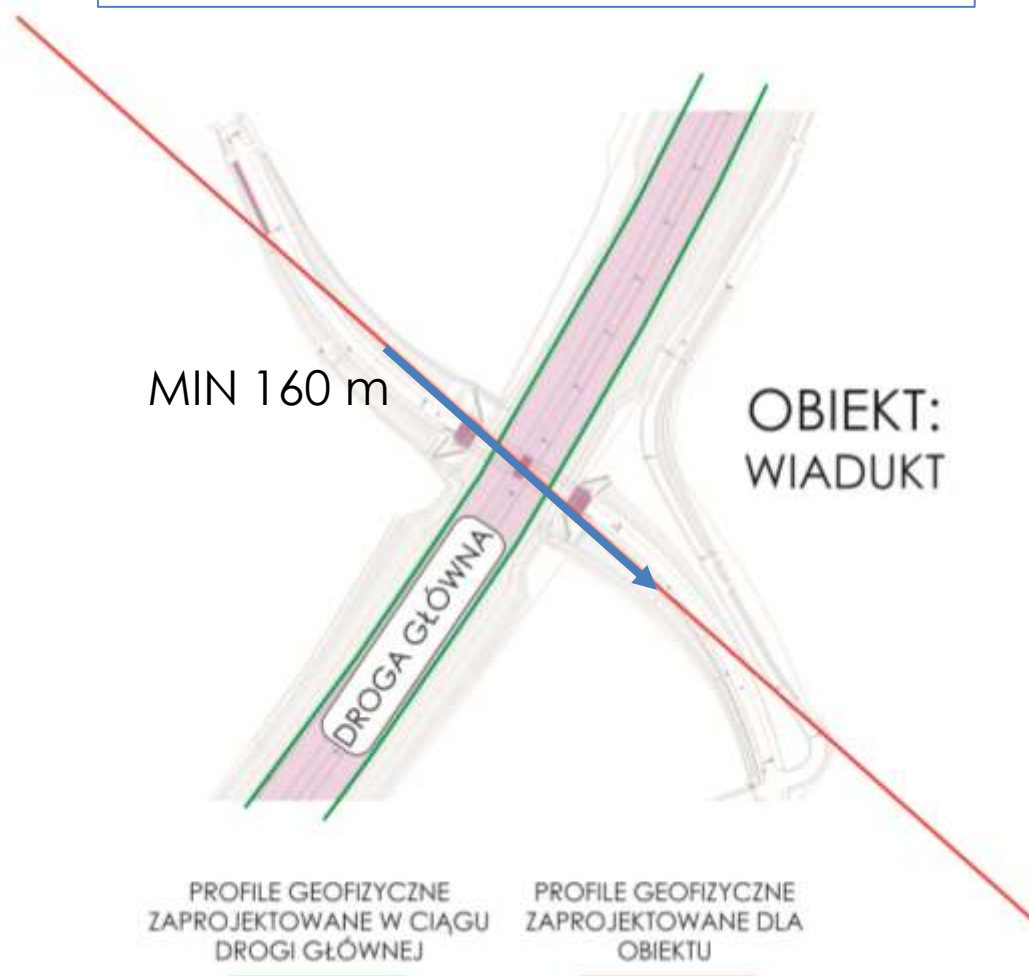
na podstawie analizy materiałów archiwalnych w podłożu DOI w przedziale głębokości 0-30 m p.p.t. stwierdzono występowanie zwierzelin i skał.

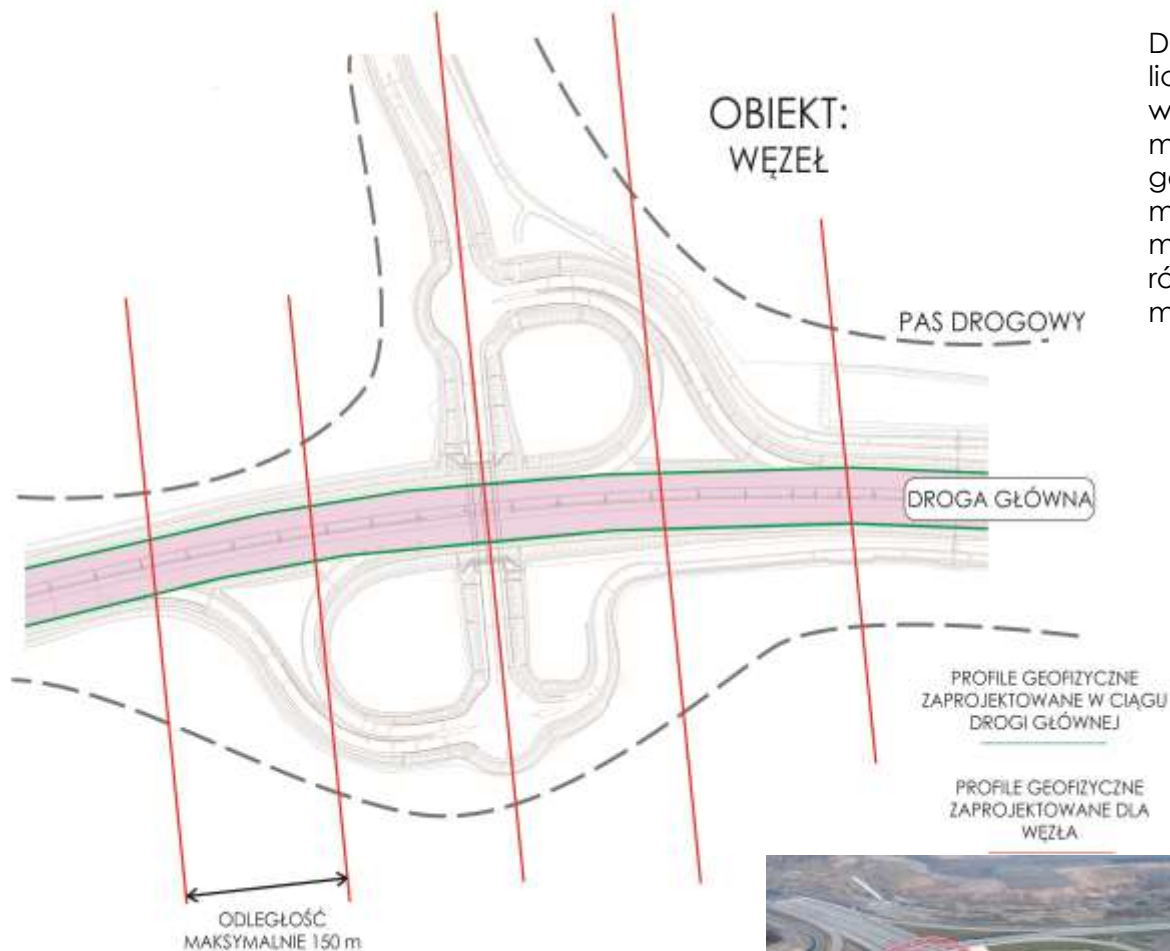
GPR (METODA WSPOMAGAJĄCA)

- w podłożu DOI stwierdzono występowanie form krasowych i innych naturalnych lub sztucznych pustek w podłożu (wymagane),
- w podłożu DOI występują skomplikowane warunki gruntowe (zalecane),
- w podłożu DOI w przedziale głębokości 0-8 m p.p.t. stwierdzono występowanie zwierzelin i skał (zalecane),

mGRAW (METODA WSPOMAGAJĄCA)

- szkód górniczych,
- form krasowych
- innych pustek naturalnych i sztucznych w podłożu drogi.





Dla węzłów drogowych lokalizację, długość i liczbę profili geofizycznych zaleca się dobrać w zależności od rozmiaru węzła, przy czym minimalna wymagana liczba profili geofizycznych dla węzła drogowego nie może być mniejsza niż **3 profile geofizyczne**, a maksymalna odległość między kolejnymi, równoległymi profilami geofizycznymi nie może być większa niż **150 m**.

ERT (METODA PODSTAWOWA)

GCM (METODA WSPOMAGAJĄCA)

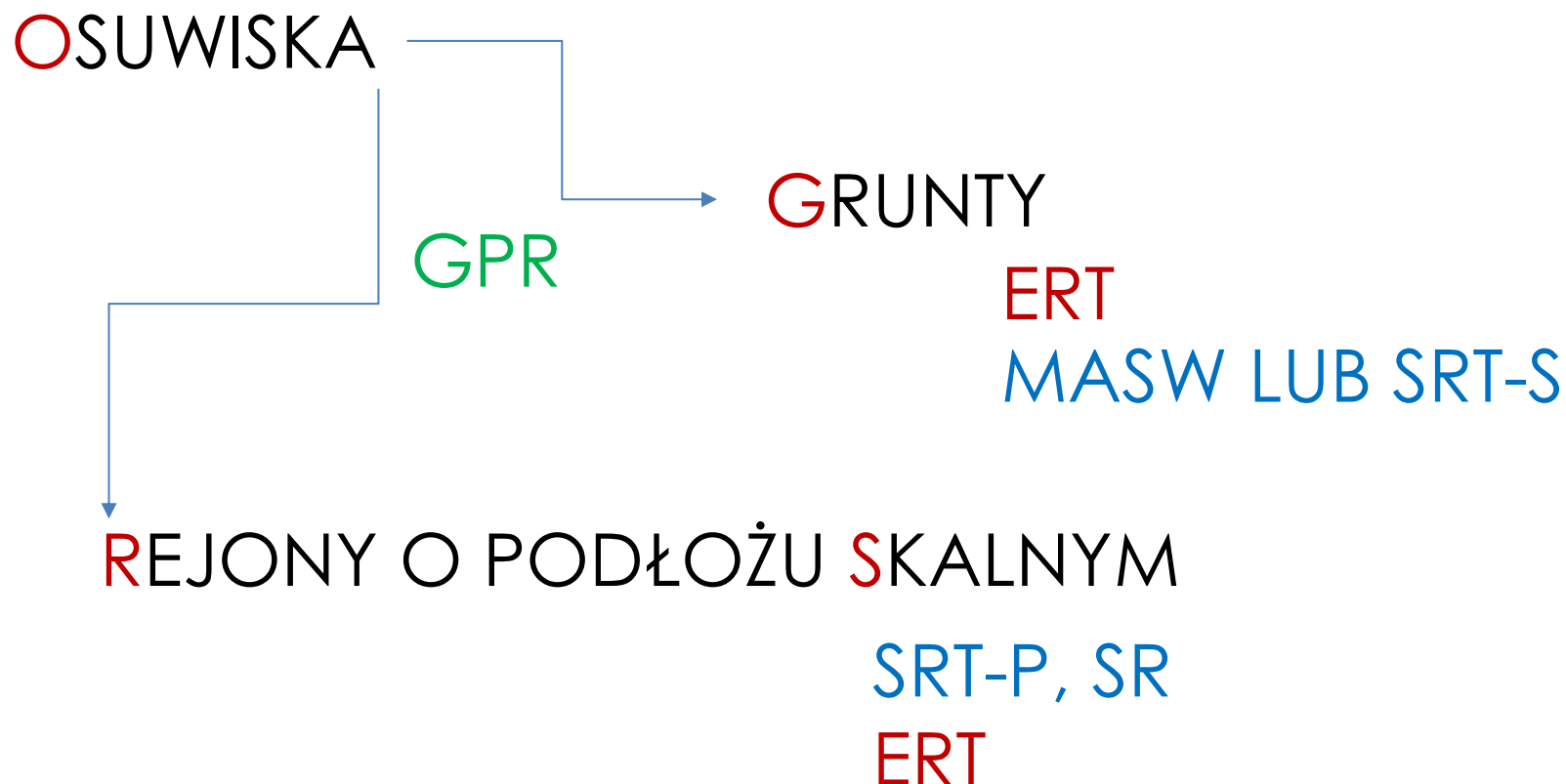
MASW LUB SRT-S
(METODA WSPOMAGAJĄCA)

SRT-P (METODA WSPOMAGAJĄCA)

GPR (METODA WSPOMAGAJĄCA)

mGRAW (METODA WSPOMAGAJĄCA)

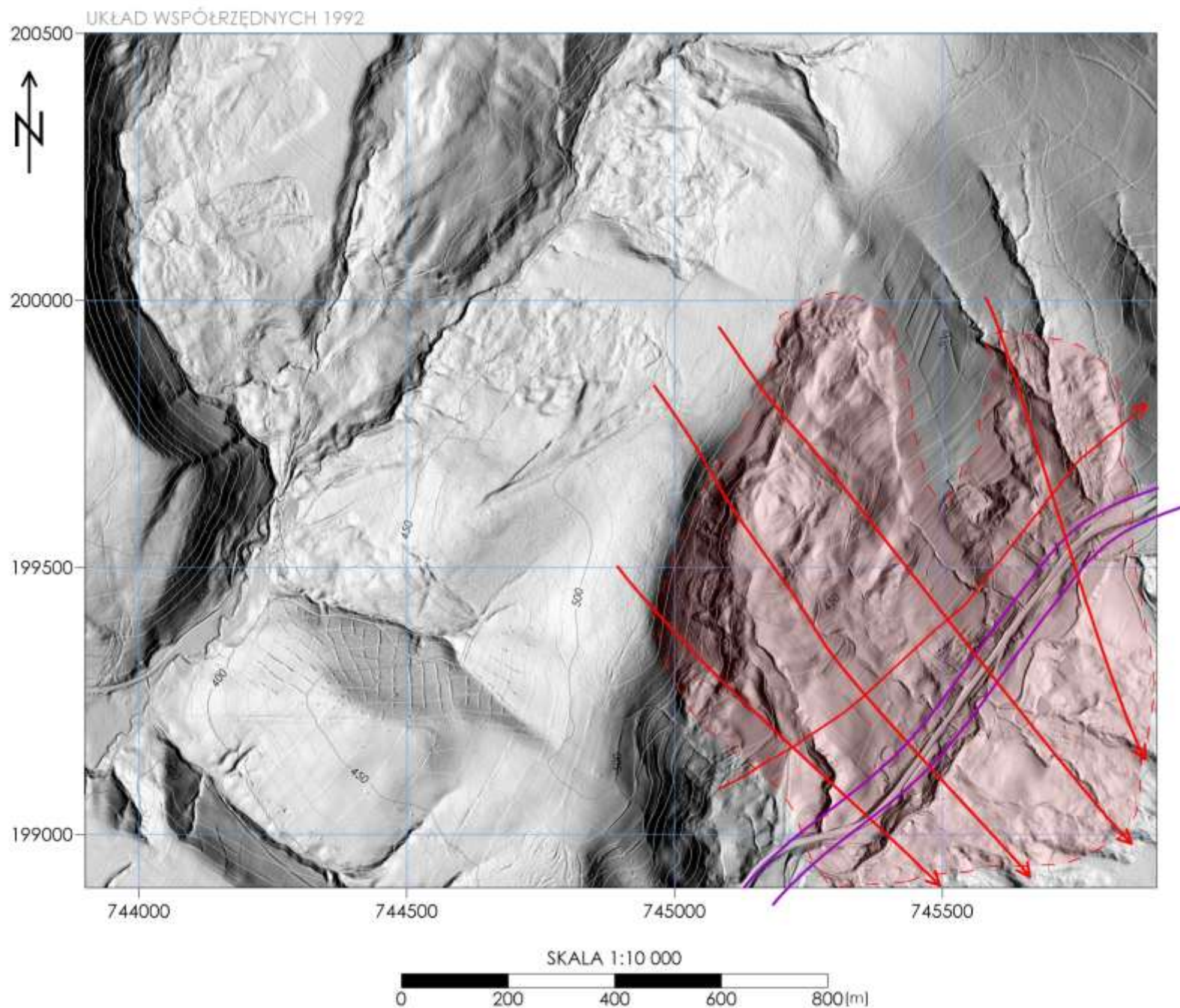




Niezależnie od szerokości osuwiska wykonuje się min. 1 profil geofizyczny zlokalizowany w osi osuwiska i 1 profil zlokalizowany poprzecznie do osi osuwiska.

Dla osuwisk, których szerokość przekracza 200 m, należy wykonać dodatkowy profil równoległy do osi osuwiska na każde kolejne, rozpoczęte 200 m szerokości.

Badania geofizyczne należy projektować tak, aby minimalna głębokość rozpoznania podłoża budowlanego dla drogi i węzłów drogowych, w zależności od zastosowanej metody badań geofizycznych, wynosiła nie mniej niż podano w tabeli (Tabela 25).



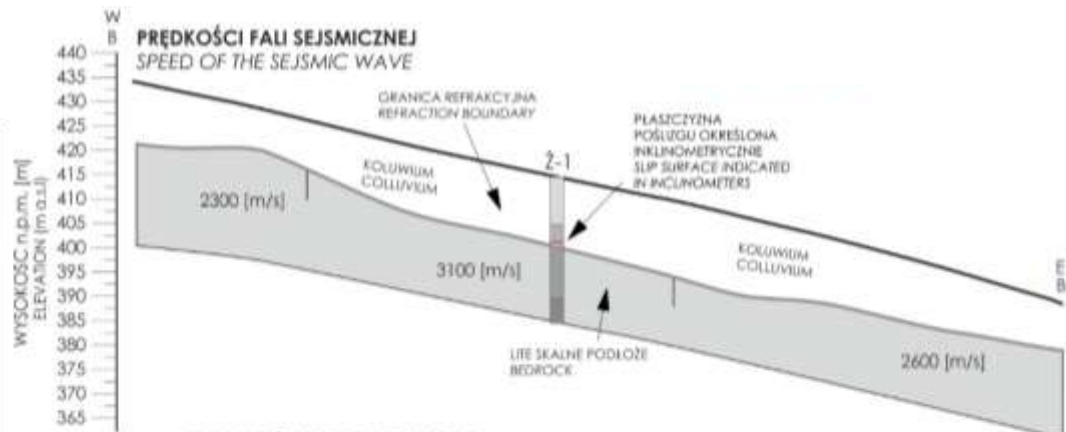
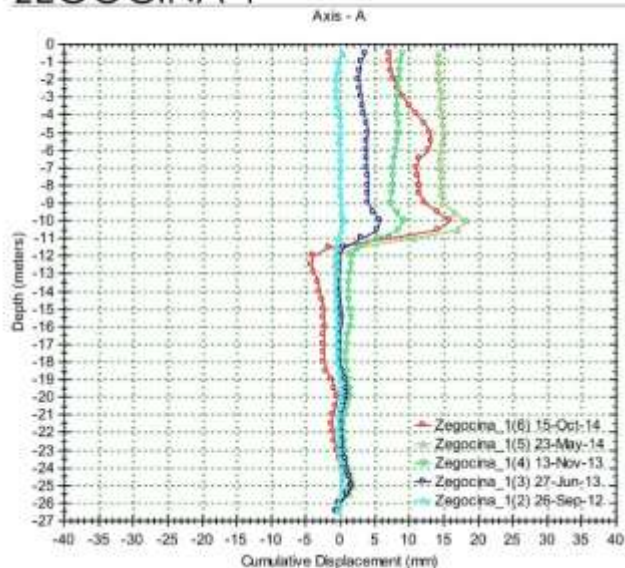
Badania geofizyczne i klasyfikacje geotechniczne w ocenie stateczności karpackich zboczy fliszowych



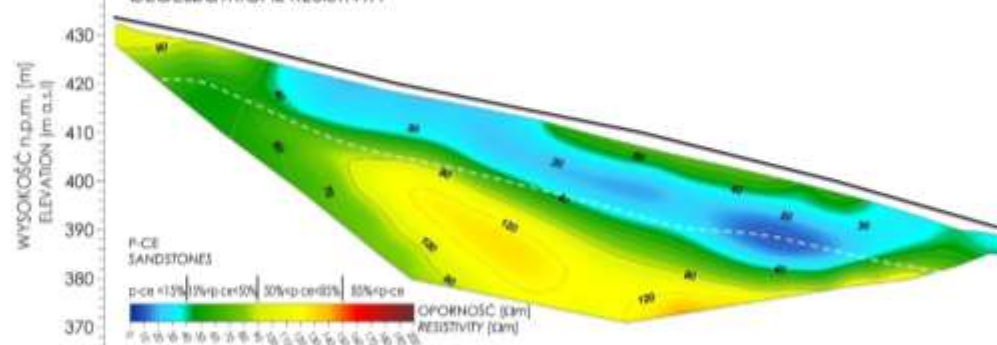
OBJAŚNIENIA

- LOKALIZACJA I KIERUNEK PROFILU TOMOGRAFI ELEKTROOPOROWEJ
- LOKALIZACJA I KIERUNEK PROFILU SEJSKIM REFRAKCYJNEJ
- Z-1 ARCHIWALNE OTWORY BADAWCZE
- GRANICE OSUWISKA

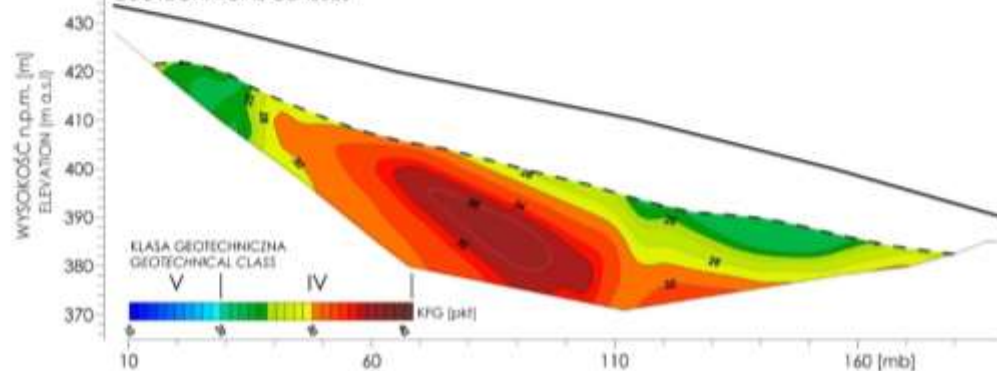
ŻEGOCINA-1



OPORNOŚCI GEOELEKTRYCZNE GEOELECTRICAL RESISTIVITY



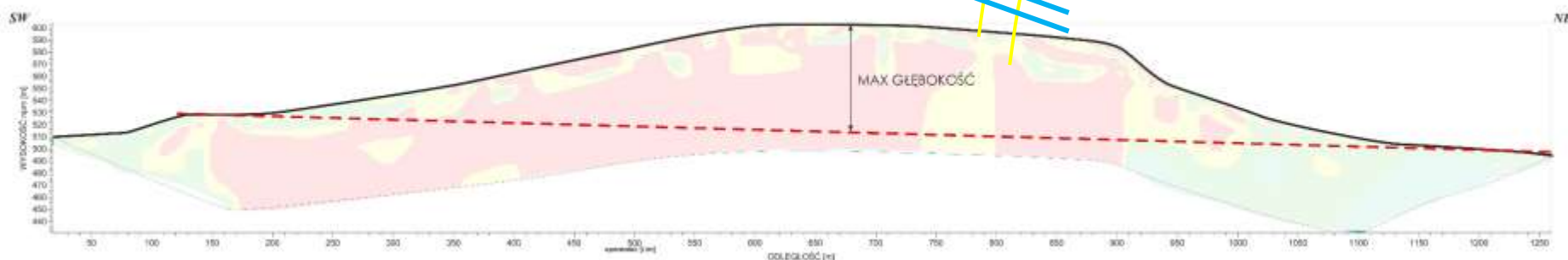
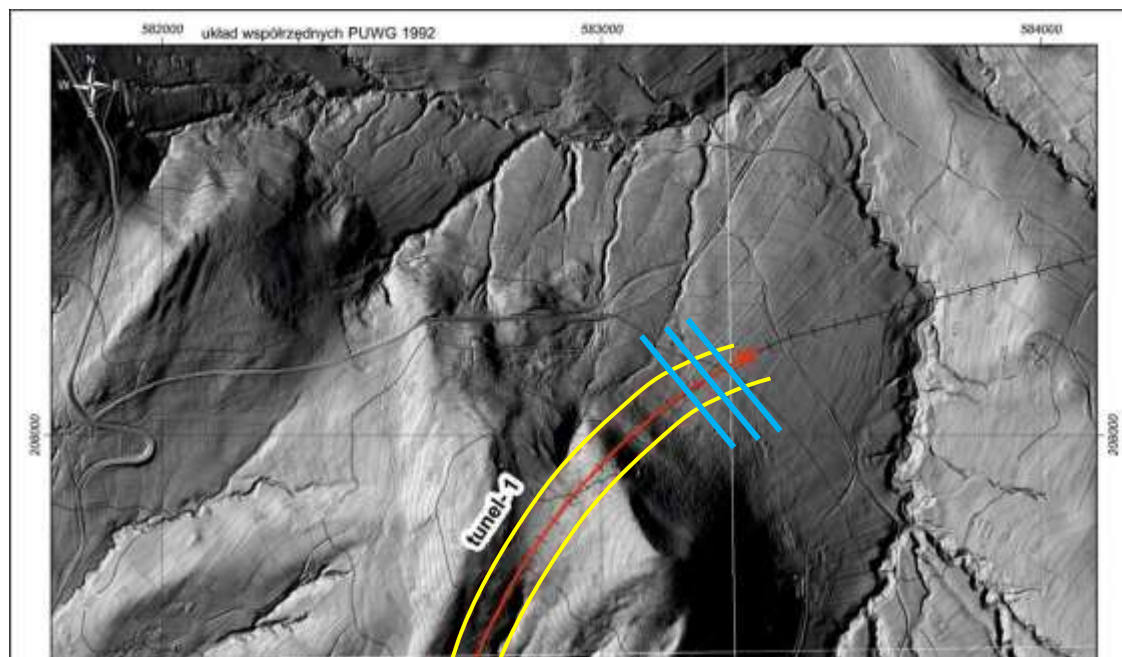
KLASY GEOTECHNICZNE GEOTECHNICAL CLASSES



$$KFG = 11.8 - 0.0028\rho + 0.0038Vp + 0.000033Vp*\rho$$

TUNELE

- dla tuneli w skałach projektuje się nie mniej niż 3 profile geofizyczne równoległe do osi tunelu oddalone od siebie nie więcej niż o 10-30 m, przy czym środkowy profil powinien być poprowadzony w osi tunelu, a dwa skrajne w osi komór,
- w miejscu każdego portalu projektuje się minimum 3 profile prostopadłe do osi tunelu o długości minimum 200 m, przy czym środek profili prostopadłych powinien przechodzić w osi tunelu,



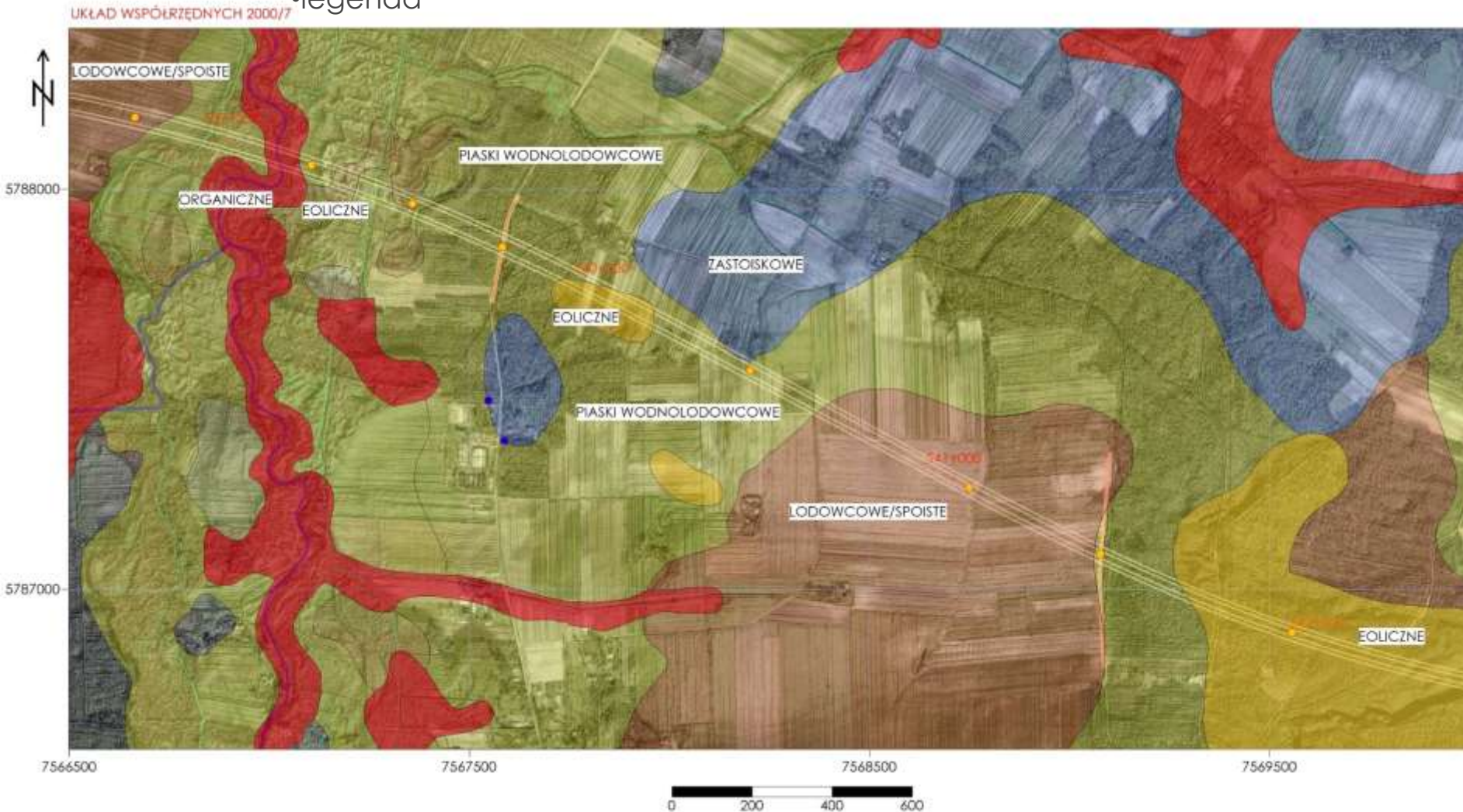
BADANIA GEOFIZYCZNE WYKONUJE SIĘ W MIEJSCACH BRAKU BADAŃ, W MIEJSCACH O ZMIENIONYM PRZEBIEGU TRASY ORAZ WSZĘDZIE TAM, GDZIE WYKONAWCA PROJEKTU GEOTECHNICZNEGO UZNA TO ZA KONIECZNE.

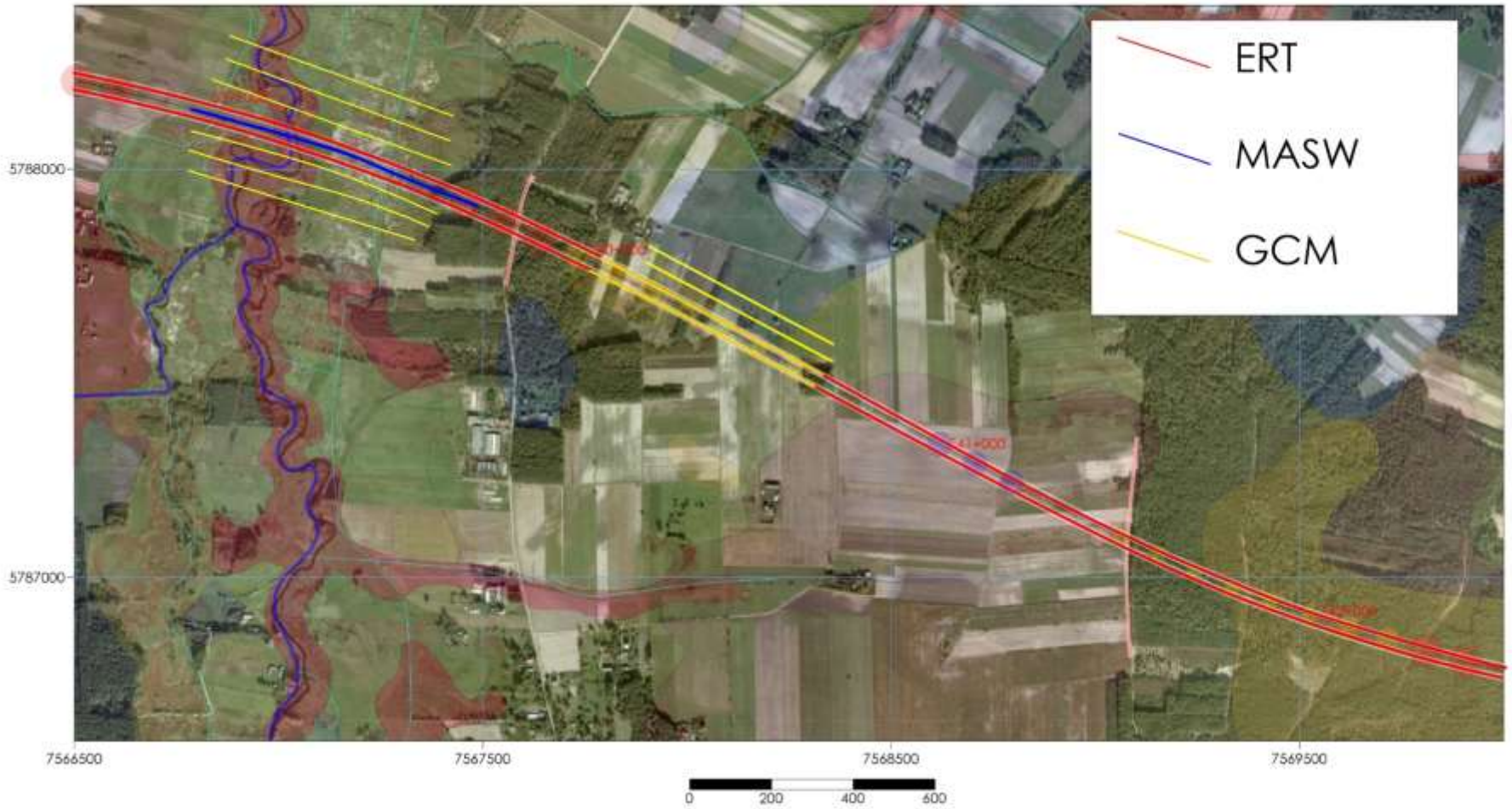
NA ETAPIE PB **ZALECA** SIĘ ZAPROJEKTOWAĆ DODATKOWE BADANIA SEJSMICZNE W WARIANCIE **SBT-P, SBT-S** ORAZ ROZWAŻYĆ WYKONANIE OTWORÓW W SIATCE UMOŻLIWIAJĄCEJ PRZEPROWADZENIE OTWOROWYCH BADAŃ GEOFIZYCZNYCH W WARIANCIE MIĘDZYOTWOROWEJ TOMOGRAFII SEJSMICZNEJ, WSZĘDZIE TAM GDZIE **POTRZEBNE JEST SZCZEGÓŁOWE ROZPOZNANIE PARAMETRÓW SZTYWNOŚCI** OŚRODKA NP. NA DROGOWYCH OBIEKTACH INŻYNIERSKICH W SKOMPLIKOWANYCH WARUNKACH GRUNTOWYCH ORAZ TUNELACH BEZ WZGLĘDU NA RODZAJ PODŁOŻA BUDOWLANEGO.

PROJEKT PRAC GEOFIZYCZNYCH

Z JAKICH ELEMENTÓW SKŁADA SIĘ MAPA

- obraz kartograficzny - treść mapy, główna część
- elementy matematyczne (skalę, siatkę, podziałkę, ramkę z podziałem stopniowym),
- legenda





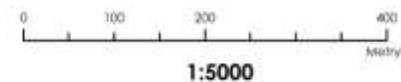
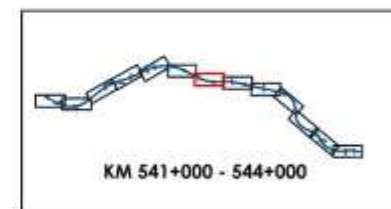
MODEL GEOLOGICZNY - aproksymacja rzeczywistości stworzona na potrzeby rozwiązania problemu (Parry i in., 2014)

DOKUMENTACJA BADAŃ GEOFIZYCZNYCH (DBG) LUB ROZDZIAŁ W DOKUMENTACH PODSTAWOWYCH

KARTA INFORMACYJNA
DANE GEODEZYJNE
MAPY DOKUMENTACYJNE
PRZEKROJE DOKUMENTACYJNE
INNE ZAŁĄCZNIKI
TEKST DOKUMENTACJI
DANE POLOWE
FORMA CYFROWA DOKUMENTACJI

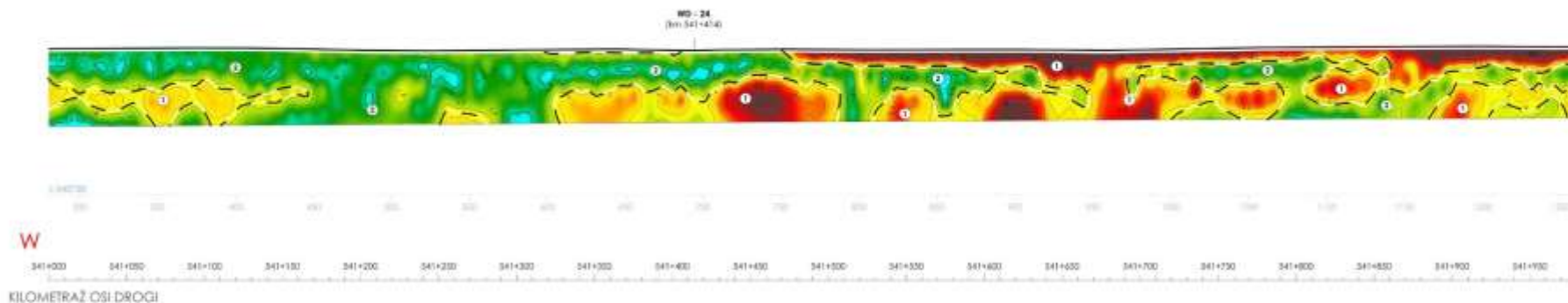


- LOKALIZACJA PROFILU TOMOGRAFII ELEKTROOPOROWEJ (2 m rozstaw elektrod)
- LOKALIZACJA PROFILU TOMOGRAFII ELEKTROOPOROWEJ (5 m rozstaw elektrod)
- LOKALIZACJA ARCHIWALNEGO OTWORU HYDROGEOLOGICZNEGO ZLOKALIZOWANEGO W POBLĘZU CIĄGU GEOFIZYCZNEGO (numeracja według CSDH)
- KILOMETRAŻ PROJEKTOWANEJ AUTOSTRADY A2
- KRAWĘŻ PROJEKTOWANEJ JEZDNI

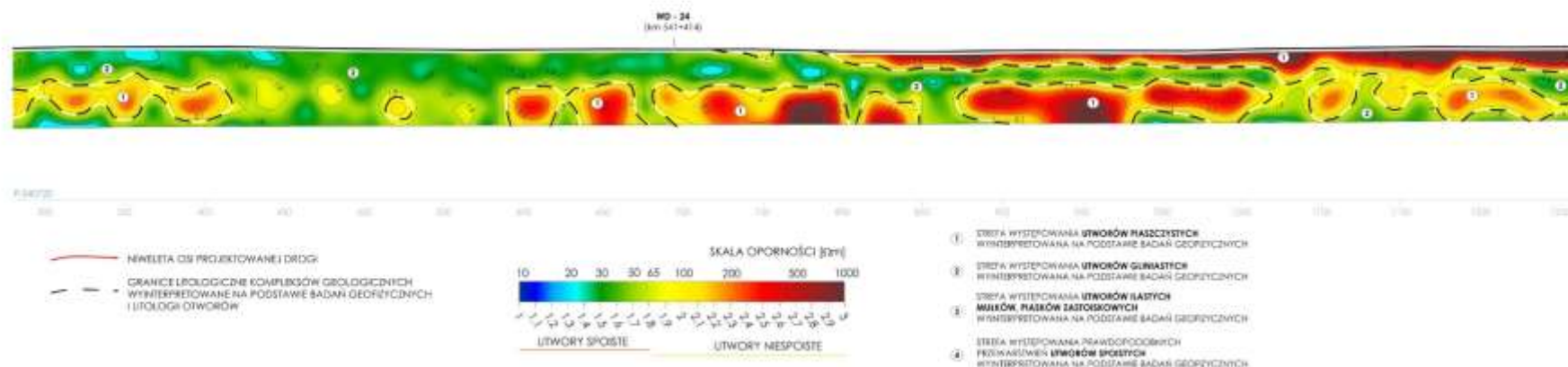


UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH PUWG 2000/17

PRZĘKÓJ ELEKTROOPOROWY - JEZDNIĘ LEWÄ



PRZĘKÓJ ELEKTROOPOROWY - JEZDNIĘ PRAWÄ



BAD_LAB

- pdf/doc/xls
- dane surowe
- dane w formacie wymiany

BAD_TER

- pdf/doc/xls
- dane surowe
- dane w formacie wymiany
- TABELE REFERENCYJNE

DOK_TXT

- pdf/doc/xls

GEODEZJA

- pdf/doc/xls
- dane surowe
- dane w formacie wymiany
- TABELE REFERENCYJNE

GEOFIZYKA

- pdf/doc/xls
- dane surowe
- dane w formacie wymiany
- TABELE REFERENCYJNE

INNE

- pdf/doc/xls
- dane surowe
- dane w formacie wymiany
- TABELE REFERENCYJNE

MAPY

- pdf
- dane w formacie wymiany
- TABELA REFERENCYJNA
(spis załączników mapowych)

TABELE REFERENCYJNE - tabele w formacie *xls* lub *txt*

Są one wykonywane dla danych punktowych i liniowych.

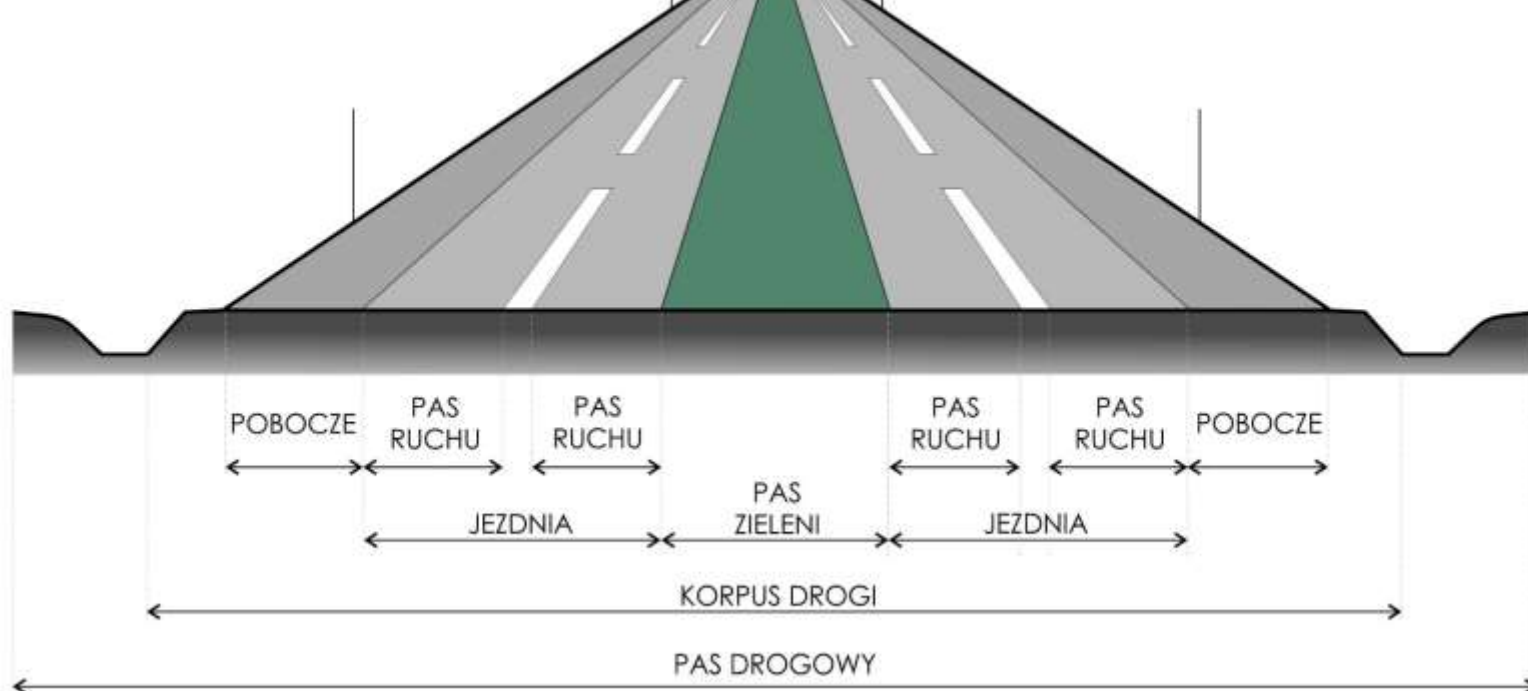
W przypadku map (dane poligonowe)

jest to spis załączników mapowych

TABELE REFERENCYJNE są podstawą do importu

danych o podłożu gruntowym

do systemów informacji przestrzenne GIS



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



www.pgi.gov.pl/drogi

Patronat medialny



**NOWOCZESNE METODY
ROZPOZNANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO
W DROGOWNICTWIE**

Projekt „Nowoczesne metody rozpoznania podłoża gruntowego w drogownictwie”
finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Skarbu Państwa - Generalną Dyrekcję
Dróg Krajowych i Autostrad w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia RIB

