

SRW.5144.48.2024

Załącznik do decyzji nr. SRW.5144.48.2024

Postanowienia nr. WOJEWÓDZKI URZĄD OCHRONY ZABYTKÓW

Opinii Konserwatorskiej w Warszawie

z dnia 28.08.2024 ul. Nowy Świat 18/20, 00-373 Warszawa

tel. 22 44 30 400, fax: 22 44 30 401

Base&Direct A. W. Waszkiewicz Spółka Jawna www.mwzk.pl



ul. Hugona Kołłątaja 9, lok. 4, 05-091 Ząbki

NIP: 95-123-966-49; REGON: 362301698

www.konserwacja-waszkiewicz.pl

PROGRAM PRAC KONSERWATORSKICH dawnego holownika parowego „ZIEMOWIT”



Autor dokumentacji: BASE & DIRECT A.W. WASZKIEWICZ SP. JAWNA,

mgr Agnieszka Waszkiewicz

Ząbki- Nieporęt, czerwiec, lipiec 2024 r.

Agnieszka Waszkiewicz
mgr Agnieszka Waszkiewicz
Konserwator Dziej Sztuki
dyplom UMK Toruń nr 1586

DZIEŁO KONSERWATORSKIE I DOKUMENTACJA CHRONIONE PRAWEM AUTORSKIM

BASE & DIRECT A.W. Waszkiewicz Spółka Jawna;

tel.: 606 489 990;

e-mail: konserwacja@dominanta.com.pl

Spis treści

1.0. Karta identyfikacyjna zabytku i dokumentacji	2
2.0. ZAGADNIENIA HISTORYCZNE.....	3
3.0. STAN ZACHOWANIA I PRZYCZYNY ZNISZCZEŃ	7
4.0. CEL ORAZ ZAŁOŻENIA KONSERWACJI.....	36
5.0. PROGRAM PRAC	41
6.0. BIBLIOGRAFIA	43
7.0. UPRAWNIENIA.....	43

1.0. Karta identyfikacyjna zabytku i dokumentacji

.....

.....
NR REJESTRU ZABYTEKÓW

.....
NR INW. ZBIORU

.....
NR INW. PRACOWNI KONS.

1.1. DANE PRZED ROZPOCZĘCIEM PRAC

RODZAJ: holownik z napędem tylnokołowym, obecnie jednostka stacjonarna (hulk)

TEMAT: brak

AUTOR, WARSZTAT: stocznia Werft Übigau na prawym brzegu Łaby koło Drezna

SYGNATURA: brak

INSKRYPCJE: nazwa „Ziemowit” namalowana czarną farbą na części rufowej lewej i prawej burty. Na prawej burcie namalowany nr WA-03-0368 na wys. pokładu środkowego i nr 19 -201 pod pokładem górnym.

DATOWANIE: 1907 r.

POCHODZENIE: stocznia Werft Übigau koło Drezna, nr stoczniowy 966

LOKALIZACJA: Jezioro Zegrzyńskie, Nieporęt, Plażowy Ośrodek Sportu, ul. Zegrzyńska, dz. 1082.

WŁAŚCICIEL: Pan Piotr Bączkowski

UŻYTKOWNIK: Pan Piotr Bączkowski

MATERIAŁY I TECHNIKA ORYGINAŁU: kadłub stalowy nitowany, nadbudówki stalowe spawane

MATERIAŁY I TECHNIKA NAWARSTWIENI:, kilka warstw farb olejnych, produkty korozji

WCZEŚNIEJSZE KONSERWACJE: TAK

WCZEŚNIEJSZE DOKUMENTACJE: TAK

1.2. ZMIANA DANYCH PO ZAKOŃCZENIU PRAC: BRAK

1.3. DANE O REALIZACJI KONSERWATORSKIEJ

INWESTOR I ŹRÓDŁA FINANSOWANIA: Pan Piotr Bączkowski, Plażowy Ośrodek Sportu, 05-126 Nieporęt, ul. Zegrzyńska, dz. 1082.

ZLECENIODAWCA : Pan Piotr Bączkowski, Plażowy Ośrodek Sportu, 05-126 Nieporęt, ul. Zegrzyńska, dz. 1082.

WYKONAWCY PRAC: BASE & DIRECT A.W. Waszkiewicz Sp. Jawna

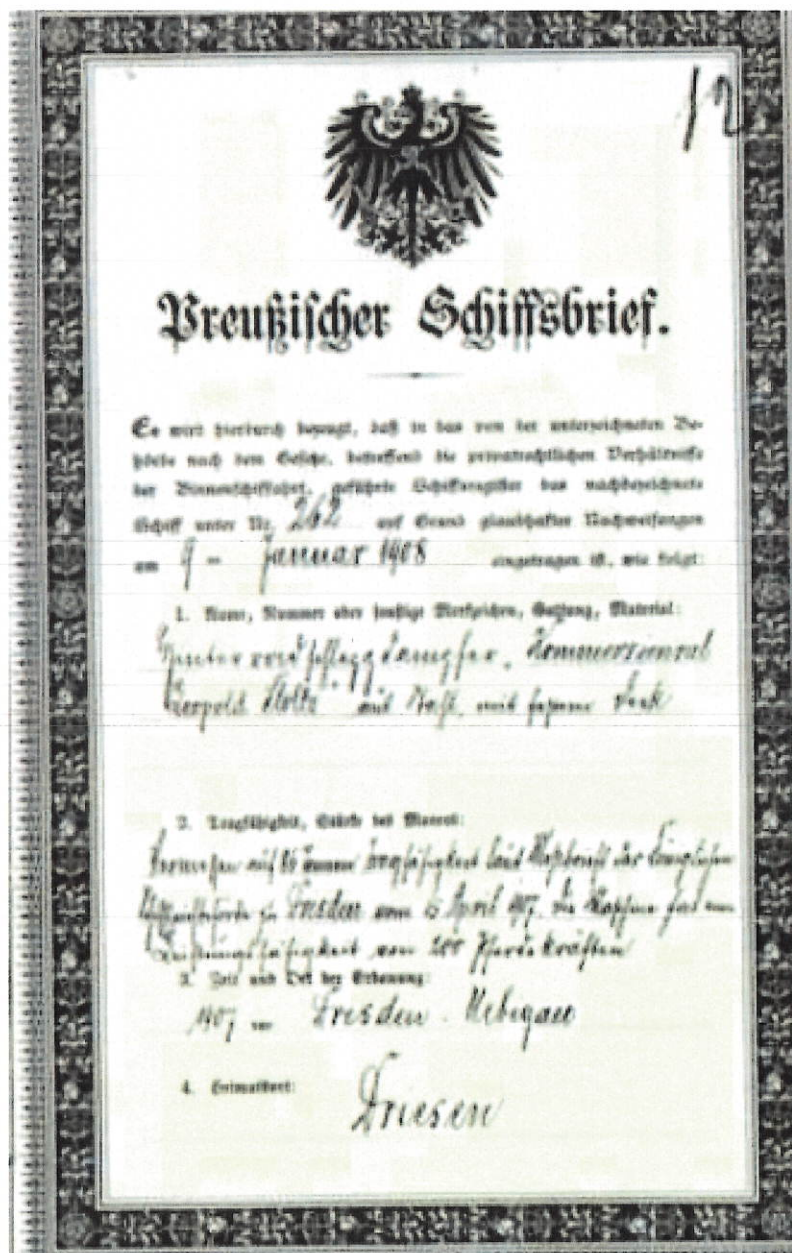
SKŁAD ZESPOŁU: mgr Agnieszka Waszkiewicz, mgr Maksymilian Waszkiewicz, inż. Tomasz Grała

CZAS TRWANIA PRAC: czerwiec - lipiec 2024 r.

2.0. ZAGADNIENIA HISTORYCZNE

Historię obiektu do 2016 r. przytaczam w całości z doskonałego opracowania Artura Magnuszewskiego zamieszczonego m.in. w Gazeta Gminna „Wieści Nieporęckie”, nr 14 (133), 26 września 2016 r.:

„To prawdziwa perła wśród statków parowych jakie zachowały się na Jeziorze Zegrzyńskim, a mianowicie jest to holownik z napędem tylnokokołowym. Został zbudowany przez stocznię Werft Übigau w Dreźnie w 1907 r. z numerem budowy 966. Wymiary kadłuba to: długość L = 38,5 m i szerokość B = 4,80 m, zanurzenie: 0,90 m. Napęd pochodził od maszyny parowej leżącej, dwucylindrowej podwójnego rozprężania o mocy maksymalnej 200 KM. Pary wodnej dostarczał kocioł parowy produkcji firmy H. Pauksch z Gorzowa Wielkopolskiego (niem. Landsberg/Warte),



Fot. 1. Certyfikat budowy „ZIEMOWITA” w niemieckiej stoczni Werft Übigau w 1907 roku (<https://ykp.pl/historia/>)

W 1934 r. statek kupiła Spółdzielnia Transportowa i Oszczędnościowa „Wisła” G.m.b.H., z Gdańska, która eksploatowała statek w żegludze towarowej na Wiśle. Statek był zaliczany do najsilniejszych holowników, potrafił uciągnąć nawet 10 barek typu berlinka.

W 1936 r. statek przeszedł pod polską banderę, i został zarejestrowany w Toruniu, pływał na trasie Warszawa-Gdańsk.



Fot. 4. Holownik „Ziemowit” w okresie międzywojennym (<https://ykp.pl/historia/>)

W czasie wojny w 1940 r. został zarekwirowany jako byłe mienie polskie przez niemiecki Komisarzyczny Zarząd Głównego Powiernictwa Wschód dla żeglugi śródlądowej dorzecza Wisły.(niem. Haupttreuhandstelle Ost für die Binnenschifffahrt des Weichselstromgebiete), a następnie odsprzedany gdańskiemu armatorowi Otto Hansowi Gottenmeyerowi. Pod koniec 1944 r. został zatopiony pod Włocławkiem, a następnie podniesiony z dna w 1946 r. przez firmę Zarzecki i Spółka i wyremontowany w Toruńskiej Stoczni Rzecznej. Po remoncie został pod nazwą „Ziemowit” przekazany Państwowemu Zarządowi Wodnemu w Toruniu. Od 1952 r. pływał w Rejonie Dróg Wodnych w Toruniu, a od 1963 r. w Okręgowym Zarządzie Wodnym w Toruniu. Wycofany w 1966 r. przeszedł generalny remont poszycia i po zdjęciu kół łopatkowych przystosowany został na przystań pływającą na Wiśle w Warszawie dla Yacht Klubu Polskiego. Na pokładzie głównym wybudowano przykryte ciągłym pokładem słonecznym nadbudówki, w których mogły odbywać się zajęcia teoretyczne dla żeglarzy, a także mieściło się skromne zaplecze restauracyjne. Pod pokładem umieszczono szatnię, magazyn na maszty i żagle oraz kilka kabin. W tym czasie YKP pozbawiony został swojej przedwojennej siedziby i trwały prace nad budową nowej przystani przy Wale Miedzeszyńskim. Po powstaniu Jeziora Zegrzyńskiego „Ziemowit” przeholowany został do portu w Nieporęcie-Pilawie, gdzie pełni funkcję hulku dla żeglarzy YKP do dzisiaj.”

Na stronie <https://ykp.pl/historia> czytamy, że po powojennej reaktywacji działalności YKP w 1957 r.: „W międzyczasie Ministerstwo Żeglugi, decyzją ówczesnego min. Stanisława Darskiego, przydzieliło klubowi wydobyty wrak holownika wiślanego „Ziemowit”, który Stocznia Czerniakowska w Warszawie przebudowała na hulk. Po przyholowaniu i ustawieniu go przy nabrzeżu

klubowym, stał się on pływającą przystanią a zarazem siedzibą YKP WARSZAWA, zachowując dawną nazwę „Ziemowit”. 7 czerwca 1958 r. na pokładzie „Ziemowita” odbyła się uroczystość podniesienia bandery YKP i otwarcie sezonu żeglarskiego.”



Fot. 5. Ziemowit jako przystań YKP na Wiśle w Warszawie w 1964 r. (<https://ykp.pl/historia/>)



Fot. 6. Ziemowit zacumowany na przystani YKP w Nieporęcie-Pilawie (<https://ykp.pl/historia/>)

wytwarzający ciśnienie 11 atm. Na rufie statku pod specjalnie podciętym pokładem zainstalowano dwa koła łopatkowe, które dawały uciąg umożliwiający holowanie nawet 10 barek typu berlinka. Statek zbudowano dla armatora Carla Stoltza i nadano mu nazwę Kommerzierant Leopold Stoltz. Jego portem macierzystym było Drezdenko nad Notecią, a rejonem żeglugi Odra, Warta, Noteć oraz Brda. W 1918 r. po śmierci właściciela statek przejął jego syn Ernst Stoltz, w 1921 r. statek został zakupiony przez Maxa Mietschena z Gorzowa Wielkopolskiego, który zmienił nazwę statku na Uranus.



Fot. 2. Holownik parowy Uranus w Gdańsku (<http://www.zegluga.info>)

*Uranus na Warcie około 1926 r. (ze zbiorów
W. Danielewicza – <http://www.zegluga.info>)*



Fot. 3.

Jest to „historyczna jednostka dla Yacht Klubu Polski, na pokładzie której odbywały się ważne uroczystości związane z burzliwą historią powojenną Klubu. Od 1947 roku pływał w Państwowym Zarządzie Wodnym w Toruniu (numer rejestracyjny 5016), a od 1952 r. w Rejonie Dróg Wodnych w Toruniu (numer rejestracyjny 455). Pięć lat później (1957 rok) Ziemowit został przekazany YACHT KLUBOWI POLSKIEMU w Warszawie.”

Hulk przez lata użytkowany był do celów szkoleniowych, Jednak w wyniku modernizacji Portu Nieporęt, niezbędna okazała się zmiana lokalizacji YKP na Port Pilawę. Sama jednostka stała się zbędna dla właściciela, a co za tym idzie musiała niezwłocznie opuścić Port Nieporęt.

W dniu 17.10.2017 r. MWKZ wydał decyzję (nr 1315/2017) o wpisie do rejestru zabytków ruchomych województwa mazowieckiego dawnego holownika Ziemowit, obecnie zacumowanego na terenie portu w Nieporęcie. „Ziemowit” nie jest obiektem pływającym lecz stacjonarnym - stoi na mieliźnie – gdyż od kilku lat jego stan techniczny nie spełnia warunków wymaganych do pływania.

3.0. STAN ZACHOWANIA I PRZYCZYNY ZNISZCZEŃ

.....

Poniższe zdjęcia obrazują obecny wygląd dawnego holownika - czerwiec 2024 r. Autorem zdjęć jest Maksymilian Waszkiewicz.



Fot. 7. Widok prawej burty od strony rufy.



Fot. 8. Widok prawej burty od strony dziobu



Fot. 9. Numer namalowany na prawej burcie.

BASE & DIRECT A.W. Waszkiewicz Spółka Jawna;

tel.: 606 489 990;

e-mail: konserwacja@dominanta.com.pl



Fot. 10. Widok lewej burty od strony dziobu.



Fot. 11. Widok lewej burty od strony rufy.

BASE & DIRECT A.W. Waszkiewicz Spółka Jawna;

tel.: 606 489 990;

e-mail: konserwacja@dominanta.com.pl



Fot. 12. Widok „Ziemowita” od strony rufy. Widoczny trap rufowy, który po opuszczeniu i odnowieniu będzie prowadził do projektowanej w nadbudówce z lat 60-tych izby pamięci.



Fot. 13. Drzwi prowadzące z rufy do nadbudówki z lat 60-tych na dolnym pokładzie, które będzie wchodziło się do planowanej izby pamięci.



Fot. 14. Widok z górnego pokładu na pokład rufowy.



Fot. 15. Górny pokład.



Fot. 16. Górny pokład, maszt flagowy.



Fot. 17 i 18. Górny pokład, widok zaspawanego zejścia do nadbudówki z lat 60-tych oraz zbliżenie na atrapę komina. Widoczne deski świerkowe w dobrym stanie.



Fot. 19. Widok na nadbudówkę dziobową na dolnym pokładzie oraz pokład górny, od strony dziobu.

BASE & DIRECT A.W. Waszkiewicz Spółka Jawna;

tel.: 606 489 990;

e-mail: konserwacja@dominanta.com.pl



Fot. 20 i 21. Obejście nadbudówki na dolnym pokładzie, po lewej i prawej burcie.



Fot. 22. Zbliżenie na metalowy pokład obejścia nadbudówki.



Fot. 23. Trap boczny, przyspawany na stałe do prawej burty pokładu dolnego.



Fot. 24. Zejście z pokładu dziobowego na podpokład.



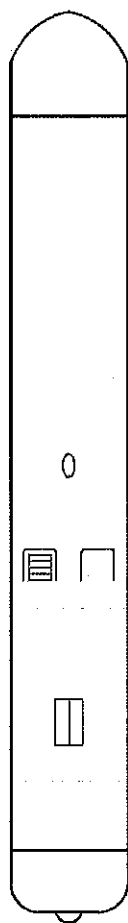
Fot. 25. Pokład dziobowy. Oryginalna wyciągarka kotwiczna.

W trakcie przebudowy holownika na hulk w warszawskiej Stoczni Rzecznej na Czerniakowie zdemonstrowano układ napędowy, maszynę parową wraz z kotłem oraz wyposażenie pomocnicze, a na pokładzie głównym zamontowano nadbudówki przykryte ciągłym pokładem słonecznym, o czym wspomina Artur Magnuszewski. Natomiast do transportu Kanałem Żerańskim niezbędne okazało się odcięcie atrapy komina oraz barierki pokładu słonecznego, ponieważ jednostka nie zmieściłaby się pod mostem w ciągu ulicy Marywilskiej na warszawskim Żeraniu.

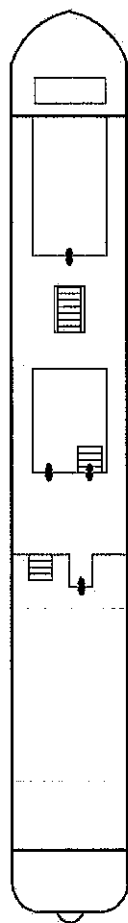
We wspomnianej powyżej opinii opracowanej przez prof. PAN dr hab. Zbigniewa Tucholskiego oraz prof. dr hab. Jana Bartelskiego, badacze podkreślili, że, że „w stanie oryginalnym zachował się kadłub dawnego holownika parowego z zamontowanymi na pokładzie historycznymi windami kotwicznymi z początku XX wieku” Stwierdzono również, że Ziemowit jest w złym stanie technicznym ze względu na korozję. Uznano, że należy podjąć działania prowadzące do zabezpieczenia i naprawy obiektu.

Poniżej rysunek ukazujący schematycznie rzut wszystkich trzech pokładów. Na podpokładzie zakreśkowane obszary w części rufowej pokazują miejsca po usuniętych kołach napędowych i burty dospawane w miejscach usuniętych kół.

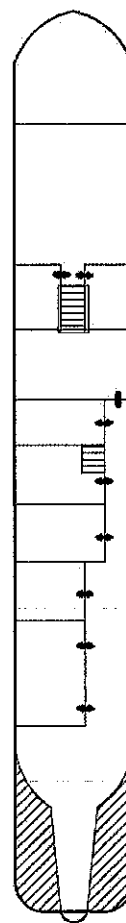
GÓRNY POKŁAD



DOLNY POKŁAD



PODPOKŁAD



Wymiary kadłuba: długość – 38,5 m, szerokość – 4,80 m, wysokość – 6,70 m, zanurzenie w stanie bezładunkowym – 0,60 m, zanurzenie dopuszczalne – 0,90 m.

Zniszczenia statku spowodowane są głównie działaniem wody i licznymi przebudowami adaptacyjnymi do nowych funkcji. W najgorszym stanie są burty dospawane do części rufowych w miejscach usuniętych kół napędowych – są odspojone i zniszczone przez korozję, z licznymi perforacjami spowodowanymi korozją wżerową. Oryginalne fragmenty burt, z nitowaniami są w znacznie lepszym stanie, widoczne są jedynie efekty działania korozji równomiernej.

Drewno jest całkowicie zniszczone – bukszpryt, lub zaatakowane – pokład górny, przez porażenie biologiczne (grzyby i drewnojady) oraz wodę - wilgotne drewno pozostawione do niekontrolowanego wysychania ulega spękaniu i wypaczeniu. Kolonie grzybów widoczne są również na farbie, głównie na suficie pokładu dolnego i wejściach z pokładu dolnego na górny.



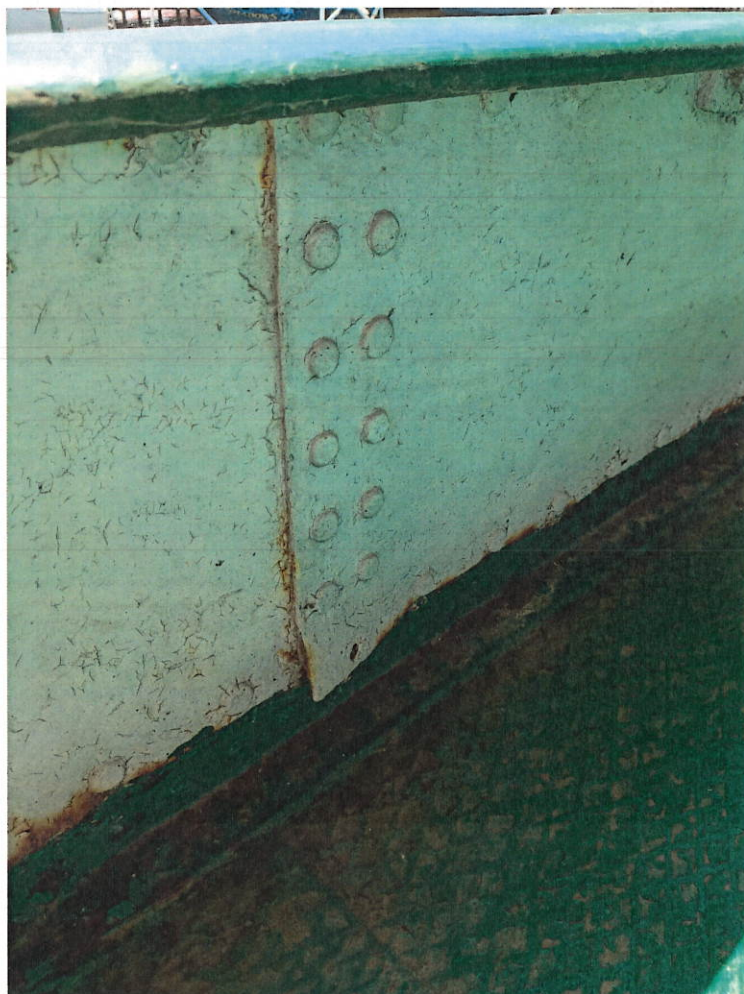
Fot. 26. Prawa burta, odstająca część maskująca, dospawana w miejscu usuniętego koła napędowego parowca.



Fot. 27. Korozja wżerowa na dospawanej burcie.



Fot. 28. Zbliżenie na perforacje w dospawanej burcie, spowodowane korozją wżerową.



Fot. 29. Stan zachowania oryginalnej, nitowanej burty od strony pokładu.



Fot. 30. Rufa, oryginalna nitowana blacha z widocznymi produktami działania korozji.



Fot. 31. Rufa ponad powierzchnią wody, stopień uszkodzenia poprzez korozję.



Fot. 32. Dolna, oryginalna część rufy widoczna nad poziomem wody.



Fot. 33. Część rufowa, widoczna różnica stopnia uszkodzeń spowodowanych korozją części oryginalnej i wtórnej, dospawanej.

BASE & DIRECT A.W. Waszkiewicz Spółka Jawna;

tel.: 606 489 990;

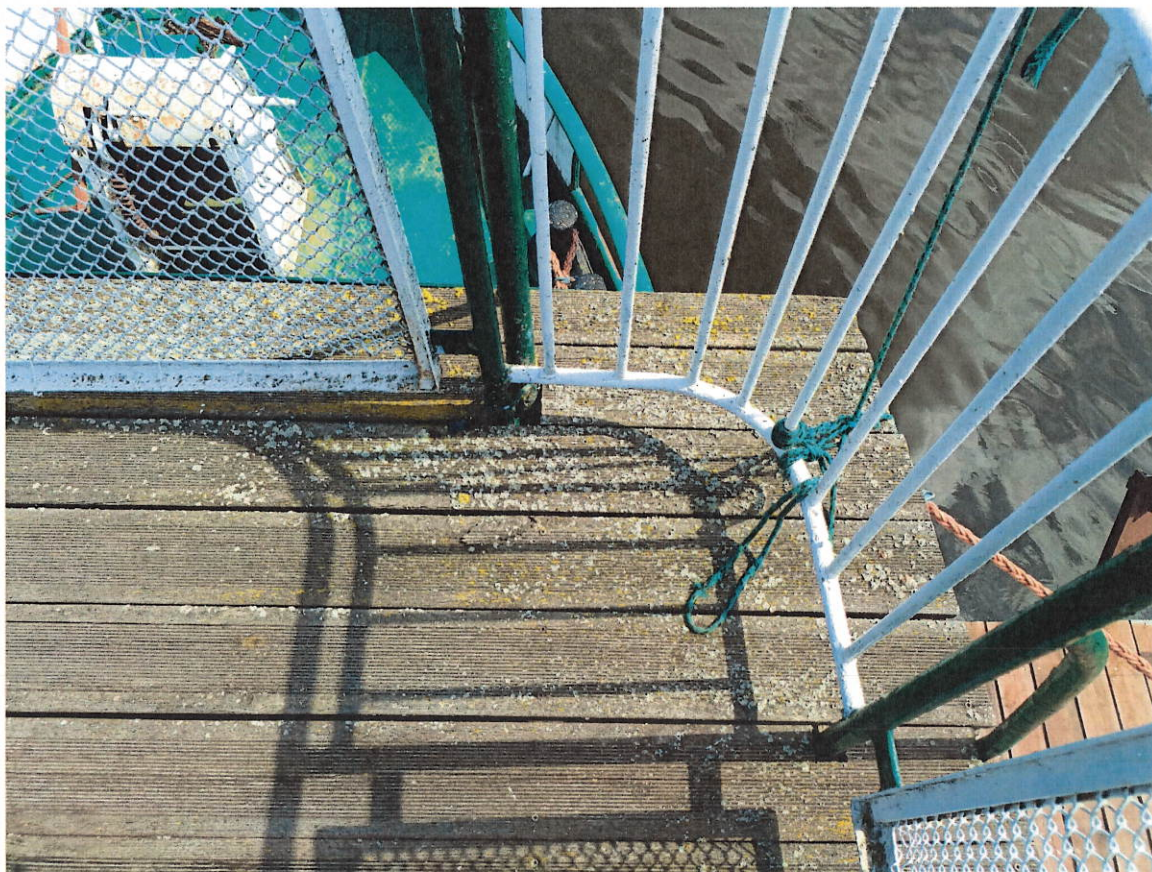
e-mail: konserwacja@dominanta.com.pl



Fot. 34. Bukszpryt i knagi dziobowe.



Fot. 35. Bukszpryt zniszczony przez porażenie biologiczne (grzyby i drewnojady) oraz wodę.



Fot. 36. Górny pokład, widoczne porażenie biologiczne drewna.



Fot. 37. Górny pokład – barierki, widoczna korozja metalu i uszkodzenia siatki.

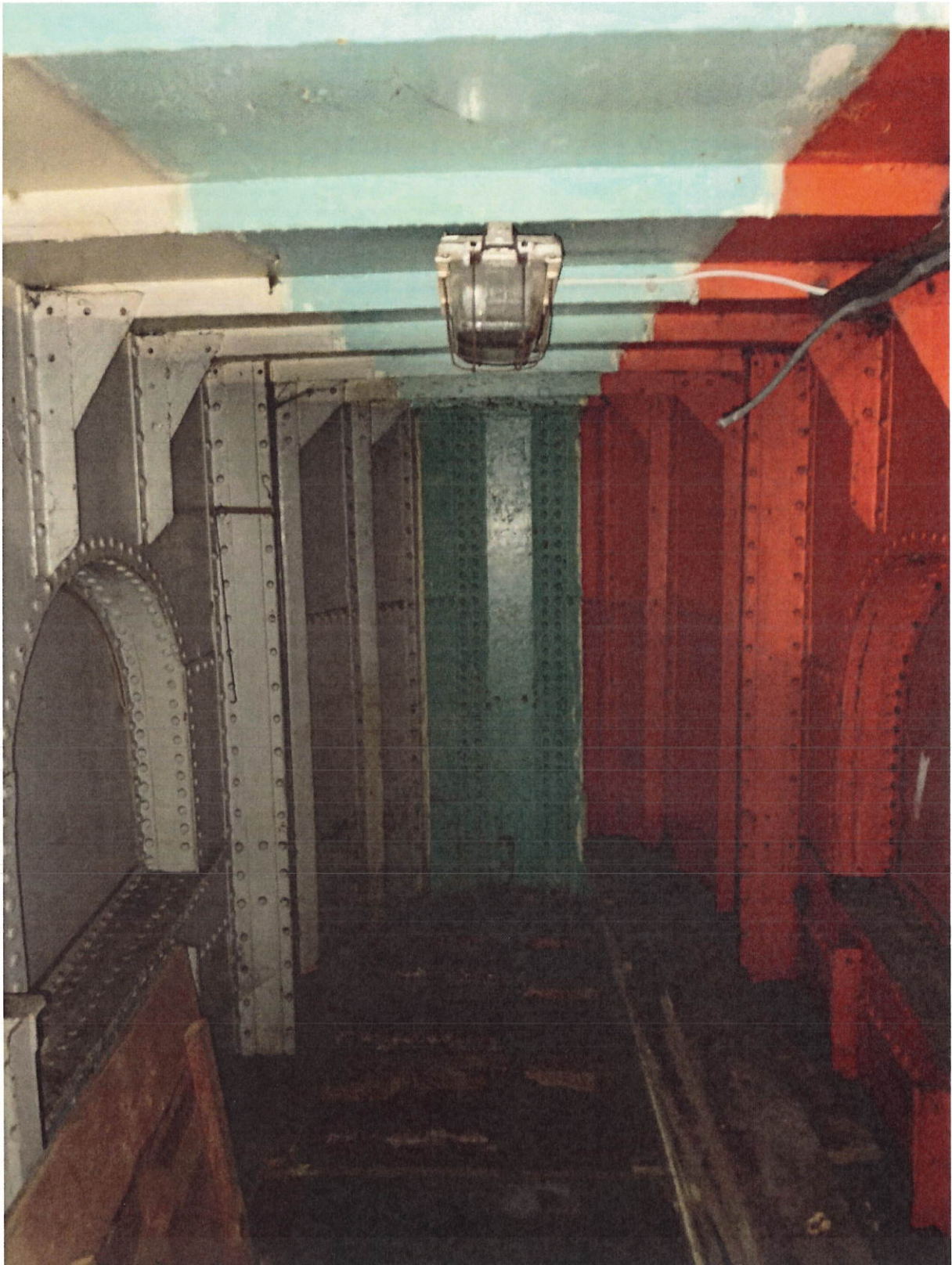


Fot. 38. Kolonie grzybów na suficie pokładu dolnego.



Fot. 39. Zdjęcie po lewej pokazuje wejście z pokładu dolnego na górny w widocznych koloniami grzybów. Fot. 40. Zdjęcie po prawej - uszkodzenie desek podłogi dolnego pokładu.

Kolejne zdjęcia dokumentują aktualny wygląd wnętrza „Ziemowita” począwszy od najważniejszej, oryginalnej części rufowej.



Fot. 41. Część rufowa podpokładu, najstarsza, oryginalna z charakterystycznymi nitowaniami. Widoczne zwężenie części rufowej oryginalnego kadłuba, wyrównane na zewnątrz dospawanymi wtórnymi burtami maskującymi.



Fot. 42. Oryginalne poszycie denne kadłuba holownika.



Fot. 43 i 44. Część rufowa podpokładu. Miejsca po usuniętych kołach napędowych.



Fot. 45. Część rufowa podpokładu, oryginalna. Widoczne liczne ogniska korozji.



Fot. 46 i 47. Podpokład, oryginalna, zachowana część rufowa oraz drzwi do prowadzące do tej części.



Fot. 48. Podpokład, lewa burta widok od wewnątrz, oryginalna stal nitowana.

W dalszej części podpokładu, przestrzeń w stronę dziobu przystosowana jest na kajuty. Kolejne zdjęcia pokazują kajuty na podpokładzie począwszy od dziobu:



Fot. 49. Podpokład, duże pomieszczenie w części dziobowej statku.



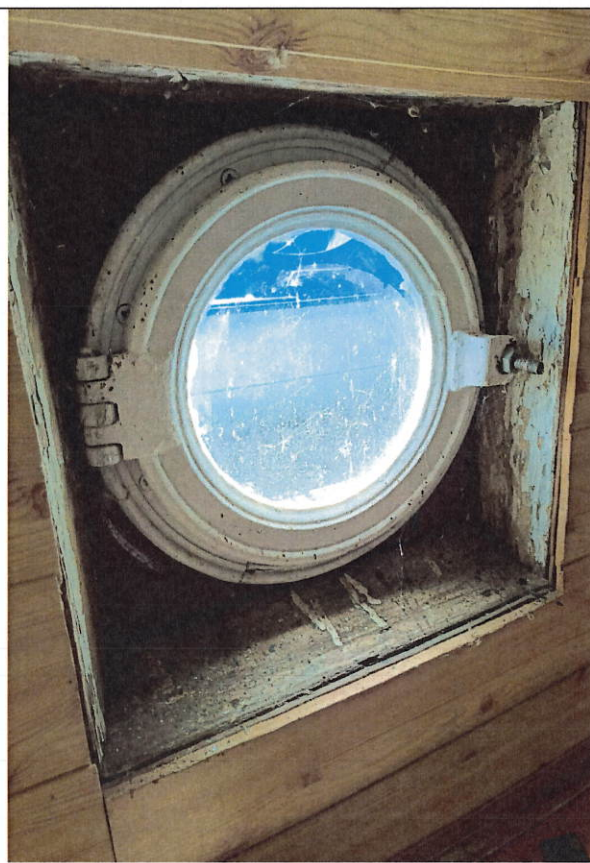
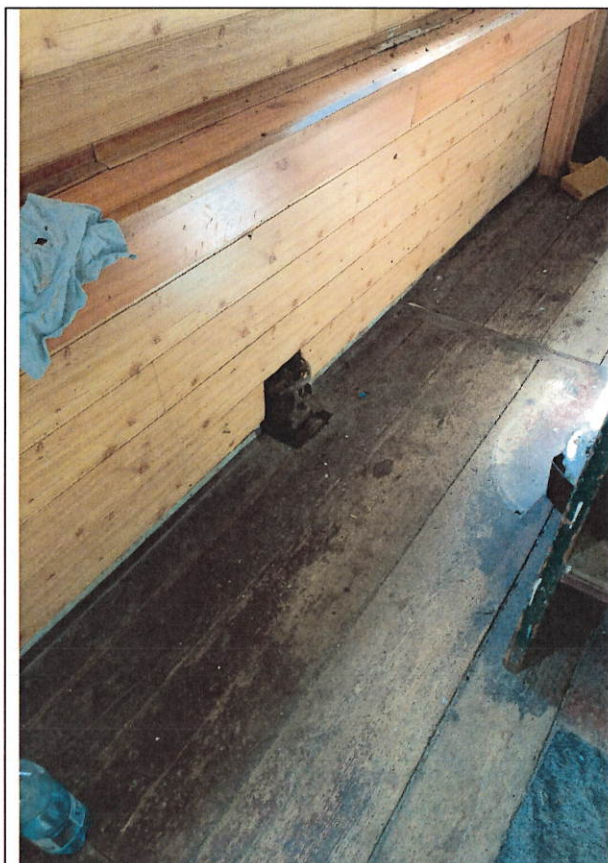
Fot. 50. Podpokład, duże pomieszczenie w części dziobowej, widok na wyjście na pokład dolny.



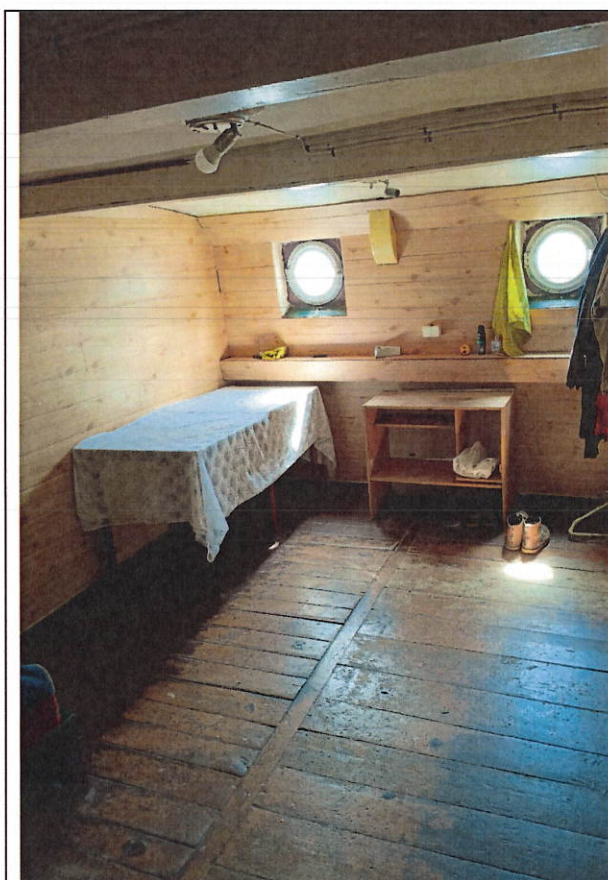
Fot. 51. Podpokład, część dziobowa, zbliżenie na ścianę.



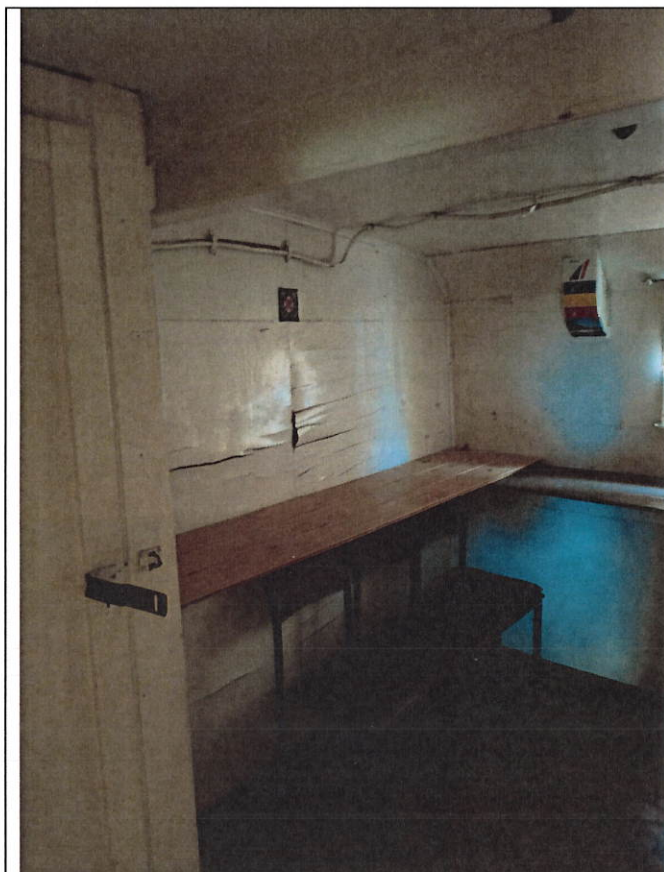
Fot. 52. Podpokład, część dziobowa statku, bulaj.



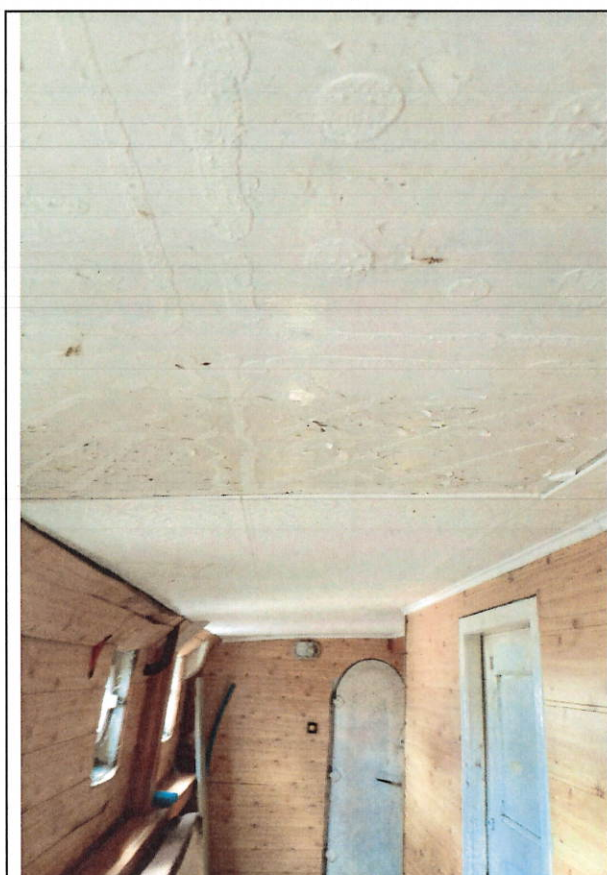
Fot. 53 i 54. Podpokład, nowa okładzina na ścianie i bulaj.



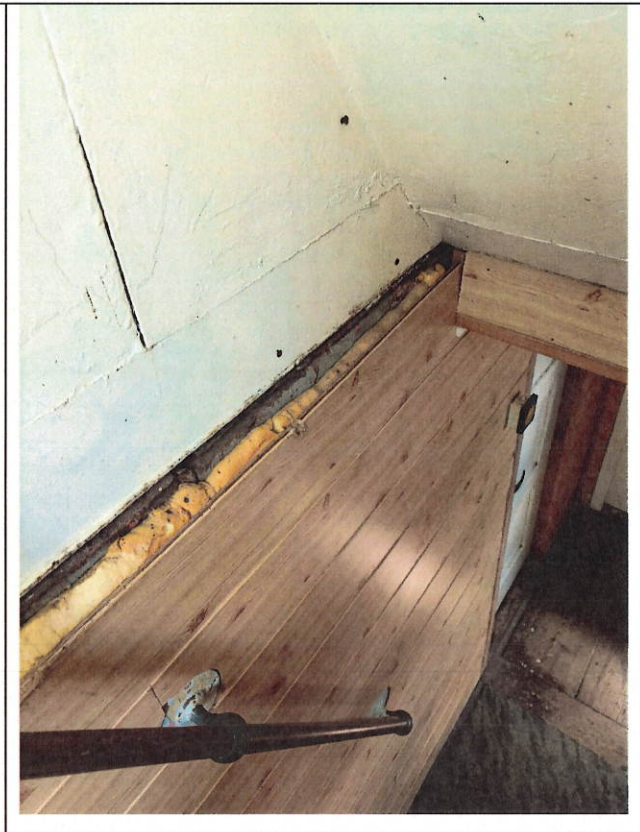
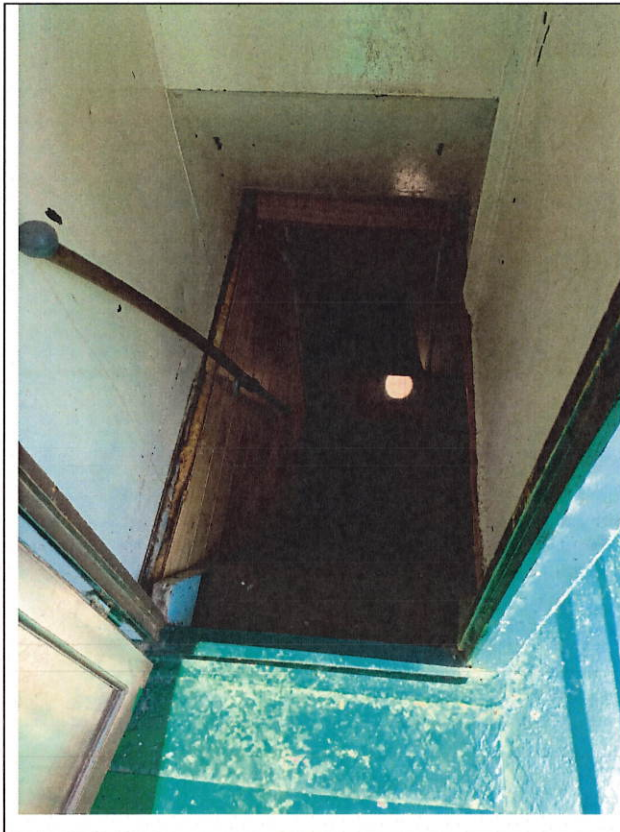
Fot. 55 i 56. Podpokład, kajuty.



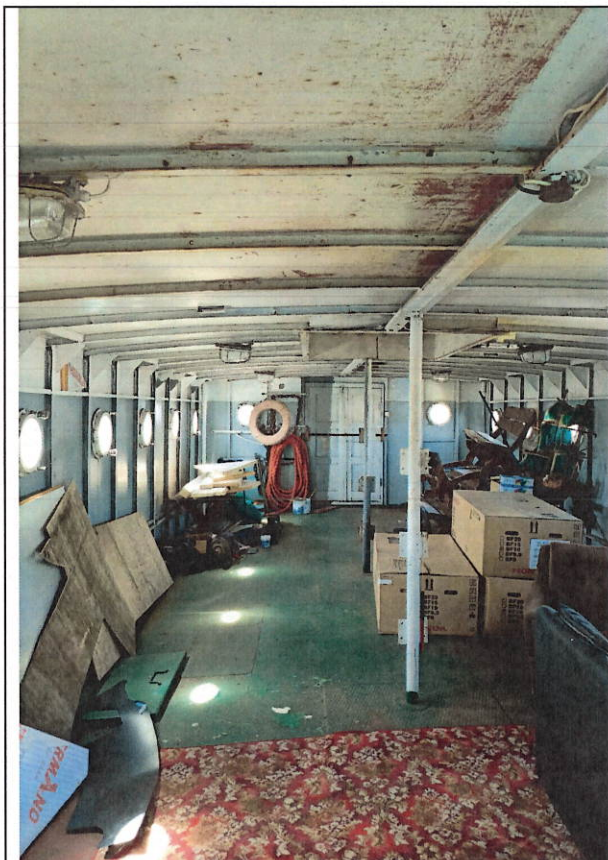
Fot. 57 i 58. Podpokład, kajuty.



Fot. 59 i 60. Podpokład, stan zachowania sufitu i ściany jednej z kajut.



Fot. 61 i 62. Zejście z pokładu dolnego na podpokład. Na zdjęciu po prawej widoczne warstwy mocowania okładziny na ścianie.



Fot. 63 i 64. Pokład dolny. Wnętrze nadbudówki z lat 60-tych i widok od spodu zaspawanego włązu z pokładu górnego.



Fot. 65. Nadbudówka z lat 60-tych, bulaj.



Fot. 66. Pokład dolny, nadbudówka, widoczna oryginalna, nitowana burta.

Właściciel obiektu jest w posiadaniu dwóch dokumentów, które dobrze opisują stan zachowania „Ziemowita” w momencie ich opracowania:

- *Komisijny opis stanu technicznego statku z 17.04.1975 r.* Skład komisji: Tadeusz Stępień – inż. budowy okrętów, Zbigniew Tomaszewski – inż. mech. okrętowy,
- WAT, Wydz. Nowych Technologii i Chemii, Katedra Zaawansowanych Materiałów i Technologii, dr inż. Zenon Komorek, *Sprawozdanie z oceny stanu poszycia dennego kadłuba statku „Ziemowit”*, Warszawa 2015 r.,

Kopie obu opracowań załączam do niniejszego programu.

W 1975 r. stan poszycia w części podwodnej został oceniony na zadowalający z niezadowalającą konserwacją poszycia dennego od wewnątrz, stan burt i pokładu na dobry z dobrą konserwacją. Oryginalna, ręczna dziobowa winda kotwiczna działała i była w dobrym stanie, tak jak i pachyły cumownicze. Na zakończenie, już wówczas, komisja zaleciła konserwację wewnętrznej części poszycia dennego, jak również spasowanie tafli podłogowych w pomieszczeniach podpodłogowych, aby można było je łatwo podnosić.

Natomiast w 2015 r. badanie poszycia dennego wykazało, że jego grubość jest bardzo niejednorodna na całej powierzchni dennej kadłuba statku, czego przyczyną jest zróżnicowany czas wystawienia poszczególnych arkuszy blachy na działanie czynników powodujących korozję. Te fragmenty, które zostały wymienione na nowe, w trakcie licznych napraw i przebudów statku, są w lepszym stanie i ich grubość w większości przypadków jest na poziomie nie zagrażającym konstrukcji. Jednakże grubość blachy oryginalnej jest zdecydowanie mniejsza – minimalna wartość zmierzona wynosi 1,7 mm., a maksymalna zaledwie 3 mm. – i może być przyczyną nieszczelności poszycia statku. Poza korozją równomierną, na całej powierzchni blachy zaobserwowano bardzo liczne zagłębienia będące efektem korozji wżerowej, które lokalnie dodatkowo zmniejszają grubość blachy, być może nawet do wymiaru poniżej 1 mm.

W „Sprawozdaniu z oceny stanu poszycia dennego kadłuba statku „Ziemowit” czytamy: „Zróżnicowana szybkość powstawania korozji może mieć wiele przyczyn, są to: segregacja strukturalna, lokalne naprężenia, zwiększony dostęp tlenu lub uszkodzenie wierzchniej warstwy ochronnej. ... Miejsca, w których korozja wytworzyła otwory na wylot występują tylko nad powierzchnią lustra wody. Ma to związek z dużą wilgotnością powietrza, okresowym zwilżaniem powierzchni przez nieograniczonym dostępem tlenu, w przeciwieństwie do powierzchni pod wodą stojącą. Obszary poszycia dennego z trwałą i właściwie naniesioną powłoką malarską i nienarażone na działanie wody zalewowej posiadają grubość nieznacznie zaniżoną w stosunku do grubości nominalnej.”

W zakończeniu Sprawozdania widnieje konkluzja mówiąca, że pomimo zróżnicowanego zmniejszenia grubości poszycia statku spowodowanego długotrwałym czasem użytkowania oraz postępującym procesem korozji: „Uwzględnwszy osadowienie kadłuba statku na podłożu piaszczystym Zalewu stan konstrukcji pozwala na jego dalsze użytkowanie pod warunkiem nadzorowania stanu poszycia dennego i wykonywania wylewek doszczelniających w miejscach przecieków.”

Aktualnie obiekt ma przegląd techniczny, który jest ważny do 2028 r. i do tego czasu należałoby przeprowadzić naprawę poszycia dennego w suchym doku, co pozwoli na przedłużenie ważności przeglądu technicznego na kolejne 15 do 25 lat.

Badania mikroskopowe opisane w „Sprawozdaniu z oceny stanu poszycia dennego kadłuba statku „Ziemowit” pozwoliły określić, że badany materiał pobrany z kadłuba statku to stal niskowęglowa ferrytyczno-perlityczna, która została poddana walcowaniu na gorąco.

4.0. CEL ORAZ ZAŁOŻENIA KONSERWACJI

W opinii opracowanej przez prof. PAN dr hab. Zbigniewa Tucholskiego oraz prof. dr hab. Jana Bartelskiego na potrzeby wydania decyzji w sprawie wpisu obiektu do rejestru zabytków, poza przedstawieniem historii „Ziemowita” i wyszczególnieniem wartości zabytkowych hulka, zwrócono uwagę na nieliczne zachowane jednostki żeglugi śródlądowej znajdujące się na terenie Mazowsza.

W artykule Konrada Szostka i Katarzyny Zdeb p.t.: "Holowniki parowe z Jeziora Zegrzyńskiego--postępująca degradacja i perspektywy na przyszłość" z 2018 r. czytamy, że na Jeziorze Zegrzyńskim poza „Ziemowitem” znajdują się jeszcze dwa takie obiekty: „Dunajec” - bocznookołowy holownik parowy, skonstruowany w 1903 roku w Linzu oraz „Sienkiewicz” – holownik o numerze 409, który został zbudowany w 1901 r. w stoczni w Dreźnie.

Wszystkie trzy jednostki żeglugi śródlądowej stanowią ważny element krajobrazu kulturowego gminy Nieporęt oraz niosą ze sobą wartości nie tylko historyczne, ale również naukowo-poznawcze oraz sentymentalno-emocjonalne ze względu na ich burzliwą przeszłość.

Holownik parowy „Ziemowit”, który jest tematem tego opracowania, z uwagi na ponad stuletnią historię swojej konstrukcji – nawet po licznych przebudowach i zmianach pierwotnej funkcji – nadal posiada wartości historyczne i naukowe oraz jest świadectwem przemian i rozwoju technologicznego

Celem przeprowadzenia prac konserwatorskich jest zabezpieczenie obiektu przed postępującymi zniszczeniami oraz przystosowanie jego wtórnych części do zagospodarowania, co umożliwi przetrwanie statku dla kolejnych pokoleń.

Obecny właściciel i użytkownik obiektu w tym właśnie celu planuje, w pierwszym kroku, przeprowadzić prace modernizacyjne polegające na przystosowaniu statku do stworzenia izby pamięci poświęconej historii „Ziemowita” i Jeziora Zegrzyńskiego w przybudówce z lat 60-tych położonej na pokładzie dolnym od strony rufowej – czyli dostosowanie części wtórnych obiektu do użytkowania.

Prace mają polegać na:

- odnowieniu i pomalowaniu górnej części kadłuba statku,
- wymianie najbardziej skorodowanych elementów burt maskujących miejsca po usuniętych kołach bocznych holownika,
- odnowieniu drewnianej podłogi z desek świerkowych na górnym pokładzie,
- uzupełnieniu braków w barierkach na górnym pokładzie,
- odnowieniu dwóch istniejących sanitariatów położonych na pokładzie dolnym przed wejściem do nadbudówki,
- obłożenie nową okładziną – boazerią z drewna świerkowego - wnętrza dobudówki z lat 60-tych przeznaczonej na izbę pamięci, bez ingerencji w istniejący materiał,
- odnowieniu trapów wejściowych,
- montażu urządzenia klimatyzacji z wykorzystaniem istniejących otworów w ścianie rufowej nadbudówki przeznaczonej na izbę pamięci i przewodów elektrycznych podłączonych do sieci.

Ponieważ zabytek jest odwiedzany głównie w ciepłych miesiącach roku, a izba pamięci ma zostać usytuowana w nadbudówce wybudowanej przez Yacht Klub Polski na dolnym pokładzie – silnie nagrzewającym się pomieszczeniu metalowym – planuje się zamontowanie w tej kabinie klimatyzacji z wykorzystaniem istniejącego otworu w ścianie rufowej przy głównych drzwiach wejściowych z rufy. Sprężarka do klimatyzacji będzie umieszczona na zewnątrz, na tarasie rufowym dolnego pokładu, w miejscu jak najmniej widocznym.

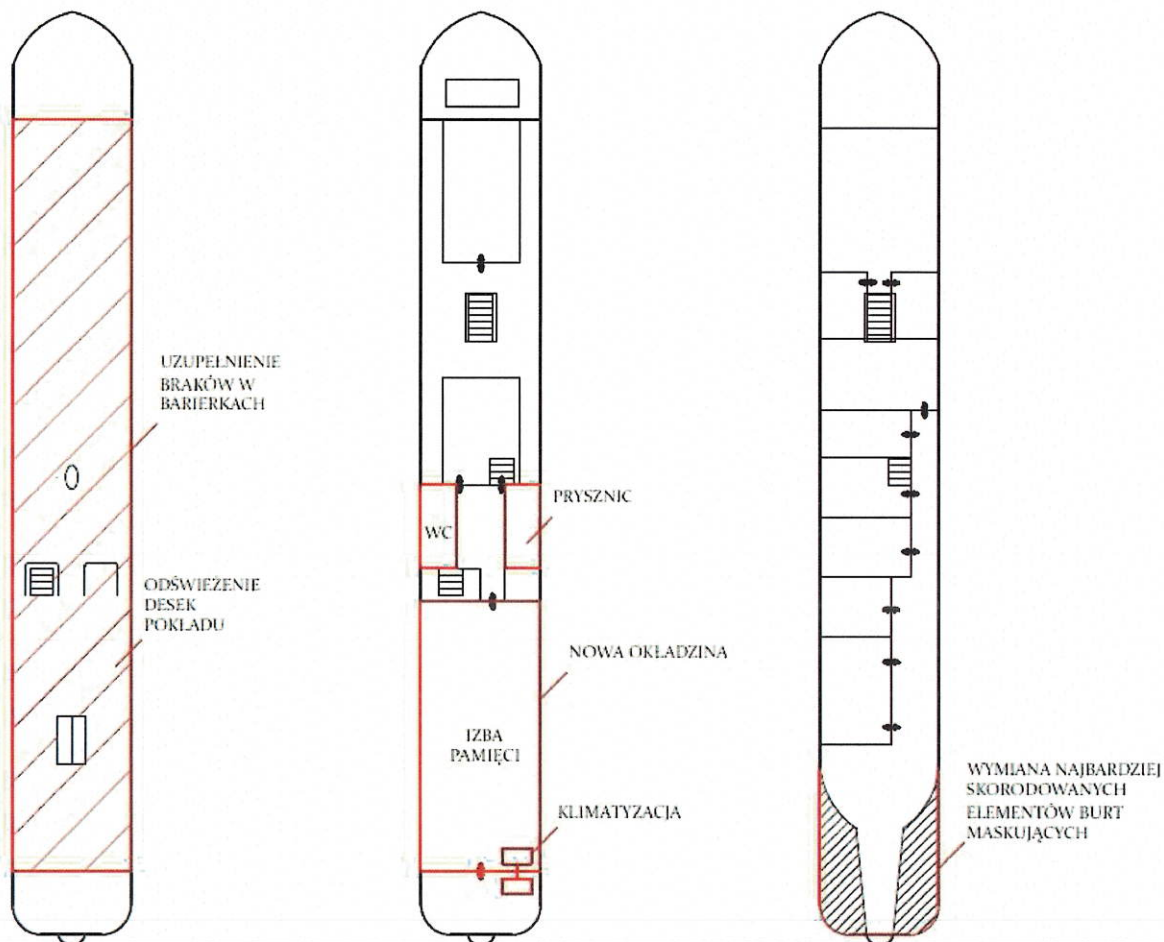
Mając na uwadze długą historię statku i fakt, że jedynymi zachowanymi do dzisiaj oryginalnymi jego częściami jest poszycie denne i nitowane blachy w części rufowej podpokładu, należy stwierdzić, że wszystkie opisane powyżej wstępne działania remontowe odbędą się bez ingerencji w oryginalną, zachowaną materię obiektu, przyczynią się natomiast do wzrostu zainteresowania tym zabytkiem i przedłużenia jego życia.

Na rysunku poniżej zaznaczono czerwonym kolorem obszary, które mają zostać objęte tym wstępnym, wyżej opisanym remontem

GÓRNY POKŁAD

DOLNY POKŁAD

PODPOKŁAD



Zdjęcia poniżej przedstawiają widok obecny elementów przeznaczonych do odnowienia w celu utworzenia na Ziemowicie izby pamięci, z wykorzystaniem jego istniejących, wtórnych części.



Fot. 70. Ściana rufowa dobudówki z lat 60-tych gdzie ma zostać umiejscowiona izba pamięci, od wewnątrz. Po lewej stronie drzwi widoczny otwór i przewody elektryczne, które mają zostać wykorzystane do zamontowania urządzenia klimatyzacji.



Fot. 71. Ściana rufowa dobudówki z lat 60-tych gdzie ma zostać umiejscowiona izba pamięci, od zewnątrz. Widoczny otwór i przewody elektryczne, które mają zostać wykorzystane do zamontowania urządzenia klimatyzacji.



Fot. 72. Sanitariat położony po stronie lewej burty pokładu dolnego, przed wejściem do nadbudówki gdzie ma być umiejscowiona izba pamięci – działający WC. Konieczne odnowienie i usunięcie produktów korozji.

Fot. 73. Sanitariat położony po stronie prawej burty pokładu dolnego, przed wejściem do nadbudówki gdzie ma być umiejscowiona izba pamięci – działający prysznic. Konieczne odnowienie i usunięcie produktów korozji.





Fot. 74. Sanitariat położony po stronie prawej burty pokładu dolnego, przed wejściem do nadbudówki gdzie ma być umiejscowiona izba pamięci – działający prysznic. Konieczne odnowienie i usunięcie produktów korozji.

5.0. PROGRAM PRAC

Poniżej pełen program prac konserwatorskich w podziale na elementy stalowe i drewniane, do przeprowadzenia w miarę pozyskiwania środków.

ELEMENTY STALOWE

1. Zabezpieczyć teren prac przed wstępem osób niepożądanych.
2. Osłonić czyszczone elementy przed opadami atmosferycznymi – kiedy oczyszczony, niezabezpieczony element zostanie zawilgocony zaczną się pojawiać ogniska korozji - czy też zbyt silnym nasłonecznieniem – silnie nagrany oczyszczony metal może powodować pęknięcia powłok zabezpieczających poprzez nierównomierne kurczenie się.
3. Mechaniczne oczyścić powierzchnie stalowe z farb i produktów korozji metodą strumieniowo-ścierną, szczotkami drucianymi i ręczną szlifierką kątową, aż do poszycia metalowego, z obu stron blachy. W trakcie prac należy lokalizować ogniska korozji i sprawdzać grubość stali. Oczyszczać należy w miarę możliwości całe elementy.
4. W przypadku konieczności uzupełnień i naprawy otworów perforacyjnych, wykonać je zgodnie z projektem ze „Sprawozdania z oceny stanu poszycia dolnego kadłuba statku „Ziemowit” – za pomocą 3 arkuszy maty szklanej nakładanej na odtłuszczoną powierzchnię i żywicy epoksydowej (str. 28-29). Do 2028 r. należałoby przeprowadzić pełną naprawę poszycia dennego w suchym doku,
5. Oczyszczoną powierzchnię należy natychmiast zabezpieczyć antykorozyjnie. System malarski użyty do opracowania oczyszczonego metalu powinien spełniać wymogi jakościowe, w tym wytworzenie układu antykorozyjnego opartego na ochronie katodowej, co zapewnia zawartość pyłu cynkowego lub aluminium w podkładzie.

6. Warstwę nawierzchniową należy wzmocnić poprzez naniesienie farby, która stanowi dodatkową barierę hydrofobową, zapobiegającą inicjacji procesów korozyjnych. W celu ustalenia pierwotnej kolorystyki należy przeprowadzić badania stratygraficzne.
7. Konserwację knag i kabestanu oraz windy kotwicznej przeprowadzić w analogiczny sposób.
8. Wtórne burty dospawane w miejscu usuniętych kół napędowych, które są w bardzo złym stanie, zaleca się wymienić w całości na nowe, najlepiej ze stali niskowęglowej, ferrytyczno-perlitycznej, walcowanej na gorąco, takiej jak materiał oryginalny.
9. Popękane szyby w bulajach wymienić na nowe

ELEMENTY DREWNIANE

Oryginalne elementy drewniane holownika były wykonane zapewne z drewna dębowego, jednak biorąc pod uwagę historię statku - zatopienie go w 1944 r. i podniesienie z dna w 1946 r. - nie wydaje się prawdopodobnym, aby zostały zachowane. Z uwagi na wysoki koszt drewna dębowego zaleca się ewentualnie użycie popularnego obecnie w szkutnictwie drewna teakowego do rekonstrukcji elementów zewnętrznych i np. drewna modrzewiowego we wnętrzach.

Drewno z grupy teaków jest bardzo chętnie używane w szkutnictwie z powodu jego niezwyklej odporności na butwienie i szkodniki (łącznie ze świdrakiem okrętowcem). Odznacza się ono również doskonałymi właściwościami mechanicznymi, niewielkim skurczem spowodowanym zmianami wilgotności oraz dużą odpornością na ścieranie, co powoduje, że klepka teakowa nadaje się na pokłady jachtów. Jego cechą charakterystyczną jest duża zawartość związków oleistych, co powoduje, że nie wymaga ono zabezpieczania przez lakierowanie, a jedynie konserwacji polegającej na czyszczeniu specjalnymi preparatami olejowymi

Drewno modrzewiowe charakteryzuje się prawie bezszęcną budową, sprężystością oraz olbrzymią odpornością na butwienie i szkodniki, jest wyjątkowo stabilne wymiarowo - nie „pracuje” pod wpływem zmian wilgotności, co zapewnia szczelność poszycia.

Jednak wymiana elementów drewnianych będzie możliwa dopiero przy kolejnej możliwości finansowej, kiedy zostaną uzbierane środki.

1. Praktycznie wszystkie elementy drewniane nadają się do wymiany.
2. Elementy oryginalne należy zrekonstruować na podstawie relikwów oraz zachowanych materiałów fotograficznych.
3. Na zewnątrz należy wykorzystać lite drewno
4. Przed malowaniem drewno należy wyszlifować za pomocą szczotek nylonowych i papieru ściernego o różnej granulacji.
5. Drewno należy zabezpieczyć przeciwko wzrostowi mikroorganizmów (glony i grzyby), przeciwpożarowo oraz pokryć warstwami lakierów stosowanych do zabezpieczania jachtów na bazie żywic poliuretanowych, ze względu na ich światłotrwałość i odporność na ścieranie.

Ze względu na ograniczone środki finansowe w chwili obecnej nie planuje się wymiany, jedynie odświeżenie desek pokładu górnego wraz z uzupełnieniem ubytków. Obecnie pokład górny wykonany jest z desek świerkowych – do przeprowadzenia działania opisane w pkt. 4. - 5., oraz wymiana ubytków na takie same deski świerkowe wg. poniższego opisu:

a) uzupełnienie ubytków drewnem:

- zwymiarowanie i zmierzenie kątów
- ucięcie materiału z deski na długość ubytku (wzdłuż włókien)
- wyprowadzenie kątów prostych na pilarcie stołowej
- wycięcie zadanych wymiarów (z naddatkiem/luzem) na pilarcie stołowej i ew. kątów na ukośnicy
- przymierzenie wypełnienia i ew. poprawka
- posmarowanie klejem poliuretanowym powierzchni stycznych
- przyłożenie wypełnienia i dociśnięcie go ściskiem/ściskami przez drewniane podkładki/lub wkrętami po uprzednim nawierceniu

- wiązanie kleju (do następnego dnia)
- ściągnięcie ścisków z podkładkami lub odkręcenie wkrętów
- usunięcie nadmiaru kleju i zeszlifowanie nadmiaru drewna, ewentualne zakitowanie otworów po wkrętach i szczelin wokół wypełnienia w przypadku trudno dostępnych miejsc
- szcztokowanie/piaskowanie dla wyrównania faktury powierzchni
- b) uzupełnienie mniejszych ubytków kitem:
 - zaszpachlowanie ubytku np. kitem do drewna firmy Liberon
 - pozostawienie do wyschnięcia
 - zeszlifowanie/wyszcztokowanie nadmiaru

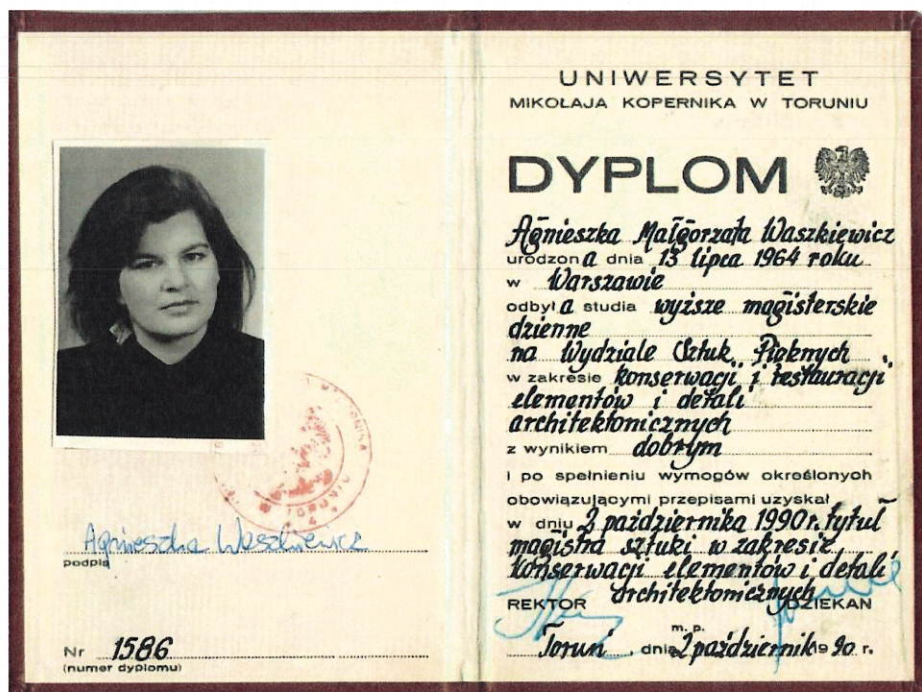
Prowadzone prace należy dokumentować opisowo i fotograficznie, a po zakończeniu sporządzić Powykonawczą Dokumentację Konserwatorską, zgodnie ze schematem podanym w zarządzeniu MKiDN.

6.0. BIBLIOGRAFIA

- Artur Magnuszewski „Ziemowit – zabytkowy holownik parowy” [w:] Gazeta Gminna „Wieści Nieporęckie”, nr 14 (133), 26 września 2016 r.,
<https://ykp.pl/historia/> (23.06.2023),
- *Komisyjny opis stanu technicznego statku z 17.04.1975 r.* Skład komisji: Tadeusz Stępień – inż. budowy okrętów, Zbigniew Tomaszewski – inż. mech. okrętowy,
- WAT, Wydz. Nowych Technologii i Chemii, Katedra Zaawansowanych Materiałów i Technologii, dr inż. Zenon Komorek, *Sprawozdanie z oceny stanu poszycia dennego kadłuba statku „Ziemowit”*, Warszawa 2015 r.,
- Konrad Szostek, Katarzyna Zdeb, *Holowniki parowe z Jeziora Zegrzyńskiego – postępująca degradacja i perspektywy na przyszłość* [w:], Zdeb, K. i K. Rabiega (red.), *Konserwacja zapobiegawcza środowiska 7. Zabytki techniki*, s. 163–168. Warszawa: Instytut Archeologii UKSW. Warszawa 2018 r..

7.0. UPRAWNIENIA

mgr Agnieszka Waszkiewicz
Konservator Dziel Sztuki
ul. ... 1586



KOMISYJNY OPIS STANU TECHNICZNEGO STATKU

Zgodnie z treścią § 5 ust. 1 pkt 2 lit. a, zarządzenia Ministra Żeglugi z dnia 12 kwietnia 1965 r. w sprawie świadectw zdolności żeglugowej statków żeglugi śródlądowej (M.P. Nr 20, poz. 92) oraz § 6 Instrukcji Nr 9 Ministra Żeglugi z dnia 30 sierpnia 1965 r. w sprawie ustalenia wzoru świadectwa zdolności żeglugowej statków żeglugi śródlądowej oraz powołania Komisji do wydawania opinii o dopuszczeniu statków do żeglugi — dokonano przeglądu niżej opisanego statku, w wyniku którego ustalono co następuje:

A. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA

1. Statek

Nazwa: **"ZIEMOWIT"** nr rejestracyjny: **Wa-III-992**
 Armator: **Yacht Klub Polski** port macierzysty: **Niepanet**
 Rodzaj: **Przystań pasażerska** przeznaczenie: **cele żeglarskie**
 Rejon żeglugi: **"R"** dla lokalizacji: **stałej**
 Rok i miejsce budowy: **przebudowa w Warszawskiej Stoczni Rzecznej 1957/58**
 Wymiary pomiarowe L **38,00** m B **4,60** m H **6,70** m
 Zanurzenie w stanie bezładunkowym T min **0,60** m
 Zanurzenie dopuszczalne T max **0,90** m
 Wolna Būlta **1400⁰ mm**
 Nosność w tonach lub dopuszczalna ilość osób **147 osób**
 Stateczność: **Rezymieszczenie pasażerów według "Informacji dla Kierownika Przystani zatw. przez Polski Rejstr Statków dla rej. "R" w dniu 26.V.60 r.**

2. Kadłub

Data i rodzaj ostatniego remontu: **IV 64r. w/g Komisijnego Opisu Stanu Technicznego z 1971 r.**
 Ostatni przegląd na ladzie: **20.IV.64r. sprawozdanie P.R.S. 12/16/ZM/64**
 Konstrukcja kadłuba: **stalowy nitowany**
 Konstrukcja nadbudówek: **stalowa nitowana spawana**
 Ilość i rozmieszczenie gnodzi wodoszczelnych: **4szt. - 2 kolizyjna w płaszczyźnie owrej**
 Ilość zbiorników: **2** rodzaj przeznaczenie: **woda sanitarna** gł.

B. STAN TECHNICZNY

I. Kadłub

Podać stan, zużycia, szczelność, konserwacje, oraz rodzaj i wyniki przeprowadzonych prób

Dziobnica: ~~stan i konserwacja dobre~~ stan i konserwacja dobre

Stylara: ~~stan i konserwacja dobre~~ j. w.

KOMISYJNY OŚWIADCZENIE TECHNICZNE

Poszycie:

- w części podwodnej: - przegląd na wadzie - stan zadowalający, konserwacja poszycia dennej od wewnątrz nie zadowalająca
- burty: od wewnątrz w części podwodnej i obustronnie w części nadwodnej stan dobry, konserwacja dobra
- pokład: stan dobry, konserwacja dobra

Wiązania:

- denne: stan dobry konserwacja nie zadowalająca
- burtowe: stan dobry konserwacja dobra
- podpokładowe: j. w.

Fundamenty: nie występują

II. Kotłowe

— maszynowe

— windy: ~~stan i działanie dobre~~ stan i działanie dobre

Chłodzie wodnoszczelne: stan i konserwacja zadowalające

Zbiorniki: ~~stan dobry~~ stan dobry

Nadbudówki, zejściowki: ~~stan i konserwacja dobre~~ j. w.

Zawory denne i burtowe: ~~nie występują~~ j. w.

Skrzynie wodne: nie występują

Zamknięcie innych otworów burtowych mających wpływ na Wolną Burte, instalacja lub wykańczająca ze stateczności **zamknięcia szczelne - stan dobry**

Urządzenia sterowe **nie występują**

— maszynka sterowa

— sterociągi

— ster wraz z trzosem sterowym i ułożyskowaniem

— sterowanie awaryjne

Urządzenia kotwiczne

— winda kotwiczna **dziobowa i rufowa - ręczne - stan dobry, działanie dobre**

— liny, łańcuchy, szakle, kretliki itp. **stan dostateczny**

— kotwice czterokopowe w stanie dobrym

Urządzenia holownicze **nie występują**

— pałak z zamocowaniem

— hak holowniczy i zwalnianie haka

— lina holownicza

Urządzenia cumownicze **pachoły - w stanie dobrym**

2. Wyposażenie pokładowo-nawigacyjne

Podać stan techniczny, zgodność z normatywami oraz posiadane atesty i metryki:

Urządzenia zeisciowe **stan dobry**

Urządzenia nawigacyjne **J.W.**

Urządzenia i środki sygnałowe **J.W.**

Urządzenia i środki alarmowe **J.W.**

Sprzet awiatacyjny

stan dobry

Sprzet pokładowy

J. W.

Sprzet przeciwpożarowy

J. W.

3. Urządzenia socjalno-bytowe

(podać stan sanitarny oraz standart wyposażenia)

Pomieszczenia załogowe i pasażerskie standart wyposażenia zadowalający
warunki sanitarne dobre

Zaplecze specjalne nie występuje

zalecenia:

1. dokonać konserwacji wewnętrznej pałyca demnego
2. tafele podłogowe w pomieszczeniach podpokładowych spasowa aby istniała możliwość łatwego ich podnieszenia
3. uzupełnić pakiety i klesze instalacji elektrycznej oraz wykonać pomiar stanu izolacji
4. w najbliższym czasie przewidzieć oględziny i konserwację podwodnej części kadłuba
5. kierownik jednostki powinien stale posiadać i przestrzegać uwagi zawarte w "Informacji o starczności" dla Kapitana "

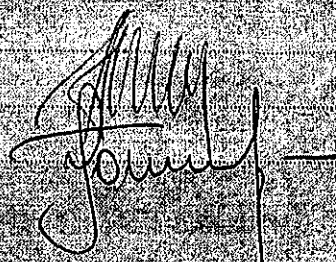
C. OPINIA KOMISJI

Na podstawie dokonanego przeglądu oraz stwierdzonego powyżej stanu technicznego statku stwierdza się, że statek może być dopuszczony do żeglugi na okres do końca sezonu nawigacyjnego z następującym przeznaczeniem jako przystań pasażerska dla celów 1976 r. żeglarskich dla potrzeb klubowych ze stałą lokalizacją w rejonie "R"

D. SKŁAD KOMISJI I PODPISY

(podać imię i nazwisko, zawód i specjalność)

- 1) Tadeusz Stępień inż. budowy okrętów
- 2) Zbigniew Tomaszewski inż. mecz. okrętowy
- 3)






WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA
Wydział Nowych Technologii i Chemii
Katedra Zaawansowanych Materiałów i Technologii
ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa 49
tel. 22 683-93-49, fax. 22 683-94-45, e-mail: kzmt@wtc.wat.edu.pl
Laboratorium Badań Materiałowych

Stron: 32

Egz.: 1

Sprawozdanie

z oceny stanu poszycia dennego kadłuba statku „Ziemowit”

Zleceniodawca:	YACHT KLUB POLSKI WARSZAWA 03-980 Warszawa ul. Wał Miedzeszyński 377
Badania wykonali:	dr inż. Zenon Komorek, Michał Filipowicz, Arkadiusz Laskowski
Sprawozdanie opracował:	dr inż. Zenon Komorek
	 28.05.2015 podpis, data

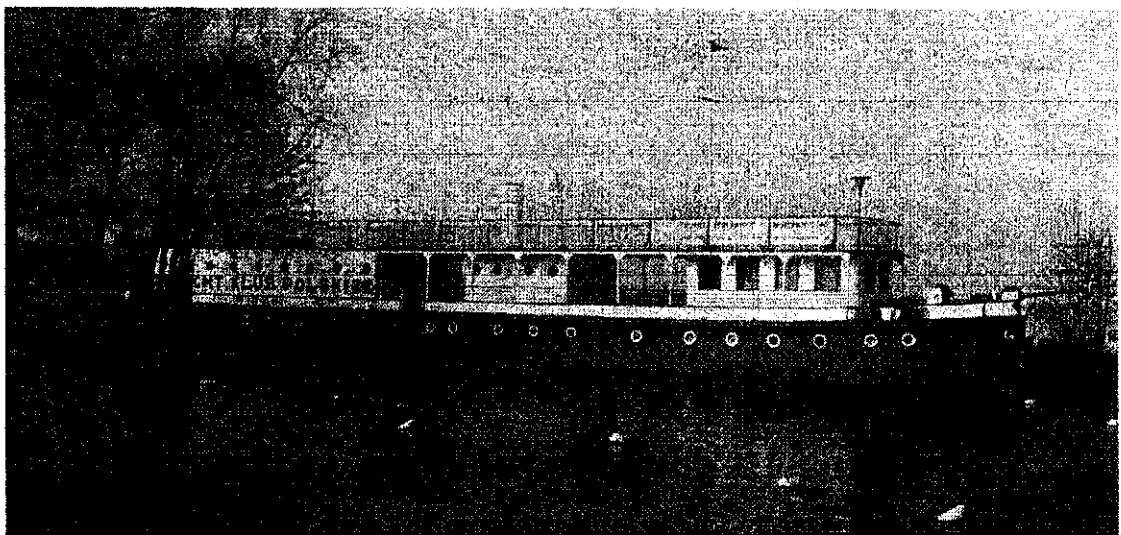
WARSZAWA - 2015r

1. Wstęp

Pierwsze statki z metalowym kadłubem wprowadzono do eksploatacji pod koniec lat 70-tych XVIII wieku. Od tamtej pory stale szukano coraz lepszych materiałów metalowych do produkcji statków i okrętów w celu poprawienia ich wytrzymałości i jednoczesnego minimalizowania masy. Pod koniec XIX wieku stal na dobre zastąpiła drewno i żelazo w produkcji statków wodnych, za sprawą opanowania wytwarzania stali metodą martenowską, która poprawiła jakość i obniżyła koszty produkcji stali węglowych.

Statek wykorzystany jako obiekt badań w niniejszej pracy wybudowany został w Dresden, Ubigau na terenie Niemiec pod nazwą KOMMERZIENRAT LEOPOLD STOLTZ w 1907 roku. Była to „maszyna parowa” - jako holownik, pływał po Noteci, Warcie, Odrze i Wiśle.

W 1945 roku statek został zatopiony w Wiśle, a rok później wydobyty i odbudowany w stoczni Toruńskiej gdzie nadano mu nową nazwę „Ziemowit”. W 1967 roku kadłub wycofanego rok wcześniej z eksploatacji statku przekazano do Yacht Klubu Polski w Nieporęcie na Zalewie Zegrzyńskim gdzie do dziś spoczywa na mieliźnie służąc jako obiekt rekreacyjno-wypoczynkowy. [1]



Rys. 1. Ziemowit w Polskim Yacht Klubie

2. Stale kadłubowe

Elementy konstrukcji kadłubów statków wytwarzane są ze stali zaklasyfikowanej jako stale kadłubowe. Stale te podlegają nadzorowi, który polega na zatwierdzaniu wykorzystanej technologii wytwarzania oraz przeprowadzeniu badań kontrolnych jakości materiału.

Stal przeznaczona do budowy kadłuba statku powinna cechować się odpowiednimi właściwościami wytrzymałościowymi np. wytrzymałością na rozciąganie czy granicą plastyczności. Materiał powinien być dobrze spawalny, odporny na korozję oraz kruche pękanie. [2; 3]

Stale kadłubowe dzielone są na:

- zwykłej wytrzymałości
- o podwyższonej wytrzymałości
- wysokiej wytrzymałości ulepszane cieplnie
- o gwarantowanych własnościach w kierunku grubości
- do pracy w niskich temperaturach. [4]

2.1 Stale kadłubowe o zwykłej wytrzymałości

Skład chemiczny oraz własności mechaniczne stali kadłubowych o zwykłej wytrzymałości przedstawiono w tabelach 1 oraz 2.

Stale kadłubowe o zwykłej wytrzymałości podzielone są na cztery kategorie: A, B, D, E. Różnią się one zarówno składem chemicznym, odpornością na kruche pękanie, jak również stanem dostawy i sposobem odtlenienia.

Odporność na kruche pękanie określana na podstawie próby udarności metodą Charpy'ego, wynosi 27 J dla próbek wzdluznych, w określonej temperaturze. [4]

Elementy kadłuba przenoszą zróżnicowane poziomy obciążenia, produkowane klasy stali umożliwiają optymalny dobór materiału na elementy konstrukcyjne pod względem ich odporności na pękanie. Zwykle kadłuby statków zbudowane są z arkuszy blach wykonanych ze stali kategorii A i B. W miejscach najbardziej odpowiedzialnych stosuje się płyty ze stali kategorii D lub E. Zwykle środkowa część kadłuba przenosi największe obciążenia i odpowiada za stabilność całej konstrukcji. [3; 4; 5]

Tabela 1 Właściwości mechaniczne stali kadłubowych zwykłej wytrzymałości [4]

Kategoria stali	Granica plastyczności $R_{e_{min}}$ [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie R_m [MPa]	Wydłużenie A_{5min} [%]	Udarność min. [J]		
				Temp. Badania [°C]	Próbki wzdlużne	Próbki poprzeczne
A	235	400-520	22	-	-	-
B				0	27	20
D				-20	27	20
E				-40	27	20

Mikrostrukturę stali kadłubowych zwykłej wytrzymałości w zależności od przeprowadzonej obróbki mogą stanowić różne zawartości ferrytu, perlitu oraz wydzielenia cementytu. Mikrostruktura każdej z tych stali ma wyraźnie pasmową budowę.

Stal kategorii A dostarczona jest po walcowaniu na gorąco bez obróbki oraz badań udarności. Wymaganą udarność zapewnia stosowana technologia wytwarzania i odpowiedni skład chemiczny. Blachy ze stali tej kategorii mogą być dostarczone w stanie półuspokojonym, natomiast kształtowniki zazwyczaj w stanie nieuspokojonym.

Stal kategorii B w większości przypadków dostarczana jest w stanie półuspokojonym lub uspokojonym z zapewnioną udarnością 27J w temperaturze 0°C.

Stal kategorii D dostarczana jest tylko w stanie uspokojonym. Wyroby o grubości poniżej 25mm poddawane są uspokajaniu krzemem i dodatkowo aluminium rozpuszczonym w kwasach, celem rozdrobnienia struktury ziarnistej. Dla większych grubości blach możliwe jest stosowanie tylko krzemu. Poniżej 35 mm grubości na wyrobach nie musi być przeprowadzana obróbka cieplna, jednak powyżej tej wartości wymagane jest kontrolowane walcowanie lub przeprowadzenie procesu normalizowania.

Stal kategorii E również uspokoja się krzemem z dodatkiem aluminium do uzyskania drobnoziarnistej struktury. Każdy wyrób obowiązkowo musi zostać poddany normalizowaniu lub walcowaniu cieplno-mechanicznym oraz próbie udarności. [2; 4; 5]

2.2 Stale kadłubowe o podwyższonej wytrzymałości

Stale te zostały opracowane aby sprostać zwiększającym się wymaganiom, jakie stawiano stalom kadłubowym. Najważniejsze z nich to: obniżenie kosztów budowy statków oraz zmniejszenie masy kadłuba, a co za tym idzie materiałooszczędność i zwiększenie szybkości jednostek pływających.

Stale kadłubowe o podwyższonej wytrzymałości dzielą się na trzy klasy wytrzymałościowe różniące się minimalną wartością granicy wytrzymałości, są to $Re_{min} = 315, 355, 390\text{MPa}$.

Stale tej grupy mogą być stosowane na elementy statków wszystkich typów i różnej wielkości, za wyjątkiem niektórych okrętów wojennych.

W tabelach 3 oraz 4 przedstawiono skład chemiczny i własności stali kadłubowych o podwyższonej wytrzymałości dwóch pierwszych klas, natomiast w tabeli 4 przedstawiono skład i właściwości stali o minimalnej granicy plastyczności $Re_{min} = 390\text{MPa}$. [2; 3; 4]

Każda klasa stali o podwyższonej wytrzymałości dzieli się na kategorie A, D i E, różniące się stanem dostawy oraz temperaturą przy której przeprowadzana jest próba udarności.

Tabela 2 Własności mechaniczne stali kadłubowych o podwyższonej wytrzymałości [4]

Kategoria stali	Granica plastyczności Re_{min} [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie R_m [MPa]	Wydłużenie A_{min} [%]	Udarność min. [J]		
				Temp. badania [°C]	Próbki wzdłużne	Próbki poprzeczne
AH32 DH32 EH32	315	440-590	22	0	31	22
-20				31	22	
-40				31	22	
AH36 DH36 EH36	355	490-620	21	0	34	24
-20				34	24	
-40				34	24	

Zwiększoną wytrzymałość stali kadłubowych tej grupy stali osiąga się poprzez stosowanie następujących zabiegów:

- obróbki cieplnej lub cieplno-mechanicznej celem rozdrobnienia ziaren ferrytu,
- umocnienia ferrytu poprzez stosowanie zwiększonej zawartości mangan tworzącego roztwór stały,
- umocnienie i rozdrobnienie ziaren ferrytu przez mikrowydzienia azotków, węglików lub węglaozotków z pierwiastkami Al, V, Ti, Nb. [4]

2.3 Stale konstrukcyjne o wysokiej wytrzymałości ulepszone cieplnie

Do budowy zaawansowanych jednostek pływających, głównie okrętów wojkowych, wymagane są stale charakteryzujące się granicą plastyczności $R_e \geq 420\text{MPa}$. Tak wysokie właściwości wytrzymałościowe otrzymuje się dzięki zastosowaniu specjalnych technologii wytwarzania i starannie dobranego składu chemicznego. Zwykle są to stale niskostopowe dobrze spawalne o dobrej plastyczności, ciągliwości i udarności. Ze stali o wysokiej

wytrzymałości produkowane są blachy oraz rury poddane obróbce cieplnej, cieplno-plastycznej z przyspieszonym chłodzeniem lub utwardzane wydzieleniowo.

Stale konstrukcyjne o wysokiej wytrzymałości zostały podzielone na sześć klas wytrzymałości gdzie kryterium głównym jest granica plastyczności dochodząca aż do 690MPa, każda z klas została podzielona na kategorie D, E, F. Stale z ostatniej kategorii F są przeznaczone do pracy w temperaturze -60°C . [4]

Tabela 3 Skład chemiczny stali o wysokiej wytrzymałości [4]

Kategoria stali	Skład chemiczny (maks.) [%]					
	C	Si	Mn	P	S	N
A420-a690	0,21	0,55	1,70	0,035	0,035	0,02
D, E(420-690)	0,20	0,55	1,70	0,030	0,030	0,02
F(420-690)	0,18	0,55	1,60	0,025	0,025	0,02

Tabela 4 Własności mechaniczne stali konstrukcyjnych wysokiej wytrzymałości [4]

Kategoria stali	$R_{e_{min}}$ (lub $R_{0,02}$) [MPa]	R_m [MPa]	A_{5min} [%]	Temperatura badania [$^{\circ}\text{C}$]	Udarność KV_{min} [J]
D420 E420 F420	420	530-680	18	-20 -40 -60	41 (W) 27 (P)
D460 E460 F460	460	570-720	17	-20 -40 -60	46 (W) 31 (P)
D500 E500 F500	500	610-770	16	-20 -40 -60	50 (W) 33 (P)
D550 E550 F550	550	670-830	16	-20 -40 -60	55 (W) 37 (P)
D620 E620 F620	620	720-890	15	-20 -40 -60	62 (W) 41 (P)
D690 E690 F690	690	770-940	14	-20 -40 -60	69 (W) 46 (P)

Próba udarności dla próbek pobieranych wzdłuż (W) i poprzecznie (P) do kierunku walcowania

W przypadku wyrobów ze stali o wysokiej wytrzymałości przeprowadzana jest obróbka cieplno-plastyczna. Jest to ściśle kontrolowany proces temperaturą walcowania i wartościami zgniotu. Po takim ulepszeniu cieplnym stal ma strukturę martenzytyczną odpuszczoną lub bainityczną.

Ze względu na występowanie martenzytu, podczas procesu spawania, może wystąpić zjawisko zimnego pęknięcia, a także zwiększenie kruchości w obszarach strefy wpływu ciepła. [3; 4; 5]

3. Podsumowanie literatury

Zdecydowana większość budowanych statków na świecie posiada konstrukcje i poszycie z różnych typów stali. Stale do budowy statków zostały sklasyfikowane jako stale kadłubowe i ich produkcja oraz prowadzone badania są ściśle kontrolowane. Stale kadłubowe dzieli się głównie na podstawie jej wytrzymałości na rozciąganie, jak również udarnością w niskich temperaturach. Istnieje również wewnętrzny podział stali na kategorie różniące się przede wszystkim składem chemicznym, odpornością na kruche pękanie oraz uspokojeniem stali, czyli stopniem jej odtlwienia.

Stal węglowa jest materiałem bardzo reaktywnym, dlatego w środowiskach korozyjnych niezabezpieczona szybko ulega procesom korozyjnym. Istnieje wiele mechanizmów powstawania korozji zależnych od rodzaju środowiska korozyjnego, użytego materiału, czystości materiału, rodzaju występujących naprężeń w konstrukcji oraz sposobu eksploataowania. Najpopularniejszym rodzajem korozji jest korozja równomierna, która nie jest tak groźna jak inne gdyż łatwo jest ją zidentyfikować oraz powstrzymać. Jedne z najgroźniejszych i często występujących mechanizmów jest korozja wżerowa. Jest trudna do wczesnego wykrycia, i charakteryzuje się szybkim, zlokalizowanym atakiem. Niepowstrzymana korozja wżerowa grozi powstaniem otworów perforacyjnych na poszyciu statków lub innych konstrukcji.

4. Cel i zakres pracy

Głównym celem badań jest ocena stanu poszycia dennego kadłuba statku „Ziemowit” oraz prognoza dalszego użytkowania.

Do realizacji celu przeprowadzono szereg badań oraz zaproponowano różne rozwiązania. Pierwszym krokiem były wstępne oględziny statku, oszacowanie rodzaju zniszczeń i wskazanie miejsc o największym stopniu degradacji.

Podstawowy zakres badań obejmował badania grubości poszycia dennego statku w częściach dziobowej, rufowej oraz na śródkręciu metodą nieniszczącą. Wykonanie pomiarów grubości poszycia wymagało dokładnego mechanicznego oczyszczenia materiału w strefach dokonywania pomiarów.

Kolejnym etapem było przeprowadzenie badań strukturalnych oraz określenie właściwości mechanicznych pobranego z poszycia fragmentu materiału.

Właściwości mechaniczne określono w oparciu o pomiary twardości oraz statyczną próbę rozciągania.

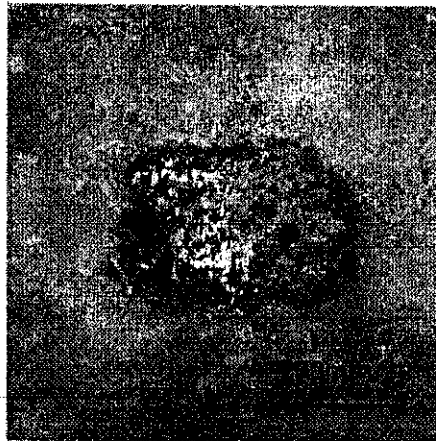
Celem zapewnienia szczelności poszycia w miejscach krytycznych (przerdzewiałych) zaproponowano sposoby doszczelnienia oraz wydłużenia okresu eksploatacji statku.

5. Metodyka badań

5.1 Badania grubości poszycia

Celem pomiarów grubości była ocena stopnia skorodowania poszycia spowodowana długotrwałym okresem eksploatacji w warunkach oddziaływania wilgoci oraz wody rzecznej a przez ostanie kilka lat wody z Zalewu Zegrzyńskiego.

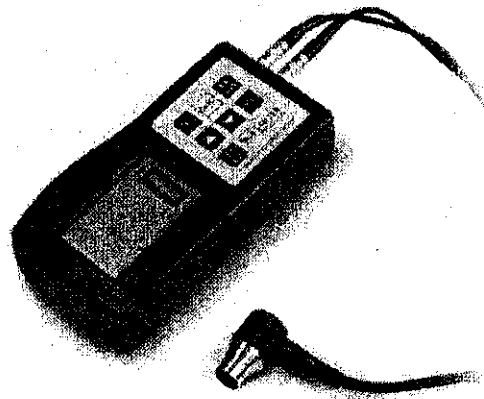
Badanie grubości poszycia kadłuba poprzedzało przygotowanie powierzchni. Wybrane obszary poszycia dennego statku rozmieszczone w różnych miejscach zostały wstępnie oczyszczone z luźnych zanieczyszczeń i kurzu. Następnie używając ręcznej szlifierko-polerki powierzchnia została oczyszczona z produktów korozji oraz pozostałości powłoki farby.



Rys. 2. Obszar przygotowany do badania grubości poszycia

Po przygotowaniu powierzchni do badania na odsłonięty obszar została nałożona warstwa środka sprzęgającego, zapewniony został styk sondy z powierzchnią materiału bez pęcherzy powietrza.

Badanie grubości poszycia statku zostało przeprowadzone metodą nieniszczącą przy pomocy ultradźwiękowego miernika grubości materiałów SAUTER TD 255-0,1 US.



Rys. 3. Przyrząd pomiarowy SAUTER TD 255-0,1 US

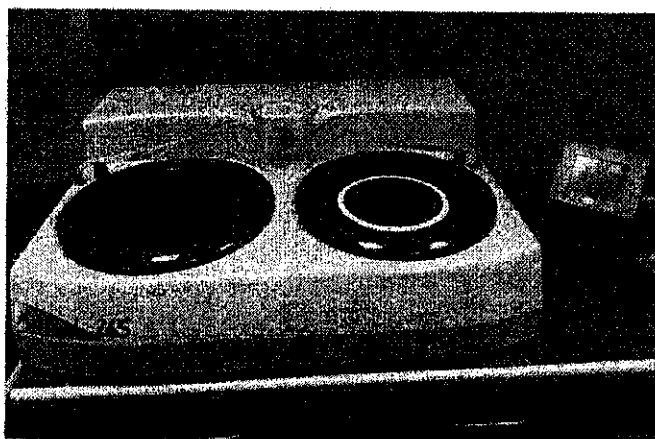
Tabela 5 Dane techniczne przyrządu pomiarowego SAUTER TD 255-0,1 US

Zakres pomiarowy [mm]	1,2 – 255
Rozdzielczość [mm]	0,1
Dokładność	0,5% mierzonej wartości + 0,1 mm
Prędkość dźwięku [m/s]	500 – 9000
Częstotliwość [MHz]	5
Srednica sondy pomiarowej [mm]	8

Zasada działania urządzenia polega na wysyłaniu impulsów ultradźwiękowych z sondy, wprowadzone do blachy po dotarciu do przeciwległej powierzchni zostają odbite i wracają do sondy. Czas, w jakim impuls przechodzi przez badany obiekt jest zależny od długości pokonanej drogi, czyli grubości materiału. W stalach ferrytycznych prędkość dźwięku wynosi 5940 m/s, co powoduje, że w parciu o czas przenikania fali ultradźwiękowej przez materiał wyznaczana jest jego grubość.

5.2 Badania metalograficzne

Za pomocą szlifierki kątowej ręcznej oraz przecinarki stacjonarnej z fragmentu poszycia statku zostały wycięte niewielkie próbki, które następnie zatopiono w żywicy epoksydowej chemoutwardzalnej w urządzeniu STRUERS Labopress-3. Kolejnym krokiem było przeszlifowanie powierzchni na papierach ściernych o odpowiedniej gradacji, a następnie polerowanie próbek na dyskach materiałowych z wykorzystaniem zawiesiny diamentowej o wielkości ziarna 3 μm oraz 0,25 μm , na szlifierko-polerce MINITECH 265.



Rys.4. Szlifierko-polerka MINITECH 265

Przygotowania powierzchnia po uzyskaniu odpowiedniej gładkości została wytrawiona odczynnikami roztworu kwasu azotowego – Kalings. Obserwacje mikrostruktury przeprowadzone zostały na mikroskopie optycznym odbiciowym NIKON Ma 200.



Rys. 5. Mikroskop NIKON Ma 200 wraz ze stanowiskiem komputerowym

5.3 Badania twardości

Na oczyszczonym z korozji, zanieczyszczeń oraz farby fragmencie poszycia statku przeprowadzono pomiary twardości:

- metodą Rockwella na powierzchni poszycia,
- metodą Vickersa rozkładu mikrotwardości na przekroju poprzecznym.

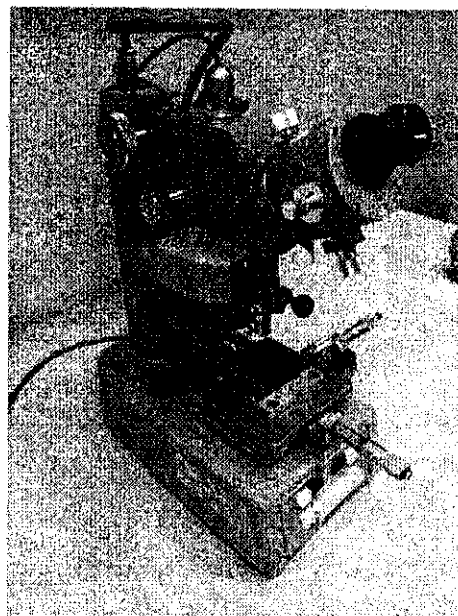
Pomiary twardości metodą Rockwella przeprowadzono wykorzystując twardościomierz typu PW-106 firmy Łucznik, stosując wgłębnik w postaci kulki stalowej o średnicy 1/16” i

obciążenie zasadnicze wynoszące 100kg - skala HRB. Twardość określono w oparciu wykonanie 12 pomiarów.

Rozkład mikrotwardości na przekroju poprzecznym blachy poszycia przeprowadzono na mikrotwardościomierzu SHIMADZU M stosując obciążenie wynoszące 25 g w czasie 15 s. Na uprzednio przygotowanych szlifach poprzecznych zatopionych w żywicy termoutwardzalnej.



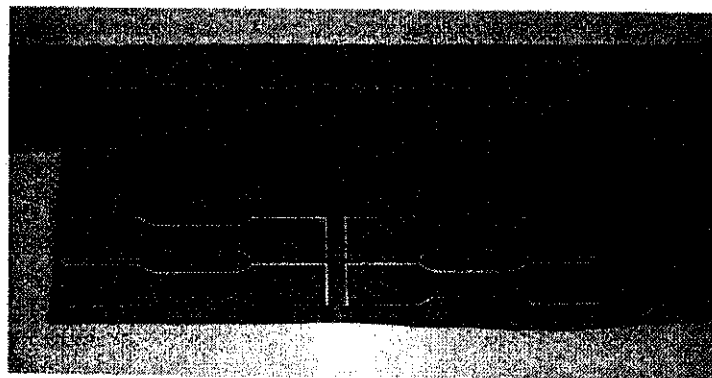
**Rys. 6. Twardościomierz Rockwella
Lucznik**



Rys. 7. Mikrotwardościomierz Shimadzu

5.4 Statyczna próba rozciągania

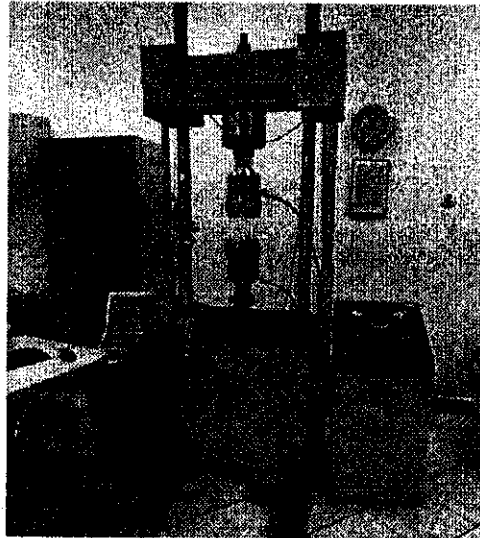
Próbki do statycznej próby rozciągania pozyskano z wycinka poszycia dziobowego statku.



Rys. 8. Wycięte próbki z blachy z poszycia Ziemowita

Powierzchnie boczne próbek do rozciągania zostały oczyszczone z warstwy korozji na szlifierce do płaszczyzn.

Statyczna próbę rozciągania przeprowadzono na uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej INSTRON 8501, stosując szybkość rozciągania 2mm/min w początkowym zakresie do osiągnięcia granicy plastyczności oraz 8mm/min w dalszej części próby rozciągania.



Rys. 9. Uniwersalna maszyna wytrzymałościowa INSTRON 8501

6. Wyniki badań

6.1 Wyniki badań grubości poszycia

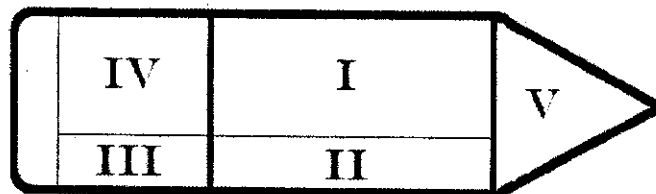
Kadłub badanego statku „Ziemowit” jest konstrukcją w której możemy wyodrębnić następujące strefy:

Śródkręcie,

Skrajnik dziobowy,

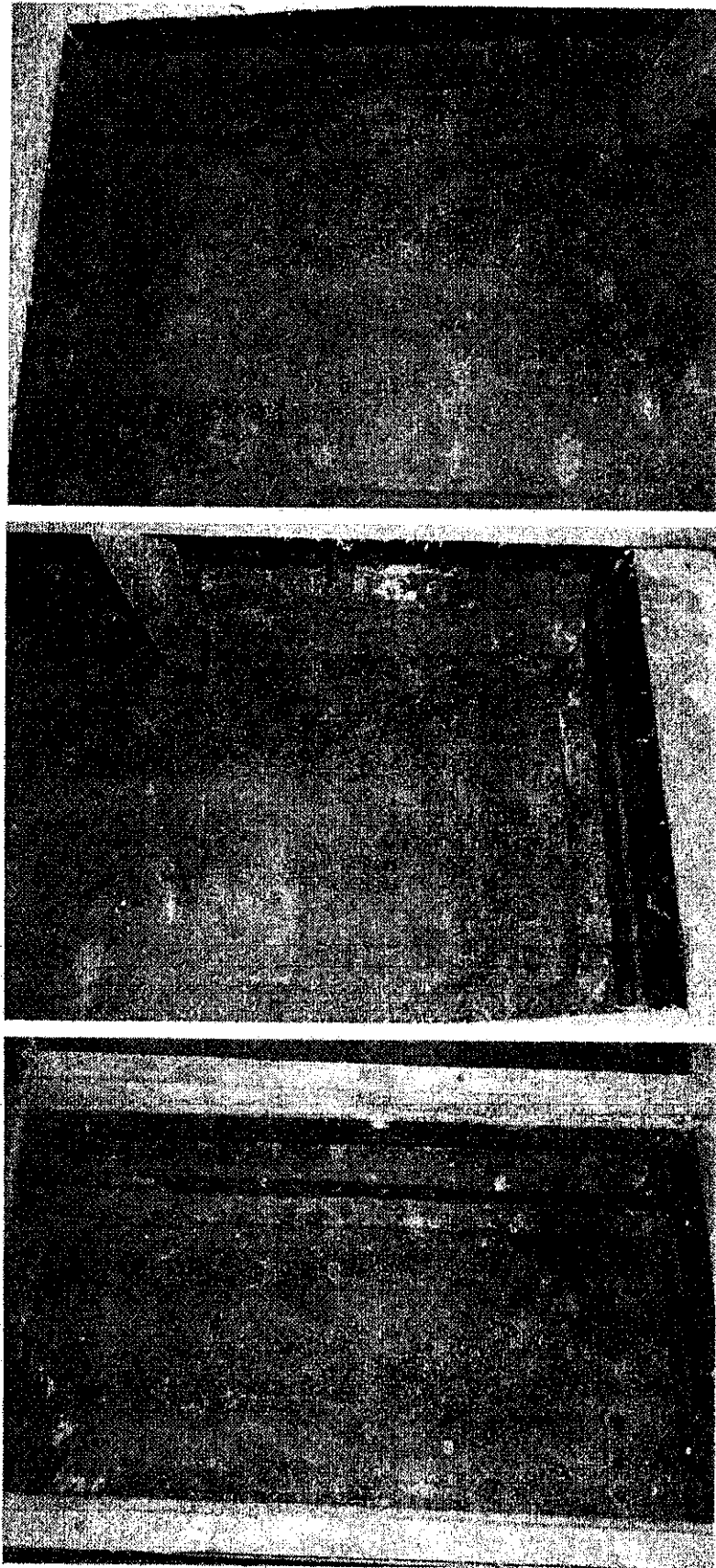
Skrajnik rufowy.

Poszczególne strefy są rozgraniczone grodziami. Użytkowo skrajnik rufowy oraz śródkręcie zostały podzielone na korytarz oraz pomieszczenia użytkowe. Na rys. 12 przedstawiono układ pomieszczeń znajdujących się pod pokładem Ziemowita.

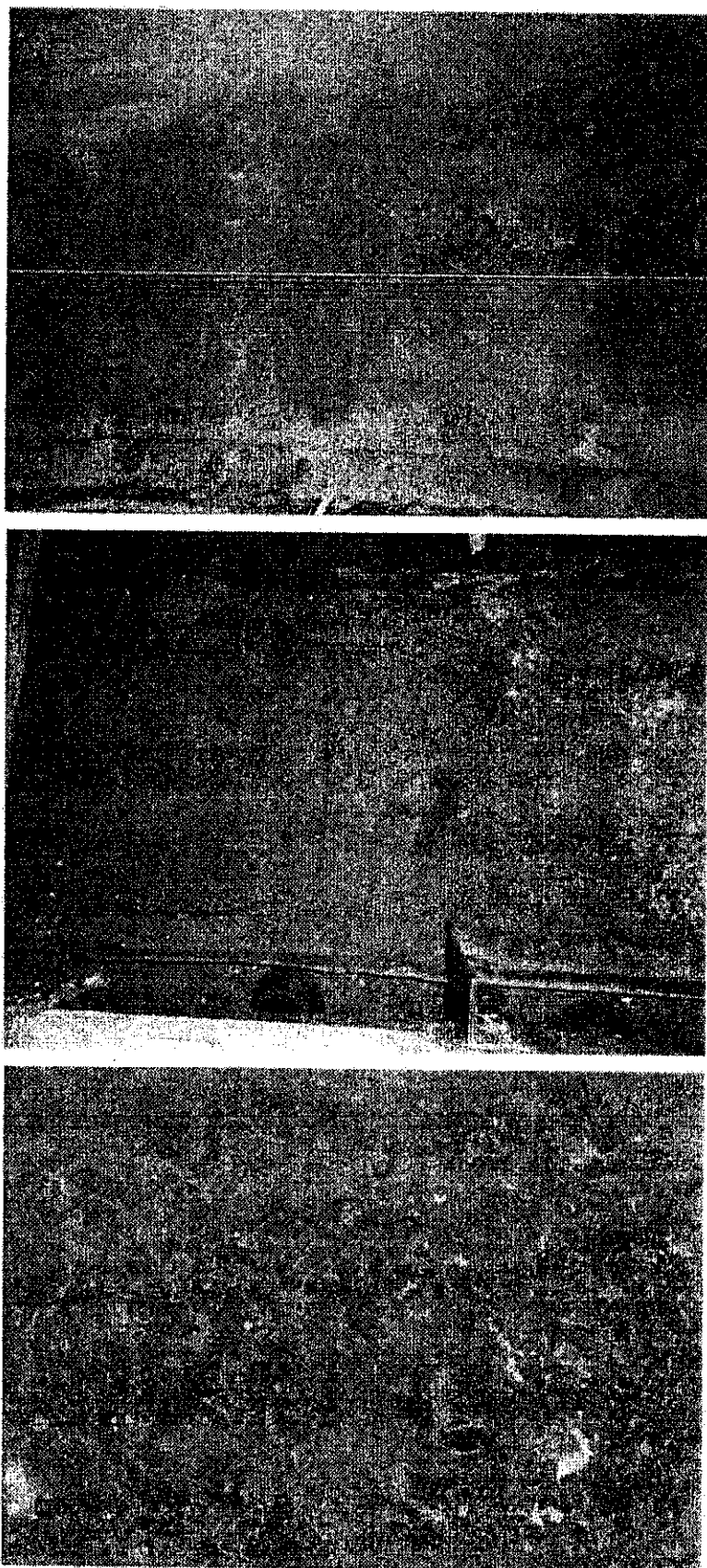


Rys. 10. Schemat pomieszczeń pod pokładem Ziemowita

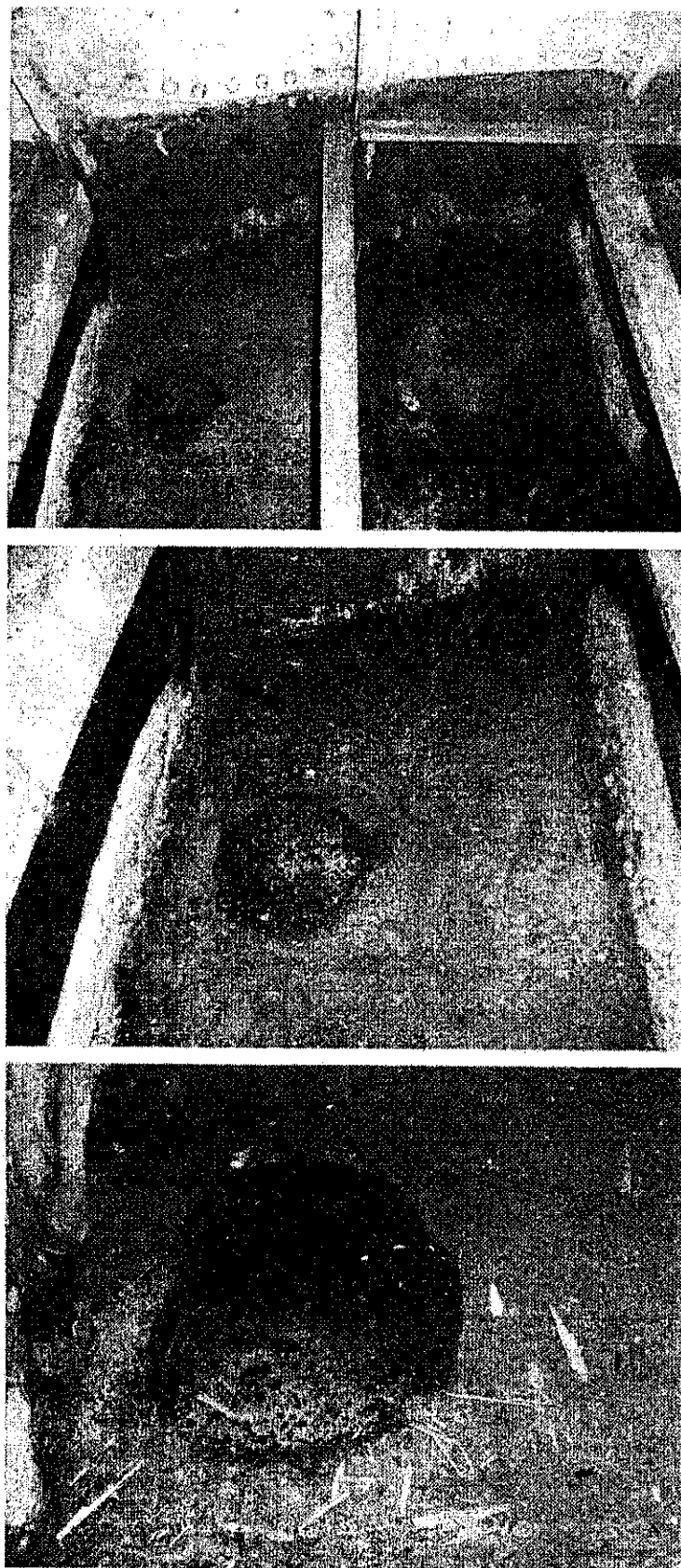
Widok powierzchni poszycia w poszczególnych strefach przedstawiono na rys. 11-13.



Rys. 11. Widok poszycia dennego śródkręca w strefie I



Rys. 12. Widok poszycia dennego śródkręcia w strefie IV



Rys. 13. Wygląd poszycia dennego po usunięciu powłoki ochronnej - lokalne wżery korozyjne.

Na poszyciu dolnym w każdej z oznaczonych stref zostały wykonane serie pomiarów.

Grubość poszycia oceniano na 28 obszarach w pięciu strefach:

- strefa I – 9 obszarów,
- strefa II – 6 obszarów,
- strefa III – 5 obszarów,
- strefa IV – 6 obszarów,
- strefa V – 2 obszary.

Uzyskane wyniki w badanych obszarach zestawione w tabelach 6-9. Poddane analizie obejmującej wyznaczenie maksymalnej, minimalnej wartości grubości poszycia, oraz rozstęp w jakim znajduje się grubość poszycia.

Tabela 6 Wyniki pomiarów grubości poszycia w strefie I

Grubość poszycia w strefie I [mm]									
Lp.	Obszar 1	Obszar 2	Obszar 3	Obszar 4	Obszar 5	Obszar 6	Obszar 7	Obszar 8	Obszar 9
1	3,5	3,6	3,2	3,2	3,1	2,2	3,6	5,9	3,7
2	3,7	3,7	3,6	3,1	3,6	3,5	4,3	6,1	3,7
3	4,0	3,9	3,9	2,6	2,9	3,5	3,7	6,3	3,6
4	4,0	2,0	3,4	2,4	3,5	3,5	4,6	5,5	3,0
5	3,6	3,4	3,2	3,6	3,7	2,9	4,5	5,8	2,9
6	3,9	3,6	3,6	3,6	3,4	2,9	5,0	6,0	3,5
7	4,2	3,4	3,9	3,5	3,2	2,7	4,5	6,0	3,6
8	3,4	4,0	3,2	2,0	3,9	3,9	4,9	6,0	2,7
9	3,5	4,0	3,4	2,7	3,4	2,9	4,9	6,3	3,4
10	3,1	3,5	2,7	3,1	3,5	2,5	4,0	6,0	4,6
11	3,9	4,1	2,9	3,0	3,1	3,4	4,1	5,2	4,3
12	3,9	3,7	2,6	3,2	3,2	2,9	3,9	5,4	4,0
13	2,7	3,4	3,0	3,6	3,7	3,6	4,2	5,5	3,1
14	5,1	1,2		3,4	2,9	2,9	4,5	5,8	3,0
15	2,7	2,9		3,3	3,9	3,2	4,1	5,9	3,6
16	3,9	3,4		3,2	3,5	3,6	4,9	6,1	3,1
17	2,9	3,5		3,0	3,0	3,0	4,7	6,3	2,7
18	2,6	3,0		2,9	3,1	2,5	3,2	5,8	3,9
19	3,5			3,2		2,4		6,0	3,2
20	3,7					2,1			2,9
21						3,4			3,2
22						2,4			3,7
23									2,7
A	2,6	1,2	2,6	2,0	2,9	2,1	3,2	5,2	2,7
B	5,1	4,1	3,9	3,6	3,9	3,9	5,0	6,3	4,6
R	2,5	2,9	1,3	1,6	1,0	1,8	1,8	1,1	1,9

A – grubość minimalna [mm]

B – grubość maksymalna [mm]

R – rozstęp [mm]

Tabela 7 Wyniki pomiarów grubości poszycia w strefie II

Grubość poszycia w strefie II [mm]						
Lp.	Obszar 1	Obszar 2	Obszar 3	Obszar 4	Obszar 5	Obszar 6
1	6,0	4,3	4,4	5,1	6,4	5,4
2	5,9	2,6	5,4	5,2	6,1	6,0
3	5,9	4,1	4,9	5,0	5,9	5,8
4	6,0	3,7	4,6	5,3	6,0	6,1
5	6,3	5,9	4,2	4,9	6,0	6,4
6	3,9	3,9	4,2	5,2	6,1	5,9
7	5,5	4,4	3,5	5,9	6,0	5,5
8	5,8	5,5	5,1	5,8	6,0	6,0
9	5,3	4,1	4,9	3,2	6,1	6,1
10	5,8	5,0	4,5	5,8	6,5	6,0
11	5,5	4,9	3,2	5,5	6,3	5,9
12	4,7	4,8	5,1	5,4	6,1	5,8
13	4,9	4,7	4,6	5,0	6,0	5,9
14	6,3	1,7	5,2	1,7	6,3	5,9
15	6,2	4,0	4,7	3,4	6,4	6,4
16	6,0	2,7	5,5	4,2	6,5	6,3
17	6,3	3,2	5,0	5,4	6,3	6,0
18	6,1	2,2	3,7	5,8	6,4	6,6
19	5,9		5,0	5,2		
20	6,3		4,9			
21	6,1					
22	6,0					
23	5,5					
24	5,8					
25	5,5					
A	3,9	1,7	3,2	1,7	5,9	5,4
B	6,3	5,9	5,5	5,9	6,5	6,6
R	2,4	4,2	2,3	4,2	0,6	1,2

Tabela 8 Wyniki pomiarów grubości poszycia w strefie III

Grubość poszycia w strefie III [mm]					
Lp.	Obszar 1	Obszar 2	Obszar 3	Obszar 4	Obszar 5
1	4,9	5,2	5,5	3,6	5,0
2	4,9	5,3	5,2	4,1	4,2
3	4,9	5,3	5,0	4,7	3,4
4	5,1	5,2	5,1	4,3	4,7
5	5,1	5,4	5,1	4,6	5,1
6	5,2	4,5	5,2	4,4	5,4
7	5,0	4,0	5,4	3,5	4,2
8	4,9	5,1	4,9	4,5	4,6
9	5,0	5,8	5,0	4,2	4,8
10	5,0	4,9	4,9	4,4	4,2
11	5,0	4,2	4,7	4,2	4,0
12	5,0	4,5	4,5	4,6	4,1
13	5,1	5,4	5,0	5,0	4,1
14	5,1	5,2	4,7	4,5	4,1
15	5,1	5,1	4,9	4,0	4,7
16	5,0	5,1	4,9	4,4	4,9
17	5,0	3,1	4,7	3,7	4,1
18	5,0	3,6	5,1	3,9	4,0
19	5,1	3,4	4,1	4,1	3,4
20		3,5	4,4	5,0	3,2
21		4,7	4,1	4,7	3,7
22		4,9	4,9	3,9	4,6
23				4,1	4,5
A	4,9	3,1	4,1	3,5	3,2
B	5,2	5,8	5,5	5,0	5,4
R	0,3	2,7	1,4	1,5	2,2

Tabela 9 Wyniki pomiarów grubości poszycia w strefie IV i V

Lp.	Grubość poszycia w strefie IV [mm]						Grubość poszycia w strefie V [mm]	
	Obszar 1	Obszar 2	Obszar 3	Obszar 4	Obszar 5	Obszar 6	Obszar 1	Obszar 2
1	3,0	4,9	6,3	4,7	5,5	6,0	2,7	6,0
2	2,5	4,4	6,1	3,4	6,0	6,0	2,7	5,8
3	2,9	4,9	6,1	5,4	6,0	6,0	2,6	5,9
4	2,4	4,7	6,3	5,5	6,0	6,0	2,9	6,1
5	1,7	4,1	5,8	5,4	6,0	5,9	2,5	5,8
6	1,9	4,6	6,3	5,0	6,0	6,3	2,6	6,0
7	2,0	4,7	6,0	4,9	6,0	6,1	3,1	5,5
8	2,0	4,6	6,1	4,5	6,1	6,1	3,6	5,9
9	2,4	4,7	6,3	4,9	6,0	6,0	3,2	6,1
10	2,1	4,6	6,3	4,6	6,0	6,1	3,4	6,1
11	1,9	5,0	6,4	4,4	6,0	6,0	3,7	5,9
12	2,1	4,4	6,3	4,7	6,0	6,0	2,9	6,0
13	2,4	3,5	6,1	4,9	5,9	5,9	2,4	6,1
14	2,4	4,9	6,3	4,4	6,0	6,0	2,6	5,9
15	2,1	4,9	6,3			5,9	3,1	6,0
16	2,2	4,6	6,0				2,6	5,4
17	2,0	4,5	5,0				3,1	5,8
18	2,6	3,7	6,3				2,7	5,9
19		3,9					3,0	
20							3,0	
A	1,7	3,5	5,0	3,4	5,5	5,9	2,4	5,4
B	3,0	5,0	6,4	5,5	6,1	6,3	3,7	6,1
R	1,3	1,5	1,4	2,1	0,6	0,4	1,3	0,7

W pierwszej strefie, ze względu na największą, zajmowaną powierzchnię, oczyszczono aż 9 obszarów i wykonano najwięcej pomiarów. Najmniejsza grubość poszycia, jaką udało się zmierzyć to 1,2 mm w obszarze nr 2. Największy rozstęp występuje w obszarze pierwszym, tutaj także pojawia się maksymalna grubość 5,1mm. W obszarze nr 8 wszystkie wartości są powyżej 5mm, a największa grubość wynosi 6,3mm. Przyczyną jest natrafienie na fragment blachy, który został wymieniony podczas naprawy statku w 1946 roku.

W drugiej strefie wszystkie obszary, gdzie dokonywano pomiarów znajdowały się na wymienionych arkuszach blachy, lecz w tych miejscach korozja przebiegała szybciej, gdyż widoczny jest większy rozstęp wyników i mniejsze grubości blachy dochodzące do 1,7mm.

Blacha w strefie trzeciej również była wymieniana, ale w tym przypadku minimalne grubości są zdecydowanie większe i nie schodzą poniżej 3mm.

Pierwszy obszar w strefie czwartej prawdopodobnie został odkryty na oryginalnej, nigdy nie wymienianej blasze i widać tutaj, że na przestrzeni lat korozja znacznie zmniejszyła grubość materiału. Minimalna wartość zmierzona wynosi 1,7mm, a maksymalna wynosi zaledwie 3mm. W obszarach 2 i 4 również widać agresywność korozyjną i grubość minimalna spada odpowiednio do 3,5mm oraz 3,4mm, lecz większość pomiarów grubości utrzymuje się na bezpiecznym poziomie.

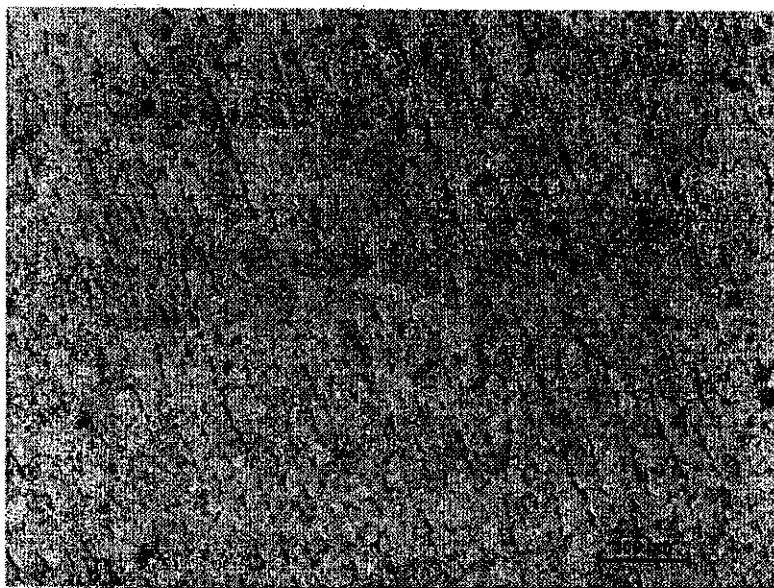
Strefa piąta to luk kotwiczny, gdzie pomiary wykonano tylko w dwóch obszarach. Na obszarze nr 2 korozja nieznacznie obniżyła grubość materiału, natomiast w obszarze pierwszym ponownie zaobserwowano niebezpiecznie niskie wartości grubości z minimalną 2,4mm, a maksymalną 3,7mm.

Podsumowując, badanie pozwoliło zauważyć, że grubość poszycia jest bardzo zróżnicowana na całej powierzchni dennej kadłuba. Główną przyczyną jest czas w jakim poszczególne arkusze blachy wystawione były na działanie czynników korozyjnych. Wymienione fragmenty poszycia są w lepszym stanie i ich grubość w większości przypadków jest na poziomie nie zagrażającym konstrukcji. Grubość blachy nie wymienionej jest zdecydowanie mniejsza i może być przyczyną nieszczelności poszycia statku. Należy uwzględnić również występowanie licznych wżerów, które dodatkowo lokalnie zmniejszają minimalną grubość poszycia.

Zróżnicowana szybkość powstawania korozji może mieć wiele przyczyn, są to: segregacja strukturalna, lokalne naprężenia, zwiększony dostęp tlenu lub uszkodzenie wierzchniej warstwy ochronnej.

6.2 Obserwacja mikrostruktury

W wyniku obserwacji metodą mikroskopii świetlnej stwierdzono, że blacha poszycia badanego statku posiada strukturę stali niskowęglowej po walcowaniu. Wyraźnie uwidoczniła się budowa pasmowa struktura ferrytyczno-perlityczna z przewagą ferrytu. Zauważalna jest niejednorodność strukturalna przez segregację faz i zróżnicowanie wielkości ziarn składników strukturalnych. Pasmowość struktury tworzą wydzielenia wtrąceń niemetalicznych.

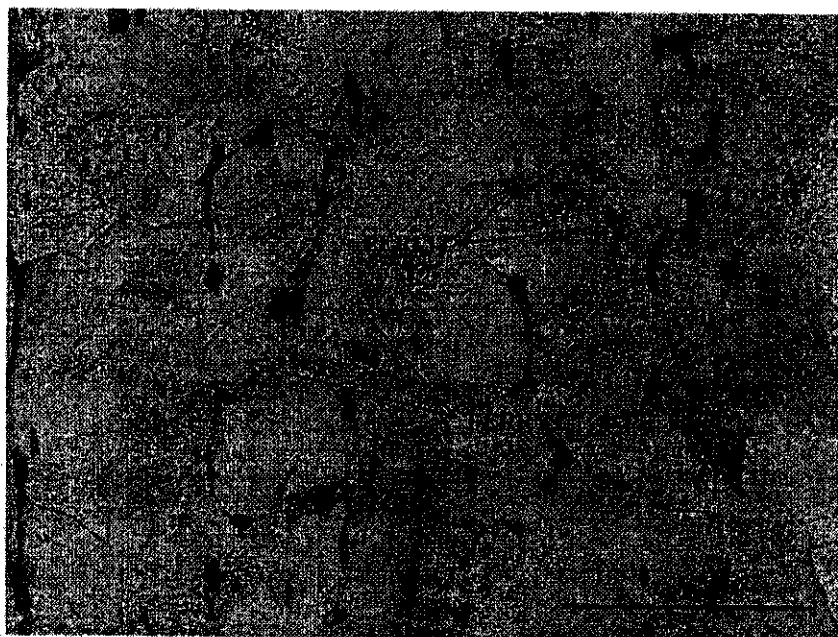


Rys. 14. Obraz mikrostruktury pow. x100

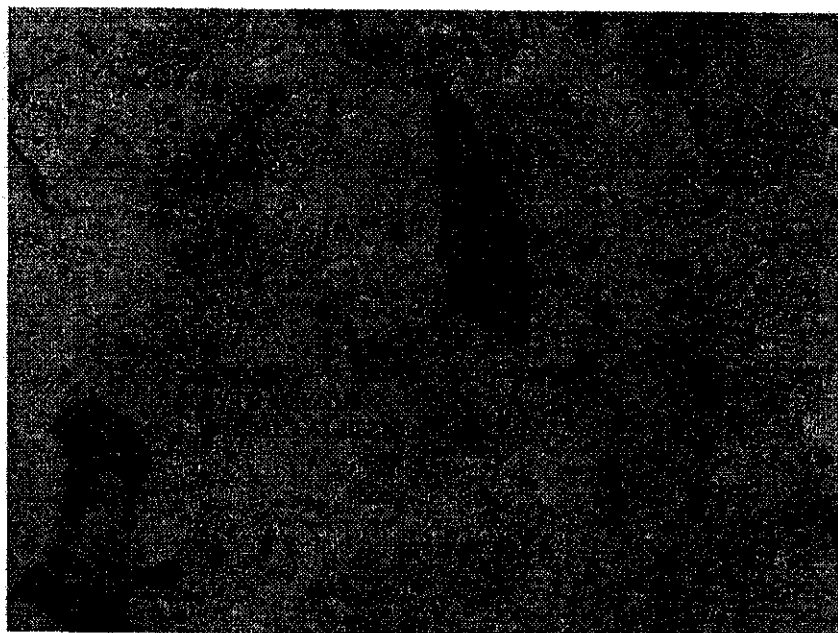


Rys. 15. Obraz mikrostruktury pow. x100

Ziarna ferrytu charakteryzują się kształtem równoosiowym z nieznacznym lokalnym wydłużeniem, co świadczy o tym, że zaszedł proces rekrytalizacji podczas walcowania na gorąco. W centralnej części przekroju poprzecznego próbki znajduje się pasmo materiału, które nie uległo rekrytalizacji o szerokości od 145 do 150 μm . Średnica ziaren przekrytalizowanego ferrytu oscyluje w zakresie 7 – 25 μm .



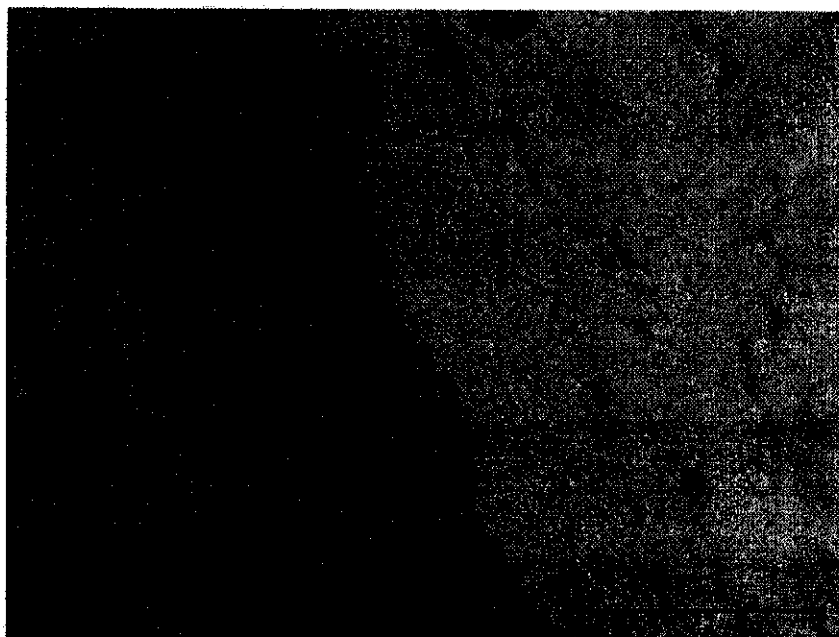
Rys.16. Obraz mikrostruktury pow. x500



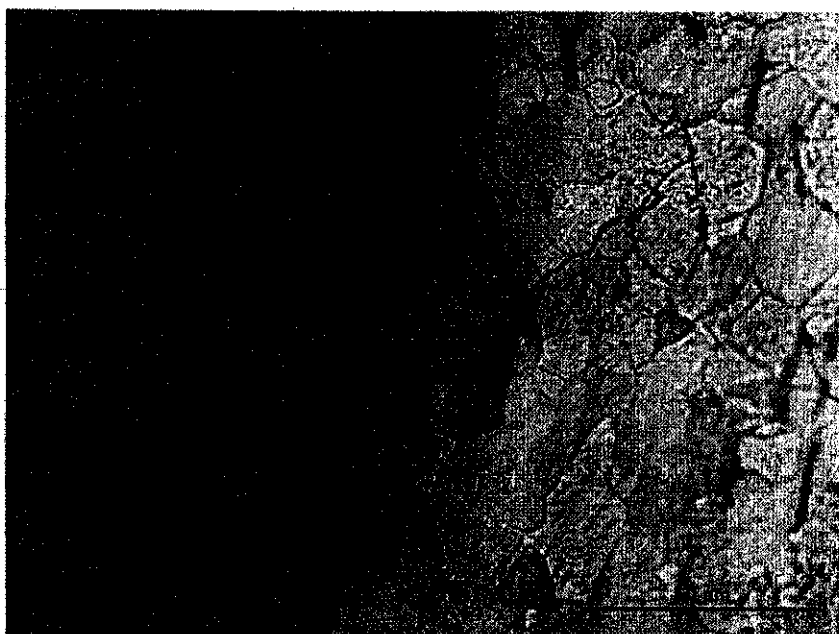
Rys. 17. Obraz mikrostruktury pow. x500

Na rys. 18 i 19 widoczne są skutki oddziaływania korozyjnego środowiska w postaci wżerów korozyjnych.

Przy krawędzi próbki widoczna jest korozja atakująca materiał rodzimy.



Rys. 18. Obraz mikrostruktury pow. x500, korozja wżerowa



Rys. 19. Obraz mikrostruktury pow. x500, korozja wżerowa

6.3 Wyniki pomiarów twardości

6.3.1 Twardość metodą Rockwella

Na wcześniej przygotowanej płytce wyciętej z blachy poszycia statku przeprowadzono 12 pomiarów twardości na stacjonarnym twardościomierzu Rockwella. Zgodnie z obowiązującymi normami grubość płytki była większa niż 8 wysokości odcisku, a wzajemna odległość odcisków przekraczała 3mm. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 10.

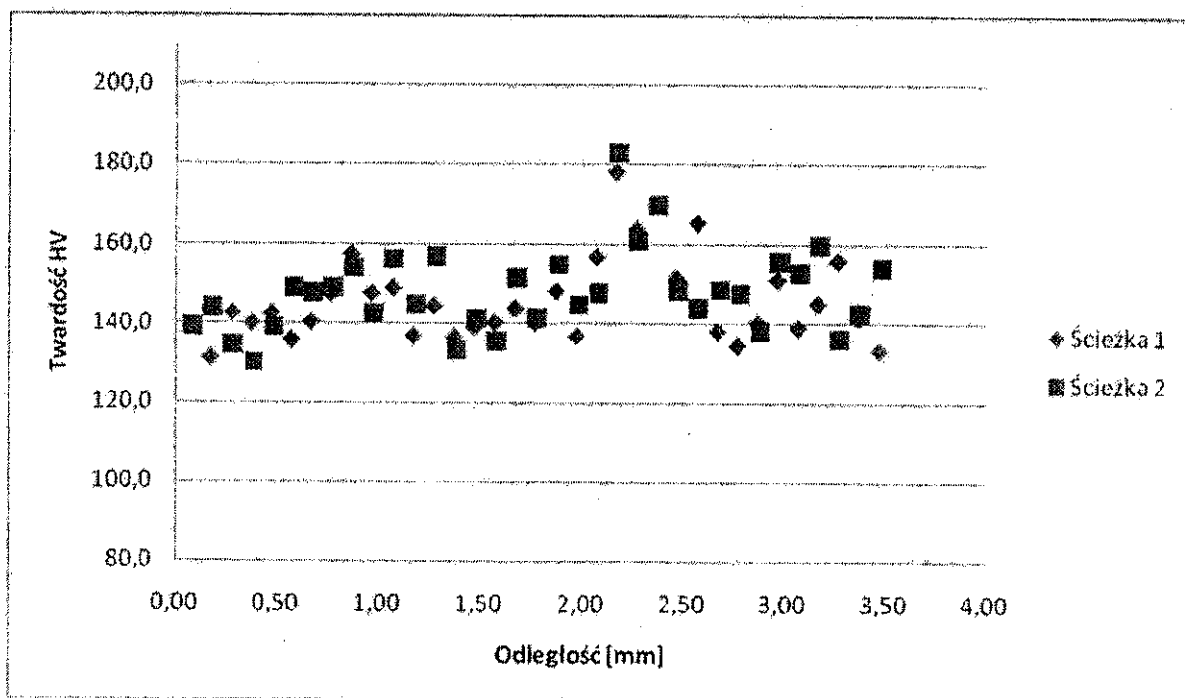
Tabela 10 Wyniki twardości przeprowadzone na twardościomierzu Rockwella

Nr pomiaru	Twardość HRB
1	78
2	77
3	79
4	77
5	78
6	77
7	78
8	77
9	78
10	78
11	77
12	79
Średnia	78

Z wartości poszczególnych pomiarów została wyciągnięta średnia, która równa się 78 HRB. Badana blacha charakteryzuje się jednorodną twardością (małym rozrzutem) o wartości typowej dla stali o strukturze ferrytyczno – perlitycznej.

6.3.2 Mikrotwardość metodą Vickersa

Celem sprawdzenia jednorodności mikrostruktury oraz występowania umocnienia przeprowadzono pomiary mikrotwardości na przekroju poprzecznym próbki przez całą jej grubość. Odciski wykonano w równych odległościach, co 0,1mm.

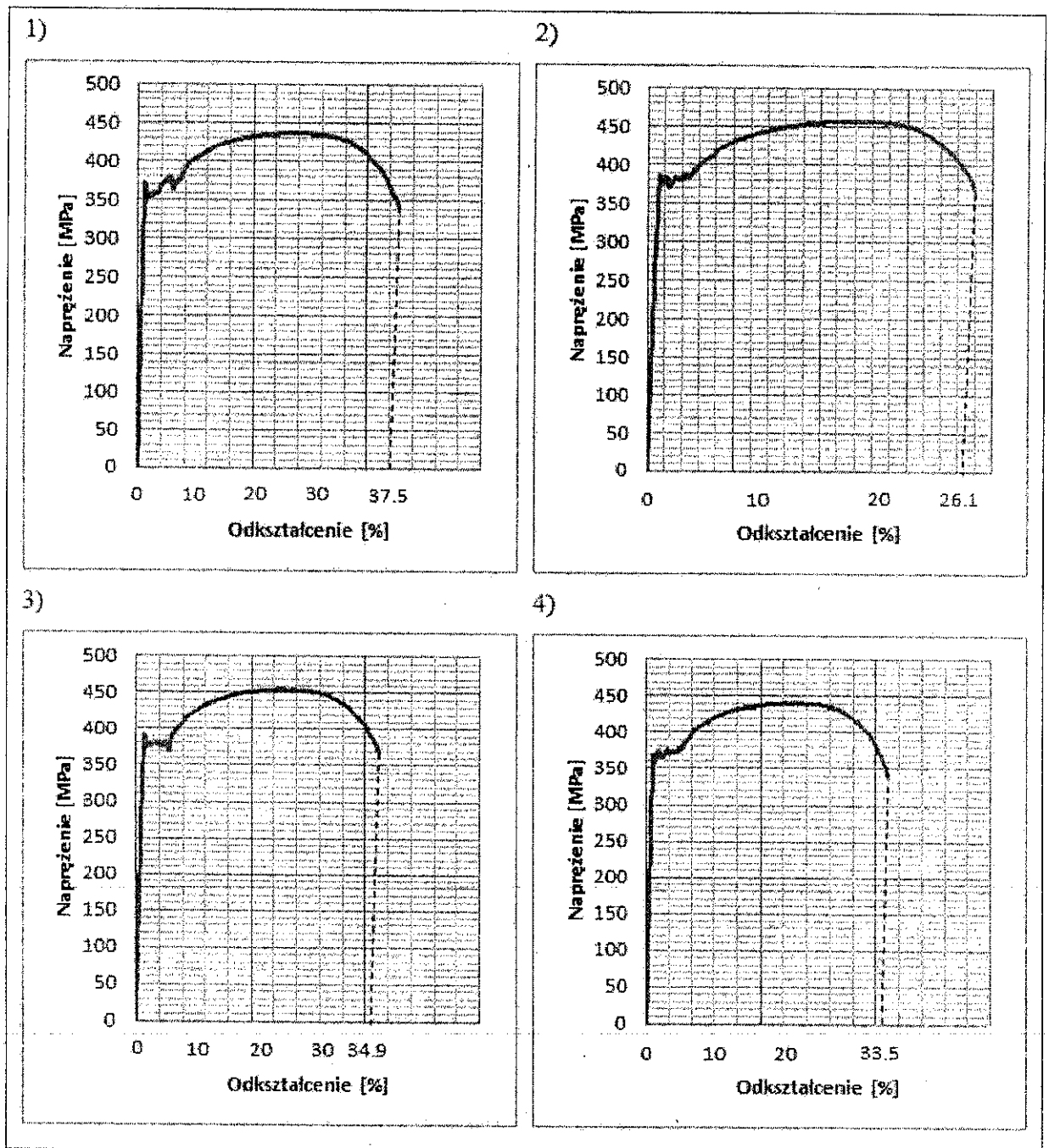


Rys. 20. Zależność twardości materiału w funkcji odległości

Przeprowadzone pomiary wykazały, że mikrotwardość na całej grubości przekroju poprzecznego utrzymuje się na podobnym poziomie, a średnia wartość wynosi 147 HV 0,025. Stwierdzone podwyższenie mikrotwardości na głębokości ok. 2mm od powierzchni może być spowodowane pomiarem twardości wtrąceń niemetalicznych lub obszarem z podwyższoną zawartością wydzielen perlitu.

6.4 Wyniki statycznej próby rozciągania

Wykresy uzyskane w wyniku rozciągania próbek wytrzymałościowych przedstawiono na rys. 21. Zestawienie wyznaczonych w wykresów podstawowych właściwości wytrzymałościowych przedstawiono w tabeli 11.



Rys. 21. Wykresy rozciągania dla próbek 1-4

Badany materiał charakteryzuje się występowaniem wyraźnej granicy plastyczności, typowej dla stali o niezbyt wysokich właściwościach wytrzymałościowych w tym strukturze ferrytycznej. Uzyskana średnia wartość granicy plastyczności wynosi 381 MPa i jest nieznacznie wyższa w odniesieniu do danych katalogowych ($R_{\text{emin}} = 235 \text{ MPa}$).

Wartość wytrzymałości na rozciąganie wynosi 448 MPa i jest zgodna z danymi katalogowymi ($R_m = 400-520 \text{ MPa}$).

Stal charakteryzuje się wysokim poziomem wydłużenia względnego wynoszącym i przekraczającym wartość minimalną dla tej stali i wynoszącą $A_{\min} = 22\%$.

Tabela 11 Zestawienie otrzymanych wyników

Nr Probki	A [mm ²]	Re [MPa]	Rm [MPa]	Ap [%]
1	40,85	379	437	37,5
2	40,97	382	458	26,1
3	40,84	391	455	34,9
4	40,69	373	441	33,5

7. Badany materiał

Materiał wykorzystany do badań w pracy został pobrany z kadłuba statku „Ziemowit”. Aby dowiedzieć się z jakiego materiału wykonany został statek przeprowadzono szereg badań.

Badania mikroskopowe pozwoliły określić, że badany materiał to stal niskowęglowa ferrytyczno-perlityczna. Wyraźna budowa pasmowa i kształt ziaren wskazują, że stal została poddana walcowaniu na gorąco. Niska twardość materiału potwierdza, że jest to stal niskowęglowa. Przeprowadzona próba statycznego rozciągania pozwoliła na określenie podstawowych wartości parametrów wytrzymałościowych: wyraźna granica plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie oraz wydłużenie względne.

Wszystkie zebrane informacje wskazują, że badana stal ma bardzo zbliżone właściwości do stali kadłubowej o zwykłej wytrzymałości. Przybliżony skład chemiczny stali przedstawiony został poniżej w tabeli 17.

Tabela 12 Skład chemiczny badanej stali

Zawartość pierwiastków stali [% wag.]				
C _{maks}	Mn _{min}	Si _{maks}	P _{maks}	S _{maks}
0,23	2,5C	0,50	0,035	0,035

8. Metody zapewniania szczelności poszycia

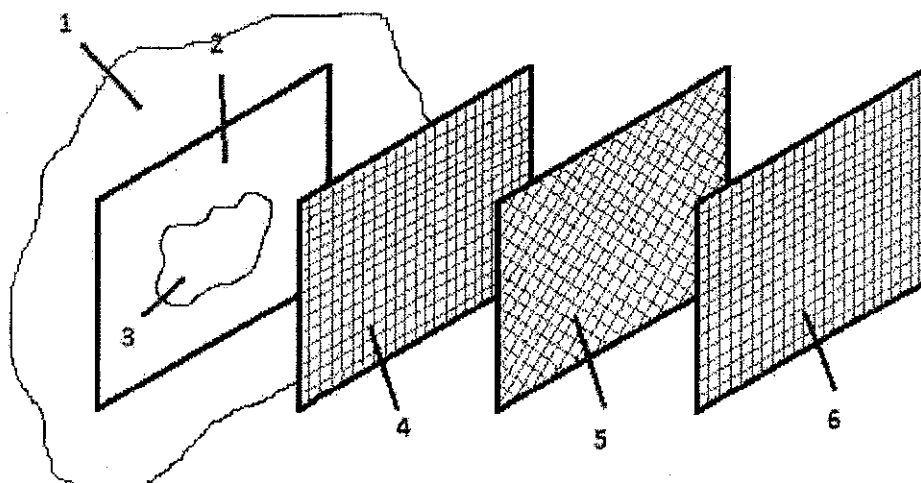
Badany statek nie jest obiektem pływającym lecz stoi na mieliźnie, zatem należy przyjąć, że jest to jednostka stacjonarna.

W pierwszej kolejności należy znaleźć sposób zapewnienia szczelności na obszarach gdzie proces korozyjny spowodował powstanie otworów na przelot przez blachę poszycia. Kolejnym aspektem jest opracowanie sposobu na zabezpieczenie poszycia dennego. Miejsca, w których korozja wytworzyła otwory na wylot występują tylko nad powierzchnią lustra wody. Ma to związek z dużą wilgotnością powietrza, okresowym zwilżaniem powierzchni oraz nieograniczonym dostępem tlenu, w przeciwieństwie do powierzchni pod wodą stojącą. Przykładowy otwór perforacyjny ukazany jest na rys. 28.



Rys. 22 Otwór perforacyjny powstały w wyniku korozji

Powierzchnie w pobliżu otworów należy wstępnie oczyścić z luźnych zanieczyszczeń, następnie na większym obszarze trzeba zdjąć warstwę korozyjną przy pomocy szczotki drucianej oraz szlifierki kątovej ręcznej z tarczą do szlifowania powierzchni do odkrycia materiału rodzimego. Oczyszczenie powierzchni powinno odbyć się z obu stron blachy. Do uszczelnienia należy przygotować 3 prostokątne arkusze maty szklanej. Dwa identyczne fragmenty płótna oraz jeden o innym kierunku ułożenia włókien. Schematyczne przedstawienie sposobu naprawy zostało przedstawione na rys. 23.



Rys. 23. Schemat przedstawienia sposobu naprawy; 1- poszycie statku; 2 - oczyszczony obszar; 3 - otwór perforacyjny; 4, 6 - mata szklana o ułożeniu włókien pod kątem 0°, 90°; 5 - mata szklana o ułożeniu włókien pod kątem 45°, 45°

Wielkość mat powinna być podyktowana wielkością otworu o minimalnym zakładzie 50mm. Po oczyszczeniu powierzchni należy ją dokładnie oczyścić i odtłuścić używając w tym celu acetonu bądź innego odtłuszczacza. Następnie na przygotowany obszar nanieść przygotowaną żywicę epoksydową pędzlem. Nałożyć pierwszy fragment tkaniny i nasączyć żywicą, czynność powtórzyć dla reszty tkanin. Począć do stwardnienia laminatu.

Obszary poszycia dennego z trwałą i właściwie naniesioną powłoką malarską i nienierazone oddziaływaniu wody zalewowej posiadają grubość nieznacznie zaniżoną w stosunku do grubości nominalnej.

Ciągłe lub okresowe oddziaływanie wody szczególnie od strony wewnętrznej spowodowało silne zmniejszenie grubości poszycia dochodzące nawet do 1,7 mm, a lokalnie noszące nawet oznaki przecieków czyli perforacji.

Powyższy stan może w niedługim okresie spowodować powstanie przecieków skutkujących katastroficzną dewastacją konstrukcji.

Celem wydłużenia okresu eksploatacji i zapewnienia szczelności poszycia poniżej linii wody wskazanym jest wykonanie wylewki pomiędzy wręgami gdzie lokalnie grubość poszycia jest poniżej 1,5 mm.

9. Podsumowanie wyników

Głównym celem części praktycznej pracy było zbadanie grubości poszycia statku i ocena stopnia skorodowania. W tym celu dokonano wstępnych oględzin i wykonano badania grubości kadłuba części dennej metodą nieniszczącą. Wykazano, że grubości blachy poszycia są mocno zróżnicowane. W wielu miejscach wartość grubości przekracza 5 mm są to obszary gdzie korozja zachodziła wolniej oraz miejsca gdzie blacha we wcześniejszych latach została wymieniona. W tych obszarach zniszczenia korozyjne są bardzo małe i nie zagrażają utratą szczelności. Zostały jednak zbadane obszary gdzie grubość poszycia spada do niebezpiecznego poziomu. Najniższa grubość zarejestrowana przez urządzenie pomiarowe to tylko 1,2mm w strefie I. W czterech badanych obszarach zanotowano grubości poniżej 2mm, a aż w jedenastu obszarach grubość spadła poniżej 3mm. Grubość 3mm można przyjąć za graniczną wartość grubości, która nie zagraża stabilności konstrukcji.

Oprócz korozji równomiernej zaobserwowano bardzo liczne, występujące na całej powierzchni blachy zagłębienia będące efektem działalności korozji wżerowej. Z pomocą dostępnych urządzeń nie udało się zmierzyć grubości poszycia na dnie wżerów, jednak w obszarach gdzie grubość zmierzona spadła poniżej 3mm to grubość blachy na dnie wżerów może spadać nawet poniżej 1mm.

Zaobserwowano również obszary gdzie korozja spowodowała perforację blachy. Takie obszary umiejscowione są jedynie na blasze znajdującej się powyżej lustra wody. Otwory nie występują wyłącznie na poszyciu kadłuba statku, ale również na blasze dzielącej pokład dolny od górnego.

Obserwacja mikrostruktury wykazała, że badany materiał to stal niskowęglowa ferrytyczna z niewielkim udziałem ziaren perlitu. Analizując wyraźnie pasmową strukturę stwierdzono, że stal w procesie metalurgicznym poddana została walcowaniu na gorąco. Dodatkowo zauważono liczne wtrącenia niemetaliczne.

Przeprowadzone badania twardości wykazały, że twardość w przekroju blachy utrzymuje się na podobnym poziomie, wzrasta jedynie w miejscu gdzie występuje pasmo materiału pierwotnego, średnia wartość to 147 HV 0,025/15. Twardość zbadana twardościomierzem Rockwella wyniosła średnio 78 HRB, co odpowiada twardości dla stali niskowęglowej.

Wartości parametrów otrzymanych w statycznej próbie rozciągania odpowiadają stali niskowęglowej. Średnie wartości zostały podane w tabeli 12.

Właściwości wytrzymałościowe stali zastosowanej na poszycie są zbliżone do danych katalogowym a tym samym nie uległy pogorszeniu w wyniku kilkuletniego okresu eksploatacji.

W wyniku długotrwałego okres użytkowania poszycie statku uległo degradacji w wyniku Proces korozyjny spowodował zróżnicowane zmniejszenie grubości pokrycia.

Uwzględnivszy osadowienie kadłuba statku na podłożu piaszczystym Zalewu stan konstrukcji pozwala na jego dalsze użytkowanie pod warunkiem nadzorowania stanu poszycia dennego i wykonywania wylewek doszczelniających w miejscach podcieków.

Bibliografia

1. **Michalski Marek.***Statki parowe na polskich wodach śródlądowych, tom II.* Wrocław : Fundacja Otwartego Muzeum Techniki, 2009. strony 87-89.
2. **Cudny Konstanty i Norbert Puchaczewski.***Stale i stopy aluminium stosowane na kadłuby okrętowe.* Gdańsk : Marpress, 1996. strony 11-17; 49-58.
3. **Sperski Marek.***Doki pływające.* Gdynia : Akademia Marynarki Wojennej, 2010. strony 93-97.
4. **Cicholska Maria i Czechowski Mirosław.***Materiałoznawstwo okrętowe.* Gdynia : Akademia morską w gdyni, 2013. strony 126-138.
5. **Butnicki Stanisław.***Stale i żeliwa dla przemysłu okrętowego.* Gdańsk : Wydawnictwo Morskie, 1971. strony 377-378; 323-339; 358-368.
6. *PN-EN ISO 8044. Korozja metali i stopów. Podstawowe terminy i definicje.*
7. **Wnęk Zbigniew.***Stal przewodnik inżyniera.* Katowice : Elamed, 2010. strony 102-104; 147-153.
8. **Baszkiewicz Jacek i Kamiński Marek.***Korozja materiałów.* Warszawa : Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2006. strony 101-120; 189-205.
9. **Bala Henryk.***Korozja materiałów - teoria i praktyka.* Częstochowa : Wipmifs, 2002. strony 13-15; 17-18; 160-172; 229-230.
10. **Surowska Barbara.***Wybrane zagadnienia z korozji i ochrony przed korozją.* Lublin : Politechnika Lubelska, 2002. strony 7-27; 58-59; 85-123.
11. **Kotnarowska Danuta.***Powłoki ochronne.* Radom : Politechnika Radomska, 2004. strony 9-27; 61-74; 218-233.
12. **Zbiorowa Praca.***Powłoki malarsko-lakiernicze Poradnik.* Warszawa : Wydawnictwo Naukowo Techniczne, 1983. strony 92-108; 346-354; 665-673.
13. **Baraniak Aleksandra, Domański Andrzej i Sznajder Urszula.***Wpływ struktury geometrycznej powierzchni blach okrętowych na własności ochronne powłok malarskich.* Gdańsk : Centrum Techniki Okrętowej, 1979. strony 30-45.
14. *Przemysłowe powłoki malarskie na powierzchnie metalowe.* brak miejsca : Tikkurila Polska S. A., 2014. strony 10-15; 17-28; 33-35.
15. **Lisica Adam, Ostrowski Bogusław i Ziewiec Witold.***Laboratorium materiałoznawstwa.* Radom : Politechnika Radomska, 2005. strony 475-480; 488-494.
16. *PN-78/H-04610.*
17. **Stachowicz Feliks i Spisak Emil.***Sposoby oceny zdolności blach cienkich do kształtowania plastycznego na zimno.* Rzeszów : Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 1998. strony 72-87.
18. *PN-79 H-04400 Próba tłoczności metodą Erichsena.*
19. **Bojar Zbigniew.***Ćwiczenia laboratoryjne z metaloznawstwa.* Warszawa : Wojskowa Akademia Techniczna, 1996. strony 17-21.
20. **Dobrzański Leszek.***Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo.* Gliwice : Wydawnictwo Naukowo Techniczne, 2002. strony 380-384; 390-397.
21. *PN-EN 60068-2-11:2002.*
22. *PN-EN60068-2-52:2001.*