



**menARD**

**6. WPGI**  
**2017** 17-20.10  
Rzeszów

# ***Technologia drenów pionowych z nasypem przeciążeniowym – wybrane aspekty projektowe oraz wykonawcze.***

**Anita Meger**

**Menard Polska**

**6. Ogólnopolskie Sympozjum Współczesne Problemy Geologii Inżynierskiej**

**17-20.10.2017 Rzeszów**

# Plan prezentacji

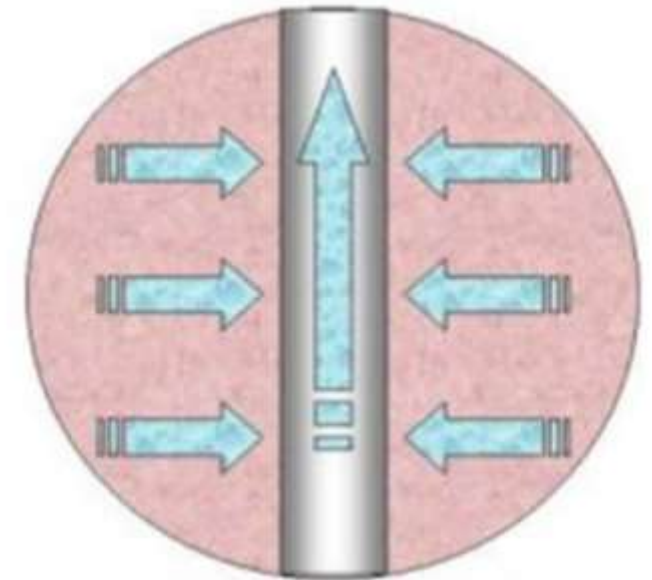
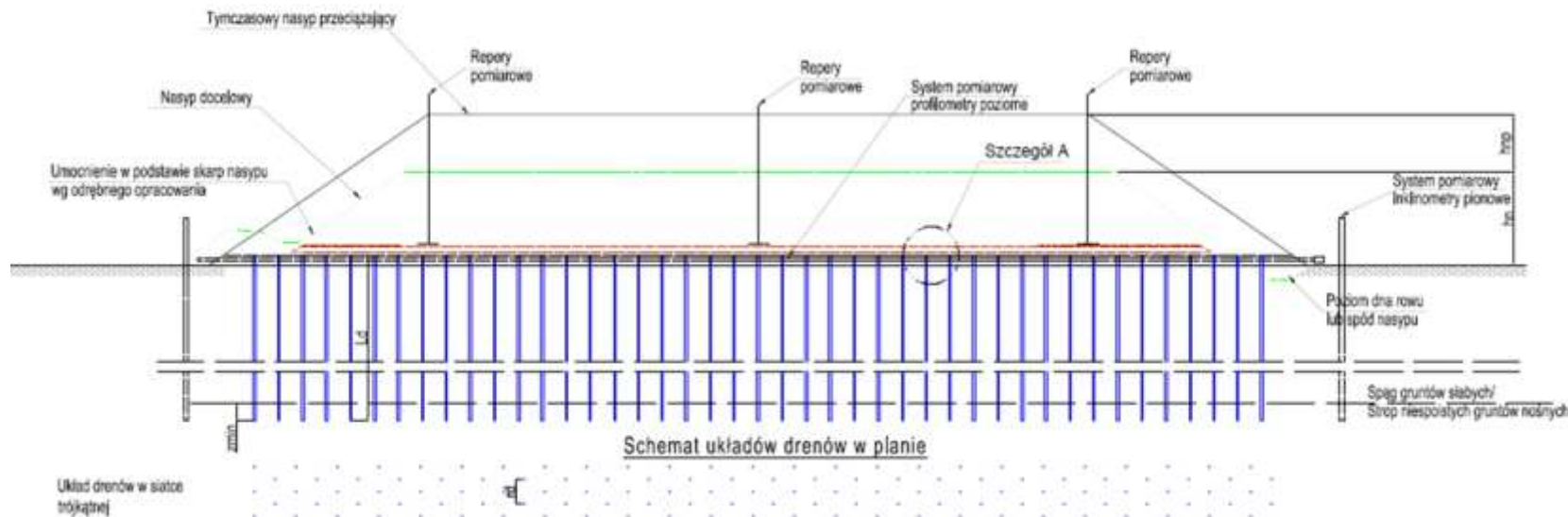
2

- 1) Wprowadzenie – opis technologii drenów prefabrykowanych wraz z przeciążeniem.
- 2) Wymagania dla platform roboczych.
- 3) Badania geologiczne dla konsolidacyjnych metod wzmocnienia podłoża:
  - 3.1 Badania na etapie wykonywania koncepcji wzmocnienia podłoża.
  - 3.2 Badania na etapie prac projektowych.
  - 3.3 Badania na etapie prac wykonawczych.
- 4) Monitoring osiadań.
- 5) Aspekty wykonawcze.
- 6) Wnioski.
- 7) Zdjęcia z realizacji.

# Wprowadzenie – opis technologii drenów prefabrykowanych wraz z przeciążeniem

3

Rys. 1 Przykładowy schemat dla technologii drenów prefabrykowanych



- Układ drenów:** w siatce trójkąta równobocznego lub kwadratu;
- Rozstaw drenów:** uzależniony od warunków geologicznych; przeważnie 1,0 ÷ 1,2 m;
- Wysokość nasypu przeciążającego:** 2,0 ÷ 5,0 m ponad projektowaną niweletę;
- Czas konsolidacji:** 3-8 miesięcy

Metoda wzmocnienia podłoża przy nasypach drogowych o wysokości do 6m.

Prefabrykowane dreny przyspieszają konsolidację gruntów nieprzepuszczalnych poprzez zwiększenie przepuszczalności podłoża.

Zastosowanie nasypu przeciążającego wymusza gwałtowne osiadania na skutek konsolidacji. Dodatkowo pozwala zminimalizować osiadania wtórne, występujące na skutek pełzania gruntu.

Technologia ta wymaga czasu, dlatego najczęściej można ją spotkać przy realizacji obiektów liniowych; tj. nasypy drogowe, kolejowe.



# Wprowadzenie – opis technologii drenów prefabrykowanych wraz z przeciążeniem

4



*Rys. 2 Nasyp przeciążający*



*Rys. 3 Dreny prefabrykowane*

# Wymagania dla platform roboczych

5



Rys. 4 Zdjęcie z placu budowy drogi ekspresowej S7- wykonywanie drenów

Wymagania dotyczące parametrów platformy roboczej dla technologii drenów prefabrykowanych:

- 1) Zapisy dotyczące parametrów uwzględnia się w Projekcie Technologicznym oraz w Specyfikacji Technicznej.
- 2) Pod platformą roboczą należy ułożyć geotkaninę pełniącą funkcję separacyjną.
- 3) Parametry dla platformy roboczej:
  - Współczynnik filtracji  $k$  – zdolność materiału do odprowadzania wody;
  - Uziarnienie materiału;
  - Wskaźnik różnoziarnistości  $U$ ;
  - Wtórny moduł odkształcenia  $Ev2$ .

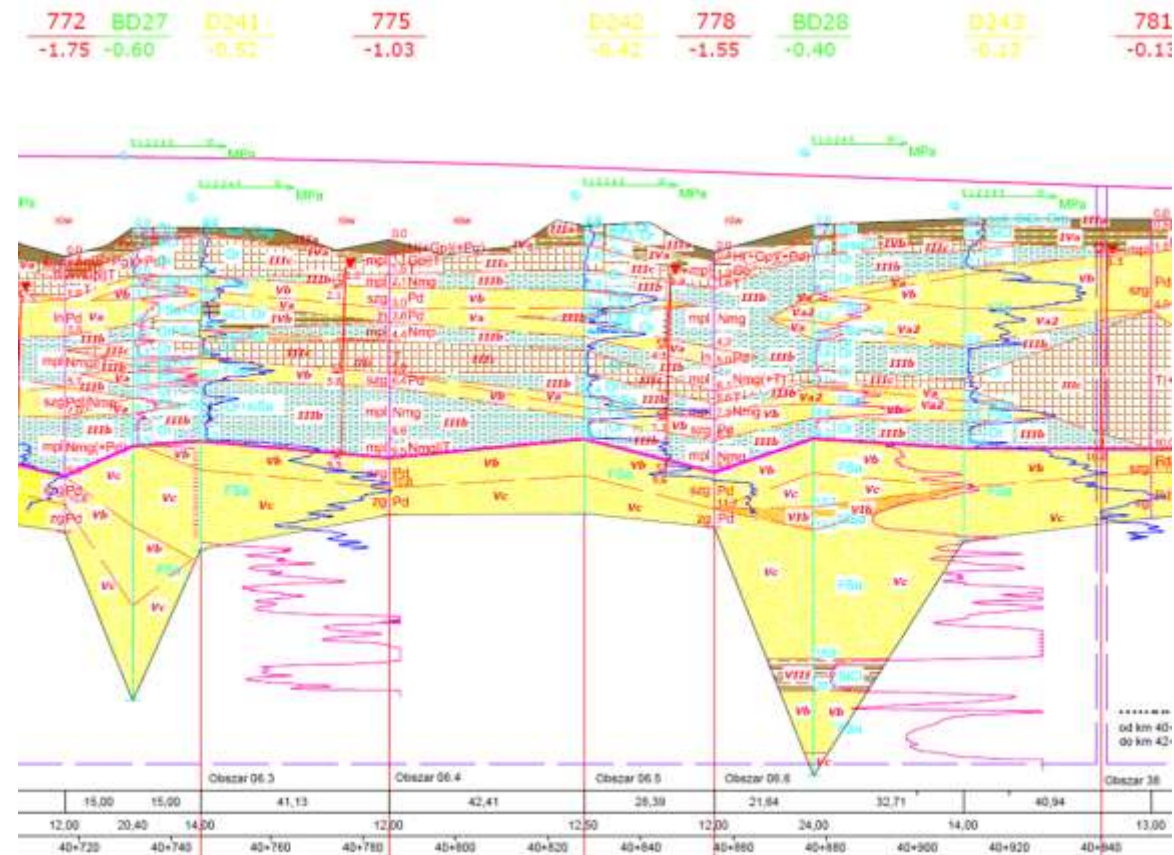
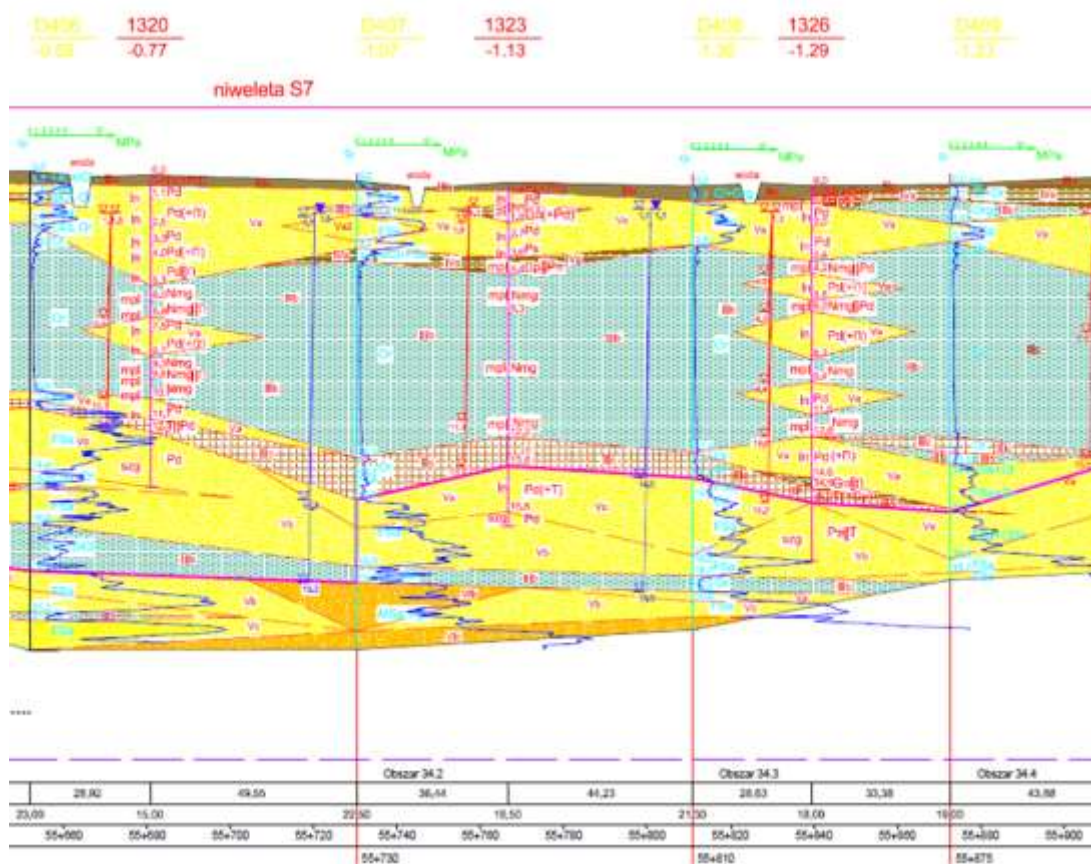
Pomiar modułu odkształcenia wykonuje się statyczną płytą VSS.

Częstotliwość badań płytą statyczną VSS oraz badań przydatności materiału na platformę określa się w Specyfikacji Technicznej.

Mięższość platformy: min. 0,5m.



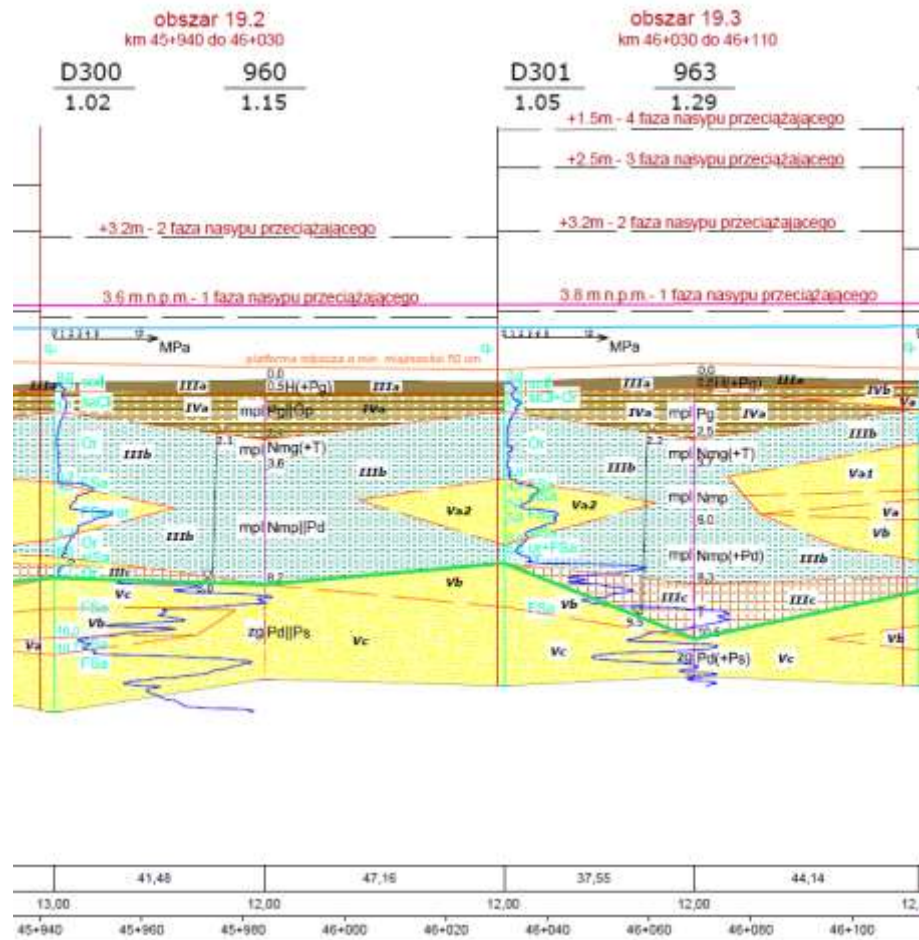
# Badania geologiczne dla konsolidacyjnych metod wzmocnienia podłoża – zmienność warunków gruntowych



Rys. 5 Przykładowe przekroje geologiczne – zmienność warunków gruntowych

# Badania geologiczne na etapie wykonywania koncepcji wzmocnienia podłoża

7



Rys. 6 Przykładowy przekrój geologiczny – fazowanie nasypu

- Zamawiający przekazuje najaktualniejszą dokumentację geologiczną Projektantowi Wzmocnienia Podłoża.
- W oparciu o przekazaną dokumentację oraz Projekt Drogowy Projektant dobiera technologię wzmocnienia podłoża.
- Zdarza się, że w przypadku wątpliwości Projektant zleca część badań uzupełniających już na etapie sporządzania koncepcji wzmocnienia podłoża.
- Na etapie wykonywania koncepcji Projektant najczęściej nie dysponuje parametrami konsolidacyjnymi, które mają kluczową rolę podczas obliczania czasu konsolidacji oraz wysokości nasypu przeciążającego.



# Badania geologiczne na etapie prac projektowych

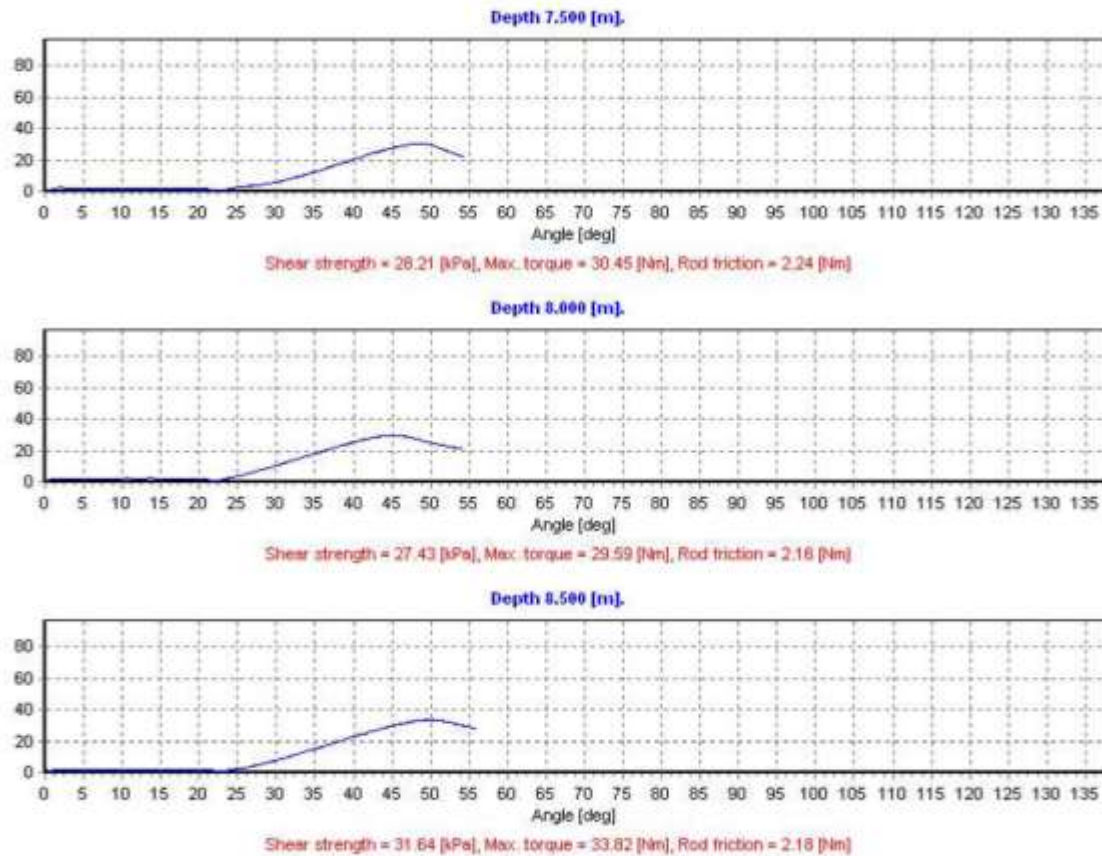
- Projektant Wzmocnienia Podłoża sporządza plan badań uzupełniających w oparciu o podstawowe badania geologiczne.
- Badania geologiczne dla metod konsolidacyjnych:
  - ⊕ Badania wytrzymałości gruntu na ścinanie- Vane lub FVT;
  - ⊕ Sondowań statyczne CPT-u oraz otwory geologiczne;
  - ⊕ Badania edometryczne.
- Częstotliwość badań- uzależniona od zakresu występowania gruntów słabonośnych oraz zmienności warunków gruntowych.



Rys. 7 Plan badań uzupełniających



# Badania geologiczne na etapie prac projektowych – badania wytrzymałości gruntu na ścinanie



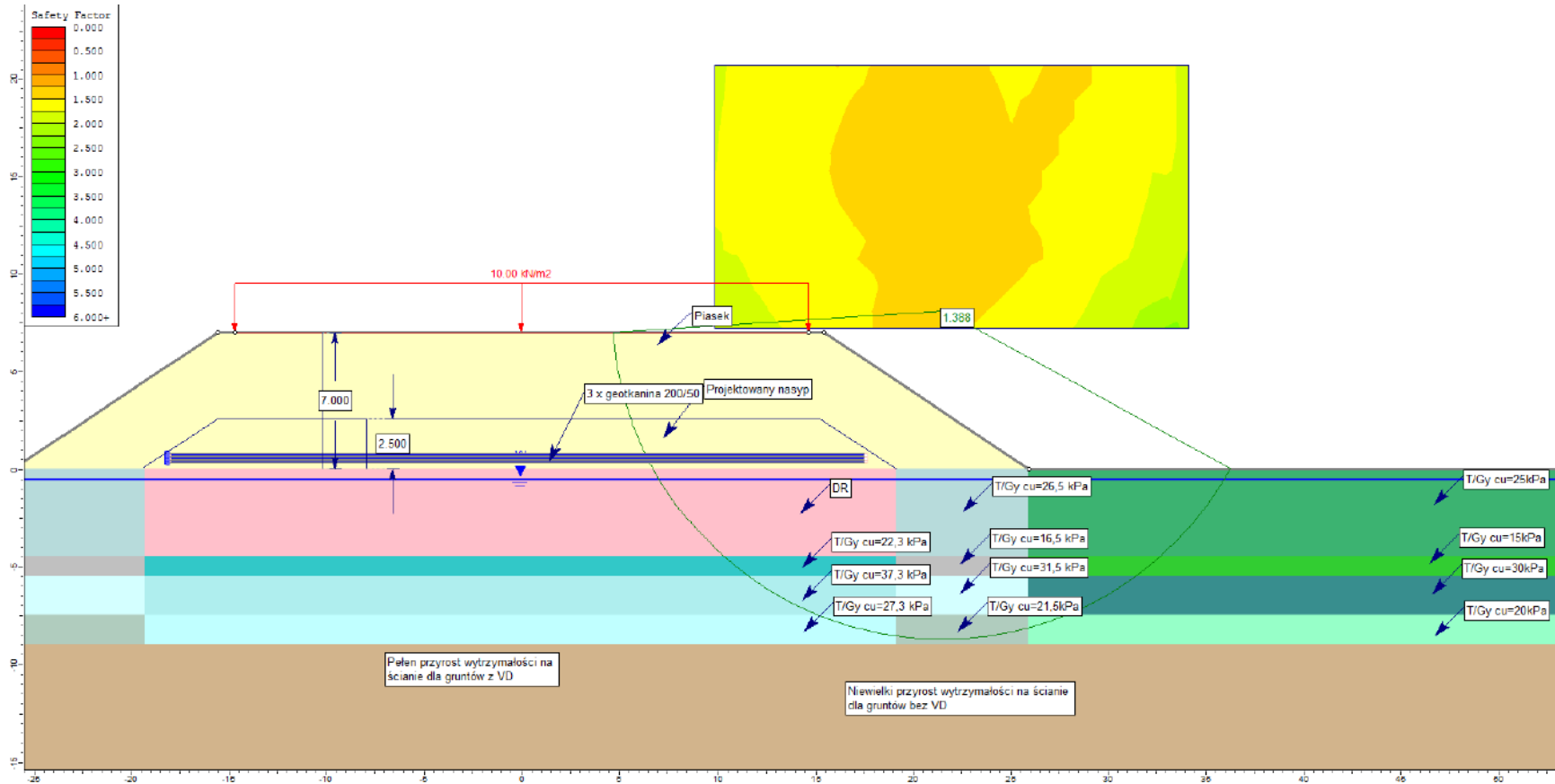
Głębokość /Vane nr	ZEROWE			
	2	3	4	5
0,5				
1				
1,5				
2				
2,5		16		
3		24		
3,5	31	59		
4	25	26	24	
4,5	43	18	18	
5		27	18	25
5,5		33	28	21
6	38	26	28	26
6,5	50	26	24	22
7	28	26	27	27
7,5	29	31	48	37
8	27	32	29	32
8,5	25	34	38	33
9	23			
9,5	23			
10				
10,5				
11		42		
11,5	52			
12			29	52
12,5			75	
13				
13,5				
14				
14,5				
średnia wartość	33	30	28	31
	30			

Badania wytrzymałości gruntu na ścinanie wykonywane w gruntach organicznych co 0,5 – 1,0 m.

Rys. 8 Wyniki badań wytrzymałości gruntu na ścinanie – pomiary zerowe

# Badania geologiczne na etapie prac projektowych – badania wytrzymałości gruntu na ścinanie

10

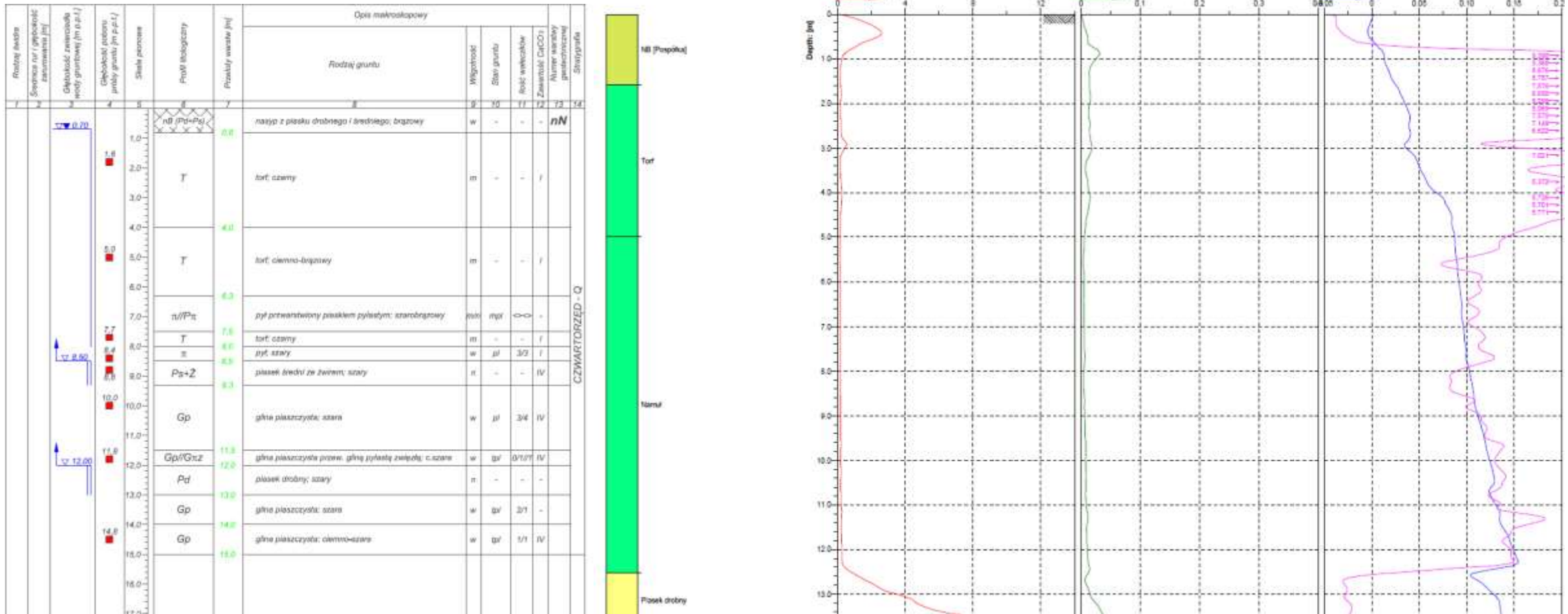


Rys. 9 Obliczenia stateczności nasypu przeciążającego

- 1) Wyznaczenie średniej wytrzymałości gruntu na ścinanie dla gruntów organicznych.
- 2) Wyznaczanie przyrostu wytrzymałości w kolejnych etapach przeciążenia.
- 3) Sprawdzenie warunku stateczności dla wszystkich faz przeciążenia oraz fazy użytkowej.
- 4) Przyjęcie zbrojenia podstawy nasypu (materaca geosyntetycznego) w przypadku problemów z zachowaniem stateczności nasypu.



# Badania geologiczne na etapie prac projektowych – sondowania statyczne CPT-u oraz otwory geologiczne



Rys. 10 Badania uzupełniające – sondowania statyczne CPT-u oraz otwory geologiczne

# Badania geologiczne na etapie prac projektowych – badania edometryczne

50 - 100				e0	Mo	Cv	Cr	Cc	Cs	C $\alpha$ e
OBSZAR 19				[-]	[MPa]	[m <sup>2</sup> /y]	[m <sup>2</sup> /y]	-	-	-
1 OTW4/7,7-8,4	46+780	Nm pod P i G	namuł gliniasty	1,15	1,7	23,9	13,5	0,20	0,03	0,009
3 OTW3/7,2-7,9	46+450	Nm 1 warstwa	namuł piaszczysty	0,80	5,6	34,3	18,3	0,05	0,01	0,004
5 OTW4/3,2-3,9	46+780	wg przekrojów T	namuł piaszczysty	0,95	2,8	26,4	70,1	0,11	0,02	0,006
13 OTW2/7,0-7,7	46+220	Nm w 1 warstwie	namuł gliniasty	1,72	8,8	11,6	40,2	0,05	0,01	0,003
7 OTW3/2,5-3,2	46+450		torf słabo rozłożony, włóknisty, porowaty	9,61	0,8	15,5	22,7	2,12	0,38	0,045
9 OTW2/2,0-2,7	46+220		torf dobrze rozłożony	3,36	1,6	3,9	48,1	1,64	0,40	0,034
11 OTW1/9,2-9,7	46+070		torf słabo rozłożony, włóknisty, porowaty	6,00	4,9	46,7	1,3	0,23	0,08	0,056
15 OTW1/2,5-3,2	46+070	wg przekrojów Nm+T	torf rozłożony	3,15	5,3	49,5	29,5	0,13	0,02	0,022
100 - 200				e0	Mo	Cv	Cr	Cc	Cs	C $\alpha$ e
OBSZAR 19				[-]	[MPa]	[m <sup>2</sup> /y]	[m <sup>2</sup> /y]	-	-	-
1 OTW4/7,7-8,4	46+780	Nm pod P i G	namuł gliniasty		3,1	13,4	33,9	0,22	0,08	
3 OTW3/7,2-7,9	46+450	Nm 1 warstwa	namuł piaszczysty		7,9	7,0	2,4	0,07	0,02	
5 OTW4/3,2-3,9	46+780	wg przekrojów T	namuł piaszczysty		5,2	15,8	24,3	0,12	0,04	
13 OTW2/7,0-7,7	46+220	Nm w 1 warstwie	namuł gliniasty		6,00	5,1	40,2	0,15	0,03	
7 OTW3/2,5-3,2	46+450		torf słabo rozłożony, włóknisty, porowaty		0,4	3,20	6,60	8,96	1,88	
9 OTW2/2,0-2,7	46+220		torf dobrze rozłożony		2,1	0,70	33,80	2,07	0,86	
11 OTW1/9,2-9,7	46+070		torf słabo rozłożony, włóknisty, porowaty		5,7	17,10	7,30	0,38	0,22	
15 OTW1/2,5-3,2	46+070	wg przekrojów Nm+T	torf rozłożony		1,8	32,90	41,70	0,75	0,08	

Rys. 11 Badania uzupełniające- parametry konsolidacyjne

Wyznaczenie parametrów konsolidacyjnych pozwala określić wysokość nasypu przeciążającego oraz czas konsolidacji.

Znajomość parametru C $\alpha$  umożliwia określenie osiadań resztkowych podczas eksploatacji.



# Badania geologiczne na etapie prac projektowych – badania edometryczne

13

## Program badań edometrycznych:

- Wykonanie badań edometrycznych o sekwencji obciążeń 25 – 50 – 100 – 200 – 100 – 50 – 25 – 100 – 200 – 400 kPa (kroki obciążeń trwające 1 dzień oraz 5 do 7 dni dla wyznaczenia ścisłości wtórnej).
- Oznaczenie parametrów ścisłości i konsolidacji ( $C_c$ ,  $C_s$ ,  $e_0$ ,  $C_v$ ,  $C_r$ ,  $C_\alpha$ ,  $E_{oed}$ );
- Oznaczenie gęstości właściwej szkieletu gruntowego;
- Oznaczenie wilgotności naturalnej  $w_n$ ;
- Oznaczenie gęstości objętościowej.

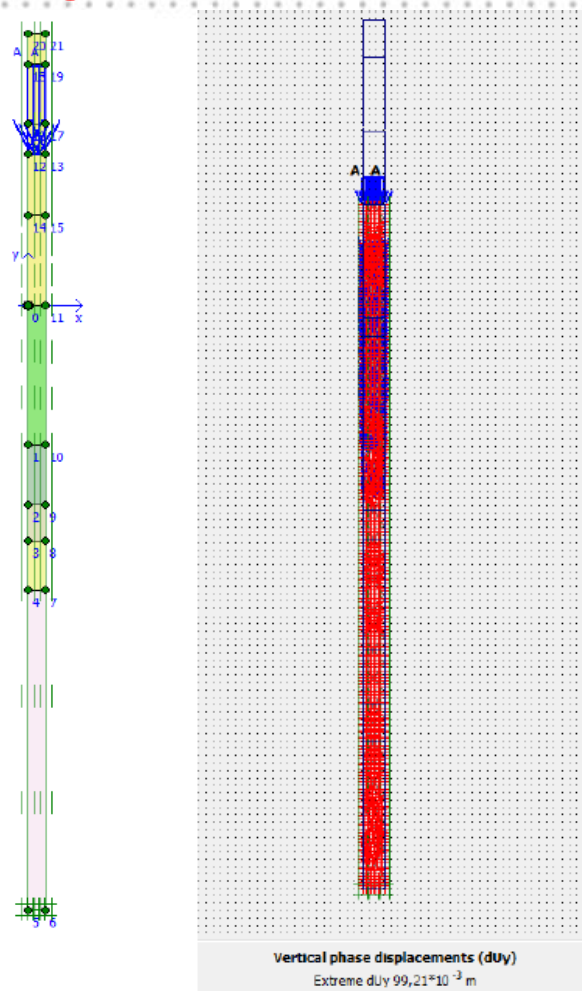


Rys. 12 Pobranie próbek NNS

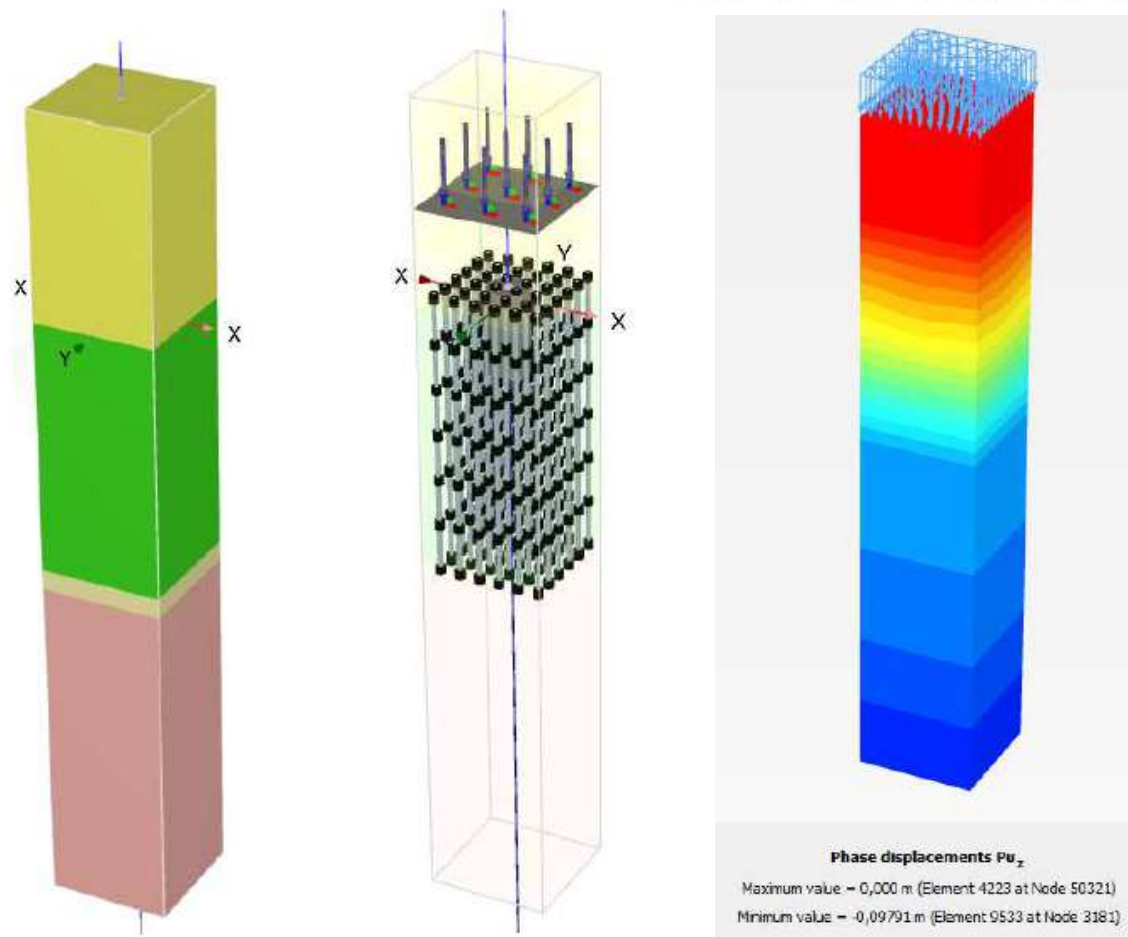
Próbki należy pobierać przy pomocy próbników Shelby. Próbki należy dostarczać do laboratorium osobiście, pomijając usługi kurierskie.

# Badania geologiczne na etapie prac projektowych – wykonywanie obliczeń w programie Plaxis

14



Rys. 13 Wyniki obliczeń w Plaxisie 2D



Rys. 14 Wyniki obliczeń w Plaxisie 3D



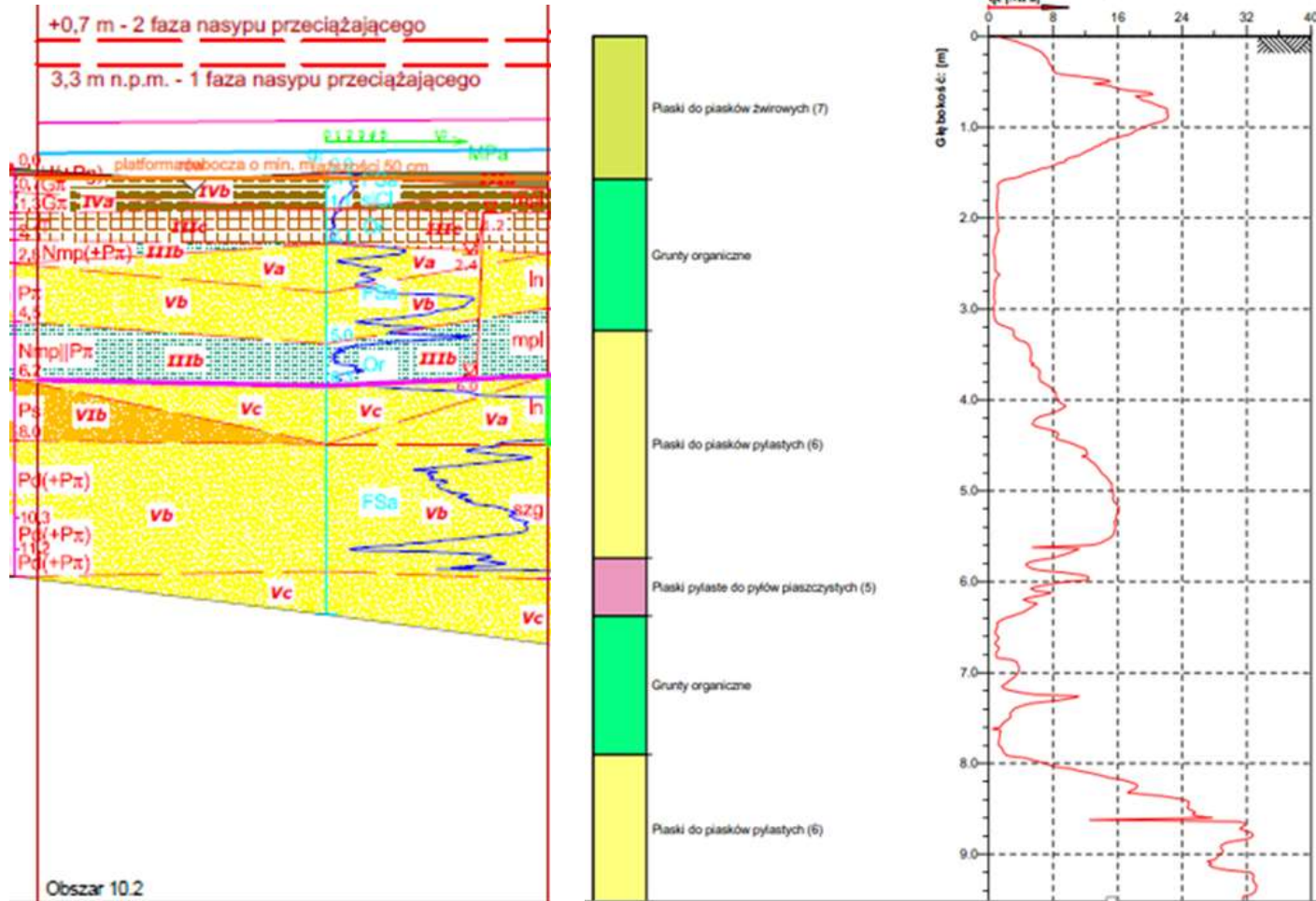
# Badania geologiczne na etapie prac wykonawczych – próbne pogrążanie drenów

L.p.	lokalizacja				projektowana dł. drenów [m]	Uzyskana dł. drenów [m]	różnica długości [%]	uwagi
	kilometraż	obszar	strona platformy (wraz ze wzrostem km)	przy punkcie badawczym				
1	41+800	8.2.2	Środek	D254	9,20	6,4	-30,4%	
2	41+810	8.2.2	Prawa		9,20	9,3	1,1%	
3	41+820	8.2.2	Środek		9,20	6,29	-31,6%	
4	41+820	8.2.2	Prawa		9,20	9,7	5,4%	
5	41+800	8.2.2	Środek	D254	9,20	7,3	-20,7%	
6	41+830	9.1	Prawa		9,50	9,84	3,6%	
7	41+830	9.1	Środek		9,50	11,08	16,6%	
8	41+845	9.1	Prawa		9,50	6,81	-28,3%	

Rys. 15 Przykładowy raport z pogrążania drenów

Porównanie rzeczywistej długości drenów w stosunku do wartości projektowanej.

# Badania geologiczne na etapie prac wykonawczych – próbne pogrążanie drenów



Rys. 16 Porównanie geologii podstawowej z dodatkowymi badaniami CPT-u

- 1) Analiza próbnego pogrążania drenów.
- 2) Wykonanie dodatkowych badań CPT-u.
- 3) Przeprowadzenie obliczeń uzupełniających w programie Plaxis.

# Badania geologiczne na etapie prac wykonawczych – próbne pogrążanie drenów

obszar	badania weryfikacyjne			wg projektu technologicznego		
	osiadania całkowite po zdjęciu przeciążenia	osiadania resztkowe po 5 latach	osiadania resztkowe po 50 latach	osiadania całkowite po zdjęciu przeciążenia	osiadania resztkowe po 5 latach	osiadania resztkowe po 50 latach
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
8.1.2	0,24	0,048	0,089	0,22	0,048	0,085
8.2.1	0,281	0,048	0,098	0,255	0,049	0,094

W oparciu o analizę badań uzupełniających Projektant Wzmocnienia Podłoża podejmuje decyzję o ewentualnym podniesieniu nasypu przeciążającego lub wydłużeniu czasu przeciążenia.

Rys. 17 Tabela porównawcza dla obliczeń uzupełniających



# Badania geologiczne na etapie prac wykonawczych – analiza wyników wytrzymałości na ścinanie po kolejnych fazach przeciążenia

Głębokość /Vane nr	ZEROWE			
	2	3	4	5
0,5				
1				
1,5				
2				
2,5		16		
3		24		
3,5	31	59		
4	25	26	24	
4,5	43	18	18	
5		27	18	25
5,5		33	28	21
6	38	26	28	26
6,5	50	26	24	22
7	28	26	27	27
7,5	29	31	48	37
8	27	32	29	32
8,5	25	34	38	33
9	23			
9,5	23			
10				
10,5				
11		42		
11,5	52			
12			29	52
12,5			75	
13				
13,5				
14				
14,5				
średnia wartość	33	30	28	31
	30			

Głębokość /Vane nr	PO PIERWSZEJ FAZIE			
	2	3	4	5
OBSZAR NR	24.1/24.2			
0,5				
1				
1,5	67,22	57,31	82,69	70,07
2				
2,5	33,14	36,52	22,57	43,98
3				
3,5	70,58	48,71	122,02	29,73
4				
4,5	103,34	49,03	30,26	23,24
5				
5,5	67,03	39,68	41,16	35,75
6				
6,5		40,49	30,64	50,06
7				
7,5	27,68	37,11	36,82	76,59
8				
8,5	56,6	46,48	59,02	100,6
9				
9,5	85,17	100,63	81,75	
10				
10,5	101,81			80,97
11				
11,5	73,03	52,93	52,67	
12				
12,5				
13				
13,5				
średnia wartość	50	45	39	37
	43			
PROJEKTOWANE	40,1			
RÓŻNICA	10	5	-1	-4

Rys. 18 Analiza wytrzymałości gruntów na ścinanie

Na podstawie analizy przyrostu wytrzymałości gruntu na ścinanie Projektant Wzmocnienia Podłoża podejmuje decyzję o wykonaniu kolejnej fazy nasypu przeciążającego.

# Monitoring osiadań

numer obszaru	droga	km od	km do	Faza 1 od terenu [m] (projekt)	Nasyp przeciążający faza 1 m n.p.m.	Usypano w rzeczywistości [m]	Nasyp przeciążający faza 2	Usypano	Nasyp przeciążający faza 3	Usypano	czas konsolidacji faza 1	czas konsolidacji faza 2	czas konsolidacji faza 3	Data sypania 1 fazy
[21]	X.1.1	47+150,0	47+230,0	2,9	4,5	2,8	+4,0 m	+4,0 m			1,0 mc	7,0 mc		2016-08-08
	X.1.2	47+230,0	47+265,0	2,8	4,5	2,9	+3,2 m	+3,2 m	+1,0 m	+1,0 m	1,0 mc	1,0 mc	5,0 mc	2016-08-08
	X.2.1	47+265,0	47+300,0	2,9	4,5	3,4	+3,2 m	+3,2 m	+1,0 m	+1,0 m	1,0 mc	1,0 mc	5,0 mc	2016-08-08
	X.2.2	47+300,0	47+395,0	2,8	4,5	3,4	+1,7 m	+1,1 m			1,0 mc	4,0 mc		2016-08-08
	X.3	47+395,0	47+490,0	2,8	4,5	3,2	+3,3 m	+3,1 m			1,0 mc	7,0 mc		2016-08-08
	X.4	47+490,0	47+610,0	2,8	4,5	3,3	+3,4 m	+3,1 m			1,0 mc	7,0 mc		2016-08-08
	X.5	47+610,0	47+740,0	2,9	4,5	3,1	+3,3 m	+3,3 m	+2,2 m	+2,2 m	1,0 mc	1,0 mc	6,0 mc	2016-08-08
	X.6	47+740,0	47+820,0	2,8	4,5	3,0	+3,3 m	+3,3 m	+2,1 m	+2,1 m	1,0 mc	1,0 mc	4,0 mc	2016-08-08
X.7	47+820,0	47+850,0	2,8	4,5		+3,3 m		+2,4 m		1,0 mc	1,0 mc	5,0 mc	2016-08-08	

Możliwa druga faza wg przedmiaru	Data wydania decyzji o zgodzie na 2 fazę	Data sypania 2 fazy	Uwagi	Możliwa trzecia faza wg przedmiaru	Data wydania decyzji o zgodzie na 3 fazę	Data sypania 3 fazy	Uwagi	Planowana data zakończenia	Osiadania wg projektu	Osiadania rzeczywiste	Procent osiadań
	2016-08-19	2016-09-19	strefa przejściowa					2017-04-17	0,9		0
	2016-08-19	2016-09-19				2016-09-19		2017-03-18	0,7		0
	2016-08-19	2016-09-19				2016-09-19		2017-03-18	0,7	0,8	110
	2016-08-19	2016-09-19						2017-01-17	0,5	0,4	98
	2016-08-19	2016-09-19						2017-04-17	0,8		0
	2016-08-19	2016-09-19						2017-04-17	0,8		0
	2016-08-19	2016-09-19	II faza + 1m			2016-11-14		2017-05-13	1,0		0
	2016-08-19					2016-11-14		2017-03-14	0,7		0
	2016-08-19		strefa przejściowa						0,7		0

Rys. 19 Tabela kontrolna wykonanych nasypów

# Monitoring osiadań

FIELD MEASURES		Sesja 0			Sesja 1			Sesja 2			Sesja 3					
		Date	S7L	S7O	S7P	Date	S7L	S7O	S7P	Date	S7L	S7O	S7P			
		47+155														
47+160	2016-04-11	1,463	1,459	1,647	2016-08-08	1,374	1,372	1,5230	2016-08-15	1,274	1,291	1,478	2016-09-12	1,274	1,291	1,478
47+200	2016-06-27	1,589	1,508	1,639	2016-08-08	1,512	1,419	1,606	2016-08-15	1,436	1,359	1,560	2016-09-12	1,350	1,281	1,515
47+250																
47+255	2016-04-11	1,517	1,684	1,728	2016-08-08	1,382	1,506	1,654	2016-08-15	1,282	1,406	1,570	2016-09-12	1,221	1,309	1,570
47+300	2016-06-27	1,290	1,461	1,474	2016-08-08		1,355	1,452	2016-08-15		1,276	1,422	2016-09-12	1,427	1,170	1,344
47+350																
47+355	2016-04-11	1,746	1,872	1,765	2016-08-08	1,746	1,742	1,637	2016-08-15	1,746	1,591	1,587	2016-09-12	1,721	1,586	1,574
47+400	2016-06-27	1,660	1,561	1,640	2016-08-08		1,525	1,615	2016-08-15		1,495	1,605	2016-09-12	1,869	1,425	1,588
47+450																
47+455	2016-04-11	1,826	1,833	1,745	2016-08-08	1,737	1,685	1,615	2016-08-15	1,677	1,585	1,515	2016-09-12	1,583	1,542	1,515
47+500	2016-06-27	1,807	1,660	1,661	2016-08-08	1,705	1,559	1,596	2016-08-15	1,652	1,485	1,536	2016-09-12	1,573	1,403	1,525

SETTLEMENTS		Sesja 0			Sesja 1			Sesja 2			Sesja 3					
		Date	S7L	S7O	S7P	Date	S7L	S7O	S7P	Date	S7L	S7O	S7P			
		47+155														
47+160	2016-04-11	1,463	1,459	1,647	2016-08-08	9	9	12	2016-08-15	19	17	17	2016-09-12	19	17	17
47+200	2016-06-27	1,589	1,508	1,639	2016-08-08	8	9	3	2016-08-15	15	15	8	2016-09-12	24	23	12
47+250																
47+255	2016-04-11	1,517	1,684	1,728	2016-08-08	14	18	7	2016-08-15	24	28	16	2016-09-12	30	38	16
47+300	2016-06-27	1,290	1,461	1,474	2016-08-08		11	2	2016-08-15		19	5	2016-09-12		29	13
47+350																
47+355	2016-04-11	1,746	1,872	1,765	2016-08-08		13	13	2016-08-15		28	18	2016-09-12	2	29	19
47+400	2016-06-27	1,660	1,561	1,640	2016-08-08		4	3	2016-08-15		7	4	2016-09-12		14	5
47+450																
47+455	2016-04-11	1,826	1,833	1,745	2016-08-08	9	15	13	2016-08-15	15	25	23	2016-09-12	24	29	23
47+500	2016-06-27	1,807	1,660	1,661	2016-08-08	10	10	6	2016-08-15	16	18	13	2016-09-12	23	26	14
47+550																

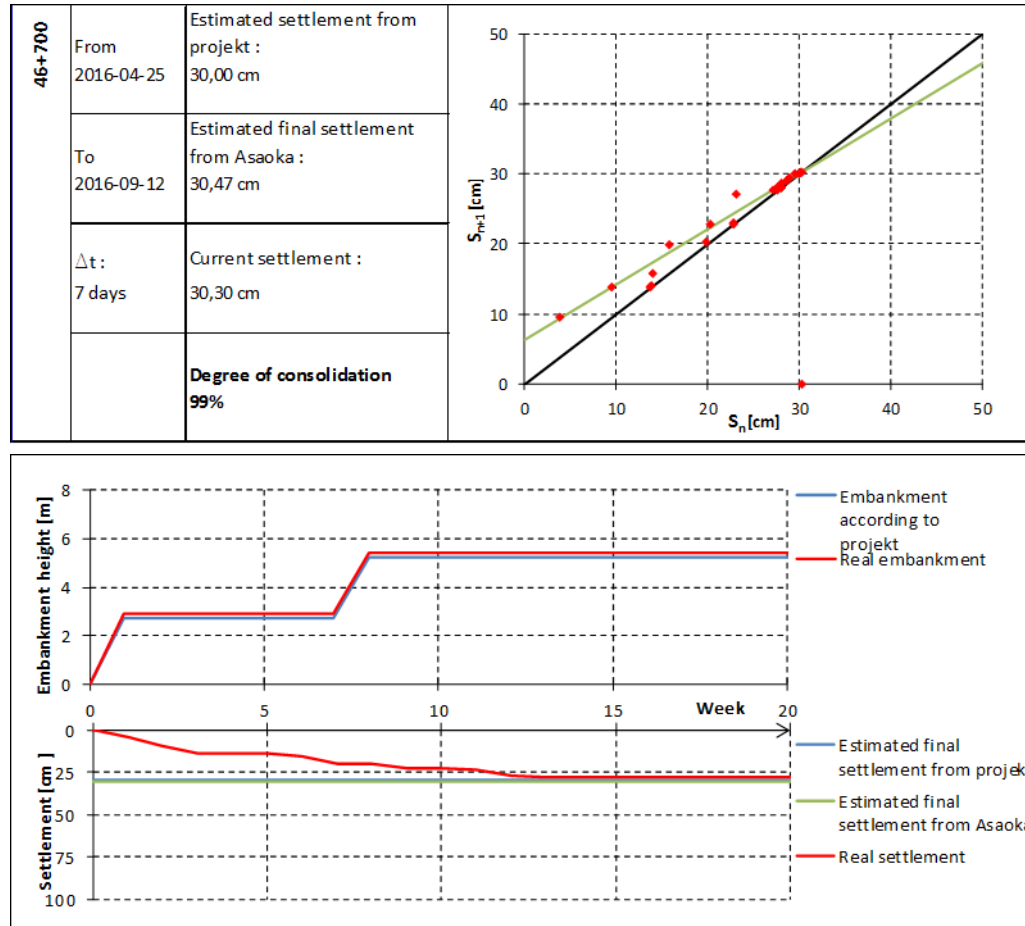
Rys. 20 Analiza pomiarów monitoringu

#	Kilometr	Estimated final settlement from projekt		Percent of settlement according to Final
		[cm]	[cm]	
		[cm]	[cm]	
1	47+155		90	
2	47+160	90	90	30,0%
3	47+200	90	90	79,2%
4	47+250		70	
5	47+255	70	70	121,0%
6	47+300	70	70	110,1%
7	47+350	45	45	
8	47+355	45	45	103,1%
9	47+400	75	75	64,3%
10	47+450	75	75	
11	47+455	75	75	100,1%
12	47+500	75	75	97,7%

W przypadku dużej różnicy osiadań w stosunku do wartości projektowanych Projektant Wzmocnienia Podłoża podejmuje decyzję o wykonaniu sondowań CPT-u lub otworów wiertniczych w celu sprawdzenia lokalnych warunków gruntowych.



# Monitoring osiadań



Za moment ukończenia konsolidacji uważa się uzyskanie współczynnika konsolidacji 95%.

Rys. 21 Wykresy – metoda Asaoka

## Problemy wykonawcze:

- Przy znacznych przewarstwieniach piasków o  $q_c > 5$  MPa konieczne jest stosowanie przewiertów lub przedmuchów.
- Problemy z analizą monitoringu z uwagi na zniszczone repery talerzowe.
- Niecałkowite przykrycie skrajnych reperów.
- Wykonywanie projektowanych instalacji po procesie konsolidacji (rozbiórka nasypu przeciążającego oraz docelowego).
- Wykonanie tymczasowych przepustów.
- Przełożenie istniejących instalacji na czas konsolidacji.



Rys. 22 Repery talerzowe



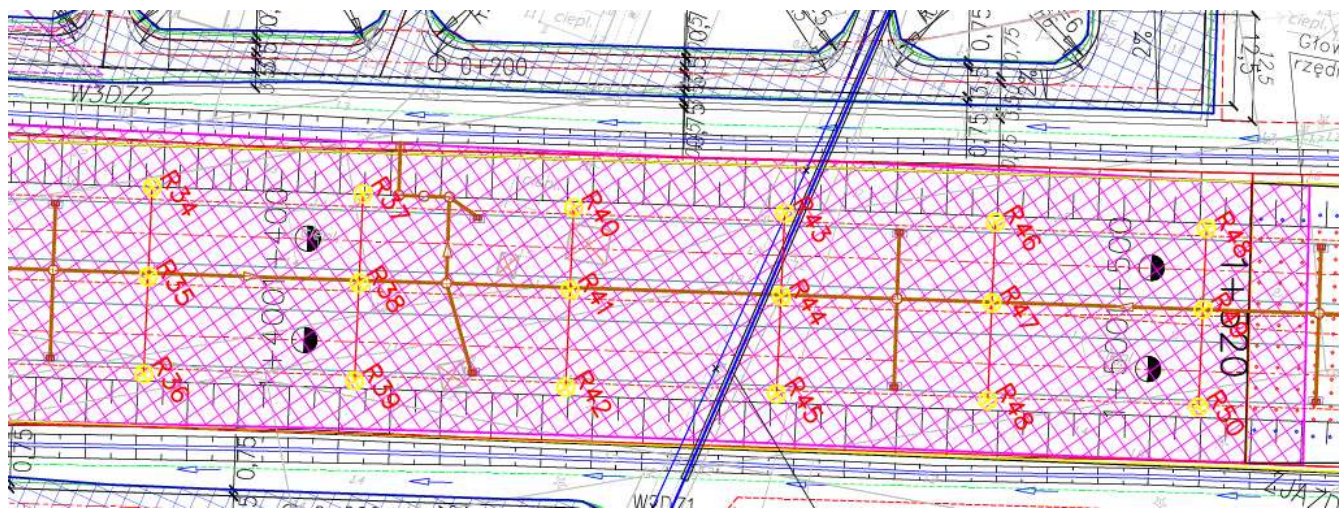
*Rys. 23 Przedmuchy przez przewarstwienia piasków*



*Rys. 24 Przełożenie instalacji gazowej*



# Aspekty wykonawcze – Droga Krajowa nr 11



Rys. 25 Plan reperów

przekrój pomiarowy	reper	osiadania rzeczywiste (wg pomiarów z dnia 24.03.)	osiadania projektowane (po zdjęciu przecięcia)	rzeczywista wysokość nasypu przeciążającego (wg pomiarów z dnia 01.03.)	II faza nasypu przeciążającego wg projektu, po uwzględnieniu osiadań
[-]	[-]	[m]	[m]	[m npm]	[m npm]
1+425	R40	1,04	0,38	6,9	5,76
	R41	1,29	0,38	6,9	5,51
	R42	1,35	0,38	6,9	5,45
1+450	R43	0,7	0,38	6,8	6,10
	R44	0,9	0,38	6,8	5,90
	R45	0,93	0,38	6,8	5,87
1+475	R46	0,45	0,38	6,9	6,35
	R47	0,5	0,38	6,9	6,30
	R48	0,64	0,38	6,9	6,16
1+500	R49	0,28	0,38	6,9	6,52
	R50	0,32	0,38	6,9	6,48
	R51	0,26	0,38	6,9	6,54

Rys. 26 Analiza osiadań

- 1) Znaczne przekroczenie osiadań rzeczywistych w stosunku do projektowanych.
- 2) Większe osiadania reperów skrajnych.
- 3) Decyzja Projektanta Wzmocnienia Podłoża o podniesieniu nasypu przeciążającego .
- 4) Informacja od Zamawiającego, że w miejscu nadmiernych osiadań istniał ciek wodny. Nadmierne osiadania wynikały z jego zasypania.

- Przy odpowiedniej organizacji placu budowy technologię VD można uznać za najbardziej ekonomiczną metodę wzmocnienia podłoża gruntowego.
- **95%** projektowania technologii **VD** odbywa się w laboratorium.
- Bez dokładnych badań laboratoryjnych szacowanie czasu konsolidacji i wielkości osiadań jest niemożliwe.
- Uzupełniające badania geologiczne wykonuje się w trakcie projektowania oraz realizacji prac na placu budowy.
- Technologia drenów prefabrykowanych jest obserwacyjną metodą wzmocnienia podłoża.
- W trakcie procesu konsolidacji możliwa jest szczegółowa ocena postępu konsolidacji i weryfikacja przyjętych założeń projektowych.
- Metoda przeciążenia z użyciem drenów pionowych (VD) jest wskazana do posadowienia nasypów do wysokości **3-3,5 m**, dla nasypów do **6 m** czas przeciążenia znacznie się wydłuża.





Rys. 27 oraz 28 Zdjęcia z placu budowy - wykonywanie drenów





Rys. 29 Zdjęcie z placu budowy – budowanie nasypu przeciążającego



Rys. 30 Zdjęcie z placu budowy – wykonanie materaca geosyntetycznego

**Dziękuję za uwagę.**