
**Analiza zużycia paliwa ciężkiego i lekkiego
dla silników głównych SG, silników pomocniczych SP
oraz kotłów parowych jednostek morskich
przy użyciu katalizatora REDUXCO®**

Analiza wykonana w oparciu o udostępnione dane armatora PŻM Szczecin (Polska) przez:

- mgr Daria Łapczyńska
- mgr inż. Zbigniew Serafinowski

Szczecin, marzec 2014

Spis treści:

1. Wprowadzenie	2
2. Opis jednostek.....	2
3. Metodyka wyznaczania wskaźnika przyrostu/obniżenia zużycia paliwa.....	3
4. Tabele danych i obliczenia	3
4.1. Analiza porównawcza ogólna.....	4
4.2. Analiza porównawcza poszczególnych jednostek biorących udział w badaniu.	6
4.3. Analiza porównawcza dla wszystkich okresów przy średnim obciążeniu (W_0) w przedziale od 44 do 48...11	
4.4. Analiza porównawcza dla wszystkich okresów przy średnim obciążeniu (W_0) w przedziale od 44 do 48 bez skrajnych wartości.	13
4.5. Analiza porównawcza rejsów o przybliżonym wskaźniku obciążenia silnika (W_0).	14
5. Wnioski ogólne	16
6. Wnioski końcowe	16

1. Wprowadzenie

W wyniku pozytywnego raportu ze stosowania katalizatora spalania REDUXCO® w okresie 09.2010 – 08.2012r. z jednostki m/s „GIEWONT” o nośności 82000 DWT oraz napędzie głównym MAN, typ 7S50MC-C, postanowiono rozszerzyć stosowanie na pozostałe jednostki celem potwierdzenia skuteczności działania w/w katalizatora na poprawę wskaźników osiągniętych energetycznych pracy silników wysokoprężnych oraz kotłów parowych a także pozytywnego wpływu na stan techniczny urządzeń cieplnych. Dlatego też przy współpracy z firmą ENERGO NATURA Sp. z o.o. zakupiono REDUXCO® na całą wytypowaną serię jednostek morskich.

2. Opis jednostek

Wytypowana seria jednostek typu Handy-size produkcji japońskiej Mitsui Shipyard – Chiba, budowanych w latach 1999 – 2000 r.

Podstawowe dane:

- kadłub: długość jednostki – 200,00 m, szerokość – 23,60 m, zanurzenie – 10,65 m,
- wyporność: 35000,00 DWT,
- silnik główny SG x 1 szt.: MITSUI MAN B&W 5S50MCC o mocy MCR 6730,00 kW przy 127,00 rpm oraz NSR 5980,00 kW przy 122,10 rpm,
- silnik pomocniczy SP x 3 szt.: MAN B&W L16/24 o mocy 545,00kW przy 1200,00 rpm,
- kocioł parowy: SUNROD typ GCS – 23,
- śruba napędowa x 1 szt.: śruba nastawna (CPP), 4 piórowa, 5500 mm dia.

3. Metodyka wyznaczania wskaźnika przyrostu/obniżenia zużycia paliwa

Analizę dokonano w oparciu o pięć jednostek morskich tej samej serii analizując dane armatora z raportów okrętowych, określające wszystkie parametry pracy silników głównych (SG), silników pomocniczych (SP), kotłów parowych a także raportów okresów stosowania katalizatora REDUXCO®. Przyjęto zasadniczo analizę poprzez porównywanie długich okresów eksploatacji jednostek morskich przy nie stosowaniu i stosowaniu katalizatora procesów spalania REDUXCO® do paliwa ciężkiego (PC) i lekkiego (PL). Poniżej wspomniane okresy:

- m/s IRYDA: od 12.06.2012 do 31.12.2013,
- m/s IRMA: od 17.05.2012 do 19.02.2014,
- m/s ISA: od 01.05.2012 do 11.11.2013,
- m/s ISOLDA: od 14.05.2012 do 31.12.2013,
- m/s ISADORA: od 10.04.2012 do 31.12.2013.

Dokładne okresy eksploatacyjne z rozdziałem na okresy bez/z REDUXCO® dla w/w jednostek określono w tabelach poniżej.

Na pracę i jej warunki okrętowych silników spalinowych, znaczący wpływ ma opór kadłuba, który jest zależny z kolei od ograniczonych stref pływania, stanu morza, zmian zanurzenia kadłuba poprzez inne ciężary załadunków, zmiany w balastowaniu zbiorników czy zmian gęstości wody, zmiany rozmiarów wystających części kadłuba a także stany czystości kadłuba.

Określenie rzeczywistego stanu ruchu jednostki pływającej nie jest łatwym zadaniem. Przemieszczanie się jednostki, z przyjmowaną zwykle ustaloną średnią prędkością, w istocie charakteryzuje się także dynamiką wynikającą ze zmieniających się warunków zewnętrznych pływania, oddziałujących w sposób istotny na przebieg charakterystyki oporowej, a tym samym wymagających zmiany siły napędzającej SG przy danej prędkości pływania.

W świetle powyższych rozważań oraz analizy rzeczywistych warunków obciążeń okrętowych układów napędowych, a także istniejących danych przyjęliśmy analizę określającą wpływ katalizatora REDUXCO® na wartości wskaźników osiągowo energetycznych siłowni w oparciu o porównanie zużycia paliwa (PC + PL) w zależności od dostępnych wartości WSKAŹNIKÓW OBCIĄŻENIA silnika głównego (W_0) dla każdej w/w jednostki w każdym dniu ruchu marszowego jednostki we wskazanym okresie porównawczym. Przyjmując zatem porównywanie dla tej samej jednostki morskiej zużycie paliwa przy nie/i stosowaniu REDUXCO® dla tych samych lub zbliżonych wartości WSKAŹNIKÓW OBCIĄŻENIA silnika głównego (W_0) z dużą dokładnością możemy określić wielkość wpływu omawianego katalizatora na wskaźniki osiągowo energetycznych siłowni.

4. Tabele danych i obliczenia

Analizę efektywności oddziaływania katalizatora REDUXCO® na ekonomikę pracy siłowni na jednostkach morskich przeprowadzono w trzech wariantach:

- a) Analiza porównawcza ogólna
- b) Analiza porównawcza wszystkich odcinków czasowych podróży wykonanych przy średnim obciążeniu dobowym w przedziale od 44 do 48
- c) Analiza porównawcza wszystkich odcinków czasowych podróży wykonanych przy średnim obciążeniu dobowym w przedziale od 44 do 48 bez skrajnych wartości.
- d) Analiza porównawcza rejsów o przybliżonym wskaźniku obciążenia silnika głównego (W_0).

4.1. Analiza porównawcza ogólna

W analizie ogólnej ujęte są wszystkie dostępne dane z przedziałów czasowych dla 5 opisanych wyżej jednostek, bez względu na warunki pracy oraz wskaźniki eksploatacji jednostek napędowych. W związku z tym należy przyjąć, że wszystkie obliczenia prezentowane w Tabeli 1 są realnym podsumowaniem porównania badanych okresów. Obliczenia opierają się na wszystkich faktycznych ilościach wskazanych w raportach z eksploatacji silników przygotowywanych w ramach standardowych procedur przez załogę jednostek.

Wartości średnie służące do porównania zużycia paliwa w silniku głównym zostały obliczone z ilości całkowitych dla wszystkich analizowanych jednostek.

Okresy używania i nie używania katalizatora REDUXCO® na poszczególnych jednostkach zostały wyznaczone na podstawie szczegółowych informacji podanych przez załogę jednostek oraz zapisów z raportów, a dodatkowo ich wiarygodność została zweryfikowana poprzez dokładną analizę ilości wykorzystanego katalizatora w stosunku do zużytego paliwa.

Tabela 1. Analiza porównawcza ogólna

Jednostka	DANE SILNIKA			SILNIK GŁÓWNY						WARTOŚCI CAŁKOWITE		ŚREDNIE ZUŻYCIE PALIWA			
	średnie obroty	średnia prędkość	średni W_o	godziny pracy w trybie marszowym	godziny pracy w trybie manewrowym	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa w trybie marszowym	zużycie paliwa w trybie manewrowym	zużycie paliwa łącznie	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa łącznie	ogółem (kg/h)	SG ogółem (kg/h)	SG w ruchu marszowym (kg/h)	SG w manewrach (kg/h)
Iryda	112,28	12,30	47,23	1 883,5	1 105,5	2 989	1 581 676	657 219	2 238 895	2 989	2 238 895	749,04	749,04	839,75	594,50
Irma	114,18	12,41	47,09	3 345,0	763,3	4 108	2 792 593	407 846	3 200 439	4 108	3 200 439	779,02	779,02	834,86	534,32
Isa	107,17	12,77	41,82	3 939,5	991,0	4 931	2 908 116	524 602	3 432 718	4 931	3 432 718	696,22	696,22	738,19	529,37
Isolda	114,75	12,64	48,87	2 481,5	427,0	2 909	2 094 285	228 743	2 323 028	2 909	2 323 028	798,70	798,70	843,96	535,70
Isadora	114,44	12,44	-	2 487,0	891,0	3 378	2 041 830	543 429	2 585 259	3 378	2 585 259	765,32	765,32	821,00	609,91
Iryda	110,46	11,86	44,54	2 499,5	862,5	3 362	1 999 580	418 519	2 418 099	3 362	2 418 099	719,24	719,24	799,99	485,24
Irma	114,38	12,30	45,73	2 859,8	1 007,5	3 867	2 244 363	568 483	2 812 846	3 867	2 812 846	727,34	727,34	784,80	564,25
Isa	109,94	12,77	43,64	1 340,0	661,0	2 001	981 800	371 300	1 353 100	2 001	1 353 100	676,21	676,21	732,69	561,72
Isolda	111,88	12,87	49,32	3 414,5	690,5	4 105	2 800 300	341 400	3 141 700	4 105	3 141 700	765,33	765,33	820,12	494,42
Isadora	114,05	11,82	-	2 375,0	783,3	3 158	1 708 900	423 500	2 132 400	3 158	2 132 400	675,17	675,17	719,54	540,66
BEZ REDUXCO®	112,56	12,51	46,25	14 137	4 178	18 314	11 418 500	2 361 839	13 780 339	18 314	13 780 339	752,44	752,44	807,73	565,33
Z REDUXCO®	112,14	12,32	45,81	12 489	4 005	16 494	9 734 943	2 123 202	11 858 145	16 494	11 858 145	718,95	718,95	779,49	530,16

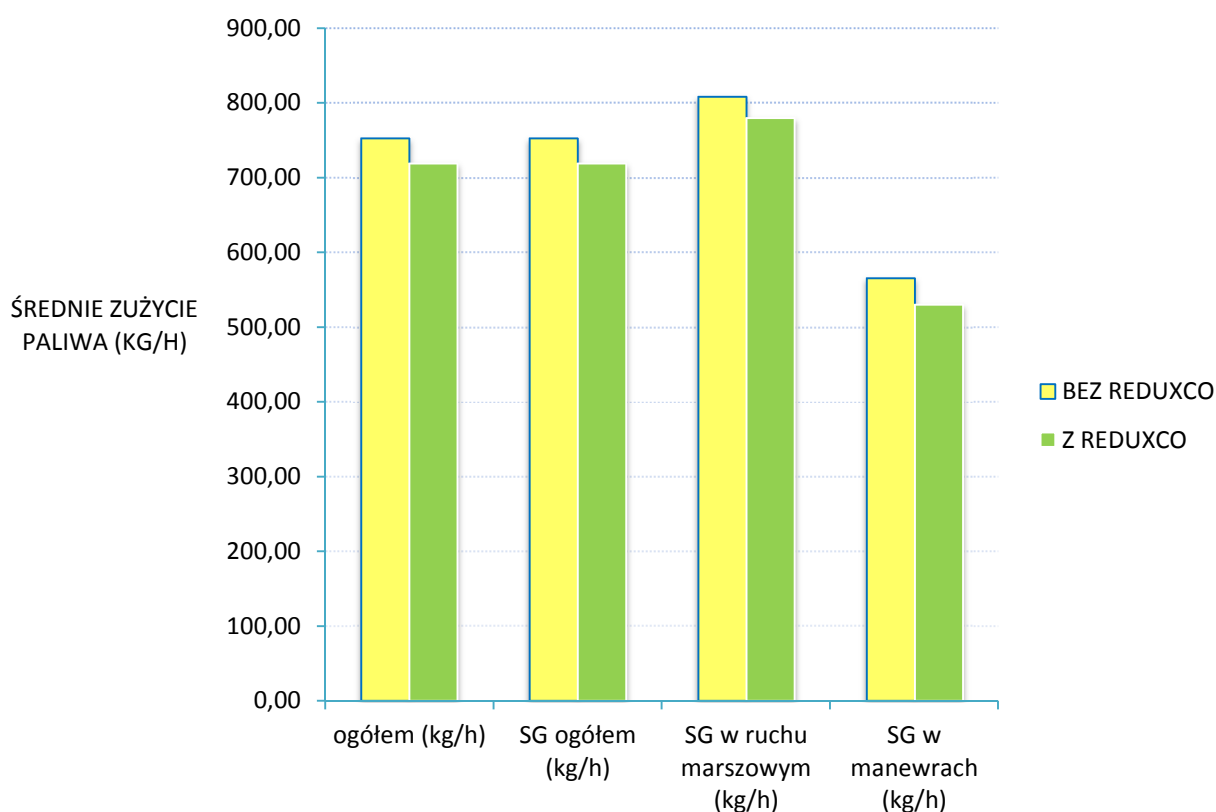
ZESTAWIENIE WYNIKÓW SPADKU ZUŻYCIA PALIWA W % DLA ANALIZY PORÓWNAWCZEJ OGÓLNEJ

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-4,45%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-3,50%	SG w manewrach (kg/h)	-6,22%	Paliwo ogółem (kg/h)	-4,45%	Obroty silnika	-0,38%
--	------------------	--------	-----------------------------	---------------	-----------------------	--------	----------------------	---------------	----------------	--------

Jak wykazano w powyższym zestawieniu zużycie paliwa przez silnik główny jest niższe w okresie używania katalizatora REDUXCO® o ok. **4,45%**. Zużycie spada zarówno podczas manewrów o **6,22%** jak i co najważniejsze podczas ruchu marszowego statków o **3,5%**, co jest istotne ze względu na znaczny udział zużycia paliwa ogółem w warunkach morskich. W analizie ogólnej nie korzystaliśmy z czynnika kompensacyjnego, ponieważ wszystkie średnie wskazania z danych silnika, tzn. średnie obroty, średnia prędkość względna jednostek oraz średnie obciążenie silnika (W_0) są na przybliżonym poziomie.

Ze względu na brak danych do porównania średniego wskaźnika obciążenia (W_0) z jednostki m/s ISADORA, do jego określenia zostały wykorzystane dane z pozostałych czterech jednostek.

W analizie ogólnej ujęte są wszystkie dostępne dane z przedziałów czasowych dla 5 opisanych wyżej jednostek, bez względu na warunki pracy oraz wskaźniki eksploatacji jednostek napędowych. Ze względu na brak danych w badaniu nie ujęto: raporty nr 184, 185 z m/s ISA, raport nr 165 z m/s IRYDA, raport nr 176 z m/s ISADORA a także pominięto w zestawieniach raporty z pobytu w stocznich.



Wyk. 1. Wykres spadku zużycia paliwa w % dla analizy porównawczej ogólnej

4.2. Analiza porównawcza poszczególnych jednostek biorących udział w badaniu.

m/s IRYDA

Analiza jednostki m/s IRYDA wskazuje jednoznacznie na spore korzyści wynikające z użycia katalizatora REDUXCO®. Podczas jego stosowania spadło zarówno zużycie paliwa ogółem, jak i podczas ruchu marszowego i manewrowego. Zwiększona różnica w zużyciu paliwa podczas manewrów, może wynikać z kilkudniowej podróży morskiej odbytej w trybie manewrowym w początkowym okresie badania (rejs nr 150 z Burns Harbour do Goderich).

Tabela 2. Analiza porównawcza ogólna m/s IRYDA

Termin rejsu	DANE SILNIKA			SILNIK GŁÓWNY						WARTOŚCI CAŁKOWITE		ŚREDNIE ZUŻYCIE PALIWA			
	średnie obroty	średnia prędkość	średni W_o	godziny pracy w trybie marszowym	godziny pracy w trybie manewrowym	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa w trybie marszowym	zużycie paliwa w trybie manewrowym	zużycie paliwa łącznie	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa łącznie	ogółem (kg/h)	SG ogółem (kg/h)	SG w ruchu marszowym (kg/h)	SG w manewrach (kg/h)
12.06 - 12.07.2012	120,53	12,81	56,67	255,0	142,5	398	260 270	89 150	349 420	398	349 420	879,04	879,04	1020,67	625,61
12.07-09.08.2012	113,19	12,39	50,71	291,0	157,0	448	253 410	103 980	357 390	448	357 390	797,75	797,75	870,82	662,29
03.09-11.10.2012	111,30	12,04	48,50	291,5	191,0	483	243 790	117 970	361 760	483	361 760	749,76	749,76	836,33	617,64
10.11-07.12.2012	111,22	12,03	47,25	259,0	143,0	402	210 260	84 290	294 550	402	294 550	732,71	732,71	811,81	589,44
07.12-31.12.2012	105,60	11,14	41,56	159,5	29,0	189	112 580	10 800	123 380	189	123 380	654,54	654,54	705,83	372,41
01.01-12.01.2013	-	-	-	0	3,0	3	0	460	460	3	460	153,33	153,33	-	153,33
12.01-27.02.2013	115,64	13,03	50,47	655,5	50,5	706	591 420	19 700	611 120	706	611 120	865,61	865,61	902,24	390,10
27.02-08.04.2013	111,99	11,52	-	291,5	61,5	353	223 140	27 080	250 220	353	250 220	708,84	708,84	765,49	440,33
08.04-06.05.2013	108,51	10,36	-	171,0	20,5	192	124 130	9 060	133 190	192	133 190	695,51	695,51	725,91	441,95
06.05-30.05.2013	115,86	12,29	-	176,5	13,5	190	155 550	2 900	158 450	190	158 450	833,95	833,95	881,30	214,81
11.06-11.07.2013	110,69	11,70	46,45	271,0	175,0	446	212 721	99 956	312 677	446	312 677	701,07	701,07	784,95	571,18
12.07-31.07.2013	110,94	12,84	45,20	202,5	131,0	334	158 920	72 460	231 380	334	231 380	693,79	693,79	784,79	553,13
31.07-04.09.2013	108,11	12,31	45,27	313,5	166,0	480	242 305	89 413	331 718	480	331 718	691,80	691,80	772,90	538,63
04.09-10.10.2013	109,03	12,72	43,29	372,0	196,5	569	305 380	120 102	425 482	569	425 482	748,43	748,43	820,91	611,21
29.10-02.12.2013	109,13	10,81	44,75	269,0	222,0	491	190 832	106 654	297 486	491	297 486	605,88	605,88	709,41	480,42
02.12-31.12.2013	106,88	12,25	42,64	310,0	247,0	557	219 844	117 213	337 057	557	337 057	605,13	605,13	709,17	474,55
BEZ REDUXCO®	112,28	12,30	47,23	1 884	1 106	2 989	1 581 676	657 219	2 238 895	2 989	2 238 895	749,04	749,04	839,75	594,50
Z REDUXCO®	110,46	11,86	44,54	2 500	863	3 362	1 999 580	418 519	2 418 099	3 362	2 418 099	719,24	719,24	799,99	485,24

ZESTAWIENIE WYNIKÓW SPADKU ZUŻYCIA PALIWA W % DLA M/S IRYDA

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-3,98%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-4,73%	SG w manewrach (kg/h)	-18,38%	Paliwo ogółem (kg/h)	-3,98%	Obroty silnika	-1,62%
--	-------------------------	---------------	------------------------------------	---------------	------------------------------	----------------	-----------------------------	---------------	-----------------------	---------------

m/s IRMA

Jak widać zarówno zużycie paliwa ogółem jak i w trybie marszowym uległo obniżeniu. Niewielki wzrost zużycia paliwa w trybie marszowym może wynikać z charakterystyki rejsów w okresie użytkowania katalizatora, podczas których część faktycznej podróży „w morzu” odbyła się w trybie manewrowym wg informacji z raportów – np. rejs nr 156 z Thunder Bay do Casablanki.

Tabela 3. Analiza porównawcza ogólna m/s IRMA

Termin rejsu	DANE SILNIKA			SILNIK GŁÓWNY						WARTOŚCI CAŁKOWITE		ŚREDNIE ZUŻYCIE PALIWA			
	średnie obroty	średnia prędkość	średni W_0	godziny pracy w trybie marszowym	godziny pracy w trybie manewrowym	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa w trybie marszowym	zużycie paliwa w trybie manewrowym	zużycie paliwa łącznie	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa łącznie	ogółem (kg/h)	SG ogółem (kg/h)	SG w ruchu marszowym (kg/h)	SG w manewrach (kg/h)
17.05-16.06.2012	116,95	13,23	51,32	400,5	124,5	525	358 500	70 950	429 450	525	429 450	818,00	818,00	895,13	569,88
18.06 - 18.07.2012	113,48	13,11	48,45	504,0	56,5	561	398 300	26 767	425 067	561	425 067	758,37	758,37	790,28	473,75
18.07-03.09.2012	115,03	12,10	48,83	541,0	37,3	578	462 200	13 700	475 900	578	475 900	822,93	822,93	854,34	367,29
03.09-11.10.2012	114,82	12,15	48,22	505,0	89,0	594	416 500	48 800	465 300	594	465 300	783,33	783,33	824,75	548,31
15.11-16.12.2012	119,42	13,23	54,00	465,5	93,0	559	432 993	53 882	486 875	559	486 875	871,75	871,75	930,17	579,38
16.12-31.12.2012	115,26	12,50	46,90	206,5	99,0	306	172 200	60 400	232 600	306	232 600	761,37	761,37	833,90	610,10
31.12.12-10.01.2013	113,77	12,60	45,00	53,0	13,0	66	43 100	8 100	51 200	66	51 200	775,76	775,76	813,21	623,08
10.01-04.02.2013	110,53	11,93	43,00	132,0	56,5	189	97 800	13 700	111 500	189	111 500	591,51	591,51	740,91	242,48
04.02-27.02.2013	113,76	11,84	43,36	210,0	46,5	257	168 000	20 147	188 147	257	188 147	733,52	733,52	800,00	433,27
23.03-24.04.2013	108,75	11,44	41,81	327,5	148,0	476	243 000	91 400	334 400	476	334 400	703,26	703,26	741,98	617,57
24.04-07.06.2013	107,46	13,67	51,89	214,0	186,0	400	220 000	110 300	330 300	400	330 300	825,75	825,75	1028,04	593,01
07.06-26.06.2013	107,83	11,38	45,40	117,0	17,0	134	90 200	6 900	97 100	134	97 100	724,63	724,63	770,94	405,88
26.06-24.07.2013	168,59	12,59	47,27	243,0	167,5	411	199 400	102 580	301 980	411	301 980	735,64	735,64	820,58	612,42
24.07-30.08.2013	110,01	13,07	44,36	225,5	184,5	410	167 393	96 503	263 896	410	263 896	643,65	643,65	742,32	523,05
30.08-22.09.2013	115,92	13,13	49,94	343,5	15,5	359	309 270	4 800	314 070	359	314 070	874,85	874,85	900,35	309,68
22.09 - 09.10.2013	109,62	12,31	43,10	192,0	28,0	220	120 400	9 400	129 800	220	129 800	590,00	590,00	627,08	335,71
09.10-09.11.2013	106,38	12,37	41,82	240,8	159,5	400	178 300	96 900	275 200	400	275 200	687,48	687,48	740,45	607,52
09.11-17.12.2013	106,91	11,48	44,59	354,0	204,5	559	267 800	122 200	390 000	559	390 000	698,30	698,30	756,50	597,56
17.12.2013-01.01.2014	109,66	10,84	45,00	154,0	5,5	160	112 500	2 100	114 600	160	114 600	718,50	718,50	730,52	381,82
01.01-08.01.2014	111,34	12,90	45,40	107,0	8,0	115	82 300	3 200	85 500	115	85 500	743,48	743,48	769,16	400,00
08.01-20.01.2014	109,27	12,65	45,50	165,5	13,0	179	123 300	6 500	129 800	179	129 800	727,17	727,17	745,02	500,00
20.01-19.02.2014	109,53	11,20	44,55	503,5	18,5	522	373 500	7 100	380 600	522	380 600	729,12	729,12	741,81	383,78
BEZ REDUXCO®	114,18	12,41	47,09	3 345	763	4 108	2 792 593	407 846	3 200 439	4 108	3 200 439	779,02	779,02	834,86	534,32
Z REDUXCO®	114,38	12,30	45,73	2 860	1 008	3 867	2 244 363	568 483	2 812 846	3 867	2 812 846	727,34	727,34	784,80	564,25

ZESTAWIENIE WYNIKÓW SPADKU ZUŻYCIA PALIWA W % DLA M/S IRMA

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-6,63%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-6,00%	SG w manewrach (kg/h)	-5,60%	Paliwo ogółem (kg/h)	-6,63%	Obroty silnika	0,17%
--	-------------------------	---------------	------------------------------------	---------------	------------------------------	---------------	-----------------------------	---------------	-----------------------	--------------

m/s ISA

Analiza porównawcza wykazuje również obniżone zużycie godzinowe paliwa przez silnik główny, na poziomie 2,87%. Niewielki spadek i wzrost w poszczególnych trybach może wynikać z charakterystyki rejsów wykonywanych przez m/s ISA podczas badanego okresu z użyciem REDUXCO®, które odbywały się przy znacząco wyższym średnim wskaźniku obciążenia W_0 .

Tabela 4. Analiza porównawcza ogólna m/s ISA

Termin rejsu	DANE SILNIKA			SILNIK GŁÓWNY						WARTOŚCI CAŁKOWITE		ŚREDNIE ZUŻYCIE PALIWA			
	średnie obroty	średnia prędkość	średni W_0	godziny pracy w trybie marszowym	godziny pracy w trybie manewrowym	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa w trybie marszowym	zużycie paliwa w trybie manewrowym	zużycie paliwa łącznie	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa łącznie	ogółem (kg/h)	SG ogółem (kg/h)	SG w ruchu marszowym (kg/h)	SG w manewrach (kg/h)
01.05-29.06.2012	110,53	15,69	45,00	621,5	92,5	714	377 600	64 400	442 000	714	442 000	619,05	619,05	607,56	696,22
11.07-16.08.2012	107,28	12,25	44,38	317,0	41,5	359	220 664	22 860	243 524	359	243 524	679,29	679,29	696,10	550,84
16.08-27.09.2012	107,22	12,25	-	477,0	71,5	549	342 553	22 889	365 442	549	365 442	666,26	666,26	718,14	320,13
27.09-01.11.2012	106,63	-	42,75	346,5	141,0	488	258 794	91 877	350 671	488	350 671	719,33	719,33	746,88	651,61
01.11-29.11.2012	107,26	13,04	37,88	353,0	78,5	432	235 700	35 700	271 400	432	271 400	628,97	628,97	667,71	454,78
29.11-29.12.2012	119,25	13,58	49,40	423,5	12,0	436	414 160	3 800	417 960	436	417 960	959,72	959,72	977,95	316,67
29.12-31.12.2012	-	-	-	0	6,0	6	0	3 550	3 550	6	3 550	591,67	591,67	-	591,67
01.01-28.02.2013	111,12	12,87	43,08	481,5	56,0	538	403 945	19 126	423 071	538	423 071	787,11	787,11	838,93	341,54
28.02-02.04.2013	105,41	12,51	40,85	394,5	129,0	524	293 200	66 200	359 400	524	359 400	686,53	686,53	743,22	513,18
02.04-30.04.2013	101,80	11,97	37,09	250,0	201,0	451	157 200	110 600	267 800	451	267 800	593,79	593,79	628,80	550,25
30.04-03.06.2013	107,42	11,84	39,57	275,0	162,0	437	204 300	83 600	287 900	437	287 900	658,81	658,81	742,91	516,05
03.06-25.07.2013	106,53	12,81	-	362,5	201,5	564	258 500	134 500	393 000	564	393 000	696,81	696,81	713,10	667,49
25.07-21.08.2013	108,71	12,37	-	379,5	73,5	453	274 000	27 700	301 700	453	301 700	666,00	666,00	722,00	376,87
21.08-24.09.2013	109,00	12,50	-	253,0	177,0	430	201 700	100 900	302 600	430	302 600	703,72	703,72	797,23	570,06
24.09-11.11.2013	108,88	12,34	-	345,0	209,0	554	247 600	108 200	355 800	554	355 800	642,24	642,24	717,68	517,70
BEZ REDUXCO®	107,17	12,77	41,82	3 940	991	4 931	2 908 116	524 602	3 432 718	4 931	3 432 718	696,22	696,22	738,19	529,37
Z REDUXCO®	109,94	12,77	43,64	1 340	661	2 001	981 800	371 300	1 353 100	2 001	1 353 100	676,21	676,21	732,69	561,72

ZESTAWIENIE WYNIKÓW SPADKU ZUŻYCIA PALIWA W % DLA M/S ISA

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-2,87%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-0,75%	SG w manewrach (kg/h)	-6,11%	Paliwo ogółem (kg/h)	-2,87%	Obroty silnika	2,58%
--	-------------------------	---------------	------------------------------------	---------------	------------------------------	---------------	-----------------------------	---------------	-----------------------	--------------

m/s ISOLDA

Na jednostce m/s ISOLDA stosowanie katalizatora REDUXCO® przyczyniło się do znacznej poprawy efektywności działania silnika głównego, którego spalanie spadło o 4,48%. Zużycie paliwa obniżyło się także zarówno w trybie manewrowym jak i marszowym.

Tabela 5. Analiza porównawcza ogólna m/s ISOLDA

Termin rejsu	DANE SILNIKA			SILNIK GŁÓWNY						WARTOŚCI CAŁKOWITE		ŚREDNIE ZUŻYCIE PALIWA			
	średnie obroty	średnia prędkość	średni Wo	godziny pracy w trybie marszowym	godziny pracy w trybie manewrowym	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa w trybie marszowym	zużycie paliwa w trybie manewrowym	zużycie paliwa łącznie	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa łącznie	ogółem (kg/h)	SG ogółem (kg/h)	SG w ruchu marszowym (kg/h)	SG w manewrach (kg/h)
14.05-11.07.2012	114,35	13,37	-	339,5	178,5	518	280 235	104 070	384 305	518	384 305	741,90	741,90	825,43	583,03
11.07-31.07.2012	117,47	12,82	47,20	223,0	140,0	363	198 450	83 620	282 070	363	282 070	777,05	777,05	889,91	597,29
31.07-11.11.2012	113,78	12,80	48,33	622,5	45,5	668	504 100	12 853	516 953	668	516 953	773,88	773,88	809,80	282,48
11.11-21.12.2012	109,92	11,31	48,67	378,0	20,0	398	308 300	6 000	314 300	398	314 300	789,70	789,70	815,61	300,00
21.12-31.12.2012	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
01.01-16.02.2013	113,23	12,38	51,28	633,0	22,5	656	520 000	10 600	530 600	656	530 600	809,46	809,46	821,48	471,11
16.02-11.03.2013	119,73	13,14	56,79	285,5	20,5	306	283 200	11 600	294 800	306	294 800	963,40	963,40	991,94	565,85
11.03-04.05.2013	109,94	12,49	45,79	590,5	80,5	671	449 800	51 200	501 000	671	501 000	746,65	746,65	761,73	636,02
04.05-25.05.2013	119,02	13,46	53,70	175,0	97,5	273	168 800	56 100	224 900	273	224 900	825,32	825,32	964,57	575,38
25.05-05.07.2013	113,18	13,10	54,44	418,0	28,0	446	392 400	6 200	398 600	446	398 600	893,72	893,72	938,76	221,43
05.07-24.08.2013	115,98	13,07	51,04	586,5	25,5	612	528 400	7 800	536 200	612	536 200	876,14	876,14	900,94	305,88
24.08-18.09.2013	110,19	13,35	43,33	291,5	79,0	371	226 300	53 800	280 100	371	280 100	756,01	756,01	776,33	681,01
18.09-17.10.2013	110,46	13,43	45,75	441,0	36,0	477	357 000	15 600	372 600	477	372 600	781,13	781,13	809,52	433,33
17.10-02.11.2013	108,48	12,68	45,15	258,5	13,0	272	190 100	4 000	194 100	272	194 100	714,92	714,92	735,40	307,69
03.11-19.11.2013	108,85	12,26	47,90	206,0	10,5	217	155 700	3 600	159 300	217	159 300	735,80	735,80	755,83	342,86
19.11-31.12.2013	110,85	11,96	49,35	447,5	320,5	768	331 800	143 100	474 900	768	474 900	618,36	618,36	741,45	446,49
BEZ REDUXCO®	114,75	12,64	48,87	2 482	427	2 909	2 094 285	228 743	2 323 028	2 909	2 323 028	798,70	798,70	843,96	535,70
Z REDUXCO®	111,88	12,87	49,32	3 415	691	4 105	2 800 300	341 400	3 141 700	4 105	3 141 700	765,33	765,33	820,12	494,42

ZESTAWIENIE WYNIKÓW SPADKU ZUŻYCIA PALIWA W % DLA M/S ISOLDA

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-4,18%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-2,82%	SG w manewrach (kg/h)	-7,70%	Paliwo ogółem (kg/h)	-4,18%	Obroty silnika	-2,50%
--	-------------------------	---------------	------------------------------------	---------------	------------------------------	---------------	-----------------------------	---------------	-----------------------	---------------

m/s ISADORA

W badanym okresie z wykorzystaniem katalizatora REDUXCO® zużycie paliwa przez silnik główny uległo bardzo dużej poprawie. Różnica w stosunku do okresu bez REDUXCO® wynosi aż 11,78%, a w poszczególnych trybach również utrzymuje wysoką ponad 10 procentową różnicę. Niestety ze względu na brak danych nie jesteśmy w stanie określić, czy i jaki udział w spadku spalania miało obciążenie silnika, jednak nie ma istotnej różnicy w średnich obrotach oraz średniej prędkości względnej.

Tabela 6. Analiza porównawcza ogólna m/s ISADORA

Termin rejsu	DANE SILNIKA			SILNIK GŁÓWNY						WARTOŚCI CAŁKOWITE		ŚREDNIE ZUŻYCIE PALIWA			
	średnie obroty	średnia prędkość	średni W_0	godziny pracy w trybie marszowym	godziny pracy w trybie manewrowym	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa w trybie marszowym	zużycie paliwa w trybie manewrowym	zużycie paliwa łącznie	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa łącznie	ogółem (kg/h)	SG ogółem (kg/h)	SG w ruchu marszowym (kg/h)	SG w manewrach (kg/h)
10.04-21.05.2012	120,10	12,65	-	372,0	198,0	570	355 600	136 700	492 300	570	492 300	863,68	863,68	955,91	690,40
27.07-28.08.2012	113,64	12,79	-	290,0	157,5	448	235 800	103 800	339 600	448	339 600	758,88	758,88	813,10	659,05
28.08-01.10.2012	111,67	11,83	-	262,5	185,0	448	174 600	103 800	278 400	448	278 400	622,12	622,12	665,14	561,08
02.10-28.10.2012	112,20	11,95	-	443,0	23,5	467	305 400	11 700	317 100	467	317 100	679,74	679,74	689,39	497,87
28.10-04.12.2012	109,43	11,39	-	337,0	161,0	498	239 200	101 100	340 300	498	340 300	683,33	683,33	709,79	627,95
04.12-31.12.2012	108,93	12,94	-	405,0	152,0	557	291 700	74 600	366 300	557	366 300	657,63	657,63	720,25	490,79
01.01-22.02.2013	110,10	12,06	-	458,0	46,0	504	390 200	23 700	413 900	504	413 900	821,23	821,23	851,97	515,22
22.02-28.03.2013	111,44	12,55	-	308,5	105,5	414	252 300	53 300	305 600	414	305 600	738,16	738,16	817,83	505,21
28.03-29.05.2013	112,00	11,71	-	293,5	230,5	524	218 000	135 100	353 100	524	353 100	673,85	673,85	742,76	586,12
29.05-24.08.2013	112,50	12,71	-	546,0	54,0	600	492 900	26 479	519 379	600	519 379	865,63	865,63	902,75	490,35
24.08-13.09.2013	118,95	13,44	49,92	280,0	42,5	323	259 530	25 850	285 380	323	285 380	884,90	884,90	926,89	608,24
24.10-03.12.2013	137,83	11,34	-	607,5	90,5	698	380 000	54 000	434 000	698	434 000	621,78	621,78	625,51	596,69
03.12-31.12.2013	106,58	10,67	-	259,0	228,3	487	155 500	116 800	272 300	487	272 300	558,79	558,79	600,39	511,61
BEZ REDUXCO®	114,44	12,44	49,92	2 487	891	3 378	2 041 830	543 429	2 585 259	3 378	2 585 259	765,32	765,32	821,00	609,91
Z REDUXCO®	114,05	11,82	-	2 375	783	3 158	1 708 900	423 500	2 132 400	3 158	2 132 400	675,17	675,17	719,54	540,66
ZESTAWIENIE WYNIKÓW SPADKU ZUŻYCIA PALIWA W % DLA M/S ISADORA															
SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-11,78%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-12,36%	SG w manewrach (kg/h)	-11,35%	Paliwo ogółem (kg/h)	-11,78%	Obroty silnika	-0,34%					

4.3. Analiza porównawcza dla wszystkich okresów przy średnim obciążeniu (W_0) w przedziale od 44 do 48.

Do przygotowania niniejszej analizy wykorzystano dane z raportów eksploatacyjnych standardowo przygotowywanych przez załogę statku obsługującą siłownię. Posłużono się informacjami z jednostek: m/s IRMA, m/s IRYDA i m/s ISOLDA. Ze względu na brak danych w analizie tej nie wzięła udziału jednostka m/s ISADORA, natomiast na m/s ISA w całym badanym okresie odnotowano wskazania obciążenia silnika (W_0) na poziomie poniżej lub powyżej zadanego przedziału.

Celem tego badania była bardziej szczegółowa analiza ekonomiki pracy silnika głównego oraz dokładniejsze porównanie pracy silnika bez oraz podczas stosowania katalizatora REDUXCO®. Zawężenie przedziału obciążenia silnika ma na celu wykorzystanie do tej części analizy wycinków czasowych ze wszystkich badanych okresów, w których silnik pracował w podobnych warunkach i przy zbliżonych parametrach.

Tabela 7. Analiza z uwzględnieniem wskaźnika obciążenia

Jednostka	DANE SILNIKA			SILNIK GŁÓWNY						WARTOŚCI CAŁKOWITE		ŚREDNIE ZUŻYCIE PALIWA			
	średnie obroty	średnia prędkość	średni W_0	godziny pracy w trybie marszowym	godziny pracy w trybie manewrowym	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa w trybie marszowym	zużycie paliwa w trybie manewrowym	zużycie paliwa łącznie	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa łącznie	ogółem (kg/h)	SG ogółem (kg/h)	SG w ruchu marszowym (kg/h)	SG w manewrach (kg/h)
Iryda	111,07	12,39	46,81	1 118,0	54,0	1 172	895 266	29 239	924 505	1 172	924 505	788,83	788,83	800,77	541,46
Irma	114,59	12,34	46,02	1 488,0	74,3	1 562	1 231 800	37 347	1 269 147	1 562	1 269 147	812,36	812,36	827,82	502,65
Isa	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Isolda	112,78	12,32	47,57	617,0	24,0	641	509 550	12 800	522 350	641	522 350	814,90	814,90	825,85	533,33
Isadora	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Iryda	109,86	12,35	45,00	920,0	40,0	960	717 942	13 464	731 406	960	731 406	761,88	761,88	780,37	336,60
Irma	110,68	12,11	45,36	1 799,5	84,5	1 884	1 359 593	39 680	1 399 273	1 884	1 399 273	742,71	742,71	755,54	469,59
Isa	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Isolda	109,51	12,61	45,87	1 986,0	65,0	2 051	1 521 400	28 500	1 549 900	2 051	1 549 900	755,68	755,68	766,06	438,46
Isadora	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-

BEZ REDUXCO®	112,81	12,35	46,80	3 223	152	3 375	2 636 616	79 386	2 716 002	3 375	2 716 002	804,67	804,67	818,06	521,25
Z REDUXCO®	110,02	12,36	45,41	4 706	190	4 895	3 598 935	81 644	3 680 579	4 895	3 680 579	751,91	751,91	764,84	430,84

WYNIKI PO ZASTOSOWANIU WSPÓŁCZYNNIKA KOMPENSACYJNEGO

1,0307	113,37	12,73	46,80	4 706	190	4 895	3 709 422	84 150	3 793 573	4 895	3 793 573	774,99	774,99	788,32	444,07
--------	--------	-------	-------	-------	-----	-------	-----------	--------	-----------	-------	-----------	--------	--------	--------	--------

ZESTAWIENIE WYNIKÓW SPADKU ZUŻYCIA PALIWA W % DLA OBCIĄŻENIA W_0 W PRZEDZIALE OD 44 DO 48

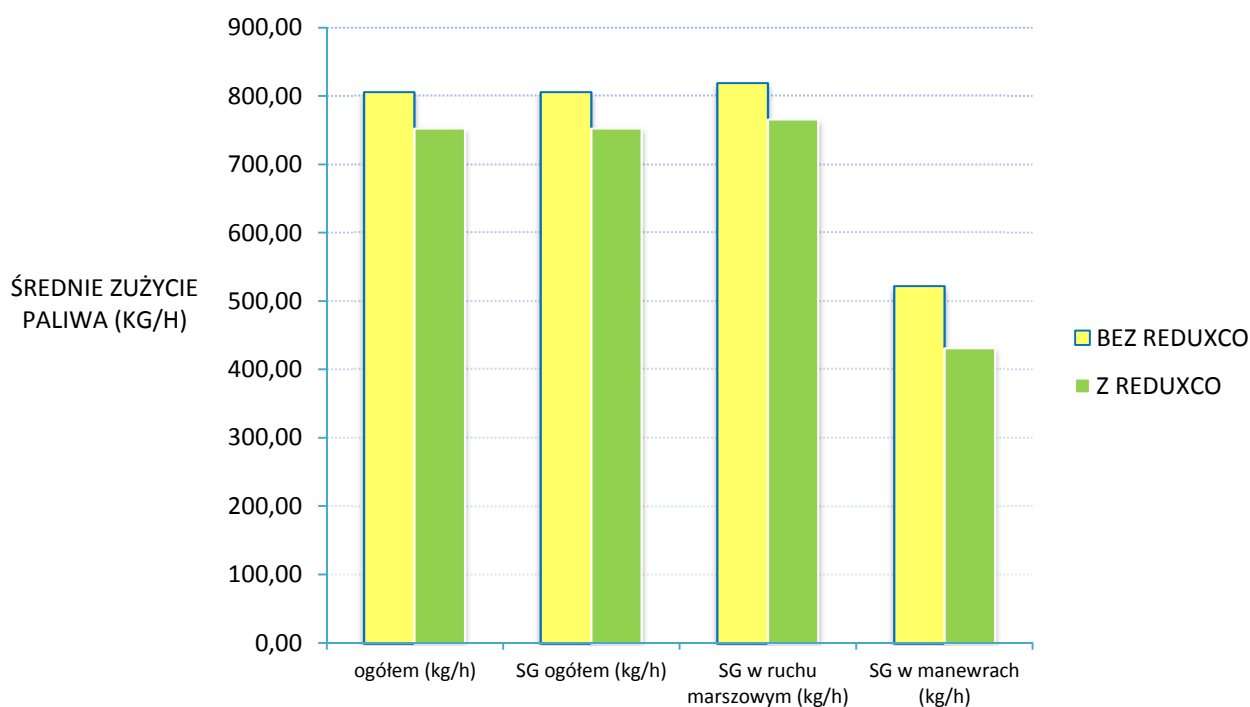
SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-6,56%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-6,51%	SG w manewrach (kg/h)	-17,34%	Paliwo ogółem (kg/h)	-6,56%	Obroty silnika	-2,48%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	---------------	-----------------------	---------	----------------------	---------------	----------------	--------

WYNIKI PO ZASTOSOWANIU WSPÓŁCZYNNIKA KOMPENSACYJNEGO

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-3,69%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-3,64%	SG w manewrach (kg/h)	-14,81%	Paliwo ogółem (kg/h)	-3,69%	Obroty silnika	-0,50%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	---------------	-----------------------	---------	----------------------	---------------	----------------	--------

Wyniki niniejszej analizy jednoznacznie wykazują korzyści z używania katalizatora REDUXCO® – średnie zużycie paliwa przez silnik główny ogółem w porównywalnych warunkach wynosi aż **6,56%**. Spadek zużycia widać także przy podziale na ruch marszowy i manewrowy, w których odpowiednio wynosi on 6,51% oraz 17,34%.

W związku z tym, że pomimo zawężenia przedziału obciążenia silnika w okresie bez REDUXCO®, średnia wartość tego wskaźnika dla trzech badanych jednostek jest nieco wyższa od okresu w trakcie użytkowania REDUXCO®, wykorzystaliśmy współczynnik kompensacyjny, który zwiększa ilość użytego paliwa proporcjonalnie do różnicy średnich wskaźników obciążenia. W tym przypadku można uznać, że silnik główny pracował w identycznym obciążeniu w badanym okresie zarówno bez jak i podczas użytkowania katalizatora. Różnica w spalaniu paliwa przez jednostkę napędową wynosi 3,69% i należy przyjąć, że jest to minimalny wskaźnik oszczędności na paliwie dla silnika głównego przy używaniu katalizatora REDUXCO®, tzn. że w takich samych warunkach pracy silnika zużycie paliwa będzie mniejsze o co najmniej **3,69%**. Wynik ten potwierdza także badanie wykonane przez St. Mech. Waldemara Zielińskiego na jednostce m/s ISA w dniach 31.12.2013 do 11.01.2014.



Wyk. 2 Wykres spadku zużycia paliwa w % dla analizy przy obciążeniach W_0 w przedziale od 44 do 48

4.4. Analiza porównawcza dla wszystkich okresów przy średnim obciążeniu (W_0) w przedziale od 44 do 48 bez skrajnych wartości.

Ze względu na istniejącą różnicę w średnim obciążeniu silnika w dalszych badaniach z poprzedniej analizy zostały odjęte wyniki z najwyższą oraz najniższą jego wartością. Wyniki nadal wskazują na oszczędności w spalaniu ogółem, w marszu i podczas manewrów na poziomie odpowiednio 6,58%, 6,76% oraz 12,13%. Po ponownym zastosowaniu współczynnika kompensacyjnego wartości te wynoszą 4,81%, 4,99% oraz 10,46%. Udowadnia to korzystne oddziaływanie katalizatora REDUXCO® na efektywność pracy silnika.

Tabela 8. Analiza z uwzględnieniem wskaźnika obciążenia bez skrajnych wartości

Jednostka	DANE SILNIKA			SILNIK GŁÓWNY						WARTOŚCI CAŁKOWITE		ŚREDNIE ZUŻYCIE PALIWA			
	średnie obroty	średnia prędkość	średni W_0	godziny pracy w trybie marszowym	godziny pracy w trybie manewrowym	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa w trybie marszowym	zużycie paliwa w trybie manewrowym	zużycie paliwa łącznie	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa łącznie	ogółem (kg/h)	SG ogółem (kg/h)	SG w ruchu marszowym (kg/h)	SG w manewrach (kg/h)
Iryda	111,07	12,39	46,81	1 118,0	54,0	1 172	895 266	29 239	924 505	1 172	924 505	788,83	788,83	800,77	541,46
Irma	114,59	12,34	46,02	1 488,0	74,3	1 562	1 231 800	37 347	1 269 147	1 562	1 269 147	812,36	812,36	827,82	502,65
Isa	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Isolda	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Isadora	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Iryda	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Irma	110,68	12,11	45,36	1 799,5	84,5	1 884	1 359 593	39 680	1 399 273	1 884	1 399 273	742,71	742,71	755,54	469,59
Isa	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Isolda	109,51	12,61	45,87	1 986,0	65,0	2 051	1 521 400	28 500	1 549 900	2 051	1 549 900	755,68	755,68	766,06	438,46
Isadora	-	-	-	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-

BEZ REDUXCO®	112,83	12,37	46,42	2 606	128	2 734	2 127 066	66 586	2 193 652	2 734	2 193 652	802,27	802,27	816,22	518,99
Z REDUXCO®	110,09	12,36	45,62	3 786	150	3 935	2 880 993	68 180	2 949 173	3 935	2 949 173	749,47	749,47	761,06	456,05

WYNIKI PO ZASTOSOWANIU WSPÓŁCZYNNIKA KOMPENSACYJNEGO

1,0307	113,45	12,74	46,48	3 786	150	3 935	2 935 732	69 475	3 005 207	3 935	3 005 207	763,71	763,71	775,52	464,72
--------	--------	-------	-------	-------	-----	-------	-----------	--------	-----------	-------	-----------	--------	--------	--------	--------

ZESTAWIENIE WYNIKÓW SPADKU ZUŻYCIA PALIWA W % DLA OBCIĄŻENIA W_0 W PRZEDZIALE OD 44 DO 48 BEZ SKRAJNYCH WARTOŚCI

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-6,58%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-6,76%	SG w manewrach (kg/h)	-12,13%	Paliwo ogółem (kg/h)	-6,58%	Obroty silnika	-2,43%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	--------	-----------------------	---------	----------------------	--------	----------------	--------

WYNIKI PO ZASTOSOWANIU WSPÓŁCZYNNIKA KOMPENSACYJNEGO

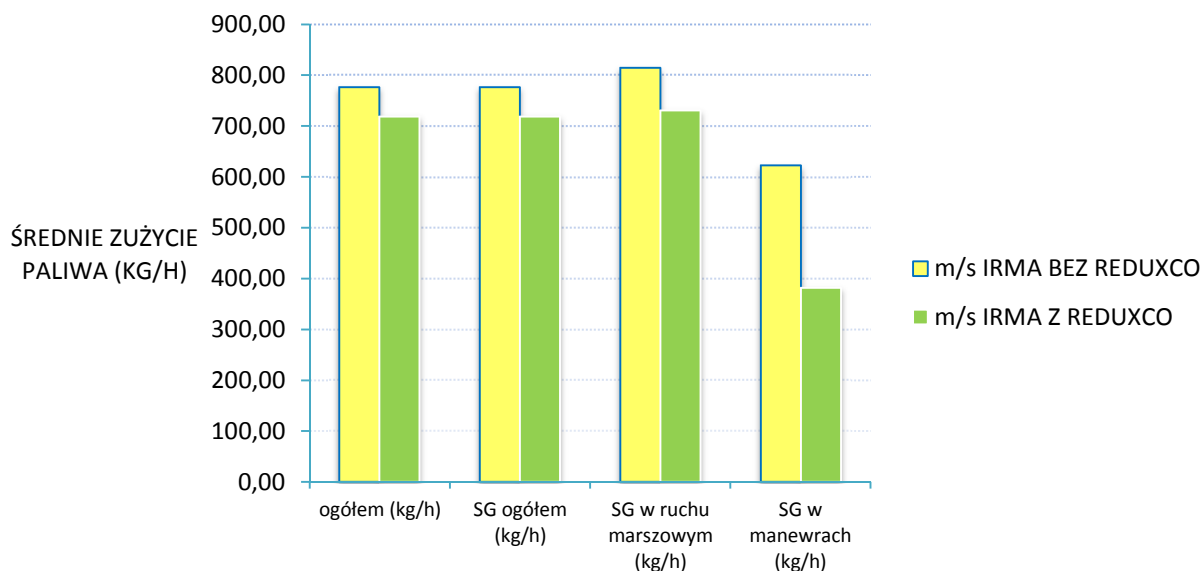
SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-4,81%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-4,99%	SG w manewrach (kg/h)	-10,46%	Paliwo ogółem (kg/h)	-4,81%	Obroty silnika	0,55%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	--------	-----------------------	---------	----------------------	--------	----------------	-------

4.5. Analiza porównawcza rejsów o przybliżonym wskaźniku obciążenia silnika (W_0).

Do niniejszej części badania wykorzystano dane z raportów eksploatacyjnych siłowni standardowo przygotowywanych przez załogę statku. Analiza ta miała na celu sprawdzenie, czy możliwe jest odnotowanie w krótkich odcinkach czasowych działania katalizatora REDUXCO®.

Do analizy pierwszej wykorzystano dane z jednostki m/s IRMA z następujących podróży:

1. Rejs nr 152B w dniach od 31.12.2012 do 10.01.2013 – rejs bez katalizatora REDUXCO®
2. Rejs nr 164A w dniach od 17.12.2013 do 01.01.2014 – rejs z katalizatorem REDUXCO®.

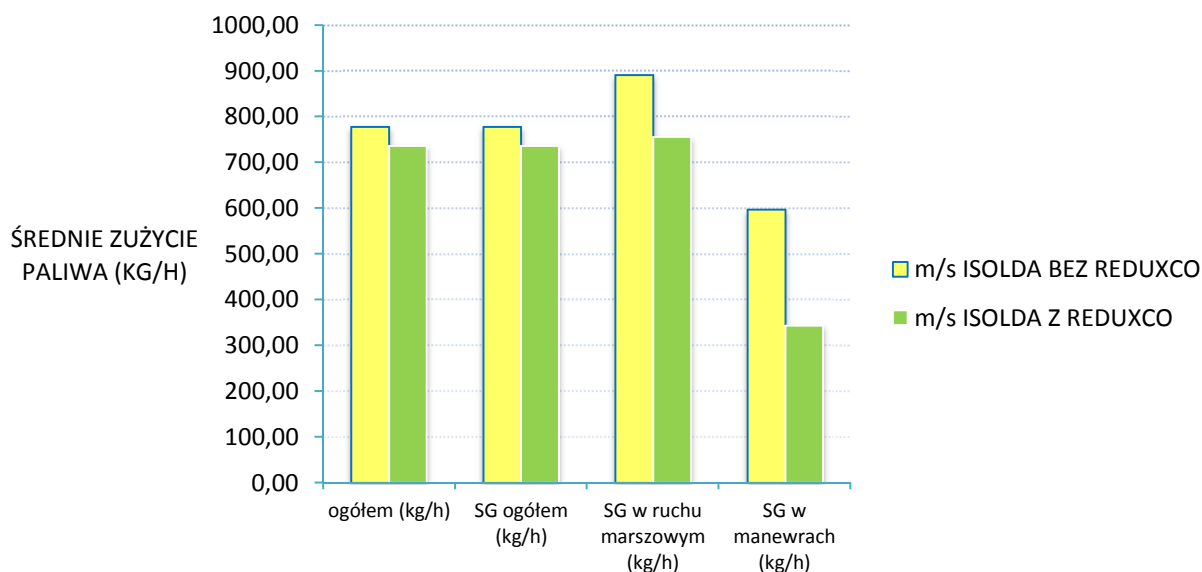


Wyk.3 Wykres spadku zużycia paliwa w % dla analizy porównawczej rejsów – m/s IRMA

W badanych okresach używanie katalizatora REDUXCO® przyczyniło się do znacznej poprawy ekonomiki silnika głównego, którego spalanie było mniejsze o **7,38%**. Obydwa rejsy miały podobną długość i średnią wartość wskaźnika obciążenia silnika (W_0) na poziomie 45,0.

Do analizy drugiej wykorzystano dane z jednostki m/s ISOLDA z następujących podróży:

1. Rejs nr 178 w dniach od 11.07.2012 do 31.07.2012 – rejs bez katalizatora REDUXCO®
2. Rejs nr 190 w dniach od 03.11.2013 do 19.11.2013 – rejs z katalizatorem REDUXCO®.



Wyk.4 Wykres spadku zużycia paliwa w % dla analizy porównawczej rejsów – m/s ISOLDA

W badanych rejsach używanie katalizatora REDUXCO® także skutkowało znacznymi oszczędnościami dla silnika głównego, którego spalanie było mniejsze o **5,31%**. Obydwa rejsy trwały podobną ilość dni a średnia wartość wskaźnika obciążenia silnika (W_0) wynosiła 47,2 dla rejsu bez REDUXCO® i 47,9 dla rejsu z REDUXCO®. Ze względu na różnicę wartości wskaźników obciążenia zastosowano również w tym przypadku współczynnik kompensacyjny, po którym różnica w zużyciu paliwa przez silnik główny wzrosła do **6,73%**.

Tabela 9 Analiza porównawcza rejsów o przybliżonym wskaźniku obciążenia silnika

Termin rejsu	DANE SILNIKA			SILNIK GŁÓWNY						WARTOŚCI CAŁKOWITE		ŚREDNIE ZUŻYCIE PALIWA			
	średnie obroty	średnia prędkość	średni W_0	godziny pracy w trybie marszowym	godziny pracy w trybie manewrowym	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa w trybie marszowym	zużycie paliwa w trybie manewrowym	zużycie paliwa łącznie	godziny pracy łącznie	zużycie paliwa łącznie	ogółem (kg/h)	SG ogółem (kg/h)	SG w ruchu marszowym (kg/h)	SG w manewrach (kg/h)

ANALIZA 1 M/V IRMA – REJSY PRZY WSKAŹNIKU OBCIĄŻENIA $W_0 = 45,0$

31.12.12-10.01.13	113,77	12,60	45,00	53,0	13,0	66	43 100	8 100	51 200	66	51 200	775,76	775,76	813,21	623,08
17.12.13-01.01.14	109,66	10,84	45,00	154,0	5,5	160	112 500	2 100	114 600	160	114 600	718,50	718,50	730,52	381,82

ZESTAWIENIE WYNIKÓW SPADKU ZUŻYCIA PALIWA W % DLA OBCIĄŻENIA $W_0 = 45,0$ M/S IRMA

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-7,38%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-10,17%	SG w manewrach (kg/h)	-38,72%	Paliwo ogółem (kg/h)	-7,38%	Obroty silnika	-3,61%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	----------------	-----------------------	---------	----------------------	---------------	----------------	--------

ANALIZA 2 M/S ISOLDA – REJSY PRZY WSKAŹNIKU OBCIĄŻENIA $W_0 = 47,2$ i $47,9$

11.07-31.07.12	117,47	12,82	47,20	223,0	140,0	363	198 450	83 620	282 070	363	282 070	777,05	777,05	889,91	597,29
03.11-19.11.13	108,85	12,26	47,90	206,0	10,5	217	155 700	3 600	159 300	217	159 300	735,80	735,80	755,83	342,86

WYNIKI PO ZASTOSOWANIU WSPÓŁCZYNNIKA KOMPENSACYJNEGO

0,985	107,22	12,08	47,2	206	11	217	153 365	3 546	156 911	217	156 911	724,76	724,76	744,49	337,71
-------	--------	-------	------	-----	----	-----	---------	-------	---------	-----	---------	--------	--------	--------	--------

ZESTAWIENIE WYNIKÓW SPADKU ZUŻYCIA PALIWA W % DLA OBCIĄŻENIA $W_0 = 47,2$ i $47,9$ M/S ISOLDA

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-5,31%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-15,07%	SG w manewrach (kg/h)	-42,60%	Paliwo ogółem (kg/h)	-5,31%	Obroty silnika	-7,34%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	----------------	-----------------------	---------	----------------------	---------------	----------------	--------

WYNIKI PO ZASTOSOWANIU WSPÓŁCZYNNIKA KOMPENSACYJNEGO

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-6,73%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-16,34%	SG w manewrach (kg/h)	-43,46%	Paliwo ogółem (kg/h)	-6,73%	Obroty silnika	-8,73%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	----------------	-----------------------	---------	----------------------	---------------	----------------	--------

5. Wnioski ogólne

Zgodnie z założeniem zostały wykonane prace, które miały potwierdzić pozytywny wpływ na zmianę osiągnięć energetycznych silników okrętowych zasilanych paliwem modyfikowanym katalizatorem REDUXCO®. Modyfikacja paliwa polegała na zastosowaniu REDUXCO®, który został dodany do paliwa. Dozowanie REDUXCO® w ilości 12ml /MT paliwa zrealizowano zgodnie z zaleceniami dostawcy firmy ENERGO NATURA Sp. z o.o. Wszystkie pomiary przeprowadzono na statkach w eksploatacji w ramach standardowych czynności obsługi przez załogę siłowni maszyn i urządzeń. Ze względu na brak opomiarowania czujnikami badającymi wpływ REDUXCO® na emisję spalin nie dokonano żadnych ustaleń, to samo dotyczy kotłów parowych. Kompensując natomiast brak tego pomiaru zwrócono baczną uwagę na ilości cząstek stałych (PM=S+SOF) w układach wydechowych i podczas planowanych przeglądów silników tłokowych.

Brak WSKAŹNIKÓW OBCIĄŻENIA SG na jednostkach m/s ISA oraz m/s ISADORA sprawił w analizach osiągnięć energetycznych silników głównych konieczność odrzucenia w analizach szczegółowych danych z tych jednostek, co zapewne zubożyło wiedzę oraz dokładność wyników końcowych. Podobnie z analizą wpływu z modyfikowanego paliwa katalizatorem REDUXCO® na osiągnięcia energetyczne dla SP. Braki danych dotyczących ilości wygenerowanej energii elektrycznej E_e (podane były w ilościach szcztkowych) nie pozwoliły na analizę zużycia paliwa w funkcji wyprodukowanej energii E_e .

6. Wnioski końcowe

Podczas całego okresu pomiarowego (16494 h/1388 dni) wpływu katalizatora REDUXCO® na wskaźniki osiągnięć energetycznych silników głównych SG, silników pomocniczych SP oraz kotłów parowych KP zrealizowano kompleksową serię pomiarów parametrów pracy maszyn i urządzeń.

Analiza wyników pomiarów oraz obliczonych wskaźników została zawężona do:

1. porównania i określenia wskaźnika zużycia paliwa na godzinę pracy SG [kg/h] w zależności od WSKAŹNIKA OBCIĄŻENIA SG i określenia tego spadku/przyrostu jako wartości wyrażonej w procentach,
2. określenia wpływu REDUXCO® na stan techniczny maszyn cieplnych.

Wykonana analiza porównawcza, zbioru wskaźników i parametrów pracy silników napędowych statków zasilanych paliwem nie modyfikowanym i modyfikowanym REDUXCO® pozwala na przedstawianie następujących wniosków:

1. Stwierdzono znaczącą poprawę wartości wskaźników osiągnięć energetycznych pracy silników wyrażonych wartościami procentowymi i będących skutkiem stosowania REDUXCO®. *Podsumowanie wyników zaprezentowane jest w tabeli 11: Podsumowanie.*
2. Stwierdzono zmianę właściwości procesu spalania (spadek średniej temperatury spalin na wydechu 3,11% oraz 3,51% przed turbiną) w silnikach napędu głównego i będących skutkiem stosowania REDUXCO® oraz wyraźną poprawę stanu technicznego silników spalinowych: zdecydowanie mniej nagaru na elementach silników spalinowych zauważalny podczas przeglądów oraz całkowity zanik awarii układów wtryskowych paliwa na wszystkich jednostkach – *patrz tabela 12: Raporty Starszych Mechaników.*
3. Przyjmując średni spadek zużycia paliwa przez silnik główny na poziomie **4,45%** jednoznacznie możemy stwierdzić, że stosując REDUXCO® przyczyniamy się do zmniejszenia w sposób wyraźny emisji toksycznych spalin do atmosfery poprzez zmniejszenie ilości spalonego paliwa dla osiągnięcia przez SG tej samej pracy użytecznej. Dla przykładu podczas całkowitego okresu pracy z modyfikowanym paliwem zużyto 15 159,817 MT paliwa PC oraz PL. Musimy również zwrócić uwagę na fakt nie uwzględniania w tych analizach zużytego paliwa przez SP w ilości 2 347,214 MT oraz przez palnik kotła pomocniczego w ilości 675,209 MT, co stanowi w przybliżeniu około 25% paliwa zużywanego przez SG.

Tabela 11. Podsumowanie

ANALIZA PORÓWNAWCZA OGÓLNA

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-4,45%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-3,50%	SG w manewrach (kg/h)	-6,22%	Paliwo ogółem (kg/h)	-4,45%	Obroty silnika	-0,38%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	---------------	-----------------------	--------	----------------------	---------------	----------------	--------

ANALIZA Z UWZGLĘDNIENIEM WSKAŹNIKA OBCIĄŻENIA W_0

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-6,56%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-6,51%	SG w manewrach (kg/h)	-17,34%	Paliwo ogółem (kg/h)	-6,56%	Obroty silnika	-2,48%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	---------------	-----------------------	---------	----------------------	---------------	----------------	--------

WYNIKI PO ZASTOSOWANIU WSPÓŁCZYNNIKA KOMPENSACYJNEGO

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-3,69%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-3,64%	SG w manewrach (kg/h)	-14,81%	Paliwo ogółem (kg/h)	-3,69%	Obroty silnika	0,50%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	---------------	-----------------------	---------	----------------------	---------------	----------------	-------

ANALIZA Z UWZGLĘDNIENIEM WSKAŹNIKA OBCIĄŻENIA W_0 bez skrajnych wartości

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-6,58%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-6,76%	SG w manewrach (kg/h)	-12,13%	Paliwo ogółem (kg/h)	-6,58%	Obroty silnika	-2,43%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	---------------	-----------------------	---------	----------------------	---------------	----------------	--------

WYNIKI PO ZASTOSOWANIU WSPÓŁCZYNNIKA KOMPENSACYJNEGO

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-4,81%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-4,99%	SG w manewrach (kg/h)	-10,46%	Paliwo ogółem (kg/h)	-4,81%	Obroty silnika	0,55%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	---------------	-----------------------	---------	----------------------	---------------	----------------	-------

ANALIZA 1

M/V IRMA – REJSY PRZY WSKAŹNIKU OBCIĄŻENIA $W_0 = 45,0$

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-7,38%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-10,17%	SG w manewrach (kg/h)	-38,72%	Paliwo ogółem (kg/h)	-7,38%	Obroty silnika	-3,61%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	----------------	-----------------------	---------	----------------------	---------------	----------------	--------

ANALIZA 2

M/V ISOLDA – REJSY PRZY WSKAŹNIKU OBCIĄŻENIA $W_0 = 47,2$ i $47,9$

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-5,31%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-15,07%	SG w manewrach (kg/h)	-42,60%	Paliwo ogółem (kg/h)	-5,31%	Obroty silnika	-7,34%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	----------------	-----------------------	---------	----------------------	---------------	----------------	--------

WYNIKI PO ZASTOSOWANIU WSPÓŁCZYNNIKA KOMPENSACYJNEGO

SPADEK / PRZYROST ŚREDNIEGO ZUŻYCIA	SG ogółem (kg/h)	-6,73%	SG w ruchu marszowym (kg/h)	-16,34%	SG w manewrach (kg/h)	-43,46%	Paliwo ogółem (kg/h)	-6,73%	Obroty silnika	-8,73%
-------------------------------------	------------------	--------	-----------------------------	----------------	-----------------------	---------	----------------------	---------------	----------------	--------

Tabela 12. Raporty starszych mechaników

Data	Jednostka	Osoba raportująca	Uwagi
13.05.2013	mv Isadora	c/e Krzysztof Wyrzykowski	<p>Jesteśmy po przeglądzie układu SG nr 1 /13000 h/. Stan układu b. dobry, minimalny nagar na głowicy, wtryskiwacze bez nagaru i charakterystycznych stalaktytów, tłok czysty a pierścienie błyszczące i czyste.</p> <p>Wtryskiwacze agregatów wyglądają zdecydowanie lepiej z REDUXCO® niż bez, choć częstotliwość wymiany końcówek się nie zmienia.</p> <p>Jeżeli chodzi o zużycie paliwa ocena jest trudna ze wzg. na zmienność warunków na morzu czy w porcie. Jeżeli jest to niezbyt duża, może 2 do 3 % na SG i SP. Jeżeli chodzi o kocioł to tutaj tego nie widać. Jeżeli cena tego uzdatniacza nie jest zaporowo wysoka to warto w to inwestować.</p>
14.08.2013	mv Isadora	c/e Edward Klos	<p>W okresie mojego pobytu na burcie od zaokrętowania w Gibraltarze w dniu 05.07.2013, mieliśmy 10 dniowy przelot przez Atlantyk do Brazylii oraz do dnia dzisiejszego ponad miesiąc postoju na redzie i w porcie.</p> <p>W trakcie jazdy nie stwierdziłem specjalnych oszczędności w zużyciu paliwa przez silnik główny, zresztą warunki podczas przelotów oceanicznych nie pozwalają precyzyjnie określić ewentualnych oszczędności.</p> <p>W tym czasie wymieniono wtryskiwacze na SP.2 i SP.3 i stwierdziłem, wyraźnie mniej nagaru na końcówkach niż pamiętam z okresu, kiedy środek ten nie był stosowany.</p> <p>W dalszym ciągu jednak utrzymujemy 500 godzinny termin przeglądu wtryskiwaczy.</p>
07.10.2013	mv Irma	Jan Hofman Star mech, Roman Stawiski KAPITAN	<p>Wykonano następujące badanie skuteczności REDUXCO®.</p> <p>Po jednej dobie gazy spalinowe kierowano do dwóch oddzielnych pojemników z czystą wodą – pojemność wodna każdej -5 ltr:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pojemnik pierwszy – gazy spalinowe z paliwa i REDUXCO® - pojemnik drugi - gazy spalinowe z paliwa bez REDUXCO®. <p>Metoda oddzielenia paliw jak przy strefie ECA.</p> <p>Gazy spalinowe pobierano przed kotłem utylizacyjnym wykorzystując rurkę fi-6mm do U-manometru mierzącego spadek ciśnienia spalin przed i za kotłem.</p> <p>Po pozyskaniu roztworów powstałych z mieszania (płukania) spalin wodą poddano je prostym badaniom.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Barwa roztworów nie różni się. 2. Gęstość roztworu z domieszką REDUXCO® była mniejsza o ok.0,005 g/ml. 3. Opór elektryczny roztworu z REDUXCO® był ok.7 kOhm; bez REDOXCO® o ok.1 kOhm. Opór mierzono dwoma miedzianymi elektrodami L=80mm oddalonymi od siebie o 13 mm. 4. Po dodaniu 2 ml „Ludwika” do mycia naczyń do takiej samej objętości dwóch roztworów (300 ml) piana na roztworze z REDUXCO® utrzymywała się nieznacznie krócej. <p>Roztwór z REDUXCO® nieznacznie zmętniał.</p> <p>Parametry paliwa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ciężar - 0,9788 kg/l - siarka - 0,99 % - vanad – 50 mg/kg - popiół - <0,1 % <p>Z powyższych doświadczeń wynika, że REDUXCO® zmienia proces spalania paliwa.</p> <p>Obserwacje wskazują, że zmienia ten proces na korzyść stosującego.</p> <p>Na statku zachowano po jednym litrze każdego z roztworów na wypadek dalszej ich obróbki.</p>
18.12.2013	mv Irma	Kpt./St.Mech. P.Szczesniak / H.Szklarski	<p>Nie możemy wiarygodnie potwierdzić mniejszego zużycia paliwa przy dodawaniu REDUXCO®, zbyt zmienne były warunki pogodowe. Ostatnio wymienialiśmy jednak zawór wydechowy na SG i jedna głowice na SP3, zaobserwowano stosunkowo małe ilości nagarów.</p>

13.01.2014	mv /sa	Kpt. Tomasz Molenda St. Mech. Waldemar Zielinski	<p>W dniach od 31.12.2013 do 11.01.2014 przeprowadzono zgodnie z przesłaną instrukcją testowanie REDUXCO®. W okresie testowania silnik był obciążony na tym samym poziomie. Obroty zmieniały się w niewielkim zakresie. Zmienną wartością była temperatura wody zaburtowej od 18 do 30 st.C i temperatura zewnętrzna powietrza od 20 do 33 st.C. Silnik był zasilany paliwem z jednego bunkrowania (St. Petersburg) o parametrach: gęstość- 980 kg/m³; zawartość siarki m/m-2,3%, lepkości w temp. 15 st.C-380 cSt. W dniach od 03 do 08 stycznia system paliwa był w cyklu wypłukiwania REDUXCO® z systemu. W załączniku wyniki testu.</p>														
			PARAMETRY I ZUŻYCIĘ PALIWA SILNIKA GŁÓWNEGO PRZY STOSOWANIU REDUXCO®														
			dawka 12 ml/tonę paliwa														
			Data	Obroty silnika (obr/min)	Nastawa śruby	Obciążenie (listwa paliwowa)	Obroty turbiny (obr/min)	Ciśnienie doładowania (bar)	Temp. pow. doładowania (°C)	Temperatury spalin (°C)					Temp. spalin przed T/D (°C)	Temp. spalin za T/D (°C)	Zużycie paliwa 24 godz. (kg)
										1	2	3	4	5			
			31.12.2013	106,5	22	39	10 300	1,1	36	344	380	383	375	364	411	331	17300
			01.01.2014	106,6	22	39	10 170	1,1	36	356	380	385	380	362	412	334	17200
			02.01.2014	106,3	22	39	10 300	1,1	36	357	375	387	381	361	413	334	17200
			03.01.2014	106,6	22	39	10 200	1,1	36	356	375	390	379	367	415	334	17300
			średnie wartości	106,5	22	39	10 243	1,1	36	353,3	377,5	386,3	378,8	363,5	412,75	333,25	17250
			PARAMETRY I ZUŻYCIĘ PALIWA SILNIKA GŁÓWNEGO BEZ REDUXCO®														
			Data	Obroty silnika (obr/min)	Nastawa śruby	Obciążenie (listwa paliwowa)	Obroty turbiny (obr/min)	Ciśnienie doładowania (bar)	Temp. pow. doładowania (°C)	Temperatury spalin (°C)					Temp. spalin przed T/D (°C)	Temp. spalin za T/D (°C)	Zużycie paliwa 24 godz. (kg)
										1	2	3	4	5			
			08.01.2014	106,5	22	39	10 550	1,1	38	360	387	402	390	375	427	343	17600
			09.01.2014	106,8	22	40	10 600	1,1	38	360	395	400	387	374	427	343	18100
10.01.2014	106,9	22	40	10 600	1,1	39	361	393	401	392	375	428	343	18100			
11.01.2014	106,5	22	39	10 500	1,1	39	369	394	398	391	372	429	344	17900			
średnie wartości	106,675	22	39,5	10 563	1,1	38,5	362,5	392,3	400,3	390	374	427,75	343,25	17925			
	0,16 %			3,03 %			2,55 %	3,76 %	3,50 %	2,88 %	2,81 %	3,51 %	2,91 %	3,77 %			
				średni spadek temperatury spalin													