



Przęsło nurtowe podczas realizacji metody wspornikowej

## Budowa mostu przez Odrę w Kędzierzynie-Koźlu

■ mgr inż. Andrzej Sikorski, Bilfinger Berger Budownictwo SA, Oddział Mostowy PPRM

Dla usprawnienia ruchu tranzytowego z północy na południe ziemi opolskiej, przez Kotlinę Raciborską w kierunku granicy czeskiej, należało wybudować kolejną przeprawę przez Odrę. Przeprawa ta w zdecydowany sposób ułatwi również komunikację wewnętrzną rozciągniętą na wielu kilometrach aglomeracji śląskiej.

Opisany poniżej obiekt znajduje się w ciągu odcinka B południowej obwodnicy miasta Kędzierzyna-Koźla, jest obiektem wykonanym metodą betonowania nawisowego, z przęsłem nurtowym o rekordowej w kraju rozpiętości. Już teraz, choć obiekt jeszcze nie jest wykończony i nie został oddany do użytkowania, cieszy

się ogromnym zainteresowaniem mediów, mieszkańców regionu i specjalistów.

### Opis zadania

Odcinek B budowanej obwodnicy ma długość prawie 3,5 km; rozpoczyna się rondem przy ul. Głębczyckiej na peryferiach Koźla, a kończy rondem Milenijnym w Kędzierzynie. Warto zaznaczyć, że obecnie trwają także prace budowlane na odcinku A obwodnicy południowej. Oba odcinki znajdują się w ciągu nowo projektowanego odcinka drogi krajowej nr 40 i omijając miasto, połączą jej dotychczasowy bieg z drogą krajową nr 45.

W skład odcinka B wchodzi siedem obiektów inżynierskich: trzy przepusty, trzy mosty i jeden wiadukt. Obiekt przez Odrę oznaczony został symbolem M-4, przez potok Lineta symbolem M-1, przez potok Golka symbolem M-2, wiadukt nad ul. Raciborską ma symbol M-3.

### Ukształtowanie konstrukcji

Opisywany most jest wykonany z betonu sprężonego o schemacie statycznym belki pięcioprzęsłowej. Rozpiętość teoretyczna

Tab. 1. Parametry mostu

Konstrukcja mostu	dźwigar skrzynkowy z kablobetonu
Metody realizacji	przęsła dojazdowe – na rusztowaniach stacjonarnych przęsła zalewowe i przęsło nurtowe – metoda betonowania nawisowego
Podpory	przyczółki masywne filary tarczowe
Spadki konstrukcji	spadek poprzeczny jednostronny 2% spadek podłużny zmienny 1,2–1,8%
Długość całk. obiektu	397,65 m
Rozpiętość przęsła nurtowego	140,0 m

Tab. 2. Materiały użyte do budowy mostu

Beton konstrukcyjny	podpory C25/30 ustrój nośny C50/60 objętość łączna 15 400 m <sup>3</sup>
Stal konstrukcyjna	stal klasy A-III BSt500S masa łączna: 1 956 426 kg
Rodzaje i ilości kabli sprężających	kable montażowe 44 szt. kable docelowe (wewnętrzne): przędza nurtowe 22 szt. przędza zalewowe 2 x 10 szt. przędza dojazdowe 2 x 4 szt. kable podporowe 2 x 6 szt.
Stal sprężająca	typ lin 19L15,7 ze stali $R_{yk} = 1860$ MPa nośność kabla 5300 kN naciąg kabla 3710 kN typ naciągu dwustronny łączna masa stali spr. 236 512 kg

przędseł wynosi: 52,5 + 75,0 + 140,0 + 75,0 + 52,5, co daje długość teoretyczną obiektu 395,0 m.

Po długości obiektu od strony Kędzierzyna niweleta wznosi się spadkiem podłużnym 1,8%, a następnie wpisuje się w łuk pionowy o promieniu  $R = 10\ 000$  m i przechodzi w spadek przeciwny o wartości 1,2% w kierunku Koźła.

Obiekt usytuowany jest prostoliniowo, w skosie; kąt skosu konstrukcji odpowiada kątowi skosu względem przeszkody i ma wartość 49°.

Ustrój nośny stanowi kablobetonowa konstrukcja o dźwigarze skrzynkowym jednokomorowym, z dwoma środnikami o zmiennej wysokości; wysokość konstrukcyjna waha się od 6,20 m nad podporami pośrednimi przynurtowymi do 3,0 m w środku przęśla nurtowego i w przęślach dojazdowych. Grubość środników jest zmienna: od 0,6 m do 0,5 m.

Szerokość skrzynki wynosi 6,40 m, płyta dena o zmiennej grubości 0,23–1,20 m, płyta pomostowa ma szerokość 13,20 m i grubość zmienną 0,2–0,5 m. Nad każdą z podpór występują przepony o grubości 1,25 m, prostopadłe do osi konstrukcji – nad podporami C i D występują przepony podwójne.

### Krok po kroku

Prace budowlane przy obiekcie M-4 rozpoczęto pod koniec sierpnia 2008 r. Po przygotowaniu zaplecza budowy rozpoczęły się prace fundamentowe. Obiekt posadowiono pośrednio przez zastosowanie wierconych pali wielkośrednicowych.

Każda z sześciu podpór została posadowiona na różnej liczbie pali o stałej średnicy 1500 mm. Liczba i długość wykonanych pali w podporach: podpora A – 15 pali,  $L = 15,0$  m; podpora B – 12 pali,  $L = 18,0$  m; podpora C – 28 pali,  $L = 21,0$  m; podpora D – 36 pali,  $L = 23,0$  m; podpora E – 12 pali –  $L = 18,0$  m; podpora F – 15 pali,  $L = 13,5$  m.

Roboty palowe ukończono do końca 2008 r.

Pale zostały wykonane metodą betonowania contractor z podnoszoną rurą obsadową. Do ich realizacji posłużyły dwie wiertnice marki Bauer. Po dokonaniu próbnych obciążeń pali metodą dynamiczną na każdej z podpór rozpoczęto realizację oczepów.

Ławy fundamentowe wykonywano w wykopach ograniczonych ścianką szczelną pozostawioną jedynie przy podporach przynurtowych. Montaż zbrojenia odbywał się na uprzednio wykonanej warstwie podbudowy z betonu niekonstrukcyjnego o grubości 1,0 m (łączna objętość wykonanej podbudowy to ok. 600 m<sup>3</sup>).

Na podporach skrajnych wysokość oczepów wynosi 2,5 m, na podporach pośrednich 3,0 m. Łączna ilość stali zbrojeniowej ocze-

pów wynosi 283,6 t, a objętość betonu to 3260 m<sup>3</sup>. Ławy fundamentowe mają kształt prostokątny (równoległoboku – podpory skrajne), z wyjątkiem ław na podporze C i D, które posiadają celowe poszerzenia dla oparcia podpór montażowych.

Wszystkie podpory są równoległe do nurtu rzeki. Przymocunki masywne ze skrzydłami opartymi na wspólnym fundamencie. Wykonano filary pełnościenne, tarczowe, o grubości 1,6 m, o opływowym kształcie. Podpory ukończono do końca marca 2009 r., po osadzeniu łożysk przystąpiono do realizacji konstrukcji skrzynkowej. Przędza nurtowe, oraz przyległe przędza zalewowe wykonano metodą symetrycznego betonowania wspornikowego, natomiast przędza dojazdowe zrealizowano na rusztowaniach stacjonarnych.

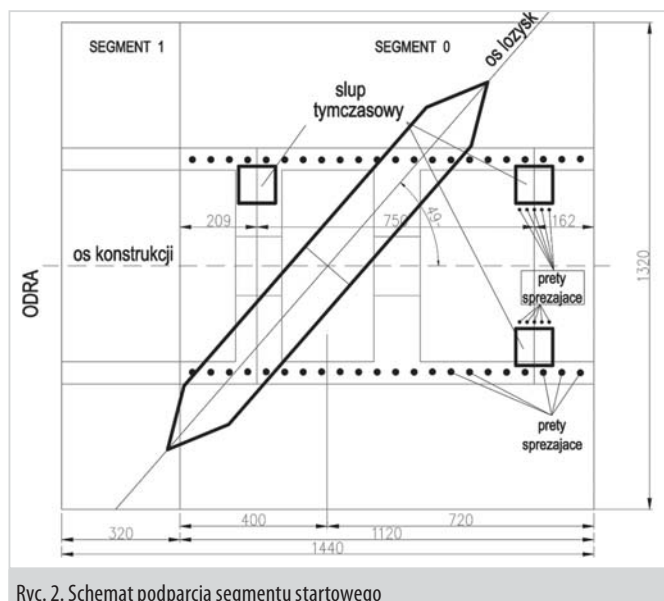
### Realizacja metody wspornikowej

Przed przystąpieniem do wykonywania przęseł metodą betonowania wspornikowego należało wykonać prace przygotowawcze, a mianowicie zapewnić stabilne podparcie konstrukcji w rejonie podpory docelowej (ryc. 1).



Ryc. 1. Podparcie montażowe słupami żelbetowymi przy podporze D

W związku z dużym skosem konstrukcji ( $\alpha = 49^\circ$ ) segment startowy o długości 11,2 m jest przesunięty po długości w stosunku do podpory (odległość od środka podpory wynosi 7,2 i 4,0 m). Dopiero z „doklejonym” segmentem nr 1 (długości 3,20 m) tworzy symetryczną jedność, pozwalającą na zamontowanie trawelerów. Bryłę utworzoną z tych dwóch segmentów podparto za pomocą trzech słupów montażowych (ryc. 2).



Ryc. 2. Schemat podparcia segmentu startowego

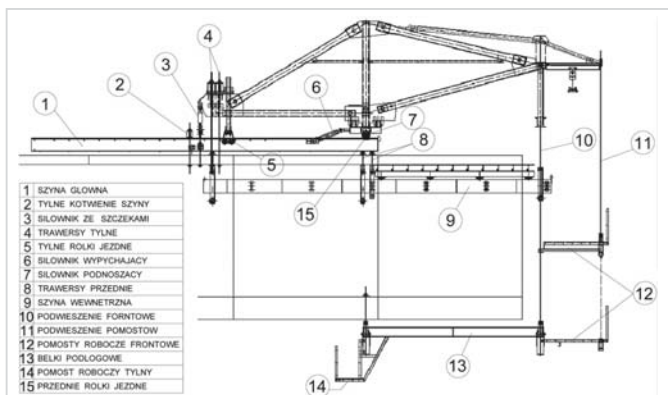
Segment startowy został „zakotwiony” w ławie fundamentowej za pomocą 10 prętów sprężających. Zakotwienie realizowane jest poprzez bloki kotwiące wychodzące z fundamentu – zakotwienie bierne. Segmenty nr 0 i nr 1 nad podporą D oraz nr 100 i nr 101 nad podporą C wykonano na rusztowaniach stacjonarnych w systemie wież MP. W celu redukcji podporowej siły tnącej w środkach segmentów zamontowano po 22 (na każdy średnik – ryc. 2) pręty sprężające  $\varnothing$  50 mm, które po zabetonowaniu segmentu zostały naciągnięte siłą 1400 kN każdy. Ze względu na sprężenie pionowe segmenty startowe betonowane były w trzech etapach: płyta denne, średniki, płyta pomostowa (ryc. 3). Po sprężeniu montażowym segmentu nr 1 (101) rozpoczęto montaż trawelerów (wózków). Składają się one ze stalowych profili walcowanych skręcanych ze sobą w większe elementy na placu budowy, które następnie zostały montowane na konstrukcji. Do konstrukcji trawelera zamontowany został system deskowań szalujących.

Konstrukcję trawelera można podzielić na cztery zasadnicze części: część górną konstrukcyjną, część wewnętrzną, części boczne modelujące średniki i wsporniki oraz część dolną.



Ryc. 3. Widok na segment startowy nr 0 nad podporą D

Na rycinie 4 przedstawiono niektóre elementy trawelera montażowego umożliwiające jego bezpieczne przejeżdżanie na kolejne segmenty. Na początku zamontowano dwie szyny główne; składają się one z podwójnych dwuteowników i są zakotwione do betonu poprzez system prętów sprężających przednich i tylnych (2). Szyny (1) umożliwiają przejazd konstrukcji montażowej na następny segment. Sama konstrukcja oparta jest na betonie z przodu przy pomocy dwóch siłowników (7), w tylnej części zakotwiona jest do betonu zestawem ośmiu prętów sprężających, tzw. trawersów (4) oraz specjalnymi szczękami hydraulicznymi (3) kotwionymi do szyny konstrukcji mostu.



Ryc. 4. Przekrój podłużny trawelera

Do części konstrukcyjnej (górną) zostały podwieszone z przodu elementy formujące kształt. Część wewnętrzna składa się z dwóch belek dwuteowych (9) o długości 12,0 m, stężonych ze sobą w trzech przekrojach. Jest ona podwieszona przodem do części górnej dwoma prętami sprężającymi (10), część środkowa i tylna podwieszona jest do istniejącego betonu przy pomocy czterech prętów. Podwieszenie środkowe i tylne poprzez zamontowanie rolek umożliwia niezależny przesuw tej części trawelera. Do tak utworzonego rusztu przymocowano system poziomy oraz pionowe systemy deskowań modelujące wnętrze skrzynki. Warto zaznaczyć, że istnieje możliwość regulacji szerokości deskowania poziomego; blaty pionowe wraz ze zmniejszaniem się wysokości konstrukcyjnej obiektu musiały być co segment modyfikowane. Deskowanie wewnętrzne ma możliwość niezależnego od konstrukcji trawelera przemieszczania w przód, co było bardzo istotnym czynnikiem, zważywszy na montaż zbrojenia ścian.

Część boczna wózka składa się z dwóch stężonych ze sobą belek, do których zamocowane jest deskowanie modelujące wspornik płyty pomostowej oraz deskowanie pionowe stanowiące szalunek zewnętrzny dla średnika skrzynki. Taki układ deskowania (zwany potocznie skrzydełkiem) zakotwiony jest dwiema śrubami w istniejącym betonie, natomiast w części przedniej podwieszony jest dwoma prętami do części konstrukcyjnej trawelera. W połowie wysokości deskowania pionowego zamontowano boczny pomost roboczy.

Część dolna formuje płytę denne i przenosi ciężar całego segmentu. Składa się ona z dwóch głównych belek (13) usytuowanych poprzecznie do osi obiektu i dziesięciu mniejszych elementów podłużnych. Na tak przygotowanym ruszcie zamontowano deskowanie płyty dennej oraz dwa boczne pomosty robocze. Element ten jest kotwiony tyłem do istniejącego betonu poprzez cztery pręty sprężające oraz podwieszony przodem (4 pręty) do części konstrukcyjnej trawelera. W części tylnej zamontowano pomost roboczy (14), z którego przekładano i kotwiono pręty tylne.

Uzupełnienie stanowią dwa frontowe pomosty robocze (12) podwieszane do konstrukcji wózka prętami sprężającymi (10, 11).

Po wykonaniu segmentu, jego sprężeniu montażowym z segmentami wcześniejszymi, następował przejazd trawelera. Zakotwiony traweler posłużył jako balast (przeciwwaga) przy wysuwaniu szyn głównych (1), które to poprzez dwa siłowniki hydrauliczne (6) zostały wypychane na nowo zabetonowany segment. Po przejechaniu szyny były kotwione w „nowym” segmencie. Następnie, za pomocą przednich siłowników głównych (7), konstrukcja była opuszczana na szynę główną (1). Tylne rolki jezdne (5), blokowane o stopki szyn, uniemożliwiały przechylenie się konstrukcji; po poluzowaniu szczęk (3) za pomocą siłowników hydraulicznych (6) następowało wypychanie konstrukcji w przód. Tym razem zakotwieniem dla wypychanego trawelera były szyny główne. Po przejechaniu konstrukcja zostawała podniesiona w górę na siłownikach i kotwiona do betonu.

Udało się zachować tygodniowy cykl prac budowlanych w systemie dwuzmianowym.

Pierwszego dnia cyklu następował wyjazd konstrukcji trawelera wraz z deskowaniem zewnętrznym (bocznym i dolnym). Było one kotwione do poprzedniego segmentu i precyzyjnie ustawiane geodezyjnie (podłoga i wsporniki). Druga zmiana miała za zadanie zmontować zbrojenie płyty dennej i średników skrzynki. Drugiego dnia cyklu następował wyjazd deskowania wewnętrznego, jego ustawienie geodezyjne oraz skręcenie ściągami z deskowaniem zewnętrznym.

Tego dnia rozpoczynano zamykanie segmentu od czoła – grzebienie. Druga zmiana kończyła zamykanie segmentu od czoła,



Ludzie budują za dużo murów, a za mało mostów

Isaak Newton

 **BILFINGER BERGER**  
Budownictwo



Ryc. 5. Widok na jedno z wahań wychodzące z podpory D



Ryc. 6. Przęsło nurtowe – podział na segmenty



Ryc. 7. Widok na przęsło nurtowe D–C, zalewowe C–B i dojazdowe B–A z lotu ptaka



Ryc. 8. Przęsło nurtowe z poziomu łądu (widoczne deskowanie zwornika)

a także zbroiła siatkę dolną płyty pomostowej oraz układała rury osłonowe spiro pod kable montażowe. Trzeciego dnia cyklu następowało betonowanie pierwszego etapu (płyta denna plus średniki), realizowany był także montaż zbrojenia płyty pomostowej oraz zamykanie płyty od czoła grzebieniami. Druga zmiana pielęgnowała beton wbudowany w pierwszym etapie, montowała kotwy talerzowe i wpusty mostowe. W czwartym dniu cyklu, po osadzeniu głowic kotwiących kable, betonowano płytę pomostową. Przed betonowaniem drugiego etapu przeciągnięto także sploty kabli montażowych. Druga zmiana pielęgnowała wylany beton, dokonywała rozbiórki grzebieni pierwszego etapu i przygotowywała poprzez groszkowanie styk pionowy przed kolejnym segmentem. Piątego dnia kończono przygotowywanie całego styku pionowego. Pielęgnowano beton z obu etapów. Dzień szósty przeznaczony był na dojrzewanie betonu.

Siódmego dnia, po zgnieceniu próbek i ustaleniu wytrzymałości betonu na ściskanie (min. 36 MPa), dokonywano sprężenia montażowego segmentu. Odbywały się także prace przygotowawcze do przejazdu trawelera na kolejny segment – przejechanie szyn oraz iniekcja kanałów kablowych (ryc. 5).

Każde dwa kolejno wykonane segmenty (po jednym z każdej strony podpory) były sprężone ciągłymi kablami montażowymi (zlokalizowanymi w płycie pomostowej), przechodzącymi przez segment startowy; w miarę oddalania się ramion wahań kable te były coraz dłuższe. Trasa kabli była prostoliniowa, z tym że kable, które się kończyły, zbiegały się ku środkom skrzynki. Przez segment startowy przechodzą 44 kable montażowe. Z każdą parą segmentów kończyły się po cztery lub po dwie sztuki (w dwóch ostatnich segmentach) kabli montażowych.

Gdyby wyeliminować wszelkie przeszkody organizacyjne, jak godziny pracy laboratorium, obsługi geodezyjnej i firmy podwykonawczej obsługującej sprężenie, można zaryzykować stwierdzenie, że cykl wykonania pary segmentów ograniczyłby się do pięciu dni.

Betonowanie nawisowe postępowało jednocześnie z podpory C i D. Po wykonaniu każdego segmentu mierzono wymiary przekroju poprzecznego w celu ustalenia przybliżonej objętości betonu po obydwu stronach wahań. Różnice te pod koniec realizacji ustroju były stosunkowo niewielkie, nie było więc konieczności balastowania ramion czy ich pionowej regulacji przed zwarciem konstrukcji.

Segmenty betonowano pompą jezdnią, a w dalszej fazie pojemnikiem do betonu z żurawia wieżowego.

W skład jednego z wahań wchodzi (oprócz segmentu startowego) 26 segmentów: dwa o długości 4,4 m, pozostałe o długości 4,8 m (ryc. 6). Podczas realizacji przęsła tą metodą bardzo ważnym czynnikiem było określenie właściwego podniesienia wykonawczego konstrukcji. Do podniesienia określonego przez projektanta należało dodać spodziewane wartości wydłużenia prętów sprężających, które podtrzymywały deskowania szalujące.

Wahadła połączono segmentem – zwornikiem (o długości 1,60 m) pod koniec października 2009 r.

Pod przęsłem nurtowym mieści się skrajnia żegluga 7,0 x 50,0 m (ryc. 7, 8, 9).

Przeprowadzono także kontrolę osiadań podpór C i D; osiadania postępowały o wartość 0,2 mm po każdym z wykonanych segmentów.

### Przęsła dojazdowe

Metodą wspornikową wykonano trzy środkowe przęsła obiektu. W międzyczasie wykonano przęsła dojazdowe A–B i E–F. Zrealizowano je na rusztowaniach stacjonarnych w sys-



Ryc. 9. Przęsło nurtowe – widok z poziomu podpory D



Ryc. 10. Przęsło dojazdowe A–B zrealizowano na rusztowaniach stacjonarnych

temie ST100 i MP. Kształt konstrukcji modelowały białe VARIO (ryc. 10).

Do końca listopada wykonano zworniki łączące przęsła przy podporze B i podporze E.

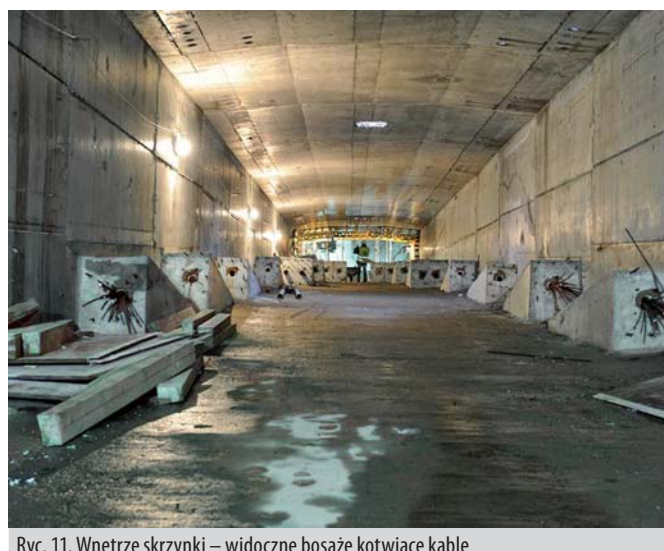
### Sprężenie konstrukcji

W grudniu 2009 r. sprężono docelowo obiekt. Wszystkie kable docelowe kotwione były przy pomocy żelbetowych bloków (tzw. bosazy) o przekroju podłużnym trójkątnym (ryc. 11).

### Podsumowanie

Obecnie trwają prace nad dobudowaniem ścianek zapleczy, realizowane są zabudowy chodnikowe i trwają przygotowania do dalszych prac wykończeniowych. Wyburzono podpory montażowe (tymczasowe) i uporządkowano plac budowy.

Południowa Obwodnica miasta Kędzierzyn-Koźle zostanie otwarta w czerwcu 2010 r. Obiekt M-4 przez Odrę jest największym z wybudowanych dotychczas w kraju mostów, wykonywanych w technologii betonowania wspornikowego (nawisowego). Rekordowej rozpiętości przęsła nurtowe, a także ukośne podparcie przęsła czyni go wyjątkowym i niepowtarzalnym.



Ryc. 11. Wnętrze skryzki – widoczne bosazy kotwiące kable

Technologia betonowania nawisowego jest coraz bardziej popularna w Polsce. Świadczy o tym choćby fakt, iż nasza firma właśnie tą metodą buduje most przez Wisłę koło Torunia.

R E K L A M A

## GEOLOGIA INŻYNIERSKA, GEOTECHNIKA, HYDROGEOLOGIA

### Wykonujemy:

- PROJEKTY PRAC GEOLOGICZNYCH
- DOKUMENTACJE GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIE
- DOKUMENTACJE GEOTECHNICZNYCH BADAŃ PODŁOŻA GRUNTOWEGO
- DOKUMENTACJE HYDROGEOLOGICZNE DLA USTALENIA ZASOBÓW WÓD PODZIEMNYCH
- OPERATY WODNO-PRAWNE
- DOKUMENTACJE OKREŚLAJĄCE WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE W ZWIĄZKU Z:
  - projektowanym odwadnianiem budowlanym
  - projektowaniem inwestycji mogących zanieczyścić wody podziemne
  - ustanowieniem stref ochrony zbiorników podziemnych
- OBSŁUGĘ GEOTECHNICZNĄ BUDOWY W ZAKRESIE ROBÓT ZIEMNYCH:
  - odbiory wykopów fundamentowych
  - sondowania
  - odbiory zagęszczenia podłoża, w tym metodą próbných obciążeń

### Pracownie:

Gliwice 44-100  
ul. H. Sienkiewicza 10  
tel.: 32/2310081 + wew.  
sekretariat / fax: 228, pracownia: 264  
e-mail: moriongliwice@o2.pl

Dąbrowa Górnicza 41-300  
ul. Graniczna 12  
tel./fax: 32/260-19-03  
e-mail: morion@pro.onet.pl



[www.morion.arg.pl](http://www.morion.arg.pl)