



Marek Graff

# Most i tunel przez cieśninę Øresund między Szwecją i Danią

Most Øresund, 5.05.2005

Fot. © Øresund Photo Archive/BridgePhot

**Most i tunel, łącznej długości 16,4 km, biegnące przez cieśninę Øresund, położoną między Danią i Szwecją, łączą duńską stolicę Kopenhagę ze szwedzkim miastem Malmö. Inwestycja została ukończona w lipcu 2000 r., kosztem 1,58 mld euro. Z każdym rokiem liczba użytkowników – począwszy od momentu przekazania całości inwestycji do eksploatacji – zwiększa się o 17% rocznie, przyczyniając się do szybszego wzrostu gospodarczego regionów obu krajów.**

Pomysł budowy połączenia przez cieśninę Øresund, czyli między szwedzkim półwyspem Skania (najbardziej wysunięta na południe część Szwecji) a wyspą Amagera (jest to jedna z dwóch wysp – oprócz Zelandii, na której znajduje się Kopenhaga), ostatecznie wykrystalizował się w marcu 1991 r. Wtedy to utworzono konsorcjum Øresundskonsortiet, będące spółką A/S Øresund i Svensk-Danska Broförbindelsen SVEDAB AB, w którym rządy obu krajów otrzymały po 50% udziałów. Założono, że od strony szwedzkiej (wschodniej) połączenie zostanie poprowadzone poprzez most, dalej sztuczną wyspę, i tunel, po czym osiągałoby Kopenhagę (zachodnią część, czyli duńską – rys. 1). W marcu 1992 r. podpisano wstępne porozumienie, zatwierdzone w następnych latach przez rządy obu krajów. Przez drugą połowę 1995 r. podpisywano umowy z podwykonawcami, którym zlecono:

- budowę mostu przy terytorium Szwecji (wschodnia część połączenia) za 851 mln euro;
- budowę sztucznej wyspy (Peberholm) w części środkowej, łączącej most wraz z tunelem za 190 mln euro;

- wydrążenie tunelu przy terytorium Danii (zachodnia część połączenia) za 538 mln euro.

Spłatę zaciągniętych pożyczek planuje się zakończyć około 2035 r.

## Most i tunel

Most Øresund jest typem mostu wysokiego, częściowo wiszącego, dwupoziomowego – tj. składającego się z dwóch mostów – drogowego (autostrada, licząca po 2 pasma ruchu w każdym kierunku) oraz kolejowego, przy czym most drogowy znajduje się na poziomie wyższym, zaś kolejowy – niższym. W najwyższej części mostu znajdują się 4 pylony w układzie H, przy czym dźwigary (belki poprzeczne) są wykonane ze stali, natomiast pylony ze wzmocnionego betonu i żelbetonu.

Tory kolejowe, biegnące na niższym poziomie są ułożone na podłożu betonowym, z wyjątkiem części wysokiej mostu, gdzie spoczywają na podłożu stalowym. Pylony są umieszczone od 13 do 28 m pod poziomem morza. Dla zminimalizowania ryzyka kolizji statku z mostem, wybudowano dodatkowe wyspy ochronne. We wschodniej części mostu (licząc od pylonów) znajdują się 24 przęsła długości po 140 m oraz 4 po 120 m (ogółem 3840 m), zaś po stronie zachodniej znajduje się 18 przęseł po 140 m i 4 po 120 m (ogółem 3000 m). Szerokość przęseł wynosi 26 m, wysokość 11 m, masa po 6300 t (140 m) i 5400 t (120 m). Układanie przęseł odbywało się przy użyciu żurawia pływającego Svanen. Dodatkowo pylony mostu są połączone z przęsłami poprzez ciągną, rozmieszczone na przęsłach co 12 m. Most wspiera się na 51 filarach, zanurzonych 15 m pod poziom morza. Za-

stosowano szyny o długości 420 m, przy czym w ciągu każdego dnia układano 840 m torów.

Na zbudowanej sztucznej wyspie Peberholm znajduje się betonowy wiadukt długości 560 m, łączący od strony wschodniej most Øresund, zaś od zachodniej – wjazd to tunelu, przy czym poprowadzenie wiaduktu umożliwia zrównanie poziomów przebiegu autostrady dla samochodów oraz torów kolejowych. Wiadukt ten składa się z elementów długości 30 m.

Prędkość maksymalna na linii kolejowej, przebiegającej po moście, wynosi 200 km/h, zaś maksymalny nacisk na oś – 22,5 t. Most jednocześnie może przyjąć 2 pociągi o masie 2000 t każdy.

Ponieważ koleje obu krajów stosują inne napięcie – koleje duńskie (DSB) – 25 kV 50 Hz, koleje szwedzkie (SJ) – 15 kV 16,7 Hz, a także inny system bezpieczeństwa ATP (*Automatic Train Protection*), czy rodzaj ruchu (DSB – prawostronny, SJ – lewostronny),



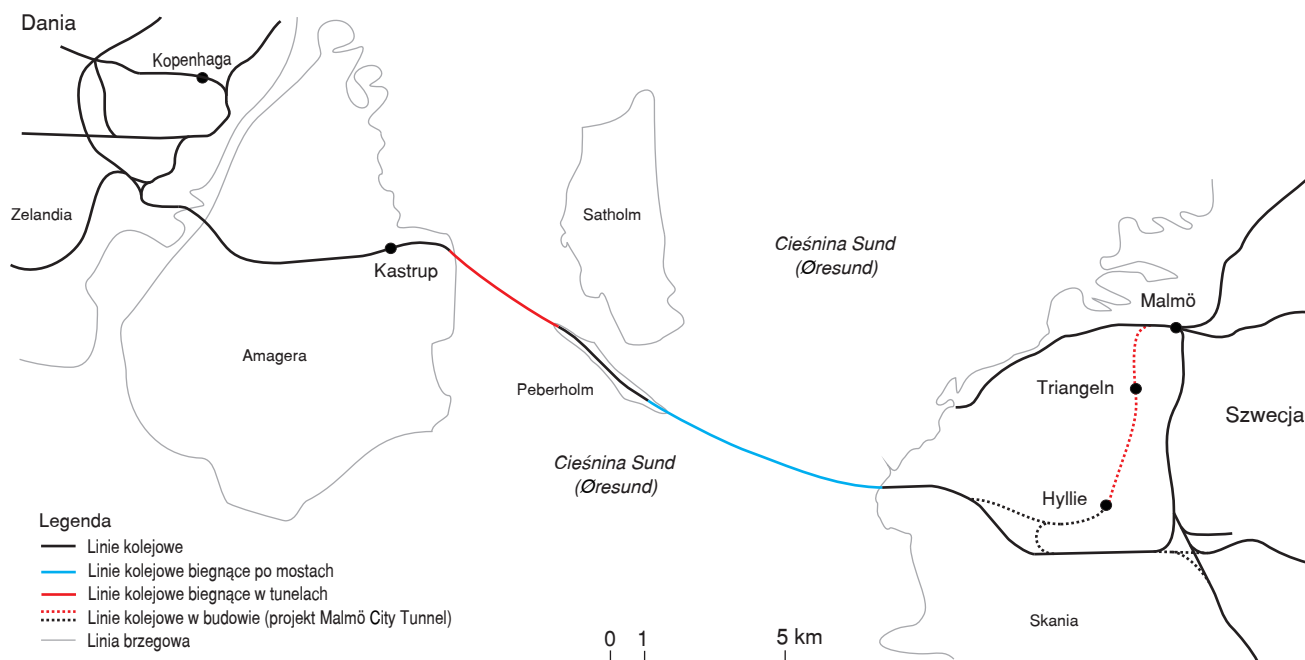
Most Øresund, na dolnym poziomie biegnie linia kolejowa

Fot. © Øresund Photo Archive/BridgePhoto

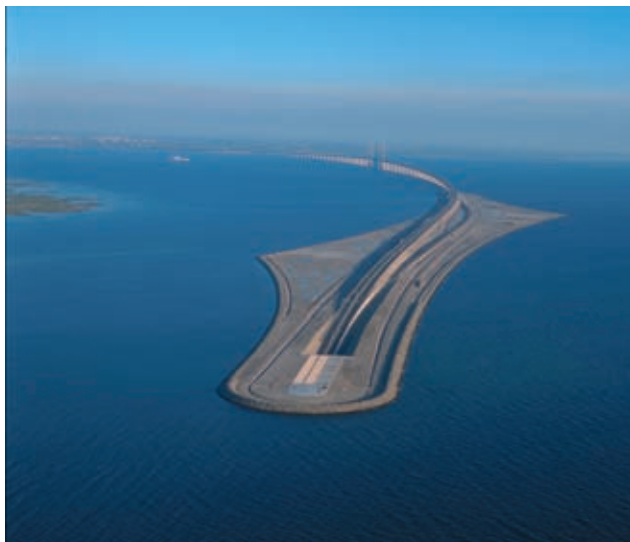


Most Øresund, na dolnym poziomie biegnie linia kolejowa, 5.05.2005 r.

Fot. © Øresund Photo Archive/BridgePhoto



Rys. 1. Schemat przebiegu mostu i tunelu Øresund



Wyspa Peberholm i most Øresund (panorama na część szwedzką wybrzeża) – widoczne rozdzielanie się linii kolejowej oraz autostrady (od strony Szwecji biegną na dwóch poziomach mostu, zaś na jednym poziomie na wyspie i w tunelu (w tunelu – niewidoczne)

Fot. © Øresund Photo Archive/BridgePhoto

to zmiana napięcia odbywa się po stronie szwedzkiej (tuż przed wjazdem na most), natomiast zmiana systemu ATC ma miejsce na sztucznej wyspie Peberholm. Ostatnia zmiana – rodzaju ruchu (z lewostronnego na prawostronny) na miejsce na dworcu Malmö Central.

Wyspa Peberholm ma ok. 4 km długości i powstała przez przeniesienie materiału z dna cieśniny Øresund (1,6 mln m<sup>3</sup> kamieni i 7,5 mln m<sup>3</sup> piasku). Tunel, długości około 4 km, łączy wyspę Peberholm ze zbudowanym – także sztucznym – półwyspem o powierzchni 0,9 km<sup>2</sup> (także z materiału pobranego z dna morskiego cieśniny Øresund) przy dzielnicy Kopenhagi Kastrup (tam znajduje się główne lotnisko Kopenhagi oraz stacje – kolejowa i metra). Tunel zbudowano z 20 fragmentów i składa się z dwóch tuneli drogowych i dwóch kolejowych, plus tunelu serwisowego i ewakuacyjnego (wejścia ewakuacyjne są rozmieszczone co 88 m – rys. 2). Wyposażenie tunelu wykonano z materiałów niepalnych i nietoksycznych. Tunel Øresund, zwany także tunelem Drogden, składa się z tunelu biegnącego pod dnem morskim (3510 m) oraz dwóch tuneli wjazdowych (każdy z nich ma po 270 m).

Przy budowie zaangażowano następujące firmy:

- mostu dwupoziomowego: Sundlink Contractors, Skanska AB (S), Højgaard & Schultz (DK), Monberg & Thorsen (DK) i Hochtief AG (D);
- wyspy Peberholm: Per Aarsleff A/S (DK), Ballast Nedam Dredging b.v. (NL) i Great Lakes Dredge & Dock Co (USA);

Tabela 2

## Parametry tunelu Øresund

Długość całkowita	4050 m
Długość całkowita tunelu	3750 m
Długość całkowita części tunelu pod dnem morskim	3510 m
Liczba jednostek konstrukcyjnych użytych do budowy tunelu	20
Masa każdej jednostki konstrukcyjnej	57,5 tys. t
Masa użytej stali	20 tys. t
Objętość użytego betonu	660 tys. m <sup>3</sup>



Wjazd na most od strony Szwecji, widoczna jest linia kolejowa biegnąca środkiem oraz autostrada dla samochodów po obu stronach torów, które – przez osiągnięciem mostu – schodzą do tunelu, aby bieć po dolnym poziomie mostu, 16.07.2003 r.

Fot. © Øresund Photo Archive/BridgePhoto



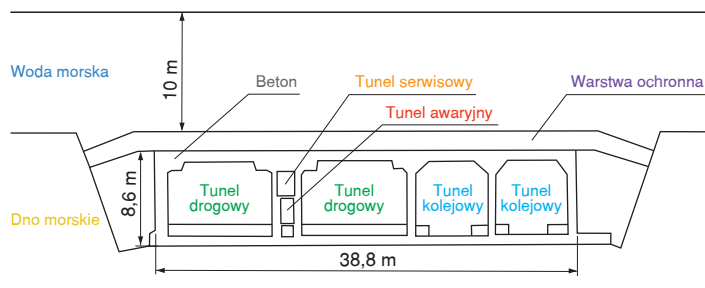
Część wisząca mostu utworzona przez 4 pylony w kształcie litery H, o wysokości ponad 200 m

Fot. © Øresund Photo Archive/BridgePhoto

Tabela 1

## Parametry mostu Øresund

Długość całkowita	7845 m
Długość głównego przęsła	490 m
Długość części wiszącej mostu	1092 m
Prześwit od poziomu morza do dolnego poziomu przęsła	57 m
Wysokość obu poziomów mostu (kolejowego i drogowego)	23 m
Wysokość każdego z 4 pylonów (wież) w części wiszącej	203,5 m
Masa użytej stali oraz stali wzmacniającej	odpowiednio 82 tys. t i 60 tys. t
Objętość użytego betonu	320 tys. m <sup>3</sup>
Masa stali użytej do budowy ciągów łączących przęsła z pylonami	2,3 tys. t



Rys. 2. Schemat tunelu kolejowo-drogowego pod cieśniną Øresund

■ tunelu: NCC AB (S), Dumez–GTM SA (F), John Laing Ltd (UK), E. Pihl & Søn (DK) i Boskalis Westminster (NL),

Obecnie budowany jest (kosztem 910 mln euro), tzw. Malmö City Tunnel, długości 17 km, w tym 6 km nowej linii kolejowej w tunelu biegnącym pod zabudową miejską Malmö. W założeniu ma on skrócić czas przejazdu między Malmö i Kopenhagą poprzez skrócenie trasy przejazdu z Malmö do wjazdu na most Øresund. Budowana jest stacja, zlokalizowana pod stacją Malmö Central – tzw. Malmö Nedre. Dalej linia kolejowa prowadzi do kolejnej stacji – Triangeln, znajdującej się 25 m poniżej poziomu gruntu. Po osiągnięciu stacji Hyllie linia rozgałęzia się w kierunku zachodnim – do mostu Øresund oraz południowym – do Ystad i Trelleborg. Prace budowlane w tunelu zakończyły się w kwietniu 2008 r., natomiast przekazanie całości inwestycji do regularnej eksploatacji nastąpi w grudniu 2010 r.

## Tabor kolejowy używany w komunikacji Dania – Szwecja

Ruch kolejowy przez most i tunel Øresund jest obsługiwany przez tabor specjalnie zbudowany w tym celu (dotychczas koleje duńskie DSB i szwedzkie SJ w zasadzie nie eksploatowały dwusystemowego taboru na własnych sieciach kolejowych), ewentualnie przebudowany tabor istniejący. Zakupiono pierwszą partię trójwagony elektrycznych zespołów trakcyjnych (27 szt.), a następnie kolejne – 15 szt. i 11 szt. (łącznie 53 szt.). Są to dwusy-

stemowe zespoły zbudowane przez koncern Adtranz i zakupione przez DSB i SJ (oznaczenie odpowiednio ET/X32):

- SJ: 4302, 4304, 4307, 4310, 4322–4327, 4329–4336, 4350–4360 (29 szt.);
- DSB: 4301, 4303, 4305, 4306, 4308, 4309, 4311–4321, 4328, 4337–4342 (24 szt.);
- Ezt 4343–4349 (7 szt.) wyprodukowano w wersji jednonapięciowej (15 kV 16,7 Hz) do obsługi połączeń wewnętrznych SJ.

Każdy zespół składa się z dwóch wagonów skrajnych (sterowniczych) będących jednocześnie wagonami silnikowymi (oznaczenie SJ/DSB): 43xx/ET 43xx oraz środkowego wagonu doczepnego (oznaczenie: 47xx/FT 47xx). Ich moc wynosi 2120 kW, prędkość maksymalna 180 km/h i oferują miejsca siedzące (1 kl./2 kl.) dla 20/176 pasażerów. SJ swoje ezt Øresund oznaczają 43xx + 47xx + 45xx, zaś DSB – ET 43xx + FT 47xx + ET 45xx. Kursują one nie tylko w relacjach Kopenhaga – Malmö, ale także w wydłużonych do Göteborga czy Kalmaru i Karlskrony od stycznia 2009 r. (po sieci SJ), czy Helsingør (po sieci DSB).

DSB oferuje także połączenia kolejowe do szwedzkiego Ystad, i dalej promowe na duńską wyspę Bornholm. W styczniu 2009 r. wszystkie należące wcześniej do DSB ezt Øresund zostały przejęte przez operatora DSB First, będącego spółką DSB i brytyjskiego przewoźnika First Group (odpowiednio 75% i 25% akcji). Umowa została zawarta na lata 2009–2015. DSB First planuje także prowadzić działalność na sieci kolei szwedzkich SJ (połączenia wewnątrz sieci SJ). We wrześniu 2008 r. DSB zamówiły 10 ezt Contessa przeznaczone do obsługi połączeń przez most i tunel Øresund za 82 mln euro (załączony aneks umożliwia zakup dodatkowych 30 ezt). Pociągi zostaną wyprodukowane w niemieckich fabrykach Bombardiera – Hennigsdorf i Görlitz, wózki w Siegen, a wyposażenie elektryczne – w szwedzkim oddziale koncernu – w Västerås. Ezt Contessa są trójwagony dwusystemowymi (15 kV 16,7 Hz; 25 kV 50 Hz) pociągami o prędkości maksymalnej 180 km/h.

Tabor przebudowany (przystosowanie do pracy pod napięciem 25 kV 50 Hz, oprócz 15 kV 16,7 Hz) obsługujący połączenia przez most i tunel Øresund to ezt kolei szwedzkich SJ serii X2000, wyposażone w hydrauliczny mechanizm przechyłu pudła (8°). Są to pociągi (wagon silnikowy plus 4–6 pasażerskich) zbudowane w 1990 r. o mocy 3260 kW i prędkości maksymalnej 200 km/h. Do obsługi ruchu między Szwecją i Danią oraz Szwecją, Danią i Norwegią przebudowano odpowiednio 8 i 4 ezt, zmieniając im oznaczenia na X2K/X2NK. O ile ten zabieg – w przypadku pojazdów kursujących po sieci SJ – jest właściwie automatyczny dla kolei norweskich NSB (to samo napięcie, ATC, itp.), to w przypadku DSB był bardziej złożony (inne napięcie, ATC).

Do obsługi pociągów towarowych zbudowano w latach 1998–2000 lokomotywy elektryczne serii EG 3100 (13 szt.). Są to pojazdy o masie 129 t, prędkości maksymalnej 140 km/h, mocy 6500 kW, układzie osi Co'Co' i maksymalnej sile pociągowej 400 kN. Zakupiły je DSB i wprowadziły do eksploatacji w 2000 r., później zostały przejęte przez operatora DB Schenker Rail Danmark Services A/S (d. DSB Cargo). Seria ta jest wzorowana na elektrowozach serii 152, należących do operatora Railion (d. DB Cargo).

Oprócz serii EG 3100, pociągi towarowe są prowadzone przez lokomotywy elektryczne serii 185.2, tj. TRAXX F140AC2 (nr 321–



Elektrowóz serii EG 3112 podczas postoju na stacji DSB Sydhavn, 23.07.2006 r.

Fot. Finn Møller (www.finnmoller.dk)



Zespół trakcyjny 4315 jako poc. Øresund (ØR) sfotografowany w pobliżu Nordhavn (Dania, 3.03.2006 r.)

Fot. Finn Møller (www.finnmoller.dk)

–337 – 17 szt. plus zamówione kolejne 16 szt.), przystosowane pod zasilania pod napięciem, oprócz standardowego dla DB, czy SJ 15 kV 16,7 Hz, także 25 kV 50 Hz (DSB). Lokomotywy te należą do operatorów DB Schenker Rail Danmark Services A/S (185 335–337; 3 szt.) i Green Cargo (SJ Cargo; 185 321–334, 14 szt.). Obsługują one pociągi kursujące pomiędzy Niemcami i Szwecją przez terytorium Danii w relacji Zagłębie Ruhry w Niemczech – Øresund – Norrköping. W styczniu 2008 r. kolejny operator, Hector Rail, uzyskał zezwolenie na prowadzenie pociągów towarowych z użyciem zamówionych w koncernie Bombardier elektrowozów Traxx F140AC2. Moc każdej lokomotywy Traxx F140AC2 wynosi 5600 kW, maksymalna siła pociągowa 300 kN, a prędkość maksymalna 140 km/h.



Zespoły X2000 kolei szwedzkich SJ kursują przez Most i Tunel Øresund jako pociągi w relacjach Sztokholm – Malmö – Kopenhaga. Sztokholm (14.04.2007 r.)

Fot. Melker Larsson

## Literatura

- [1] Materiały Øresundsbro Konsortiet z lat 2000–2009.
- [2] Materiały koncernów Adtanz, Bombardier i Siemens.
- [3] Lacaze M., Janberg N.: *Ponts en Europe/European Bridges Castor et Pollux*. Chaumont (France) 2007.
- [4] Railway Gazette Int. Reed Press Publishing, Sutton, UK; egzemplarze: 9/1999, 4/2003, 9/2007, 9/2008, 1/2008, 1/2009.

### Uwaga:

Duńska nazwa cieśniny Øresund (szw. Öresund) ma polski odpowiednik – cieśnina Sund.



Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP Oddział w Krakowie  
oraz

Krajowa Sekcja Kolejowa SITK RP

Politechnika Krakowska – Katedra Infrastruktury Transportu Szynowego  
i Lotniczego

PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Oddział Regionalny w Krakowie

zapraszają do udziału w VIII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej

## Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w kolejnictwie

02–04 grudnia 2009 r., Zakopane Kościelisko, Wojskowy Zespół Wypoczynkowy „Zakopane”

O objęcie patronatem honorowym wystąpiono do: Ministra Infrastruktury ■ Honorowego Przewodniczącego UIC ■ Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego ■ Prezesa Zarządu PKP S.A. ■ Prezesa Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

### Komitet naukowy

prof. dr hab. inż. Henryk Bałuch (CNTK)  
prof. dr hab. inż. Kazimierz Kłosek (Politechnika Śląska)  
prof. dr hab. inż. Łucjan Siewczyński (Politechnika Poznańska)  
prof. dr hab. inż. Kazimierz Towpik (Politechnika Warszawska)  
dr inż. Andrzej Żurkowski (CNTK)

prof. dr hab. inż. Włodzimierz Czyczuła (Politechnika Krakowska)  
prof. dr hab. inż. Marek Krużyński (Politechnika Wrocławska)  
prof. dr hab. inż. Wiesław Starowicz (Politechnika Krakowska)  
dr hab. inż. Wiesław Zabłocki (Politechnika Warszawska)

### Tematyka

Nowoczesne technologie w budowie, utrzymaniu oraz eksploatacji infrastruktury i taboru w kolejnictwie ■ Uwarunkowania organizacyjne, ekonomiczne i formalnoprawne rozwoju transportu kolejowego ■ Innowacyjne technologie a ich wpływ na skrócenie czasu realizacji kolejowych projektów inwestycyjnych oraz zmniejszenie społecznych skutków inwestycji

### Patronat medialny



### Kontakt

SITK RP Oddział w Krakowie, 30-804 Kraków, ul. Siostrzana 11, tel. 12 658 93 74, fax 12 659 00 76, e-mail: mrowinska@sitk.org.pl

Więcej informacji i karta uczestnictwa

<http://krakow.sitk.org.pl/konferencje/2009/konf2009.html>