

PRIMENA MIKROTUNELA I PODZEMNIH ELEKTROENERGETSKIH (EE) GALERIJA U URBANIM SREDINAMA

APPLICATION OF UTILITY MICROTUNNELS AND UNDERGROUND GALLERIES IN URBAN AREAS

Slaven JERKOVIĆ, Energoprojekt Entel a.d., Rep. Srbija

KRATAK SADRŽAJ

Trenutni globalni trend povećane i ubrzane urbanizacije stvara različite probleme kako za gradove koji se šire tako i za nove gradove u razvoju. Sve veći broj stanovnika u urbanim sredinama dovodi i do veće potrebe kako za pouzdanom infrastrukturom i povećanom energetsom efikasnošću tako i za ekološkom svešću javnosti i o održivom razvoju životne sredine.

Efikasna upotreba podzemnog prostora može značajno pomoći gradovima da ispune sve veće zahteve u tom pogledu. Pravilno i dugoročno planiranje podzemnog prostora takođe je presudno za kontinuitet održivog razvoja u savremenim gradovima. Tuneli i podzemne galerije su efikasna rešenja za izbegavanje zagušenja javnih instalacija na određenom prostoru i povećanja pouzdanosti distributivnih sistema za napajanje električnom energijom.

Ovaj rad se osvrće na ove teme zajedno sa predstavljanjem relevantnih sveobuhvatnih inženjerskih rešenja u dva primenjena projekta ove vrste na području Bliskog istoka:

- *Projekat mikrotuneliranja uz autoput Lusail u Dohi, Katar*
- *Projekat elektroenergetskih galerija u ulici Muntazah u Dohi, Katar*

Ova konkretna rešenja primenjena u novorazvijenom gradskom području, kao i postojećem gradskom bloku, mogu povući paralele za primenu sličnih konstrukcija na globalnom nivou, kako bi se poboljšali relevantni kriterijumi distribuiranog snabdevanja energijom.

Ključne reči: mikrotuneli, elektroenergetske galerije, distributivni elektroenergetski sistemi;

ABSTRACT

The ongoing global trend of increased urbanisation causes various issues for both expanding as well as newly developing cities. The increasing population also leads to a higher demand for reliable infrastructure, nowadays combined with a need for increased energy efficiency, higher environmental awareness of the public, as well as the awareness of sustainable development.

The efficient use of underground space can significantly help cities to meet increased demands in this regard. A proper and long term underground space planning is also critical to maintain the sustainable development in modern cities. Utility tunnels and underground galleries are efficient solutions for avoiding utilities congestions and increasing the reliability of the consumer distribution power supply systems.

This paper reflects on these issues together with analyzing and presenting relevant all-around engineering solutions in two implemented Projects of this kind in the Middle East area:

- *Lusail Expressway microtunnelling Project in Doha, Qatar*
- *Muntazah Street power galleries Project in Doha, Qatar*

These particular solutions implemented in a newly developed urban area as well an existing city block can draw parallels for the application of similar constructions globally, in order to improve the relevant criteria of distributed energy supply.

Key words: microtunnels, power galleries, distribution power systems;

UVOD

Trenutno, najrasprostranjeniji metod instalacije komunalne infrastrukture u urbanim sredinama je metoda direktnog polaganja u dodeljenim površinskim koridorima, najčešće uz pripadajuće saobraćajnice. Napredak u tehnološkom smislu, od početka primenjivanja ove standardizovane metode, ostvaren je najviše na poljima mehanizacije koja se koristi u ove svrhe kao i metodama osiguranja iskopa i vraćanja predmetne javne površine u početno stanje.

Međutim, kako se sa razvojem i neminovnom ekspanzijom komunalne infrastrukture susrećemo sa sve više različitih problema u ovom smislu, to više alternativne metode instalacije dobijaju na značaju, pogotovo uzimajući u obzir zagušenje postojećih koridora, opasnosti od oštećenja pri neophodnim intervencijama, površinsko uređenje urbanih sredina kao i primenu novih tipova komunalnih i drugih instalacija koja će poboljšati funkcionisanje ovih ubrzano rastućih zajednica. Ove okolnosti uzrokuju potrebu da nova inovativna inženjerska rešenja uzimaju u obzir ne samo direktne troškove vezane za instalaciju, održavanje, vraćanje u postojeće stanje i dodatne troškove mogućih oštećenja na komunalnoj infrastrukturi već i širok spektar indirektnih uticaja - sa aspekta funkcionisanja saobraćajne mreže, uticaja na ljude i njihovo društveno-socijalno funkcionisanje kao i samu urbanu životnu sredinu.

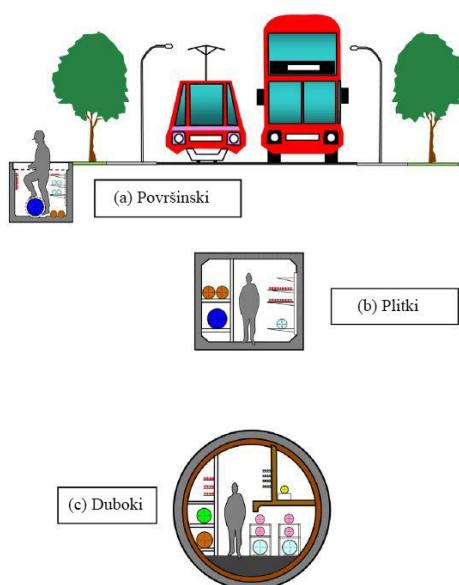
U doba gde se fokus sve više stavlja na održivi i pre svega dobro planiran razvoj po navedenim aspektima, ovakva alternativna rešenja dobijaju sve više na značaju.

PODZEMNI TUNELI/GALERIJE KOMUNALNE I EE INFRASTRUKTURE

Ovaj pojam definišemo kao bilo koju podzemnu strukturu ili sistem koji omogućuje instalaciju, smeštaj, zamenu, pristup, nadzor i održavanje jednog ili više tipova komunalnih instalacija (najčešće kombinovano) bez potrebe za površinskim iskopima ili intervencijama. Ovo podrazumeva da je omogućen odgovarajući pristup nadležnom osoblju kao i neophodnim alatima koji služe navedenim namenama. Ove strukture značajno variraju kako po svom obliku, veličini, dubini, materijalima koji su korišćeni za njihovu izradu tako i po tipu infrastrukture koja je smeštena u njima - zavisno od potreba pojedinačnog ili više komunalnih preduzeća ili pružalaca javnih usluga koji će koristiti ovakve sisteme.

Na osnovu analize njihove primene, metoda instalacije i korišćenih materijala, kratkoročnih i dugoročnih efekata koje uzimamo u obzir pri relevantnim analizama ekonomske isplativosti, možemo ih podeliti na tri osnovna tipa:

- (a) Površinske
- (b) Plitke
- (c) Duboke strukture



SLIKA 1 – TIPOVI TUNELA / GALERIJA

Izbor tipa strukture zavisi, između ostalog, umnogome od tipa i broja instalacija koje se predviđaju za polaganje unutar njih kao i od lokacije na kojoj se razmatra njihova primena. Površinske strukture se najčešće primenjuju u slučajevima gde je potreban lakši pristup instalacijama (bez otkopavanja) a gde one same ne zauzimaju vitalne površine/koridore, kao i na mestima gde potrebni građevinski radovi neće izazvati značajnije komplikacije u izvođenju ili drastično uvećanje ukupnih troškova. Iako ovakva rešenja uzrokuju lakše odvođenje toplote sa kablova položenih u njima kao i značajno smanjenje širine potrebnih koridora za vođenje npr. više paralelnih kablovskih vodova, većinom se primenjuju u sklopu transformatorskih stanica i sl. dok se u gusto naseljenim urbanim sredinama dominantno primenjuju druga dva tipa tunela/galerija.

Tuneli i galerije koji služe za smeštaj elektroenergetske opreme su najčešće oni koji sadrže neophodne elemente visokonaponskih ili sredjenaponskih i distributivnih kablovskih mreža: VN/SN/NN kablovi, kablovske spojnice, kablovske potpore, držače i stezaljke, kutije za ukrštanje/uzemljenje plašteva, kutije ili sabirnice za uzemljenje, provodnike za uzemljenje i izjednačenje potencijala kao i komunikacione/optičke kablove i njihovu neophodnu prateću opremu. Takođe, EE elementi su podržani uobičajeno sistemima za ventilaciju, drenažu, protivpožarnu zaštitu (najčešće "water mist" sistemi sa toplotnim i dimnim senzorima), osvetljenje, kontrolu pristupa i nadzor itd. Zavisno od tipa instalacija i veličine same strukture često se unutar njih smeštaju i elementi koji omogućavaju lakši pristup, nadzor i održavanje postavljenih instalacija, koji mogu biti manuelni, polu-automatizovani ili potpuno automatizovani (ili daljinski kontrolisani, zavisno od potreba i preferencija samog vlasnika).

Primena ovakvih podzemnih sistema na širem spektru usluga i razmatranje njihove upotrebe često je zanemarena uzimajući u obzir visoka inicijalna investiciona ulaganja kao i često dominantna kratkoročna planiranja i analize od strane pružalaca javnih usluga ili komunalnih preduzeća. Uzimajući u obzir da se predviđen životni vek ovakvih struktura kreće u proseku od 80 do 120 godina, da bi se u potpunosti sagledale njihove prednosti, moraju se sagledati i relevantni dugoročni parametri, koje sumarno možemo podeliti ne samo na ekonomske, nego i na društveno-socijalne i one vezane za urbanu životnu sredinu a samim tim i njen održivi razvoj i kvalitet života ljudi u njoj. Sumarni prikaz navedenih aspekata i paralele sa metodama direktnog polaganja/površinske instalacije možemo okvirno predstaviti kao:

TABELA 1 – RELEVANTNI ASPEKTI UPOREDNE ANALIZE

Ekonomski (direktni i indirektni)	Društveno-socijalni	Zaštita životne sredine i bezbednost na radu
<ul style="list-style-type: none"> - materijal i metode izvođenja - potrebna radna snaga - alati i mašine - dozvole i odobrenja za gradnju ili intervencije - pristup, održavanje i inspekcija/monitoring - popravke i proširenje sistema - prekid ili diverzija saobraćaja / pešačkih zona - prekid, diverzija ili oštećenja drugih instalacija - klimatski uslovi i prirodne nepogode 	<ul style="list-style-type: none"> - funkcionisanje saobraćaja i parking zona - prekid ili isključenje komunalne usluge korisnicima - uticaj na poslovanje okolnih preduzeća, radnji ili pružalaca usluga - buka, vibracije, prašina i funkcionisanje javnog prostora 	<ul style="list-style-type: none"> - bezbednost radnika i mašina - kontrola opasnih materijala i njihovog prodora u okolinu - očuvanje zelenih površina i zasada/drveća - otpad i viškovi materijala

Komunalni tuneli i galerije najveće prednosti pokazuju na polju zamene pojedinih elemenata mreža ili njihovog proširenja jer elimišu potrebu za ponovnim iskopavanjima instalacija kao i kratkoročne i dugoročne troškove vezane za njih. Ovaj aspekt dodatno dobija na važnosti ako uzmemo u obzir da u proseku (zavisno od tipa instalacija) 60-80% troškova vezanih za ove aktivnosti odlazi na neophodne građevinske radove.

Takođe, radovi na održavanju i sam monitoring instalacija su uveliko olakšani jer im je obezbeđen kontinualan, efikasan i dugoročan pristup, bez dodatnih troškova po javna preduzeća ili vlasnike. Sve navedene aktivnosti se izvode u sklopu samih podzemnih struktura tako da su negativni aspekti koji se odnose na površinske radove (ljudstvo, mašine, mobilizacija, pristup, saobraćaj, oštećenja drugih struktura ili instalacija itd. - videti tabelu 1) svedeni na minimum. Statistike zemalja koje su u relativno većem obimu usvojile ovakva rešenja (SAD, UK, Kina, Hong Kong, Singapur, skandinavske zemlje, Japan, Francuska, Nemačka itd.) pokazuju da dolazi do značajnog smanjenja incidenata i kvarova na komunalnoj infrastrukturi kao i da se time kao i poboljšanim/kontrolisanim uslovima u kojima se sistemi nalaze, uzrokuje i uvećan operativni životni vek a samim tim i pouzdanost smeštenih sistema unutar ovih struktura, što rezultuje poboljšanim kvalitetom usluge za potrošača/korisnika, istovremeno smanjujući troškove za pružaoce usluga.

Kada se sagledaju svi gore navedeni aspekti sa strane instalacije EE opreme (VN/SN/NN kablovskih sistema) u ovakvim tunelima/galerijama, mogu se izvući sledeći zaključci kao prednosti ovakvih konstrukcija:

- (1) Lakša instalacija EE kablova, bez površinskih građevinskih radova
- (2) Lakše i ekonomski isplativije proširenje postojećeg prenosnog ili distributivnog sistema implementiranjem novih kablovskih vodova
- (3) Radovi zanemarivog uticaja na saobraćaj, građanstvo i životnu sredinu
- (4) Brže i efikasnije praćenje rada opreme, detekcija kvarova, pristup i održavanje
- (5) Značajno smanjenje troškova održavanja
- (6) Smanjenje broja kvarova i uzrokovanih perioda prekida napajanja potrošača
- (7) Produženje efektivnog životnog veka EE opreme instalirane u kontrolisanim uslovima
- (8) Bolje odvođenje toplote pri radu i uvećanje kapaciteta ugrađenih kablovskih vodova
- (9) Planiranje kablovskih trasa po metodi maksimalnog primenjenog iskorišćenja, nezavisno od dodeljenih površinskih koridora (dobar primer su kružne strukture ili "ring-type tunnels" implementirani u pojedinim gradskim blokovima i tehnološkim parkovima kao i paralelno vođenje ovakvih tunela sa trasama metro linija);

Naravno, jasno je da ovakve strukture podrazumevaju i veće početne troškove vezane za pripremne aktivnosti i samu izgradnju u odnosu na metodu direktnog polaganja, što se može posmatrati kao veliki nedostatak ako se uzima u obzir kratkoročna analiza isplativosti (što je često uzrok tome da javna komunalna preduzeća ili investitori odustaju od ovakvih i sličnih projektantskih rešenja).

Takođe, ukupno potrebno vreme za izvođenje građevinskih radova je kumulativno višestruko duže u odnosu na metodu direktnog polaganja, međutim njihova korelacija a samim tim i poređenje u ovom smislu umnogome zavise od širokog spektra faktora: broja/tipa EE kablova, dimenzija i dužine kablovskog rova/tunela, broja pristupnih šaftova, lokacije trase, tipa zemljišta itd. – te ih je teško kvantifikovati ili generalizovati kao takve.

Da bi se sagledali svi relevantni aspekti primene ovih struktura neophodno je uraditi komparativnu i sveobuhvatnu analizu troškova i korisnosti ("Cost & benefit analysis") kao i analizu životnog ciklusa instalacija ("Life cycle assessment") u odnosu na dugoročnu primenu ovakvih sistema - u skladu sa njihovim projektovanim životnim vekom. Ovakve analize, pored direktnih investicionih (početnih) troškova uzimaju u obzir i indirektno (videti stavke 2, 4, 5, 6, 7 i 8 u listi iznad) a takođe moraju uključiti u razmatranje i prethodno pomenute socijalno-društvene faktore koje je umnogome teže kvantifikovati, a koji često mogu da imaju značajan udeo u ukupnim dugoročnim troškovima pri direktnom polaganju instalacija.

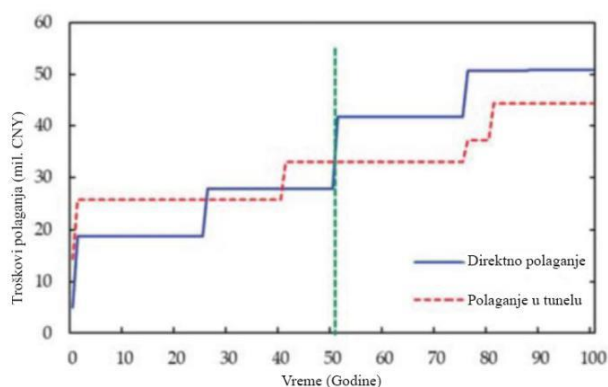
Ovakvi kompleksni ekonomski modeli zavise od mnoštva faktora (lokacije, tipa zemljišta, tipa/veličine/dubine/broja podzemnih tunela ili galerija, materijala koji se koriste, metoda konstrukcije, tipa i broja instalacija koje se u njima polažu itd.) i zbog toga se vrše posebno za pojedinačne slučajeve primene ("case-by-case"). Rezultati i analize postojećih sistema jasno pokazuju pozitivne dugoročne benefite primene ovakvih podzemnih konstrukcija.

Indikativni primer analize u odnosu na neke od prethodno izloženih stavova, koji se fokusira na relevantne faktore vezane za 110 kV i 10 kV energetske kablove [1] dat je u nastavku.

Analiza je bazirana na sledećem primeru:

- Projekat: Shanghai Taopu Science & Technology City, Kina
- dužina tunela je 1000 m, sa tri posebna odeljka (jedan za 110 kV kablove, jedan za gasovode i treći kombinovani koji inkorporira 10 kV kablove, vodovodne cevi i telekomunikaione kablove)
- projektovani životni vek tunela je 100 godina
- projektovani prosečni životni vek VN/SN kablova je za direktno ukopane 25 godina, a za kablove unutar tunela (usled poboljšanih operativnih uslova) 40 godina
- troškovi polaganja kablova su u odnosu na direktnu metodu umanjeni za 15,2% (6,4 mil. CNY)

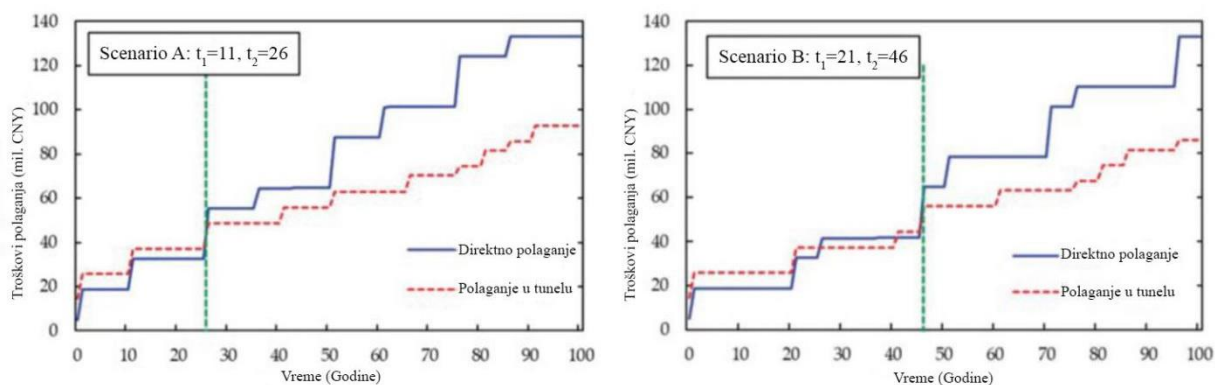
Na grafikonu br. 1 se vidi da su u prvih 25 godina životnog veka troškovi polaganja kablova u tunelu veći, gde u oba slučaja dolazi do neophodne obnove infrastutute i zamene kablova u odnosu na gore navedene operativne životne vekove (u 26. i 51. godini za direktno položene i u 41. za kablove u tunelu). U ovom momentu dolazi do tzv. “tipping pointa” ili trenutka u kome se troškovi dva metoda uravnotežuju ili menjaju međusobni odnos, što vidimo i na ovom primeru, gde posle toga pa do kraja životnog veka tunela ovaj metod ima manje kumulativne troškove polaganja kablova, uz dalju obnovu infrastrukture.



SLIKA 2 – UPOREDNI TROŠKOVI POLAGANJA KABLOVA

Ovaj “tipping point” momenat je ključan kod uporedne analize troškova i korisnosti (“Cost & benefit”) ove dve metode i umnogome zavisi od karakteristika samih tunela (tip, broj odeljaka, dimenzije, broj i tip instalacija u njima itd.) - i shodno tome određuje se za svaki pojedinačni slučaj primene.

Ako uvedemo u ovu analizu dodatne parametre t_1 i t_2 koji označavaju redni broj godine u kojima se uvećao pretpostavljeni kapacitet tj. konzum distributivne mreže u datoj oblasti, dobijamo sledeće:



SLIKE 3 I 4 – PRIKAZ EFEKATA PROŠIRENJA MREŽE NA KUMULATIVNE TROŠKOVE POLAGANJA KABLOVA

Vidimo da proširenje distributivne mreže, tj. povećanje broja instaliranih kablova direktno utiče na period isplativosti primenjenog polaganja u sklopu tunela kao i na ukupnu uštedu u projektovanim kumulativnim troškovima polaganja kablova (sa 6,44 mil CNY na 40,22 mil CNY za scenario A i 47,37 mil CNY za scenario B, respektivno). Generalno, što su češća proširenja tj. uvećanja kapaciteta distributivne mreže u toku projektovanog radnog veka (što se posebno odnosi na urbane sredine) to su kraći periodi u kojima se ostvaruje isplativost polaganja SN/NN kablova u okviru ovakvih sistema.

PROJEKAT MIKROTUNELIRANJA UZ AUTOPUT LUSAIL U DOHI, KATAR

Projekat “Lusail Expressway” je jedan od ključnih projekata katarske vlade čiji je cilj restrukturiranje saobraćajnica u pojasu od oko 6 km između glavne poslovno-finansijske oblasti prema novom delu grada (Lusail) koji bi po izgradnji trebalo da potpuno opslužuje oko 450.000 ljudi. Ova nova magistrala koja će efektivno povezivati više ključnih lokacija sadrži tri glavne raskrsnice na više nivoa, oko 7 km saobraćajnih tunela, podvožnjake/nadvožnjake i dva nova mosta preko Severnog i Južnog kanala, ukupne investicione vrednosti oko 925 mil. EUR.

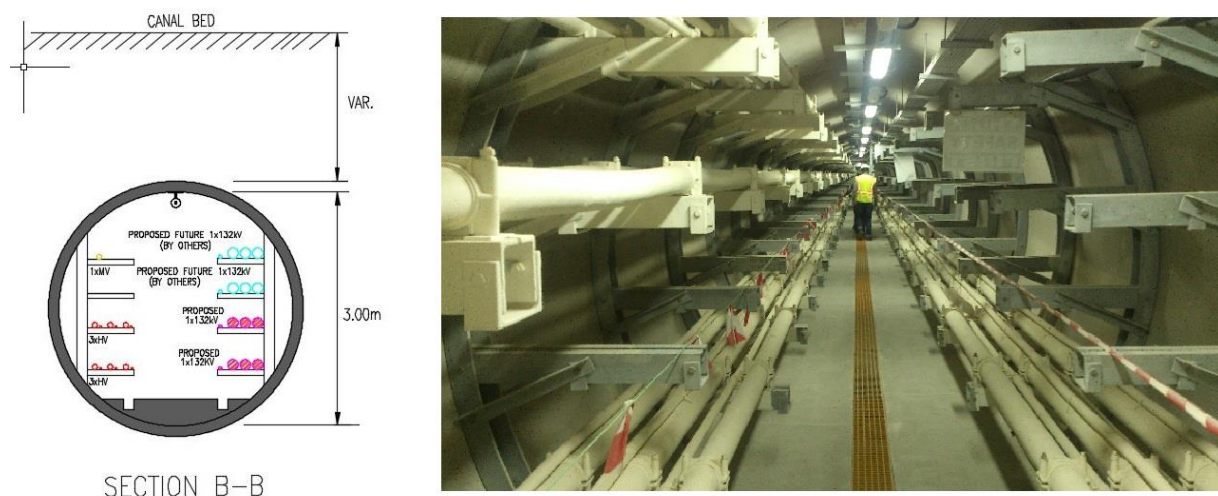
Usled ogromnog obima i kompleksnosti radova na lokaciji koja se snabdeva el. energijom iz više 132/33 kV transformatorskih stanica, velikog broja postojećih VN/SN/NN kablova koji moraju biti privremeno ili trajno premešteni zbog radova na saobraćajnoj infrastrukturi kao i potrebe za proširenjem prenosne/distributivne mreže za nove potrošače, odlučeno je da se na tri ključne lokacije uvedu tzv. mikrotuneli (MT) koji će služiti ovim potrebama - North canal microtunnel, South canal MT i Onaiza Str. MT.



SLIKA 5 – SEVERNI KANAL (LEVO) I ŠEMATSKI PRIKAZ MIKROTUNELA NA LOKACIJI (DESNO)

Mikrotuneli su ukupne dužine 2,9 km, unutrašnjeg prečnika 3 m, izrađeni tzv. “pipe jacking” metodom sa strateški raspoređenim, radijalnim pristupnim šahtovima (u proseku 3-4 po tunelu) prečnika 11 m i dubine 20 m (takođe i dubina samih MT) koji omogućavaju preusmeravanje postojećih/installaciju novih kablova i pristup osoblju. Dimenzije, dubina i konfiguracija ovih mikrotunela izabrana je primarno na osnovu:

- broja, tipa VN/SN/NN kablova i njihovih predviđenih trasa koji treba da se uvuku u pojedine šahtove i kroz sam mikrotunel;
- dubine Severnog i Južnog kanala gde MT prolaze ispod njihove najniže kote (dna);
- dimenzija/dubine podvožnjaka i tunela koji prate glavne projektovane saobraćajnice;



SLIKA 6 – POPREČNI PRESEK NORTH CANAL MIKROTUNELA SA PRIKAZANIM KABLOVSKIM VODOVIMA (LEVO) I FOTOGRAFIJA POSLE POLAGANJA KABLOVA, TOKOM INSPEKCIJE (DESNO)

Kabloski sistemi koji su smešteni u ove MT su 132 kV, 33 kV i NN vodovi (delom kabloski vodovi koji su potpuno novi a delom oni koji su preusmereni sa starih trasa u MT zbog radova na saobraćajnicama), sa neophodnom pratećom opremom i telekom/optičkim kablovima, uključujući kabloske spojnice i kutije za uzemljenje/ukrštanje kablovskih plašteva - za 132 kV kablove koji su u “cross-bonding” sistemu uzemljenja. Spojnice su strateški pozicionirane na lokacijama samih pristupnih šahtova, uzimajući u obzir veći dostupni prostor u odnosu na same tunele, tako da nisu poremećeni parametri postojećih “cross-bonding” sistema uzemljenja u smislu odgovarajućih dužina sekcija. U skladu sa projektnim zahtevima postavljeni su i nosači koji će obezbediti polaganje budućih/planiranih kablovskih fidera svih predviđenih naponskih nivoa (kablovi su postavljeni na čeličnim nosačima proračunatim za kablove 132 kV naponskog nivoa i maksimalnog preseka 2000 mm²).

Mikrotuneli su opremljeni i sledećom infrastrukturom:

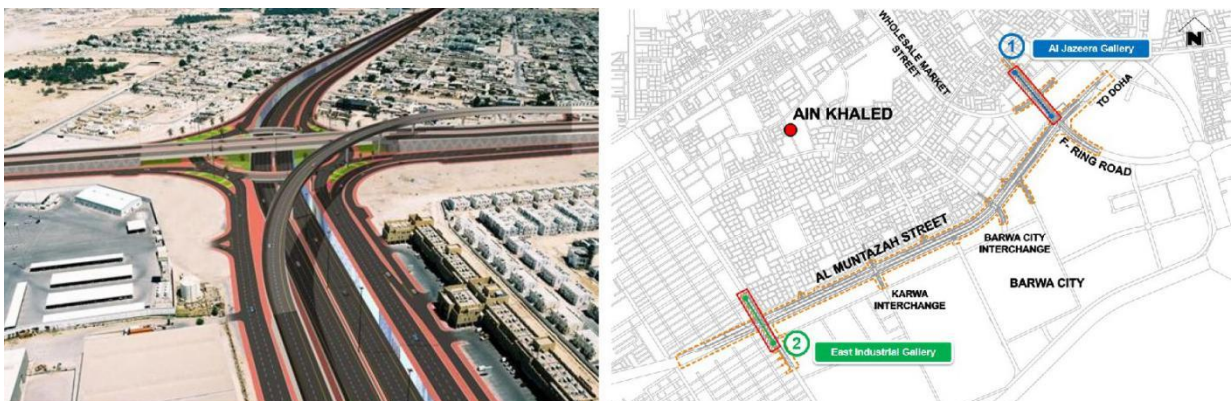
- fiksnim platformama i stepenicama za pristup osoblja u šahtovima;
- pokretnim platformama u šahtovima za prenos alata, materijala, opreme i povređenog osoblja u slučaju incidenta;
- sistemom ventilacije koji obezbeđuje protok vazduha u tunnelima kao i projektovanu operativnu temperaturu opreme;
- senzorima toplote, temperature i dima (sa lokalnim i daljinskim kontrolnim jedinicama);
- protivpožarnim sistemom na bazi “water mist” tehnologije (sami kablovi su takođe premazani zaštitinim PP slojem);
- drenažnim sistemom kanala po centralnoj osi svakog MT sa dve pumpe u svakom pristupnom šahtu (radnom i rezervnom);
- sistemom osvetljenja i uzemljenja (izjednačenja potencijala);
- sistemom telefonije (za direktnu vezu sa MT kontrolnim/nadzornim centrom tj. stanicom);
- sistemom kontrole pristupa i nadzora (CCTV).

PROJEKAT ELEKTROENERGETSKIH GALERIJA U ULICI MUNTAZAH U DOHI, KATAR

Proširenje i rekonstrukcija ulice Muntazah u oblasti Ain Khaled u Dohi je deo (“Paket 13”) vitalnog nacionalnog projekta Doha Expressway koji će integrisati 40 posebnih projekata/paketa u svrhu poboljšanja postojeće saobraćajne infrastrukture u široj gradskoj oblasti, uljučujući nove i nadograđene autoputeve/magistralne puteve kao i novi orbitalni autoput.

Ova oblast je postojeći gradski blok koji je predviđen za dalja proširenja, kako sa aspekta stambenih objekata tako i prpratne infrastrukture. Takođe, u sklopu njega je i vrlo bitna 220/66 kV transformatorska stanica kao i više manjih distributivnih TS.

Usled navedenog proširenja i nadogradnje komunalne infrastrukture, kao i stanja koridora koji su u velikoj meri bili zagušeni instalacijama, odlučeno je da se implementiraju podzemne elektroenergetske galerije na dve ključne lokacije - East Industrial Power Gallery i Al Jazeera Power Gallery, obe oko 1 km dužine.

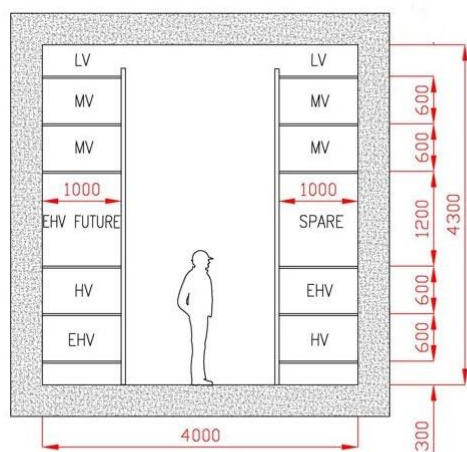


SLIKA 7 – PREDVIĐENI IZGLLED REKONSTRUISANOG DELA SAOBRAĆAJNICA NA LOKACIJI (LEVO) I ŠEMATSKI PRIKAZ MIKROTUNELA NA LOKACIJI (DESNO)

Obe galerije su koncipirane kao pravougaone podzemne strukture, unutrašnjih dimenzija 3,1x4 m i 4,3x4 m respektivno, 2,5-3 m ispod površine zemljišta/saobraćajnice i kontruisane “cast-in-situ” metodom. Obe galerije

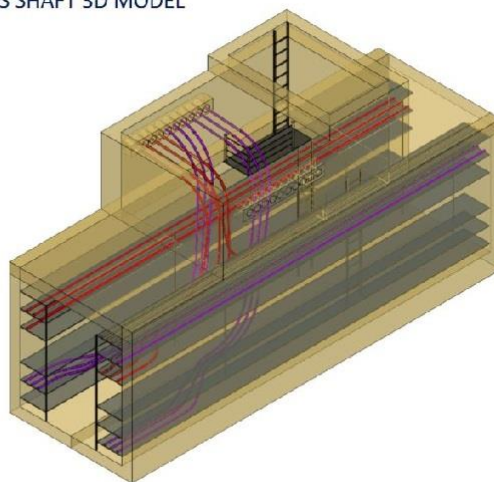
imaju veliki broj šaftova sa površinskim pristupom (15 do 20) usled velikog broja VN/SN a pogotovo NN energetskih kablova i njihovih predviđenih finalnih ruta određenih prema rekonstrukciji infrastrukture cele ove oblasti.

Svaki od ovih pristupnih šaftova ima dve odvojene zone - jednu za pristup osoblja i potrebnog alata/materijala i drugu gde će kablovi ulaziti/izlaziti kroz otvore i raspoređivati se na odgovarajuće kablovske regale unutar galerije.



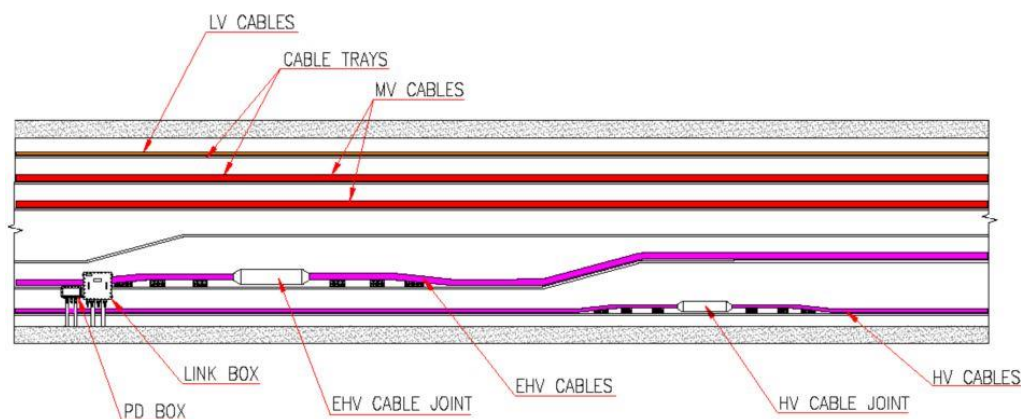
AL JAZEERA POWER GALLERY
TYPICAL CROSS-SECTION

EHV/HV ACCESS SHAFT 3D MODEL



SLIKA 8 – POPREČNI PRESEK AL JAZEERA GALERIJE (LEVO) I 3D PRIKAZ PRISTUPNOG ŠAHTA (DESNO)

Kablovski sistemi koji su smešteni u ove galerije su 220 kV i 66 kV naponskog nivoa kao i veliki broj NN vodova, zajedno sa neophodnom pratećom opremom: optičkim kablovima, kablovskim spojnicama, kutijama za uzemljenje/ukrštanje kablovskih plašteva u “cross-bonding” sistemu itd. Dimenzije samih galerija omogućavaju komforno smeštanje svih predviđenih instalacija uz dovoljan prostor za prolaz osoblja sa potrebnom opremom (npr. za instalaciju kablovskih spojnica ili neophodan pristup najvišim kablovskim regalima).



AL JAZEERA POWER GALLERY
TYPICAL LONGITUDINAL CROSS-SECTION

SLIKA 9 – TIPSKI PODUŽNI PRESEK AL JAZEERA GALERIJE

Galerije su opremljene i sledećom infrastrukturom:

- platformama i stepenicama za pristup osoblja u šaftovima;

- sistemom ventilacije;
- sistemom protivpožarne zaštite (po odvojenim PP zonama, sa telefonskom vezom prema najbližoj vatrogasnoj jedinici);
- senzorima toplote, temperature i dima sa lokalnim kontrolnim/nadzornim jedinicama;
- sistemom osvetljenja i uzemljenja (izjednačenja potencijala);
- drenažnim sistemom;
- industrijskim utičnicama za potrebe održavanja/popravke opreme;
- sistemom kontrole pristupa.

ZAKLJUČAK

Principi i koncepti predstavljeni u sklopu ovog rada sugerišu da, uzimajući u obzir dugoročnu, komparativnu i sveobuhvatnu analizu relevantnih faktora, ovakvi elektroenergetski ili kombinovani tuneli/galerije mogu obezbediti poboljšane i ekonomski isplativije metode kako polaganja tako i održavanja kablovskih sistema i unaprediti njihovu operativnost i pouzdanost.

Na osnovu mnogobrojnih primera primene na globalnom nivou možemo zaključiti da dugoročne prednosti ovakvih konstrukcija imaju daleko veći značaj nego kratkoročni nedostaci (npr. visoka inicijalna investiciona ulaganja), kako za javna komunalna preduzeća/investitore tako i za same korisnike.

LITERATURA

1. Zhi Zhang et al., 2019, "Cost allocation mechanism design for urban utility tunnel construction based on cooperative game and resource dependence theory", "Assessment of Energy–Environment–Economy interrelations"