

INIEKCJA KOMPENSACYJNA

Metoda ochrony zabudowy nad drążonym tunelem
na przykładzie tunelu średnicowego w Łodzi

Build on us



EMILIA BŁACH

Dyrektor Działu Ofertowo – Projektowego



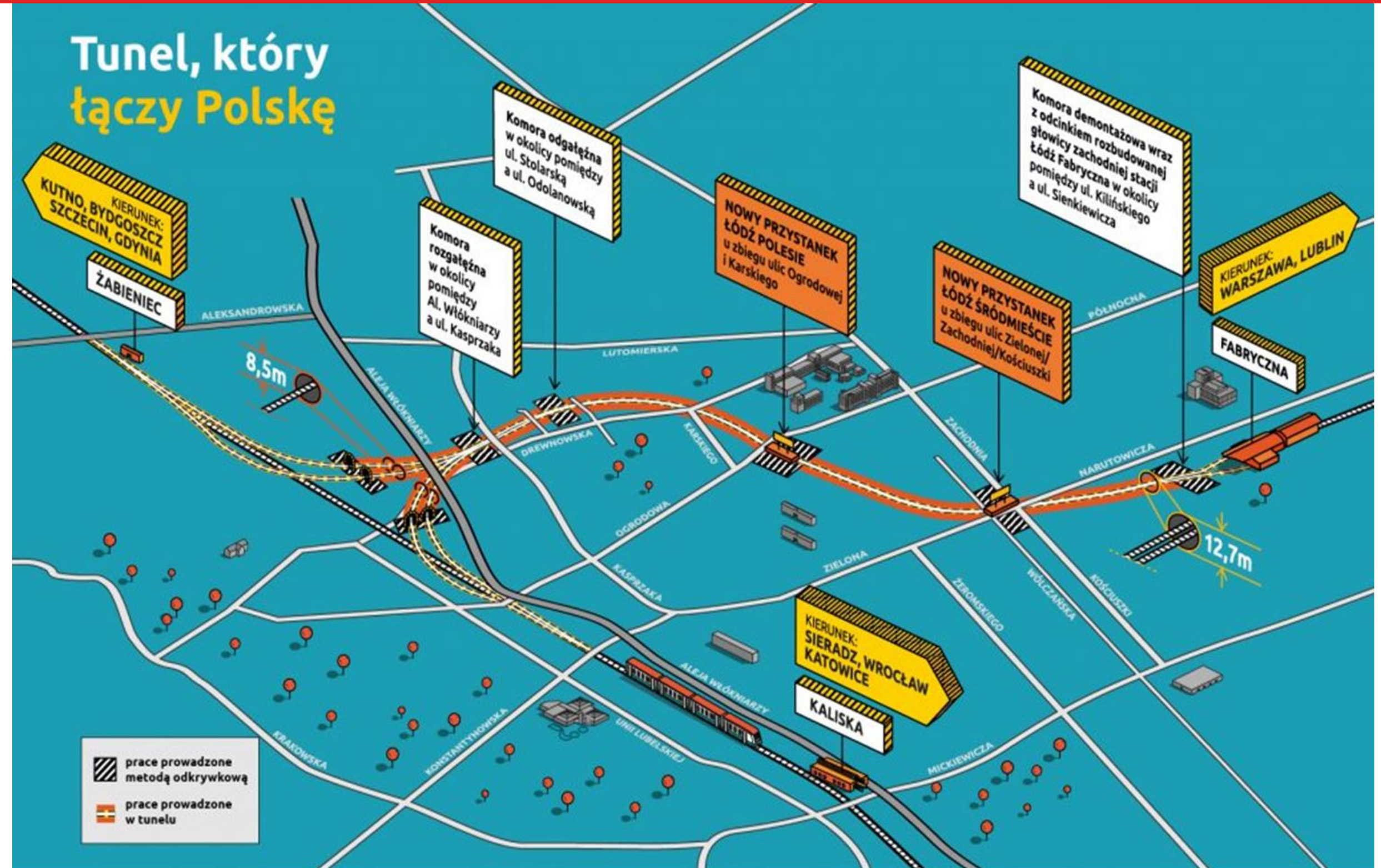
SOLETANCHE

TUNEL ŚREDNICOWY W ŁODZI



Oś 23 (LK 550-551)

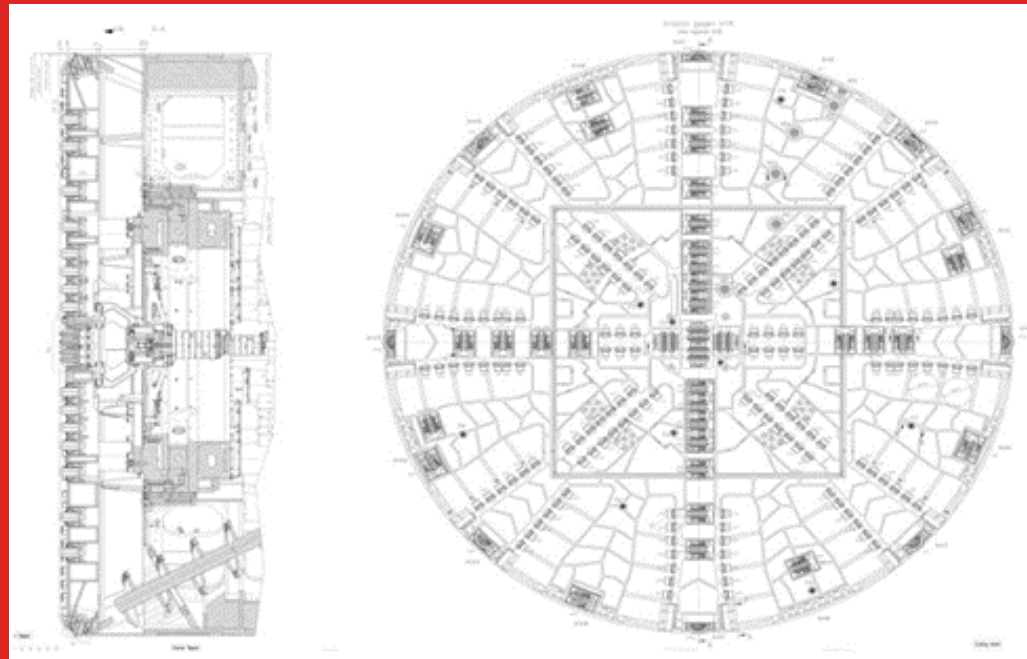
Położenie		Długość [m]	Konstrukcja
od	do		
-	0+454,17	-	Łódź Fabryczna
0+454,17	0+967,92	513,76	TBM tunel
0+967,92	1+129,51	161,59	Łódź Śródmieście
1+129,51	2+062,46	932,95	TBM tunel
2+062,46	2+222,86	160,40	Łódź Polesie
2+222,86	3+108,88	886,02	TBM tunel
3+108,88	-	-	Odolanowska
TBM długość wykopu		2654,72	



TBM EPB S-1222 "KATARZYNA"

Dane TBM	
$\Phi_{exc,max}$ [mm]	13080
Φ_{front} [mm]	13040
$\Phi_{frontshield}$ [mm]	13040
$\Phi_{tailskin}$ [mm]	13010
Całkowita długość tarczy [mm]	10785

Szerokość ogona [mm]	80
Maksymalne ciśnienie robocze (w osi) [bar]	2.7
Maksymalna siła docisku [MN]	92.7
Liczba stóp dociskowych	16
Liczba siłowników dla stopy	2
Liczba stóp na segment	2
Wymiar stopy [mm]	1200 x 370 mm



TBM Ø13.08M



INIEKCJA KOMPENSACYJNA

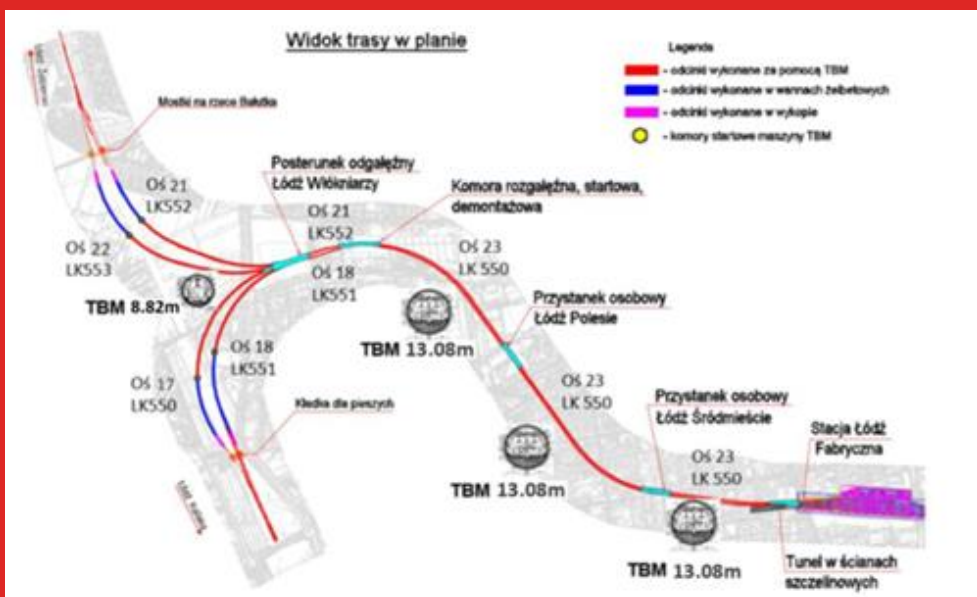
- Polega na iniektowaniu zaczynu w poszczególnych, wydzielonych za pomocą pakerów strefach i w różnych odstępach czasowych
- Zaczyn tłoczony jest zazwyczaj kilkoma niezależnymi pompami jednocześnie poprzez uprzednio wykonaną instalację tworzoną przez sieć stalowych żerdzi z manszetami

FAZOWANIE ROBÓT

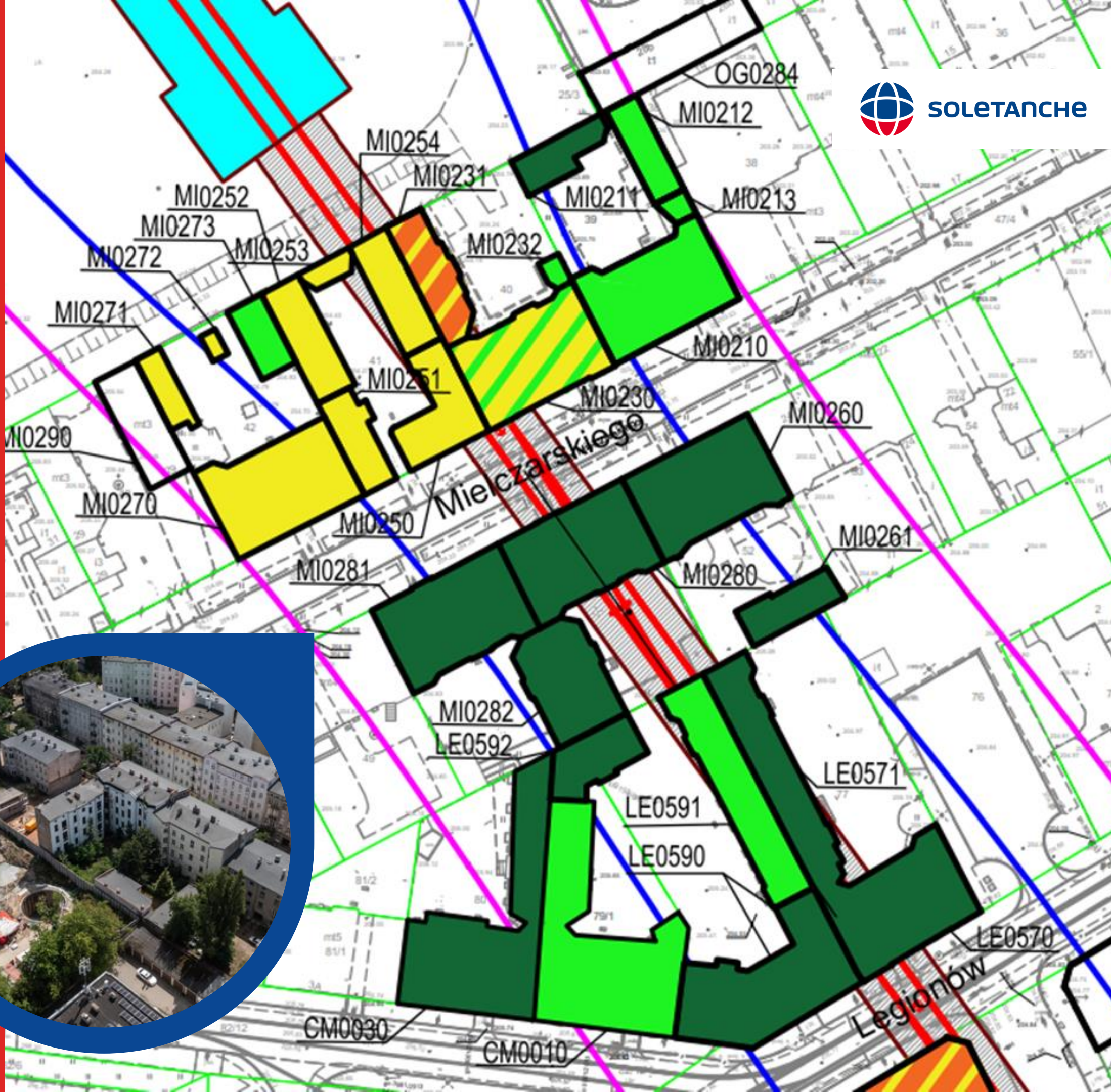
- 1 Wykonanie szachtów tymczasowych
- 2 Wiercenie otworów w palisadzie
- 3 Wiercenie otworów i montaż żerdzi iniekcyjnych z manszetami TAM
- 4 Faza SG - napełnienie żerdzi zaczynem (ang. Sleeve Grouting)
- 5 Faza PG - iniekcja wstępna (ang. Pre-conditioning Grouting)
- 6 Faza ACG - iniekcja aktywna (ang. Active Compensation Grouting)
- 7 Faza CG - iniekcja korygująca (ang. Corrective Grouting)
- 8 Zasypanie szachtów tymczasowych

TUNEL ŚREDNICOWY W ŁODZI

Odcinek próbny od Stacji Polesie
na początkowych 106 m

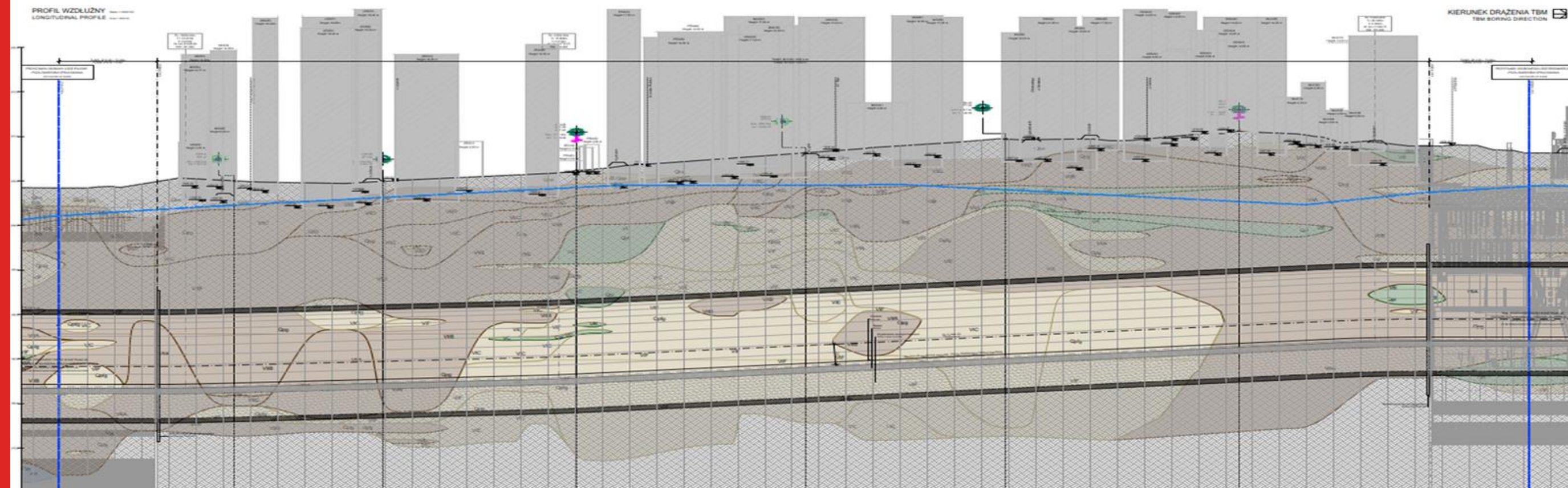
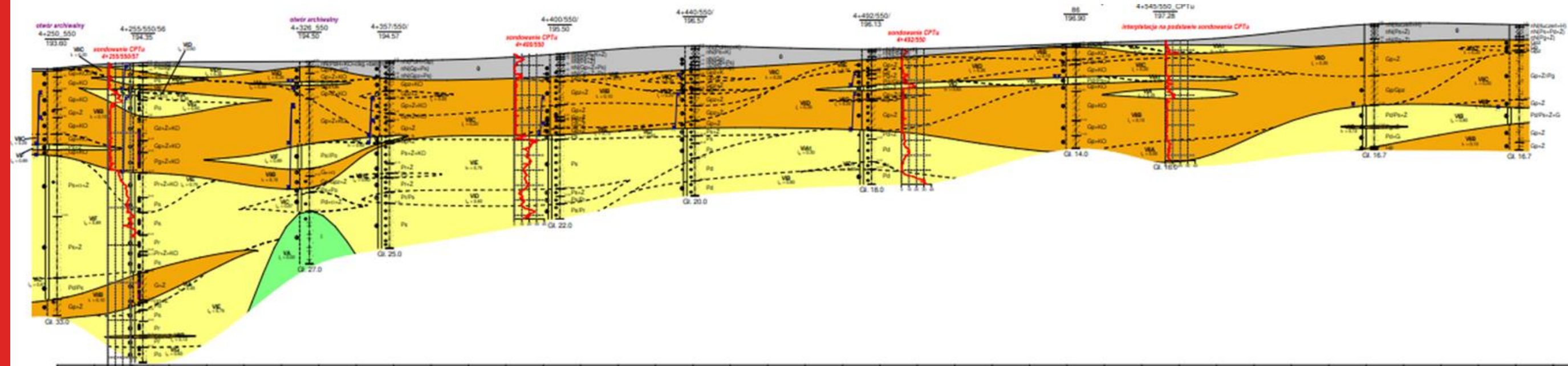


Oś 23 (LK 550-551)			
Położenie		Długość [m]	Konstrukcja
od	do		
-	0+454,17	-	Łódź Fabryczna
0+454,17	0+967,92	513,76	TBM tunel
0+967,92	1+129,51	161,59	Łódź Śródmieście
1+129,51	2+062,46	932,95	TBM tunel
2+062,46	2+222,86	160,40	Łódź Polesie
2+222,86	3+108,88	886,02	TBM tunel
3+108,88	-	-	Odolanowska
TBM długość wykopu		2654,72	



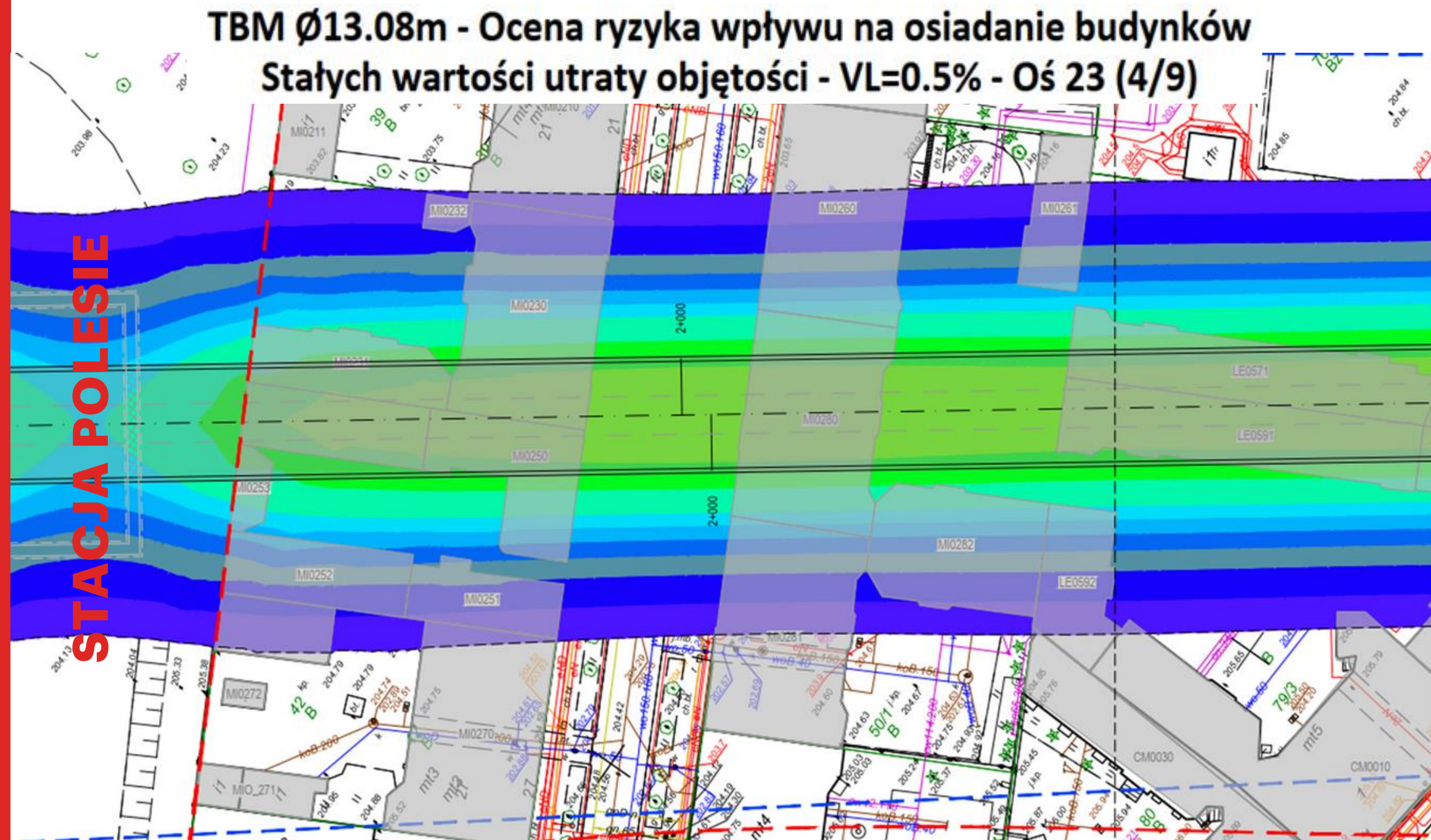
WARUNKI GRUNTOWE

	Nr warstwy geotechnicznej	Ciężar objętościowy		Wilgotność naturalna W_n	Wskaźnik porowatości (initial void ratio) e_0	Ciężar gruntu nawodnionego γ_{sat} [kN/m ³]	Kąt tarcia wewnętrzznego φ' [°]	Spójność c' [kPa]	Kąt tarcia wewnętrzznego φ_u [°]	Spójność $s_u = \tau_f = c_u$ [kPa]	Moduł odkształcenia E_{so} [MPa]	Edometryczny moduł ścisłości E_{oed} [MPa]	α_{Eur}	Moduł odciążenia- obciążenia E_{ur} [MPa]	Współczynnik Poissona ν [-]	Wskaźnik skonsolidowania (Symbol konsolidacji) β [-]	Współczynnik parcia spoczynkowego $K_{0,pc}$ [-]	Stopień prekonsolidacji OCR [-]	K_0	Współczynnik poziomu naprężenia zależny od m [-]	Współczynnik filtracji k [m/s]
		γ [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]																		
Nasypy nN	0	17.5	26.5	16.0	0.76	19.3	25	2.0	28	0	15	20	3.0	45	0.30	0.60	0.58	1.00	0.58	-	1.0E-04
Gliny piaszczyste	VIIA / VIIB / VIID	22.0	26.7	9.0	0.32	22.6	26	10.0	0	180	50	68	3.0	150	0.30	0,75 (B)	0.56	1.00	0.56	0.5	2.0E-09
Piaski drobne	VIC/VIF	18.5	26.5	14.0	0.63	20.0	36	1.0	36	0	68	90	3.0	204	0.30	0.80	0.41	1.00	0.41	0.5	1.0E-04



INIEKCJA KOMPENSACYJNA

- Ocena ryzyka wpływu na osiadanie budynków stałych wartości utraty objętości $VL=0,5\%$
- Na odcinku próbnym przewidziano zakres wzmocnienia podłoża pod budynkami
 - **MIO231**
 - **MIO230**
 - **MIO254**
 - **MIO250**
 - **MIO252**
 - **MIO280**



LEGENDA \ LEGEND:

Oś tunelu Tunnel Axis	Strefy wpływu ZOI - Zone of influence	Zakres niniejszego opracowania
Segmentowa obudowa tunelu Segmental lining	Obszary DULLK	

OSIADANIA GRUNTU [mm] / INDUCED SETTLEMENT [mm]

1.0+2.5	7.5+10.0	15.0+20.0	30.0+35.0	45.0+50.0	70.0+80.0
2.5+5.0	10.0+12.5	20.0+25.0	35.0+40.0	50.0+60.0	80.0+90.0
5.0+7.5	12.5+15.0	25.0+30.0	40.0+45.0	60.0+70.0	



**Dopuszczalne
maksymalne osiadania
budynków 10 mm**

STAN TECHNICZNY BUDYNKÓW

- MIO231 - zły miejscami awaryjny
- MIO230 - średni, miejscami zły
- MIO254 - zły
- MIO250 - zły
- MIO252 - zły
- MIO280 - zadowalający

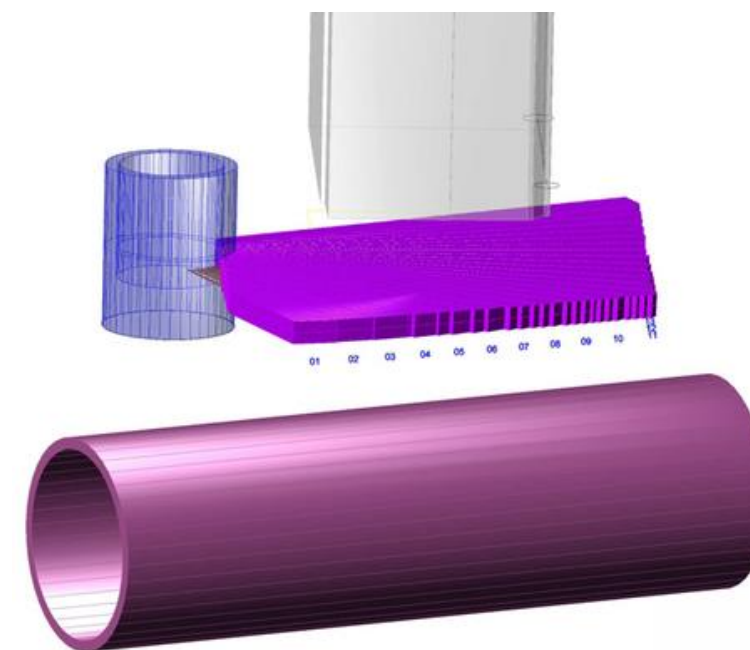
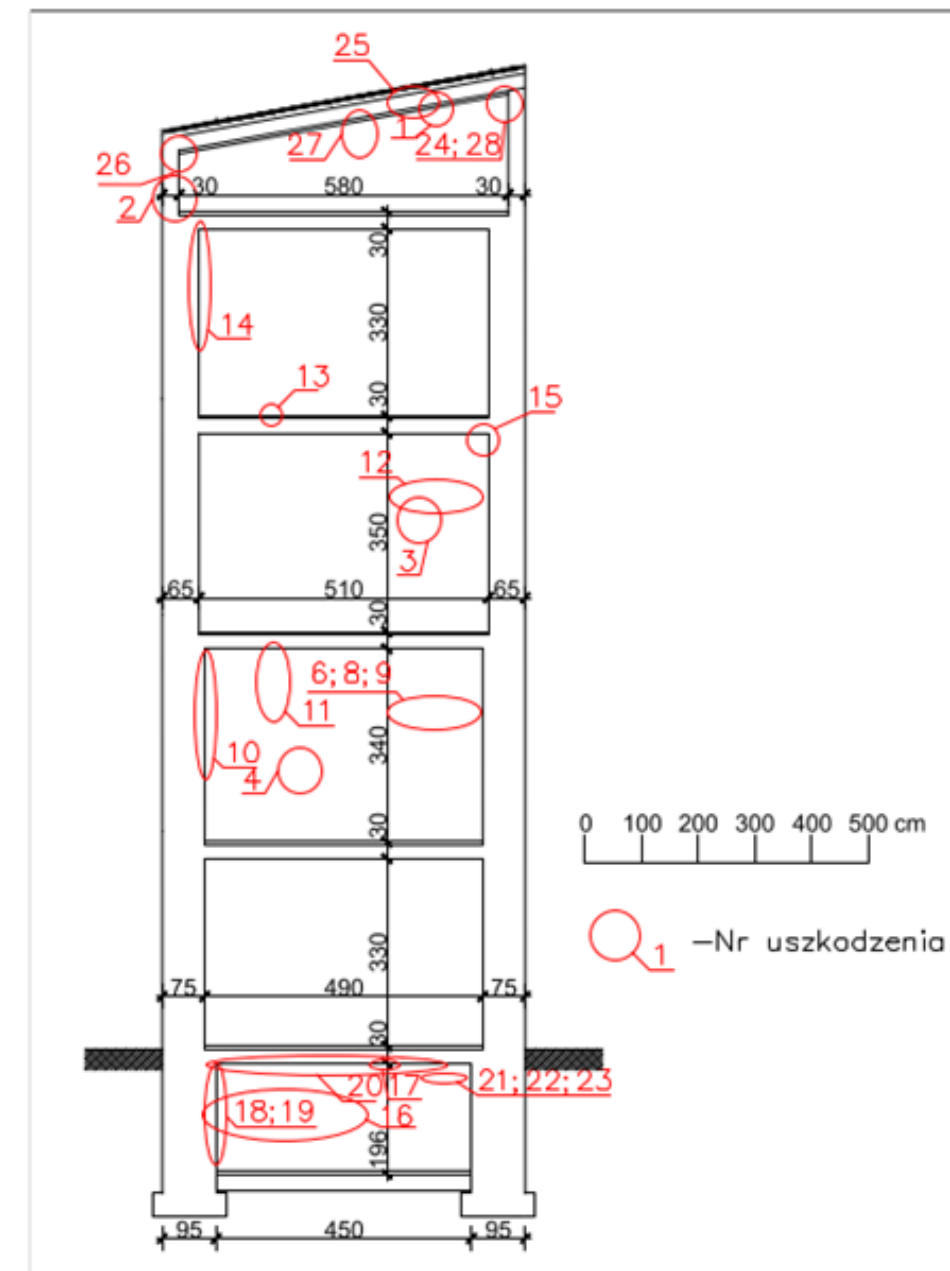
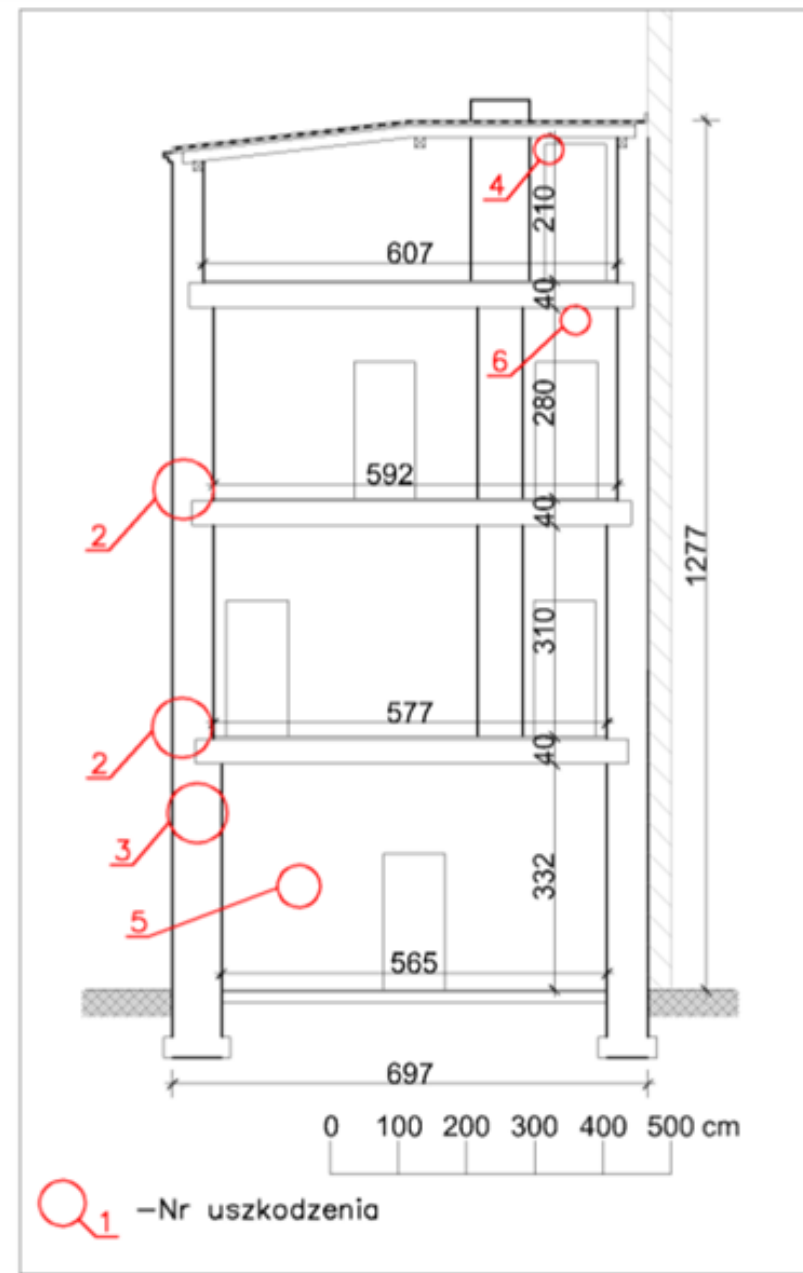


Przyjęta klasyfikacja stanu technicznego obiektu

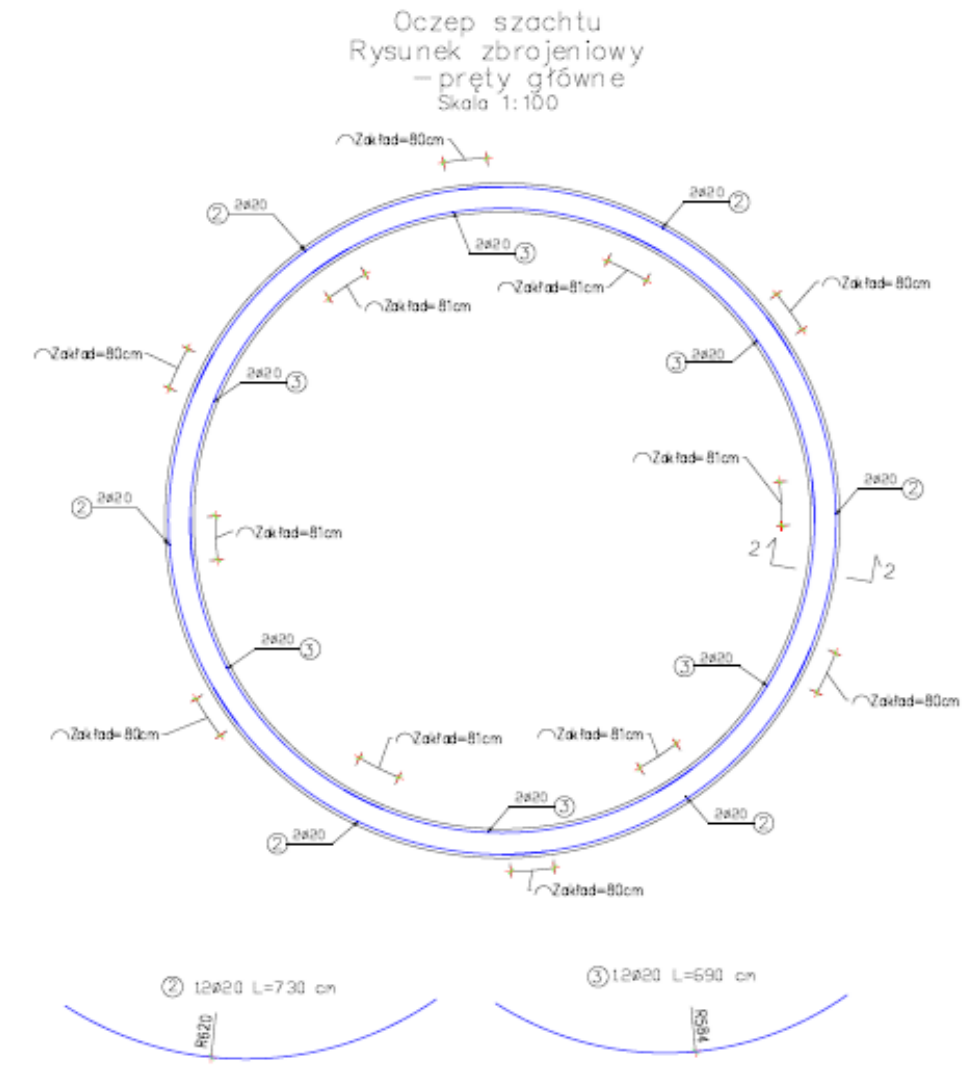
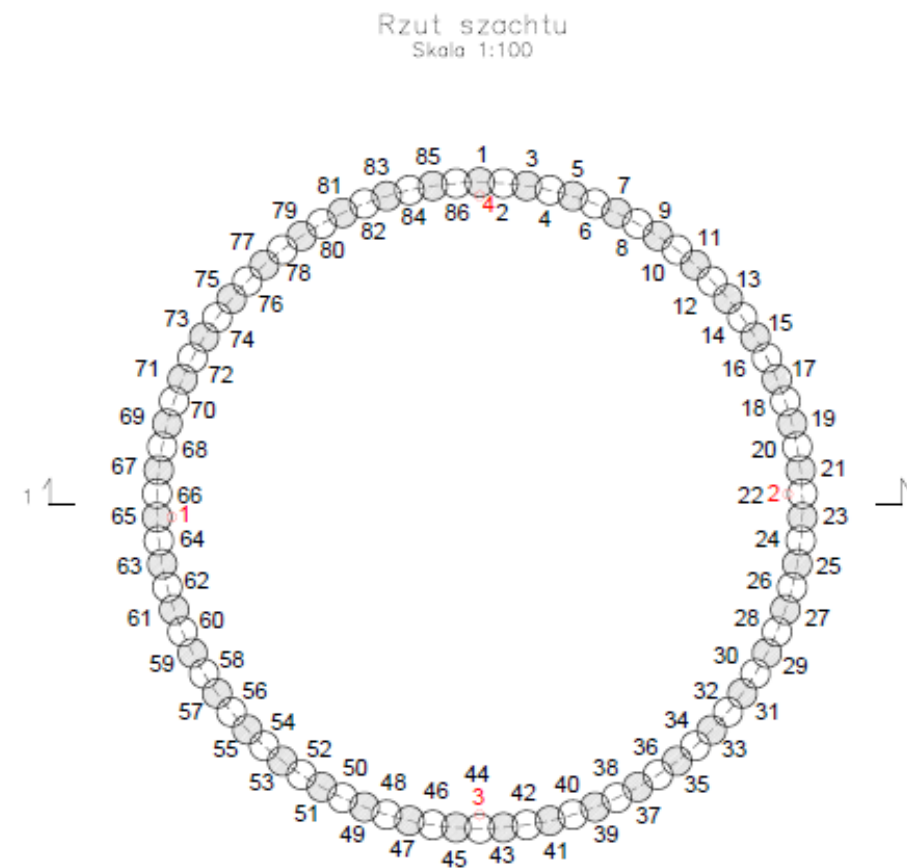
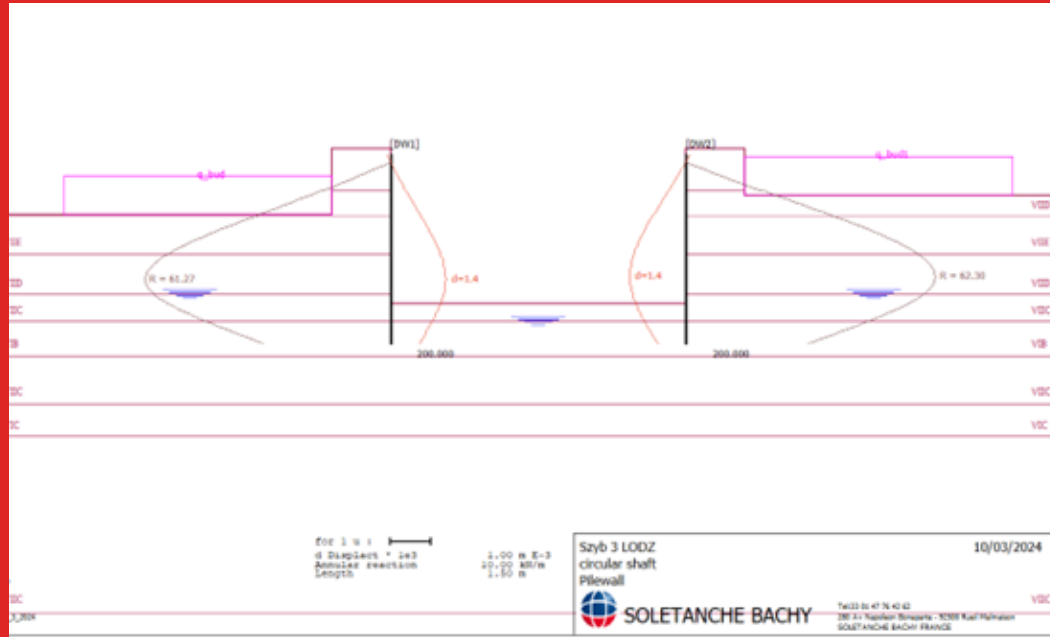
Lp.	Klasyfikacja stanu technicznego elementu	Procentowe zużycie elementu (%)*	Kryteria ocen
1	Dobry	0-15	Stan techniczny niebudzący zastrzeżeń. Element budynku (instalacji) jest dobrze utrzymany, konserwowany, nie wykazuje zużycia i uszkodzeń. Cechy i właściwości wbudowanych materiałów odpowiadają wymogom norm, atestów, certyfikatów oraz warunkom technicznym. Mogą być uwagi o charakterze konserwacyjnym oraz mające wpływ na trwałość elementu.
2	Zadowalający	16-30	Stan techniczny niewskazujący na uszkodzenia konstrukcji budynku (budowli). Mogą występować niewielkie uszkodzenia elementów (instalacji), drobne niemające wpływu na bezpieczeństwo użytkowania obiektu, a także uwagi, do co estetyki i konserwacji elementów obiektu (instalacji).
3	Średni	31-50	Występują uszkodzenia elementów budynku (instalacji) niezagrażające bezpieczeństwu użytkowania obiektu. Celowy jest częściowy remont lub naprawa elementów (instalacji).
4	Zły	51-70	Występują uszkodzenia konstrukcji (instalacji) i elementów budynku, mogące mieć wpływ na bezpieczeństwo użytkowania obiektu. Konieczne są roboty naprawcze lub remont kapitalny.
5	Awaryjny	>70	Występują poważne uszkodzenia konstrukcyjne lub inne, stwarzające zagrożenie dla zdrowia lub życia przebywających w obiekcie ludzi. Uszkodzenia te mogą być przyczyną katastrofy budowlanej. Konieczne jest natychmiastowe działanie administratora obiektu



ETAP PROJEKTOWANIA



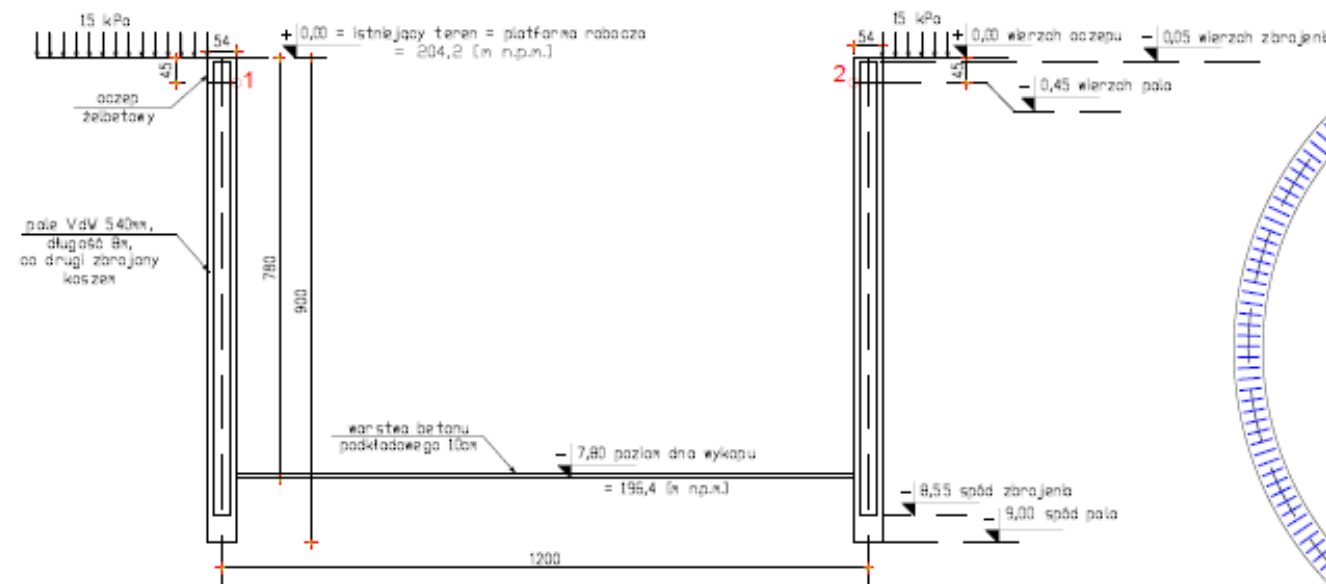
TYMCZASOWE SZACHTY TECHNOLOGICZNE



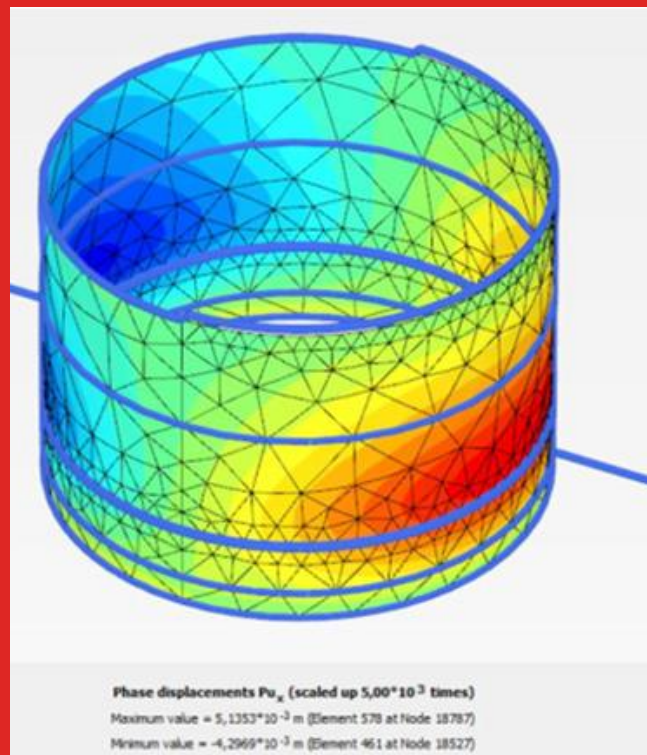
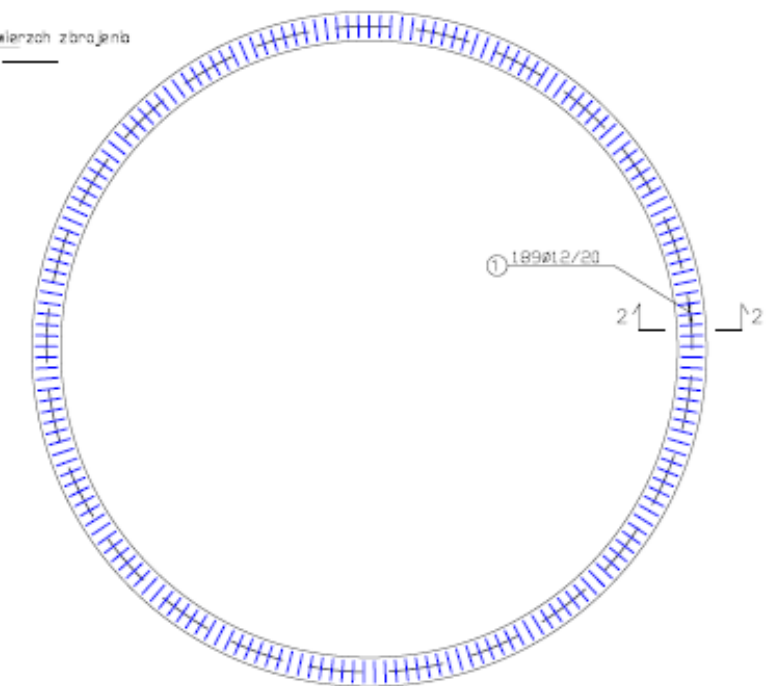
LEGENDA

- Pale VdW 540mm zbrojone koszem
- Pale VdW 540mm niezbrojone
- 4 Punkt pomiaru przemieszczeń poziomych

Przekrój 1 - 1 Skala 1:100



Oczep szachtu Rysunek zbrojowy - strzemiona Skala 1:100



Phase displacements Pv_x (scaled up $5,00 \cdot 10^{-3}$ times)
Maximum value = $5,1253 \cdot 10^{-2}$ m [Element 578 at Node 18787]
Minimum value = $-4,2969 \cdot 10^{-2}$ m [Element 461 at Node 18527]

REALIZACJA TYMCZASOWYCH SZACHÓW TECHNOLOGICZNYCH







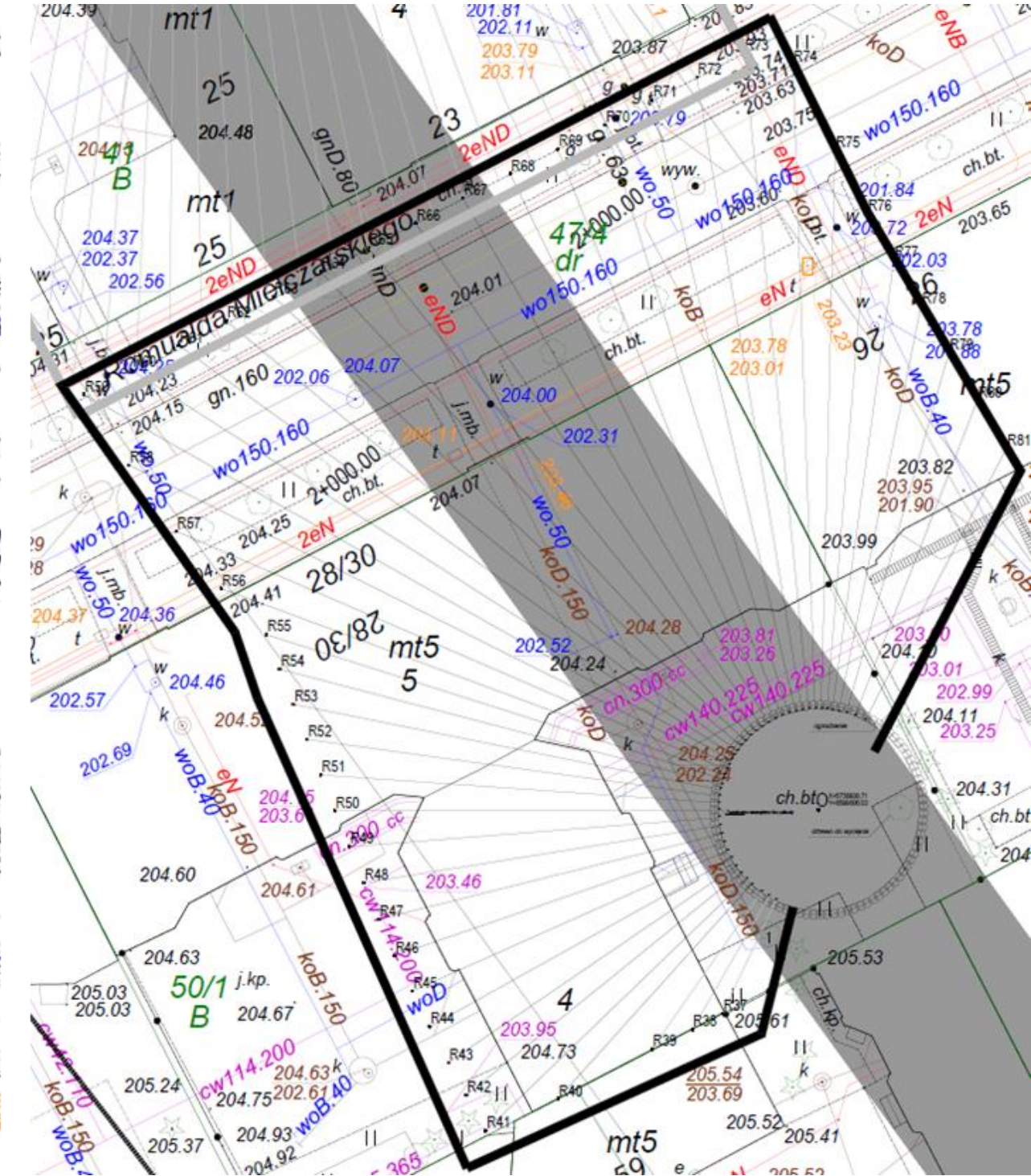
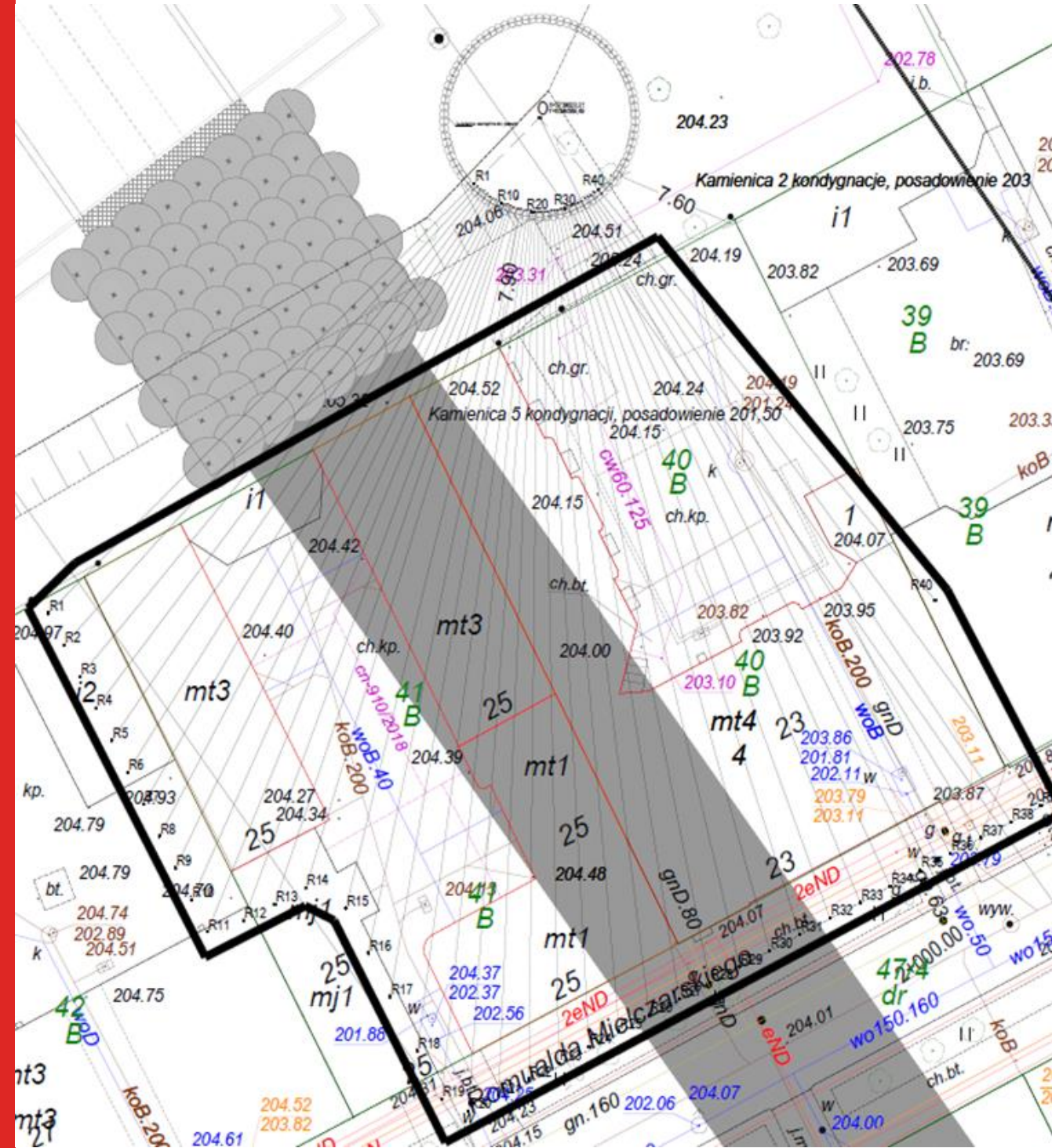
WIERCENIE OTWORÓW

Szacht nr 1

- 40 odwiertów
- maksymalna długość odwiertu 55,97 m
- łączna długość odwiertów 1896 m
- wykonanie od 22 czerwca do 12 lipca

Szacht nr 2

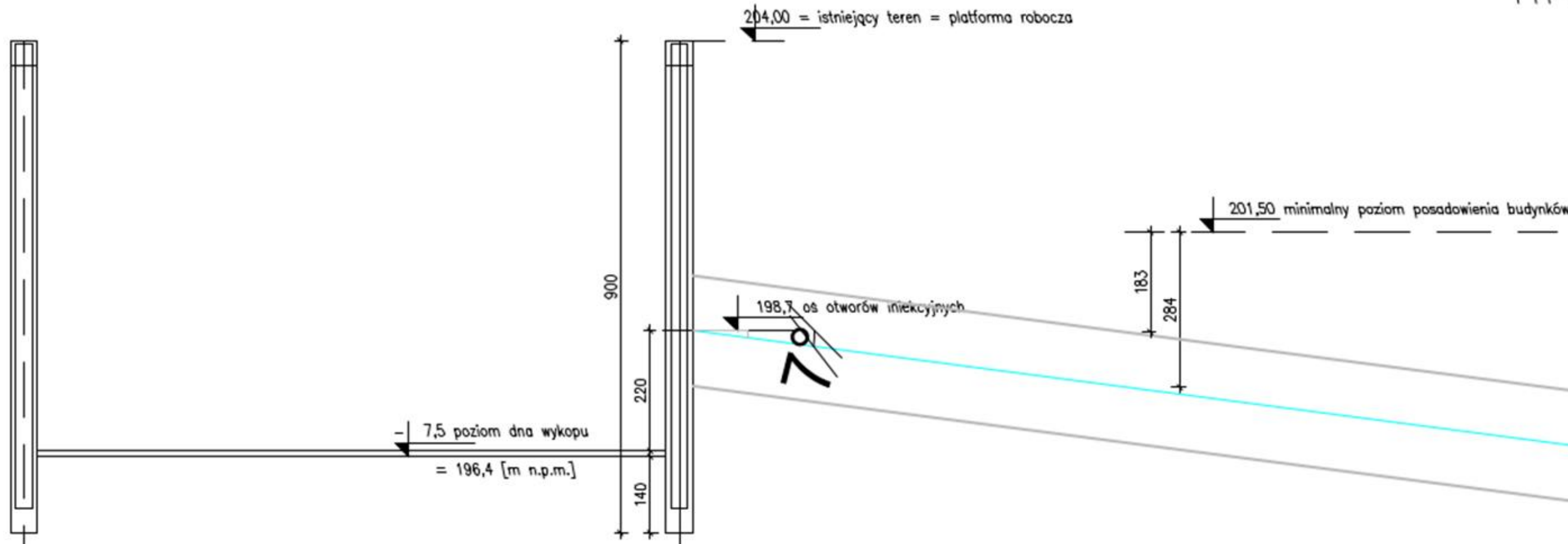
- 45 odwiertów
- maksymalna długość odwiertu 45 m
- łączna długość odwiertów 1263 m
- wykonanie od 19 lipca do 2 sierpnia



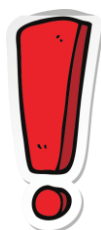
PRZEKRÓJ SZACHTU TECHNOLOGICZNEGO



TYPOWY PRZEKRÓJ POPRZECZNY



Numer otworu	Współrzędne początku rury manszowej			Współrzędne końca rury manszowej			Długość całkowita
	X	Y	Z [m.n.p.m.]	X	Y	Z	
R1	5739019,21	6599565,38	198,70	5738993,21	6599538,71	193,84	37,56
R2	5739019,02	6599565,58	198,70	5738991,29	6599539,70	193,75	38,25
R3	5739018,84	6599565,77	198,70	5738989,36	6599540,70	193,65	39,03
R4	5739018,68	6599565,97	198,70	5738987,43	6599541,69	193,54	39,91
R5	5739018,54	6599566,17	198,70	5738985,51	6599542,68	193,41	40,87
R6	5739018,41	6599566,36	198,70	5738983,57	6599543,68	193,28	41,92
R7	5739018,29	6599566,55	198,70	5738981,64	6599544,68	193,13	43,04
RR	5739018,18	6599566,73	198,70	5738979,71	6599545,67	192,98	44,23
R9	5739018,09	6599566,91	198,70	5738977,78	6599546,67	192,81	45,49
R10	5739018,00	6599567,09	198,70	5738975,82	6599547,69	192,64	46,82
R11	5739017,93	6599567,26	198,70	5738973,91	6599548,67	192,46	48,19
R12	5739017,85	6599567,44	198,70	5738974,60	6599550,94	192,66	46,68
R13	5739017,80	6599567,60	198,70	5738975,59	6599552,90	192,87	45,08
R14	5739017,74	6599567,77	198,70	5738976,58	6599554,85	193,07	43,51
R15	5739017,65	6599568,08	198,70	5738975,35	6599557,35	193,01	44,01
R16	5739017,60	6599568,30	198,70	5738972,63	6599558,76	192,70	46,36
R17	5739017,56	6599568,49	198,70	5738969,99	6599560,13	192,40	48,71
R18	5739017,53	6599568,72	198,70	5738966,71	6599561,84	192,01	51,72
R19	5739017,51	6599568,90	198,70	5738963,78	6599563,36	191,65	54,47
R20	5739017,49	6599569,06	198,70	5738963,04	6599565,04	191,58	55,06
R21	5739017,48	6599569,24	198,70	5738964,01	6599566,93	191,72	53,97
R22	5739017,48	6599569,42	198,70	5738964,99	6599568,81	191,85	52,94
R23	5739017,48	6599569,61	198,70	5738965,96	6599570,70	191,98	51,97
R24	5739017,49	6599569,80	198,70	5738966,94	6599572,59	192,09	51,06
R25	5739017,50	6599570,00	198,70	5738967,91	6599574,48	192,20	50,21
R26	5739017,52	6599570,21	198,70	5738968,89	6599576,36	192,30	49,43
R27	5739017,55	6599570,42	198,70	5738969,86	6599578,25	192,39	48,74
R28	5739017,59	6599570,63	198,70	5738970,85	6599580,17	192,47	48,11
R29	5739017,64	6599570,84	198,70	5738971,81	6599582,03	192,54	47,58
R30	5739017,70	6599571,06	198,70	5738972,78	6599583,91	192,60	47,12
R31	5739017,77	6599571,28	198,70	5738973,76	6599585,80	192,65	46,74
R32	5739017,84	6599571,50	198,70	5738974,73	6599587,69	192,69	46,44
R33	5739017,93	6599571,72	198,70	5738975,71	6599589,57	192,72	46,23
R34	5739018,03	6599571,93	198,70	5738976,68	6599591,46	192,73	46,12
R35	5739018,13	6599572,15	198,70	5738977,66	6599593,35	192,74	46,07
R36	5739018,25	6599572,35	198,70	5738978,63	6599595,24	192,73	46,14
R37	5739018,37	6599572,56	198,70	5738979,62	6599597,15	192,71	46,28
R38	5739018,50	6599572,75	198,70	5738980,58	6599599,01	192,68	46,52
R39	5739018,63	6599572,94	198,70	5738981,55	6599600,90	192,64	46,83
R40	5739018,84	6599573,19	198,70	5738993,97	6599594,27	194,45	32,88



Maksymalna długość odwiertu 55,97 m

WIERCENIE OTWORÓW

Odwierty wykonano w rurach osłonowych fi 114 mm





- rury iniekcyjne fi 60,3/3,2 mm
- rękawy iniekcyjne 3 szt./ mb



INIEKCJA WSTĘPNA

Wstępna iniekcja warunkowa (ang. Pre-conditioning Grouting, „P-CG”)





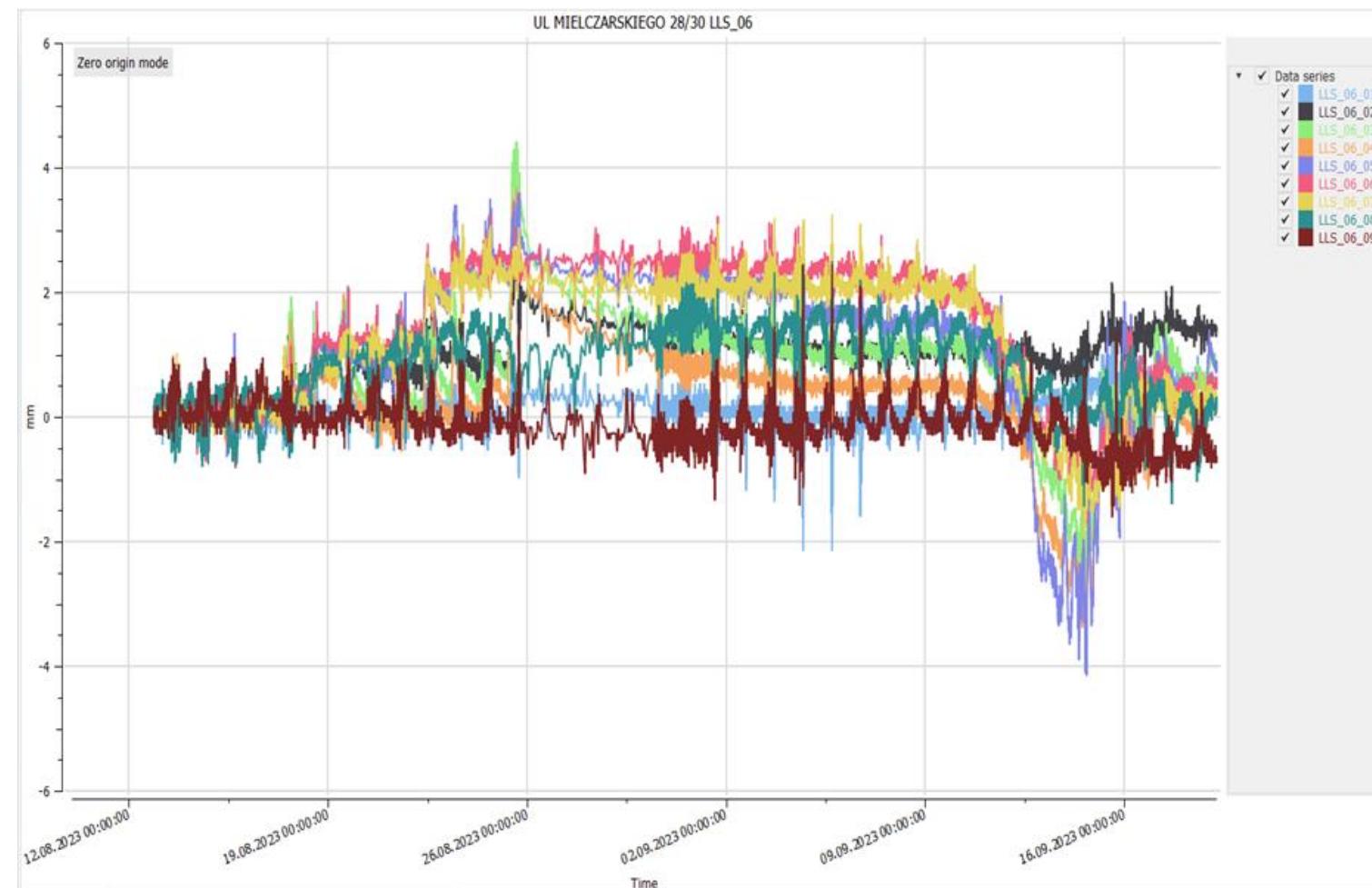
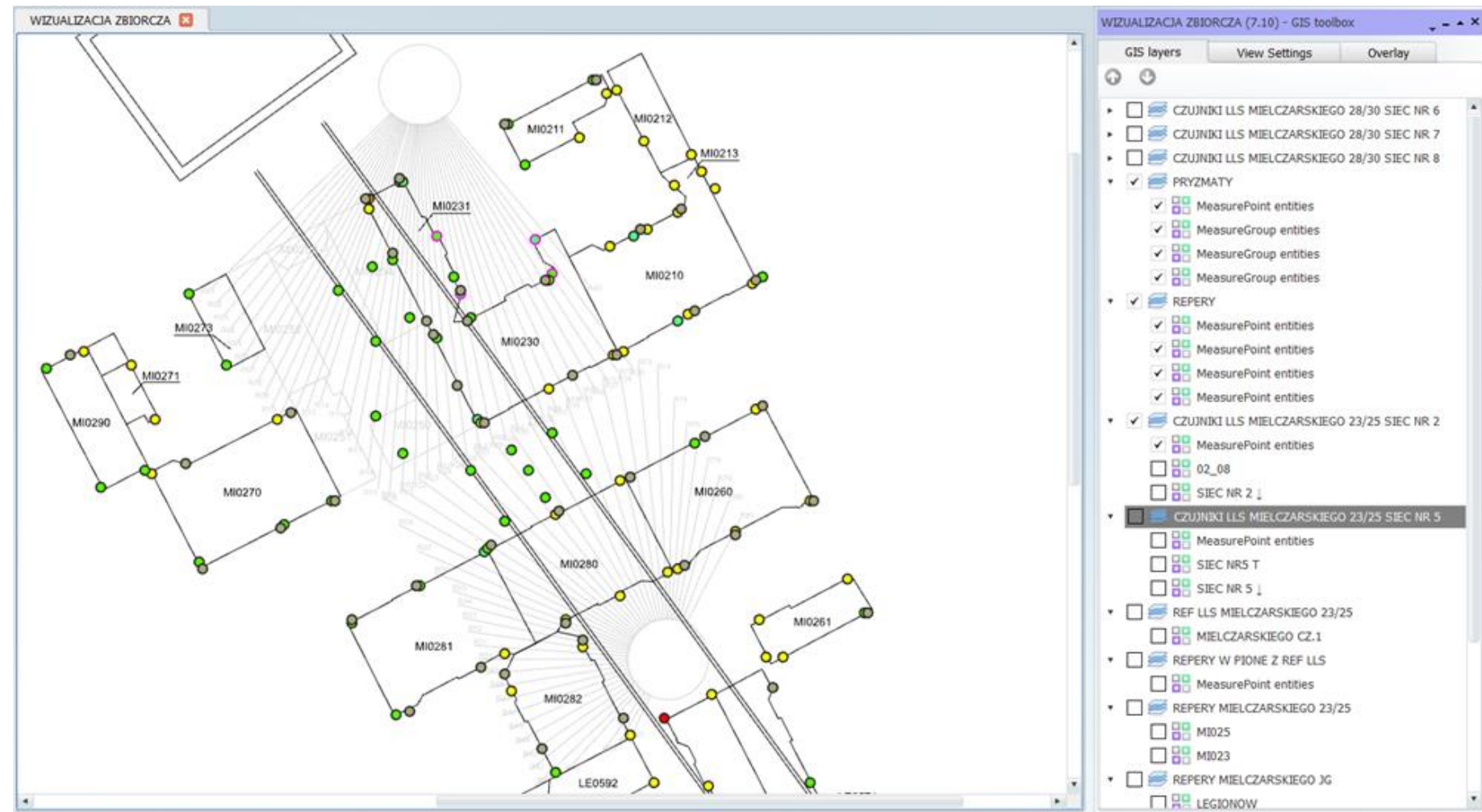
INIEKCJA AKTYWNA 24/7





MONITORING

W celu detekcji wpływu realizowanego zakresu IK oraz prac TBM, na osiadanie istniejącej zabudowy zaprojektowano zastosowanie technologii łączonej hydroniwelacji precyzyjnej (LLS, ang. Liquid Levelling System) z niwelacją klasyczną oraz pomiarami tachimetrem automatycznym CYCLOPS (ATS, ang. Automatic Total Station).

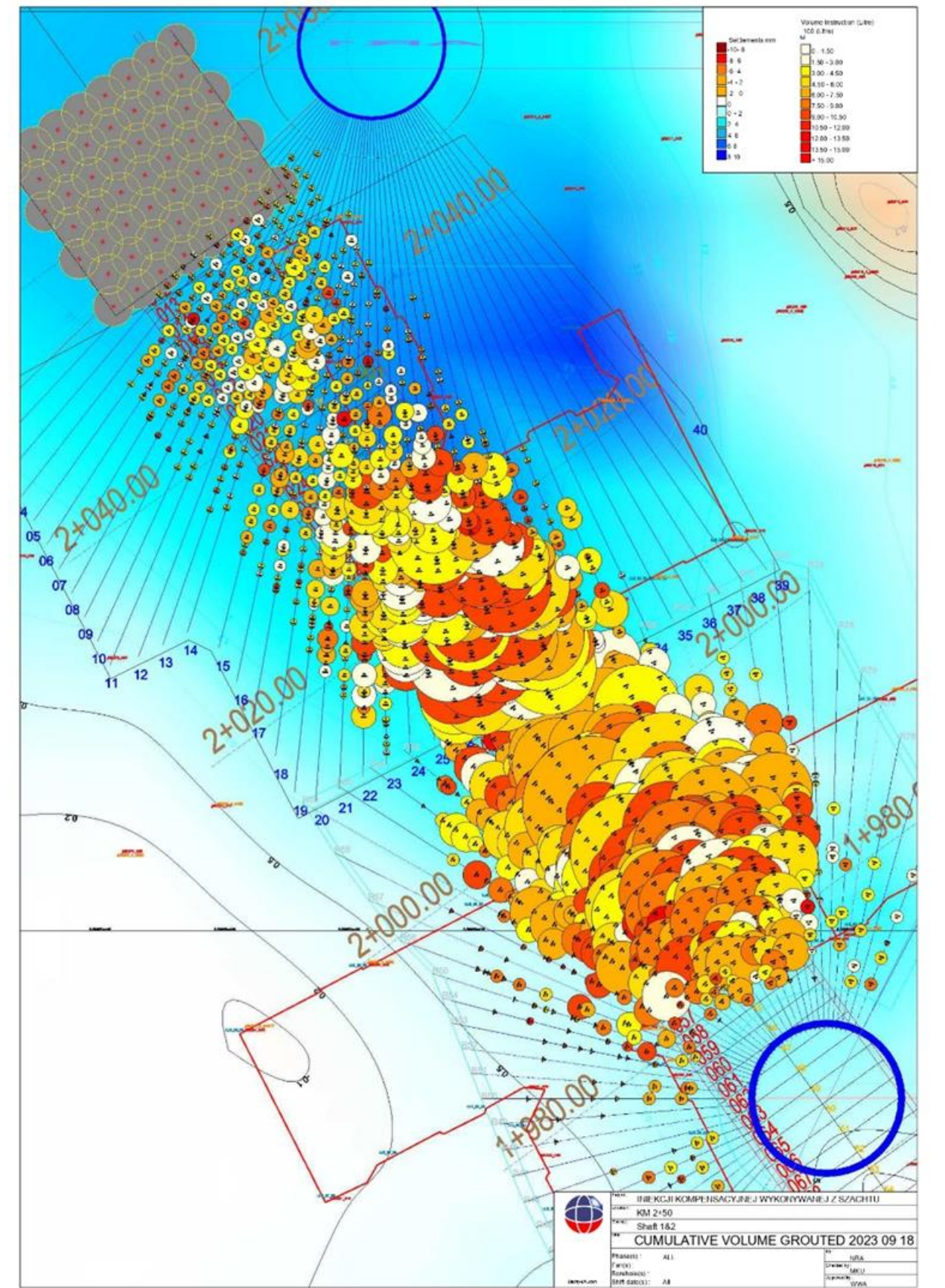
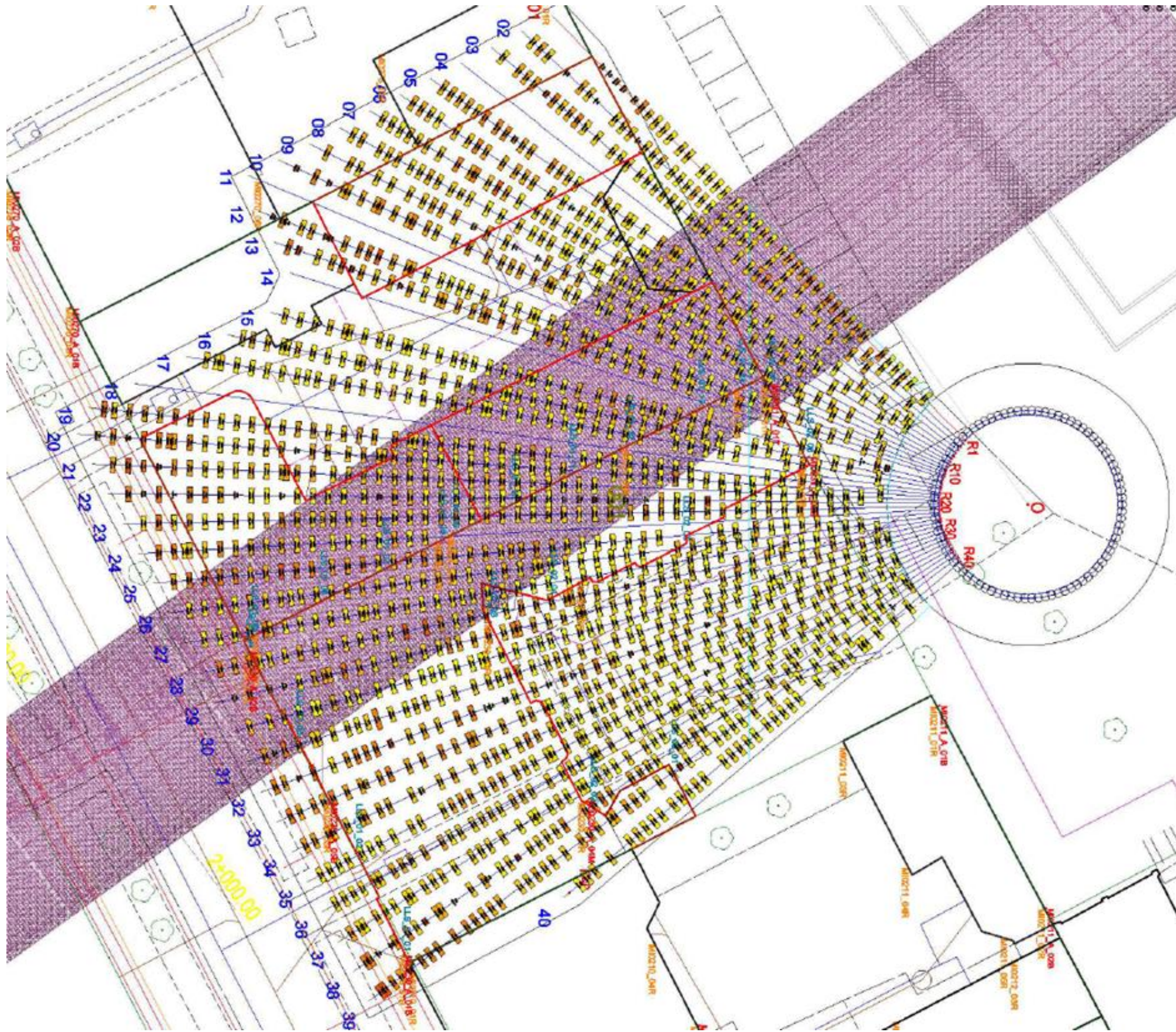


RAPORT DZIENNY INIEKCJI KOMPENSACYJNEJ

Kontrola przeprowadzanych iniekcji jest oparta na specjalistycznym oprogramowaniu GROUT IT® software.

- SPHINX - projektowanie i zarządzanie parametrami iniekcji, analizowanie rezultatów
- SPICE - komputerowa kontrola pomp, automatyczny zapis danych.

Compensation Grouting									
DAILY REPORT									GROUT I.T.
JOB SITE: Lodz									
Zone: 1									
Shif Date: 09/09/2023					DPM:				
Borehole	Pump Begin Time	Pump End Time	Stage	Grout Depth (Middle) m	Phase	Volume Grouted l	Pres. Final bar		Stop criteria
R-12	23:03:57	23:08:14	66	24.49	CG02C	50.01	4.65	1	MAXIMUM VOLUME
R-12	23:17:01	23:21:16	69	23.5	CG02C	50.01	2.95	1	MAXIMUM VOLUME
R-12	23:26:49	23:31:07	73	22.18	CG02C	50.01	3.88	1	MAXIMUM VOLUME
R-12	23:37:17	23:42:02	77	20.86	CG02C	50	6.05	1	MAXIMUM VOLUME
R-12	23:47:48	23:52:04	80	19.87	CG02C	50.01	3.65	1	MAXIMUM VOLUME
R-12	23:55:57	00:00:17	84	18.55	CG02C	50.05	3.18	1	MAXIMUM VOLUME
R-12	00:04:44	00:08:57	88	17.23	CG02C	50	6.71	1	MAXIMUM VOLUME
R-12	00:14:10	00:18:29	91	16.24	CG02C	50.03	6.31	1	MAXIMUM VOLUME



DZIĘKUJĘ I ZAPRASZAM DO KONTAKTU

EMILIA BŁACH

Dyrektor Działu Ofertowo – Projektowego

 600 008 702

 emilia.blach@soletanche.pl

 [@emiliablach](#)

 soletanche.pl

 [@SoletanchePolska](#)

 [@SoletanchePolska](#)

 [@SoletanchePolska](#)



Build on us