



Srećko Aljinović, dipl.inž.
Hrvatska elektroprivreda, Prijenosno područje Split

2-02

KOMPARACIJSKA ANALIZA IZVEDBE PRIOBALNE ZAŠTITE U EKSPLOATACIJI PODMORSKIH 110 kV ULJNIH KABELA

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF COASTAL PROTECTION IN EXPLOITATION 110 kV OIL FILLED SUBMARINE POWER CABLES

SAŽETAK

Ovaj rad se bavi eksploatacijom uljnih podmorskih kabela Južne otočne petlje. Obzirom da su neki kabele, zbog eksploatacije od preko 25 godina već u potpunosti amortizirani, logično je da je zub vremena ostavio tragove na njima. Čak su i najmlađi kabele Južne otočne petlje na granici amortiziranosti. Težište razmatranja ovoga rada su vrste i stanja priobalne zaštite kabela Južne otočne petlje nakon dugog vijeka eksploatacije, kao i čimbenike koji su djelovali na nju. U radu su date činjenice koje treba uzeti u obzir prilikom budućih projekata kako zamjene postojećih dijelova Južne otočne petlje, tako i njenog eventualnog osnaživanja.

SUMMARY

This study is about exploitation of oil filled submarine power cables of the Southern Island Loop. Considering the fact that some of the cables are entirely depreciated, because they have been exploited for over 25 years, it is logical that time has left its traces on them. Even the cables which were last laid have been at the limit of amortization. The area of special interest in this study are types and conditions of the coastal protection of Southern Island Loop cables after a long period of exploitation, as well as factors which affected it. The study gives facts which should be taken into consideration in the future projects of replacing the existing parts of Southern Island Loop or its possible strengthening.

KLJUČNE RIJEČI

Južna otočna petlja, kabela stanica, priobalna zaštita, vjetar, morski valovi, morska struja

KEYWORDS

Southern Island Loop, cable station, coastal protection, wind, sea waves, sea current

UVOD

U ovom radu biti će izložene vrste priobalnih zaštita koje su korištene u Južnoj otočnoj petlji. Kako će biti pokazano, koristile su se dva tipa priobalne zaštite: tzv. teška, izrađena od betonskih blokova i tzv. laka, za čiju izradu su korištene vrste cementa. U radu će se

pokazati kakvo je današnje stanje priobalnih zaštita, odnosno koji su čimbenici utjecali na nju tijekom eksploatacije. Tim iskustvom moglo bi se koristiti prilikom projektiranja osnaživanja Južne otočne petlje, a što je i urađeno prilikom projektiranja i izgradnje KB 110 kV Dugi Rat - Lozna mala (veza: kopno - otok Brač II).

1. JUŽNA OTOČNA PETLJA

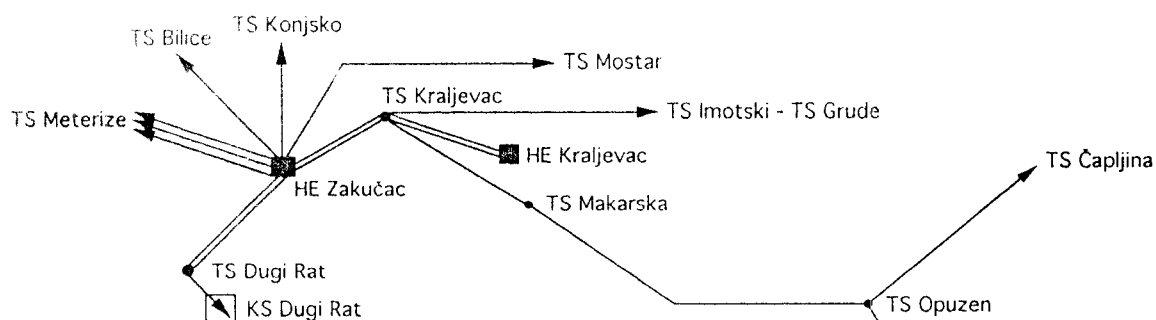
Južnom otočnom petljom, ili, kako se još naziva *Južna petlja*, smatraju se četiri 110 kV dalekovoda između TS 110/30/15 kV "Dugi Rat" i TS 110/35 "Ston", koji s kopnenim 110 kV dalekovodima Zakučac - Dugi Rat I i II, Kraljevac - Zakučac, Kraljevac - Makarska, Opuzen - Ploče - Makarska, Opuzen - Neum i Neum - Ston zatvaraju prsten, odnosno petlju, a sačinjavaju je sljedeći dalekovodi [2]:

1. DV 110 kV D 128 Dugi Rat - Nerežišća
2. DV 110 kV D 153 Nerežišća - Stari Grad
3. DV 110 kV D 129 Stari Grad - Blato
4. DV 110 kV D 133 Blato - Korčula - Ston

U sastavu navedenih dalekovoda nalaze se četiri kableske veze prikazane u *Tablici 1*

Tablica 1: 110 kV kableske veze Južne otočne petlje

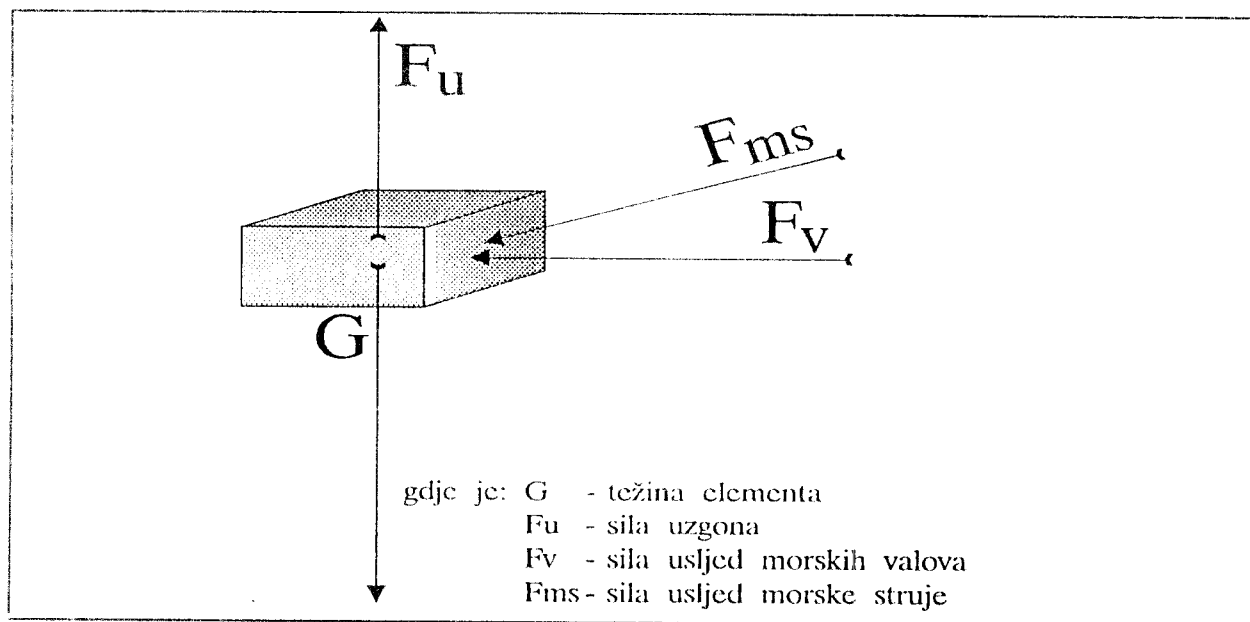
1	KB 110 kV Dugi Rat - Postire	veza: kopno - o. Brač	dužina: 8,019 km
2	KB 110 kV Slatina - Travna	veza: o. Brač - o. Hvar	dužina: 4,544 km
3	KB 110 kV Medvidbad - Prapratna	veza: o. Hvar - o. Korčula	dužina: 16,238 km
4	KB 110 kV Strečica-Zamošće (Perna)	veza: o. Korčula - Pelješac	dužina: 2,202 km



2. PRIOBALNA ZAŠTITA

2.1. Značenje

Priobalna zaštita ima ulogu mehaničke zaštite kabela na najkritičnijem dijelu: pri odvajanju od kopna do dolaska na dovoljnu dubinu. Kabel štiti od djelovanja mora, morskih struja i valova, kao i destruktivnog djelovanja čovjeka, odnosno naprava koje čovjek koristi. Na slici br. 2 prikazan je opći slučaj djelovanja na priobalnu zaštitu:



Slika 2: Sile na proizvoljni segment priobalne zaštite

Kako je poznato težina segmenta data je izrazom:

$$G = m g \quad (1)$$

gdje je: m - masa segmenta
 g - gravitacijska konstanta

Na istom pravcu djeluje i sila hidrostatskog uzgona, ali je suprotnog djelovanja

$$F_u = \rho g V. \quad (2)$$

gdje je: ρ - gustoća mora
 V - volumen istisnutog mora

$$F_v = \pm \frac{h/2}{\operatorname{ch}\left(\frac{2\pi}{L}\right) H} \quad (3)$$

gdje je: h - visina vala
 H - dubina podnožja priobalne zaštite
 L - duljina vala

Sila morskih valova je najnepovoljnija na dubini kod koje dolazi do loma vala, a valovi djeluju okomito na priobalnu zaštitu. Ta dubina naziva se kritičnom dubinom (H_{kr}). Prema Gerstnerovoj trohoidalnoj teoriji definirana je slijedećim izrazom:

$$H_{kr} = \frac{L}{4\pi} - \ln \frac{L + \pi h}{L - \pi h} \quad (4)$$

Vrijednosti visine vala (h), dubine podnožja priobalne zaštite (H) i duljine vala (L) dobiju se mjerenjem.

Još je jedan podatak bitan prilikom dimenzioniranja priobalne zaštite, a to je nadvišenje srednje visine vala iznad visine površine vode, a on je dat slijedećim izrazom:

$$h_0 = \frac{\pi h^2}{4L} \quad (5)$$

Taj podatak je bitan za predviđanje abrazijskog djelovanja mora, odnosno morskih valova na kopnu.

Prilikom projektiranja priobalne zaštite potrebno je voditi računa i o konfiguraciji obale, odnosno strmini obale, jer ona uvjetuje nastajanje izrazito nepovoljnih stojnih valova (klapotisa) [3].

2.2. Vrste priobalne zaštite

U Južnoj otočnoj petlji postoje dva tipa priobalne zaštite i to kao što prikazuje *Tablica II*.

Tablica II: Tipovi priobalne zaštite Južne otočne petlje

--	--	--

2.2.1. Teška priobalna zaštita

Teška priobalna zaštita izvedena je kod kabelskih stanica Dugi Rat (zatrpana je proširivanjem platoa tvornice "Dalmacija"), Postire, Slatina, Travna, Medvidbad, Prapratna, te posljednja 3 metra kod KS Zamošće (Perna) iz dva dijela od armirano-betonskih blokova. Njezin donji dio, podnožni element, u središnjem dijelu ima utor u kojem leži trožilni kabel. Gornji dio (pokrovni element) izrađen je od armirano-betonskog bloka "U" profila. Sa gornje strane nalaze se ianke koje su imale funkciju ovjesišta prilikom njenog postavljanja.

nešto većih dimenzija nego kod kabela norveške proizvodnje.

2.2.1. Laka priobalna zaštita

Laka priobalna zaštita se postavlja na pozicijama gdje djelovanje mora, morskih struja i valova nije jako izraženo. Izrađuje se od vreća cementa koje se nabacuju preko kabela. Za ostvariti što veću čvrstoću takve priobalne zaštite vreće se međusobno povezuju željeznim kukama. Preporučljivo je ovakvu zaštitu postavljati dalje od naselja, budući je kabel sa ovokvom zaštitom slabije zaštićen, pa bi ga moglo oštetiti destruktivno djelovanje čovjeka.

Prednost ove priobalne zaštite u odnosu na tešku je ta što vizuelno ne nagrđuje okoliš, jer vremenom obraste morskom florom i postane nezamjetljiva na morskom dnu.

Ova priobalna zaštita postavljena je kod kabelskih stanica Strečica i Zamošće (Perna)/osim posljednja 3 metra/.

6 metara, muljevito, a na pojedinim mjestima obraslo gustom morskom travom. Plići dijelovi dna su kameniti, s mjestimičnim pokojim grebenom. Do ulaska u priobalnu zaštitu, kabel čini petlju. Na dubini od 5 metara kabel nasjeda na greben, koji ga na dužini od 5 metara uzdiže iznadorskog dna i do 30 centimetara.

Kako je abrazijsko djelovanje mora potkopalo morsko dno neposredno ispred priobalne zaštite, pa kabel ulazeći u nju na dužini od oko 3 metra ne naliže na morsko dno.

3.3. KS Slatina

Priobalna zaštita je izvedena betonskim blokovima "U" profila dimenzija 100x100x220 cm /poklopni element/, odnosno 100x220x20 cm /podnožni element/ u dužini od oko 60 metara. Početak priobalne zaštite je na dubini od 6 metra. Pod morem se nalazi gotovo 50 metara priobalne zaštite. Na mjestu izlaza iz mora nalazi se plaža, gdje je slijedećih 10 metara priobalne zaštite, a završava pod potpornim suhozidom. Na dijelovima koji se nalaze pod morem uočavaju se djelovanja abrazije mora, odnosno morskih valova. Naime, poneki od blokova su neznatno pomaknuti, a abraziom mora su im odlomljeni rubovi, tako da ponegdje postoji i razmak do 10 centimetara na spoju između poklopnog i podnožnog elementa. Djelovanje valova je najizraženije na dubini od 1,5 metara, gdje je odstranjen sloj betona s gornje strane bloka do armirano-čelične konstrukcije.

Priobalna zaštita nalazi se na stjenovitom morskom dnu ispresjecanom grebenima i obraslom uobičajenom morskom florom na udaljenosti većoj od 5 metara od obale, a neobrasla je uz samu obalu, gdje je dno šljunkovito.

Vjetrovi kojima je priobalna zaštita izložena su jugo i zapadni vjetrovi: maestral i tramuntana, a uvala nije zaklonjena od valova tih vjetrova.

Djelovanje morskih struja nije ispitano.

Podmorski se kabel počinje nazirati na nezaštićenom dijelu, na udaljenosti od, otprilike, 70 metara od obale, na preko-petnaest metara dubine, gdje izranja iz mulja. Dno na dubinama većim od 10 metara je muljevito. Dijelovi dna, plići od 10 metara stjenoviti su i ispresjecani mnogim grebenima. Na udaljenosti od oko 7 metara od početka priobalne zaštite nalazi se greben širine 4 metra, tako da kabel uopće ne naliže na dno između tog grebena i priobalne zaštite. Također, od tog grebena, pa prema dubljim dionicama kabel je na dužini od oko 6 metara odignut odorskog dna i do 50 centimetara!

Na koncu interesantno je spomenuti da kabel kroz priobalnu zaštitu ima dodatno hlađenje, jer kroz nju prolazi vrlo hladna slatka voda.

3.4. KS Travna

Priobalna zaštita je izvedena betonskim blokovima "U" profila dimenzija 100x100x220 cm sa skošenim gornjim bridovima /poklopni element/, odnosno 100x220x20 cm /podnožni element/ u dužini od oko dvadesetak metara. Početak priobalne zaštite je na dubini od 2.5 metra. Dužina od 13 metara priobalne zaštite nalazi se pod morem, a 8 metara izvan mora, od čega 6 metara prolazi šljunčanom plažom. Očuvanost priobalne zaštite je vrlo dobra. Na dubini većini

od 1 metra neznatno je obrasla morskom florom. Na većim dubinama donji bridovi su abraziom neznatno oštećeni.

Uvala Travna je izložena jakom djelovanju bure, koja ima povoljan smjer u odnosu na priobalnu zaštitu. Zbog konfiguracije terena vjetar ne uspijeva podići velike valove.

Djelovanje morskih struja nije ispitano.

Na nezaštićenom dijelu podmorski kabel nije zatrpan ni na dubinama koje se mogu vidjeti zaranjanjem na dah. Dno je, na dubinama većim od 4 metara, muljevito, a na pojedinim mjestima obraslo gustom morskom travom. Plići dijelovi dna su stjenoviti, sa pokojim manjim grebenom. Do ulaska u priobalnu zaštitu kabel čini manju petlju.

Abrazijsko djelovanje mora potkopalo je morsko dno jedino neposredno ispred priobalne zaštite, tako da kabel ulazeći u nju na dužini od oko 5 metra ne naliže na morsko dno.

Čitava dužina kabela koja prolazi kroz stjenovito dno obrasla je florom sukladnom onoj na morskom dnu.

3.5. KS Medvidbad

I ovdje je priobalna zaštita izvedena betonskim blokovima "U" profila dimenzija 100x100x220 cm /poklopni element/, odnosno 100x220x20 cm /podnožni element/ u dužini od oko 25 metara. Početak priobalne zaštite je na dubini od 4 metra. Pod morem se nalazi 14 metara priobalne zaštite, a izvan mora, među stijenjem slijedećih 10 metara. Ista završava pod liticom. Na dijelovima koji se nalaze pod morem uoča se neznatno djelovanja abrazije mora, odnosno morskih valova. Naime, poneki blokovi su neznatno pomaknuti, a abrazijom mora su im odlomljeni krajevi, tako da ponegdje postoji i razmak na spoju između gornjeg i donjeg bloka.

Priobalna zaštita nalazi se na stjenovitom morskom dnu ispresjecanom mnogim grebenima, velikim stijenama i rasjedima, a obraslom uobičajenom morskom florom.

Vanjski dijelovi uvale Medvidbad su izrazito podložni utjecaju juga, koje ima smjer izrazito nepovoljan na smjer pružanja kabela, odnosno priobalne zaštite. Uvala je izložena i djelovanju maestralske, odnosno tramontane, no smjer priobalne zaštite je povoljan obzirom na smjer ovoga vjetrova.

Djelovanje morskih struja nije ispitano, ali ima indicija da je jako izraženo.

Na nezaštićenom dijelu podmorski je kabel moguće pratiti na udaljenosti od otprilike 80 metara od obale, gdje završava sloj morske trave. Tu, na preko petnaest metara dubine, kabel izranja iz morske trave. Na dubinama većim od 10 metara dno je muljevito. Dijelovi dna, plići od 10 metara su stjenoviti, ispresjecani mnogim grebenima, stijenama i rasjedima. Prateći trasu kabela stiče se dojam da je kabel polagan ili bez pomoći ronilaca, jer na ovih 80-ak metara kabel nasjeda na 8 grebena, ili je snažno jugo potisnulo kabel prema zapadu. Mnogi rasjedi i grebeni mogli bi se izbjeći da se kabel izmjesti koji metar istočnije. Tvrdnju, da je kabel potisnut usljed jakog juga potkrjepljuje činjenica da je kabel prenategnuto, tako da između grebena najčešće na naliže na morsko dno. Na pojedinim dijelovima kabel je i do 50 centimetara udaljen od morskog dna!

3.6. KS Prapratna

Priobalna zaštita je izvedena betonskim blokovima "U" profila dimenzija 100x100x220 cm sa skošenim gornjim bridovima /pokrovni element/, odnosno 100x220x20 cm /podnožni element/ u dužini od gotovo 50 metara. Početak priobalne zaštite je na dubini od 2.5 metra. Čitava priobalna zaštita nalazi se pod morem i završava pod betoniranom obalom. Očuvanost priobalne zaštite je odlična. Na dubini većoj od 1 metra neznatno je obrasla morskom florom.

problem na ovom dijelu trase kabla je urbanizacija priobalja. Tako npr. na 8 metara od izlaska kabla iz priobalne zaštite, preko njega prolazi lanac koji oštećuje njegove galvanizirane čelične žice. Na udaljenosti od 25 metara od izlaska kabla iz priobalne zaštite, a na dubini od 4 metra, uz sami kabal, nalazi se nekakva metalna konstrukcija, koja predstavlja sidro za vezivanje brodova.

Opasnost koju predstavljaju konopci i lanci najbolje ilustrira stanje 10-kV kabla, kojeg je lanac toliko oštetiio da su mu popucale galvanizirane čelične žice.

Inače, u uvali Strečica, pored prijenosnog 110 kV kabla nalazi se više distribucijskih kabla različitih naponskih nivoa. Na dijelu trase 110 kV kabla 10 kV kabal mu se približava i do 10 cm.

3.8. KS Zamošće (Perna)

Kod kabejske stanice Zamošće (Perna) priobalna zaštita započinje na dubini od 2 metra,

Kako se može razabrati, kod KS Slatina i KS Medvidbad najizraženije je djelovanje morskih valova na priobalnu zaštitu, odnosno kabel. Kod ovih stanica došlo je i do pomaka blokova priobalne zaštite, a kod KS Medvidbad i do izmještanja kabela. Ova uočena djelovanja zahtijevaju i buduću sanaciju, odnosno vraćanja kabela i blokova u prvobitno stanje.

Jaki vjetrovi su izraženi kod KS Medvidbad i nešto manje kod KS Slatina, gdje su udari juga i zapadnih vjetrova izraženi i podižu veće valove, dok bura kod KS Travnica i KS Prapratna, radi konfiguracije terena, ne podiže velike valove.

Destruktivna djelovanja čovjeka izražena su, naravno, tamo gdje kabel ulazi u more a postoji industrija, odnosno nastambe. Najdestruktivnije ljudsko djelovanje je u Dugom Ratu, gdje je zasuta čitava priobalna zaštita. O ovoj pojavi, zapravo događaju napisano je više zapisnika, zabilješki, ali nasuta zemlja se ne može više odstraniti. Također je kritično stanje kod KS Strečica, gdje je izražena pojava sidrenja u zoni kabela, tako da lanci oštećuju 110 kV kabel, dok je niženaponski kabel već definitivno oštećen. Nešto manje kritična pojava je kod KS "Prapratna", gdje se blokovi priobalne zaštite koriste za privezivanje brodica. Ovu pojavu moguće je eliminirati jedino uz pomoć lučkog poglavarstva, odnosno policije, koji bi osigurali poštivanje znaka zabrane sidrenja koji su postavljen uz svaku kabelsku stanicu na vidljivo mjesto.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu izložen je osvrt na stanja priobalnih zaštita kabelskih stanica Južne otočne petlje, kao i čimbenike koji na njih utječu tijekom višegodišnje eksploatacije. Ovi utjecaji su podijeljeni u dvije skupine: prirodne čimbenike i čovjeka.

Od prirodnih čimbenika najznačajniji su vjetar koji uzrokuje morske valove, a koji ovisno o dubini mora i konfiguraciji priobalja, mogu biti veći ili manji, te morske struje. Morske struje u većini slučajeva nisu dovoljno istražene, ali, kako se pokazalo, u većini slučajeva nisu značajan čimbenik. Iz iznijetog u ovome radu može se vidjeti da je na nekim priobalnim zaštitama potrebna određena sanacija. Također je potrebna sanacija na većini kabela u dijelu plitkih dubina, odnosno od izlaska kabela iz priobalne zaštite, pa do dubine od oko 10 metara.

Također, može se vidjeti da prigodom projektiranja budućih kabela, sredstva uložena u istražne radove mora, neće biti bezrazložno potrošena sredstva.

U radu je naglašeno i to da je čovjek jedan od najdestruktivnijih čimbenika za priobalnu zaštitu. Stoga je, kao prvo, potrebno prilikom projektiranja kabelskih veza voditi računa da se kabelska stanica postavi tamo gdje čovjek neće destruktivno djelovati na nju, odnosno gdje će sadržaji biti takvi da kabel i priobalna zaštita neće biti nikada ugroženi. Ako se to, pak, ne može izbjeći, potrebno je na vrijeme poduzeti odgovarajuće korake kako destruktivna djelovanja ne bi uzela takvog maha da povratak na prvobitno stanje nije moguć.

LITERATURA:

- [1] Aljinović, Srećko: IZVJEŠTAJI SA PREGLEDA PRIOBALNE ZAŠTITE JUŽNE PETLJE, HEP, Prijenosno područje "Split", Split, listopad 1994. god
- [2] Aljinović, Srećko; Novak, Vedran: VIŠEGODIŠNJA ISKUSTVA U EKSPLOATACIJI 110 kV PODMORSKIH ULJNIH KABELA (OIL FILLED SUBMARINE POWER CABLES), I simpozij o energetskim kabelima - Split 2. - 4. listopada 1994. god.
- [3] Santica, Ivo; Zlatar, Leo: OSVRT NA PRIOBALNU ZAŠTITU PODMORSKIH ENERGETSKIH KABELA S PRIJEDLOGOM TIPIZACIJE ELEMENATA, I simpozij o energetskim kabelima - Split 2. - 4. listopada 1994. god.
- [4] PODMORSKA KABELSKA VEZA 110 kV KOPNO (RT KULINA) - OTOK PAG (RT SELINA) (GLAVNI PROJEKT - GRAĐEVINSKI PROJEKT); HEP - Zagreb, Projektni biro Split; Split, studeni 1993.

