

Inozemne građevine

PROMETNO POVEZIVANJE ŠVEDSKE I DANSKE

Svojedobno smo u *Građevinaru* (4/1998) iscrpno pisali o gradnji čvrste veze između Danske i Švedske, zapravo između gradova Kopenhaga i Malmö. Pisali smo o tome još u vrijeme gradnje na temelju izvješća časopisa *Swedish Engineering*. U međuvremenu je čvrsta veza dugačka 16 km izgrađena i puštena u promet 1. srpnja 2000., čak pola godine prije predviđenog roka. U svečanom su otvorenju sudjelovali danska kraljica Margareta II. i švedski kralj Carl Gustav XVI., a pretpostavlja se da je tada gotovo 20.000 građana iz jednog i drugog grada cijelu razdaljinu prošlo pješke. Zahvaljujući međimurskim građevinarima koji su nedavno organizirali stručnu ekskurziju na tu veliku i složenu građevinu, imamo priliku našim čitateljima riječi i slikom nešto više reći o tom najvećem prometnom pothvatu skandinavskih zemalja s kojom su Danska i Švedska, prvi put nakon završetka ledenog doba i gotovo 8000 godina, ponovno povezane čvrstom vezom.

Ugovor o gradnji potpisan je 1991., a predviđao je cestovno i željezničko povezivanje Kopenhaga i Mal-

TRANSPORT LINK BETWEEN SWEDEN AND DENMARK

The Oresund fixed transport link between Denmark and Sweden or, more precisely, between the cities of Copenhagen and Malmö, was completed in 2000. It is a combined road/rail link 16 km in total length. It consists of a 4 km long tunnel, artificial lake also about 4 km in length, and a bridge 8 m long, the central part of which is a suspended bridge more than a kilometer in length, with the central span measuring 490 m. The decision to build a combined tunnel and bridge facility was dominantly influenced by relative shallowness of the narrows and by strict environmental protection requirements. As an important sea current, supplying the Baltic sea with oxygen and salty water, flows near the Swedish coast, the building operations had to be very restricted in scope and strictly controlled. A 5.5 km long city railway bridge will soon be realized in Malmö, as a natural continuation of the fixed link across the Oresund channel. This article was written following the visit paid by Međimurje county builders to this big and complex project.

möa preko tjesnaca Øresund (zanimljivo da ga Danci pišu Øresund, a Šveđani Öresund i da ga isto izgovaraju, a pisat ćemo dansku verziju zbog brojnijih materijala). Dotadašnji je promet tekao brojnim trajektnim vezama koje su na nekoliko mjesta povezivale tjesnac između Danke i Švedske. Bilo je to ispunjenje stoljetnog sna o izravnom povezivanju nordijskih zemalja s ostalim dijelovima Europe. Ujedno je to bio i nastavak velikoga danskog projekta, dovršenog 1997., koji je mostom povezao otoke Fyn i Sjælland (na kojem je



Most preko Velikog Belta

smješten danski glavni grad) preko Velikog Belta i omogućio izravnu vezu Kopenhaga s kopnom. Kao što je naime poznato, Danska je nešto više od 5 milijuna stanovnika smještena na poluotoku Jutlandu (koji dijeli dva važna morska prolaza – Skagerrak i Kattegat) te na brojnim otocima, među kojima su upravo najveći i najnaseljeniji Fyn i Sjælland.

Od početka građenja sve je najviše intrigirala ideja zašto tjesnac Øresund nije svladan na svom najužem mjestu, jer na primjer između Helsingøra i Helsingbora ima tek nešto više od kilometra.



Položaj prometne veze između Danske i Švedske

Glavni je razlog bio u tome što se htjelo međusobno povezati gradove Kopenhagen i Malmö, koji zajedno imaju 2,3 milijuna stanovnika, a njihove regije Scania i Zaeland 3,2 milijuna. Htjelo se povezivanjem tih bliskih regija pojačati međusobnu gospodarsku i kulturnu suradnju, potaknuti znanstvene i gospodarske veze te povećati stambenu izgradnju i tržište radne snage. To bi ovom prostoru pružilo priliku za dalji razvoj, posebno stoga što se i otprije, s ukupnim bruto nacionalnim dohotkom od 500 milijardi danskih kruna (80 milijardi dolara), ili 25.000 dolara po stanovniku, može svrstati među osam najrazvijenijih europskih regija. Gradnjom čvrste prometne veze formira se tako jedna zajednička višenacionalna regija. Nije pritom bila nevažna i činjenica da Kopenhagen ima veliki međunarodni aerodrom, koji je po prometu jedan od najvećih u Europi, a stanovnicima Malmöa pružila se prilika da do nje stignu za petnaestak minuta vožnje.

Vjerojatno je odluci da se gradi upravo tu u početku imala utjecaja i činjenica da se na tom dijelu tjesnaca nalazi otok Saltholm (Otok soli). Njega se vjerojatno htjelo iskoristiti kao određište tunela i početak mosta. No strogi danski zaštitari prirode otklonili su svaku mogućnost da se taj otok, s nadmorskom visinom od desetak metara i sa sedam stalnih stanovnika, na bilo koji način mijenja jer je vrlo važan za biljni i životinjski svijet, a posebno za ptice u tom dijelu Europe.

Stoga su se graditelji morali opredijeliti za izgradnju umjetnog otoka nešto južnije, kojega su valjda ironično, nazvali Pepparholm (Otok papra). Naime od početka je prevladavalo mišljenje da se cijeli prostor između dva grada ne će moći u cijelosti premostiti, ponajprije zbog velike pličine. U tom dijelu more rijetko prelazi dubinu veću od dvadesetak metara, a to je značajka i mnogih



Pogled na umjetni otok u vrijeme izgradnje

obalnih dijelova Baltičkog mora. Velik je to problem za vrlo živ i razvijen morski promet. Kako je morsko dno uz dansku obalu nešto dublje, odlučeno je da se taj dio svlada poplavljenim tunelom, a pripomoglo je i to što bi most smetao aerodromu u kopenhaskom prigradskom naselju Kastrupu, koji se nalazi na samoj obali.

Ipak odlučujuću su ulogu odigrali vrlo strogi skandinavski zahtjevi o čuvanju prirode. Otok Saltholm dijeli Øresund na dva odvojena kanala - Drodgen i Flint. Kroz kanal Flint teče morska struja koja u Baltičkom moru održava slanost i razinu kisika. Stoga je odlučeno da se u njemu gradi most približno 8 km duljine, s ovješanim mostom velikog raspona u sredini. Proračunano je da će stupovi i piloni mosta zaustaviti tek 0,5 posto strujanja vode, ali da istodobno treba iskopati i od pijeska očistiti oko 2,5 milijuna m³ morskog dna, što će poboljšati i omogućiti plovnost ispod visećeg mosta. Ujedno je valjalo ograničiti rasipanje iskopanog materijala na najviše 5 posto, što je mjerenjima svakodnevno provjeravano. Iskopani je materijal ugrađen u umjetni otok i u umjetni poluotok na danskoj obali, a u njih je ugrađen i materijal iz jarka iskopanog u mors-

kom dnu u Drodgen kanalu, u koji su smještene i ugrađene velike predgotovljene tunelske sekcije.

Ukupno procijenjeni troškovi toga golemog zahvata, prema cijenama iz 1990., iznosili su oko 22,5 milijarde švedskih kruna (nešto manje od 20 milijarda danskih kruna) ili otprilike 3 milijarde dolara.

Radovi su započeli 1995. i dovršeni su, kao što je već rečeno, sredinom 2000. godine. Stalna se i čvrsta veza između Danske i Švedske sastoji od dva željeznička i četiri cestovna traka, a financijska je konstrukcija temeljena na činjenici da će naplata cestarine namiriti glavninu troškova izgradnje. To je presudilo u izboru rješenja umjesto zagovarane optimalne upotrebe željeznice koja bi manje ugrožavala okoliš. Procijenjeni prihod od naplate cestarine je 970 milijuna danskih kruna godišnje (također po cijenama iz 1990.), a temeljen je na prosječnom predviđenom prometu od 10.000 vozila na dan i odgovarajućoj razini naplate za trajektnu vezu između Helsingøra i Helsinborga. U prihodima su predviđeni i stalni doprinosi od 300 milijuna danskih kruna godišnje od DSB (Danske državne željeznice) i željezničkih kompanija Švedske.

Za 16 km prometne veze između Kastrupa na danskoj obali i Lernackena na Švedskoj trebalo je izgraditi i spojeve na postojeće željezničke i cestovne veze u svakoj zemlji. Tako procijenjena vrijednost cijelog projekta iznosila 14,75 milijardi danskih kruna za samu Øresund vezu, 5,40 milijardi danskih kruna za radove u Danskoj i 2,06 milijardi švedskih kruna za radove u Švedskoj. Iako nije bilo uključeno u projekt, potrebno je još izgraditi i gradski željeznički tunel u Malmöu, s približnom cijenom od 5 milijardi švedskih kruna (kruna je inače nešto slabija od naše kune), kako bi putnici željeznicom mogli putovati iz središta Kopenhagena do središta Malmöa za otprilike 20 minuta. Iako o tome nije moguće dobiti precizne podatke, te kako je mnogo potrošeno u dodatne priključke i s jedne i druge strane, opće je uvjerenje da su konačni troškovi značajno premašeni.

Za zajmove su zajednički jamčile danska i švedska vlada, a projektu cestovnog i željezničkog povezivanja dviju država pružena je i financijska podrška Europske unije.

Projekt je bio podijeljen u tri dijela: švedski dio cestovne i željezničke veze čijom je izgradnjom upravljala matična švedska kompanija *SVEDAB (Swedish Svensk-Danska Broförbindelsen)*, vezu među obalama čijom je izgradnjom upravljala posebna švedsko-danska tvrtka *Øresundbron Konsortiet* (koja je povezivala *SVEDAB AB* i *A/S Øresund*) te danski dio cestovne i željezničke veze kojim je upravljala matična danska kompanija *Danish A/S Øresundsforbindelsen*.

Radovi su u Danskoj brzo napredovali. Izgrađena je i 1997. puštena u promet autocesta do kopenhavske zračne luke, a željeznička pruga između glavnoga željezničkog kolodvora u Kopenhagenu i zračne luke dovršena je 1998. Na švedskoj je strani izgrađeno desetak kilometara autoceste i dvanaestak kilometara dvotrač-



Ulaz u tunel pokraj Kopenhagena

noga željezničkog kolosijeka od mosta u Lernackenu. Švedska je nacionalna uprava za ceste izgradila novu cestovnu obilaznicu Malmöa. Ujedno je 5,5 km željezničke pruge prošireno na dva kolosijeka i odvojeno od drugog prometa, a trasa je osuvremenjena i osposobljena za najveće brzine. Izgrađen je i nov putnički i teretni terminal za prihvaćanje očekivanoga povećanog prometa.

Tjesnac Øresund svladan je sustavom tunela, umjetnog otoka i mosta u ukupnoj duljini od gotovo 16 km. Glavni su dijelovi te veze:

- umjetni poluotok dug 430 m na danskoj obali u Kastrupu
- tunel dug 4050 m, koji se sastoji od 3510 m potopljenog tunela (s ukupno pet cijevi za cestovni i željeznički promet te za instalacije i sigurnost) i dva izgrađena ulaza

- umjetni otok dug 4055 m, koji povezuje tunelski i mostovni dio
- zapadni prilazni most dug 3014 m između otoka i visećeg mosta
- visoki viseći most dug 1092 m, s glavnim rasponom od 490 m
- istočni prilazni most dug 3739 m od visećeg mosta do švedske obale u Lernackenu
- završni dio s naplatnom stanicom i središnjom kontrolom cijele prometne veze smješten na švedskoj obali u Lernackenu.

Øresundbron je bio odredio da izvođači moraju izraditi izvedbene projekte i u cijelosti odgovarati za posao koji obavljaju. Nositelj posla za vađenje materijala s morskog dna i isušivanje bio je *Øresund Marine Joint Venture*, koji su sačinjavali danski, nizozemski i američki građevinari. Nositelj posla za Drogden

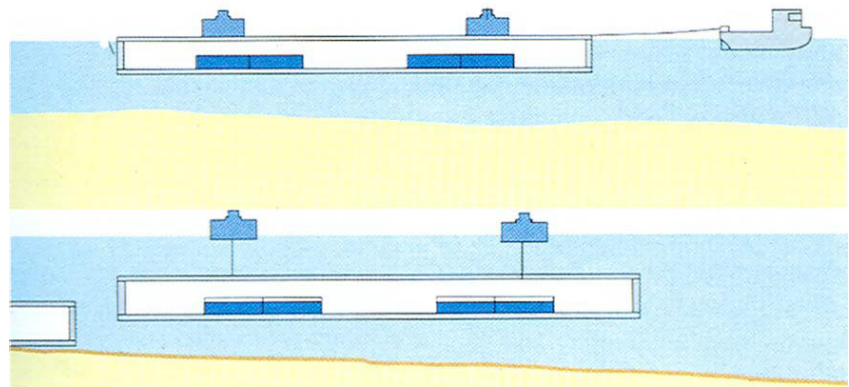


Pogled na most

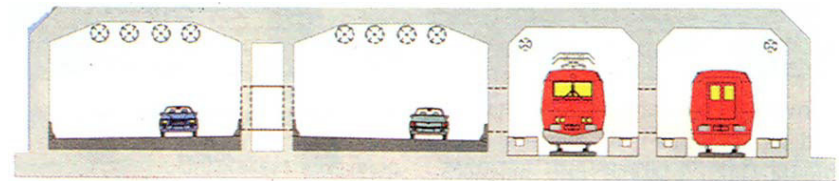
Inozemne građevine

tunel bio je *Øresund Tunnel Contractors* sastavljen od švedskih, francuskih, engleskih, nizozemskih i danskih graditelja. Konzorcij za izgradnju prilaznih mostova i visokog mosta bio je *Sundlink Contractors*, u koji su bile uključene švedske, danske i njemačke građevinske tvrtke.

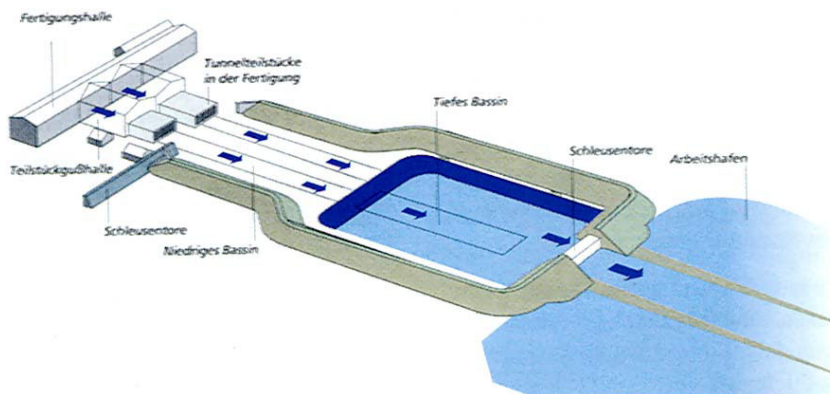
Radi izbjegavanja utjecaja vremenskih promjena na građenje i osiguranje ugovorenih rokova, glavni su se dijelovi konstrukcije za tunel izvodili na kopnu prednapinjanjem i predgotovljavanjem dijelova te poslije morem odvozili na mjesto ugradnje. Sekcije potopljenog tunela su najveće dosad napravljene u svijetu. Svaki prednapeti betonski element težio je 50.000 tona, a bio je dug 176 m, 38,8 m širok i 8,6 m visok.



Grafički prikaz ugradnje tunelskih sekcija



Poprečni presjek tunela



Grafički prikaz proizvodnje velikih tunelskih sekcija



Pogled na tvornicu za proizvodnju tunelskih sekcija

Jedinstvenost takve izvedbe bila je u tome što su se tunelski elementi izrađivali u zatvorenom, u specijalno izgrađenoj tvornici u Kopenhagu, koja je osiguravala visoku razinu izvedbe. Dovršeni su se elementi otklizali izvan hala preko suhog doka i potom plivajući dovlačili na predviđeno mjesto. Razdaljina je mogla biti i do 20 km, a elementi su plutali 1 m iznad morske razine.

Na mjestu ugradnje dijelovi su se potapali i ugrađivali u pripremljeni i od pijeska očišćeni kameni usjek. Na kraju su se zatrpavali te su uglavnom svi smješteni ispod razine morskog dna i prosječno se nalaze 10 m ispod morske razine.

Umjetni otok Pepparholm površine 1,3 km² tvori prijelaz između tunela i zapadnoga prilaznog mosta. Od tunelskog portala na zapadnom kraju otoka, autocesta ide usporedno sa željezničkom prugom sve do istočnog kraja kada se preko vijadukta penje na gornju razinu mosta.

Istočni dio prometne veze preko Øresunda jest 7,8 km dug most između umjetnog otoka i Švedske. Sastoji se od zapadnoga prilaznog mosta koji se podiže od umjetnog otoka do glav-

noga ovješnog 1092 m dugog mosta (s navigacijskim svijetlim otvorom od 57 m) te istočnog prilaznog mosta koji se spušta prema Švedskoj obali u Lernackenu.

Konstrukciju cijelog mosta čini miješana čelično-betonska konstrukcija s rešetkastim nosačima. Gornja se ploča mosta sastoji od 4 traka za motorna vozila, a donja od dva željeznička kolosijeka. To je inače najduži most na svijetu sa zajedničkim željezničkim i cestovnim prometom.

Most ima dva para šiljatih pilona. Gornja ploča konstrukcije sastavljena je od ugrađenog betona povezanog rešetkastim čeličnim nosačima. Donja je ploča čelični sanduk. Svaki se pylon sastoji od dva ugrađena betonska tornja visoka 204 m iznad morske razine. Kabeli su sidreni u pilone na razmacima od 12 metara. Piloni su izgrađeni na mjestu ugradnje, a temeljeni su na pilotima. Piloni povezuje armiranobetonska prednapeta greda mosta. Stupovi prilaznih mostova su također temeljeni na pilotima 14 do 17 m ispod morske razine. Svaki je stup posebno zaštićen zbog mogućeg oštećenja od brodova.

Dva 20.000 tona teška kesona za pilone glavnoga mosta izrađena su u



Pogled na pilone ovješnog mosta

jednom zaljevu u blizini Malmö i dotegljena na mjesto ugradnje. Čelični nosači za glavni most izrađeni su jednom obližnjemu brodogradilištu.

Zapadni prilazni most dug je 3014 m. Sastoji se od 22 raspona, od kojih je 18 dužine 140 m, a četiri 120 m. Istočni prilazni most dug je 3739 m i sastoji se od 27 raspona od kojih su 24 duga 149 m, a tri 120 m. Konstrukcija prilaznih mostova ima betonsku gornju ploču za autocestu koja je povezana i spregnuta s čeličnim rešet-

kastim nosačima i pridržanom donjom betonskom platformom za željeznički promet.

Postojale su dvije proizvodne linije u zaljevu Malmö za elemente prilaznih mostova – kesone, stupove i dijelove betonskih ploča. Sto metara visoka ploveća dizalica *Svan* (svanen = labud) koja je za dizanje teških tereta prvi put upotrijebljena na gradnji prometne veze preko Velikog Belta, dizala je dijelove glavnog mosta na mjesto ugradnje upotrebom 60 m dugog kрана, s kapacitetom od 6900 tona.

Čelične nosače za prilazne raspone mostova s čeličnom pločom na vrhu izradila je španjolska tvrtka *Dragados Offshore* u gradu Cadizu, a potom ih morem dovozila do mjesta ugradnje.

Sve su to mogli međimurski građevinari pažljivo razgledati uz stručno tumačenje Henrika Køstera iz *Øresundbron Konsortiet*a u upravi tvrtke u Kopenhagenu. Pogledali su i film s izgradnje te razgledali prigodnu izložbu. Prevoditelj je bio Ivo Biloglav, dipl. ing. stroj., koji više od trideset godina radi u velikoj tvrtki *Tetra Pak* u švedskom gradu Lundu



Početak prilaznog mosta na švedskoj obali



Most tijekom izgradnje



Ugradnja nosača pomoću ploveće dizalice Svan

u blizini Malmöa. Koliko se pozornosti u ovom dijelu Europe polaže zaštiti okoliša mogli su uočiti i po jednom zanimljivom primjeru. Na umjetnom otoku Pepparholmu nije se ništa smjelo posaditi. Ostalo je jedino ono što je doneseno sa slojem zemlje i što su donijeli vjetar i ptice. Otočić se sada dobrano zeleni, jer su ovi krajevi izuzetno pogodni za vegetaciju.

U toku predavanja slušatelji su saznali da se od otvorenja do danas preko Øresunda prevezlo više od 3 milijuna motornih vozila. Računa se da je Øresund željeznicom prošlo i približno 4,5 milijuna putnika. Nova prometna veza koja Dansku i Švedsku povezuje tijekom 24 sata 365 dana u godini donijela je i jednoj i drugoj zemlji mnogih posrednih koristi. Računa se da je broj međusobnih veza značajno povećan pa je, na pri-

mjer, zračna luka u Kopenhagenu imala prije 2000. godine 12 milijuna ljudi i 12 tisuća zaposlenih, a danas ima 18 milijuna putnika i 17 tisuća radnika. Ipak glavni cilj koji je potak-

nuo ovaj veliki projekt ipak nije ni izdaleka postignut – dva grada iz dvije države još su jako daleko od toga da se stope u zajedničku regiju. O tim se problemima raspravlja i na jednoj i na drugoj strani. Vjeruje se da je prepreka većoj protočnosti i ljudi i robe naplata za motorna vozila, koja za danske i švedske prilike nije velika, ali može znatno zakočiti buduće integracijske procese. Naplata je cestovnog prometa jedan od glavnih izvora za vraćanje visokih zajmova i vjeruje se da će prometna veza preko Øresunda početi donositi prihod tek 2027. godine. Hoće li u tome biti nekih promjena tek treba vidjeti. Već se nude veliki popusti onima koji češće putuju iz jednog grada u drugi.

Sudionici stručnog putovanja razgledali su i planove za izgradnju City-tunnelna, željezničkog 5,5 km dugoga gradskog tunela u Malmöu. Taj je objekt bio predviđen još u prvim projektima cestovnog i željezničkog povezivanja Danske i Švedske, iako je odmah bilo odlučeno da se gradi posebno. Naime središnja željeznička postaja u Malmöu je poput vreće, u koju vlakovi ulaze i izlaze. Tako se događa da cijeli željeznički promet između Europe i Skandinavskog poluotoka ide praktički kroz središ-



Pogled na završetak prometne veze na švedskoj obali



Prikaz trase budućega željezničkog tunela u Malmöu

nju postaju. Osim toga željeznički promet teče kroz grad i stvara veliku buku. Plan je stoga da se izgradi željeznički tunel koji će učiniti da željeznička postaja u Malmöu postane protočna (građiti će se ispod sadašnje razine), a to će ujedno biti i začetak metroa u ovom lijepom i pitomom švedskom gradu.

Izrađeni su svi projekti i očekuje se da će radovi trajati tri do četiri godine. No još se čeka odluka nacionalnog vijeća za okoliš koja može sve zaustaviti. Ipak prezentacija ovog projekta koji će stajati približno 600 milijuna dolara zaslužuje poseban osvrt. Za projekt je napravljena zanimljiva izložba, snimljeni su virtualni filmovi, a izrađen je i promotivni materijal na suvenirima koji se, dakako, prodaju. To je sasvim razumljivo jer riječ je o vrlo skupom objektu i stoga valja građane za njega pridobiti.

Tekst: Branko Nadilo

Snimci: arhiv investitora i B. Nadilo