

Ivo Tomasović, dipl. inž.

Bruno Šaina, dipl. inž.

Petar Čerina, dipl. inž.

HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA ZAGREB

Direkcija za upravljanje i prijenos

R 1 - 03

## IZBOR PODMORSKIH I KOPNENIH ENERGETSKIH KABELA "110 kV OTOČNE VEZE"

### SELECTION OF SUBMARINE AND UNDERGROUND POWER CABLES FOR THE 110 kV CROSS ISLAND PROJECT

#### SAŽETAK

"Otočna veza 110 kV" kojom se povezuje prijenosna mreža 110 kV sjevernog i srednjeg dijela našeg Jadrana u svojoj 1. etapi pored ostalih elektroenergetskih objekata obuhvaća polaganje energetskih 110 kV kabela:

- Podmorski kabel o. Rab (u. Vašibaka) - o. Pag (rt. Deda)
- Podmorski kabel o. Pag (Selina) - Kopno (Kulina)
- Podmorski kabel Kopno (u. Koromačina) - o. Pag (u. Toreta)
- Podzemni kabel Bili Brig - Zadar Centar - Zadar 1

Ukupna dužina podmorskih trasa iznosi oko 20.1 km, a podzemne trase oko 4.7 km. U referatu su opisane konstrukcije nudaenih kabela renomiranih europskih proizvođača, te detaljnije karakteristike kabela odabranih ponuđača.

Također su prezentirani rezultati rutinskih i specijalnih ispitivanja u tvornici proizvođača.

#### SUMMARY

The Phase 1 of the 110 kV Cross Island Project, which connects the 110 kV transmission network in the north and in the middle of the Adriatic Sea of the Republic of Croatia, includes, in addition to other electrical power facilities, the laying of 110 kV power cables:

- Submarine cable Island of Rab (Cove of Vašibaka) - Island of Pag (Cape Deda)
- Submarine cable Island of Pag (Selina) - Mainland (Kulina)
- Submarine cable Mainland (Cove of Koromačina) - Island of Pag (Cove of Toreta)
- Underground cable Bili Brig - Zadar Center - Zadar 1

Total length of the submarine routes is about 20.1 km, and the underground route is about 4.7 km. The paper describes the construction of cables of renowned European manufacturers, and detailed characteristics of cables of selected suppliers.

## UVOD

Jedna od posljedica domovinskog rata i neprijateljskih razaranja je prekid elektroenergetskih veza između dalmatinskog područja i zapadnog dijela Republike Hrvatske. Dalekovodi 400 kV Melina - Obrovac - Konjsko, 220 kV Brinje - Konjsko, 110 kV Otočac - Lički Osik - Gračac izvan su funkcije, u znatnoj mjeri oštećeni i velika je neizvjesnost glede mogućnosti njihova popravka i ponovnog pogona.

Sasvim je prirodno da je u Hrvatskoj elektroprivredi promovirana ideja o ostvarenju elektroenergetske veze preko slobodnog teritorija kojom će se djelomično supstituirati objekti razoreni u ratu ili oni pod neprijateljskom kontrolom na okupiranim područjima.

Sretna je okolnost da su studijska istraživanja, pa i neki od istražnih radova, obavljani prije pet do deset godina, kada se računalo s objektima "otočne veze" za potrebe razvoja otoka, pa je to omogućilo skraćivanje pripremnih radova i realizaciju u kratkom roku.

Iz priložene slike 1. i 2. vidljivo je da "Otočna veza 110 kV" povezuje glavni elektroenergetski čvor na području Rijeke TS 400/220/110 kV Melina sa TS 110/35 kV Zadar 1. Budući da je dio objekata izgrađen prije utvrđeno je da za realizaciju te veze treba u "nultoj" etapi izgraditi ove objekte:

- DV 110 TS Rab - o.Rab (u.Vašibaka)
  - podmorski 110 kV kabel o.Rab (u.Vašibaka) - o.Pag (rt.Deda); dužine 11,2 km
  - DV 110 kV o.Pag (rt.Deda) - TS 110 kV Novalja
  - TS 110/35 kV Novalja
  - podmorski 110 kV kabel o.Pag (Selina) - Kopno (Kulina); dužine 2,5 km
  - proširenje TS 110/35 kV Nin za dva vodna polja 110 kV
  - podzemni 110 kV kabel Bili Brig - TS Zadar Centar - TS Zadar 1; dužine 4,7 km
  - proširenje TS 110/35 kV Zadar 1 za jedno vodno polje 110 kV
  - zamjenu zaštitnog užeta užetima s ugrađenim opto nitima na dalekovodima 110 kV između TS 110/35 kV Novalja i Bili Brig i polaganje optičkog kabela Bili Brig - Zadar 1.
- Izgradnjom ove etape omogućava se prijenos 60-70 MW na područje Zadra.

U toku pregovaranja s potencijalnim isporučiteljima kabela izrađena je studija o značenju veze Karlobag - Novalja za "Otočnu petlju" 110 kV Melina ... Nin.

Iz zaključka studije izlazi da se izgradnjom "bočne veze" može prenijeti preko o.Paga do 104 MW što znači da se može zadovoljiti uz šire područje Zadra i konzum prema Biogradu n/m i Šibeniku.

Na temelju takvih spoznaja ugovoren je i podmorski kabel (dužine 2,6 km) za dionicu Kopno (u.Koromačina) - o. Pag (u.Toreta) kao dio 110 kV veze TS Karlobag - TS Novalja. Naknadno je ugovoren i podmorski kabel (dužine 3,8 km) Kopno (Bibinje) - o.Ugljan (Gnjoišće) kao dio buduće 110 kV otočne veze između Lošinja i Zadra.

Na donošenje odluke o proširenju opsega isporuke utjecala je i povoljna cijena kabela te niski troškovi polaganja zajedno s ostalim kabelima, jer bi pojedinačno polaganje znatno povećalo ukupnu cijenu isporuke podmorskog kabela.

Izgradnjom prve etape "Otočne veze 110 kV" omogućava se:

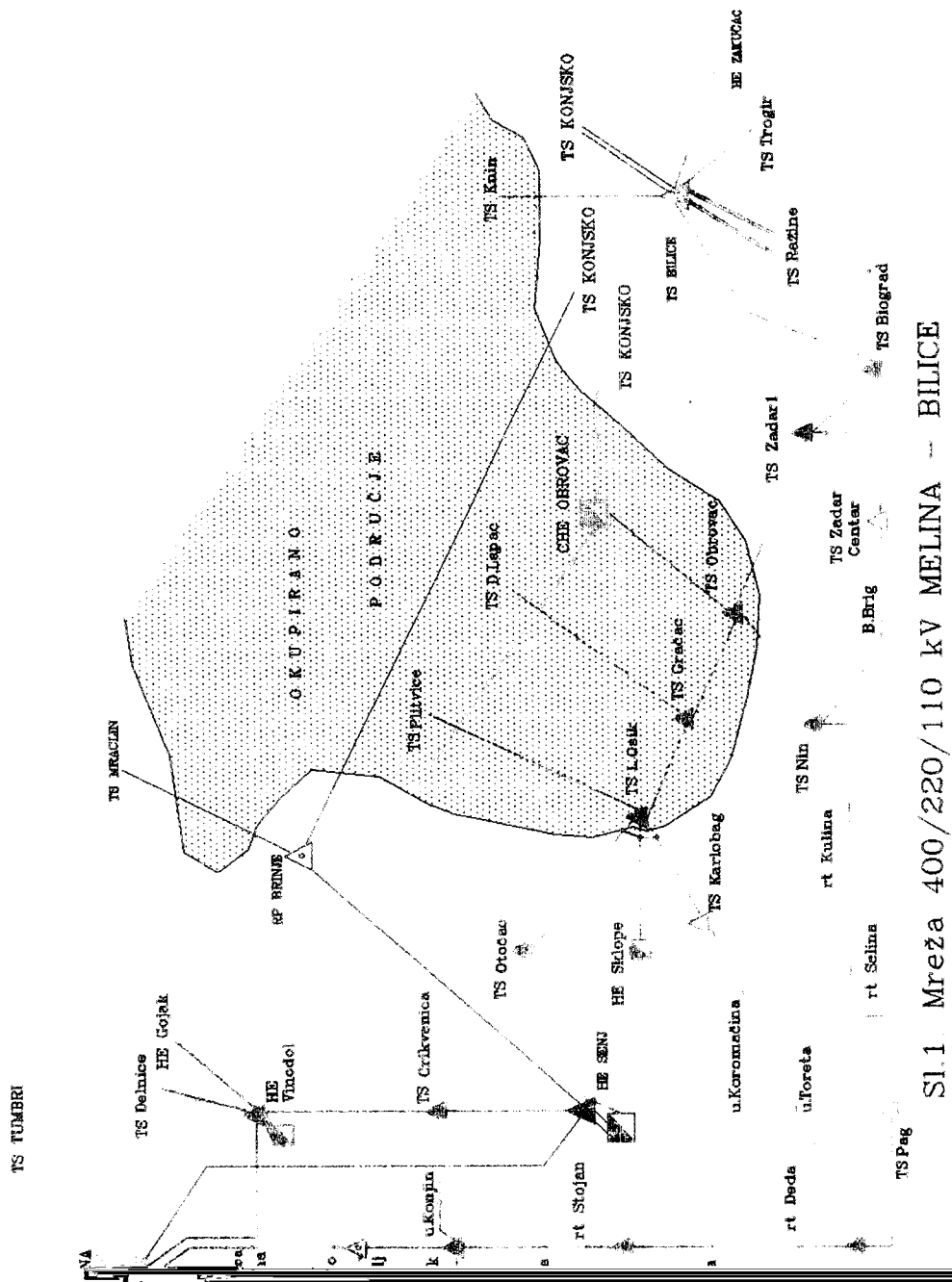
- povezivanje ratnim razaranjima razdvojenog elektroenergetskog sustava Hrvatske
- prijenos električne energije oko 100 MW od čega za zadarsko područje i otok Pag otpada oko 65 MW, a ostalo na područje Šibenika.
- prijenos električne energije iz Dalmacije u razdoblju velike proizvodnje hidroelektrana u sjeverni dio elektroenergetskog sustava Hrvatske (naročito uz pojačanje veze 110 kV Zadar - Šibenik)
- rasterećenje sustava Dalmacije u sušnom periodu i mogućnost akumuliranja energije
- uklapanje ovog projekta u dugoročni program razvoja prijenosne mreže toga područja.

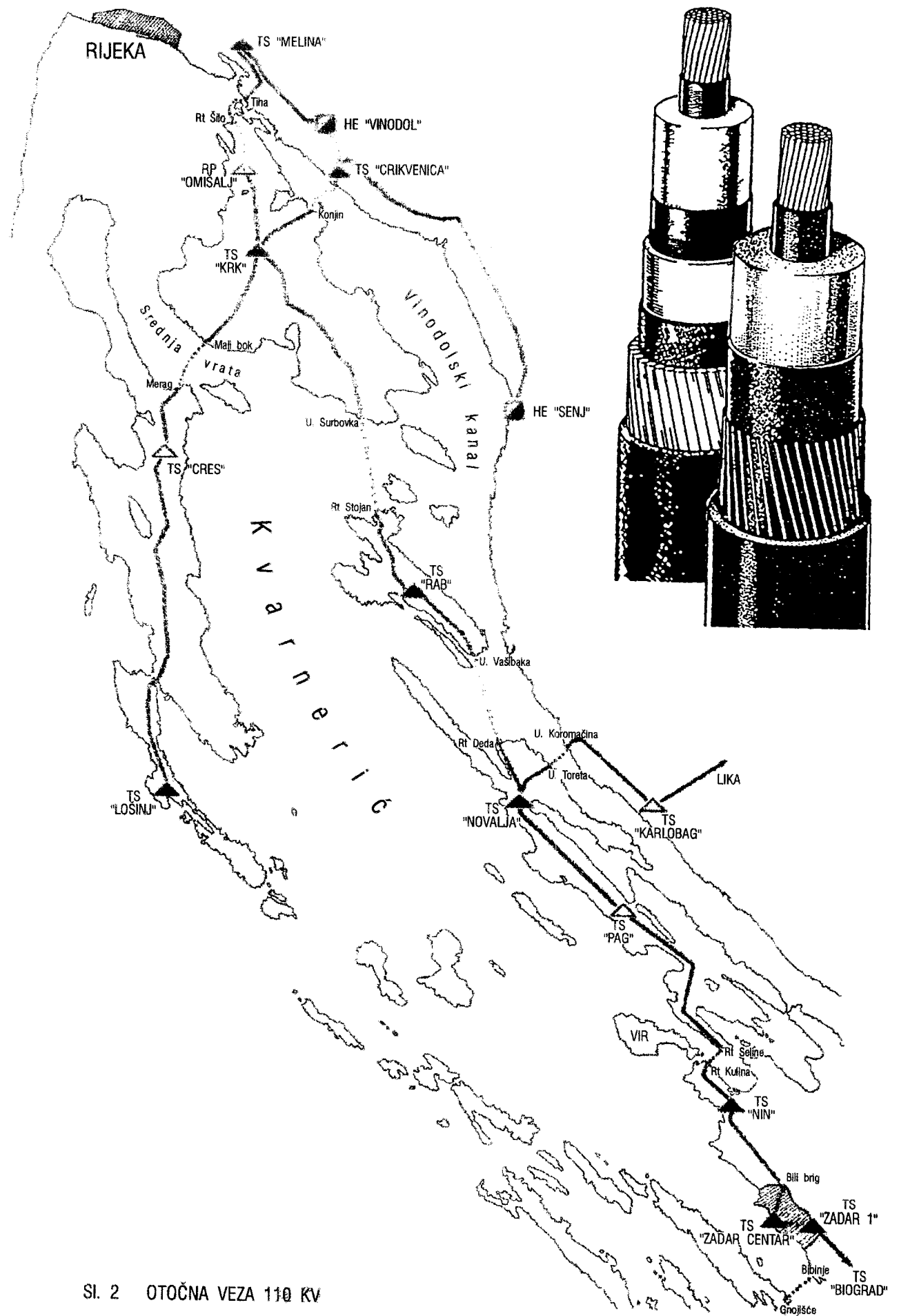
Ukupna dužina podmorskih trasa je oko 20,3 km odnosno dužina kabela (jednožilnih) oko 61 km, te podzemne trase u Zadru 4,7 km i kabela oko 14 km.

Dužina zračnih vodova je 74 km, od toga novoizgrađenih 36 km, ne računajući zračne vodove "bočne veze" Lika-Karlobag-Novalja.

Ukupna cijena projekta 1. etape iznosi oko 43 milijuna USA \$.

Osim izgradnje "bočne veze" Lika-Karlobag-Novalja potrebno je izgraditi novu 110 kV vezu Zadar-Biograd-Bilice, čime će sve unaprijed opisane mogućnosti "Otočne veze 110 kV" doći do punog izražaja.





SI. 2 OTOČNA VEZA 110 KV

## 1. OSNOVNA TEHNIČKA SVOJSTVA TRAŽENIH I PONUĐENIH KABELA

Za potencijalne isporučioce kabela izrađen je ponudbeni elaborat (tender) kojim su utvrđeni osnovni zahtjevi i tehnička svojstva podmorskih i kopnenog kabela.

Uvjeti na mjestu polaganja podmorskih kabela

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| - nazivni napon mreže                    | 110 kV    |
| - najviši pogonski napon                 | 123 kV    |
| - podnosivi udarni napon (1,2/50 .. sek) | 550 kV    |
| - prijenosna snaga                       | 100 MVA   |
| - struja jednopolnog kratkog spoja       | 17,8 kA   |
| - struja tropskog kratkog spoja          | 31,5 kA   |
| - trajanje kratkog spoja                 | 1 sek     |
| - klizna staza                           | 3,5 cm/kV |
| - standard                               | IEC       |

Za vezu o.Rab - o.Pag (u.Vašibaka - rt Deda) tražen je trožilni uljni, a za vezu o.Pag - kopno (rt Selina - rt Kulina) jednožilni kabeli sa izolacijom od umreženog polietilena (XLPE)

Razlozi za takvo opredjeljenje HEP-a bili su dužina kabela, dubina mora i dosadašnja iskustva.

Trasa kabela o.Rab - o.Pag dugačka je 11.200 m a najveća dubina mora je 110 m.Trasa kabela Pag - kopno dugačka je 2.500 m, a najveća dubina mora 17 m.

U našem podmorju prethodno je položeno osam 110 kV trožilnih, uljnih podmorskih kabela raznih dužina i dubina i samo jedan XLPE kabel o.Cres - o.Lošinj kojega je podmorski dio oko 400 m na najvećoj dubini od 7 metara.

Dosad nismo imali ni jedan kvar na podmorskom dijelu 110 kV kabela polaganih od 1968.(kopno - o.Brač) do 1987.godine (o.Krk - o.Rab). Održavanje ovih kabela je minimalno i svodi se na kontrolu pritiska ulja i povremeni obilazak i pregled opreme u kabelskim kućicama.

Referencije svjetski renomiranih proizvođača podmorskih kabela neusporedivo su bogatije za uljne kabele nego za kabele s čvrstim dielektrikom.

Na kraćoj dionici na maloj dubini mora (o.Pag - kopno) predviđeni su jednožilni kabeli s izolacijom od umreženog polietilena. Za ovakav izbor ima i tehničkog i gospodarskog opravdanja.

Fenomen deformacije olovnog plašta kod velikih dubina mora i ove vrste kabela za ovaj slučaj ne predstavlja problem. Glede cijena uljnih kabela velik dio čini uljni sustav s cijenom koja je malo ovisna o dužini kabela, tako da su za kratke dionice (do približno 5 km) cijene uljnih kabela veće nego za kabele s čvrstim dielektrikom.

Od ostalih uvjeta značajno je napomenuti da je za vezu o.Rab - o.Pag zatražen isti presjek za podmorski i kopneni dio kabela (300 mm<sup>2</sup>). Zbog različite toplinske vodljivosti mora i zemlje za uljni kabel kopneni dio kabela izrađuje se s bakrenim vodičem, a morski s aluminijskim. Mjesto spajanja je tvornički izrađena fleksibilna spojnica koja se pri polaganju obavezno smješta u more u blizini izlaza kabela na kopno.

Za XLPE kabel prednost je dana kabelu s bakrenim vodičem presjeka 400 mm<sup>2</sup>.

Za podzemni kabel Bili Brig - Zadar Centar - Zadar 1 tražen je kabel s izolacijom od umreženog polietilena (XLPE) za prijenosnu snagu 130 MVA.

Osnovni tehnički podaci za podzemni kabel:

|                                      |                                                          |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| - vrsta kabela                       | jednožilni sa izolacijom od umreženog polietilena (XLPE) |
| - dužina trase                       | 4.7 km                                                   |
| - dužina kabela                      | 14.250 km                                                |
| - nazivni napon mreže                | 110 kV                                                   |
| - najviši pogonski napon             | 123 kV                                                   |
| - podnosivi udarni napon (1.2/50 us) | 550 kV                                                   |
| - prijenosna snaga                   | 130 MVA                                                  |
| - struja trolnog kratkog spoja       | 31,5 kA                                                  |
| - struja jednopolnog kratkog spoja   | 17,8 kA                                                  |
| - trajanje kratkog spoja             | 1 sek                                                    |
| - klizna staza                       | 3.0 cm/kV                                                |
| - standard                           | IEC                                                      |

Od potencijalnih ponuditelja traženo je što manji broj spojnice i rezervna dužina u jednom komadu.

Budući da su dosad položeni podzemni kabeli 110 kV u prijenosnoj mreži Hrvatske s aluminijskim vodičem presjeka 1000 mm<sup>2</sup> takav je kabel preferiran.

Trožilni uljni kabel za vezu o.Rab - o.Pag ponudili su renomirani proizvođači kabela ALCATEL CABLE (Francuska) i ALCATEL NORGE (STK Norveška).

Neke od tehničkih karakteristika proizvođača podmorskih uljnih kabela:

|                                                  | ALCATEL CABLE           | ALCATEL NORGE  |
|--------------------------------------------------|-------------------------|----------------|
| - tip kabela                                     | 3x300 Cu OF 64/110(123) | OKRA           |
| - nominalni napon (kV)                           | 64/110 (123)            | 110            |
| - materijal vodiča                               | bakar                   | aluminij/bakar |
| - presjek vodiča (mm <sup>2</sup> )              | 300                     | 300            |
| - debljina izolacije (mm)                        | 9.2                     | 8.4            |
| - debljina olovnog plašta (mm)                   | 3.5                     | 4.2            |
| - ojačanje čelične žice promjera(mm)             | 7.6                     | 5.6            |
| - ukupni promjer kabela (mm)                     | 131.7                   | 124            |
| - ukupni gubici u kabelu (W/m)                   | 34                      | 39.8           |
| - masa kabela na 1000 m dužine (kg)              | 47.900                  | 37.000/43.000  |
| - najveća sila povlačenja tijekom polaganja (kN) | 89.1                    | 153            |

U pregovorima i rasčišćavanju tehničkih i gospodarskih pitanja dostavljena je i ponuda renomirane tvrtke ALCATEL CABLE CONTRACTING Hannover, koja je ponudila sve podmorske kabele s izolacijom od umreženog polietilena (XLPE). Zamjena za olovni plašt je aluminijska pločica debljine 0.2 mm, koja se specijalnim polimerom lijepi na PE omotač debljine 4 mm.

Za ovakvu konstrukciju kabela firma ima velike referencije ali za napone niže od 110 kV.

Tvrtka ABB je dostavila svoju ponudu naknadno nudeći kabele s izolacijom od umreženog polietilena s karakteristikama koje će biti opisane u slijedećem poglavlju referata.

Nakon prispjelih ponuda odnosno razgovora s proizvođačima, napravljena je usporedba prednosti i mana analiziranih ponuđača:

|                                                    | ALCATEL<br>NORGE (STK) | CABLE<br>CONTRACTING | ABB     |
|----------------------------------------------------|------------------------|----------------------|---------|
| TEHNIČKA RJEŠENJA                                  |                        |                      |         |
| - uljni kabel                                      | ++                     | -                    | ne nudi |
| - XLPE                                             | ++                     | +                    | ++      |
| REFERENCIJE ZA PONUĐENE KABELE                     |                        |                      |         |
| - Podmorski kabel                                  | ++                     | -                    | ++      |
| - Podzemni kabel                                   | +                      | +                    | +       |
| POLAGANJE I MONTAŽA                                |                        |                      |         |
|                                                    | ++                     | +                    | ++      |
| DOSADAŠNJE ISKUSTVO ZA<br>RAD S OVIM PROIZVOĐAČIMA |                        |                      |         |
|                                                    | ++                     | -                    | +       |
| PROGRAM MORKAB                                     |                        |                      |         |
|                                                    | ++                     | -                    | +       |

#### NAPOMENA:

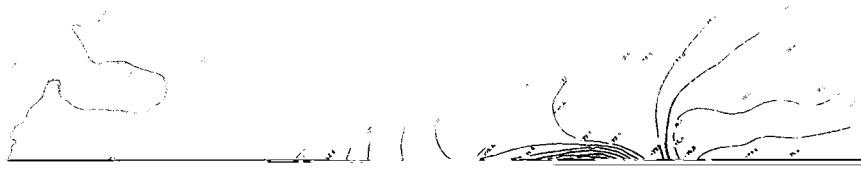
Tvrtka ABB nije ponudila uljni kabel zbog traženih rokova isporuke i zauzetosti linije s izradom podmorskog kabla Švedska - Njemačka (DC 450 kV dužine 250 km)

Budući da je izbor najpovoljnijeg ponuđača kompromis između tehničkih zahtjeva i gospodarskih uvjeta koji su prevladali, izbor je pao na ABB.

Radi se naravno o vrlo renomiranoj tvrtki s velikim referencijama za ponuđene tipove podmorskih kabla do razine napona 220 kV (na velikim dubinama mora 84 kV). Vrijedno je navesti da je prvi podmorski kabel 110 kV na našem Jadranu (Kopno - o.Brač) 1968.g. izradila ova tvrtka.

Budući da su istražni radovi na trasi kabla o.Rab - o.Pag obavljeni za jednu trasu trožilnog kabla, izborom jednožilnog kabla bilo je potrebno hitno istražiti prošireni areal (za 3 trase).

Ovo je bio vrlo zahtjevan i osjetljiv posao jer da je na poziciji bliže otoku Rabu vrlo nepovoljno područje, koje taman zadovoljava polaganje kabla na zahtjevanim udaljenostima



## 2. TEHNIČKA SVOJSTVA ODABRANIH KABELA

Ugovor sa tvrtkom ABB sklopljen je 8.prosinca 1993.

Ugovorena je izrada, montaža, transport i polaganje podmorskih kabela o.Rab-o.Pag, o.Pag-Kopno i isporuka pdzemnog kabela Bili Brig-TS Zadar 1, optički kabel na podmorskim trasama te oprema programa MORKAB (održavanje i popravak podmorskih kabela).

Naknadno su ugovoreni podmorski kabeli za trase o.Pag-Karlobag i Bibinje - o.Ugljan.

Za kabelsku trasu o.Rab - o.Pag ugovoren je i isporučen jednožilni XLPE kabel 1x300 mm<sup>2</sup> Cu dužine 34,2km,u jednom komadu,a za sve ostale podmorske trase ugovoren je i isporučen jednožilni XLPE kabel 1 x 400 m Cu u ukupnoj dužini 27.8km.

Nakon polaganja ostao je po jedan komad kabela 300 mm<sup>2</sup> dužine 1019 m i jedan komad kabela 400 mm<sup>2</sup> dužine 1401 m, te su namotani na za to pripremljene čelične bubnjeve.

Za kopnenu trasu u Zadru ugovoren je i izrađen jednožilni XLPE kabel 1 x 1000 mm<sup>2</sup> Al. Isporučen je na 15 drvenih bubnjeva ukupne dužine 14.250 m.

### 2.1 Tehnički podaci kabela

| Tip                                                | Podmorski kabel |                | Kopneni kabel  |  |
|----------------------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|--|
|                                                    | FXBTV 1x300 Cu  | FXBTV 1x400 Cu | AXLJ 1x1000 Al |  |
| Nazivni napon U <sub>0</sub> /U (kV)               | 64/110          | 64/110         | 64/110         |  |
| Maksim pogonski napon (KV)                         | 123             | 123            | 123            |  |
| Podnosivi udarni napon<br>(1,2/50 μs kV)           | 550             | 550            | 550            |  |
| Frekvencija (Hz)                                   | 50              | 50             | 50             |  |
| Nazivni promjer vodiča (mm)                        | 20.4            | 23.0           | 38.0           |  |
| Maksim. otpor za istosmjernu struju 20 °C (Ohm/km) | 0.0601          | 0.0470         | 0.0291         |  |
| Otpor za izmjeničnu struju pri 85 °C (Ohm/km)      | 0.0778          | 0.0614         | 0.0398         |  |
| Induktivitet po fazi u trolistu (mH/km)            | 0.42            | 0.41           | 0.36           |  |
| Kapacitet po fazi (μF/km)                          | 0.14            | 0.16           | 0.24           |  |
| Struja nabijanja po fazi (A/km)                    | 3               | 3.2            | 4.8            |  |
| Maksimalni faktor gubitaka pri 20° C i 50 Hz       | 0.001           | 0.001          | 0.001          |  |
| Maksimalne temperature vodiča                      |                 |                |                |  |
| - stalno opterećenje                               | 90              | 90             | 90             |  |
| - u kratkom spoju                                  | 250             | 250            | 250            |  |
| Struja kratkog spoja (kA)                          |                 |                |                |  |
| - 0,3 sek                                          | 78              | 100            | 170            |  |
| - 1,0 sek                                          | 42,9            | 57             | 94.5           |  |
| Nazivna struja (A) prema IEC 287/82:               |                 |                |                |  |
| temperatura tla 20° C                              |                 |                |                |  |
| temperatura mora 26° C                             |                 |                |                |  |
| toplinski otpor tla 1,0 Km/W                       |                 |                |                |  |
| udaljenost faza u paraleli 70 mm                   |                 |                |                |  |
| ekran uzemljen na oba kraja                        |                 |                |                |  |

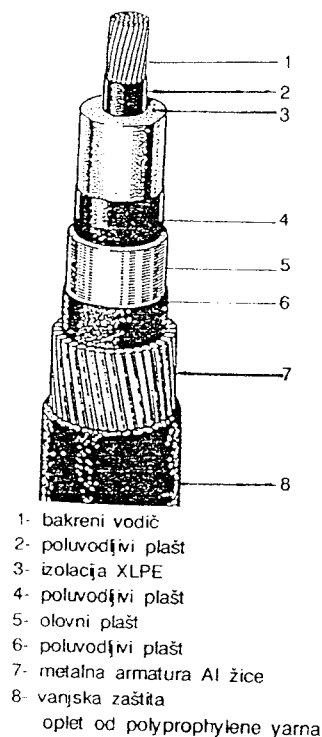
|                                  |     |     |      |
|----------------------------------|-----|-----|------|
| - u zemlji u trolistu            | 570 | 635 | 820  |
| - u zraku u paraleli             | 750 | 850 | 1140 |
| - u moru u paraleli              | 590 | 645 |      |
| udaljenost 150 m                 |     |     |      |
| - pojedinačno u betonskom kanalu | 540 | 600 | 780  |

|                                   |      |      |      |
|-----------------------------------|------|------|------|
| 110 kV (W/m)                      |      |      |      |
| - u vodič                         | 23   | 25   | 28   |
| - dielektrični                    | 0.04 | 0.04 | 0.06 |
| - u metalnom plaštu i ekranu      | 6    | 7    | 7    |
| Vanjski promjer kabla (mm)        | 86   | 86   | 85   |
| Minimalni polumjer savijanja (m)  |      |      |      |
| - kod polaganja                   | 1.3  | 1.3  | 1.3  |
| - montaže                         | 0.9  | 0.9  | 0.85 |
| Masa kabla (kg/m)                 | 14   | 15   | 8.0  |
| Maksim.sila zatezanja vodiča (kN) | 21   | 28   | 40   |

Smatramo da izbor različitih presjeka podmorskih kabla treba posebno komentirati. Ponudbenim elaboratom tražen je kabel prijenosne snage 100 MVA. Uz utvrđene okolne uvjete presjek 300 mm<sup>2</sup> Cu je na granici takvog zahtjeva.

Kada se na osnovu studije došlo do spoznaje o značenju "bočne beze" Lika - Karlobag - Novalja, koja omogućava prijenos i preko 100 MVA prema Zadru i Šibeniku kao i obratno

## 2.2 Konstrukcija kabela



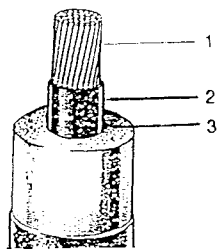
Sl.5.Podmorski kabel

Vodič se sastoji od bakrenih žica, između kojih je "želatina" koja sprečava prodor vode uzduž vodiča.

Iznad vodiča je poluvodljivi plašt minimalne debljine 1 mm.

Izolacija je od umreženog polietilena XLPE minimalne debljine 15,5 mm, iznad koje je poluvodljivi plašt debljine 1,0 mm. Između olovne obloge (plašt) i XLPE izolacije je "bubreća" traka koja sprječava uzdužni prodor vode.

Metalna je armatura (transversalno ojačanje) od Al žice, promjera 4,0 mm. Iznad metalne armature je bitumen preko kojeg je namotano užo debljine 2,0 mm od polypropylene yarna.



Vodič se sastoji od alumijskih žica između kojih je "želatina" koja sprječava prodor vode uzduž vodiča.

Iznad vodiča je poluvodljivi plašt debljine 1,0 mm.

Izolacija je od umreženog polietilena XLPE minimalne debljine 15,0 mm iznad koje je poluvodljivi plašt debljine 1,0 mm.

### 2.3 Kabelski pribor

Kompletni kabelski pribor isporučio je ABB. Ovdje samo navodimo najvažnije elemente.

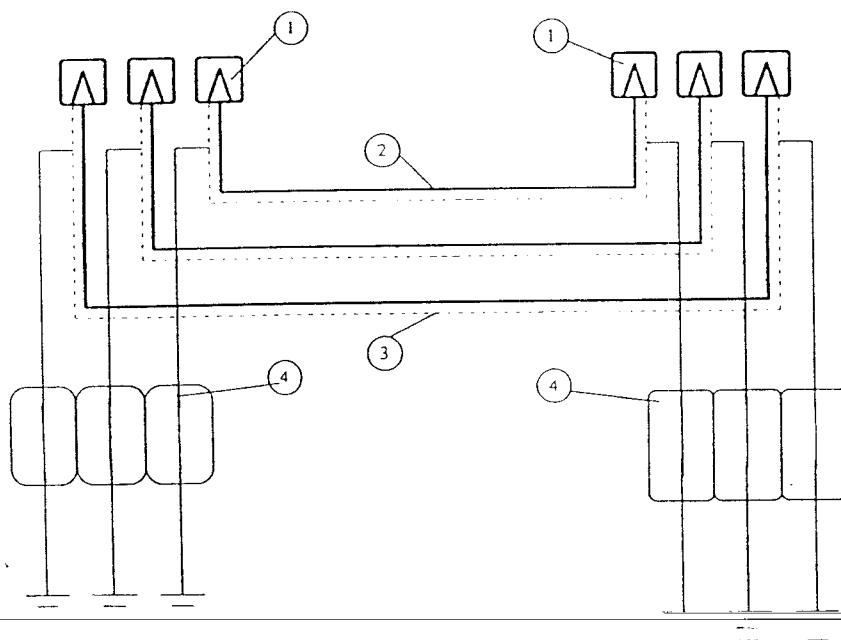
- Kabelski završeci

Odabrane su jednopolne kabelske glave proizvodnje "Kabeldon" - ABB tip APEC 1452, za vanjsku montažu za napon 145 kV i klizne staze 3800 mm s gradijentom od 4.2 kV/mm.

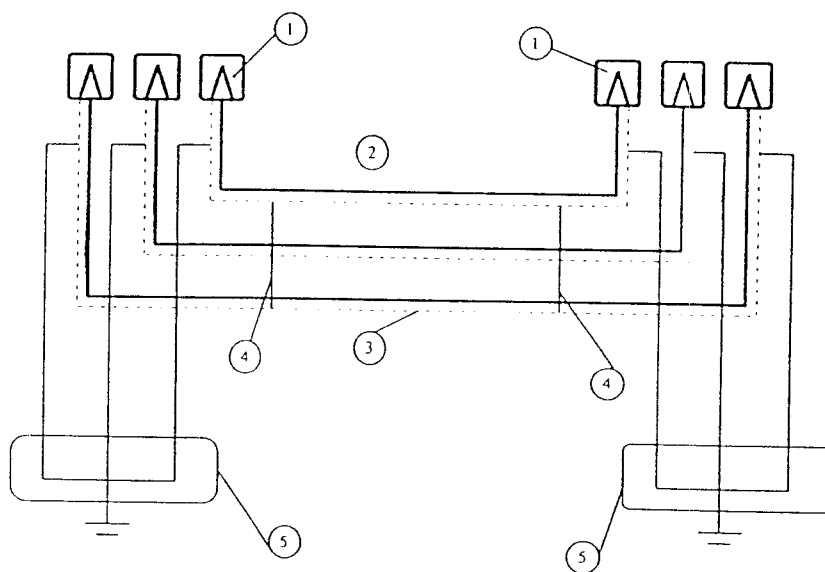
- Za spajanje u 110 kV oklopljeno SF6 postrojenje TS Zadar Centar odabrani su završeci, također proizvodnje "Kabeldon", ABB tip APEGA 1703 s gradijentom od 4.3kV/mm

- Kabelske su spojnice (samo za kopneni kabel) proizvod ABB, tip LXSБ (110-245).

KOPNENI KABEL 1 x 1000 Al



1. Kabelski završetci tip APEC-1452
2. Vodič 1 x 1000 mm<sup>2</sup> Al
3. Ekran Cu žica 95 mm<sup>2</sup>
4. Ormarići za uzemljenje

PODMORSKI KABEL 1x 300 mm<sup>2</sup> i 1x 400 mm<sup>2</sup>

1. Kabelski završetak tip APEC 1452
2. Bakreni vodič 1x300 mm<sup>2</sup>/1x400 mm<sup>2</sup>
3. Metalna zaštita (Pb-plašt 1 Al-žičana armatura)
4. Antikorozijska zaštita
5. Ormarić za uzemljenje

## SI.9. SHEMA ELEKTRIČNE ZAŠTITE

## ISPITIVANJE KABELA

Ispitivanja kabela provedena su u skladu sa standardima IEC 840.  
Tipiska ispitivanja nisu provedena nego su priloženi atesti.



- Visokonaponsko ispitivanje

Kabel je stavljen pod napon 160 kV izmjenično u trajanju od 30 minuta.

Tijekom ispitivanja nije došlo do proboja.

- Ispitivanje plašta za label AXLJ 1 x 1000/95 mm<sup>2</sup> (podzemni kabel)

Napon 25 kV izmjenično je priključen između ekrana i vodljive površine PE-plašta u trajanju od 1 minute. Pri ispitivanju nije došlo do proboja plašta.

Ovo ispitivanje je provedeno u četiri navrata t.j. tijekom proizvodnje, prije ukrcaja na brod.

nakon dolaska na mjesto polaganja u Zadar i nakon spajanja, a prije zatrpavanja kanala.

### 3.2 Specijalna ispitivanja

| Tip kabela                                     | FXBTV<br>1x300 mm <sup>2</sup>      |       | FXBTV<br>1x400 mm <sup>2</sup> |        | AXLJ<br>1x1000/95 mm <sup>2</sup> |        |
|------------------------------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|
|                                                | Vrijednost<br>propisana / izmjerena |       | Vrijednost<br>prop. / izmj.    |        | Vrijednost<br>prop. / izmj.       |        |
| Provjera vodiča                                |                                     |       |                                |        |                                   |        |
| - najmanji broj žica                           | 34                                  | 36    | 53                             | 59     | 53                                | 113    |
| Provjera električnog otpora vodiča<br>na 20° C |                                     |       |                                |        |                                   |        |
| - najveća vrijednost (Ohm/km)                  | 0.060                               | 0.586 | 0.0470                         | 0.0460 | 0.0291                            | 0.0279 |
| Debljina izolacije                             |                                     |       |                                |        |                                   |        |
| - najmanja srednja (mm)                        | 15.5                                | 18.1  | 15.5                           | 16.7   | 15.0                              | 15.8   |
| - najmanja (mm)                                | 13.95                               | 17.55 | 13.95                          | 15.91  | 13.50                             | 15.02  |
| Debljina olovnog plašta                        | 2.27                                | 2.34  | 2.27                           | 2.45   | ...                               | ...    |
| Promjer olovnog plašta                         |                                     |       |                                |        |                                   |        |
| - srednja vrijednost (mm)                      | 67.4                                | 67.4  | 67.4                           | 67.8   | -                                 | -      |
| Promjer kabela bez olovnog plašta              |                                     |       |                                |        |                                   |        |
| - srednja vrijednost (mm)                      | 61.3                                | 61.6  | 61.6                           | 61.9   | 74.3                              | 75.5   |
| Ispitivanje umreženja izolacije                |                                     |       |                                |        |                                   |        |
| - najveće istezanje pod opterećenjem           | 175%                                | 95%   | 175%                           | 80%    | 175%                              | 76%    |
| - najveće istezanje nakon hlađenja             | 15%                                 | 0%    | 15%                            | 0%     | 15%                               | 1%     |
| Mjerenje kapaciteta                            |                                     |       |                                |        |                                   |        |
| - najveća vrijednost (µF/km)                   | 0.14                                | 0.14  | 0.17                           | 0.16   | 0.26                              | 0.23   |
| Debljina PE plašta                             |                                     |       |                                |        |                                   |        |
| - Najmanja vrijednost (mm)                     | ...                                 | ...   | ...                            | ...    | 3.05                              | 3.05   |

Kako se iz tabele vidi, sva ispitivanja su zadovoljila propisane vrijednosti, a posebno se to odnosi na debljinu izolacije kod podmorskih kabela.

#### 4. ZAKLJUČAK

Izbor 110 kV kabela "otočne veze" s obzirom na opseg i cijenu čitavog projekta osjetljiv je i zahtjevan posao, koji osim tehničkih svakako mora voditi računa i o gospodarskim aspektima. Rezultat tih okolnosti su odabrani podmorski kabeli s izolacijom od umreženog polietilena (XLPE), prvi u našem podmorju.

Budući da ta vrsta kabela ne zahtijeva nikakav nadzor ni održavanje (osim eventualnog nadzora antikorozivne zaštite), jedina opasnost za pouzdanost pogona prijeti od eventualnih kvarova ili mehaničkih oštećenja konstrukcije kabela.

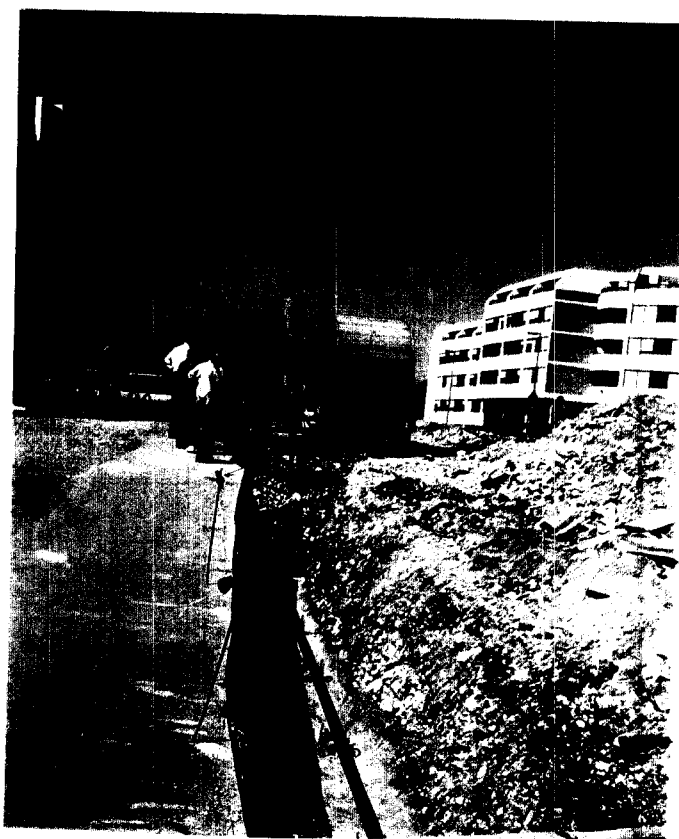
kako su ova četiri podmorska kabela postavljena u različitim okolnim uvjetima (dužine, dubine mora, izloženost mogućim oštećenjima od koća, sidara itd.) iskustvo će pokazati jeli izbor nove tehnologije u odnosu na prije položene kabele pravilan. To će imati vrlo važan utjecaj na izbor budućih podmorskih kabela razine napona 110 kV i više.

#### 5. LITERATURA

1. Tehnička dokumentacija isporučitelja kabela
2. Studija "Značenje grane Karlobag...Novajla za "Otočku petlju" Melina...Nin" Instituta za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, listopad 1993.



Sl. 11. Slaganje kabela prije ukrcavanja na brod polagač



Sl. 12. Polaganje kabela u Zadru

