



Број: ВДС-03/2019

Број 342-00-2/2019-03-3-37

Датум: 20.6.2023. године

КОНАЧНИ ИЗВЕШТАЈ О ИСТРАЗИ ПЛОВИДБЕНЕ НЕЗГОДЕ У УНУТРАШЊОЈ ПЛОВИДБИ

Име пловила:	„SALAJKA“
Врста пловила:	Моторни теретни брод
Регистарски број:	54752
ЕНИ број:	36000485
Година градње:	1980.
Бродар:	MSK BRODARSTVO DOO
Место пловидбене незгоде:	река Дунав око 1166 km
Датум пловидбене незгоде:	26.09.2019. године
Време пловидбене незгоде:	између 18:30 и 19:00



САДРЖАЈ:

1. Увод	3
2. Основни подаци о пловидбеној незгоди.....	5
3. Техничко-експлоатациони подаци.....	8
3.1. Технички подаци брода (пловила).....	8
3.1.1. Подаци о броду „SALAJKA“	8
3.2. Подаци о пловидбеној незгоди	9
3.2.1. Подаци о људском фактору	11
4. Реконструкција и истражне радње након вађења потонулог брода с/т „SALAJKA“	13
5. Анализа пловидбене незгоде.....	16
5.1. Анализа стабилитета у оштећеном стању и исхода пловидбене незгоде брода „SALAJKA“	18
5.1.1. Главни закључци анализе.....	18
5.1.2. Опис задатка	19
5.1.3. Улазни подаци и геометрија	19
5.1.4. Стабилитет у оштећеном стању.....	22
5.1.5. Динамика потонућа.....	23
5.1.5.1. Метод прорачуна.....	23
5.1.5.2. Резултати	24
5.1.6. Визуелни приказ положаја пливања по фазама.....	26
6. Закључак	29
7. Препоруке.....	30



1. Увод

Извлачењем самоходног брода „SALAJKA“ на пловехи док „DUBRAVICA“, стекли су се услови за израду Коначног извештаја, те који мења Привремени извештај број: 342-00-2/2019-03-3-18 од 04.09.2020. године. У Коначном извештају приказани су резултати истраживања пловидбене незгоде у унутрашњој пловидби, која се догодила дана 26.09.2019. године између 18:30 и 19:00 на око 1166 km реке Дунав уз десну обалу, потонућа теретног самоходног брода „SALAJKA“, који вије заставу Републике Србије и који је уписан у Уписник бродова Лучке капетаније Сремска Митровица.

Теретни самоходни брод „SALAJKA“ (у даљем тексту: с/т „SALAJKA“) натоварен природним шљунком, кренуо је са десне обале реке Дунав на 1165+500 km у узводну пловидбу, на прелаз дијагонално ка левој обали. У току узводне пловидбе дошло је до контакта, између уроњеног дела бродског трупа брода с/т „SALAJKA“ и потонулог објеката, те је том приликом дошло до пробијања оплате у пределу дна трупа брода и продора воде унутар бродског простора.

Радну групу за истраживање ове пловидбене незгоде образовао је Главни истражитељ Центра за истраживање несрећа у саобраћају Републике Србије, Решењем број 342-00-2/2019-03-3-25 од 21.4.2022. године.

Истраживање ове пловидбене незгоде спроведено је на основу члана 36. и члана 39. Закона о истраживању несрећа у ваздушном, железничком и водном саобраћају („Сл. гласник РС“, бр. 66/2015 и 83/2018) и Правилника о начину спровођења поступка истраживања несрећа и незгода („Сл. гласник РС“, бр. 50/2016).

Центар за истраживање несрећа у саобраћају (у даљем тексту: ЦИНС) спроводи истрагу која обухвата прикупљање и анализу података, извођење закључака, укључујући и утврђивање узрока. ЦИНС предлаже мере и даје безбедносне препоруке у циљу превенције пловидбених незгода на унутрашњим пловним путевима.

У овом Извештају све величине су изражене у складу са Међународним системом јединица (SI).

Значење скраћеница употребљених у тексту је објашњено у Појмовнику.

ЦИНС је самосталан у раду, стручни послови који се односе на истраживање несрећа су независни од кривичних истрага или других паралелних истрага којима се утврђује одговорност или одређује степен кривице. Истраживање и откривање узрока несрећа нема за циљ утврђивање кривичне, привредно-преступне, прекршајне, дисциплинске, грађанско-правне или неке друге одговорности.

Овај Извештај о истрази пловидбене незгоде није намењен за употребу и коришћење у поступцима којима се утврђује кривица или одговорност за пловидбену незгоду у унутрашњој пловидби.



Појмовник скраћеница:

ЦИНС	Центар за истраживање несрећа у саобраћају
с/т	Самоходни теретни брод
RIS	Речно информациони систем /River Information Services/
ENI	Јединствени европски идентификациони број /European Number of Identification/
AIS	Аутоматски идентификациони систем /Automatic Identification System/
MMSI	Међународни поморски радиокомуникациони идентификациони број /Maritime Mobile Service Identity Number/
РХМЗ	Републички хидрометеоролошки завод



2. Основни подаци о пловидбеној незгоди

ЦИНС је о пловидбеној незгоди обавештен од стране инспектора безбедности унутрашње пловидбе у 21:02, дана 26.09.2019. године.

Истражитељски тим ЦИНС-а изашао је на место ванредног догађаја ради вршења увиђаја 27.09.2019. године око 11:00 на 1166 km, на десној обали реке Дунав.

Самоходни теретни брод с/т „SALAJKA“ је дана 26.09.2019. године око 18:30 кренуо са брода с/т „KIKINDA“, уз који је био извезан на десној обали реке Дунав на 1165 km, а затим се одваја и плови узводно дијагонално ка средини водног пута како би прошао између рефулерног багера „PANON“, који је био извезан уз десну обалу и потонуле потиснице „71161“ чија је позиција била по десном боку у односу на курс пловидбе брода с/т „SALAJKA“ (према обалној ознаци на 1165 km + 680 m растојање износи 80 m – 110 m од десне обале). Радни задатак брода је био техничка операција истовара на депонији шљунка на левој обали реке Дунав, низводно од панчевачког моста на 1166 km + 450 m. На позицији брода између рефулерног багера „PANON“ и потонуле потиснице „71161“, по Изјави заповедника долази до блокаде десног активног пропелера и нагле промене курса пловидбе у десно ка потонулој потисници. У међувремену заповедник брода је успео да одблокира и стави у погон десни активни пропелер, међутим није успео да правовремено заустави тенденцију отклона преко десног бока у односу на првобитни курс и том приликом долази до контакта уроњеног дела трупа брода у зони прамца ка паралелној средини на десној страни у односу на уздужницу брода. Услед контакта, делимичног наседања у току пловидбе са потонулим објектом те пробоја оплате трупа брода с/т „SALAJKA“, долази до продора воде у унутрашњи бродски простор и нагињања бродског комплекса на десни бок. Према достављеним Изјава заповедника брода и чланова посаде, бродске мобилне пумпе за спасавање нису стављене у погон услед недостатка електричне енергије. Продором спољне воде унутар трупа и наплављивањем унутрашњих просторија у кратком временском периоду, као последица наведеног, долази до наплављивања главне палубе на десном боку, а затим преко пражнице и товарног простора. Услед додатне масе утечене воде унутар бродског трупа долази до губитка условне пловности и брод почиње да тоне. Заповедник брода је маневарским радњама успео да прамец брода насуче што ближе у десну обалу на око 1166 km.



Слика 2.1. Позиција потонућа брода с/т „SALAJKA“, црвеном стрелицом означен командни мост брода



Слика 2.2. Позиција потонућа брода с/т „SALAJKA“



Слика 2.3. Крам брода с/т „SALAJKA“



Слика 2.4. Прамац брода с/т „SALAJKA“



3. Техничко-експлоатациони подаци

У опису чињеничног стања коришћени су записи и документација прикупљена од стране: главног истражитеља за водни саобраћај, Управе за утврђивање способности бродова за пловидбу, Дирекције за водне путеве („Пловпут“), Инспекције за безбедност пловидбе, Полицијске Управе за град Београд – Полицијска Испостава (у даљем тексту: ПИ) за безбедност на рекама, Републичког хидрометеоролошког завода Србије (у даљем тексту РХМЗ) и документације бродара.

3.1. Технички подаци брода (пловила)

3.1.1. Подаци о броду „SALAJKA“



Слика 3.1.1.1. Брод с/т „SALAJKA“

Брод с/т „SALAJKA“ је уписан у Уписник бродова трговачке морнарице унутрашње пловидбе Лучке капетаније Сремска Митровица под бројем UP-IV- уложак 5 са следећим карактеристикама:

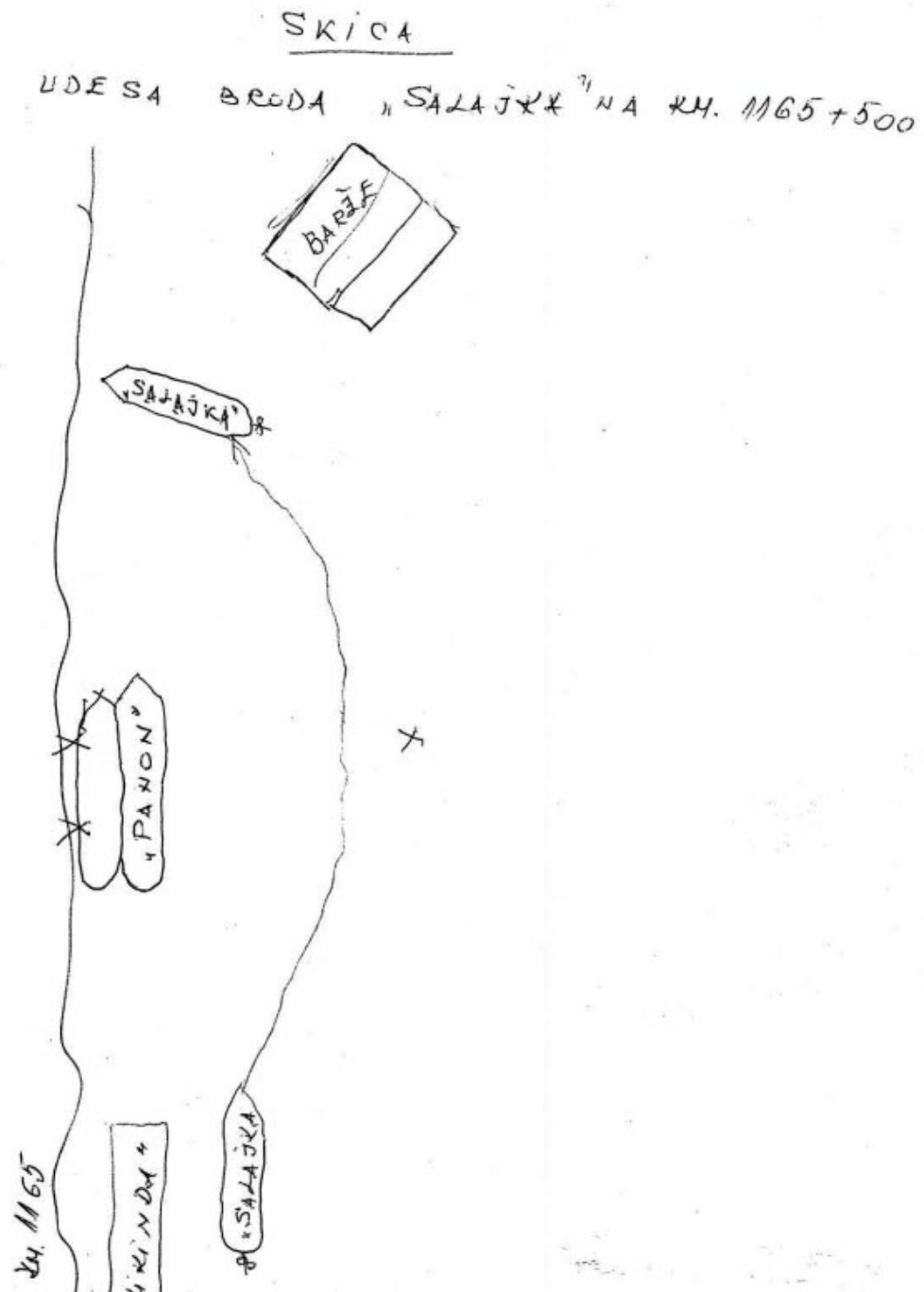
Врста брода.....	Моторни теретни брод
Државна застава.....	Република Србија
Регистарски број.....	54752
ENI број.....	36000485
Бродар.....	MSK BRODARSTVO DOO
Година градње.....	1980.
Место градње.....	Нови Сад
Максимална дужина (L_a).....	80,10 m
Максимална ширина (B_a).....	11,43 m
Дозвољено надвође (F_r).....	52 cm



Максимални газ (T_{\max})..... 2,50 m
Максимална истиснина (V_m)..... 1.940,00 m³
Максимална носивост (Q_m)..... 1.574,50 t
Снага погонских мотора (N_{ins})..... 480 kW

3.2. Подаци о пловидбеној незгоди

Према подацима из Изјаве, допуне Изјаве заповедника и приложене скице теретни брод с/т „SALAJKA“ натоварен природним шљунком, укупне количине $G = 1.574$ t са газом $T = 250$ cm, испловио је око 18:30 са 1165 km, десна обала реке Дунав где је био извезан уз брод с/т „KIKINDA“. Према Изјави заповедника имао је наредбу да изврши техничку операцију истовара брода на депонији шљунка на локацији леве обале реке Дунав, 1166 km + 450 m низводно од панчевачког моста. Након одвајања брода од с/т „KIKINDE“, заузео је курс пловидбе са почетном брзином између 1,5 km/h – 2,5 km/h, узводно дијагонално ка средини водног пута како би прошао између рефулерног багера „PANON“, који је био са пристаном уз бок извезан уз десну обалу и потонуле потиснице „71161“ чија је позиција била (80 m – 110 m) од десне обале према обалној сигнализацији (слика 5.1. страна 16), по десном боку у односу на курс пловидбе брода с/т „SALAJKA“. Према Изјави заповедника брода обе погонске машине радиле су у режиму лаганог хода, међутим на позицији брода између рефулерног багера „PANON“ и потонуле потиснице „71161“ долази до блокаде десног активног пропелера и нагле промене курса пловидбе у десно ка потонулој потисници (слика 3.2.1.). По Изјави заповедника успео је у међувремену да одблокира десни активни пропелер („SCHOTEL“), и оба активна пропелера поставио у положај за избој прамца у лево у односу на уздужницу брода. Предузети маневар није дао жељени резултат у оптималном захтеваном временском периоду те долази до контакта прамчаном десном страном уроњеног дела бродског трупа у потонулу потисницу. По Изјави заповедника, након што је добио од морнара информацију да вода нагло продире у прамчани део брода, заповедник плови оштећеним бродом узводно још око 500 m, а затим је прамцем насукао теретни брод у десну обалу на око 1166 km, како би довео брод у позицију зоне плитке воде. Према Изјави Заповедника сви покушаји и предузете радње да се активирају електричне пумпе за спасавање тип (VEDA), остали су неуспешни услед проблема са нестанком електричне енергије. У напомени заповедника може се видети да је у зони ванредног догађаја пролазио бродом више пута, међутим као узрок контакта са потонулим објектом наводи проблем са отказом рада десног активног пропелера који поред пропулзионе силе за покретање брода има улогу система крмарења односно управљања бродом. Иначе у Изјави заповедника брода стоји да је и раније било проблема са радом десног активног бродског пропелера. Из писане Изјаве нема података да је заповедник брода обавестио надлежну техничку службу, и захтевао да се наведени технички проблем са погонско управљачким системом отклони.



Слика 3.2.1. Скица трајекторије брода с/т „SALAJKA“

На основу допуне Изјаве заповедника брода с/т „SALAJKA“ може се видети да је од опреме за RIS брод био опремљен AIS транспондером, а од опреме за навигацију бродским радаром.



Хидрометеоролошки подаци, према РХМЗ Србије, на дан 26.09.2019. године су:

- Ветар слаб и умерен, смер северозападни (NW);
- Водостај за реку Дунав, меродавна водомерна станица Земун (+192 cm), у мањем опадању и стагнацији у домену ниских и средње ниских вредности.

Прогноза времена за подручје Србије са упозорењем и степеном опасности

Датум издавања: 26.09.2019. године у 12:00

Период важења: од 26.09.2019. до 05.10.2019. године

Прогноза времена, упозорење и вероватноћа остварења опасне појаве

Датум	Текст прогнозе	Упозорење	Веров. (%)
26.09.2019. Четвртак	После подне постепени престанак падавина и разведравање на северу и западу земље, а увече и током ноћи и у осталим крајевима. Ветар слаб и умерен северозападни. Највиша температура од 18 до 23 °С.	Локална појава грмљавина са количном падавина већом од 10 l/m ² за 3 h	70

Табела 3.2.1. Метеоролошки подаци на дан 26.09.2019. године (Извор: РХМЗ Србије)

Хидролошки извештај о стању и прогнози вода на дан 26.09.2019. године

Река/ Слив	Станица	Кота	Водостај	Водостај	Кота		Протисај	Т воде	Прогноза водостаја				
		"0"	Н	ΔН	Редовне одбране	Ванредне одбране			Q	27.09.	28.09.	29.09.	30.09.
		м.п.м.	cm	cm	cm	cm	m ³ /s	°C	cm	cm	cm	cm	
ДУНАВ	Линц	247.74	344	-10	550	680							
	Корнојбург	154.05	216	-7			1060		210				
	Братислава	129.08	293	11	650	750		15.6	290				
	Комарно	104.41	112	11	500	680		16.1	110				
	Естергом	101.61	40	2	500	650		14.6	45	33	25	23	
	Будимпешта	95.65	92	-2	620	800		17.0	99	92	81	74	
	Дунавфелдвар	89.58	-149	1	600	750		16.9	-148	-145	-153	-163	
	Баја	81.72	87	-6	700	900		16.3	85	87	87	80	
	Мохач	79.20	111	-7	700	950		18.1	109	110	111	107	
	Бездан	80.64	-44	-8	500	700		-	-46	-45	-45	-48	
	Апатин	78.84	5	-5	600	750		-	3	2			
	Богојево	77.46	7	-11	600	700		15.6	4	2			
	Вуковар	76.19	19	-10	580	630							
	Илок	73.97	41	-10									
	Бач. Паланка	73.97	38	-10	530	650		17.5	32	30			
	Нови Сад	71.73	37	-6	450	700		18.0	31	29			
	Сланкамен	69.68	88	-4	500			16.8	84	82			
	Земун	67.87	192	-2	550	650		18.0	190	188	187	186	
	Панчево	67.33	229	-3	530	650		18.0	227	225	224	223	
	Смедерево	65.36	434	-1	600	700		-	432	430	429	428	
Бан. Паланка	62.85	673	-2	765	865								
В. Градиште	62.17	736-2		800	830		19.8						
Прахово	29.00	-24	-12	500			20.9						

Табела 3.2.2. Хидролошки подаци - река Дунав, на дан 26.09.2019. године (Извор: РХМЗ Србије)

3.2.1. Подаци о људском фактору

Брод с/т „SALAJKA“ је имао укрцану посаду која му по броју, саставу и звањима, према Правилнику о минималном броју чланова посаде за безбедну пловидбу („Сл. гласник РС“ бр. 28/2015, 99/2015 и 3/2017) омогућава безбедну пловидбу.

Усмрћених и повређених чланова посаде није било.

Постоји изливање опасних материја у водоток (слика 3.2.1.1. и 3.2.1.2. страна 12), обавештена водопривредна инспекција.



Слика 3.2.1.1. Испуштене опасне материје у водоток из брода с/т „SALAJKA“



Слика 3.2.1.2. Испуштене опасне материје у водоток из брода с/т „SALAJKA“



4. Реконструкција и истражне радње након вађења потонулог брода с/т „SALAJKA“

На основу захтева ЦИНС-а, Дирекцији за водне путеве („Пловпут“), путем електронске поште послата је замолница да се достави извод из трајекторије брода с/т „SALAJKA“ MMSI* 9279202309 из система RIS (Речни информациони систем Србија), за временски период од 17:00 до 21:00 за 26.09.2019. године. Наведени извод из трајекторије брода коришћен је приликом истраге пловидбене незгоде брода с/т „SALAJKA“. Пловидбена незгода, потонуће брода с/т „SALAJKA“ догодила се дана 26.09.2019. године. На основу дописа електронском поштом од 02.10.2019. године Дирекција за водне путеве („Пловпут“), је обавестила ЦИНС да AIS објекат типа пловило MMSI броја 9279202309, не појављује се у AIS** архиви у временском периоду назначеном у захтеву ЦИНС-а.

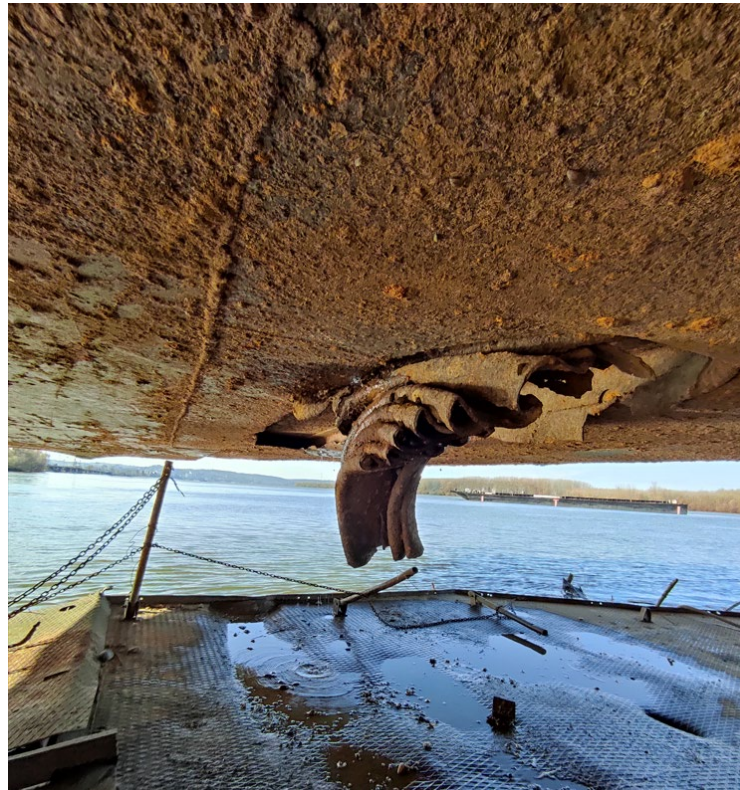
Према достављеним подацима Дирекције за водне путеве („Пловпут“), може се констатовати да у реалном времену када се догодила пловидбена незгода, на броду прописана RIS опрема није била у функцији. На основу претходно наведеног не може се видети трајекторија кретања брода с/т „SALAJKA“ у реалном времену, као и други битни подаци из система за лоцирање и праћење пловила.

Након подизања брода с/т „SALAJKA“ на пловећи док „DUBRAVICA“, који се налази на позицији 1112 km + 800 m десна обала реке Дунав, истражитељски тим ЦИНС-а је дана 05.12.2022. године изашао на лице места ради прегледа спољне оплате бродског трупа. Визуелним прегледом утврђена су следећа оштећења:

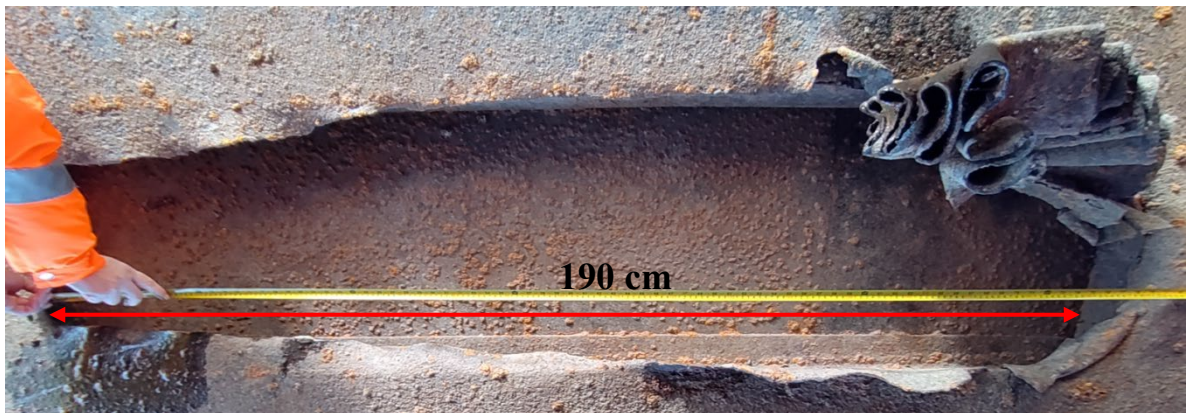
- Пробој оплате у зони прамчаног спремишта, десно од кобилице (централни уздужњак) и уздужног ребра (уздужњак дна), димензије 190 cm x 39 cm (слика 4.1, 4.2. и 4.3. страна 14).
- У првој десној бочној комори између другог и трећег уздужњака уз ребреницу са обе стране три груписана пробоја (слика 4.4. и 4.5. страна 15).
- У првом левом двобоку, на магистралном цевоводу дренажног система уочено гумено цево у циљу преспајања истог у дужини око 85 cm (слика 4.6. страна 15).

*MMSI број (Maritime mobile Service Identity Number) је међународни поморски радиокомуникациони идентификациони број.

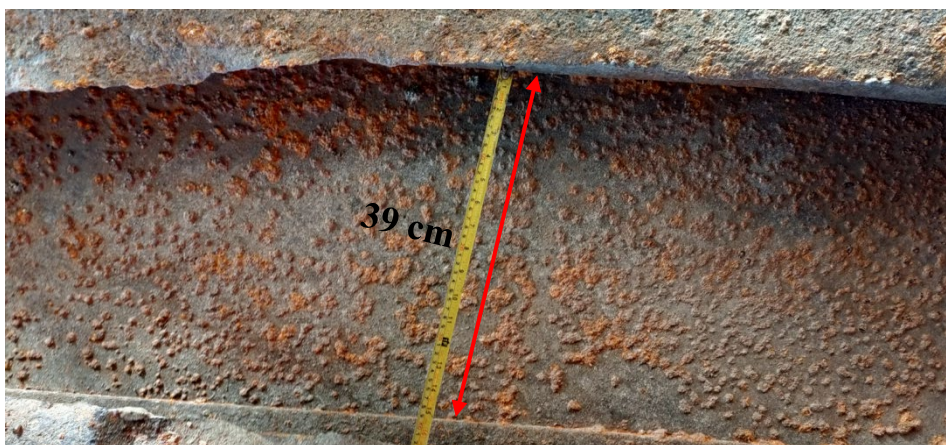
**AIS (Automatic Identification System-Аутоматски идентификациони систем), транспондери идентификују тренутну позицију бродова користећи глобални систем позиционирања (GPS).



Слика 4.1.



Слика 4.2.



Слика 4.3.



Слика 4.4.



Слика 4.5.



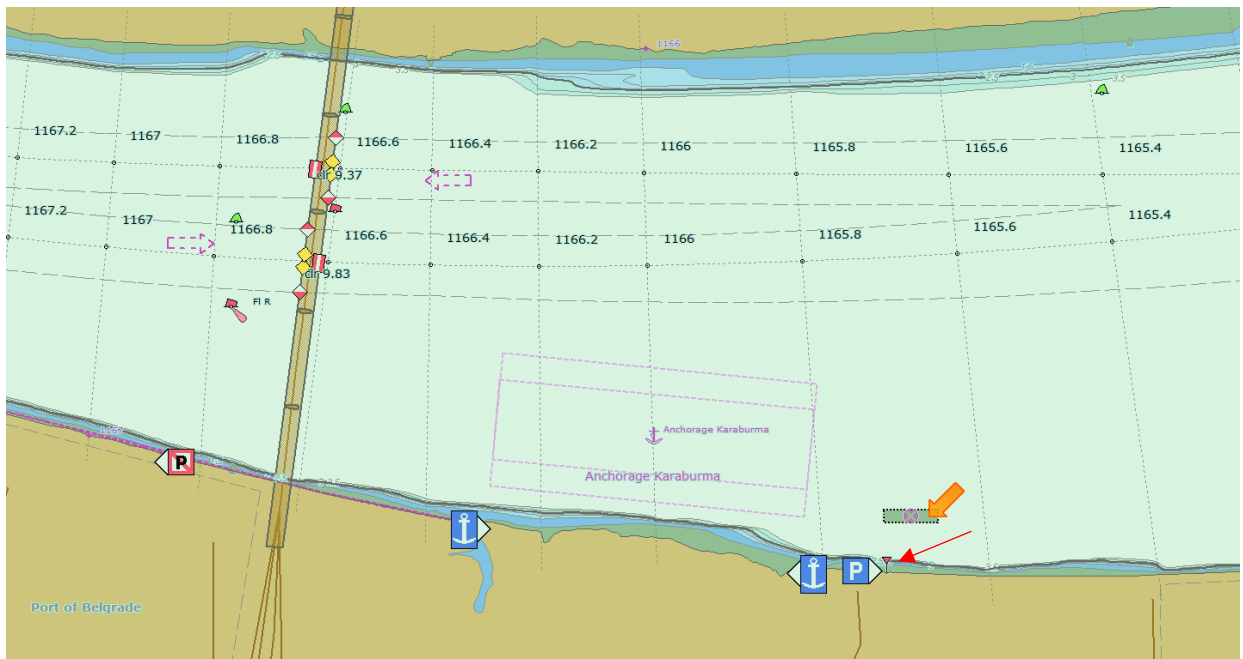
Слика 4.6.

5. Анализа пловидбене незгоде

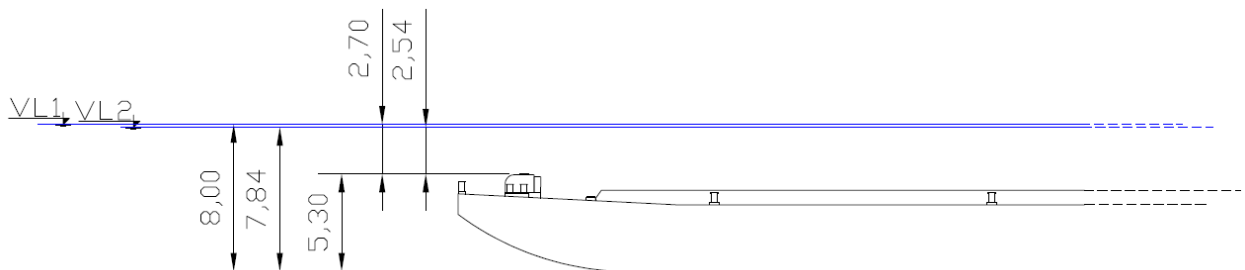
На основу допуне Изјаве заповедника брода с/т „SALAJKA“ може се видети да је од опреме за RIS брод поседовао AIS транспондер, а од опреме за навигацију бродски радар. На основу дописа електронском поштом од 02.10.2019. године Дирекција за водне путеве („Пловпут“), је обавестила ЦИНС да се AIS објекат типа пловило ММСИ броја 9279202309, не појављује у AIS архиви у временском периоду пре и након пловидбене незгоде, што је показатељ да прописана RIS опрема није била у радно оперативном режиму. На основу допуне Изјаве заповедника брода с/т „SALAJKA“ може се видети да је од опреме за RIS брод поседовао AIS транспондер, што не значи да је била у оперативној функцији, а од опреме за навигацију бродски радар. Анализирајући трајекторију узводне пловидбе према скици (слика 3.2.1. страна 10) и Изјаве заповедника брода, упитна је одлука да брод спроведе уз десну обалу између потонуле потиснице „71161“ где на основу обалног знака ширина износи 80 – 110 метара (слика 5.1.), те затим узводно уз десну обалу, званично сидриште између попречних пресека 1165 km + 800 m и 1166 km + 500 m (слика 5.2.), где се редовно сидре пловила. Наведено ситуационо стање на наведеном делу водног пута захтева од заповедника учесталу промену курса и маневрисање, на шта се он одлучио иако је знао да постоји технички проблем са управљањем десног активног пропулзора. Узимајући у обзир податке Дирекције за водне путеве да се брод с/т „SALAJKA“ не појављује у AIS архиви у временском периоду пре и након пловидбене незгоде, наводи на закључак да заповедник брода без електронске навигационе карте није имао податак о координатама потонуле потиснице. На ситуационом моделу приказан је положај и позиција потонуле потиснице (слика 5.3. и 5.4.).



Слика 5.1.

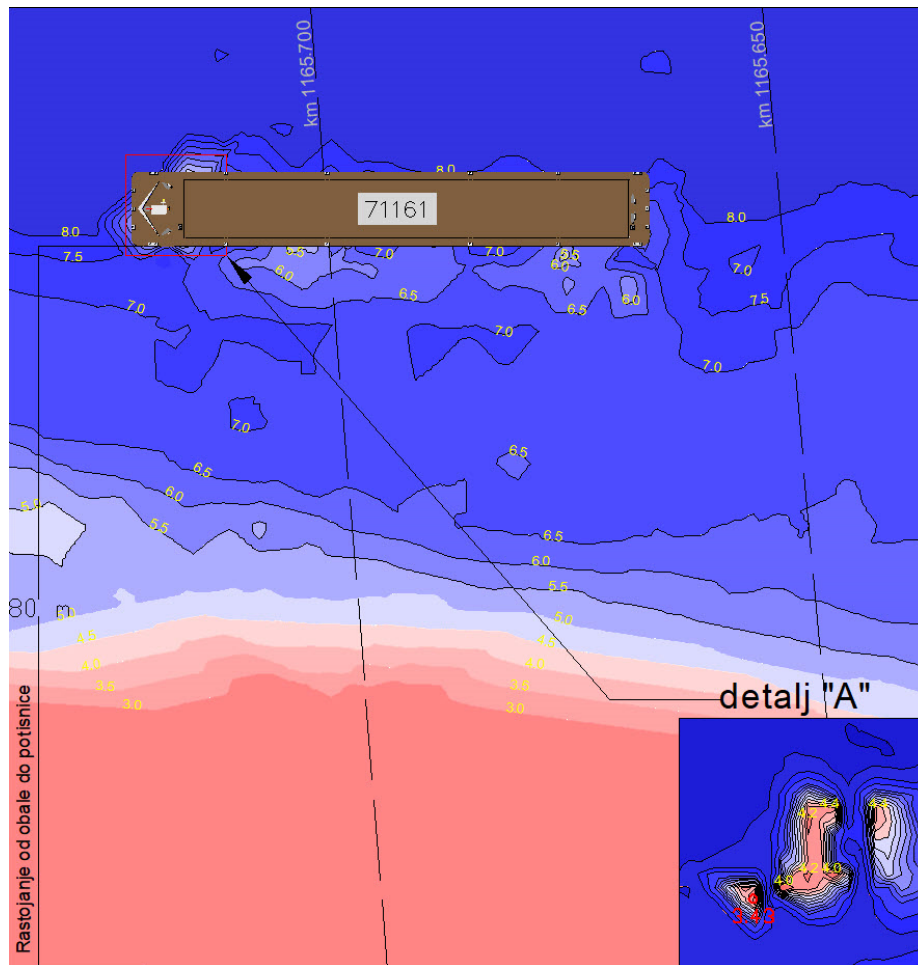


Слика 5.2.



Слика 5.3.

Из приказаног ситуационог модела на слици 5.3. може се констатовати да је дубина урона између водног огледала и највише непокретне тачке потиснице (кућиште сидреног витла) $H = 2,54$ m и представља апроксимативну вредност у односу на газ брода $T_{\max} = 250$ cm, што доказује да је до иницијалног контакта дошло између дна бродског трупа и кућишта сидреног витла. За дате вредности на пројектованом моделу узети су хидролошки подаци на дан 26.09.2019. године (Извор: РХМЗ Србије). Као резерву треба узети вредности газа при читавању газних марки, исте су узете у живој води, као и појаву истиснуте масе воде испод трупа брода у току пловидбе.



Слика 5.4.

5.1. Анализа стабилитета у оштећеном стању и исхода пловидбене незгоде брода „SALAJKA“

5.1.1. Главни закључци анализе

- На теретном броду „SALAJKA“ је приликом удара у потонули објекат дошло до пробоја оплате у прамчаној зони, на нивоу дна брода. Оштећење је резултирало потонућем бродом.
- Приликом инспекције оштећеног брода, а након вађења брода на пловни док, уочена су оштећења на дну прамчаног спремишта – примарно оштећење површине $0,77 \text{ m}^2$, а друго на дну десног двобока 1 (најистуренији двобок ка прамцу, уз складишни простор) – секундарна оштећења укупне површине $0,0076 \text{ m}^2$.
- На теретном броду „SALAJKA“ се није налазила документација или пројекти који би могли да помогну заповеднику да процени утицај степена оштећења, тј. крајњи положај пливања брода.
- Услед велике површине оштећења прамчаног спремишта, линија палубе брода у десној прамчаној зони се нашла под водом за кратко време, вероватно за период краћи од једног минута – период за које је вода испунила прамчано спремиште.



- Време које је било потребно да би се напунио и десни двобок 1 је значајно дуже, услед значајно мањег обима оштећења – прорачуном је добијено време од приближно 22,5 минута. Међутим, прорачун показује да се предњи десни крај празнице брода нашао под водом приближно након 19 минута.
- Услед недостатка техничке документације на броду, немогућности да се процени крајњи положај пливања, изузетно динамичке промене газа, нагиба и трима, а након примећене воде на палуби брода, заповедник је у покушају да смањи последицу оштећења насукао прамчани део брода на обалу. И поред покушаја заповедника, брод се нашао на дну реке.

5.1.2. Опис задатка

У складу са наведеним подацима у Привременом извештају о истрази пловидбене незгоде у унутрашњој пловидбу за брод „SALAJKA“¹, несрећа се догодила на десној обали реке Дунав на 1165 km + 500 m, у близини обале, при узводној пловидби, дана 26.09.2019. године. На броду су се налазила два члана посаде, а брод је био натоварен шљунком. Услед удара у потонули објекат који се нашао на трајекторији, дошто је до пробоја оплате у прамчаној зони, у нивоу дна брода.

Посада је изјавила да је дошло до нагле промене газа (урон), трима (претега на прамцу) и нагиба (на десни бок), услед чега палуба урања у воду, а убрзо долази и до прогресивног наплављивања товарног простора. Заповедник брода је у том тренутку покушао да насука прамчани део брода на обалу, у покушају да умањи штету на објекту. Није дошло до покушаја истакања наплављене воде, услед неисправности одговарајућих пумпи.

Задатак аутора анализе, који је одредио ЦИНС, је:

- Проценити стабилитет брода у оштећеном стању брода „SALAJKA“;
- Одредити крајње стање пливања услед пробоја трупа брода у складу са реалним оштећењима;
- Одредити време које је било потребно броду да достигне крајње стање пливања у оштећеном стању.

5.1.3. Улазни подаци и геометрија

Подаци о броду „SALAJKA“, коришћени за ову анализу, преузети су из следећих докумената:

- Водне линије, цртеж 556.01.00.00 А;
- Генерални план брода (нечитљиве димензије, подаци и ознака цртежа);
- Дренажа, цртеж 222.09.01/01;
- Дренажа, цртеж 556.09.01.00/4;
- Уложак Уписника бродова унутрашње пловидбе;
- Пропратница на дан незгоде, серијски број 00084.

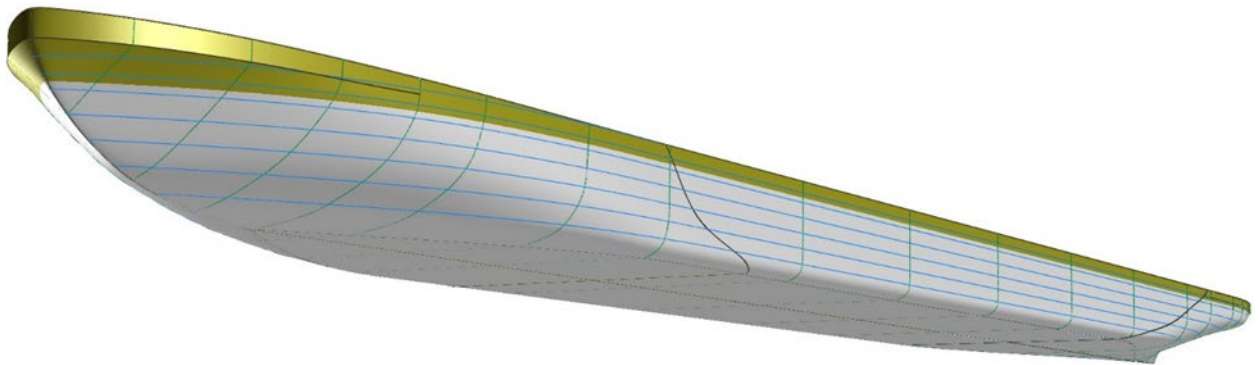
Теретни брод „SALAJKA“ је самоходни, двопропелерни, једнотрупни брод, за превоз расутог терета. Дужина брода преко свега је $L_a = 80,1$ m, ширина $B_a = 11,4$ m, а висина $H = 3,0$ m. Првенствено је пројектован као брод за пловидбу по каналима, уз максимални газ од $T_{max} = 1,9$ m у каналима.

¹ ЦИНС, 2020, „Привремени извештај о истрази пловидбене незгоде у унутрашњој пловидби“, технички извештај Центра за истраживање несрећа, Београд.



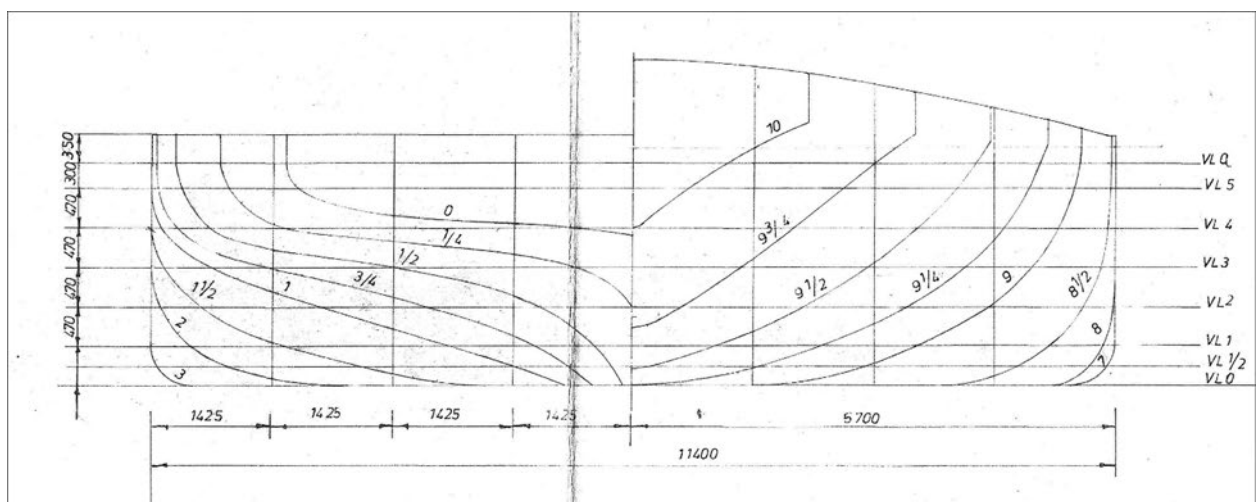
Из улошка Уписника бродова унутрашње пловидбе се види да је највећи дозвољени газ брода накнадно промењен на $T_{\max} = 2,5$ m. Управо је тај газ од $T_{\max} = 2,5$ m и пријављен у пропратници на дан незгоде. Није пријављена појава трима или нагиба у току или након утовара.

За сврху ове анализе, моделирана је форма брода у одговарајућем хидростатичком софтверу, а крајњи изглед је приказан на слици 5.1.3.1.

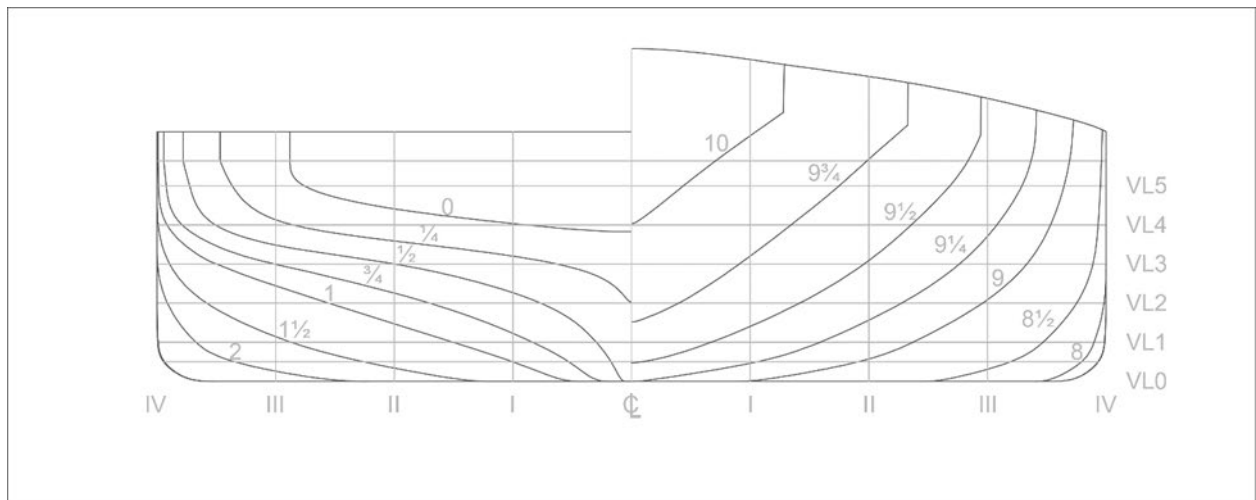


Слика 5.1.3.1. Изглед моделиране форме брода

Што се тиче верификације модела, основани модел добро описује пројектовану форму брода, те се добијене вредности из софтвера могу сматрати веродостојним (упоредити слику 5.1.3.2. и слику 5.1.3.3.). Из улошка Уписника бродова унутрашње пловидбе је познат податак о запремини истиснућа на максималном дозвољеном газу $T = 2,5$ m, који износи $V = 1.940$ m³. Како је истиснуће моделиране форме на истом газу $V = 1.925,5$ m³, може се закључити да је релативна разлика 0,7%, чиме се потврђује веродостојност модела. Остали параметри форме брода нису познати, који би могли да послуже за додатну проверу модела, пошто није доступан један од основних хидростатичких прорачуна – Дијаграмски лист брода.



Слика 5.1.3.2. План бродских линија из пројекта брода „SALAJKA“



Слика 5.1.3.3. План бродских линија добијен на основу модела брода „SALAJKA“

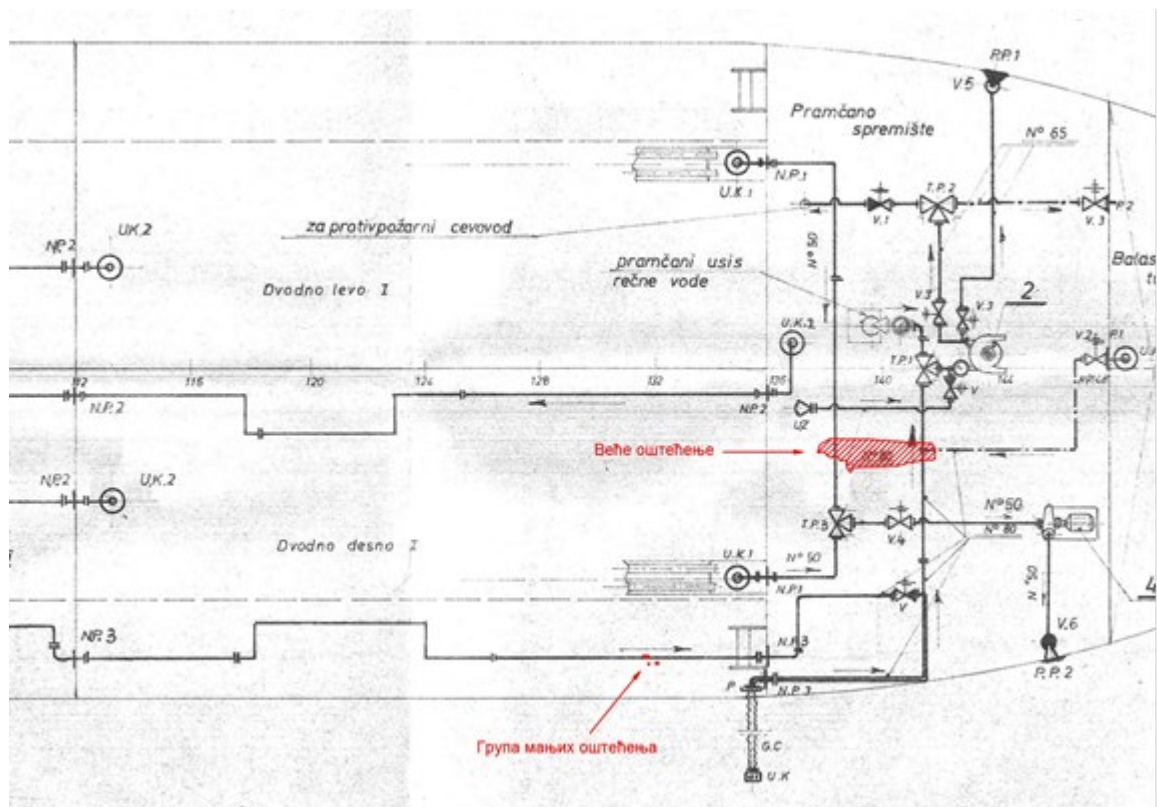
Предуслов за прорачун стабилитета брода након оштећења је познавање потребног броја информација о оштећењима на трупу, као и захваћеним и повезаним одељењима, као што је већ споменуто у Привременом извештају о истрази пловидбене незгоде у унутрашњој пловидби за брод „SALAJKA“. Након увиђаја радне групе, обављеног 5.12.2023. године, начињена је серија фотографија и мерења. Уочена су оштећења на два места на трупу:

- Једно, веће, испред теретног простора, испод прамчаног спремишта (у даљем тексту ПС), на дну брода, приближне површине $A_1 = 0,7708 \text{ m}^2$;
- Друго, које представља групу од три мања оштећења, поред предњег дела теретног простора, на дну брода, испод танка у десном двобоку 1 (у даљем тексту ДД1), приближне укупне површине $A_2 = 0,0076 \text{ m}^2$.

На слици 5.1.3.4. је приказана фотографија већег оштећења, а на слици 5.1.3.5. димензије и тачне позиције свих уочених оштећења. На местима прамчаног спремишта или двобока брод не поседује дводно.



Слика 5.1.3.4. Велико оштећење, позиционирано испод прамчаног спремишта



Слика 5.1.3.5. Позиције и димензије оштећења на дну брода

5.1.4. Стабилитет у оштећеном стању

Приликом анализе стабилитета брода „SALAJKA“ у оштећеном стању, проверавано је стање пливања брода у случају да му се оштете и потпуно наплаве горепоменута одељења. Разматрани случајеви наплављивања су следећи:

- Оштећење само на прамчаном спремишту (ПС);
- Оштећење само на десном двобоку 1 (ДД1);
- Истовремено оштећење на прамчаном спремишту (ПС) и десном двобоку 1 (ДД1).

С обзиром да би, по правилу, одушници, прикључци на цевоводе и улаз у прамчано спремиште морали да буду водонепропусни и/или затворени, као најнижа тачка наплављивања ће се узети врх празнице складишног простора. Напомиње се да укупно тежиште маса по висини брода или почетна метацентарска висина нису познати, што уводи додатну несигурност у прорачун. Добијени резултати за наведена стања пливања су приказани у следећој табели 5.1.4.1.

Табела 5.1.4.1. Стања пливања након оштећења одељења ПС и ДД1

	ПС	ДД1	ПС + ДД1
D [t]	2077,0	1975,5	2137,1
m_v [t]	151,5	50	211,6
φ [°]	0,00	1,8	3,5
t [m]	0,931	0,255	1,637
h_{rez} [m]	0,527	0,781	-0,162

Вредности из табеле 5.1.4.1. представљају: D депласман брода, m_v маса воде у наплављеним одељењима, φ угао нагиба, t укупни трим, а h_{rez} је преостала граница сигурности до првог незаштићеног отвора након наплављивања. Може се приметити да не би дошло до потпуног губитка стабилитета у случају оштећења појединачних одељења ПС и ДД1. Међутим, у случају истовременог оштећења ова два одељења, празница брода би се нашла под водом (видети преосталу границу сигурности $h_{rez} = -0,161$ m), што би већ увелико довело до прогресивног наплављивања и потпуног губитка стабилитета.

5.1.5. Динамика потонућа

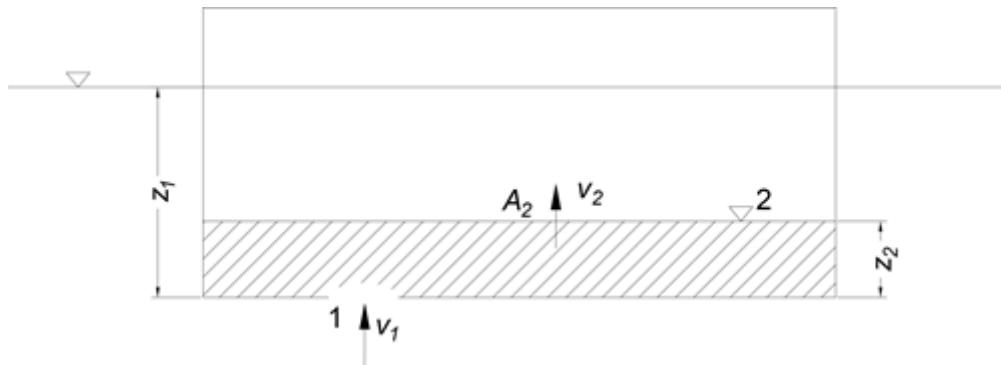
5.1.5.1. Метод прорачуна

Прорачун ће се извести упрошћено, применом Бернулијеве једначине. Овакав метод прорачуна са собом уводи нека приближења и стога није у могућности да прецизно опише неке феномене, као што су нпр, сам почетак струјања, вртложење и вискозност воде. Међутим, једначина је у могућности да пружи инжењерски практичне резултате и очекује се да они буду квалитативно употребљиви.

Користиће се наредни облик Бернулијеве једначине:

$$p_1 + \rho g z_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g z_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (1)$$

где су p_1 и p_2 притисци, z_1 и z_2 висине воденог стуба, а v_1 и v_2 брзине струјања воде, на местима 1 (позиција оштећења) и 2 (површина утоварене воде). Ознаке су приказане и на слици 5.1.5.1.1. на примеру поставке оштећења једног одељења.



Слика 5.1.5.1.1. Поставка за Бернулијеву једначину – пример оштећења једног одељења

Коначни облик једначине који ће се користити, добијен након сређивања, а под претпоставком да је брзина промене висине стуба воде у наплављеним танковима значајно мања од уструјавања воде, одређује брзину уструјавања воде у наплављено одељење:

$$v_1 = \sqrt{\frac{2\rho g(z_2 - z_1)}{\rho \left(1 - \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2\right)}} \quad (2)$$

где је A_1 површина оштећења на оплати одељења, а A_2 је површина слободне површине воде у наплављеном одељењу. Одатле се може одредити проток воде, применом једначине континуитета за цело одељење:



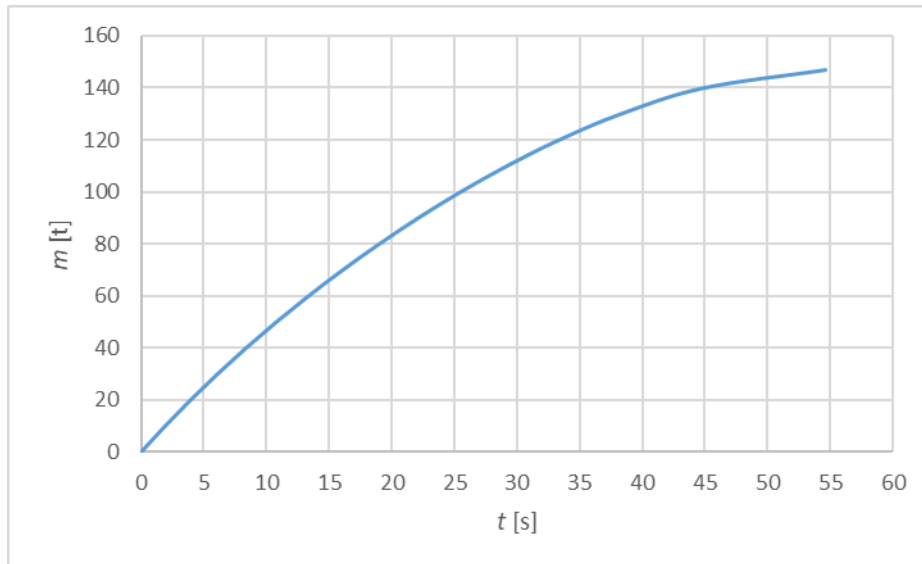
$$dt = \frac{1}{v_1 \cdot A_1} dm \quad (3)$$

Међутим, неопходно је све променљиве у једначини (2), које зависе од утоварене масе воде m , дефинисати управо у функцији те масе m . Применом хидростатичког, а затим и математичког софтвера одређена је одговарајућа зависност.

Конечан резултат, динамика наплављивања одељења, се може одредити нумеричком интеграцијом једначине (3).

5.1.5.2. Резултати

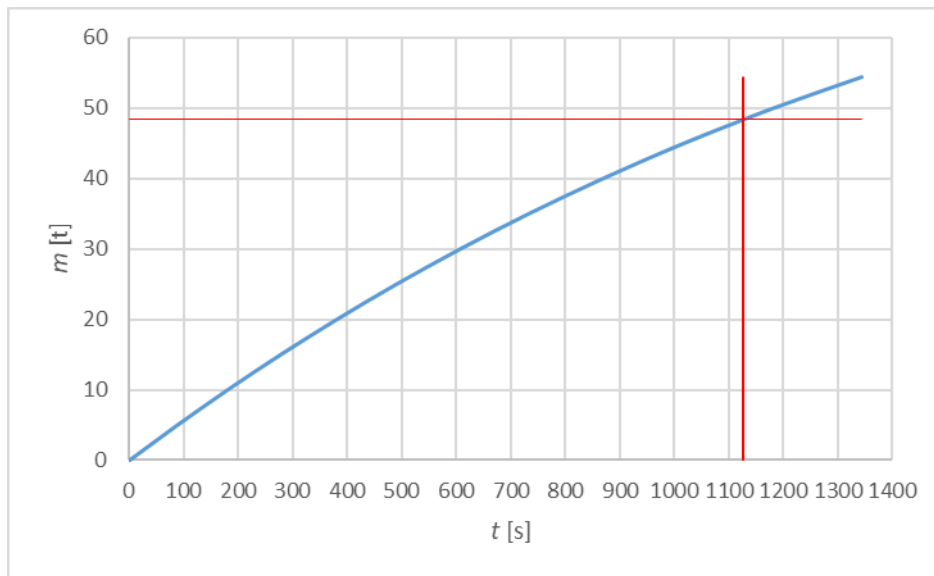
Површина оштећења на оплати прамчаног спремишта (ПС) је значајно већа од оштећења на десном двобоку 1 (ДД1). Због тога ће се за почетак размотрити динамика наплављивања само одељења ПС. Применом једначина (2) и (3) из прошлог потпоглавља, добијају се следећи резултати за процењено време потребно да се испуни прамчано спремиште водом:



Слика 5.1.5.2.1. Динамика наплављивања прамчаног спремишта

Са дијаграма се може приметити да је након оштећења, наплављивање одељења ПС било изразито нестационарно. Може се очекивати да је до коначног стања равнотеже унутар танка ПС дошло и за мање од једног минута. Треба напоменути да је, због многих претпоставки и поједностављења, а услед нестационарности појаве, овакав метод прорачуна непоуздан, али са сигурношћу показује карактер физичке појаве – изразита динамика наплављивања, без могућства сузбијања последица.

Због изразито кратког времена наплављивања одељења ПС, у великој мери је оправдана претпоставка да се наплављивање одељења ДД1 посматра одвојено – након што се одељење ПС у потпуности наплави. Још једном ће се применити методологија из прошлог потпоглавља и добијени су следећи резултати:

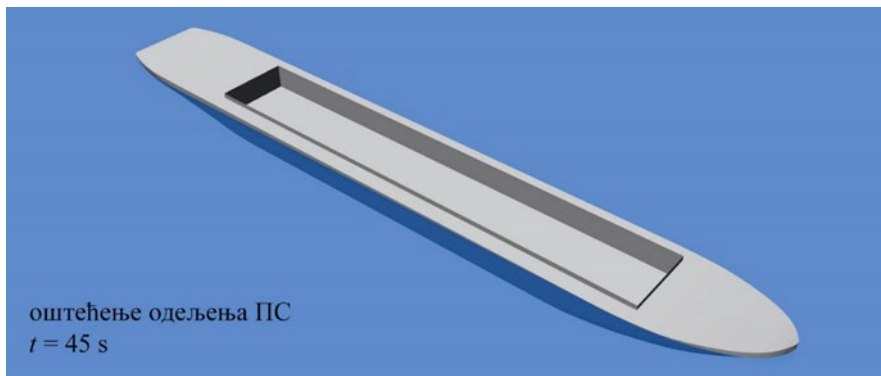
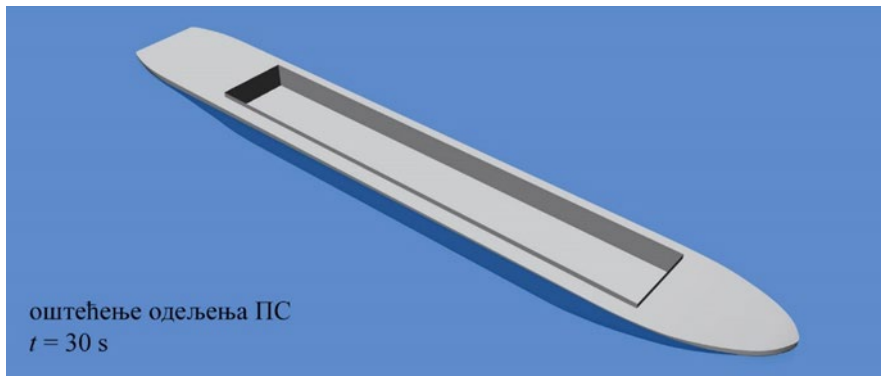
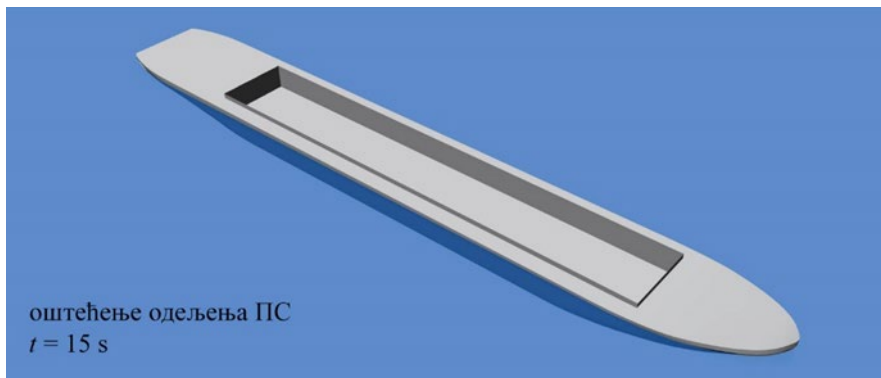
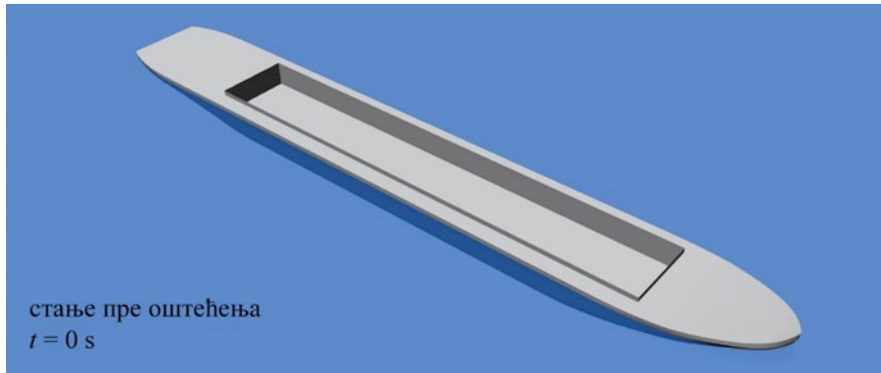


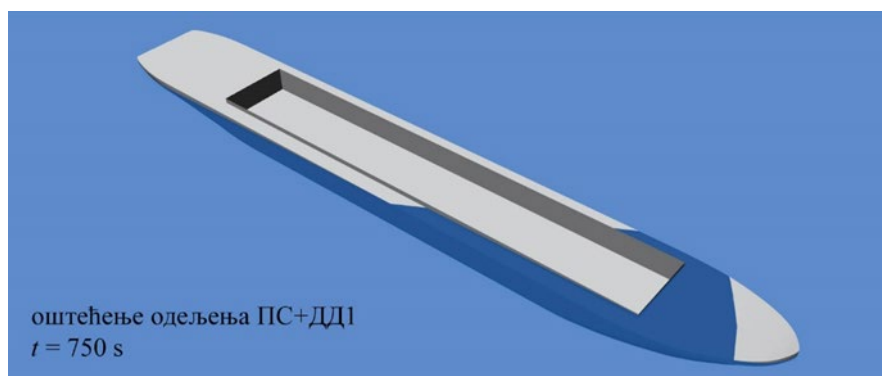
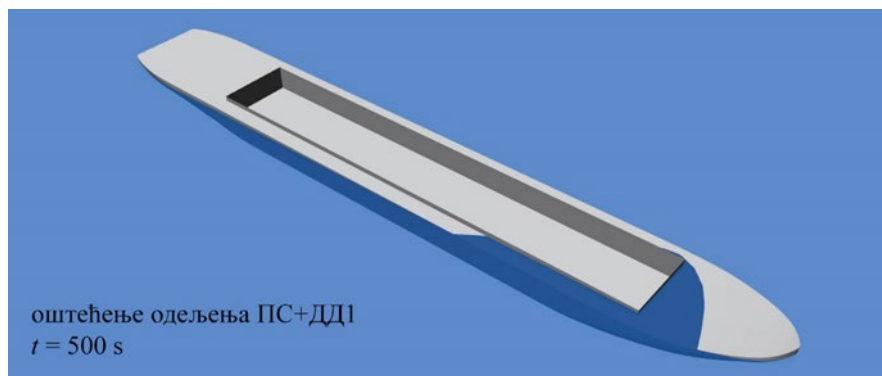
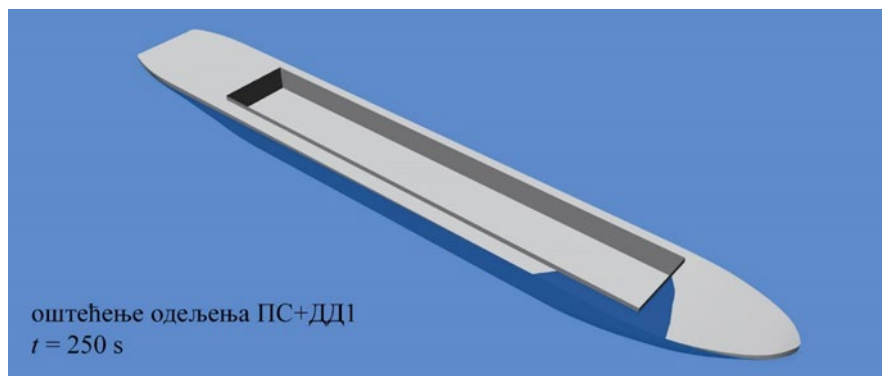
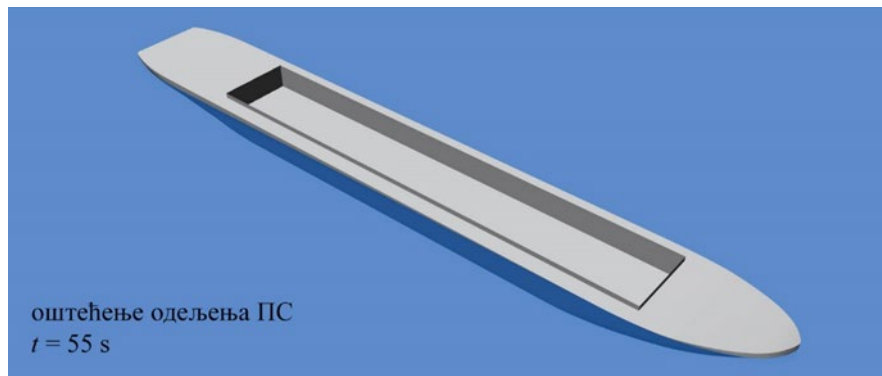
Слика 5.1.5.2.2. Динамика наплављивања десног двобока 1 и тренутак потпуног губитка стабилитета (црвене линије)

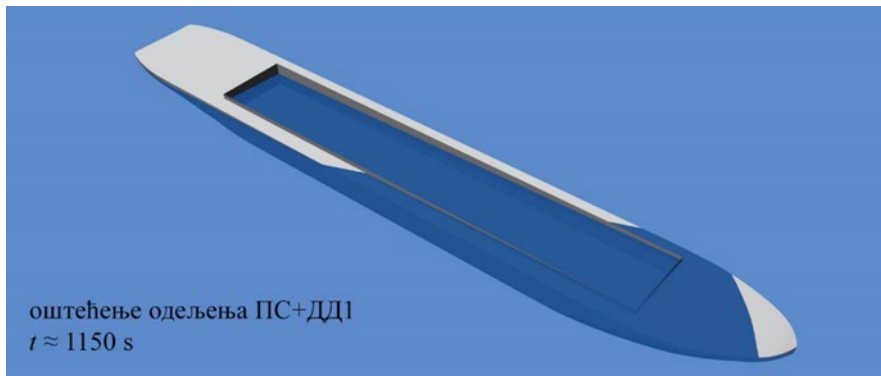
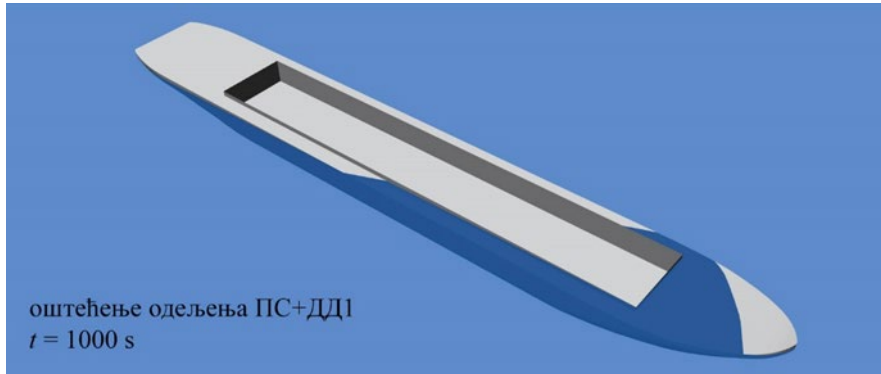
Наплављивање одељења ДД1 је, и поред мање запремине у односу на ПС, достигло равнотежу за значајно дужи временски период. Основни разлог за то је значајно мања површина оштећења. Са дијаграма се може очитати да је за потпуно наплављивање одељења ДД1 било потребно приближно 22,5 минута. Међутим, треба нагласити да је према прорачуну, до прогресивног наплављивања празнице складишног простора дошло на око 19 минута од удара, када је укупна утоварена маса воде у брод била приближно 205,5 t (потпуно испуњено одељење ПС, док је у одељењу ДД1 утоварено 48,5 t). У том тренутку (означен црвеним линијама на слици 5.1.5.2.2.) се може сматрати да би дошло до потпуног губитка стабилитета брода.



5.1.6. Визуелни приказ положаја пливања по фазама









6. Закључак

Теретни брод „SALAJKA“ је потонуо услед наплављивања два одељења – прамчаног спремишта и десног двобока 1, које је уследило као последица удара у потонули објекат. Заповедник је у покушају да умањи последице насукао прамчани део брода на обалу, међутим безуспешно, и брод се нашао на дну реке. Анализа стабилитета брода у оштећеном стању је показала да је стабилитет брода угрожен приликом истовременог пробоја оплате на прамчаном спремишту (ПС) и десном двобоку 1 (ДД1), какав се и десио. Међутим, брод би задржао пловност у случају појединачних оштећења одељења.

Анализа динамике потонућа је показала изузетну промену стања пливања брода. Вероватни опис сценарија је да је посада могла да примети тренутак удара брода у потонули објекат и да претпостави пробој оплате. Приликом процене штете, а у периоду од десетак секунди од удара, на броду је могла да се примети промена трима (прамчана претега). За период од око једног минута, палуба на десној прамчаној страни је вероватно почела да урања у воду, са знацима нагиба на десну страну. Од тог тренутка, динамика потонућа се осетно успорила, међутим, и поред тога, посада је имала још мање од 20 минута до потпуног губитка стабилитета – урањања врха празнице у воду и наплављивања теретног простора. С обзиром на динамику промене стања пливања, те чињеницу да се за кратко време део палубе на прамцу нашао под водом, као и, (тек након анализе познатог) неминовног потпуног губитка стабилитета, може се закључити да је заповедник донео исправну одлуку да покуша да насука брод.

Треба напоменути да заповедник на броду не поседује одговарајућу опрему да процени крајње стање пливања, чак и ако је посада у могућности да утврди која одељења су доживела оштећења. Наиме, поседовање Дијаграмског листа и Плана капацитета танкова и одељења на броду, удружено са одговарајућим знањима и обуком посаде, омогућило би прецизну процену стабилитета брода, а тиме боље доношење одлука.

На основу спроведене анализе пловидбе брода с/т „SALAJKA“, и предузетих оперативних манипулативних радњи заповедника брода, а имајући у виду правила безбедне пловидбе на унутрашњим водама, Закона о пловидби и лукама на унутрашњим водама („Сл. гласник РС“, бр. 73/10, 121/12, 18/15, 96/15, 92/16, 104/16, 113/17, 41/18, 95/18, 37/19, 9/20 и 52/21), може се закључити следеће:

- Заповедник брода је у циљу безбедности пловидбе у подручју пловидбе RIS-а био дужан да користи прописану опрему, уређаје и прописане услуге и информације услуга RIS-а, сходно чл. 177. став 1. и чл. 183. став 1. и 2. закона.
- Заповедник брода је био дужан да обустави употребу и коришћење брода док се не отклоне технички недостаци на десном активном пропелерском уређају, сходно чл. 144. став 1. и 4. закона.
- Заповедник брода је био дужан да сходно чл. 48. закона, предузме све мере опреза која захтева општа обавеза примене дужне пажње и добра пловидбена пракса, нарочито како би се избегло: 1) угрожавање људских живота; 2) оштећење пловила, обала, грађевина, инсталација или других објеката на водном путу; 3) стварање сметњи за пловидбу; 4) уништавање и оштећење робе; 5) загађење унутрашњих вода са пловила; 6) повређивање чланова посаде и других лица на броду.
- Заповедник брода је био дужан да предузме све мере за спасавање бродског дневника а ако околности случаја допуштају и мере за спасавање других бродских књига и исправа, сходно чл. 147. став 2. закона.



7. Препоруке

ЦИНС је у циљу могућег повећања безбедности и превенције настанка озбиљних пловидбених незгода и пловидбених незгода на унутрашњим пловним путевима, сходно члану 47. Закона о истраживању несрећа у ваздушном, железничком и водном саобраћају („Сл. гласник РС“, бр. 66/2015 и 83/2018), издао следеће препоруке:

Бродар

MSK BRODARSTVO DOO

БП_01/23 Препоручује се заповеднику брода с/т „SALAJKA“, да користи прописану опрему, уређаје и прописане услуге и информације услуга RIS-а, сходно чл. 177. став 1. и чл. 183. став 1. и 2. Закона о пловидби и лукама на унутрашњим водама („Сл. гласник РС“, бр. 73/10, 121/12, 18/15, 96/15, 92/16, 104/16, 113/17, 41/18, 95/18, 37/19, 9/20 и 52/21).

БП_02/23 Препоручује се заповеднику брода с/т „SALAJKA“ да у циљу безбедности пловидбе, пре поласка на пут провери исправност бродског комплекса који му омогућава да изврши одређено путовање те манипулативно оперативне задатке радног процеса, обустави употребу и коришћење брода док се не отклоне технички недостаци, сходно чл. 144. став 1. и 4. Закона о пловидби и лукама на унутрашњим водама („Сл. гласник РС“, бр. 73/10, 121/12, 18/15, 96/15, 92/16, 104/16, 113/17, 41/18, 95/18, 37/19, 9/20 и 52/21).

БП_03/23 Препоручује се заповеднику брода с/т „SALAJKA“ да предузме све мере за спасавање бродског дневника а ако околности случаја допуштају и мере за спасавање других бродских књига и исправа, сходно чл. 147. став 2. („Сл. гласник РС“, бр. 73/10, 121/12, 18/15, 96/15, 92/16, 104/16, 113/17, 41/18, 95/18, 37/19, 9/20 и 52/21).