

SVJETSKI MEGAPROJEKTI: GRADNJA TUNELA FEHMARBELT

PRIPREMILA:  
Anđela Bogdan

# Ambiciozan građevinski pothvat spajanja Danske i Njemačke

Tunel Fehmarnbelt, koji će trajno povezati Dansku i Njemačku, trenutačno je jedan od najvažnijih infrastrukturnih megaprojekata u Europi. Smješten ispod uskoga morskog tjesnaca u Baltičkome moru, između otoka Fehmarna u Njemačkoj i Lollanda u Danskoj, 18 kilometara dug tunel trebao bi znatno skratiti vrijeme putovanja i potaknuti veći opseg trgovinske razmjene između sjeverne Europe i ostatka kontinenta.

## Uvodne napomene

U posljednjih nekoliko desetljeća Danska je realizirala velike infrastrukturne projekte. Među ostalima, izgradila je cestovne i željezničke veze sa susjednom Švedskom te između dvaju velikih danskih otoka. Godine 1998. otvorena je cestovna veza između otoka Fyna, gdje se nalazi Odense, i Sjælland, blizu Kopenhagena. Dvije godine poslije izgrađen je most Øresund, koji i danas fascinira inženjere i putnike. Te infrastrukturne investicije znatno su unaprijedile prometnu povezanost Danske na lokalnoj i međunarodnoj razini.

Među njima svakako treba istaknuti "inženjersko čudo", most Øresund koji povezuje Kopenhagen s trećim najvećim švedskim gradom, Malmöom. Øresund je dug 16 kilometara, a ima četiri traka za automobile i dva kolosijeka za vlakove. Otprilike na polovici puta nalazi se umjetni otok Peberholm, kojim završava most, a započinje tunel. Taj otočić dug četiri kilometra formalno je dio Danske, nenaseljen je i na njemu je proglašen prirodni rezervat. Službeni naziv mosta glasi Øresundsbron, kombinacija danskog i švedskog naziva te građevine. S obzirom na kombinaciju tunela i mosta, koristi se i naziv "Oresundska veza".

Njegova je izgradnja počela 1995., a most je pušten u promet 1. srpnja 2000. Zbog skupe mostarine prvih se godina nije tako često koristio, barem ne onoliko koliko su to očekivali investitori, ali od 2005. opseg je prometa počeo rasti. Već dvije godine poslije, 2007., preko mosta je prešlo oko 25 milijuna ljudi, od toga 15,2 milijuna automobilima i autobusima te 9,6 milijuna vlakovima. Zanimljiv je podatak da se, unatoč visokoj cijeni mostarine, povrat investicije od 4,15 milijardi eura, koliko je uloženo u taj veliki pothvat, očekuje tek 2035. Bio je to vrlo zahtjevan građevinski pothvat koji je inženjerima donio brojne izazove, ali i vrijedne lekcije, koje danas primjenjuju za realizaciju sličnih projekata. Jedan takav megaprojekt upravo se gradi u Danskoj, a riječ je tunelu Fehmarnbelt, koji će biti dug 18 kilometara. Tunel će povezati danski grad Rødbyhavn s njemačkim Puttgardenom te stvoriti dodatne cestovne i željezničke veze između srednje Europe i skandinavskih zemalja.

Tunel Fehmarnbelt bit će dug 18 kilometara i povezat će danski grad Rødbyhavn s njemačkim Puttgardenom te stvoriti dodatne cestovne i željezničke veze između srednje Europe i skandinavskih zemalja



Pogled na most Øresund (Foto: Nick-D)

Od 1963. do danas Baltičko more prelazi se trajektima između Puttgardena i Rødbyhavna. Konačnoj odluci o izgradnji podvodnog tunela koji će povezati ta dva grada prethodila su desetljeća planiranja i rasprava o tome treba li i na koji način Fehmarnbelt dobiti fiksnu vezu. Prema projektnome proračunu, trenutačno vrijeme putovanja od 45 minuta, koliko je potrebno za prelazak Fehmarnbelta trajektom, skratilo bi se na desetak minuta



Prikaz budućeg uronjenog tunela Fehmarnbelt na karti



Položaj tunela Fehmarnbelt na Transeuropskoj prometnoj mreži (TEN-T)

vožnje podvodnim tunelom te ono, za razliku od brodskog prometa, neće ovisiti o vremenskim uvjetima. Tunel Fehmarnbelt, kada jednom bude dovršen, postat će ključan dio europske prometne mreže i znatno doprinijeti prometnoj tranziciji, jer će skratiti putovanje između Hamburga i Kopenhagena za 160 kilometara. Tunel se gradi kao uronjeni tunel ispod Baltičkog mora, između njemačkog otoka Fehmarna i danskog otoka Lollanda. Po dovršetku izgradnje mogao bi postati najduži kombinirani cestovni i željeznički tunel na svijetu.

### Povijest i politička potpora izgradnji tunela Fehmarnbelt

Ideja o izgradnji stalne veze preko Fehmarnbelta prvi je put ozbiljno razmotrena devedesetih godina prošlog stoljeća, no korijeni te ideje sežu mnogo dublje, u razdoblje nakon Drugoga svjetskog rata kada su europske zemlje počele razmatrati mogućnosti poboljšanja međusobne povezanosti. U kontekstu rastuće europske integracije, posebno nakon stvaranja zajedničkog tržišta, potreba za boljom povezanosti između Skandinavije i ostatka Europe postala je prioritet. Već i prije faze pripreme i planiranja takvog megaprojekta bilo je jasno da će politička podrška obiju država biti neophodna za njegovu realizaciju. Danska je od početka snažno zagovarala projekt, dok je Njemačka, suočena s unutarnjim političkim

i financijskim izazovima, isprva bila suzdržana. Međutim, uz kontinuirani pritisak Danske i Švedske te uz potporu Europske unije Njemačka ga je postupno prihvatila.

Nakon dugogodišnjih rasprava dogovoreno je da Danska preuzme sve troškove izgradnje tunela, a Njemačka će financirati i izgraditi infrastrukturu potrebnu za povezivanje tunela s ostatkom svoje prometne mreže

Prekretnica se dogodila 29. lipnja 2007. kada su se danski i njemački ministri prometa, Flemming Hansen i Wolfgang Tiefensee, dogovorili o izgradnji tunela. Ključan dio dogovora bilo je pitanje financiranja. Nakon dugogodišnjih rasprava dogovoreno je da Danska preuzme sve troškove izgradnje tunela, a Njemačka će financirati i izgraditi infrastrukturu potrebnu za povezivanje tunela s ostatkom svoje prometne mreže. Taj dogovor omogućio je da projekt dobije "zeleno svjetlo" i da napokon počne njegova realizacija, a ubrzo su donesene i službene odluke. Godinu dana poslije, 3. rujna 2008., u Kopenhagenu je potpisan međudržavni sporazum između Njemačke i Danske kojim je formalizirana obveza obiju zemalja da izgrade tunel Fehmarnbelt. Sporazum je ratificiran u Danskoj 26. ožujka 2009., a u Njemačkoj 10. srpnja 2009., čime su

oba parlamenta službeno podržala projekt. Za planiranje i upravljanje projektom zadužena je danska tvrtka u državnome vlasništvu *Femern A/S*, osnovana posebno za potrebe tog projekta.

Procjene troškova izgradnje tunela mijenjale su se tijekom godina. Prema procjenama iz 2008., projekt je trebao koštati oko 5,5 milijardi eura, no od 2015. do danas te su procjene porasle na 7,4 milijarde eura. Danska preko državne tvrtke *Femern A/S* upravlja projektom i financira ga kreditom. Planirano je da se ti krediti otplate prihodima od cestarina, pri čemu se predviđa da će se investicija amortizirati unutar 39 godina.

Budući da je tunel Fehmarnbelt dio Transeuropske prometne mreže (TEN-T), projekt je dobio snažnu financijsku podršku od Europske unije. Očekuje se da će EU sufinancirati do 50 % troškova planiranja i između 10 i 20 % troškova izgradnje, što bi moglo iznositi do 1,18 milijardi eura. U razdoblju od 2016. do 2019. EU je odobrio 589 milijuna eura za projekt. Njemačka strana također se suočila s povećanjem troškova, posebno onima povezanim s infrastrukturnim radovima na Hinterlandu jer su se procijenjeni troškovi povećali s 800 milijuna na 2,2 milijarde eura. Unatoč tim povećanjima njemačka vlada i *Deutsche Bahn* projekt i dalje smatraju isplativim. Izgradnja samog tunela Fehmarnbelt, bez pristupnih cesta, koštati će oko 4,8 milijardi eura.



Vizualizacija cestovno-željezničkoj uronjenog tunela

### Projektno rješenje tunela

Nakon detaljnih višegodišnjih istraživanja i analiza odlučeno je da će se preko morskog tjesnaca Fehmarnbelt graditi

18 kilometara dug podvodni uronjeni tunel. Najveća dubina mora u tome tjesnacu iznosi 30 metara. Takav tunel, u usporedbi s mostom, ima brojne prednosti koje su uvelike pridonijele njego-

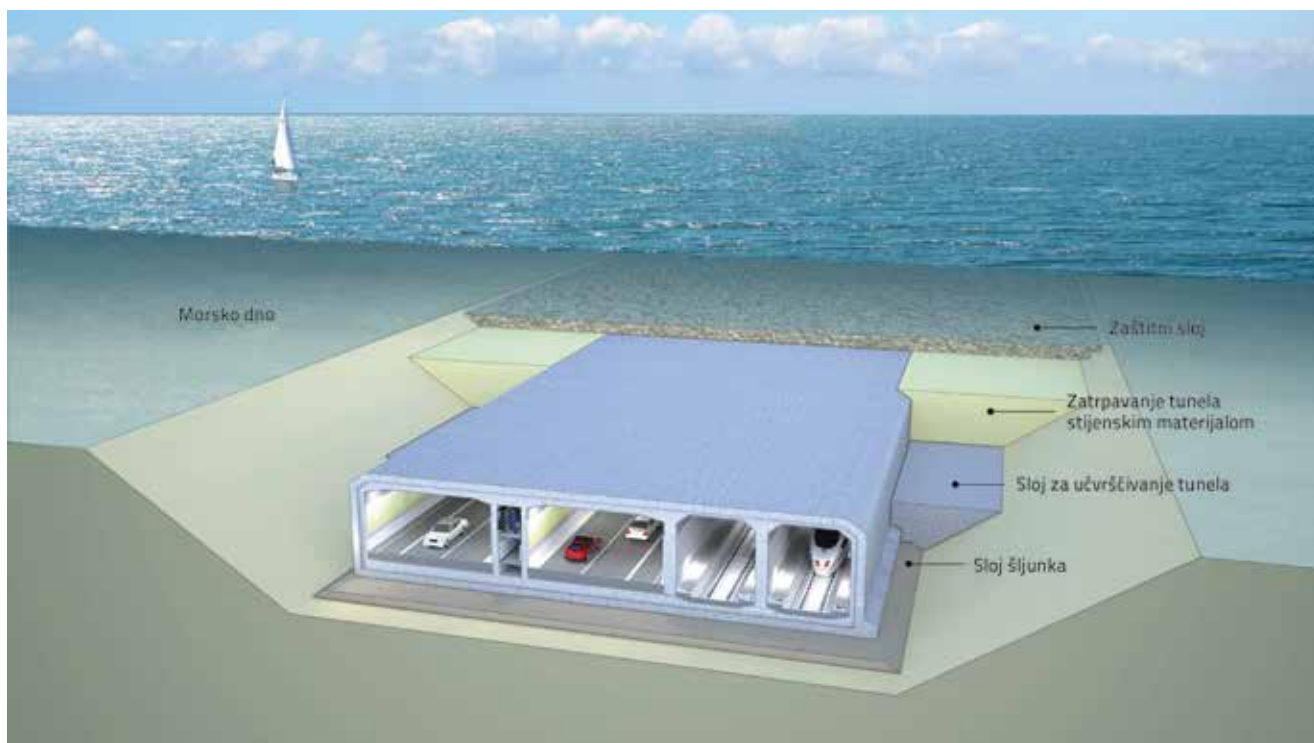
vu odabiru. Jedna od ključnih prednosti uronjenog tunela jest njegova otpornost na vremenske uvjete i vjetar, što je za most velik izazov. Dok mostovi mogu biti podložni štetnim utjecajima vjetera i lošeg vremena, uronjeni tunel ne trpi te utjecaje. Osim toga, po završetku gradnje, tunel neće imati znatan utjecaj na okoliš, dok bi most mogao izazvati ozbiljne posljedice po prirodu u njegovoj blizini. Osim mosta razmatrala se i treća opcija – gradnja bušenog tunela, no to se pokazalo kao vrlo rizično i skupo rješenje zbog nepovoljnih uvjeta morskog tla. Analizom su uočeni visoki troškovi i tehnički izazovi povezani s bušenjem tunela u moru. S obzirom na sve ekološke aspekte, ekonomsku isplativost i rizike, uronjeni se tunel pokazao najboljim rješenjem.

Preko morskog tjesnaca Fehmarnbelt gradit će se 18 km dug podvodni uronjeni tunel, najveća dubina mora u tome tjesnacu iznosi 30 m

Tunel Fehmarnbelt sastoji se od četiriju paralelnih cijevi, od kojih će dvije služiti za cestovni promet, a dvije za željeznički. Tunel bi znatno skratio vrijeme putovanja između Kopenhagena i Hamburga, i to na oko tri sata, što je gotovo upola manje u odnosu na trenutne trajektne i cestovne rute. Automobili će vožnjom u četiri traka moći prijeći Baltičko more preko Fehmarbelta za deset minuta, a vlakovima će za to trebati samo sedam minuta.

Glavni projekt tunela izradila je zajednica ponuditelja koju čine projektantske tvrtke *Ramboll*, *Arup* i *TEC*. Za glavnog izvođača radova odabrana je građevinska tvrtka *Sund & Baelt*. Na gradnji tunela Fehmarnbelt bit će zaposleno nekoliko tisuća radnika izravno na gradilištima i kod dobavljača građevnog materijala i opreme. Građevinske tvrtke (glavni izvođač i kooperanti) koje je angažirao *Femern A/S* obvezale su se zaposliti najmanje 500 visokoobrazovanih zaposlenika tijekom projekta.





Projektno rješenje uronjenog tunela s četiri paralelne cijevi

Cijeli taj megaprojekt podijeljen je na četiri ključna infrastrukturna projekta, a to su tunel koji će prolaziti ispod morskog dna, prijelazna rampa koja će omogućiti pristup tunelu u Puttgardenu, proširenje ceste B207, što će omogućiti lakšu povezanost s tunelom, te dvokolosiječno proširenje željezničke pruge u njemačkome Hinterlandu kako bi se omogućila neometana povezanost s europskom željezničkom mrežom. Poseban je izazov nova veza preko Fehmarn-Sunda, uskoga morskog prolaza između otoka Fehmarna i njemačkoga kopna, jer je taj

dio projekta ključan za potpunu funkcionalnost cestovne i željezničke mreže tog područja.

Sigurnost korisnika tunela prioritet je od samog početka planiranja projekta. Projektno rješenje tunela Fehmarnbelt se u velikoj mjeri oslanja na iskustva stečena tijekom gradnje drugih velikih tunelskih projekata, osobito 16 kilometara dugog tunela Øresund između Danske i Švedske. Za razliku od tog tunela, u tunelu Fehmarnbelt bit će izgrađeni kontinuirani zaustavni trak duž autoceste u oba smjera. U tunelu će cestovni i željeznički

promet biti odvojeni u dvije zasebne tunnelske cijevi, što eliminira mogućnost sudara.

### Organizacija gradilišta i gradnja tunela

Planiranje projekta, pripremni radovi i organizacija gradilišta bili su najveći izazov tog megaprojekta. Osim pažljivog planiranja svih građevinskih procesa, nabave materijala, smještaja radnika, osiguranja električne energije i vodoopskrbe trebalo je voditi računa o svim potencijalnim



Vizualizacija portala tunela kod Puttgardena



Vizualizacija portala tunela kod danskog grada Rødbyhavna



Vizualizacija radne luke kod Rødbyhavna

rizicima, zaštiti okoliša, sigurnosti na gradilištu i visokokvalitetnoj izvedbi svih predgotovljenih tunelskih elemenata, jer projektirani uporabni vijek tunela iznosi 120 godina. Posebna pozornost posvećena je implementaciji najsuvremenijih sigurnosnih sustava, uključujući sustave za detekciju požara, ventilaciju te evakuacijske rute, kako bi se postigla maksimalna sigurnost za sve korisnike tunela u slučaju bilo kakvih incidenata. Održavanje visoke razine sigurnosti tijekom svih faza izgradnje i budućega korištenja tunela inženjerima je bio i ostao prioritet, što zahtijeva neprekidnu suradnju sa stručnjacima iz različitih disciplina i relevantnih institucija.

### Izgradnja radnih luka na danskoj i njemačkoj strani

Službeno je gradnja tunela na danskoj strani započela 2020., a na njemačkoj strani 2021. Prvo su izgrađene tzv. radne luke u Puttgardenu, na otoku Fehmarnu, i kod Rødbyhavna, na otoku Lollandu. Preko tih luka doprema se građevni materijal potreban za izgradnju tunela. Većina građevnog materijala doprema se morskim putem, čime se smanjuje opterećenje lokalnih cesta na Lollandu i Fehmarnu.



Pogled na stambeni kompleks za radnike na gradilištu

Radna luka kod Rødbyhavna prostire se na gotovo 50 hektara, što je otprilike pet puta veća površina od luke kod Puttgardena. Preko luke kod Rødbyhavna gotovi tunelski elementi iz proizvodnog pogona transportiraju se u Fehmarnbelt. Danska radna luka u funkciji je od ljeta 2022., dok je radna luka kod Puttgardena u funkciji od ljeta 2023. Na danskome dijelu gradilišta tijekom ljeta 2023. dovršen je stambeni kompleks za radnike s više od 1300 stambenih jedinica, uključujući samopo-

služnu trgovinu te sportske i rekreacijske sadržaje.

---

Službeno je gradnja tunela na danskoj strani započela 2020., a na njemačkoj strani 2021. Prvo su izgrađene tzv. radne luke u Puttgardenu, na otoku Fehmarnu, i kod Rødbyhavna, na otoku Lollandu

---





Radna luka u njemačkom Puttgardenu, snimljena u lipnju 2024.

Istočno od luke izgrađena su četiri silosa za skladištenje materijala poput šljunka, pijeska i cementa. U vršnim se razdobljima u radnoj luci manipulira oko 70.000 tona kamena, cementa, pijeska, šljunka i čelika na tjedan. Dvije betonare smještene blizu proizvodnih linija mogu zajedno proizvoditi više od 600 m<sup>3</sup> betona po satu. Njemačka radna luka puštena je u rad u srpnju 2023. Preko nje se gradilište opskrbljuje materijalom, čime se izbjegava dostava građevnog materijala kamionima cestovnim putem. Dva do tri puta na tjedan u luku pristaju brodovi s građevnim materijalom iz Danske ili Norveške. Pored obale nalaze se silosi za cement i dodatni skladišni prostori za dostavljene materijale.

Radovi na iskopu rova u moru, u koji će biti položeni tunelski elementi, započeli su u 2021., a završeni u proljeće 2024. Na morskome dnu iskopan je 18 kilometara dug rov između Danske i Njemačke. U taj će rov biti spušteno 89 tunelskih elemenata koji će biti međusobno pove-

zani i prekriveni zaštitnim slojem kamenog materijala. Iskopani materijal koristi se za stvaranje novih površina za zemljišta kod Rødbyhavn, a u manjoj mjeri i kod Puttgardena.

**Na morskome dnu iskopan je rov u koji će se spustiti 89 tunelskih elemenata međusobno povezanih i prekrivenih zaštitnim slojem od kamenog materijala**

#### Obrada čelika u tvornici na gradilištu

Za izgradnju najdužega uronjenog tunela na svijetu potrebna je velika količina čelika. Zato je odlučeno da se u 2023. izgradi zasebna tvornička hala na gradilištu kako bi se osiguralo odgovarajuće količine i kvaliteta čelika za tunelske elemente i gradnju portala tunela.

Ta hala, nazvana *Panel Factory*, prostire se na oko 13.000 m<sup>2</sup> gradilišta i zapošljava oko 120 radnika koji rade u dvije

smjene. To omogućuje timu da isporuči oko 1500 tona obrađenog čelika na gradilište svakoga tjedna. Velika je prednost hale za obradu čelika to što je u njoj omogućeno rezanje čelika na potrebne dimenzije. To smanjuje količinu otpada i istodobno jača sigurnost opskrbe za potrebe projekta jer omogućuje proizvodnju čeličnih mreža prema veličini i na zahtjev. Zavarivanje čelika tradicionalno je težak fizički posao, ali u toj je tvornici u cijelosti ukinuto ručno podizanje teških tereta. Teški čelični elementi podižu se velikim dizalicama, dok manji kranovi pojedinih radnicima olakšavaju premještanje manjih čeličnih dijelova između strojeva. Većinu posla obavljaju dva robotska stroja za zavarivanje, koja pokrivaju više od 70 % proizvodnje. Robote opskrbljuje magnetski kran koji može podići do pet tona čelika odjednom. Čelik se doprema u šipkama dugim do 15 metara i promjera 32 milimetra. Robotski stroj za zavarivanje prototip je koji je proizvela španjolska tvrtka *DCM-Wire*. Obično se takvi strojevi



Tvornička hala za obradu čelika

koriste za izradu tankih panela za ograde, a projekt izgradnje tunela Fehmarnbelt prvi je takav projekt u svijetu u kojemu se robotski strojevi za zavarivanje koriste za zavarivanje armiranog čelika te debljine.

### Proizvodnja tunelskih elemenata

Tunelski elementi proizvode se isključivo u proizvodnome pogonu u Rødbyhavnu i redovito se prevoze prema Fehmarnbeltu. Ti elementi postupno će se spuštati na morsko dno i spajati, naizmjenično s danske i njemačke strane, sve dok posljednji element ne bude postavljen u sredinu tunela. Prvi od ukupno 89 tunelskih elemenata dovršen je u svibnju 2024.

Izgrađene su proizvodne hale za šest proizvodnih linija: pet za standardne elemente tunela i jedna za specijalne elemente. Ukupno će biti proizvedeno

79 standardnih i 10 specijalnih elemenata. Specijalni elementi, za razliku od standardnih, imaju dodatan prostor u



Pogon za proizvodnju tunelskih elemenata

kojemu će biti smještene tehničke instalacije tunela, što će olakšati održavanje tunela nakon što bude otvoren za promet. Tunelski elementi proizvode se industrijskom serijskom proizvodnjom. Svaki predgotovljeni betonski element jest pravokutnoga poprečnog presjeka, dužine 217 metara, širine 40 metara i visine 10 metara, a sadržava četiri odvojena prolaza (dva za automobile i dva za vlakove). Jedan takav standardni element sastoji se od devet segmenata. Proizvodnja se provodi u klimatiziranim halama kako bi se osigurala visoka kvaliteta predgotovljenih armiranobetonskih elemenata jer projektirani uporabni vijek tunela Fehmarnbelt iznosi 120 godina.

U ljeto 2023. započela je proizvodnja betonskih tunelskih elemenata, a ispred proizvodnog pogona izgrađena su tri velika bazena koja su napunjena vodom i služe za premještanje gotovih tunelskih elemenata iz tvornice u radnu luku. Materijali se preko radne luke izravno dopremaju na gradilište tunela, što smanjuje opseg prometa na lokalnim cestama. Teretni brodovi stižu u radnu luku otprilike svaka tri dana. Kada je jedan tunelski element dovršen, na oba njegova kraja postavljaju se vodonepropusne pregrade i pomoću brodova tegljača transportira na odgovarajuće mjesto u Fehmarnbeltu, do lokacije na kojoj se spušta na morsko dno. Elementi se visokom preciznošću spuštaju u prethodno iskopani tunelski jarak i pažljivo spajaju. Između pregrada





Pogled na standardni tunelski element

susjednih tunelskih elemenata nastaje prostor koji je prvotno ispunjen morskom vodom. Ispumpavanjem te vode stvara se veliki podtlak. Razlika u tlaku osigurava da se oba elementa potpuno vodonepropusno povežu. Nakon što su tunelski elementi spojeni, počinje instalacija tehničkih i mehaničkih sustava unutar tunelskih cijevi. To uključuje postavljanje kolničke konstrukcije ili tračnica, sustava ventilacije, kamera, komunikacijskih sustava i signalizacije. Svi ti sustavi bit će temeljito ispitani prije planiranog otvorenja 2029.

### Izgradnja tunelskih portala

Na danskoj i njemačkoj strani grade se tunelski portali, odnosno ulazi u tunel za automobile i vlakove. Željezničke pruge i cesta ulaze u tunel preko rampi. Portal ima otvore za svjetlo na stropu, što omogućuje postupan prelazak između prirodnog svjetla i rasvjete unutar tunela. Radovi na portalima na danskoj i njemačkoj strani započeli su u 2022. Na danskoj strani prednji dio tunelskog portala je već od proljeća 2024. pod vodom.

Krajem kolovoza 2024. na njemačkome dijelu gradilišta prvi dio tunela uspješ-

no je uronjen u more. Tijekom dva dana morska je voda bila pumpana iz radnog bazena u sjeverni portal tunela, ukupno oko 90.000 kubnih metara vode. Nakon otprilike 48 sati prednji dio tunela izrađen na kopnu bio je u cijelosti uronjen u vodu. Trenutačno se demontira privremeni nasip koji je okruživao gradilište portala tunela i omogućavao rad u suhim uvjetima. Sljedeći je korak uklanjanje privremenog nasipa pomoću velikih plovnih bagera. Materijal s nasipa bit će prenesen na brodove i prevezen na područje istočno od gradilišta koje će poslužiti kao privremeno skladište građevnog materijala. Taj će se materijal poslije koristiti za izgradnju novog, trajnog nasipa dugog 200 metara i visokog 4,5 metra. Radovi na tome dijelu gradilišta trebali bi biti završeni do studenog 2024.

Promet u tunelskim cijevima omogućit će prirodnu izmjenu zraka unutar tunela, zbog tzv. efekta klipa, koji stvaraju vozila koja se kreću samo u jednome smjeru, svježi će se zrak stalno uvlačiti u tunelske cijevi



Shema transporta tunelskog elementa iz radne luke na gradilište tunela





Gradilište portala tunela na njemačkoj strani, snimljeno u lipnju 2024.

Završene tunelske cijevi bit će opremljene tehničkim instalacijama, tj. sustavom za ventilaciju, komunikaciju i prijenos podataka, rasvjetom i signalizacijom. Radovi na ugradnji tih sustava započet će čim se montiraju prvi tunelski elementi. Kada jednog dana svi radovi budu dovršeni, sve će se instalacije unutar tunela temeljito testirati prije službenog otvorenja tunela.

Promet u tunelskim cijevima omogućit će prirodnu izmjenu zraka unutar tunela. Zbog tzv. efekta klipa, koji stvaraju vozila koja se kreću samo u jednome smjeru, svježiji će se zrak stalno uvlačiti u tunelske cijevi. Ventilacija izazvana prometom vozila kroz tunel (efekt klipa) dovodi do stvaranja razlike u tlakovima, ako se brzina vozila razlikuje od brzine zraka. Pritom velik utjecaj imaju brzina i oblik vozila, odnos površine poprečnog presjeka vozila i tunela te gustoća i smjer prometa. Zahvaljujući tome efektu, pri jednosmjernome prometu u tunelima znatne duljine postiže se dobro provjetranje tunela. Takva prirodna ventila-



Gradilište portala tunela na danskoj strani, snimljeno u travnju 2024.

cija u tunelu Fehmarnbelt nadopunit će se mehaničkom ventilacijom, odnosno velikim stropnim ventilatorima. Ventilatorski sustav aktivirat će se samo u posebnim situacijama, na primjer, kada

se cestovni promet kreće vrlo sporo ili se zaustavi kao što je to slučaj nakon prometne nesreće. Očekuje se da će tunel Fehmarnbelt biti dovršen i pušten u promet do kraja 2029.



Vizualizacija spajanja tunelskih elemenata u moru

### Sigurnosni nadzor i evakuacijski protokoli u tunelu Fehmarnbelt

Sve četiri tunelske cijevi u tunelu Fehmarnbelt bit će neprekidno nadzirane. Cestovni promet u tunelu kontrolirat će se iz nadzornog centra 24 sata na dan. Takav nadzor omogućit će brzo otkrivanje i reakciju na neuobičajene događaje u tunelu. Promet će se moći regulirati daljinski upravljanim znakovima i rampama te će se, na primjer, sudionike u prometu moći upozoriti na neobične prometne situacije ili izbjeći zastoje u tunelu. U slučaju prometne gužve ili drugog incidenta u cestovnome tunelu vozači će biti obaviješteni preko funkcije na radiju u automobilu, pri čemu će emitirani program biti trenutačno prekinut.

U slučaju nesreće ili požara u tunelskoj cijevi namijenjenoj vlakovima putnicima će se preko audioporuka savjetovati da se presele u vagoni koji nisu zahvaćeni požarom. Nakon toga vlak će se odmah uputiti prema mjestu za gašenje požara koje će biti neposredno ispred tunela, na otvorenome terenu. Ako se dogodi situacija da se požar ne može ugasiti vatrogasnim aparatima u vlaku, a vlak ne može napustiti tunel, bit će potrebno evakuirati putnike iz tunela. Izlazi za slučaj nužde iz unutarnje željezničke cijevi vodit će izravno do sigurnog područja na zaustavnome traku unutar tunelske cijevi za cestovni promet, a od tog mjesta putnici će moći napustiti tunel autobusima. Na izlazima za nuždu nalazit će se stube koje će vodi-

ti do pješačkih staza između tračnica, što će putnicima omogućiti prelazak s tračnica na sigurno područje u cestovnome tunelu. Ako se incident dogodi u vanjskoj željezničkoj cijevi, putnici će preko tračnica morati prijeći u unutarnju željezničku cijev.

### Ekološki utjecaj projekta

Jedan od najspornijih aspekata projekta izgradnje toga velikog tunela jest njegov utjecaj na okoliš. Ekološke organizacije, među kojima je i njemački NABU

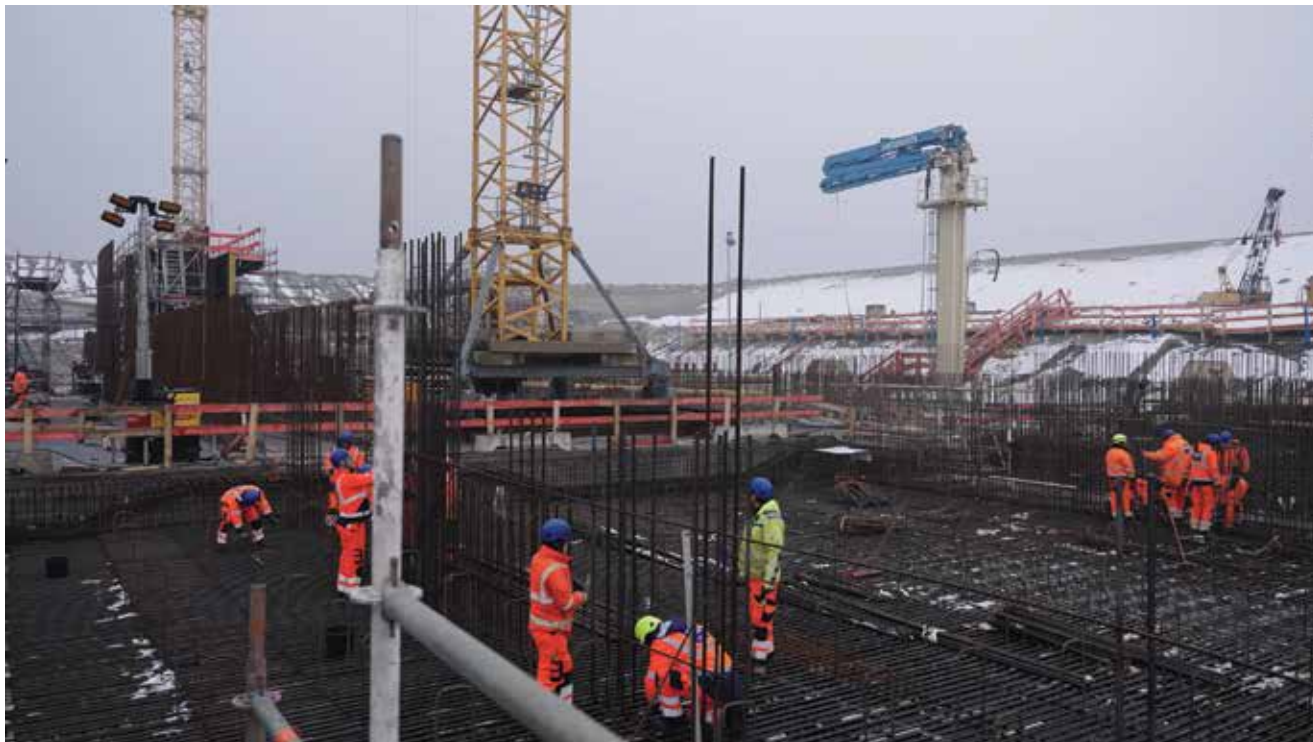
(njem. *Naturschutzbund Deutschland*), izrazile su zabrinutost zbog mogućeg utjecaja na ptice selice i morske sisavce poput pliskavica koje su ugrožene vrste u regiji. Također, strahovalo se da bi tunel Fehmarnbelt mogao narušiti osjetljivi ekosustav Baltičkog mora, osobito u pogledu izmjene voda između Sjevernog i Baltičkog mora.

S druge strane, danska vlada i projektni konzultanti uvjerali su da će utjecaj na okoliš biti minimalan, ističući da će protok vode kroz Fehmarnbelt biti manje ometan nego što je to slučaj s trajektnim prometom. Međunarodni su stručnjaci, po nalogu tvrtke *Fernern A/S*, pažljivo ispitali utjecaj tunela Fehmarnbelt na okoliš. Budući da se radi o prekograničnome objektu, moraju se poštovati njemački, danski i europski zakoni o zaštiti okoliša. Istraživanja su pokazala da ni izgradnja ni operativno funkcioniranje završenog tunela neće imati znatan negativan utjecaj na biljni i životinjski svijet te na staništa poput onih koje koriste morževi i ptice. Neizbježni negativni utjecaji gradilišta tunela na okoliš bit će kompenzirani. Na primjer, područja na kojima će biti izgrađene pristupne ceste, proizvodni pogon tunelskih elemenata na danskoj strani, radne luke i drugo bit će nadoknađena



Izgrađena područja nadoknađena su stvaranjem novih prirodnih površina





Detalj snimljen na gradilištu u siječnju 2024.

stvaranjem novih prirodnih površina na drugim lokacijama. *Femern A/S* obnavlja i morske grebene na području Sagasbanke, koji su izgubljeni tijekom desetljeća eksploatacije kamenja u Baltičkom moru. Radi se o području od oko 42 hektara na morskome dnu koje se nalazi južno od otoka Fehmarna. Iznad tunelskih elemenata koji će biti spušteni u rov iskopan na morskome dnu bit će izveden kameni nabačaj kako bi se zaštitile tunelske cijevi s gornje strane morskog dna. Tijekom vremena navedeni kameni sloj preuzet će funkciju prirodnih grebena i pružiti odgovarajući životni prostor brojnim vrstama biljaka i životinja koje žive u tome morskome tjesnacu.

Međutim, sve te tvrdnje nisu u cijelosti smirile kritičare, a ekološke organizacije nastavile su izražavati sumnje u dugoročne posljedice projekta. Također postoji zabrinutost u pogledu mogućih negativnih učinaka na lokalnu ekonomiju, posebno na otoku Fehmarnu, gdje bi smanjenje (ili čak ukidanje) nekih trajektnih linija nakon otvaranja tunela moglo dovesti do gubitka radnih mjesta, osobito u turizmu, koji je glavni izvor prihoda lokalnog stanovništva.

### Zaključne napomene

Tunel Fehmarnbelt ambiciozan je i kontroverzan projekt koji je ujedno simbol europske suradnje i tehnološkog napretka. Taj će projekt biti ključan za budućnost europskog transporta, unapređujući povezanost i omogućujući daljnji gospodarski rast u regiji. Njegova bi realizacija trebala donijeti brojne prednosti u smislu brže i učinkovitije povezanosti Skandinavije i kontinentalne Europe, ali i izazove u očuvanju okoliša i održivome razvoju. U budućnosti će biti moguće putovati vlakom od Hamburga do Kopenhagena samo dva i pol sata, što je velika prednost u usporedbi s trenutnih otprilike pet sati vožnje. Time će putovanje vlakom postati privlačnije, posebno u usporedbi s kratkim letovima na toj relaciji. Projekt se tijekom dugogodišnjeg planiranja suočio s brojnim izazovima, uključujući povećane troškove, ekološke rizike i političke tenzije, ali njegova se važnost za europsku prometnu mrežu i gospodarski razvoj ne može osporiti. Ako sve bude teklo

prema planu, tunel Fehmarnbelt bit će dovršen do početka sljedećeg desetljeća, čime će se ostvariti dugogodišnji san o trajnoj prometnoj vezi između Danske i Njemačke.

### Izvori:

- <https://femern.com/de/>
- <https://www.adac.de/news/feh-marnsundtunnel/>
- [https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/F/feh-marnbelt/feh-marnbelt\\_planungsstand.html](https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/F/feh-marnbelt/feh-marnbelt_planungsstand.html)
- <https://femern.com/press/news/panel-factory-24/>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Fehmarnbelttunnel>
- <https://femern.com/de/presse/aktuelles/erstes-tunnelteil-in-deutschland-unter-wasser/>
- <https://www.fehmarn.de/ffbq>

### Fotografije:

- FEMERN A/S
- <https://www.skyfish.com/p/femern/2413219?predicate=created&direction=desc>
- <https://www.peri.com/de>