

Sandro Dubrović, dipl. ing. el.
HEP ODS d.o.o. Elektroprimorje Rijeka
sandro.dubrovic@hep.hr

ISKUSTVA U SANACIJI KVAROVA NA ELEKTRODISTRIBUTIVNIM PODMORSKIM KABELIMA U ELEKTROPRIMORJU RIJEKA

SAŽETAK

Iako se u sklopu programa revitalizacije podmorskih kabela vrši postepena zamjena, još uvijek je značajan udio elektrodistributivnih podmorskih kabela u nadležnosti Elektroprimorja Rijeka pri kraju svog životnog vijeka. Dijelom zbog godina eksploatacije odnosno stanja izolacije, a dijelom i zbog vanjskih čimbenika (sidrenje brodova i sl.), broj kvarova na podmorskim kabelima u posljednjih nekoliko godina se povećao. Svaki popravak podmorskog kabela je specifičan i iziskuje organizaciju i operativu koja nije uobičajena za sanacije kvarova na kopnu. S obzirom da su manji otoci često napajani radijalno, spremnost i brzina na odaziv u organizaciji sanacije kvara je vrlo važna.

Namjera je ovog referata dati popis mogućih uzroka nastanka kvarova na podmorskim kabelima, moguće načine i opis pronalaska mjesta kvara te opis organizacije sanacije kvara sa svom potrebnom logistikom. Spomenuto je potkrijepljeno konkretnim primjerima i iskustvima, te financijskom analizom.

Ključne riječi: podmorski kabel, vijek trajanja, uzrok, sanacija, lokacija kvara

EXPERIENCES IN REPAIRING FAILURES ON ELECTRODISTRIBUTIVE SUBMARINE CABLES IN ELEKTROPRIMORJE RIJEKA

SUMMARY

Although submarine cable revitalization is undergoing a gradual replacement, there is still a significant share of electro distributive submarine cables under the Elektroprimorje Rijeka responsibility currently at the end of its life span. The number of defects in submarine cables has increased over the last few years, partly due to years of exploitation or electrical isolation state, and partly due to external factors (anchoring ships, etc.). Every submarine cable repair is specific and requires an organization and operation that is unusual for ground fault remediation. Given that smaller Adriatic islands are often radially powered, the readiness and response speed of the failure repair organization is very important.

The purpose of this report is to provide a list of possible causes of malfunction on submarine cables, possible ways and descriptions of the fault locations, and a description of the failure repair organization with all the necessary logistics. This is supported by concretely examples, experiences and financial analysis.

Key words: submarine cable, life span, cause, remediation, fault location

1. UVOD

Projekt elektrifikacije Jadranskih otoka prethodio je polaganju i aktiviranju najvećeg broja podmorskih kabela (u nastavku: PKB). S obzirom da su kabeli polagani krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih godina, najveći dio tih kabela je pri kraju ili je prešao svoj životni vijek (40 godina), stoga i ne čudi povećanje broja kvarova u zadnjih 10-ak godina. Važnost opskrbe električnom energijom svih većih otoka Sjevernog Jadrana te nemogućnost alternativnog rješenja napajanja manjih otoka (pogon 10(20) kV mreže pretežno izveden kroz radialno napajanje) najvažniji su uzroci zbog kojih u slučaju kvarova na PKB-ima u Elektroprimorju Rijeka treba reagirati brzo i efikasno kako bi se u najkraćem mogućem roku normaliziralo napajanje. Svaki popravak kvara PKB-a je na svoj način specifičan, iziskuje neuobičajenu operativu i tehničku podršku, što zahtijeva i puno veća financijska sredstva nego popravak kvara kabela na kopnu. U nastavku je dano objašnjenje uzroka najčešćih kvarova na podmorskim kabelima potkrijepljeno primjerima i iskustvima na njihovom popravku.

2. UZROCI KVAROVA I SPECIFIČNOSTI SANACIJE

Iskustvo u eksploataciji navodi na nekoliko uzroka zbog kojih dolazi do kvarova na elektrodistributivnim PKB-ima:

1. **Električki kvarovi** – uzrok kvara je proboj osnovne izolacije kabela, koja je oslabljena na određenom mjestu – vodeni „treeing“, električni „treeing“ i šupljine (potencijalna mjesta kvara); kvar je gotovo nemoguće predvidjeti - jedino ukoliko je poznato općenito stanje kabela koje se steklo temeljem pregleda i ispitivanja (ukoliko su postojala od ranije);
2. **Mehanički kvarovi** – uzrok kvara je oštećenje kabela djelovanjem vanjskog čimbenika na kabel, kao što je sidrenje brodova, postavljanje mreže u ribolovu, postavljanje pokretnih splavi sa nogarima i dr.; ukoliko ne postoji dojava o radovima ili sidrenju u blizini kabela, kvar je nemoguće predvidjeti;
3. **Kvarovi nastali uslijed djelovanja mora** – uzrok kvara je oštećenje kabela djelovanjem mora, u blizini priobalnih zaštita gdje je djelovanje mora najizraženije; djelovanje plime i oseke uzrokuje korodiranje (a time i postepeno nestajanje) pocinčanih žica koje su nalaze oko vanjskog plašta podmorskih kabela, također dolazi do ispiranja i/ili pomicanja postojeće priobalne zaštite (najčešće betonskih „ježeva“ ili betonskih poklopnica) što trenutno ili postepeno djeluje negativno na izolaciju kabela zbog nagnječenja; pregledom priobalne zaštite je moguće predvidjeti mogućnost kvara i preventivno djelovati (sanacija postojeće priobalne zaštite).

Svaki od navedenih uzroka specifičan je na svoj način, a kao takav podrazumijeva i ostale specifičnosti koje iz toga proizlaze:

1. **Mjesto kvara** – pod pojmom „mjesto kvara“ podrazumijevamo udaljenost kvara od mjesta ispitivanja, a često se pod pojmom „mjesta kvara“ podrazumijeva i dubina mora na mjestu kvara; specifičnost mjesta kvara uvelike određuje organizaciju i način popravka kvara;
2. **Način pronalaska kvara** - za određivanje makrolokacije kvara (radarom izmjerena duljina kvara od mjesta ispitivanja) potrebna su mjerna kola opremljena radarom, dok je za pronalazak mikrolokacije osim mjernih kola (ARM – *arc reflection method*) potrebna najčešće i dodatna operativa – ronjari; procjena je da se makrolokacija ne bi trebala razlikovati od mikrolokacije za više od 100-tinjak metara, ovisno o mjerenoj ukupnoj duljini kabela;
3. **Način popravka kvara** – odabir načina popravka uvelike ovisi o mjestu kvara; popravak kvara obično zahtijeva neuobičajenu operativu, kao što su: ronjari, splavi, adekvatna plovila i dr., kao i specifičan spojni pribor (podmorske spojnice);
4. **Meteorološki uvjeti prilikom sanacije kvara** – prije organizacije sanacije kvara vrlo je važno voditi računa o meteorološkim prilikama koje se mogu očekivati prilikom odvijanja radova, ponajprije zbog očuvanja ljudskog zdravlja i zato jer je nakon početka radova teško odgoditi radove bez značajne financijske štete.

3. ISKUSTVA NA SANACIJI KVAROVA

U tablici I. navedeni su svi kvarovi unazad 10 godina u Elektroprimorju Rijeka na PKB-ima, uz neke najvažnije čimbenike vezane uz popravak kvara kao što su mjesto kvara, uzrok kvara, vrijeme potrebno za popravak i dr.. Napomena da nisu uzeti u obzir „manji“ popravci u vidu popravka ili sanacije dijela PKB-a na kopnenom dijelu, te zamjene kablskih završetaka na PKB-u u kablskim kućicama ili trafostanicama.

Tablica I. Kvarovi u posljednjih 10 godina

	Datum nastanka kvara	Naziv PKB	Tip PKB	Godina polaganja	Uzrok kvara	Mjesto kvara	Datum popravka
1	03.05.2011.	35 kV PKB o. Krk – o. Cres	XHEKRAA 3x50 [□]	1962.	Djelovanje mora	Priobalna zaštita Merag (Cres)	10.06.2011.
2	01.06.2013.	10(35) kV PKB Rab-Lopar-Biluća (KK Fruga–TS Goli)	XHEKRAA 3x50 [□]	1964.	Djelovanje mora	Priobalna zaštita Goli otok	17.06.2013.
3	18.09.2014.	10(20) kV PKB Srakane male – Susak 1	RG5H 10 JF 3x70 [□]	1979.	Električki kvar	3.400 m od Suska (50 m dubine)	01.10.2014.
4	07.03.2015.	10(20) kV PKB Srakane vele – Unije	RG5H 10 JF 3x70 [□]	1979.	Mehanički kvar	U blizini priobalja na Unijama	11.04.2015.
5	10.10.2016.	10(20) kV PKB Srakane vele – Unije	XHE 46/24 3x120 [□]	2015.	Električki kvar	U blizini priobalja na Unijama	28.10.2016.
6	06.11.2017.	10(20) kV PKB Srakane male – Susak 1	RG5H 10 JF 3x70 [□]	1979.	Mehanički kvar	3.400 m od Suska (50 m dubine)	10.11.2017.
7	19.09.2017.	35 kV PKB o. Krk – o. Cres (K-2)	XHE 46/24 3x120 [□]	2013.	Električki kvar	2300 m od Cresa (80 m dubine)	U planu u 2018.

U nastavku su detaljno opisani primjeri i stvarna iskustva sanacije kvarova na tri karakteristična primjera, klasificirano prema uzroku kvara:

1. Električki kvar - PKB 10(20) kV TS Srakane Male – TS Susak 1
2. Mehanički kvar – PKB 10(20) kV TS Srakane Vele – TS Unije
3. Kvar nastao uslijed djelovanja mora - PKB 20(35) kV Rab-Goli-Biluća (KK Fruga – TS Goli)

3.1. Električki kvar - PKB 10(20) kV TS Srakane Male - TS Susak 1

PKB TS Srakane Male – TS Susak 1 je konstrukcijski 20 kV PKB priključen na 10 kV napon, kojim se napajaju dvije trafostanice 10/0,4 kV otoka Suska. Položen je 1979. godine te je pri kraju životnog vijeka. Na otoku Susku su kupci pretežno kategorije kućanstvo, a predmetni kabel služi kao osnovno i jedino napajanje otoka Suska. Ono što je pregledima utvrđeno je to da ima nezadovoljavajuće stanje priobalne zaštite.

3.1.1. Tijek događaja – pronalazak mjesta kvara

Dana 18. rujna 2014. godine došlo je do prestanka opskrbe električnom energijom otoka Suska. Ubrzo nakon selekcije dionice, zaključeno je da je razlog prestanka opskrbe kvar na dionici TS Srakane Male – TS Susak 1. Kako je otok Susak radijalno napojen predmetnim kabelom bilo je jasno da treba reagirati odmah. Najprije u traženju mjesta kvara. Kompletne kablске dionice dugačka je 6.931 m od čega na podmorski dio spada 6.355 m, a na kopneni dio 576 m (276 m na otoku Susku, a 300 m na otoku Srakane Male). Radarom je lociran kvar 3.609 m od TS Susak 1, odnosno na polovici podmorske dionice PKB-a. Već je onda bilo jasno da kvar neće biti saniran odmah, te je najprije bilo potrebno razmišljati kako ljudima na otoku Susku privremeno dati napajanje električnom energijom. U tu svrhu angažiran je trajekt koji je preveo kamion s agregatom snage 600 kVA i do popravka kvara je agregat napajao otok električnom energijom.

Nakon što je privremeno riješena opskrba električnom energijom, počelo se razmišljati kako najprije pronaći mikrolokaciju kvara. Informacija da je kvar na udaljenosti 3.609 m od TS Susak 1, bila je

nužan ali ne i dovoljan uvjet da bi se pronašla mikrolokacija kvara. Naime, točno mjesto kvara na kabelu mogli su pronaći jedino ronionci. Analizirale su se pomorske karte i izvedbeni projekt polaganja predmetnog podmorskog kabla i došlo do zaključka da je dubina mora na mjestu kvara 50-55 m. Zbog velikih dubina i udaljenosti od najbliže obale pronalazak mjesta kvara bio je dosta otežan. Uz sve popratne probleme, traženje mikrolokacije i označavanje mjesta kvara trajalo je sedam dana, što je uspoređujući sa traženjem mjesta kvara na kopnu koje obično ne traje dulje od nekoliko sati, prilično dugačak vremenski period.

3.1.2. Popravak kvara

Prema očekivanjima, organizacijski i tehnički najzahtjevniji dio bio je popravak štete na kabelu. Najbrže rješenje, za koje su na skladištu Elektroprimorja Rijeka postojale dovoljne duljine odgovarajućeg PKB-a i uz nabavu adekvatnih podmorskih spojnica, bilo je umetanje novog komada kabla na dijelu gdje je do kvara došlo. Za te radove je angažiran trajekt i planirano je da se radovi na sanaciji kvara izvedu u dva dana. Prvi dan nakon sidrenja trajekta, ronionci su odrezali kabel u moru i pomoću zračnih jastuka podigli jedan kraj kabla na rampu trajekta. Na trajektu je odrezan kvarni dio kabla te na „zdravom dijelu“ prema Susku izvedena spojnica na pripremljeni komad kabla duljine 130 m na trajektu. Kraj kabla nakon izrade spojnice spušten je u more i označen bovom. Drugi dan, nakon sidrenja trajekta podignuta su oba kraja kabla iz mora te je napravljena spojnica na trajektu. Nakon izvedenih radova kabel je bio spojen u cijelosti i spušten je u more. Isti dan uključena je kabelska dionica TS Srakane Male – TS Susak 1 i uspostavilo se redovno napajanje otoka Suska.

3.1.3. Uzrok kvara

Lokacija kvara je naslućivala da će se raditi o kvaru mehaničke prirode i da će biti jasno vidljivo mehaničko oštećenje (npr. od sidra ribarskog broda), ponajprije zbog toga što je kabel bio položen u mulj i nema gotovo nikakvog djelovanja mora na dubinama na kojima je locirana makrolokacija kvara. Međutim, kvarni dio kabla koji je eliminiran nije ukazivao na takvo nešto već na električki kvar na izolaciji. Nikakvo oštećenje kabla izvana nije bilo oku vidljivo (Slika 1.). Tek nakon skidanja vanjskih čeličnih žica kabla, na kvarnom mjestu vidio se proboj izolacije na jednoj žili (Slika 2.). Dakle, zaključak je da su godine eksploatacije učinile svoje, odnosno da je vijek trajanja predmetnog podmorskog kabla pri kraju.



Slika 1. Kvarni dio PKB-a



Slika 2. Proboj izolacije

3.2. Mehanički kvar - PKB 10(20) kV TS Srakane Vele - TS Unije

PKB TS Srakane Vele – TS Unije je konstrukcijski 20 kV PKB priključen na 10 kV napon, kojim se napaja trafostanica 10/0,4 kV Unije. Položen je 1979. godine te je pri kraju životnog vijeka. Na otoku Unijama su kupci pretežno kategorije kućanstvo, a predmetni kabel služi kao osnovno i jedino napajanje otoka Unija. Ono što je pregledima utvrđeno je to da ima nezadovoljavajuće stanje priobalne zaštite.

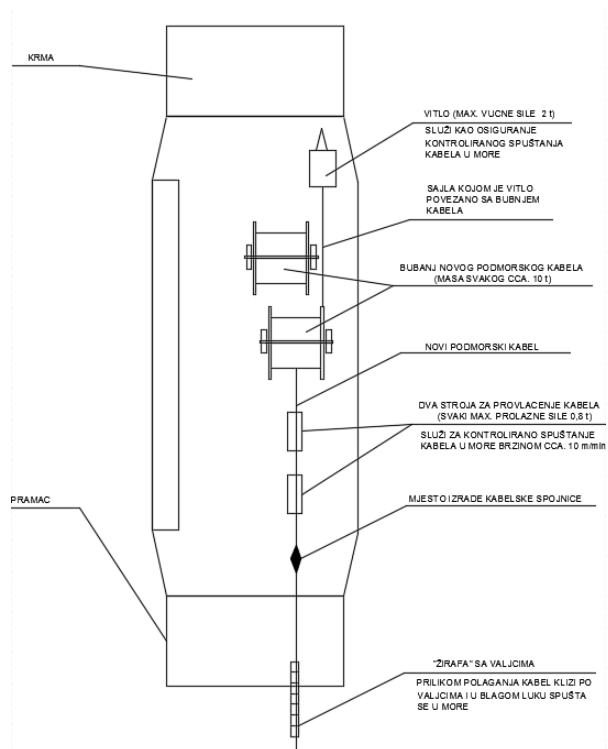
3.2.1. Tijek događaja – pronalazak mjesta kvara

Dana 7. ožujka 2015. godine došlo je do prestanka opskrbe električnom energijom otoka Unija. Ubrzo nakon selekcije dionice, zaključeno je da je razlog prestanka opskrbe kvar na dionici TS Srakane Vele – TS Unije. Kako je otok Unije radijalno napojen predmetnim kabelom bilo je jasno da treba reagirati odmah. Najprije u traženju mjesta kvara. Kompletna kabelska dionica dugačka je 10.150 m od čega je podmorska dionica duljine 4.930 m, a kopneni dio je dug 5.220 m (3.410 m na otoku Unijama, a 1.810 m na otoku Srakane Vele). Radarom je utvrđen prekid PKB-a cca. 3.500 m od TS Unije (prema kartama – utvrđena je makrolokacija kvara u moru u blizini priobalne zaštite na otoku Unijama). Organizirano je traženje makrolokacije kvara i iz smjera TS Srakane Vele, čime je potvrđeno da se radi o prekidu sve tri žile na PKB-u na duljini 5.720 m od TS Srakane Vele. Uspoređujući dvije duljine izmjerene radarom i ukupnu duljinu PKB-a iz izvedbenog projekta, nedvojbeno je utvrđeno da je došlo do prekida kabela (pretpostavka: mehaničko oštećenje), te da u moru „nedostaje“ cca. 900 m kabela.

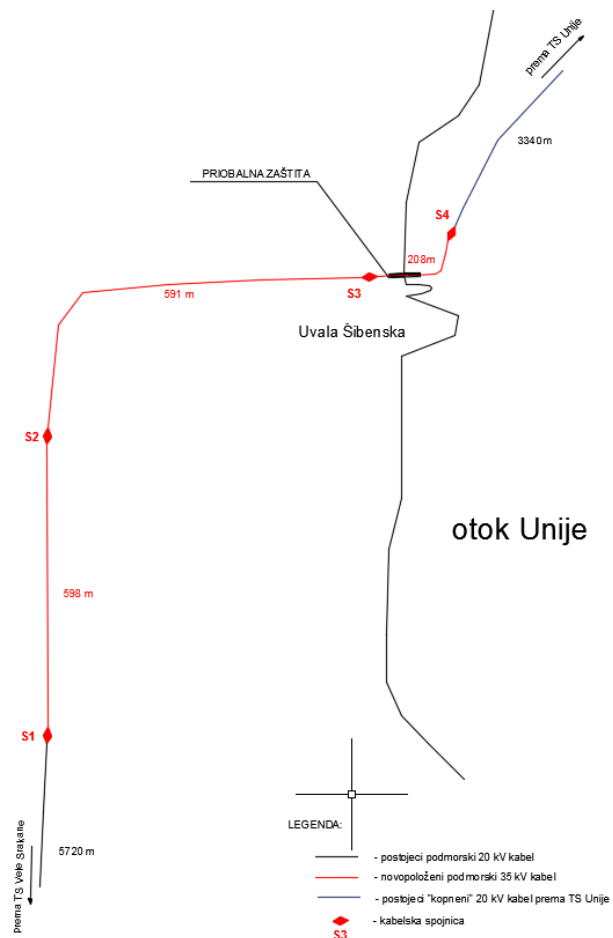
Već je u začetku bilo jasno da kvar neće biti saniran odmah, te je najprije bilo potrebno razmišljati kako ljudima na otoku Unije privremeno vratiti napajanje električnom energijom. U tu svrhu angažiran je trajekt koji je preveo kamion s agregatom snage 600 kVA i do popravka PKB-a je agregat napajao otok električnom energijom. Dvije mikrolokacije prekida PKB-a mogli su pronaći jedino ronici uz svu potrebnu prateću logistiku. Prvo mjesto prekida kabela bilo je lakše pronaći s obzirom da se krenulo sa traganjem od kraja priobalne zaštite na Unijama te je jedan kraj kabela pronađen svega 15-ak metara od izlaza iz priobalne zaštite u moru. Uz sve popratne probleme, traženje mikrolokacije i označavanje kraja drugog kraja kabela prema Srakane Vele, bilo je prema očekivanjima otežano. Drugi kraj kabela pronađen je cca. 800 metara zračne linije od prvoga kraja kabela i malo izvan trase utvrđene izvedbenim projektom.

3.2.2. Popravak kvara

Prema očekivanjima, organizacijski i tehnički najzahtjevniji dio bio je popravak štete na kabelu. Najbrže rješenje, za koje su na skladištu Elektroprimorja Rijeka postojale dovoljne duljine odgovarajućeg PKB-a i uz nabavu adekvatnih podmorskih spojnica, bilo je umetanje novih komada kabela. Prije početka radova na popravku PKB-a izvela se nova priobalna zaštita na Unijama (bušenje i umetanje cijevi), jer je postojeća priobalna zaštita za pripremu i radove bila neiskoristiva. Za radove na sanaciji kvara je angažiran trajekt i planirano je da se radovi izvedu u četiri dana. Prvi dan, nakon sidrenja trajekta, ronici su pomoću zračnih jastuka podigli jedan kraj kabela (dio prema Velim Srakanama) na rampu trajekta. Na trajektu je izrađena spojnica i položen novi dio PKB-a s kabelskog bubnja koji se nalazio na trajektu. Isto se odradilo i naredne dane popravka umetanjem 3 komada podmorskog kabela i izradom 4 komada spojnica (Slika 4.). Na Slici 3. prikazana je tlocrtna skica montaže opreme na brodu, dok je na Slici 4. prikazana tlocrtna situacijska skica popravka PKB-a. Nakon izvedenih radova isti dan uključena je kabelska dionica TS Srakane Vele – TS Unije i uspostavilo se redovno napajanje otoka Unija.



Slika 3. Tlocrtna skica montaže opreme na brod



Slika 4. Tlocrtna situacijska skica popravka PKB-a

3.2.3. Uzrok kvara

Specifičnost kvara je u tome što se radilo o prekidu PKB-a kojeg je mogao učiniti jedino brod iznimne snage, posebno uzimajući u obzir da je posljedica mehaničkog oštećenja „istrgnuće“ cca. 900 metara postojećeg kabela. Istrgnuti komad PKB-a u blizini Uvale Šibenska nikad nije pronađen. Dakle, zaključak je da iako se radi o kabelu koji je položen 1979. god., uzrok kvara je isključivo mehaničke prirode.

3.3. Kvar nastao uslijed djelovanja mora – PKB 10(35) kV Rab-Lopar-Biluća (KK Fruga–TS Goli)

PKB Rab-Goli-Biluća (KK Fruga – TS Goli) je konstrukcijski 35 kV PKB priključen na 20 kV napon. Služi kao rezervno napajanje Golog otoka te kao rezervno napajanje otoka Raba u slučaju ispada 110 kV napajanja. Položen je 1960. godine te je u kategoriji starosti već prešao predviđeni životni vijek. Iako nije jedina veza odnosno služi kao rezervno napajanje, u trenucima kada preuzme napajanje otoka Raba opterećenje mu je preko 70% od nazivnog.

3.3.1. Tijek događaja – pronalazak mjesta kvara

Kada je u lipnju 2013. godine došlo prorade prekidača u TS 110/35 kV Rab na vodnom polju Lopar-Biluća, bilo je jasno da se radi o problemu ili na kopnenoj dionici (dio od Raba prema Loparu) ili na dionici kabelaške veze KK Fruga-TS Goli. Selekcijom je utvrđeno da se radi o dionici KK Fruga-TS Goli ukupne duljine 5.700 m (od čega je podmorski dio cca 5.000 m). Mjerna kola su locirala kvar u moru u blizini priobalne zaštite na strani Golog otoka. U normalnom pogonskom stanju ta dionica je pod naponom (služi kao rezervno napajanje) i premda se radilo o kvaru i trebalo je naći rješenje za sanaciju, pristup je drugačiji nego u slučaju kada je napajanje radijalno i kada nema alternative.

Za razliku od opisanih slučajeva kvarova PKB TS Srakane Male – TS Susak 1 i PKB Srakane Vele – Unije, mikrolokacija kvara je bila vidljiva prilikom traženja mjesta kvara praktički s obale Golog otoka (5 m od obale na dubini mora 1,5 m).

3.3.2. Sanacija kvara

Nakon analize utvrdilo se da će sanaciju kvara biti najjednostavnije organizirati na način da se pripremi ponton na nogarima ili splav koja će se usidriti. U ovom slučaju postavljena je splav na kojoj se radila spojnica. Otegotna okolnost je bila da su bili potrebni građevinski radovi u priobalju (demontaža stare priobalne zaštite i kasnije izrada nove priobalne zaštite), a operativno je stvar bila otežana jer su se radovi odvijali na Golom otoku na kojem je sav materijal bilo potrebno morskim putem dopremiti s otoka Raba. Sanacija kvara je organizirana u dva dana, na način da je umetnut novi komad kabela duljine 30 metara, te se jedna spojnica napravila na pripremljenoj splavi (Slika 5.), a druga na obali Golog otoka.



Slika 5. Izrada spojnice na splavi

3.3.3. Uzrok kvara

Kako je kvar lociran u priobalju gdje je i najveći utjecaj mora (plime i oseke), uzrok kvara bio je očekivan. Tijekom godina eksploatacije i djelovanja mora došlo je do korozije, a nakon toga i nestajanja mehaničke zaštite kabela – čeličnih žica. Također, došlo je i do pomicanja priobalne zaštite – betonskih poklopnica što je uzrokovalo mehaničko oštećenje koje se tijekom godina eksploatacije manifestiralo u proboj osnovne izolacije i kvar na kabelu (Slika 6.).



Slika 6. Mikrolokacija kvara na kabelu

4. FINANCIJSKA ANALIZA

Svaki popravak PKB-a je na svoj način specifičan i upravo zbog toga vrlo je teško analizirajući prema uzroku kvara, napraviti univerzalnu procjenu troškova koja bi vrijedila za svaki kvar. Nešto lakše je financijsku usporedbu napraviti prema načinu popravka kvara, iako je i ta usporedba ponekad nezahvalna upravo zbog svih specifičnosti (dubina mora, stanje priobalne zaštite, potrebna duljina umetnutog kabela i dr.) iz čega proizlazi potrebna operativa koja je temelj troškova, a time i financijske analize.

Popravak PKB-a u sredini podmorske trase praktički je nemoguće organizirati i odraditi bez adekvatno opremljenog broda, umetanja komada kabela veće duljine (iznad 100 m) i minimalno dvije podmorske spojnice. Što se tiče financijskog dijela sanacije ovakvog tipa kvara (najsličnije opisanom kvaru PKB 10(20) kV Srakane Male – Susak 1), izvršena je analiza troškova, a procijenjeni iznosi su sljedeći:

1. Najam trajekta	150.000,00 – 250.000,00 kn
2. Vanjski izvođači (ronioci, najam brodice)	100.000,00 – 200.000,00 kn
3. Materijal (kabel i spojnice) i izrada spojnica	200.000,00 – 800.000,00 kn
4. Agregat (snabdijevanje i gorivo)	100.000,00 – 200.000,00 kn
5. Ostalo (vlastita radna snaga i dr.)	50.000,00 – 100.000,00 kn
UKUPNO:	600.000,00 - 1.550.000,00kn

Napomena: Postoje rasponi u financijskoj procjeni jer ona ovisi o mnogim faktorima, ponajprije o načinu i trajanju popravka.

Popravak PKB-a u blizini priobalne zaštite najčešće je manje operativno, a time i financijski zahtjevan od popravka kvara u sredini podmorske trase. Što se tiče financijskog dijela sanacije ovakvog tipa kvara (najsličnije opisanom kvaru PKB 10(35) kV Rab-Lopar-Biluća), izvršena je analiza troškova, a procijenjeni iznosi su sljedeći:

1. Vanjski izvođači (ronioci, najam splavi, građevinski radovi)	100.000,00 kn
2. Materijal (kabel i spojnice) i izrada spojnica	50.000,00 kn
3. Ostalo (vlastita radna snaga i dr.)	30.000,00 kn
UKUPNO:	180.000,00 kn

Na primjerima u Poglavlju 3 dana je realna usporedba sanacije tri karakteristične vrste kvara na podmorskim kabelima - dva na polovici podmorske dionice i jedan u blizini priobalne zaštite. Popravak PKB Srakane Vele – Unije je zbog svoje specifičnosti (istrgnuto 900 metara kabela) i financijski neusporediv s ostalim kvarovima koji su bili u Elektroprimorju Rijeka. Unatoč svim otegotnim (i olakotnim) okolnostima može se donijeti zaključak da je gledano s financijskog aspekta sanacija kvara na podmorskom kabelu na polovici podmorske dionice mora, minimalno tri puta (a ponekad i do deset puta) skuplja od one u priobalju te isto tako uz kompletnu pripremu traje jedan do dva puta dulje.

5. ZAKLJUČAK

Tijekom posljednjih godina u Elektroprimorju Rijeka povećala se učestalost kvarova na elektrodistributivnim PKB-ima. U referatu je na primjerima opisana sanacija tri kvara koji imaju karakterističan i različit uzrok nastajanja kvara (električki uzrok, mehanički uzrok i kvar u priobalju nastao zbog djelovanja mora). Svaka sanacija kvara na podmorskom kabelu je specifična i najčešće zahtjeva brzu reakciju. Samim time, nezahvalno je vršiti procjenu potrebnih sredstava prema uzroku kvara. Ugrubo je dana financijska procjena temeljena na načinu i mjestu te trajanju popravka kvara.

Kao što je navedeno, većina PKB-a je pri kraju svoga životnoga vijeka te se dobar dio kvarova može pripisati i generalno lošem stanju izolacije pojedinih kabela odnosno godinama eksploatacije u pogonu, te stanju priobalnih zaštita koje su izvedene na načine primjerene dobu kada su se polagali kabele. Minimum potrebnih preventivnih radnji koje je moguće izvesti kako bi se izbjegli kvarovi u priobalju odnosi se na popravak ili zamjenu postojećih priobalnih zaštita. Financijski zahtjevnije preventivne radnje koje su predlagane u dugoročnijim planovima HEP ODS-a, a koje će svakako biti potrebne u narednom periodu, odnose se na polaganje novih odnosno zamjene postojećih elektrodistributivnih PKB-a.

LITERATURA

- [1] Thomas Worzyk, „Submarine power cables - Design, Installation, Repair, Environmental aspects“, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009.
- [2] Sandro Dubrović, dipl.ing., mr.sc. Ilica Radetić, dipl.ing., "Podmorski kabele – eksploatacijska iskustva u vijeku trajanja“, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO Cired, 5. (11.) savjetovanje Osijek, 15. - 18. svibnja 2016.
- [3] Tim za podmorske kabele HEP ODS d.o.o., „Metodologija i kriteriji za pripremu i izgradnju podmorskih kabela“