

ŠIFRIRNI STROJ ENIGMA M4 IZ RAZBITINE NEMŠKEGA MINOLOVCA R 15 PRI UMAGU

Andrej GASPARI

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo, Aškerčeva 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

e-mail: andrej.gaspari@ff.uni-lj.si

Danijel GERMEK

Društvo vodnih športov Navtika, Obala 125, Lucija, 6320 Portorož, Slovenija

e-mail: d.vodnihsportov@gmail.com

Aleš JELINČIČ

Muzej novejšje zgodovine Slovenije, depo Pivka, Kolodvorska cesta 51, 6257 Pivka, Slovenija

e-mail: ales.jelincic@muzej-nz.si

Miha HREN

Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva ulica 12, 1000 Ljubljana, Slovenija

e-mail: miha.hren@zag.si

Lidija KORAT

Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva ulica 12, 1000 Ljubljana, Slovenija

e-mail: lidija.korat@zag.si

Danijel FRKA

Sušilo 13, 51262 Kraljevica, Hrvaška

e-mail: danijel.frka@gmail.com

Izvleček: v letih 1984–1986 je Zvonimir Kralj, potapljač in oskrbnik piranskega akvarija, iz razbitine nemškega lahkega minolovca R 15, potopljenega ob zahodni obali Istre med Savudrijo in Umagom, izvlekel šifrirni stroj Enigma s kodno knjigo in nekaj drugih predmetov. Prispevek prinaša opis in opredelitev naprave ter oris tehničnih značilnosti minolovca v sestavi 6. flotilje minolovcev (6. *Räumbootsflottille*) nemške *Kriegsmarine*. R 15 je v noči iz 16. na 17. april 1945 utrpel zadetek z britanskega torpednega čolna MTB 409 in potonil okoli 3 navtične milje severozahodno od Umaga. Pregled ohranjenih delov šifrirnega (kodirnega) stroja je razkril, da gre za mornariško Enigmo M4 s štirimi rotorji in povratnim kolutom tipa C. S pomočjo računalniške rentgenske mikrotomografske preiskave so bile ugotovljene serijska številka stroja M 15648 ter zadnja nastavitev, gledano od leve proti desni: C/ γ (gamma), III, VI, IV. Zunanji položaj gamma rotorja ("P") kaže, da Enigma ni bila nastavljena na način, ki bi omogočal izmenjavo sporočil s strojem s tremi rotorji (M3), kar ustreza ključem iz zadnjih dveh mesecev vojne.

Ključne besede: Jadran, Istra, druga svetovna vojna, nemška vojna mornarica, lahki minolovec R 15, 6. *Räumbootsflottille*, šifrirni stroj, Enigma M4, arheološke ostaline

Povzetek: v letih 1984-1986 je Zvonimir Kralj, potapljač in oskrbnik piranskega akvarija, iz razbitine nemškega lahkega minolovca R 15, potopljenega ob zahodni obali Istre med Savudrijo in Umagom, izvlekel šifrirni stroj Enigma in nekaj drugih predmetov. *Räumboot* iz prve serije teh plovil je plul v sestavi 6. flotilje minolovcev (6. *Räumbootsflottille*) nemške vojne mornarice,

ki je od februarja 1944 iz oporišč v Pulju in Opatiji delovala na srednjem in severnem Jadranu. V zadnjem delu vojne je bila *Kriegsmarine* zaradi vse pogostejših zračnih napadov prisiljena pluti zlasti ponoči, dodatno nevarnost pa so predstavljale morske mine, ki so jih začeli nastavljati zavezniki. R 15 je v noči iz 16. na 17. april 1945 utrpel zadetek na slepo izstreljenega torpeda z britanskega torpednega čolna MTB 409 in potonil okoli 3 navtične milje severozahodno od Umaga. Od okoli 18 članov posadke R 15 se jih je rešilo samo pet. Minolovec z jeklenim ogrođjem in dvojno leseno oplato, dolg 27,5 m in širok 4,38 m, ki je na morskem dnu ležal z dnom navzgor, se je razmeroma dobro ohranil vse do konca 80-ih let 20. stoletja, nato pa so ga zaradi ovire, ki jo je prestavljal globinskim ribiškimi mrežam, po dnu odvedli do obale. Kralj je iz razbitine poleg škatle z Enigmo in kodno knjižico dvignil še dve brzostrelki MP 40 in nekaj drugih predmetov ter jih poskušal zaščititi po najboljših močeh. Z razbitine R 15 zelo verjetno izvira tudi protiletalski top (FlaK 38) kalibra 20 mm, ki je danes razstavljen ob vhodu v Akvarij Piran. Leta 2020 je po posredovanju Danijela Germeka brzostrelki in šifrirni stroj, žal v razpadajočem stanju, pridobil Park vojaške zgodovine v Pivki. Pregled ohranjenih delov stroja je razkril, da gre za mornariško Enigmo M4 s štirimi rotorji in povratnim kolutom tipa C. S pomočjo rentgenske računalniške mikrotomografske preiskave so bile ugotovljene serijska številka stroja M 15648 ter zadnja nastavitve rotorjev: C/ γ (gamma), III, VI, IV. Zunanji položaj dodatnega, gamma rotorja (P) kaže, da Enigma ni bila nastavljena na način, ki bi omogočal izmenjavo sporočil z modelom M3, kar ustreza kodnim ključem iz zadnjih dveh mesecev vojne. Ozadje prisotnosti Enigme M4, ki naj jih po zmotnem prepričanju uporabljali samo na podmornicah in nekaterih bojnih ladjah, na minolovcu R 15 zahteva podrobnejšo preučitev, vendar se zdi, da je povezana s posebej občutljivo nalogo, morda prisotnostjo višjega častnika ali prevozom šifrirne naprave po nalogu Marineoberkommando Süd. Enigma M4 z minolovca R 15 predstavlja eno redkih najdb teh izjemno kompleksnih in fascinantnih šifrirnih strojev v arheološkem kontekstu.

UVOD

Park Vojaške zgodovine v Pivki je konec leta 2020 po posredovanju Danijela Germeka prejel dragocen muzejski eksponat, nemški šifrirni (kodirni) stroj Enigma M4, ki jo je v sredini 80-ih let 20. stoletja našel znani piranski potapljač Zvonimir Kralj med razbitinami minolovca R 15, potopljenega ob zahodni obali Istre med Savudrijo in Umagom. V pričujočem prispevku nadgrajujemo podatke iz prvih spletnih objav in medijskih poročil s popolnejšim opisom in opredelitvijo naprave ter orisom tehničnih značilnosti in zgodovine minolovca z oznako R15 v sestavi 6. flotilje minolovcev (6. *Räumbootsflottille*) nemške *Kriegsmarine*, ki je v drugi polovici vojne delovala na ob obalah Dalmacije, Kvarnerja in Istre. Uvodoma so strnjeno predstavljene vojaško-zgodovinske okoliščine pomorskega bojevanja na območju srednjega in severnega Jadrana po kapitulaciji Italije s poudarkom na delovanju nemške vojne mornarice.

ORIS AKTIVNOSTI RATNIH MORNARICA NA JADRANU OD RUJNA 1943. DO SVIBNJA 1945 (D. Frka)

Poslije kapitulacije Italije 8. rujna 1943, večina talijanske flote isplovljava iz Taranta za Maltu gdje se pridružuju Saveznicima. Nijemci uspijevaju razoružati talijanske snage u Rijeci, te dvije divizije kao i sve snage u južnoj Dalmaciji i Hercegovini, dok se ostatak predao partizanima. Tako su u partizanske ruke dospjele velike količine talijanskog oružja i opreme. Nakon uspostave veze snaga NOVJ sa Saveznicima, početkom siječnja 1944. osnovana je baza

britanskih Obalnih snaga u Komiži na otoku Visu, pa je sastav savezničkih jedinica na tom otoku u prvoj polovici 1944. godine narastao na gotovo 2000 vojnika (Vasiljević, 1972).

Njemačka ratna mornarica (*Deutsches Kriegsmarine – DKM*) u vrijeme kapitulacije Italije nije u Jadranu imala značajnijih ratnih plovnih jedinica. U talijanskim lukama Nijemci su zatekli značajan broj talijanskih ratnih i pomoćnih brodova. Od ratnih brodova zaplijenili su jednu krstaricu, jednu pomoćnu krstaricu, 4 torpiljarke, 6 brodova za pratnju, 1 lovac podmornica, 2 džepne podmornice, 2 minopolagača i 6 pomoćnih brodova. Osim dovlačenja njemačkih pomorskih snaga iz Sredozemlja, organizirana je i doprema manjih brodova (torpednih čamaca i motornih minolovaca) kopnenim putem iz Ligurskog mora na Jadran. Kritičan je bio i nedostatak stručnog pomorskog osoblja pa je organiziran premještaj pojedinih jedinica njemačke ratne mornarice iz Norveške i južne Francuske, a korišteno je i osoblje Mornarice Nezavisne države Hrvatske (NDH). Nijemci su Jadran podijelili na četiri operativna područja, od kojih su sjeverni Jadran, Dalmacija i južni Jadran bili pod zapovjedništvom Admirala Jadrana (*Kommandierender Admiral Adria*). On je zapovijedio osnivanje 11. flotile za osiguranje, a u njen sastav ušle su zaplijenjene talijanske torpiljarke i razarači, kao i pojedini naoružani parobrodi. U Jadranu je od listopada 1943. djelovala 1. divizija torpednih čamaca (*1. Schnellbootdivision*) sa 3. S-flotilom torpednih čamaca (ispočetka 4, poslije 8 čamaca), a u dolasku na Jadran bilo je i 8 brodica 7. S-flotile. Njemačka 24. S-flotila dobila je bivše talijanske torpedne čamce (MS) ali je ukinuta u listopadu 1944, a preostale čamce preuzela je 3. S-flotila. U veljači 1944. flotila je transformirana u 11. diviziju za osiguranje sa bazom u Trstu, koja je trebala djelovati koordinirano sa 1. divizijom torpednih čamaca. U njenom su sastavu djelovale 1. i 2. flotila za pratnju (*Geleitflotille*) zatim 2. flotila lovaca podmornica (*U-Jagdflotille*) i 6. flotila minolovaca. Diviziji su pridružene i 6. transportna flotila (*Transportflotille*) te 10. desantna flotila (*Landungsflotille*). Nijemci su nakon zimskih operacija 1943/44. zavladao cijelim obalnim pojasom i svim otocima osim Visa i Lastova. Ključni zadaci za njemačku stranu bili su zaštita vlastitog pomorskog prometa i obrana obale i otoka od mogućeg savezničkog iskrcavanja (Freivogel & Rastelli, 2014).

Za partizansku stranu glavnu brigu predstavljala je neposredna opasnost od njemačkog desanta na otok Vis, posljednje uporište snaga NOVJ i Saveznika. Lake pomorske obalne snage britanske Ratne Mornarice (*RN - Royal Navy*) u Komiži, raspolagale su sa odjeljenjem torpednih čamaca i motornih topovnjača, te patrolnih čamaca i čamaca za lučku zaštitu. Komiža je kao baza i polazna luka za britanske torpedne čamce i motorne topovnjače predstavljala idealan oslonac za napadna djelovanja protiv njemačkog pomorskog prometa u međuotočnom području Srednje i Južne Dalmacije. Njihovo djelovanje bilo je od početka izuzetno agresivno i obilovalo je uspjesima koji su bitno ugrozili njemačke pomorske komunikacije na Jadranu. Od siječnja 1944. savezničko-partizanske snage izvršile su desantne prepade na njemačke garnizone na Korčuli, Šolti, Hvaru, Mljetu i Braču, te tako privukle znatne njemačke snage iz unutrašnjosti zemlje na obalu (Freivogel & Rastelli, 2014).

Za njemačku stranu, održavanje pomorskih transporta uzduž istočne obale Jadrana imalo je apsolutni prioritet. Usprkos stalnim britanskim noćnim prepadima na njemačke konvoje, Nijemci sve do evakuacije svojih snaga iz južne i srednje Dalmacije u listopadu i studenom 1944, uspijevali održavati pomorsku vezu među posjednutim lukama. Tijekom 1944. godine njemačke pomorske snage pretrpjele su osjetne gubitke. U noći 29. veljače 1944, francuske lake krstarice *Le Terrible* i *Le Malin* u topničkom dvoboju kod Premude potopile su korvetu UJ 201 *Egeria* i jedan veliki transportni brod a teško oštetile jednu torpiljarku. U večernjim satima 18. ožujka, torpiljarka TA 36 *Stella Polare* naletjela je na minu kod istočne obale Istre i potonula. Istog mjeseca, u zračnom napadu britanskih lovaca bombardera 27. ožujka na luku Šibenik, potopljena je korveta UJ 205, a istog dana 14 britanskih lovaca bombardera napalo je i potopilo minolovce R 188 i R 189 u luci Povlja na Braču, dva jurišna čamca u Korčuli te dva u

Dubrovniku. U narednih nekoliko dana avioni su potopili još 5 jurišnih čamaca i jednu dvotrupnu desantnu brodicu u vodama otoka Brača i Hvara. U savezničkim bombardiranjima brodogradilišta Breda u Mestre u veljači i ožujku 1944. uništena i korveta UJ 207 a teško oštećena UJ 206, pa je 11. diviziji za osiguranje ostala borbena sposobna samo torpiljarka TA 20. Stanje sa torpednim čamcima nije bilo bolje (Freivogel & Rastelli, 2014).

Partizani su 27. travnja 1944. zarobili specijalni protupartizanski brod (kasnije u sastavu Mornarice NOVJ kao NB 11 *Crvena zvijezda*). Nijemci su radi čišćenja otoka od partizana pokrenuli operaciju *Wiking-Feuerzange*, pa su se 31. 5. iskrcali na Dugi otok; pratnju su osigurali brodovi 11. divizije za osiguranje. Kao posljedica njemačke zračno-desantne operacije *Roesselsprung* (Konjićev skok) – pokušaja uništenja Vrhovnog štaba NOVJ i maršala Tita u Drvaru 25. svibnja, radi odvlačenja njemačkih snaga prema obali izvršen je sa Visa kombinirani partizansko-saveznički prepad na otok Brač. Razdoblje od lipnja do kolovoza 1944. obilježeno je početkom njemačkog povlačenja na svim bojištima. Istovremeno, uključanjem dovršenih novogradnji kao i prebacivanjem većeg broja desantnih brodova na Jadran, njemačka mornarica na Jadranu bila je na vrhuncu svoje snage. Britanski torpedni čamci i motorne topovnjače su u drugoj polovici srpnja izvršile nekoliko uzastopnih noćnih napada na više njemačkih konvoja u Mljetskom kanalu i u vodama kod Korčule, i potopile više brodova, ali su i Britanci pretrpjeli osjetne gubitke. Napadi Britanaca nastavili su se i u kolovozu, kada su u noći 10/11. kolovoza kod otoka Vira britanski čamci potopili jedan, a teško oštetili drugi desantni brod. U noći 17/18. kolovoza potopili su u Mljetskom kanalu jedan njemački jurišni čamac i dva broda za pratnju, te mali tanker, a sljedeće noći Britanci su potopili torpedni čamac S 57. Dana 17. kolovoza je na minu kod Brijuna naišla i torpiljarka TA 35 *Giuseppe Dezza* i potonula. Zadnje tromjesečje 1944. obilježilo je daljnje njemačko povlačenje i oslobađanje većeg dijela Dalmacije. Britanske Obalne pomorske snage u periodu rujan-studen 1944. napadaju njemačke konvoje koji su sudjelovali u evakuaciji njemačkih snaga iz područja Šibenika i Zadra, kao i za podršku iskrcavanjima partizanskih snaga na obalu i otoke južne i srednje Dalmacije. Čamci Obalnih snaga iz baze Ancona mogu djelovati sve do Venecije i Trsta. Nakon oslobođenja Zadra, Britanci su u toj luci uredili novu istaknutu bazu Obalnih snaga. Njemačka je strana pribjegavala miniranju svih pristupnih morskih pravaca najvažnijim lukama. Najteži udarac pretrpjela je njemačka 11. divizija za osiguranje u noći 1. studenog 1944, kada su 2 britanska razarača sa 7 čamaca Obalnih snaga kod otoka Škrde (operacija *Exterminate*) potopili njemačke korvete UJ 202 *Melpomene* i UJ 208 *Spingarda* te torpiljarku TA 20 *Audace*. Tako su samo u jednoj noći Nijemci izgubili tri nenadoknadiva ratna broda te gotovo 300 članova posada. U savezničkom bombardiranju Rijeke 5. studenog 1944. potopljen je minopolagač *Kiebitz*, torpiljarka TA 21 *Insidioso*, patrolni brod G 104 Mornarice NDH i brod za spašavanje *Arpione*. 2. flotila za pratnju svela se na torpiljarku TA 48 koja je neprestano bila u kvaru, korvetu UJ 205 koja je još bila u opremanju, te stari minopolagač *Fasana* (Freivogel & Rastelli, 2014).

Narednih mjeseci Nijemci su se orijentirali na diverzantske operacije eksplozivnim čamcima i sklopivim kajacima, za koje je operativna baza uređena u uvali Čikat kod Malog Lošinja. Saveznici su poduzeli više kombiniranih zračno-pomorskih napada na bazu Čikat (18/19. studenog, 2. prosinca, 17. prosinca i 22/23. prosinca 1944.), ali nisu uspjeli uništiti uporište niti neutralizirati njemačke diverzantske aktivnosti. Saveznička strana ipak je pretrpjela najteži gubitak kada je britanski razarač HMS *Aldenhams* 14. prosinca kod otoka Škrde naletio na minu, prelomio se na dva dijela i potonuo (Mason, 1988). Najznačajniji napad njemačkih pomorskih diverzanata izveden je 12. veljače 1945., kada su 3 eksplozivna čamca napala luku Split, gdje su teže oštetili britansku krstaricu HMS *Delhi* (Freivogel & Rastelli, 2014).

U noći 12/13. travnja 1945, britanski torpedni čamci potopili su torpiljarku TA 45 *Spica* kod Novog Vinodolskog, a 16. travnja 1945. kod Umaga su saveznički torpedni čamci i motorne topovnjače potopili torpedom minolovac R 15, čime je praktično prestala svaka borbena

aktivnost 6. flotile minolovaca (Pope, 1998). Dana 3. svibnja oslobođena je Rijeka, a dan ranije, 2. svibnja 1945. započeo je napad snaga Jugoslavenske armije (JA) na utvrđeno uporište Pula, odakle svi preostali za plovidbu sposobni torpedni čamci 3. S-flotile 1. divizije torpednih čamaca isplovljavaju za Anconu gdje se predaju Saveznicima. U Trstu opkoljenom od snaga JA Nijemci 1. svibnja 1945. potapaju TA 40 i TA 43 te se njemačke pomorske snage sa preostalim pomoćnim brodovima evakuiraju iz luke i nasukavaju se na ušću rijeke Tagliamento gdje se predaju Saveznicima. Bila je to posljednja akcija njemačke ratne mornarice na Jadranu (Birnbau & Vorsteher, 1987, 339–342).

ZNAČILNOSTI DELOVANJA NEMŠKE VOJNE MORNARICE NA JADRANU

(D. Frka)

Njemačka ratna mornarica počela je sa borbenim aktivnostima na Jadranu isključivo sa zaplijenjenim ratnim brodovima i sredstvima bivše talijanske ratne mornarice, a djelovala je iz bivših jugoslavenskih i talijanskih luka. Uz velike napore i prebacivanjem manjih plovni jedinica morskim i kopnenim putem u Jadran, ona je do polovice 1944. godine stalno jačala, ali je trpjela velike gubitke zbog savezničke premoći u zraku, a sve više i na moru. Ključna je strateška pogreška bilo odustajanje od zauzimanja otoka Visa. Suvremene bivše talijanske torpiljarke klase Ariete bile su najjači brodovi u službi Kriegsmarine na Jadranu, ali je njihov broj bio nedovoljan za održavanje njemačke premoći na Jadranu. Njemački torpedni čamci bili su jedno od glavnih borbenih sredstava koji su, iako nisu imali odgovarajućih ciljeva, podnijeli značajan teret borbenih aktivnosti. Njihovo diesel gorivo bilo je manje opasno od benzina britanskih čamaca ali zbog lakog topničkog naoružanja nisu u topničkom obračunu bili dorasli jačem naoružanju britanskih brodova. Mali motorni minolovci klase R bili su uspješni u borbama protiv partizanskih brodica a korvete – lovci podmornica talijanskog porijekla klase Gabbiano bile su ozbiljni protivnici britanskih torpednih čamaca i motornih topovnjača, ali bilo ih je premalo, a njihov se broj uslijed savezničkog djelovanja stalno smanjivao. Dobro naoružani njemački desantni brodovi i jurišni čamci, ako su njihove posade bile dovoljno agresivne, mogli su se uspješno boriti sa britanskim i partizanskim čamcima, ali su bili osjetljivi zbog nedostatka oklopa i male brzine. No najveći neprijatelj transportnih brodova ipak je bilo savezničko zrakoplovstvo koje je od konca 1943. pa do kraja rata djelovalo na cijelom području Jadrana i od kojega je bilo teško sakriti se ili obraniti (Freivogel & Rastelli, 2014).

Budući da njemačke velike podmornice 29. podmorničke flotile nisu imale stalnu bazu na zapadnoj obali Jadrana već su samo povremeno koristile luku Pula kao pomoćnu bazu prvenstveno radi popravaka, njihova se prisutnost u Jadranu gotovo nije osjetila. Međutim, u završnoj fazi rata, nakon gubitka većeg dijela površinskih ratnih brodova Nijemci su na Jadranu pribjegli diverzantskom ratovanju, uvodeći u borbu pomorske diverzante i eksplozivne čamce, a imali su namjeru koristiti i džepne podmornice, no za to jer bilo prekasno. Posebno učinkovito je bilo njemačko minsko ratovanje. Za polaganje mina su osim namjenski građenih minolovaca, korišteni trgovački brodovi (poput motornog broda *Kiebitz*) te desantni tenkonosci, torpedni čamci pa čak i torpiljarke koji su tijekom 1944 i 1945. godine položili u more nekoliko tisuća mina različitih vrsti i tipova. Mine su potopile velik broj savezničkih (ali i njemačkih) brodova, a njihova se prisutnost osjećala godinama poslije rata kada je u neočišćenim minskim poljima nastradao velik broj trgovačkih brodova (Freivogel & Rastelli, 2014).

ORIS ZNAČILNOSTI NEMŠKIH LAHKIH MINOLOVCEV PRVE SERIJE

(A. Gaspari)

Lahki minolovci (nem. *Minen-Räumboote* oz. *Räumboote*; tudi *R-Boote*) so sodili med obalna plovila nemške Kriegsmarine, njihov razvoj pa sega v čas prve svetovne vojne. Prototip prve serije minolovcev, ki ji je pripadal R 15, je zasnovala ladjedelnica Lürrsen leta 1931, izdelavo večine naslednjih plovil te serije in prilagajanje njihovih dimenzij, izhajajoče iz preizkusov na morju, pa sta v letih 1932–1934 prevzeli podjetji Abeking & Rasmussen (R 2–R 7 in R 9–R 14) in Schlichting-Werft (R 15 in R 16). Plovila prve generacije so v dolžino merila 24,5–27,8 m, v širino 4,38–4,50 m, višina stranic (trupa) pa je znašala 1,95–2,35 m. Imela so 1,12–1,58 m ugreza in spodriv med 43,5 in 52,5 ton (Jung, Maass, Gröner, 1999, 190-191; Historisches Marinearchiv, 2022).

R-Boote prve generacije so bili zamišljeni izključno za odstranjevanje min v obalnih vodah, predvsem pred rečnimi ustji in pristanišči (Breyer, 1994, 90). Pri načrtovanju je bila v ospredju zahteva, da je ladja čim bolj nemagnetna, okretna, in ne prevelika, vendar so se minolovci prve serije izkazali za premajhne. Vitka plovila nizkega obrisa so bila izdelana v kompozitni tehniki z ogrodjem s prečnimi in vzdolžnimi vezmi iz jekla in lahke kovine ter dvojno, diagonalno prekrivajočo stikajočo oplato iz mahagonijevega lesa (»*Quer- und Längsspant-Stahl-Leichtmetall-Mahagoni-Doppeldiagonalkraweel-Kompositbau*«). Minolovci prve serije so imeli privzdignjen premčni del, po čemer jih je zlahka mogoče ločiti od poznejših variant *R-Boote* s tekočo palubo. Podjetje Lürrsen je bilo glavni izdelovalec hitrih torpednih čolnov (nem. *Schnellboote*; tudi *S-Boote*), od tod tudi podobnost med videzom lahkih minolovcev in *S-Boote*. Zaradi lahke zgradbe so bili ti minolovci znani po tem, da se je ob streljanju s topovi celotno plovilo močno treslo. Imeli so pet vodotesnih pregrad, od katerih je bila prva okrepljena proti trčenju. Eksplozivni naboji za samopotopitev so bili nameščeni v strojnici, radijski sobi, prostoru za moštvo na krmnem delu in eno v prostoru za podčastnike na začetku premčnega dela ladje (Williamson, 2009, 15–16; Paterson, 2017).

Lahke minolovce sta poganjala štiritaktna šestvaljna dizelska motorja MWM (Motoren-Werke Mannheim) RS-127-SU s skupno 770 KM.¹ Dva vijaka premera 0,85 m sta omogočala največjo hitrost 19,85 vozla in zagotavljala dovolj moči za vleko minolovnih priprav tudi v morju z vzvalovanostjo stopnje 6 po Beaufortovi lestvici. Minolovec R 8, nekaj širši od ostalih iz prve serije, so pri Lürrsnu opremili z novima Voith-Schneiderjevima propelerjema premera 1,5 m (pri teh iz ohišja okroglega rotorja štrlijo pravokotno nameščena rezila, vrteča okoli navpične osi), ki sta ustvarjala potisk v vse strani ter s katerimi so združili pogon in krmarjenje v eno samo enoto. Zaradi izjemnih manevrskih sposobnosti, ki jih je plovilom zagotovil nov tip propelerjev, so jih vgradili v večino minolovcev od R 17 naprej. Med vojno se je spodriv minolovcev iz serije v serijo večal in končno narasel na blizu 160 ton, vendar se osnovna konstrukcija ni spreminjala. Zato so bili R-Boote zelo podobni in jih je bilo po njihovih serijah težko razlikovati (Breyer, 1994, 91).

Posadko lahkih minolovcev razreda R, ki je sprva štela 15 do 18 mož, pozneje tudi čez 20, so tipično sestavljali osebje strojnice (podčastnik - *Maat* in trije mornarji - *Matrosen*) na izmeno, vsak na svojem položaju v podpalubju, ter 6 mož na izmeno na krovu in sicer podčastnik na sprednjem 20-mm topu, mornar na 20-mm topu na krmnem delu (v kolikor je bil nameščen, sicer sta bila tam dva opazovalca, vsak za pokrivanje okoli 100-stopinjskega kota na posamezno stran), dva mornarja-opazovalca na mostu za levo in desno stran (z dvema reflektorjema), mornar-krmar in mornar-telegrafist. Kapitan ladje, običajno nižji častnik ali podčastnik, je bil stalno na mostu.

¹ S parom motorjev tega tipa (RS 127 S), kombiniranih z dvema elektromotorjema, so bile opremljene podmornice tipa II, izdelovane v letih 1935–1940 (glej Rössler, 1999, 74).

Minolovci so delovali v paru - *Rotte*, ki ga je vodila poveljniška ladja z višjim častnikom, poveljnikom para (*Rottenführer*), komandant drugega - *Rottenboot* pa je bil navadno *Obersteuermann* (ObStrm). Poleg odstranjevanja min so bili *R-Boote* uporabljeni tudi za polaganje min, za kar so imeli ob straneh krmnega dela nameščenih skupno 6, pozneje 12 min. Občasno so nosili tudi globinske bombe, ki so jih ob uporabi preprosto zvalili s krova. Vse ladje so imele napravo za zmanjšanje magnetnega podpisa (*Mineneigenschutzgerät*). Za odstranjevanje min so bile na *R-Boote* v uporabi tri različne vlečne priprave. Prvi dve: MPG – *Motoren Pinass Gerät* in KRG – *Körb Räum Gerät*, sta bili sestavljeni iz dolge jeklenice, razpete med dve ali več plovil. MPG so imele nameščena usmerjevalna krilca, KRG pa neke vrste železno košaro za zadrževanje žice na ustrezni globini. Obe sta bili opremljeni z eksplozivnimi škarjami (nem. *Sprenggreifer*). Tretja metoda, SDG – *Scheer Dracen Gerät*, je bila dvokraka zanka, ki jo je lahko vleklo le eno plovilo. Posamezen krak so sestavljali par iskalnih jeklenic, pripetih na podvodni paravan – usmerjevalno krilo, in plovci.

Oborožitev lahkega minolovca je obsegala sprva en, pri mlajših variantah *R-Boote* pa do 4 protiletalske topove kalibra 20 mm (FlaK 38). Kot domnevno lahek plen so jih vedno znova napadala zavezniška letala, vendar so jim minolovci zadajali tudi izgube, kar dokumentirajo tudi simboli in datumi sestrelitev na zunanosti krmarske kabine. V poznejšem delu vojne so na mostu standardno namestili dva mitraljeza MG 34 kalibra 7,92 mm, pri nekaterih minolovcih pa so to vedno manj dostopno orožje nadomeščali drugi tipi mitraljezov. V prostorih posadke so bile navadno shranjene do štiri brzostrelke MP 38/40. Krmarsko kabino in most, ki se je nahajal na dvignjeni ploščadi za njo, so po prvih bojnih izkušnjah obdali z oklepnimi ploščami debeline 10–12 mm. Z enako debelimi zasloni so opremili tudi topove.

Lahki minolovci so se izkazali kot zelo robustni in vsestransko uporabni, zato so jih pogosto uporabljali tudi za druge naloge, npr. spremljavo konvojev in podmornic na plovbi v boj ali v povratku, patroljiranje in reševanje na morju ter celo za prevoz enot, na Jadranu pa zlasti za protipartizanski boj.

Od okoli 300 *R-Boote* je bila polovica potopljena zaradi različnih vojnih razlogov, od tega nekaj s strani posadk ob koncu sovražnosti, 140 plovil pa so zasegli zavezniki. Sovjetska stran jih je uporabljala še v 60-ih letih 20. stoletja, nekaj pa so jih Američani vrnili Zvezni republiki Nemčiji po vstopu v zvezo NATO (Breyer, 1994, 104–105).

ZGODOVINA R 15

(A. Gaspari, D. Germek)

R 15 so splovili v ladjedelnici Schlichting-Werft v kraju Trävemunde v 3. maja 1934 in sicer pod zaporedno številko (*Bau-Nr.*) 792, v sestav 6. flotilje pa je bil razporejen septembra 1941. Minolovci te flotilje so po celinskih vodnih poteh februarja 1942 prispeli v Port Saint Louis na ustju Rhone na sredozemski obali, nato pa so jih predstavili v пристanišče La Spezia na remont in opremljanje. Od aprila 1942 so služili ob libijski obali kot ladje za podporo in oskrbo kopenskih enot. Po porazu nemške vojske pri El Alameinu se je R 15 12. novembra 1942 iz Tobruka umaknil kot zadnja nemška ladja, pozneje pa sodeloval v oskrbi enot v Tuniziji. Od konca afriške kampanje do decembra leta 1943 je 6. flotilja ob tirenskih obalah opravljala naloge spremstva in razminiranja, januarja naslednjega leta pa so jo predstavili na Jadran. Skupaj s torpedovkami so sedem preostalih minolovcev 6. flotilje prepeljali po cestah od Genove do Piacenze, nato pa po Padu do Benetk, kjer so jih med februarjem in marcem 1944 sestavili in opremili v tamkajšnjem Arzenalu (*Räumboots-Flottillen*, 2022; 6. *Räumbootsflottille*, 2022). Od julija 1943 je 6. flotilji minolovcev poveljeval poročnik bojne ladje (*Kapitänleutnant*) Walter Klemm.

6. flotilja minolovcev je bila vključena v 11. divizijo za zavarovanje (11. *Sicherungsdivision*) pod višjim Poveljstvom admirala Jadrana (*Kommandierender Admiral Adria*), ki so jo sestavljali še dve eskortni flotilji (1. in 2. *Geleitflottille*) s torpedovkami oziroma eskortnimi rušilci (TA-*Torpedobootausland*) in 2. protipodmorniška flotilja (2. *Unterseebootjagdflottille*), v prvi polovici leta 1944 pa sta ji bili priključeni še 6. transportna (6. *Transportflottille*) in 10. desantna flotilja (10. *Landungsflottille*) z desantnimi čolni (MFP), dvotrupnimi splavi, pontoni in vlačilci. Na Jadranu so sočasno delovale še tri flotilje torpednih čolnov (3., 7., 24. *Schnellbootflottille*) v okviru 3. divizije ter skupina minopolagalcev (Freivogel, Rastelli, 2014, 165–170). Aktivnost nemških podmornic na Jadranu je bila v primeravi s 1. svetovno vojno zanemarljiva. Puljsko pristanišče, v katerem je imela eno od svojih oporišč 29. *Unterseebootsflottille*, je kot *U-Stützpunkt* delovalo do konca julija 1944. S samopotopitvijo zadnjih dveh, z letalskimi napadi močno poškodovanih podmornic (U-565 in U-596) iste flotilje v zalivu Scaramanga pred oporiščem Salamina v Saronskem zalivu konec septembra istega leta pa nemška podmorniška dejavnost v celotnem Sredozemlju popolnoma preneha (Alman, 1985; Paterson, 2019, 280–282).

Konec novembra 1944 je bilo Poveljstvo admirala Jadrana ukinjeno, 11. divizija za zavarovanje pa je prešla v sestav Poveljstva mornariške skupine Jug (*Marineoberkommando Süd*), odgovorne za preostanek severnega Jadrana. Od aprila 1944 so minolovci 6. flotilje iz oporišč v Opatiji in Pulju opravljali naloge vzdolž istrske in dalmatinske obale. Iz vojnega dnevnika enote² za 13. 4.³ in 8. 6. 1944⁴ izvemo, da je bil R 15 dodatno oborožen z MG 15 (7,92 mm) in še enim mitraljezom kalibra 15 mm (morda stara verzija MG 151), namesto bolj običajnega para MG 34, ki so v temu času že primanjkovali. R 15 in R 16 sta se v noči s 5. na 6. avgust v Murterskem kanalu zapletla v spopad s partizanskim patroljnim čolnom PČ-22 Streljko.⁵ Nekaj dni pozneje, 12. avgusta, je pred Šibenikom v R 15 trčil torpedni čoln S 629. Zaradi obsežnih poškodb je R 15 močno puščal, po več kot dva tedna trajajočem popravilu v puljskem oporišču pa je bil 31. avgusta vrnjen v uporabo.⁶ V temu obdobju je R 15 opravljal naloge spremstva, prevoza ranjencev in patroljiranja ter bil udeležen v protipartizanskih akcijah na otokih.

Zaradi vse pogostejših letalskih napadov so začele nemške ladje pluti predvsem ponoči, ko jih je bilo težje opaziti. Poleg tega so zavezniki pričeli nastavljeni lastne mine na nemških plovnih poteh. Pri odstranjevanju teh min, ki sta ga 5. septembra 1944 zgodaj zjutraj vršila R 15 in R 12 v bližini Lovrečice pri Umagu, je bila ena usodna za R 12. Pri izvleku čistilnih naprav je ena mina trčila ob krmo in se pri tem sprožila, kar je privedlo do potopitve minolovca in smrti polovice moč 20-članske posadke.⁷ 23. septembra zjutraj je bil R 15 pri plovbi skozi Pašmanski kanal večkrat zadet z mitralješkim ognjem partizanov, vendar ni utrpel večje škode ali žrtev.⁸

Od oktobra 1944 se je operativno območje 6. flotilje, ki je v tem času skupno štela okoli 373 moč, zaradi napredovanja partizanov v obalnem pasu srednje Dalmacije vedno bolj osredotočalo na prostor med Kvarnerjem in Benetkami. V letalskem napadu zaveznikov na Rab 5. novembra je R 15 utrpel več lažjih zadetkov, popravila v Pulju pa so trajala do 22. 11. 1944.⁹ Med drugo polovico decembra 1944 in sredino januarja 1945 je R 15 sodeloval v dveh minskih

² Hrvatski prevod vojnega dnevnika poveljnika 6. flotilje za obdobje od 1. 1. do 15. 9. 1944 in od 31. 1. do 15. 2. 1945 nam je prijazno odstopil Danijel Frka. Gre za enega od prevodov vojnih dnevnikov enot Kriegsmarine na Jadranu, ki temeljijo na gradivu iz NARA in jih je hranil nekdanji Vojno-pomorski muzej (današnji Hrvatski pomorski muzej) v Splitu. Frka je kopije dnevnikov dobil od nekdanjega direktorja muzeja, Vladimirja Isaica.

³ NARA, PG 73451.

⁴ NARA, PG 73452.

⁵ NARA, PG 46525, p. 303.

⁶ NARA, PG 46525, p. 327.

⁷ NARA, PG 46527, p. 426.

⁸ NARA, PG 46527.

⁹ NARA, PG 46531.

nalogah, »Alpha 1« in »Alpha 4 Ost«. 20. januarja 1945 sta R 15 in R 16 s poveljnikom štaba MOK Süd opravila plovbo do Cresa. Zimske razmere v Kvarnerju R 15 niso prizanesle. Januarja 1945 je v razburkanem morju v močni burji utrpel večji vdor vode, zato je bil od konca meseca do 10. februarja spet v puljski ladjedelnici. Med 11. in 15. februarjem, ko se vojni dnevnik 6. flotilje konča, R 15 ni bil na nobeni nalogi. V tem času je kot poveljnik R 15 služil poročnik korvete (*Leutnant zur See*) Storb.¹⁰

V za nemško stran vse slabšem vojnem položaju ni bilo nič varneje niti na privezu, kot kaže primer R 14, ki je v zračnem napadu na tržiško (Monfalcone) pristanišče 16. marca 1945 utrpel nepopravljivo škodo na premcu. Slabi obeti za R 15 so se uresničili v noči s 16. na 17. april, ko je minolovec pod poveljstvom poročnika (*LzS – Leutnant zur See*) Frießa (Paterson, 2017) plul južno od Savudrije. Angleži so okoli 23. ure na radarju opazili konvoj osmih plovil, sestavljen iz treh ladij in petih čolnov. V napad so poslali torpedni čoln (*Motor torpedo boat – 70-ft US Vosper*) HM MTB 409 iz 28. flotilje MTB (glej Reynolds, Cooper, 1999) pod poveljstvom poročnika (*Liutenant*) Clauda Hollowaya, kot spremstvo pa sta sodelovala še torpedna čolna razreda Higgins 78' PT 207 in PT 217 Jugoslovanske kraljeve mornarice v izgnanstvu.¹¹ Zaradi domnevne premoči nemškega konvoja je MTB 409 izstrelil svoje torpede proti zadnji ladji konvoja in nemudoma obrnil proti bazi, da bi se izognil ognjenemu spopadu. En torpedo je zadel svoj cilj in R 15 je potonil. Rešilo se je samo pet članov posadke, med umrlimi pa je bil tudi 21-letni strojniški podčastnik (*Machinenobergefreiter*) Wilhelm Eickerman.¹² Preostalih pet plovil 6. flotilje minolovcev so posadke 2. maja 1945 nasedle na plažo na ustju Tilmenta (*Tagliamento*) in zažgale, same pa so po neuspeh pogovorih s poveljnikom 57. flotilje topnjač in torpedovk (MGB/MTB) britanskih obalnih sil (*Coastal Forces*) izbrale predajo 2. novozelandski diviziji v sestavi 8. britanske armade (glej Pope, 2014, 259–266).

USODA RAZBITINE R 15 IN PREDMETI, DVIGNJENI V 80-IH LETIH

(A. Gaspari, D. Germek)

Nekateri kosi opreme minolovca R 15 so bili dvignjeni takoj po koncu vojne, na kar se morda nanaša dopis Luške kapetanije Piran z dne 26. 6. 1945 (št. 73), ki Luškemu zastopništvu Koper nalaga dvig in razstavitev »nemškega lesenega minopolagalca« (PAK PI 19). Razbitina na globini 25 m okoli tri navtične milje severozahodno od Umaga je ostala v bolj ali manj integralnem stanju vse do 80-ih let 20. stoletja, ko se je na njej večkrat potapljal tudi Zvonimir Kralj, oskrbnik

¹⁰ Dostopni vojni dnevniki (KTB – Kriegstagebuch) 6. flotilje minolovcev se končajo s 15. februarjem 1945, dnevniki poveljstva Marineoberkommando (MOK) Süd iz zadnjih mesecev vojne pa v času priprave prispevka niso bili dostopni. Originalne dokumente Marineoberkommando (MOK) Süd (ustanovljen 1. januarja 1945) hrani Bundesarchiv, Abt. Militärarchiv v Freiburgu (BArch RM 35-III), gradivo na mikrofilmih pa National Archive and Records Administration (NARA) v College Parku v Marylandu (glej Mulligan, 2005, 139, 143, 152–153, 157–158); »KTB Marineoberkommando Süd, 1 Jan–31 Mar 1945: no PG number, roll 4282«.

¹¹ PT 207 in PT 217 sta bila Jugoslovanski kraljevi mornarici v izgnanstvu dodeljena v okviru zavezniške vojaške pomoči oktobra 1944 na Malti skupaj s še šestimi čolni istega tipa in korveto razreda Flower (Freivogel, Rastelli, 2014, 473).

¹² Izguba R 15 na severnem Jadranu oz. »bei Kap Salvo« 16. 4. 1945 je dokumentirana v nemških virih, katerih originali v času priprave prispevka niso bili dostopni. Izjema je šifrirano sporočilo MOK Süd s situacijskim poročilom, pripravljenim 17. 4. 1945 ob 20. uri. Relevanten del sporočila, ki ga je popoldne 18. 4. prestregla ena od britanskih prisluškovalnih postaj (Y-station) in so ga dešifirali v Bletchley Parku, se v angleškem prevodu glasi: »Own R-boat sunk on the level of Umago after being torpedoed.« (TNA, DEFE 3/685, str. 363).

Medtem ko objavljenih spominov Clauda Hollowaya o napadu na konvoj izhaja le, da je bil potopljen eden od »German E-Boats« (28th MTB Flotilla, 2014), pa je v več drugih virih zmotno navedeno, da je bil v napadu na konvoj, sestavljen iz »3 MFP in 5 leichten«, potopljen eden od desantnih čolnov (MFP - Marinefahrpram) (Partizan Naval Battles, 2020). Enaka napaka se ponovi pri Faggioni, 2005, 126.

piranskega akvarija. V letih 1984–1986 je Kralj iz notranjosti razbitine, ki je na morskem dnu ležala obrnjena z dnom navzgor, potegnil signalno pištolo in nahrbtnik, v katerem so bili dvopek, sanitetni material in steklenica z vodo, ob drugi priložnosti pa še dve brzostrelki MP 40 in zabojček z napravo, podobno pisalnemu stroju, za katero se je izkazalo, da gre za mornariško različico elektromehanskega šifrirnega stroja Enigma M4. Enigma je bila v škatli, zraven nje pa še knjižica formata okoli 30 × 20 cm v črnem tisku, ki je kmalu propadla. Naštete predmete je Kralj pobral iz notranjosti trupa v osrednjem delu razbitine, kjer je opazil tudi pleksi steklo iz komandnega mosta. Kralj je predmete z R 15 skupaj z gradivom iz ostalih potopljenih ladij in letal shranil v prostorih Akvarija Piran in jih poskušal po najboljših močeh zaščititi (Kralj, 2022). Pred leti je bil v notranjosti razbitine R 15 najden porcelanski krožnik za skodelico ("Einsatztasse") z znakoma proizvajalca in Kriegsmarine.¹³ Z razbitine R 15 zelo verjetno izvira tudi 20-mm protiletalski top (Flak 38) na stožčasti lafeti (*Sockellefette C/30*)¹⁴, ki so ga okoli leta 1989 piranski ribiči »južno od Savudrije« zajeli v vlečno mrežo in je danes razstavljen ob vhodu v Akvarij Piran (Kralj, 2022). Od razbitine so na površini dna danes vidni le še eden od motorjev z osovino propelerja, nekaj električne opreme in drugih ostankov. Ribiči, med katerimi je bila razbitina znana kot *Ribaltada*, so namreč že pred časom zvezali drugo osovino in jo verjetno skupaj z motorjem potegnili na kopno do Umaga.

Leta 2020 je Kralj že povsem razpadle brzostrelke in ostanke Enigme po posredovanju Danijela Germeka predal Parku vojaške zgodovine (PVZ) v Pivki, ki je predmete zaupal v konservacijo Alešu Jelinčiču, konservatorju pri Muzeju novejšje zgodovine Slovenije. Enigma, ki je bila dvignjena še v integralnem stanju, je v treh desetletjih razpadla.

Pregled ohranjenih delov je pokazal, da so robovi stikalne plošče na nekaj mestih počeni, celotna plošča pa je po dolžini opazno usločena. Manjkajo vsi pokrovi bakelitnih stikal, kar je nenavadno. Enako velja za zlomljeno os bobna z rotorji in koluti. Opisane poškodbe zanesljivo niso nastale po dvigu. Skoraj zagotovo gre za posledico eksplozije torpeda, saj za namerno onesposobitev Enigme tik pred potopitvijo minolovca ni bilo dovolj časa.

KONSERVATORSKE UGOTOVITVE IN POSEGI NA OSTANKIH ENIGME

(A. Jelinčič)

Naprava je v konservatorsko delavnico dospela povsem fragmentirana in brez lesene škatle. Ohranili so se: (1) predelek s kolutama in rotorji s pripadajočimi zobniki, (2) aktuator zobnikov rotorjev, (3) zgornja plošča z režami za rotorje, ključavnico za pokrov predelka, ovalno vtičnico za napajanje ter okvirčkom za namestitev pozivnega znaka postaje, (4) tipkovnica, (5) osvetljena konzola-panel s črkami, (6) stikalna plošča z vtičnicami in vtiči, (7) škatlica z baterijskim vložkom, (8) deli ohišja.

Postopek konservacije se je začel s potopitvijo ohranjenih delov v topilo. Odstranitvi predhodnega premaza, s katerim je najditelj želel zaščititi ostanke, je sledilo večmesečno razsoljevanje v destilirani vodi. Nato so bili posamezni deli očiščeni peska, mulja, lupin školjk in korozijskih produktov. Končna konservacija je obsegala vakuumski postopek impregnacije z 20 % raztopino tanina v alkoholu (96 %) in vakuumsko utrjevanje s Paraloidom B72 v etil acetatu

¹³ Pod znakom proizvajalca, tovarne porcelana Wilhelm Jäger v Eisenbergu v Turingiji, se nahaja znak orla Kriegsmarine z glavo, ki je opazovalcu obrnjena na levo; orel v krempljih drži stiliziran venec, v katerem je po diagonali zasukan kljukast križ-svastika. Pod znakom se nahajata črka M in zadnja številka letnice 1941 (Porzellanfabrik, 2022).

¹⁴ Na plašču cevi so naslednje oznake (podatke po posameznih vrsticah ločimo s poševnico): »2cm Flak 38 MI / W 5319 / (?)ac / .43«, na bazi same cevi pa: »2cm Flak 38 MI / Nr 7512 / RohrNr. 1 / S / b(?)«. Na lafeti je na več mestih vtolčena serijska številka "1167" (glej Stehr, Breyer, 1999, 3–5).

v razmerju 7 %. Nekovinski deli so bili nato premazani z mikrokristaliničnim voskom v čistem bencinu.

Materiali, iz katerih so izdelani ohranjeni deli, so bili opredeljeni kot sledi v nadaljevanju.

Ohišje – železna pločevina, 80–90 % korodirana.

Tipkovnica – podnožje: železna pločevina; sprednja stena: bakelit; tipke: jekleno steblo z vzmetjo; glava tipke: bakelit s črko v beli umetni masi; ožičenje: fino-žilni kabel v izolaciji travno zelene barve; stikalne pozicije: medeninasti vzmetni trakovi.

Konzola z žarnicami in osvetljenimi črkami – spodnja ožičena plošča: verjetno papir v melanitu v 8 slojih s skupno debelino 1 mm (?); kontakti: nemagnetna kovina (medenina, aluminij?); podnožje žarnic: galvansko obdelana medeninasta pločevina (krom, nikelj ?); steklena žarnica: sploščene lečaste oblike v velikosti graha; ožičenje: fino žilni kabel v zeleni izolaciji; nosilec podnožja: železen, prikovičen na nosilec; osvetljena plošča s črkami: na prozorni plošči iz umetne mase najverjetneje s postopkom sitotiska nanešena črna podlaga z belimi črkami, vse skupaj pa pritrjeno na podlago (z luknjami za žarnice) iz bakelita.

Predelek s kolutoma in rotorji – nosilec: železna pločevina; izmenljivi rotorji: bakelitni obroč, na katerem so z belo barvo poudarjene črke, nameščen na aluminijastem kolutu; pogonski zobniki iz bakelita (?); premikalni obroč (eden delno ohranjen): železo; skrajno levi in desni kolut: bakelit.

Stikalna plošča – podnožje: Pertinax oz. Resopal; vtičnice: najverjetneje medenina; paličasti kontakti: najverjetneje medenina, integrirana v bakelitno telo; ožičenje: fino žilni kabel v zeleni izolaciji. Ob kontaktih vtisnjene številke od 1 do 26, poudarjene z belo barvo.

Baterija – skupaj vezani baterijski vložki v škatlici iz impregniranega papirja (pertinax ?); na ohišju prilepljena papirnata oznaka proizvajalca (TANAX); napisi vidni, razen nečitljivega napisa NR: 330 ali 660 (?); vložek vtaknjen v ohišje iz pertinaxa (?); kontakti najverjetneje medeninasti.

OPREDELITEV NAPRAVE Z OPISOM UGOTOVLJENIH ZADNJIH NASTAVITEV

(A. Gaspari)

Preučitev ohranjenih delov je potrdila preliminarno opredelitev različice šifrirnega stroja kot modela M4. To dokazujejo:

- predelek z dvema kolutoma in štirimi rotorji; štiri pogonska zatikala zobniških zaskočk; pokrov bobna ima ohranjeni reži za desna dva koluta; del plošče tik levo manjka, vendar je razvidno, da bi lahko sprejel dve reži);
- na zgornji plošči samo ena ključavnica za pokrov predelka s koluti (model M3 je imel dve);
- stikalna plošča z oštevilčenimi položaji parnih vtičnic in sicer od 1 do 26 (pri modelu M3 številke nastopajo v kombinaciji s črkami);
- prisotnost enojnih vtičnic za preizkus dvožilnega povezovalnega kabla vtičev na straneh stikalne plošče kaže, da gre za šifrirni stroj pozne proizvodnje.

Od ploščice s serijsko številko stroja, nameščene na sredini spodnjega roba plošče s tipkovnico, so se ohranili le ostanek levega roba in pritrtilna vijaka. Oznake in serijske številke kolutov in izmenljivih rotorjev, ki se praviloma ujemajo s serijsko številko stroja, smo skušali razbrati z rentgensko računalniško mikrotomografijo (microXCT) in 3D slikovno analizo, ki je bila izvedena v sodelovanju s strokovnjaki Zavoda za gradbeništvo Slovenije. Z neposrednim

opazovanjem in xCT preiskavo je bilo mogoče ugotoviti naslednjo konfiguracijo in nastavitve¹⁵ rotorjev, gledano od leve proti desni:

- povratni kolut tipa C (UKW-c); oznaka »C.«; serijska številka »M 15648«;
- t. i. dodatni rotor (*Zusatzwalze*) različice gamma; oznaka »γ«; serijska številka »M 15648«; zunanji položaj – *Grundstellung*: P;
- rotor »III«; serijska številka »M 15648«; zunanji položaj: F;
- rotor »VI«; serijska številka »M 15648«; zunanji položaj: E;
- rotor »IV«; serijska številka »M 15648«; zunanji položaj: Y;¹⁶
- stikalna plošča: v času zadnje uporabe je bilo povezanih 10 od 13 parov vtičnic, vendar so kabli propadli, zato kombinacij zasedenih vtičev ni mogoče rekonstruirati. Od 26 vtičnic jih 6 ni zasedenih z vtiči. To so: 1 (A), 5 (E), 7 (G), 9 (I), 19 (S), 26 (Z).

Med vojno so mornariške Enigme izdelovala podjetja Konsky & Krüger v Berlinu (K&K Berlin) in Geyru, Olympia v Erfurtu, Ertel-Werk v Münchnu in Atlas-Werke v Bremnu, vse po licenci inženirskega podjetja Heimsoeth und Rinke. Serijske številke so se dodeljevale v blokih in sicer v obliki petmestnih števil, pred katerimi je bila oznaka M (*Marine*; mornarica), sledili pa so jim koda izdelovalca (Heimsoeth und Rinke = jla; K&K Geyer = gvix; Olympia = aye; Ertel-Werk = bac) in okrajšano leto proizvodnje (npr. 44). Kompoziti mikrotomografskih prereзов povratnega koluta in štirih rotorjev so v vseh primerih pokazali serijsko številko M 15648. Serijske številke strojev ter kolutov in rotorjev mornariških Enigem se praviloma ujemajo, pojav rotorjev z drugimi številkami pa je omejen na redke primere popolnoma ohranjenih Enigem, pri katerih je do zamenjave verjetno prišlo šele po vojni. Glede na povedano tako skoraj ni dvoma, da je tudi Enigma z minolovca R 15 nosila serijsko številko M 15648. Ta je le nekaj mest starejša od Enigme M4 z oznako »M15653/aye/44«, ki jo hrani Royal Naval Flagship Museum v Portsmouthu (Hamer, 2014). Ohranjene mornariške Enigme ((Hamer, 2022) iz bloka serijskih števil M 15118/aye/43 do M 18428/aye/45, kažejo, da je Enigmo M 15648 izdelalo podjetje Olympia Büromaschinenwerke leta 1944.

ENIGMA M4

(A. Gaspari)

Enigma M4 je bila razvita posebej za podmorniške enote nemške mornarice, vendar je prepričanje, da je bila uporabljana izključno na podmornicah, zmotno in posledica napačnega razumevanja zgodovinskih dejstev in tega, da je bil model M4 naprava, ki je februarja 1942 povzročila zastoj v zavezniški kriptografski vojni proti grožnji, ki so jo predstavljale nemške podmornice na Atlantiku (Frode Weierud, osebni vir). Že zgodaj med 2. svetovno vojno je namreč Karla Dönitza, poveljnika nemške podmorniške flote, zaskrbelo zaradi ponavljajočih uspehov zaveznikov proti njegovim podmornicam v Bitki za Atlantik. Čeprav so zavezniki tedaj že redno brali sporočila, šifrirana z zgodnejšimi verzijami Enigem, so bili Nemci prepričani, da to ni mogoče, in zavezniške zmage pripisovali vohunjenju, radarski zaznavi ali naključnim odkrivanjem podmornic. Kljub temu je Dönitz ukazal razvoj posebne Enigme s štirimi rotorji, namenjene predvsem podmornicam (*U-Boote*) in ladjam za oskrbo podmornic ter kopenskim oporiščem za podporo podmorniških operacij (Erskine, Weierud, 1987; Pröse, 2004, 42). Sporočila v kodi "Triton" (angleška oznaka »Shark«), ki so jo podmornice na Atlantiku in v Sredozemlju uporabljale od 5. oktobra 1941, so se z Enigmami s tremi rotorji (M3) kriptirala do

¹⁵ Zadnje položaje kolutov smo določili na podlagi ohranjene (4. rotor) ali rekonstruirane (3., 2., 1. rotor) črke v osi okenc na pokrovu (neohranjeno), t. j. črke ob vdolbini pred najvišjo vdolbino v ozobju rotorja.

¹⁶ V skladu z običajno prakso pri *Kriegsmarine* je enega od dveh skrajno desnih položajev zasedal kolut z dvema zajedama (VI–VIII).

1. februarja 1941, od tedaj pa z novo verzijo s štirimi rotorji. M4 je imela ključno vlogo v bitki za Atlantik in njena uvedba je povzročila popoln obveščevalni mrk v britanski *Government Code and Cypher School* (GC&CS) v Bletchley Parku (Buckinghamshire). Za osebje barake 8 (*Hut 8*) uvedba novega modela Enigme sicer ni bila presenečenje, saj so Britanci za M4 vedeli že zgodaj leta 1941, dokončna potrditev pa je prišla z zaplembo pokrova M4 s podmornice U-570, ki se je 28. avgusta 1941 predala po letalskem napadu južno od Islandije (Erskine, 2011a).

Kripto analitiki so za razbitje ključa M4 potrebovali celih 9 mesecev, za vojne razmere zelo dolgo obdobje. Za dešifiranje sporočil *Kriegsmarine* so Alan Turing in sodelavci na podlagi poljskih dešifrirnih strojev že septembra 1939 razvili elektromehansko kriptanalitsko napravo (*rapid analytical machine* – RAM), t. i. *bombe*, vendar je bila ob uvedbi M4 učinkovitost britanskih *bombes* še nezadostna. Preboj je prinesla zaplemba tabel za kodno mrežo "Heimische Gewässer" in kodnih knjig za signale vremenskih poročil (*Wetterkurzschlüssel*) z dveh nemških, vremenskim opazovanjem prilagojenih ribiških ladij - vlačilk, *Krebs* pri Lofotskem otočju 4. marca 1941, in *München* severno od Islandije 7. maja 1941, zlasti pa pridobitev knjig za kratke signale (*Kurzsignale*), posebnih nastavitev in priročnika za t. i. oficirska sporočila in Enigme s podmornice U-110, ki je bila poškodovana in zajeta ob napadu na zavezniški konvoj pri Grenlandiji dva dni pozneje. Kratke signale, s katerimi je nemška mornarica skrajšala trajanje oddajanja poročil o položaju, situacijah in opažanjih, je bilo namreč mogoče dešifrirati že s standardnimi *bombami*, dešifrirani kratki signali pa so zagotavljali dobre izhodiščne nastavitve tudi za promet ključa "Triton". Nov uspeh v tej smeri je prinesla operacija zajetja vremenske ladje *Lauenburg* 28. junija 1941 pri otoku Jan Mayen v Arktičnem oceanu, saj so v Bletchley Parku vedeli, da nosi mesečne tabele z nastavitvami Enigme (Sebag-Montefiore, 2004, 116–144, 147–150; glej tudi Paterson, 2007, 79–94; Conyers Nesbit, 2008; Erskine, 2008).

Nove težave za GC&CS so nastopile marca 1943, ko je bila uvedena tretja izdaja knjig s kratkimi signali za vremenska poročila, in 1. julija istega leta, ko so Nemci začeli uporabljati novi verziji dodatnega rotorja in povratnega koluta za M4. K razbitju novega sistema je kriptanalitikom iz Bletchley Parka odločilno pripomogla zaplemba kodnih knjig (*Wetterkurzschlüssel* in *Kurzsignalheft*) in zemljevidov ter v celoti ohranjene Enigme iz potapljajoče podmornice U-559, ki so jo 30. oktobra 1942 rušilci Royal Navy izsledili in kritično poškodovali 60 milj pred egiptovskim Port Saidom (Sebag-Montefiore, 2004, 217–224; glej tudi Conyers Nesbit, 2008). Dva od treh članov posadke, ki so se vkrcali na U-559, poročnik Anthony Fason in mornar Colin Grazier, sta pri reševanju gradiva tragično utonila; osebje barake 8 (*Hut 8*) je namreč že ob koncu leta 1941 rekonstruiralo ožičenje rotorja (Beta) in povratnega koluta (B) M4 (Erskine, 2008, 204–205), zato pridobitev Enigme z U-559 ni bila nujna.

Podpisu dogovora o izmenjavi mornariških obveščevalnih podatkov (*naval SIGINT*) oktobra 1942 je sledilo sodelovanje med GC&CS in OP-20-G (*US Navy's naval Enigma section*) pri razvoju zmogljivejše »analitske strojne opreme«. Ob uporabi ameriških, kar 34-krat hitrejših *four-rotor bombes*, ki so jih izdelali v *US Naval Computing Machine Laboratory* v Daytonu (Ohio) pod vodstvom Josepha Descha, so zavezniki od druge polovice leta 1943 prebrali večino sporočil Enigme M4. Po septembru 1943 so bila sporočila v kodi »Shark« običajno dešifrirana v okoli 24 urah, od konca istega leta pa je bil zanje v celoti zadolžen OP-20-G, ki je v tem času razpolagal z okoli 75 bombami. Ameriški uspehi v dešifriranju so ključno prispevali k potopitvi več tankerjev ("Milchkuh") in drugih ladij za oskrbo podmornic na Atlantiku v sredini leta 1943, ki so se morale odslej pogosteje vračati v oporišča na francoski zahodni obali.

Nadaljnji napredek je prineslo ameriško zajetje podmornice U-505, ki so jo 4. junija 1944 okoli 150 milj od obale Zahodne Sahare zadetki globinskih bomb prisilili k dvigu na površino. Poskus posadke, da bi potopila podmornico, ni uspel, saj so se nanjo v zahtevnem manevru vkrcali možje z USS Pillsbury (DE-133) ter zaprli ventile in razorožili naboje za samouničenje. Poleg intaktne Enigme so s podmornice, ki je bila v nadaljevanju čez Atlantik odvedena na Bermude

(od 1954 je U-505 razstavljena v Muzeju znanosti in industrije v Chicagu), prinesli knjige z oficirskimi in običajnimi nastavitvami za junij 1944, veljavno kodno knjigo kratkih vremenskih sporočil, nove verzije bigramskih tabel in knjigo kratkih signalov ter knjigo (*Adressbuch*) s kodami označb kvadrantov na mrežni karti (glej Ulbricht, 2005, 38–40). Slednja je službam za sledenje podmornicam v Londonu in Washingtonu prvič omogočila takošnjo identifikacijo položajnih referenc iz dešifriranih sporočil (Sebag-Montefiore, 2004, 280–285).

Mornariški radijski promet, s katerim se je ukvarjalo osebje barake 8 v BP, je po maju 1944 prestrezalo 23 postaj HF-DF (*high-frequency direction-finding*) na atlantskih obalah, svoje postaje je imela tudi ameriška mornarica (Erskine, 2011a). Dnevni promet sporočil *Kriegsmarine* je med vojno stalno naraščal, od okoli 300 sporočil v letu 1940 pa vse do 1500–2000 sporočil v letih 1944–1945. Sočasno se je povečevalo tudi število ključev, in sicer z enega glavnega ključa v letu 1941 ("Heimische Gewässer", pozneje "Hydra", ang. »Dolphin«, in pripadajočega oficirskega, »Oyster«) do okoli 20 ključev ob koncu vojne. Po novembru 1944 je *Kriegsmarine* začela posameznim podmornicam izdajati t. i. posebne ključe (*Sonderschlüssel*), ki so bili praktično nezlomljivi (prvega je OP-20-G razbil šele v začetku aprila 1945), kar je zaveznikom onemogočilo dostop do vseh operativnih informacij o delovanju podmornic v zadnjih mesecih vojne (Erskine, 2011a). Večino drugih ključev so zavezniški analitiki razbili praviloma kmalu po uvedbi ali pa so posamezna, z njimi kodirana sporočila dešifrirali dovolj pogosto za oceno, da niso vredni nadaljnjega truda (Alexander, 1945, 15–16). Anglo-ameriško sodelovanje je bilo zahvaljujoč odličnim odnosom med barako 8 in OP-20-G zelo uspešno: od 1.550.000 prestreženih sporočil mornariške Enigme so jih v baraki 8 dešifrirali 1.120.000 (Mahon, 1945). Od tega so jih admiraliteti in *Operational Intelligence Centre* (OIC) posredovali le okoli 530.000, saj je veliko sporočil prinašalo le vremenske razmere in druge, operativno nezanimive podatke (Erskine, 2011a).

Informacije iz dešifriranih sporočil Enigme so v Veliki Britaniji dobile najvišjo stopnjo tajnosti (»Ultra«) in so ostale omejene na ozek krog poveljnikov in štabnih častnikov. V Berlinu kljub opozorilnim znakom, ki so kazali na razbitje šifer, ni nikoli prišlo do preizpraševanja temeljnih načel zavarovanja komunikacij. Tudi poveljnik podmorniške flote (*Befehlshaber der U-Boote*; BdU), admiral Karl Dönitz, ki ni docela zaupal domnevni varnosti ključev, še po koncu bitke za Atlantik ni verjel, da so zavezniki položaje in namene podmornic razkrili s kriptanalizo, ne pa z radarsko tehniko ali radiogoniometrianjem. Kljub temu, da je Abwehr 10. avgusta 1943 dobil jasno sporočilo agenta ("V-Mann") v ameriškem ministrstvu za pomorstvo, da zavezniki že nekaj mesecev berejo šifrirane ukaze podmornicam, temu Poveljstvo pomorskega vojskovanja (*Seekriegsleitung*; Skl) ni docela verjelo, uvedene izboljšave (npr. dvojno šifriranje sporočil) pa niso za dolgo preprečile nadaljnjih ladijskih in letalskih napadov na kraje srečanj podmornic in oskrbovalnih ladij. Šele po nizu izgub v februarju in marcu 1944 sta BdU in poveljnik *Marinenachrichtendienst* (MND; Pomorska/mornariška obveščevalna služba) prišla do sklepa, da nasprotnik do vedenja o krajih srečanj na morju ni prišel z radiogoniometrijo, temveč z branjem radijskih sporočil ali izdajo. Tudi tokrat dodatni varnostni ukrepi niso za dolgo odvrnili napadov, vendar so v MND še naprej brezpogojno zaupali Enigmi. Tovrstna »čudna naključja« so interpretirali kot posledico zaplembe nepoškodovane naprave skupaj z mesečnim ključem, ki se je tako ali tako menjal, kompromitiranje celotnega sistema šifriranja pa so zavračali kot nemogoče (Rahn, 2002).

Tudi za zavezniško stran je bila tajnost uspehov pri dešifriranju sporočil Enigme ultimativnega pomena, kar odsevajo tudi varnostno-obveščevalni ukrepi ob zaplembah kodnih knjig, Enigem ali podmornic, vključno s takojšnjo izolacijo rešenih nemških posadk in zavezovanjem oči. Med tvegane podvige, ki bi lahko Nemcem razkrili, da je bila njihova koda kompromitirana, sodijo zlasti poskusi reševanj podmornic in namere njihove vleke v najbližja pristanišča, saj bi jih lahko opazovale druge podmornice. Kot tovrstna primera se navajata že omenjena U-505 in U-

205, ki je bila 17. februarja 1943 močno poškodovana med napadom na konvoj 80 milj severovzhodno od Benghazija na libijski obali. Po tveganem vkrcanju skupine mornarjev z rušilca HMS Paladin (G69) ki je prineslo zaplembo *Kennggruppenbuch* (knjiga z indikatorji sporočil) in *Zuteilungsliste* (dodelitveni seznam), je korveta HMS Gloxinia (K22) poskusila odvleči podmornico v bližnji zaliv pri rtu Ras el Hilal, vendar se je potopila okoli kilometer od obale, 40 m globoko (Sebag-Montefiore, 2004, 227–230; Conyers Nesbit, 2008). Poseben komitee GC&CS, ki je domneval, da sta na podmornici ob Enigmi tudi novi gamma rotor in pripadajoči povratni kolut C (glej v nadaljevanju), je za njuno pridobitev predlagal celo poseg mornariških potapljačev z delovno opremo, vendar ni jasno, ali je bil tak potop v podmornico tudi izvršen (glej Erskine, 2008, 207). Podobna odločitev za poskus reševanja U-505 4. junija 1944, dva dni pred izkrcanjem v Normandiji, je kapitana Daniela Gallerya, poveljnika ameriške eskadre, skoraj privedla pred vojaško sodišče (Sebag-Montefiore, 2004, 284–285). Da je bila skrb upravičena, dokazuje kriptirano sporočilo zajetega oficirja iz konca 1944, da je nasprotnik zajel nedotaknjeno podmornico skupaj z njenimi komunikacijskim gradivom (Rahn, 2002, 151). Uspehi zavezniških kriptanalitikov in junaštva zaslužnih za tvegane zaplembe obveščevalnega gradiva s potapljačih podmornic so postali javnosti znani šele v sedemdesetih letih. Za del podatkov je bila stopnja tajnosti umaknjena šele nedavno (2016), medtem ko je večji del zaplenjenih kodnih knjig s ključi še vedno v trezorjih ameriške *National Security Agency* in javnosti nedostopen.

Šifrirni stroj M4 (»*Schlüsselmaschine ENIGMA*«, *Funkschlüssel M Form M 4* ali krajše *Schlüssel M4*) je bil razvit kot varnejša različica mornariške Enigme tipa M3, zasnovane na modelu Enigma I, ki sta ga uporabljala nemška vojska in letalstvo. Enigma M3 je imela tri zamenljive šifrirne rotorje, fiksen povratni kolut (*Umkehrwalze*) in stikalno ploščo z vtičnicami (*Steckerbrett*). Opremljena je bila z osmimi različnimi šifrirnimi rotorji (I–VIII), od katerih so bili v stroju samo trije naenkrat. Prvih pet rotorjev (I–V; t. i. sigma rotorji) je bilo identičnih tistim, ki so jih uporabljale Enigme vojske (*Heer*), trije (VI–VIII; t. i. delta rotorji) pa so bili namenjeni samo Kriegsmarine. Drugače od vojske se je mornarica odločila, da bo namesto številčk (01–26) na obodu rotorjev uporabljala črke (A–Z). Sigma (I–V) in delta (VI–VIII) rotorji so imeli gibljiv obroč, ki je premikal stike neodvisno od oznak na rotorju in ga je bilo potrebno nastaviti (*Ringstellung*). Rotorji od I do V so imeli to urejeno z zatičem na vzmet, pri mornariških rotorjih VI do VIII pa je bilo treba za premik hkrati stisniti oba zaključka nesklenjenega obroča (objemke). Eden od treh rotorjev v stroju je moral biti izbran izmed mornariških rotorjev, in taistega niso smeli uporabljati v istem položaju več kot en dan.

Pri modelu M4 so levo od treh zamenljivih rotorjev namestili še en dodaten rotor (*Zusatzwalze*; ZW), ki je kodirnemu algoritmu prispeval še dodatno stopnjo. Namestitev četrtega rotorja je zahtevala stanjšanje povratnega koluta, pa tudi manjšo debelino samega dodatnega rotorja. Dodaten rotor z verzijama *Beta* (IX) in *Gamma* (X), zato imenovan tudi *Griechenwalze*, je bil fiksno nameščen skupaj s stanjšanim povratnim kolutom, zato se med vnašanjem sporočila ni premikal in ni bil zamenljiv z drugimi rotorji. V notranjih nastavitvah (*Innere Einstellung*) ključa za posamezen dan v mesecu so bili položaji rotorjev (*Walzenlage*) navedeni v vrstnem redu od leve proti desni: povratni kolut, statični *Zusatz-* oz. *Griechenwalze*, nato levi, t. j. počasi vrteči rotor, srednji rotor in končno desni, hitro vrteči rotor.

Povratni kolut B (»Bruno«) z dodatnim rotorjem β je na območju ključa "Triton" oz. »Shark« (podmornice na Atlantiku in v Sredozemlju) stopil v uporabo 1. februarja 1942, s 1. julijem 1943 pa je bila uvedena tudi druga različica dodatnega rotorja (γ) s pripadajočim povratnim kolutom C ("Caesar") (Hammarborg, 1954, 163–166; Ulbricht, 2005, 9–10). Sporočil, kodiranih z uporabo rotorja gamma, zavezniki niso zmogli dešifrirati vse do septembra 1943. Oba dodatna rotorja sta bila zamenljiva in so ju mesečno menjali, pri čemer pa sta do februarja 1945 začetna nastavitvev dodatnega rotorja (*Grundstellung*) in nastavitvev njegovega obroča (*Ringstellung*)

ostala na A. Tako UKW kot dodatni (4.) rotor sta namreč ožičena na način, da je bila v primeru te nastavitve Enigma M4 kompatibilna oz. si je lahko izmenjevala sporočila z modelom M3 (Hammarborg, 1954, 163–164; Rijmenants, 2004; Weiereud, 2022, osebna komunikacija). Povedano drugače: kombinacija M4 UKW B + ZW beta je identična M3 z navadnim (širokim) UKW tipa B, kombinacija M4 UKW C + ZW gamma pa identična M3 z navadnim UKW tipa C. Znano je, da so zlasti v domačih vodah in v Sredozemlju Enigme M4 večino časa uporabljali v načinu, kompatibilnem z modelom s tremi rotorji (M3), v zadnjih dveh mesecih vojne pa so nastavitve dodatnega rotorja začeli spreminjati tako kot pri ostalih treh rotorjih.

Zasnova tipkovnice in plošče z osvetljenimi črkami je standardne nemške razporeditve (QWERTZU...). Pri vnašanju sporočil se je ob vsakem pritisku na tipko najbolj desni rotor zavrtel za en korak ($1/26$), kar je povzročilo drugačno povezavo v notranjem ožičenju in posledično drugačno kodiranje po vnosu vsake črke. Obrat rotorja je namreč povzročil, da se je ista črka ob naslednjem pritisku tipke šifrirala drugače. Enigma je torej delovala na principu polialfabetске substitucije, v primeru, da se rotorji ne bi obračali, pa bi tudi z njeno uporabo dobili bistveno manj varno monoalfabetško substitucijo.

V setu 8 izmenljivih rotorjev ima pet rotorjev (I–V) na obodu en utor, trije (VI, VII, VIII) pa dva utora, postavljena nasproti drug drugemu. Tako sta se ob vsaki rotaciji desnega rotorja lahko, ne pa vedno, zavrtela tudi druga dva rotorja. Vsak nov položaj je vzpostavil električni krogotok. Za še dodatno šifriranje je imela Enigma na sprednji strani stikalno ploščo, ki je omogočala parno zamenjavo črk z vtiči, ki so tipkovnico povezovali s statičnim vstopnim kolutom. Vsaka naprava je bila opremljena z 12 dvožilnimi kabli, dolgimi okoli 20 cm, ki so imeli na koncih bakelitna vtiča z enim debelejšim (4 mm) in enim tanjšim (3 mm) paličastim kontaktom, navzkrižno povezana z enožilnima žicama. Kontakta sta se prilegala vtičnici s parnimi luknjama različnih premerov, zato ju ni bilo mogoče pomotoma zamenjati. Bakelitna ohišja vtičev niso bila oštevilčena ali kako drugače označena. Zasnova je omogočala vzpostavitev od nič do 13 kontaktov, kar je pomenilo, da je bilo lahko zamenjanih od nič do 13 parov črk. Kot izhaja iz navodil za uporabo M4 so med vojno navadno uporabili 10 kablov, dva rezervna pa sta bila shranjena na notranji strani pokrova škatle.

Pritisk na eno od 26 tipk je vzpostavil povezavo s stikalno ploščo, od koder je tok stekel v statični vstopni kolut (*Eintrittwalze*), iz njega pa v skrajno desni rotor. Ta je tok prenesel na druge rotorje proti levi in preko njih do reflektorja-povratnega koluta (*Umkehrwalze*). Slednji je tok poslal v obratni smeri preko rotorjev nazaj do vstopnega koluta, nato nazaj na stikalno ploščo, z nje pa na panel in osvetlil ustrezno črko. Ob sprostitvi tipke je bil tokokrog prekinjen in žarnica pod črko na panelu je ugasnila. Stroj je bil zasnovan tako, da se posamezne črke niso mogle šifrirati same vase.

Po enem od izračunov je model M4 z dodatnim rotorjem omogočal $3,1 \times 10^{25}$ različnih kombinacij oziroma nekaj manj, ker je vojna mornarica vedno uporabljala najmanj enega od njenih treh zamenljivih rotorjev. M4 je zagotavljal skoraj 300-krat večjo matematično varnost od Enigme, ki jo je uporabljala vojska (*Heer*) (Rijmenants, 2004). Vseh teoretično možnih nastavitve stroja M4 naj bi bilo astronomskih 2×10^{145} (Miller, 2019, 14).

POSTOPEK UPORABE

(A. Gaspari)

Pred postopkom šifriranja je morala biti Enigma nastavljena na način, ki je bil znan obema stranema v komunikaciji. To je vključevalo izbor, razmestitev (*Walzenlage*) in začetni položaj vsakega rotorja (*Grundstellung*) ter nastavitve obroča s kazalcem (*Ringstellung*). Za pravilno enkripcijo in dešifriranje sporočila sta morala pošiljatelj in prejemnik nastaviti svoje Enigme na

popolnoma enak način. Postopek uporabe naprave M4, ki je dobila ime po različici operativnega postopka in ne po četrtem kolutu, se je začel z izbiro ključa iz kodnih knjig in tabel. Tabele s ključi za mornariške Enigme so bile sestavljene iz dveh delov: prvi *Schlüsseltafel M Allgemein - Innere Einstellung* (notranje nastavitve) je prinašal izbor treh rotorjev in njihovih položajev (*Walzenlage*) ter nastavitve njihovih obročev (*Ringstellung*), izbor in nastavitve tankega rotorja *beta* ali *gamma* in reflektorja-povratnega koluta, in sicer samo za lihe dni v mesecu. Drugi del *Schlüsseltafel M Allgemein - Aussere Einstellung* (zunanje nastavitve) je vseboval kombinacije parov vtičnic na stikalni plošči (*Steckerverbindungen*) in nastavitve štirih rotorjev (*Grundstellung*) za vse dni v mesecu (Rijmenants, 2010, 332).

Notranje nastavitve iz posameznega ključa so se sprva menjale ob polnoči, zunanje nastavitve pa opoldne. Po 1. juliju 1942 naprej so se tako notranje kot zunanje nastavitve menjale ob 12:00 D.G.Z. (*Deutsche Gesetzliche Zeit*), kar je npr. za nemške podmornice, ki so delovale ob ameriški vzhodni obali, pomenilo zgodaj zjutraj. Notranje nastavitve naj bi bile opravilo častnika, vendar je tudi te v praksi običajno izvedel radijski operater, največkrat *Funkmaat* ali *Oberfunkmaat* (Bauer, Erskine, Herold, 1997, 35).

V primeru mornariških *Kennguppen* je moral operater za določitev ključa, uporabljenega za posamezno sporočilo, izbrati dve skupini po tri črke (*Trigram*) iz posebne knjige (*Kenngruppenbuch*) za posamezno območje veljavnosti ključa (*Schlüsselbereich*), in sicer *Schlüsselkenngruppe* za identifikacijo ključa in *Verfahrenkenngruppe* za pridobitev ključa sporočila (*Spruchschlüssel*). Z Enigmo v začetnem položaju je operater najprej vtipkal trigram *Verfahrenkenngruppe* in dobil ključ za sporočilo, ki je prinašal začetne nastavitve rotorjev za šifriranje sporočila. Trigrama za *Schlüsselkenngruppe* in *Verfahrenkenngruppe* sta tvorila indikator sporočila (ključ za sporočilo), ki je bil dodatno šifriran s pomočjo tabele za pretvorbo parov črk – bigram (*Doppelbuchstabentauschtafel*) preden je bil poslan skupaj s šifriranim sporočilom. Obstajalo je devet tabel za pretvorbo parov črk, označenih od A do J, ki so jih za posamezen dan izbirali glede na koledar. Pri Enigmah s tremi rotorji so oba trigrama identifikatorjev sporočila zapisali enega pod drugega ter na začetek prvega in na konec drugega dodali poljubno črko. Navpične pare črk (bigrame) iz obeh indikatorjev besedila so nato kodirali s pomočjo tabel. Z enako tabelo je operater prejemnika sporočila je dešifriral 8 črk indikatorja sporočila. Prvi trigram mu je pokazal ustrezen ključ. Nato je z rotorji v začetnem položaju vtipkal drugi trigram. Pridobljeni trigram je dal ključ sporočila, na podlagi katerega je nastavljal začetne položaje rotorjev za dešifriranje preostalega sporočila. Pri Enigmah s štirimi rotorji so namesto treh in ene naključne črke uporabljali štiri črke (Rijmenants, 2010).

V primeru mornariških Enigem je bilo samo besedilo sporočila (*Klarspruch*) razdeljeno v skupine po štiri črke. Na začetku sta indikatorja s po štirimi črkami, ki se ponovita na koncu sporočila, kar je tako prijateljski kot nasprotni strani omogočilo takojšnjo prepoznavo signalov mornariške Enigme. Šifrirano besedilo je bilo nato po radijski povezavi, običajno v Morsejevi abecedi, poslano operaterju druge Enigme. Ta je prepis šifriranega besedila je vtipkal v stroj z enakimi dnevnimi nastavitvami in sicer je s pomočjo tabel z bigrami najprej dešifriral oba indikatorja sporočila in na ta način pridobil kodiran ključ sporočila. Tega je vtipkal in dobil dešifriran ključ za nastavitve rotorjev, nato pa vtipkal šifrirano besedilo sporočila in sproti zapisoval osvetljene črke, ki so dale končno besedilo. Po enem od pričevanj je šifriranje sporočila s 40 skupinami (160 črk) operaterju in častniku za zvezo vzelo najmanj 5 minut (Erskine, 2011b).

Nemška vojna mornarica je na začetku uporabljala le omejeno število komunikacijskih ključev, t. j. radijskih komunikacij z dnevnimi ključi. Vsako območje delovanja je imelo svoje ključe in postopke uporabe. Tri glavna območja oz. kodne mreže so bile sprva "Heimische Gewässer" (od januarja 1943 "Hydra", zavezniška oznaka »Dolphin«), "Auserheimische Gewässer" (od januarja 1943 "Ägir"; »Pike«) in "Süd" za Sredozemlje in črnomoško območje. Uporabljale so jih

podmornice, večina ladij in obalna obramba ter druge enote. Nekatera standardna sporočila so bila pred šifriranjem z Enigmo zakodirana s kodno knjigo kratkih signalov (*Kurzsignalheft*), z namenom skrajšanja časa za prenos.

V začetku oktobra 1941 je bil za podmornice na Atlantiku uveden ključ "Front-U-Boote", od februarja 1942 uradno imenovan "Triton" (»Shark«), bojne ladje pa so uporabljale ključ "Kernflotte" (od januarja 1943 »Neptun«), ki ga kriptanalitikom v Bletchley Parku ni uspelo nikoli razbiti.

Podmornice v Sredozemlju so ključ Süd uporabljale le med novembrom in decembrom 1941, nato "Triton", junija 1943 pa je sledila uvedba ključa "Medusa" (»Turtle«), ki je bil opuščen avgusta 1944. Kodno mrežo "Süd" so oktobra 1943 razdelili na ključe "Hermes" (»Porpoise«) za Sredozemlje, "Poseidon" (»Grampus«) za Črno morje in "Uranus" (»Trumpeter«) za Balkan oziroma Oberkommando der Kriegsmarine (OKM) – Marineoberkommando (MOK) Süd/Südost (od oktobra 1943, dešifriran aprila 1944). Ključ M "Hermes", prvotno M "Süd", je bil 1. oktobra 1944 razdeljen na ključ M "Wotan" (»Bloater«) za Jadran in M "Athen" (»Catfish«) za Egejo, za ključ komunikacij za Italijo pa je bil zadržan naziv »Porpoise« (German Naval Ciphers, 94–95, fig. 24b; Ulbricht, 2005, 28; Funkaufklärung, 2022). »Bloater« je ob uvedbi uporabljal septembrske ključe »Porpoise«, 15. novembra 1944 pa je postal samostojen ključ. Analitsko osebje iz barake 8 v Bletchley Parku ključa »Bloater« zaradi nerazpoložljivosti *bombe* in pomanjkanja zanimanja za z njim kriptirana sporočila ni razbilo do 12. januarja 1945, ko se je ponovno združil s »Porpoise« (Alexander, 1945, 78; Mahon, 1945, 104). Februarja 1945 sta bila za pomorske sile v vzhodnem Sredozemlju uvedena nova samostojna ključa in sicer "Albanien" za južni Jadran in "Agäis" za Egejo (Rohwer, 2018). Ključ Hermes je bil v uporabi vse do maja 1945 (Erskine, 1996, op. 8); kot zanimivost omenimo, da je bilo eno od zadnjih dešifriranih sporočil, domnevno iz okvira ključev kodne mreže Süd, poslano iz Vižmarij pri Ljubljani 4. 5. 1945.¹⁷

Zgoraj opisan postopek šifriranja sporočil so uporabljali le na območjih glavnih kodnih mrež, na manj pomembnih območjih, kot so npr. Črno morje, Balkan in Daljni Vzhod, ter na območju kodne mreže Süd, pa so se namesto zapletene izbire ključev sporočil s pomočjo *Kennguppenbuch* in *Doppelbuchstabentauschtafel* zanašali na manj varen način s šifriranjem podvojenega ključa sporočila iz treh naključno izbranih črk (trigrama), kakršnega sta vojska in letalstvo uporabljala do 15. septembra 1938, mornarica pa ga je opustila že 1. maja 1937 (Erskine, 1996; id., 2011a; Rijmenants, 2010, 337). Ta sistem ni sledil *Kennguppenverfahren*; z rotorji v dnevnem začetnem položaju (*Grundstellung*), ki je bil skupen za vse Enigme kodne mreže Süd, je operater sam določil ključ sporočila. Tri naključno izbrane črke je vtipkal dvakrat zapored in dobil šifrirana trigrama (npr. SCD PJJ), ki jima je dodal črki navpičnega bigrama (npr. DA) kot indikatorja specifične kode. Dobljeni skupini po štiri črke (DSCD APJJ) sta se ponovili na začetku in koncu sporočila (Erskine, 1996, 469). Privzem sistema dvojnega šifriranja indikatorjev ključev sporočil (t.i. *throw-on* oz. *boxing indicators*, kot so jih imenovali v BP) v kodnih mrežah *Kriegsmarine* R. Erskine opisuje kot katastrofalno, skoraj neverjetno napako. Dvojno kodiranje indikatorja iz treh enakih črk je namreč ustvarjalo vpadljive vzorce (t.i. *females*), ki so bili zlata jama spoznanj za osebje Hut 8 in OP-20-G, tudi za vojno na kopenskih območjih kodne mreže Süd (vse do južne Rusije). Vsi trije veljavni ključi te mreže, "Poseidon", "Uranus" in "Hermes", so šifriranje podvojenih indikatorjev uporabljali vsaj do januarja 1944, najpozneje junija istega leta pa so pri modelih M4 začeli uporabljati 4-črkovni ključ sporočila (Ulbricht, 2005, 31–32). Kodna mreža Süd s podrejenimi ključi je skupno dala čez 115.000 dešifriranih sporočil, ki se hranijo v dveh serijah, pri čemer druga morda vsebuje tudi spročila v drugih šifrah Enigme (Erskine, 1996, op. 18; id., 2011a).

¹⁷ TNA, DEFE 3/685, p. 626.

Poleg Enigme so bila plovila opremljena tudi z *RHV – Reservehandverfahren*, rezervnim ročnim sistemom kriptiranja, pri katerem je operater besedilo sporočila najprej prenesel v okvir na listu papirja, nato pa s pomočjo kodnih tabel (Bigram) zamenjal pare črk. Radijsko sporočilo, kodirano z *RHV*, je bilo videti enako kot sporočilo kriptirano z Enigmo (Ulbricht, 2005, 46–48; Horenberg, 2012–2021).

Od začetka vojne je nemška mornarica za obalni radijski promet uporabljala tudi vrsto dve- in tričrkovnih kod, od katerih jih je bila večina zelo kmalu opuščena. Med t.i. manjšimi kodami preglednica iz dokumenta (German Naval Ciphers, fig. 34) v hrambi NARA navaja tudi kodne signale iz parov črk, ki so jim zavezniki zaradi indikatorja LL nadeli oznako "LL signals" in so jih uporabljala manjša plovila v Sredozemlju, vključno z Jadranom, za posredovanje »obveščevalnih podatkov«. Ti ključi iz parov črk, osnovani na principu »vertical bigrammatic substitution«, naj bi bili taktične narave in navadno niso bili veljavni več kot nekaj tednov. Za njihovo kriptiranje niso uporabljali Enigme, temveč kodne tabele. Zapisi iz dostopnih dnevnikov MOK Triest (MOK Triest, 1944) pred sporočili s posameznih plovil vsebujejo le oznako FT, t.j.

Funktelegraphiemeldung,¹⁸ vendar naj to ne bi povedalo ničesar o načinu kriptiranja (Weierud, 2022). Vsaj del odgovora na to vprašanje ponujajo dešifrirani in prevedeni ukazi, ki jih je Marineoberkommando Süd izdajal za posamezne naloge ob zahodni obali Istre in jih danes na mikrofilmih hrani britanski državni arhiv (The National Archives) v Kew-u, fond DEFE 3. Tak ukaz z 18. aprila 1945, torej le dan po potopitvi R 15, poleg sestave skupine plovil, območja delovanja, hitrosti plovbe in poveljnika, določa tudi način komuniciranja, ki se v prevodu osebja iz barake 4 v Bletchley Parku bere: »W/T watch on coastal short wave Adriatic, ((cyphers))«. ¹⁹

SKLEP

Od leta 1941 naprej so od mornariških Enigem izdelovali samo model M4, zato so to napravo distribuirali vsem mornariškim enotam in obalnim položajem, ki so uporabljali Enigmo. Zgodnejši modeli s tremi rotorji, M1, M1a, M2, M2a in M3, ki so jih v letih 1934–1940 izdelali le v razmeroma majhnem številu, skupno nekaj manj kot tisoč, so ostali v rabi, vendar le na manjših in manj pomembnih plovilih na obalnih območjih, kot je npr. Baltik. Do konca vojne je bilo skupno izdelanih čez 11.950 Enigem modelov M1 do M4, od tega več kot dve tretjini M4. Enigme M4 so bile zato večino vojne nastavljene na način, ki je omogočal izmenjavo z modeli s tremi rotorji, vključno z Enigmami modela I (t. j. naprav, katerih serijska številka se začne s črko A) za vojsko (*Heer*), letalstvo (*Luftwaffe*) in SS, izdelanih v več kot 20.000 primerkih. Od februarja 1942, ko je model M4 prešel v uporabo, so z njim opremili 700 do 800 podmornic, večinoma s po dvema Enigmama na vsako (potrebovali so dva stroja z različnima nastavitvama za čas ob menjavi ključa), ostali pa so bili dodeljeni drugim enotam Kriegsmarine. Število v celoti ohranjenih primerkov M4 je zelo nizko, tudi zato, ker so imeli kapitani podmornic in drugih plovil strikten ukaz, da v primeru zajetja razbijejo svoje naprave in jih vržejo čez krov, oziroma so jih uničile posadke ob koncu vojne. Po nekaterih virih naj bi vojno preživel manj kot 120 popolnih naprav modela M4, vse pa so končale v rokah pomorskih sil zavezniških držav. V celoti ohranjeni primerki večinoma izvirajo iz poveljniških in komunikacijskih položajev na

¹⁸ Pravilnik za uporabo mornariških Enigem za častnike in štabe iz leta 1940, ki se je uporabljal za nadaljni žični prenos prejetih radijskih sporočil s posebej tajno vsebino (Ulbricht, 2005, 32), napotuje na njihovo označitev z »*Geheimverschlüsselt FT*« (Oberkommando der Kriegsmarine, 1940). Iz uvodnih pojasnil je razvidno, da se je B-izdaja navodil (natisnjena v rdeči barvi, topni v vodi) razdeljevala osebju šifrirne službe častnikov ali poveljstev od bojnih ladij do oskrbovalnih plovil, vključno z minopolaganci in minolovci. Pravilnik navaja, da mora biti B-izdaja hranjena na način, da jo lahko doseže voda, v primeru, da grozi nevarnost dospelja v roke sovražnika.

¹⁹ TNA, DEFE 3/685, p. 351.

kopnem ter so še danes pretežno v trezorjih obveščevalnih služb, le manjši del pa v hrambi muzejev in zbiralcev. Skupno je bilo leta 2017 evidentiranih 83 primerkov mornariških Enigem v različnem stanju ohranjenosti, od tega 2 primerka modela M1, 3 primerki M2 in 2 primerka M3, preostale pa so modela M4. Od okoli 50 popolnoma ohranjenih Enigem vseh tipov, ki so na ogled javnosti v muzejih po svetu in vključujejo primerek standardne, A izvedbe v hrambi Muzeja novejšje zgodovine Slovenije (A 14362/jla/42), jih 7 pripada modelu M4. V ta pregled niso bile vštete Enigma modela M2 (M1227), razstavljene v Vojnem muzeju v Beogradu, ter trije primerki modela M4 (M7976/jla/44, M7968/jla/44, M7969/jla/44) in deli sedmih drugih Enigem, ki so še pod pristojnostjo Ministrstva za obrambo Republike Srbije. Vse od omenjenih naprav naj bi bile zaplenjene umikajočim enotam nemške armadne skupine E, ki so jim bile priključene tudi enote Kriegsmarine s Črnega morja in pomorskih oporišč v Grčiji (glej Kovač, 2017, 33–42).

Med najdbami iz arheoloških kontekstov velja izpostaviti ostanke dveh Enigem M4 iz podmornice U-85, ki jo je potopil rušilec USS Jesse Roper aprila 1942 pri Bodie Islandu, 15 nm od vzhodne obale ZDA. Avgusta 1997 in junija 2001 so potapljači iz sobe za radijsko komunikacijo (*Funkraum*) dvignili dve Enigmi M4 (M2946 in M3131) skupaj s pripadajočima škatlama z dodatnimi rotorji, iz sosednjega prostora s sonarjem pa še fragmente obrazcev za radijska sporočila in nekaj strani knjige s kodami za signaliziranje s semaforскими zastavicami med nemškimi vojnimi in trgovskimi ladjami (Hamer, 2003). Bolje ohranjena Enigma je danes v hrambi Pomorskega muzeja Hatteras (North Carolina), tja pa je dospela po doseženem dogovoru med vladama Združenih držav in Nemčije. Ker se podmornica ni predala (ob zapustitvi so utonili vsi člani posadke oziroma so bili ubiti, ko je rušilec zaplul skozi), je *U-Boot 85* z vsemi premočninami še vedno last Nemčije, zato je bil dvig artefaktov iz razbitine brez ustreznega dovoljenja nemških oblasti nezakonit (Hadley, 2003).²⁰ Manj jasno je ozadje potopitve kar sedmih naključnih najdb Enigem ob nemški obali Baltika, na katere so nedavno naleteli potapljači pri Geltingu (2020) in v pristanišču Kappeln (2021), nedaleč od Flensburga, ter jih predali Deželni arheološki službi (Archäologisches Landesamt Schleswig-Holstein). Tako model M4 iz zaliva pri Geltingu kot šest Enigem iz Kappeln (tri M4 in najmanj dve Enigmi M3) so še vedno v postopku konservacije v Museum für Archäologie Gottorf. Najdba iz zaliva Gelting najverjetneje izvira z ene od 50 podmornic, poveljnikom katerih je bila v noči s 4. na 5. maj 1945

²⁰ V pravni literaturi se v zvezi z izgubo ali prenosom lastništva (lastninske pravice) potopljenih vojnih ladij in letal pojavljata dva pristopa. Eden je t. i. načelo implicirane opustitve (*implied abandonment rule*), drugi pa t. i. načelo izrecne opustitve (*express abandonment rule*). Implicirana opustitev pomeni, da lahko prenehanje lastninske pravice na vojni ladji ali letalu izhaja iz preteka določenega časa. Nasprotno naj bi po običajnem mednarodnem pravu država zadržala svoj položaj lastnice potopljene vojne ladje ali letala, razen če ni lastništvo preneseno ali izgubljeno na podlagi izjave o odpovedi, ali če lastninska pravica preneha v vojnem stanju z zajetjem oz. zaplenbo pred potopitvijo ali s predajo. Pravica na sovražnem vojaškem plovilu med vojno se na državo jemalno prenese v trenutku, ko plovilo ali letalo preide v fizično posest te države, če tak prenos spremlja namera. Obalna država tako ne pridobi nikakršne lastninske pravice nad potopljeno vojaško ladjo ali letalom le zaradi dejstva, da leži na ali v zemlji, vodah ali morskem dnu, nad katerimi ima suverenost ali jurisdikcijo. Obalna država ima v skladu s tem pravico do posesti in izvajanja ali dovoljevanja legalnih posegov, npr. v okviru odstranjevanja ovir za plovbo ali podeljevanja dovoljenj za dvig, pri čemer Konvencija UNESCO o varovanju podvodne kulturne dediščine vzpodbuja predhodno obveščanje države lastnice o nameravanih posegih in v primeru raziskav tudi njeno vključevanje. V zvezi z državno imuniteto potopljenih plovil ali letal prevladuje razlaga, da s potopitvijo plovilo ali letalo izgubi legitimeteto do državne imunitete, vprašanje pa je, ali to velja tudi za predmete vojaškega značaja na njej (npr. dokumenti, instrumenti, orožje), za katere je država lastnica zainteresirana, da ostanejo tajni ali zaščiteni pred drugimi državami. V tem smislu se potopljeno vojaško plovilo razume kot »vojaški varnostni vsebnik« države lastnice, in, v kolikor se sledi tej argumentaciji, uživa spremenjen standard varstva, izvirajočega iz državne imunitete. Upoštevajoč načelo izrecne odpovedi je Enigma z minolovca R 15 last Zvezne republike Nemčije kot pravne naslednice Tretjega rajha (glej Daum, 2013; Craig, 2019, 74–119).

ukazana samopotopitev (kodni naziv »Regenbogen«), Enigme iz pristanišča Kappeln pa so bile morda odvržene v morje z ladij pri plovbi proti mestu predaje zaveznikom (Althaus, 2021).

Odkritje iz razbitine pri Umagu je tako povsem skladno z mnenjem, da so bile Enigme M4 kot najbolj razširjen tip mornariških Enigem v drugi polovici vojne standarden del opreme vseh enot Kriegsmarine, vključno z manjšimi ladjami. O tem, da prisotnost Enigme na krovu R 15 ni nekaj izjemnega, nenazadnje pripovedujeta tako letnica izdelave naprave (1944), kot značaj zadnje naloge minolovca, ki ne odstopa od običajnih v tem obdobju vojne.²¹

Dokončen odgovor na vprašanje o enoti - uporabniku stroja M15648 bi dal ročno vpisan podatek o plovilu oz. mestu službovanja v 6-stranski spremni knjižici (*Begleitbuch für den Schlüssel M*), ki jo za vsako napravo posebej izdala pristojna služba MOK ter je poleg serijske številke stroja vsebovala tudi podatke o plovilu oziroma mestu uporabe in datumu predaje (Cdvandt, 2022). *Begleitbuch* oziroma drug primopredajni dokument (npr. *Merkblatt zum Schlüssel M* na notranji strani pokrova lesenega ohišja), ki je verjetno spremljal zadevno Enigmo, se ni ohranil, zato ostaja vprašanje, ali je bila na krovu stalno ali zgolj priložnostno (npr. ob prisotnosti višjega poveljniškega osebja v konvoju), nepojasnjeno. Minolovci razreda R 1 niso imeli posebnega prostora za radijsko komunikacijo (*Funkraum*), zato domnevamo, da se je Enigma nahajala v kvartirju poveljnika na začetku premčnega dela trupa. V primeru, da so jo uporabljali med plovbo, je bila tam verjetno priključena na 4V napajanje.

Uporaba povratnega koluta tipa C (UKW-c) in dodatnega rotorja (ZW) različice γ (gamma), ki sta bila vstavljena v M4 v času potopitve minolovca R 15, ne ustreza podatkom iz tabel kombinacij povratnih kolotov (UKW) in dodatnih rotorjev (ZW) za posamezne mesece v prometu »Shark« (Mahon, 1945, 104; Cryptomuseum, 2022), kar dokazuje, da je naprava z R 15 uporabljala drug ključ, domnevno iz nabora ključev kodne skupine Süd. Zadnja nastavitve dodatnega rotorja (P) ni omogočala izmenjave sporočil s strojem s tremi rotorji (M3), kar ustreza ključem iz zadnjih dveh mesecev vojne, ki so predvidevali drugačne nastavitve dodatnih rotorjev in njihovih obročev od prej obveznih A-nastavitvev.

Ozadje prisotnosti kodirnega stroja M4 na minolovcu R 15 nedvomno zahteva podrobnejšo preučitev ter pregled preostalega gradiva iz arhiva *Marineoberkommando Süd*, ki je nastajalo med decembrom 1944 in koncem vojne. Posebej zanimiva bo nadaljnja preiskava nastavitvev obročev kolotov (*Ringstellung*), t.j. notranjih nastavitvev Enigme, ki bi v primeru identifikacije nastavitvev na vseh 4 rotorjih teoretično zožala določitev ključa zadnje uporabe na dva dni natančno. V kolikor bi bilo mogoče rekonstruirati vsaj katerega od 10 parov vtičev na stikalni plošči, bi se dalo ob upoštevanju neuporabljenih vtičnic ter znanih nastavitvev rotorjev (*Grundstellung*) zadnjo uporabo Enigme določiti na dan natančno. Edini način za ugotovitev vseh nastavitvev iz (zadnjega) uporabljanega kodirnega ključa bi bila primerjava s podatki iz ustreznih kodnih knjig za zadnje mesece vojne. Nekaj je bilo zaplenjenih in so v različnih arhivih, ni pa jasno, ali vključujejo tudi kodne knjige za Sredozemlje oziroma Jadran (Frode Weierud, osebni vir).

Kljub temu, da Enigme ni bilo mogoče povrniti v stanje, v kakršnem je bila ob odkritju, je PVZ z večjim konservatorskim posegom pridobil izjemno zanimiv in redek eksponat, ki med dokumentiranimi najdbami iz razbitin plovil nemške *Kriegsmarine* na Jadranu nima primerjave. Skrivnostnost in kompleksnost šifrirnega stroja, vključno z »retro« videzom iz 30ih let, ter zgodovinski pomen dešifriranja kodnih ključev za zaveznike dajejo Enigmi posebno avro, katere privlačnost vse od umika tajnosti projekta, za katerega se je uveljavilo poimenovanje

²¹ Zadevna šifirna naprava tako najverjetneje ni neposredno povezana z delovanjem 29. *U-Flotille*, katere podmornice (U-230, U-407, U-565 in U-596) so oporišče v puljskem pristanišču uporabljale do konca julija 1944 (Paterson, 2007, 287), povsem zanesljivo pa ne s konkretnim primerom slavne U-81, saj se je ta podmornica na privezu v tamkajšnjem *Kriegsmarinewerft* potopila že med ameriškim bombardiranjem 9. januarja 1944 (Paterson, 2007, 270–271).

Ultra (glej Lewin, 2001; Horenberg, 2012–2021), leta 1974 ne preneha naraščati. Številne študije o razvoju, tehničnih podrobnostih in delovanju šifrirnega stroja, dosežkih kriptanalitikov BP, spomini, romani in filmske obdelave drznih zaplemb Enigem s podmornic na Atlantiku in Sredozemlju, dogajanja v BP in tragične usode najbolj izpostavljenega akterja Alana Turinga (1912–1954), pomen Turing-Welchmanove bombe za razvoj sodobnih računalnikov, spletne predstavitve in softverske simulacije delovanja stroja, zbirateljstvo in medijsko odmevne avkcijske prodaje ter nova odkritja iz morja in lokacij na kopnem zanimanje za to izjemno napravo samo še povečujejo.

Zahvale

Za strokovno pomoč in dovoljenja za objavo se zahvaljujemo specialistom za kriptografijo in šifirne naprave, Frodu Weierudu, kuratorju spletnega portala Cryptocellar, Paulu Reuversu, kuratorju spletnega portala Crypto Museum, Dirku Rijmenantsu, kuratorju spletnega portala Cipher Machines and Cryptology in kapitanu Jerryu Masonu, uredniku spletnega portala U-boat Archive, ter dr. Klemenu Kocjančiču in Marku Ličini. Za posredovane fotografije R 15 in dovoljenja za njihovo objavo gre zahvala Tobiasu Thelenu iz Württembergische Landesbibliothek v Stuttgartu, za fotografijo ostankov R 15 na morskem dnu in posredovane prevode vojnih dnevnikov 6. flotilje iz Vojno-pomorskega muzeja v Splitu pa se zahvaljujemo Danijelu Frki. Raziskavo z metodo xCT je omogočila dr. Lidija Korat iz Oddelka za materiale Zavoda za gradbeništvo Slovenije, laboratorijsko delo in izdelavo 3D prikaza pa je opravil dr. Miha Hren. Posebno zahvalo namenjamo Petru Kreuzerju, Thomasu Weisu in Reinhardu Kramerju, članom spletnega foruma Marinearchiv, ki so prispevali pomembne komentarje in pojasnila k zgodovini R 15 in rabi Enigem modela M4 na sredozemskem bojišču. Hvala tudi Janku Boštjančiču, direktorju Parka vojaške zgodovine, ki je podprl izdelavo študije, Paulu Reuversu za strokovni pregled besedila in Tinetu Verbiču za angleški prevod. Prispevek prvopodpisanega je nastal v okviru raziskovalnega programa P6-0247, ki ga sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

VIRI IN BIBLIOGRAFIJA

Alexander, C. Hugh O'D (1945): Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma contents. P.R.O. HW 25/1. <http://www.ellsbury.com/gne/gne-000.htm> (last access: 2022-05-12).

Alman, Karl (1985): U-Boot Krieg im Mittelmeer – Graue Wölfe in blauer See. Rastatt, Pabel.

Althaus, Johann (2021): Ein kruder Befehl sorgte 1945 für die Versenkung der deutschen U-Boote. <https://www.welt.de/geschichte/zweiter-weltkrieg/article232984933/Kriegsende-Die-Enigmas-und-der-raetselhafte-Befehl-Regenbogen.html> (last access: 2022-05-08).

Bauer, Arthur O., Erskine, Ralph & Klaus Herold (1997): Funkpeilung als alliierte Waffe gegen deutschen U-Boote: Wie Schwächen und Versäumnisse bei der Funkführung der U-Boote zum Ausgang der Schlacht im Atlantik beigetragen haben. Rheinberg, Liebig Funk.

Birnbaum, Friedrich K. & Carlheinz Vorsteher (1987): Auf verlorenem Posten: Die 9. Torpedoboot-Flottillen. Stuttgart, Motorbuch Verlag.

Breyer, Siegfried (1994): Die deutsche Kriegsmarine 1935–1945: Band 2. Zerstörer, Torpedoboote, Geleitboote, Minensuch- und Räumboote, Minenschiffe, Hilfskreuzer, Vorpostenboote, U-Jäger, Sperrbrecher, Netzleger, Troß- und Sonderschiffe, Küstenartillerie. Friedberg, Podzun-Pallas-Verlag GmbH.

Cdvandt (2022): Begleitbuch für den Schlüssel M Serial number 15835. https://www.cdvandt.org/schluessel_dok.htm (last access: 2022-10-08).

Conyers Nesbit, Roy (2008): *Ultra Versus U-Boats: Enigma Decrypts in the National Archives*. Barnsley, Pen & Sword.

Craig, Forrest (2019): *Maritime Legacies and the Law: Effective Legal Governance of WWI Wrecks*. Cheltenham, Edward Elgar Publishing.

Cryptomuseum (2022): Enigma M4. <https://www.cryptomuseum.com/crypto/enigma/m4/index.htm> (last access: 2022-05-08).

Daum, Oliver (2013): Who Owns Sunken WWII German Military Aircraft? Uncertainties in the Law of Underwater Cultural Heritage. *EJIL:Talk! Blog of the European Journal of International Law*, July 16, 2013. <https://www.ejiltalk.org/who-owns-sunken-wwii-german-military-aircraft-uncertainties-in-the-law-of-underwater-cultural-heritage/> (last access: 2022-06-12).

Dieter, Jung, Maass, Martin & Erich Gröner (1999): *Die deutschen Kriegsschiffe 1815–1945, Bd. 2, Torpedoboote, Zerstörer, Schnellboote, Minensuchboote, Minenräumbote*. Koblenz, Bernard & Graefe Verlag.

Erskine, Ralph & Frode Weierud (1987): Naval Enigma: M4 and its Rotors. *Cryptologia*, 11, 4, 235–244.

Erskine, Ralph (1996): Naval Enigma: An Astonishing Blunder. *Intelligence and National Security*, 11, 3, 468–473.

Erskine, Ralph (2008): Captured Kriegsmarine Enigma Documents at Bletchley Park. *Cryptologia*, 32, 3, 199–219.

Erskine, Ralph (2011a): Breaking German Naval Enigma on Both Sides of the Atlantic. In: Erskine, Ralph & Michael Smith (eds.): *The Bletchley Park codebreakers : How Ultra Shortened the War and Led to the Birth of the Computer*. London, Biteback Publishing Ltd., 159–174.

Erskine, Ralph (2011b): The Naval Enigma Kenngruppenbuch Indicator System – Used with the Main Wartime Ciphers. In: Erskine, Ralph & Michael Smith (eds.): *The Bletchley Park codebreakers: How Ultra Shortened the War and Led to the Birth of the Computer*. London, Biteback Publishing Ltd., 362–365.

Faggioni, Gabriele (2013): La Guerra aeronavale dopo l'8 settembre 1943 tra il Golfo di Venezia e La Costa Dalmata. *Bollettino d'Archivio dell'Ufficio Storico della Marina Militare*, Dicembre 2013, 71–127.

Freivogel, Zvonimir & Achille Rastelli (2014): *Pomorski rat na Jadranu 1940.–1945*. Zagreb, Despot infinitus.

Funkaufklärung (2022): Funkschlüssel der deutschen Kriegsmarine. <https://www.wlb-stuttgart.de/seekrieg/ultra/ultra-frames.htm> (last access: 2022-05-15).

German Naval Ciphers (1944): R.I.P. German Naval Ciphers October 1944. NARA. – Frode Weierud, Crypto Cellar Research. <https://cryptocellar.org/enigma/files/nr-4457-rip-401.pdf> (last access: 2022-05-08).

Hadley, Miles (2003): Home Found for “Enigmatic” WW II U-boat Relic. https://web.archive.org/web/20120905013432/http://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=6660 (last access: 2022-05-08).

Hamer, David (2014): List of Surviving Enigma Machines. <https://enigmamuseum.com/dhlist.htm> (last access: 2022-05-08).

Hamer, David H. (2003): The Enigmas – and Other Recovered Artefacts – of U-85. *Cryptologia*, 27, 2, 97–110.

Hamer, David H. (2022): Dr. David Hamer's List of Surviving Enigma Machines - 09-18-2022. <https://enigmamuseum.com/dhlist.htm> (last access: 2023-03-21).

Hammarborg, Astrid (1954): *Catalog of Enigma Cipher Machine Wirings*. National Security Agency, Technical Information Division, Bibliographic Research Branch.

https://cryptocellar.org/Enigma/wiring-catalog/Enigma_rotor_catalog_chap.1.pdf (last access: 2022-05-08).

Historisches Marinearchiv (2022): Deutsche Minenabwehrfahrzeuge: Details R 15. https://www.historisches-marinearchiv.de/projekte/minensucher/ausgabe.php?where_value=1218 (last access: 2022-05-08).

Horenberg, Michael (2012–2021): Breaking German Navy Ciphers. <https://Enigma.horenberg.com/index.php?cat=Reservehandverfahren> (last access: 2022-05-25).

Kovač, Svetko (2017): Enigma i rat u Jugoslaviji. Beograd, Medija centar Odbrana.

Kralj, Zvonimir (2022): Personal communication.

Lewin, Ronald (2001): Ultra Goes to War: the Secret Story. London, Penguin.

Mahon, A. Patrick (1945): The History of Hut Eight, 1939–1945. HW 25/2. <http://www.ellsbury.com/hut8/hut8-000.htm> (last access: 2022-05-15).

Miller, A. Ray (2019): The Cryptographic Mathematics of Enigma. Center for Cryptologic History. National Security Agency. https://www.nsa.gov/portals/75/documents/about/cryptologic-heritage/historical-figures-publications/publications/wwii/CryptoMathEnigma_Miller.pdf (last access: 2022-05-08).

MOK Triest (1944): Kriegstagesbuch des kommandierender Admiral Adria. Befehlshaber: Vizeadmiral Lietzmann. Befehlsbereich: Istrien, Norddalmatien, Süddalmatien, Albanien. Für die Zeit vom: 1. 9.–15. 9. 1944.

MTB Flotilla (2014): 28th MTB Flotilla. Coastal Forces Veterans Forum. <http://cfv.org.uk/forum/viewtopic.php?t=457> (last access: 2022-05-08).

Mulligan, Timothy P. (2005): Records of the German Navy Operational Commands in World War II. Guides to Microfilmed Records of the German Navy, 1850–1945, No. 4. Washington, D. C., National Archives and Records Administration.

NARA PG 46525 – National Archive and Records Administration, KTB Adria/Kommandierender Admiral Adria, 1 Aug–15 Sep 1944, PG 46527, T1022, roll 4289.

NARA PG 46527 – National Archive and Records Administration, KTB Adria/Kommandierender Admiral Adria, 1 Aug–15 Sep 1944, PG 46527, T1022, roll 4289.

NARA PG 46531 – National Archive and Records Administration, KTB Adria/Kommandierender Admiral Adria, 1–29 Nov 1944, PG 46531, T1022, roll 4289.

NARA PG 73451 – National Archive and Records Administration, KTB 7. Räumbootsflotille, 1 Jan 1943–15 Feb 1945, PG 73451, roll 3434.

NARA PG 73452 – National Archive and Records Administration, KTB 7. Räumbootsflotille, 1 Jan 1943–15 Feb 1945, PG 73451, roll 3434.

Oberkommando der Kriegsmarine (1940): M.Dv. Nr. 32/1, Der Schlüssel M Verfahren M Allgemein. Berlin. https://www.cryptomuseum.com/crypto/enigma/files/schluessel_m.pdf (last access: 2022-05-08).

PAK PI 19 – Pokrajinski arhiv Koper, Enota Piran, Luška kapetanija Piran, 1945–1949, šk. 57.

Paterson, Lawrence (2007): U-Boat Combat Missions. The Pursuers & the Pursued: First-Hand Accounts of U-Boat Life and Operations. London, Chatham Publishing.

Paterson, Lawrence (2017): Hitler's Forgotten Flotillas: Kriegsmarine Security Forces. Barnsley, Seaforth Publishing.

Paterson, Lawrence (2019): U-boats in the Mediterranean 1941–1944. New York, Skyhorse Publishing.

Pope, Dudley (2014): Flag 4. The Battle of Coastal Forces in the Mediterranean 1939–45. Looe, House of Stratus.

Porzellanfabrik (2022): Porzellanfabrik Wilhelm Jäger in Eisenberg/Thüringen. Produktion zwischen 1933 ... 1945. https://www.porzellanfieber.de/Porzellanfabrik-jaeger_im-Nationalsozialismus_Erzeugnisse.html (last access: 2022-05-08).

Pröse, Michael (2004): Chiffriermaschinen und Entzifferungsgeräte im Zweiten Weltkrieg: Technikgeschichte und informatikhistorische Aspekte. Dissertation, Technischen Universität Chemnitz. <https://monarch.qucosa.de/api/qucosa%3A18268/attachment/ATT-0/> (last access: 2022-05-08).

Rahn, Werner (2002): Warnsignale und Selbstgewißheit. Der deutsche Marine-Nachrichtendienst und die vermeintliche Sicherheit des Schlüssels M («Enigma») 1943/44. *Militärgeschichtliche Zeitschrift*, 61, 141–154.

Räumbootsflottille (2022): 6. Räumbootsflottille. https://de.wikipedia.org/wiki/6._R%C3%A4umbootsflottille?veaction=edit (last access: 2022-05-08).

Räumboots-Flottillen (2022): Räumboots-Flottillen. <https://www.lexikon-der-wehrmacht.de/Gliederungen/Sicherungsflott/RFlot.htm> (last access: 2022-05-08).

Reynolds, Leonard C. & H. F. Cooper (1999): Mediterranean MTB's at War – Short MTB Flotilla Operations 1939–1945. Stroud, Sutton Publishing Imperial War Museum.

Rijmenants, Dirk (2004): Technical Details of the Enigma Machine. <https://www.ciphermachinesandcryptology.com/en/Enigmattech.htm> (last access: 2022-05-08).

Rijmenants, Dirk (2010): Enigma Message Procedures Used by the Heer, Luftwaffe and Kriegsmarine. *Cryptologia*, 34, 4, 329–339.

Rohwer, Jürgen (2018): Chronik des Seekrieges 1939–1945. Februar 1945. <https://www.wlb-stuttgart.de/seekrieg/45-02.htm> (last access: 2022-05-08).

Rössler, Eberhard (1999): Uboottyp II – Die "Einbäume". Vom Original zum Modell. Bonn, Bernard & Graefe.

Sebag-Montefiore, Hugh (2004): Enigma: The Battle for the Code. New York, Wiley.

Stehr, Werner F. G. & Siegfried Breyer (1999): Leichte und mittlere Artillerie auf deutschen Kriegsschiffen. Marine-Arsenal, Sonderband S-18, 1999. Wölfersheim-Berstadt, Podzun-Pallas Verlag.

TNA DEFE 3/685 – The National Archives (TNA), Records of the Ministry of Defence (DEFE), Admiralty: Operational Intelligence Centre: Intelligence from Intercepted German, Italian and Japanese Radio Communications, WWII, 1945 Apr 13-May 6, DEFE 3/685.

Ulbricht, Heinz (2005): Die Chiffriermaschine Enigma – Trägerische Sicherheit: Ein Beitrag zur Geschichte der Nachrichtendienste. Dissertation. Braunschweig, Technische Universität Carolo
Wilhelmina. https://publikationsserver.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00001705 (last access: 2022-05-08).

Weierud, Frode (2022): Personal communication.

Williamson, Gordon (2009): Kriegsmarine Coastal Forces. Oxford, Osprey.