

NÁMOŘNÍ PALIVA PO ROCE 2020 III

Dominik Schlehöfer, Aleš Vráblik, Radek Černý

ORLEN UniCRE a.s., Záluží 1, 436 70 Litvínov, dominik.schlehofer@orlenuicre.cz

Dne 1. 1. 2020 vešlo v platnost razantní snížení maximálního obsahu síry v námořních palivech pro otevřená moře a oceány z 3,5 % hm. síry na 0,5 % hm. Tato změna se projevila změnami v námořní dopravě, ale i v celém rafinérském průmyslu, ať už se jedná o prodejce samotné ropy, technologické uspořádání rafinérií, výrobu samotných paliv a jejich aditivaci, přepravu a skladování či koncové uživatele a jejich infrastrukturu. V uplynulých letech 2017 a 2018 byla situace ohledně námořních paliv a blížící se změny IMO 2020 podrobně zmapována v časopise Paliva v článcích „Námořní paliva po roce 2020“ a „Námořní paliva po roce 2020 II“. Na uvedené publikace přímo navazuje předkládaný článek, který shrnuje nejaktuálnější data a zkušenosti uplynulého roku, tedy prvního roku implementace IMO 2020. Článek popisuje, jak se provozovatelé plavidel vypořádali s tímto významným snížením maximálního obsahu síry v námořních palivech, a také ekonomické důsledky, které s sebou tato změna přinesla.

Klíčová slova: námořní palivo, IMO 2020, SECA, obsah síry, ekonomické dopady

Došlo 22. 03. 2021, přijato 21. 06. 2021

1. Úvod

Stále se zpřísňující požadavky na kvalitu motorových paliv s cílem ochrany životního prostředí a zdraví populace s sebou přináší silný tlak na snižování emisí skleníkových plynů či obsahu síry a dalších kontaminantů [1]. Tento celosvětový trend ve snižování zdraví škodlivých látek emitovaných z dopravy se již několikrát dotkl i světa námořní dopravy. Stručný historický přehled legislativních změn ve snižování celkového obsahu síry v námořních palivech je zachycen v následující tabulce (tab. 1).

Tab. 1 Maximální povolený obsah síry v námořních palivech [2]

Tab. 1 Maximum allowed sulfur content of marine fuels [2]

Oblasti SECA		Oblasti mimo SECA	
Platnost	max. S (% hm.)	Platnost	max. S (% hm.)
od 1. 7. 2010	1,50	do 1. 1. 2012	4,50
do 1. 1. 2015	1,00	do 1. 1. 2020	3,50
od 1. 1. 2015	0,10	od 1. 1. 2020	0,50

Dne 1. 1. 2020 vešla v platnost doposud nejrazantnější změna v legislativě námořních paliv. Celkový obsah síry, která smí být přítomna v námořních palivech na otevřených mořích (tzv. deep sea), tedy mimo prostor SECA (Sulphur Emission Control Area), byl nově snížen ze 3,5 % hm. na 0,5 % hm. [3, 4]. Tato změna, známá též jako IMO 2020 (International Maritime Organization), byla dlouho očekávanou a velmi sledovanou událostí [5]. Do uvedení nových legislativních pravidel v platnost nebyly prakticky známy důsledky, které tato změna může vyvolat. Nyní je tomu více než rok, co se svět námořní dopravy potýká s touto změnou a světové informační zdroje a statistiky již ukazují dopady IMO 2020.

2. Situace v roce 2020

Vzhledem k tomu, že názvosloví námořních paliv je značně nepřehledné a v různých zdrojích se lze setkat se záměnou či různou formou označení téhož paliva, byla pro účely tohoto článku terminologie sjednocena (tab. 2).

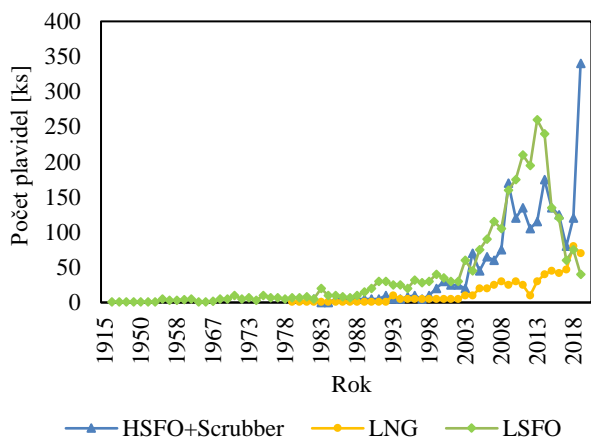
Tab. 2 Základní pojmy v systému námořních paliv [6]

Tab. 2 Basic terminology in the marine fuels system [6]

Označení	Popis
RM (Residual Marine)	Zbytkové palivo, vyžadující rozehrání při aplikaci
DM (Distillate Marine)	Destilátové palivo, nevyžadující rozehrání
FO (Fuel Oil)	Blíže nespecifikované námořní palivo
MGO (Marine Gas Oil)	Nízkosírné destilátové palivo s obsahem síry max. 0,10 % hm.
ULSFO (Ultra Low Sulfur Fuel Oil)	Palivo s obsahem síry max. 0,10 % hm.
VLSFO (Very Low Sulfur Fuel Oil)	Palivo s obsahem síry max. 0,50 % hm.
LSFO (Low Sulfur Fuel Oil)	Palivo s obsahem síry max. 1,00 % hm.
HSFO (High Sulfur Fuel Oil)	Palivo s obsahem síry max. 3,50 % hm.
LNG (Liquefied Natural Gas)	Bezsírné palivo

Během garantovaného přechodového období od 1. 1. 2020 do 1. 3. 2020 se prakticky ihned projevily některé problémy, které s sebou tato změna přinesla. Rozdíl cen mezi nejvyužívanějším vysokosírným palivem HSFO (High Sulphur Fuel Oil) a VLSFO (Very Low Sulphur Fuel Oil) se zvýšil z 280 USD/t na 400 USD/t. Tento nárůst byl zaznamenán v největších přístavech světa, jakými jsou např. Singapur, Rotterdam či Antverpy [7]. Zvýšení ceny bylo způsobeno nejen větší poptávkou po

VLSFO, ale zároveň vyššími náklady spojenými s výrobou VLSFO [8]. Následně, díky této skutečnosti, mohli profitovat ti dopravci a vlastníci námořních plavidel, kteří svá plavidla vybavili adekvátním systémem odsíření spalín (tzv. scrubber technologie), a kterým se díky nižší ceně HSFO zkrátila doba návratnosti investic do odsíření. Přestože došlo k razantnímu zvýšení ceny VLSFO, ukázalo se, že již v průběhu roku se cena opět začala snižovat v důsledku reakce na vyšší poptávku a navýšenou výrobní kapacitu [7, 9]. Postupné snižování cen VLSFO bude také způsobeno zvýšenou nabídkou tohoto paliva i díky dlouho očekávanému daňovému osvobození pro vývoz námořních paliv z Číny v souladu s požadavky IMO 2020 [7]. V návaznosti na toto osvobození zvýší rafinérie v Číně kapacitu produkce nízkosírného paliva. S největší pravděpodobností bude ovlivněn i trh s ULSFO palivem pro oblasti SECA. Další faktor, který se podepíše na postupném snižování cen nízkosírných paliv, je instalace odsířovacích technologií na plavidla, u kterých je stále využíváno HSFO [8] (obr. 1).

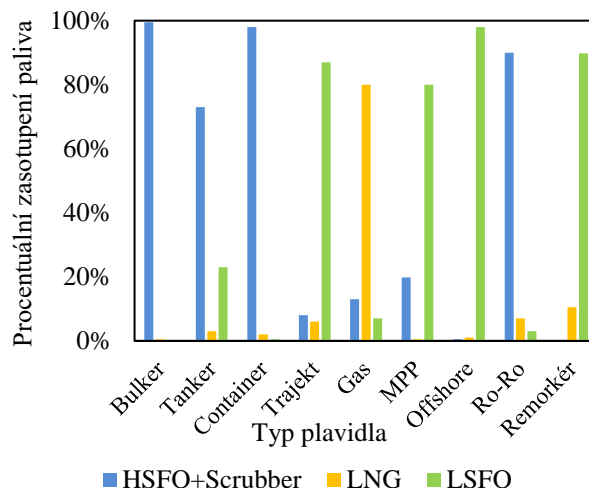


Obr. 1 Počet plavidel vyrobených každý rok podle typu používaného paliva [10]

Obr. 1 Number of vessels built each year according to the type of fuel used [10]

Z výše uvedeného obrázku vyplývá zcela jasná preference nově produkovaných plavidel s instalovanými odsířovacími technologiemi oproti plavidlům přizpůsobených na nízkosírná paliva či LNG. Ukazuje se také stabilní nárůst plavidel poháněných LNG. Do jisté míry hraje roli také faktor vhodnosti či preference jednotlivých pohonných jednotek pro daný druh plavidla (obr. 2).

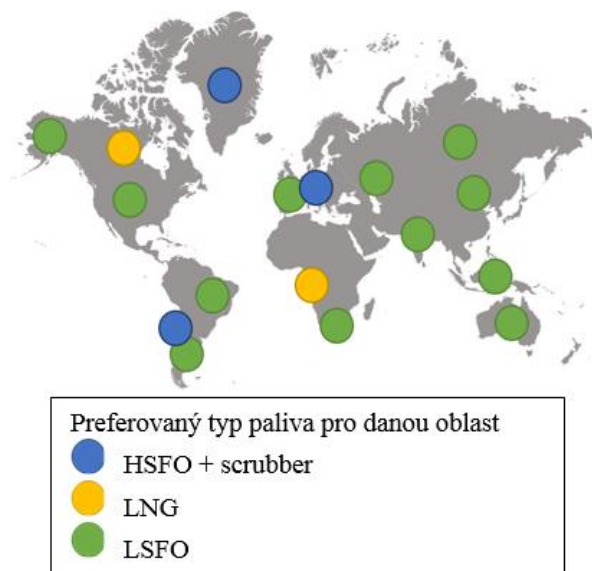
Je zřejmé, že pro velké typy lodí, jakými jsou tzv. bulkery (lodě pro převoz sypkého materiálu), tankery, kontejnerové lodě či lodě typu Ro-Ro (přeprava kamiónů či vlaků), je preferováno použití vysokosírných paliv v kombinaci s odsířením zplodin spalování. Naproti tomu malé lodě, které se často pohybují v pobřežních oblastech (trajekty - ferry, remorkéry - tug, víceúčelové lodě - MPP, servisní lodě - offshore) preferují spíše použití nízkosírného paliva. Tzv. gas tanker, tedy loď přepravující LNG, CNG, LPG či zkapalněné technické plyny ve velkém množství, upřednostňuje jako palivo LNG.



Obr. 2 Využívaná paliva podle jednotlivých druhů plavidel [10]

Obr. 2 Fuels according to the type of vessels [10]

Typ pohonné jednotky nebo paliva je též silně ovlivněn regionem, ve kterém působí konkrétní plavební společnost. Z obrázku (obr. 3) světové mapy je patrné, že většina států světa je zbarvena do zelená, tzn. preference LSFO paliva. Žlutě zbarvené oblasti světa preferují LNG a v modře zbarvených oblastech převládá využívání HSFO+technologie scrubber. Některé oblasti, jako je například Švédsko, Norsko, Nizozemsko, Belgie, Irsko či Japonsko, se nevyznačují konkrétní preferencí, nýbrž se v nich vyskytuje kombinace odsířovací technologie buď s LSFO či s LNG.

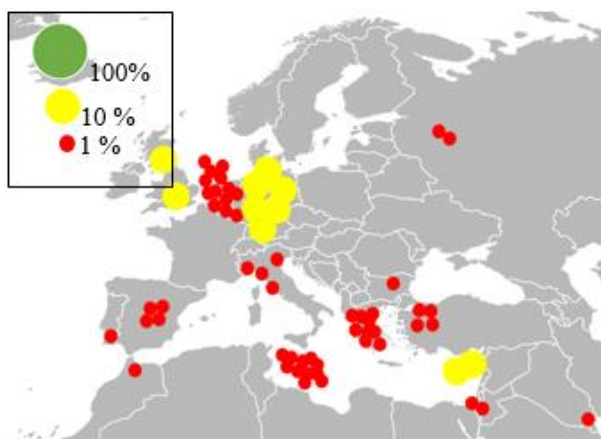


Obr. 3 Používaný typ paliva podle příslušných domovských přístavů [10]

Obr. 3 Type of fuel used according to relevant home ports [10]

Pro využívání LNG je limitujícím faktorem především infrastruktura, která se v mnohých přístavech teprve

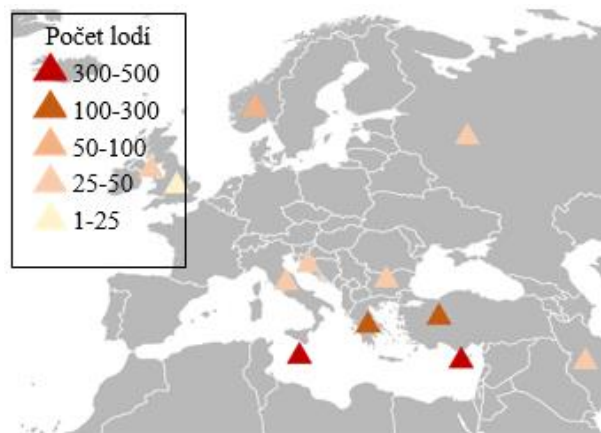
buduje. Nicméně v oblasti severní Evropy a evropské oblasti SECA je infrastruktura již vybudována a je zde preferována kombinace právě s LNG [11]. Podle finské studie [12] je však v oblasti Skandinávie stále dominantní využívání odsiřovací technologie. K výše uvedenému obrázku (obr. 3) je rovněž nezbytné dodat informaci o velikosti jednotlivých plavebních společností, které vlastní flotily, v evropských poměrech nejpreferovanějších, kontejnerových lodí (obr. 4). Na mapě Evropy (obr. 4) je zobrazené zastoupení kontejnerových lodí vlastněných jednotlivými společnostmi a státy Evropy v porovnání s nejvýznamnějším trhem v Panamě, které přísluší 663 plavidel a je uvedena jako reference (100 %).



Obr. 4 Evropské zastoupení přepravních společností vlastníci kontejnerové lodě [13]

Obr. 4 European representation of container shipping companies [13]

V rámci Evropy je největší zastoupení plavebních společností soustředěné v Německu, Holandsku či Itálii, tedy zemích, které pro tento typ lodí v současné době preferují HSFO palivo. Podobný trend lze pozorovat i v případě lodí přepravujících sypké materiály (obr. 5).



Obr. 5 Evropské zastoupení přepravních společností vlastníci lodě pro převoz sypkého materiálu [14]

Obr. 5 European representation of bulk shipping companies [14]

Z obrázku 5 je opět možné pozorovat, že největší zastoupení co do počtu lodí pro převoz sypkého materiálu v Evropě má Itálie a Norsko, tedy opět státy preferující odsiřovací technologie. Dále je zde znázorněna velká koncentrace plavidel tohoto typu ve státech Řecko, Malta a Kypr, u kterých není jasně identifikovaná preference jednoho typu paliva.

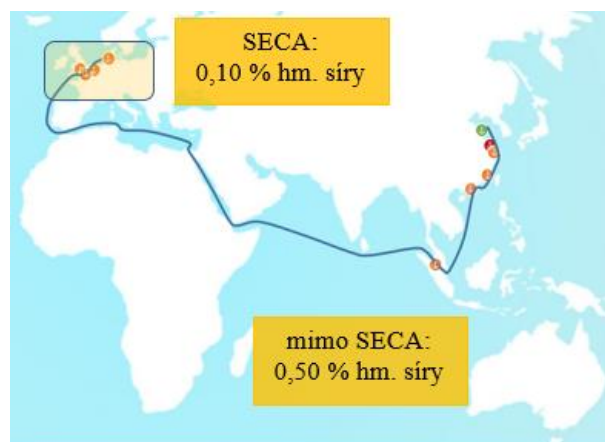
K ekonomickému porovnání odsiřovací technologie s nízkosírným palivem, v tomto případě se jednalo o palivo MGO (Marine Gas Oil) řazené mezi destilátová paliva s max. obsahem síry 0,10 % hm., byla vypracována případová studie [15]. V následující tabulce (tab. 3) jsou uvedeny základní ekonomické parametry obou variant, které se týkají pořizovacích či provozních nákladů, spojených buď s lodí poháněnou MGO či s lodí využívající HSFO v kombinaci se scrubberem. MGO představuje výhodu především v úspoře paliva (7 %) ve srovnání s HSFO za normálních podmínek (tedy bez scrubberu). Instalace scrubberu s sebou přinesla zvýšení spotřeby paliva o 2 % [15].

Tab. 3 Porovnání základních ekonomických ukazatelů u MGO a scrubber technologie [15]

Tab. 3 Comparison of basic economic indicators for MGO and scrubber technology [15]

Typ řešení	MGO	Scrubber
Náklady na instalaci [US\$/kW]	6	150
Životnost zařízení [rok]	10	10
Náklady na údržbu [US\$/kW/rok]	0,3	4,8
Provozní náklady [US\$/kW/rok]	369,9	12,2
Dopad na spotřebu paliva [%]	-7	2

V uvedené studii byla brána v potaz námořní trasa z Dálného východu do velkých evropských přístavů přes Suezský průplav a Gibraltar (obr. 6) se zaměřením na preferované kontejnerové lodě.



Obr. 6 Předpokládaná cesta kontejnerové lodě v případové studii [15]

Obr. 6 Presumed voyage of a container ship in a case study [15]

Výše uvedená námořní trasa byla vybrána rovněž z toho důvodu, že protíná tři různé oblasti, které jsou charakterizovány dvěma limity pro maximální obsah síry: max. 0,1 % hm. pro evropskou oblast SECA a max. 0,5 % hm. pro oblasti mimo SECA (na obr. 6 znázorněno jednotlivými rámečky, zahrnuje též pobřeží Číny).

Pro další výpočty byly brány v potaz tři různé scénáře pro cenový vývoj použitých paliv:

- 1) ceny HSFO a MGO se nebudou razantně měnit, trend zůstane srovnatelný s předchozími roky,
- 2) cena HSFO prudce poklesne, zatímco cena MGO zaznamená razantní nárůst,
- 3) cena HSFO poroste, zatímco cena MGO klesne.

Pro ekonomické výpočty byly použity metody NPV (Net Present Value) a CBA (Cost Benefit Analysis).

Podle výsledků uvedené studie se z ekonomického hlediska jako lepší varianta jeví použití tzv. scrubber technologie. Tato technologie se ukázala ve všech třech scénářích jako nejrobustnější a dokazuje tak svou vyšší ekonomickou efektivitu. Samotní autoři však připouští, že tato případová studie nemusí být přímo přenosná i na použití paliva typu VLSFO (tedy myšleno cíleně produkované palivo do 0,5 % hm. obsahu síry). Velkou roli bude v nadcházejících letech hrát dostupnost, a s tím spojený cenový vývoj jednotlivých typů paliv, především pak nově produkovaného zbytkového paliva s označením VLSFO [6].

V minulém článku [4] z roku 2018, který mapoval předpokládaný vliv zavedení IMO 2020, byl vysloven předpoklad, že scrubber technologii bude volit spíše menšina provozovatelů, a to z důvodu velkých investic. V návaznosti na vyvíjející se trh s námořními palivy a vývoj cen se po dvou letech zdá, že scrubber technologii volí naopak většina. Možná odchylka od zjištěného poklesu spotřeby paliva HSFO, které je nejčastěji spojováno s technologiemi scrubber, je dána tím, že scrubber technologie nejsou instalovány pouze na plavidla využívající stále HSFO s max. 3,50 % hm síry, ale také na plavidla, která využívají paliva sice s nižším obsahem síry, ale stále nesplňující implementaci IMO 2020 např. LSFO s obsahem síry max. 1,00 % hm. síry. Další možná odchylka je dána místem resp. přístavem, kde byly zpracovány výstupní data a studie ohledně spotřeby námořních paliv. Tato data se mohou měnit přístav od přístavu, stejně tak např. v oblasti Evropy, kde platí přísnější limity na obsah síry (SECA max. 0,1 % hm. síry) již několik let oproti pobřeží Číny (max. 0,5 % hm. síry), kde jsou limity benevolentnější. Scrubber technologie tak nemusí být nutně vázaná k HSFO, ale ke všem námořním palivům, které nesplňují nové limity IMO 2020, tedy maximální povolený obsah síry 0,50 % hm. pro otevřená moře a oceány [15].

V Singapuru (v současné době největší přístav na světě) se dodávky paliva s obsahem síry do 0,5 % hm. na přelomu roku 2019–2020 zvýšily z původních 40 000 barelů za den (údaj ze září 2019) na 355 000 barelů za den. Ve stejném období poklesly dodávky HSFO z původních 720 000 barelů za den na 410 000 barelů za den [16]. Zdá

se, že v současné době jednotlivé plavební společnosti preferují LSFO, případně VLSFO před MGO. Obavy týkající se kompatibility nízkosírných paliv se stávajícími motory jsou pro LSFO a VLSFO menší v porovnání s MGO. Někteří spotřebitelé byli z počátku roku 2020 nuceni používat MGO palivo kvůli problematické dostupnosti a logistickým problémům s VLSFO, nicméně ve druhé polovině února 2020 bylo podle společnosti S&P Global Platts např. v Singapuru k dispozici 7–8 mil tun VLSFO [16]. Současná situace je nepříznivá zejména pro ruské rafinérie, které zpracovávají vysokosírnou ropu z uralské oblasti, a které produkují velké množství vysokosírného námořního paliva. Poptávka po tomto palivu se na počátku roku razantně snížila a prodávalo se za nižší cenu v porovnání s předchozími lety [17]. Průměrná cena HSFO byla na hlavních dopravních uzlech (v zemích G20) [18] v období leden až září roku 2019 na hodnotě 421 USD/mt. Po zavedení implementace IMO 2020 1. ledna 2020 byla zaznamenána průměrná cena VLSFO (v zemích G20), v prvních třech čtvrtletích roku 2020 se jednalo o 378 USD/mt. Celkově byly zaznamenány vyšší ceny námořních paliv na začátku roku 2020 oproti začátku roku 2019 v důsledku kolísání trhu s ropou v reakci na světovou pandemii COVID-19 a zároveň zavedení nových pravidel pro obsah síry u námořních paliv [9].

K dispozici jsou rovněž první statistická data týkající se použití VLSFO a kompatibility/stability [5].

Při porovnání typů jednotlivých paliv s ohledem na jejich sklon ke zvýšenému obsahu sedimentů je právě palivo 0,5 % hm. obsahu síry nejproblematictější. Toto palivo je totiž nejčastěji produkované mísením vysokosírných a nízkosírných [19]. Během sedimentačních testů udávaných normou ISO 8217 se během standardizované analýzy TSA (Celkový obsah sedimentů po chemickém stárnutí) ukázalo, že HSFO i VLSFO se chovají stabilně. Změna nastala u metody TSP (celkový obsah sedimentů po termickém stárnutí po 24 hodinách), kde bylo palivo typu HSFO stále stabilní a tedy vliv tepelného namáhání zde byl zcela minimální. U paliva typu VLSFO se metodou TSP zjistil negativní vliv tepelného namáhání na kolidní stabilitu. Asfaltiny se začaly srážet a to vedlo k vyšším sedimentačním hodnotám [5].

Stabilitou námořních paliv, jako jedním z podstatných kvalitativních parametrů, se zabývá dokument ISO/PAS 23263:2019 [20], který byl zveřejněn ve druhé polovině roku 2019, a který doplnil stále platnou normu ISO 8217 [21]. Tento dokument nepřináší žádné nové specifikace či limitní parametry, ale vysvětluje, jak bude stávající norma nadále platit i pro nízkosírná námořní paliva. Především je v tomto dokumentu řešena kompatibilita a stabilita námořních paliv. Dokument využívá výsledky ISO / CONCAWE studie [22], která definuje stabilitu námořního paliva jako jeho odolnost vůči tvorbě asfaltenických kalů, způsobených působením vlivů, jako je tepelné stárnutí při manipulaci a skladování za běžných provozních podmínek. Kompatibilita je pak definována jako schopnost mísení dvou nebo více paliv v definovaném poměru bez průkazné separace materiálu, což by mohlo vést k tvorbě více fází. Dokument rovněž definuje

tzv. rezervu stability, která je vnímána jako schopnost oleje udržovat asfaltenu v peptizovaném (koloidně dispergovaném) stavu a zabránit jejich flokulaci.

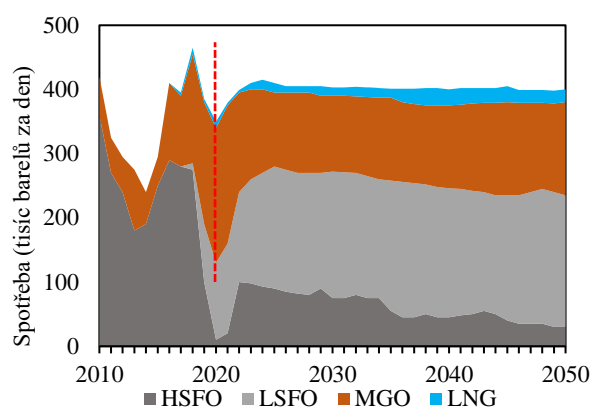
Je rovněž patrné, že z ekonomického hlediska je výroba paliv s obsahem síry do 0,5 % hm. cílena co nejtěsněji právě na tento limit, což v některých případech (v kombinaci s nižší stabilitou či kompatibilitou) vede k jeho mírnému překročení. Otázkou striktního dodržování limitního obsahu síry se rovněž zabýval Výbor pro ochranu mořského prostředí MEPC (Marine Environmental Protection Committee) na svém 75. zasedání, které se konalo ve dnech 16.–20. listopadu 2020. Diskutována byla míra spolehlivosti stanovení obsahu síry, především v tom smyslu, že některé kontrolní orgány neaplikují zcela správně normu EN ISO 4259, která může z pohledu kontrolního orgánu připouštět jistou benevolenci odvozenou od reprodukovatelnosti dané metody na měření obsahu síry. Při aplikaci EN ISO 4259 lze i palivo s obsahem síry 0,53 % hm. považovat za vyhovující z hlediska limitu obsahu síry 0,50 % hm. v námořních palivech. [23,24]. Na základě těchto zkušeností bylo vydáno doporučení, aby produkované palivo obsahovalo max. 0,47 % hm. síry. V současné době pracuje Výbor pro ochranu mořského prostředí na pozměňovacích návrzích k příloze VI (MARPOL Annex VI), které by měly vejít v platnost 1. 4. 2022, nicméně IBIA (International Bunker Industry Association) doufá, že dojde k okamžitému uplatnění pozměňovacích návrhů u jednotlivých členských vlád a že bude brána v potaz míra tolerance stanovení vyplývající z reprodukovatelnosti definovaných analytických metod.

U námořních paliv produkovaných v České republice byl rovněž na počátku roku 2020 zaznamenán cenový propad vysokosírného paliva až o 150 USD na tunu v porovnání s podzimními měsíci 2019. Podle dostupných informací není v současné konfiguraci českých rafinérií ekonomicky výhodné produkovat námořní paliva s nižším obsahem síry. Z těchto důvodů byl v první polovině roku 2020 ukončen prodej námořního paliva s obsahem síry do 1 % hm. (LSFO), které se vyrábělo ředěním zbytkové frakce z procesu fluidního katalytického krakování pomocí hydrogenovaného plynového oleje. Zbytková frakce našla uplatnění v procesu výroby sazí a hydrogenovaný plynový olej v procesu výroby motorové nafty. Nadále je produkováno námořní palivo s obsahem síry do 3,5 % hm.

Celkově je nutné dodat, že obrázek trhu z roku 2020 s námořními palivy nelze brát ze statistického hlediska jako zcela vypovídající, neboť byl silně ovlivněn situací týkající se pandemie COVID-19 [25]. V roce 2020 je trh s námořními palivy v porovnání s rokem 2019 téměř poloviční. Po vypuknutí pandemie se totiž rapidně snížila kontejnerová doprava mezi Čínou a zbytkem světa; tato situace rovněž měla velmi negativní dopad na velké ruské přístavy [26]. V evropském měřítku musely omezit či krátkodobě pozastavit činnost některé belgické rafinérie, což ovlivnilo i dostupnost některých typů paliv na evropském trhu.

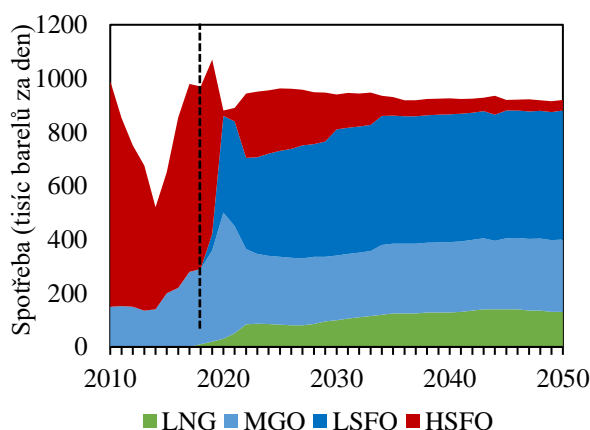
3. Predikce trendů v spotřebě jednotlivých druhů námořních paliv

Na konci roku 2020 se cenový rozdíl mezi palivem s obsahem síry do 0,5 % hm. a námořním palivem typu HSFO pohyboval kolem 50 US\$/t [27]. Zároveň HSFO nezaznamenal až tak velký cenový propad, jak by se mohlo zdát z predikčních studií, zveřejněných na přelomu let 2019 a 2020 [25]. Také je potřeba dodat, že trh s vysokosírnými topnými oleji zaznamenal rovněž zájem o uplatnění tohoto typu materiálu na Středním východě, kde jsou schopni, s ohledem na tamní legislativu, vysokosírné topné oleje využít jako elektrárenské palivo [25]. Predikce spotřeby jednotlivých typů námořních paliv v USA podle obsahu síry je znázorněna na následujícím obrázku (obr. 7), v celosvětovém měřítku pak na obr. 8.



Obr. 7 Spotřeba paliva určeného pro mezinárodní námořní dopravu – přístavy v USA [28]

Obr. 7 Fuel consumption for international shipping – U.S. ports [28]

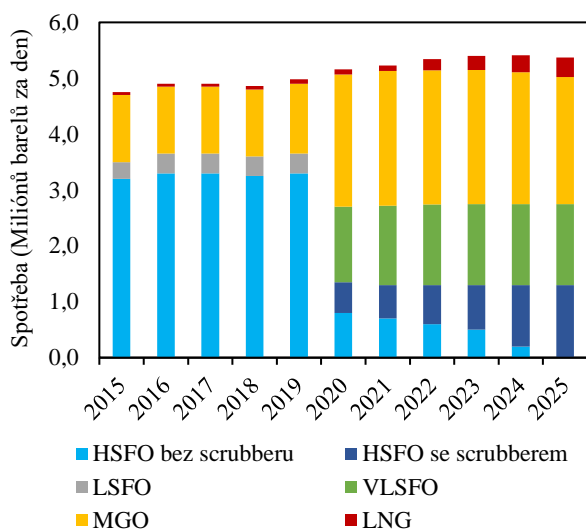


Obr. 8 Historická a predikovaná spotřeba námořního paliva ve světě [29]

Obr. 8 Historical and predicted consumption of marine fuel in the world [29]

Obě uvedené predikce jsou trendově dosti podobné a obě zpracovávají statistická data, která poskytuje nezávislá společnost EIA (Energy Information Administration), jež se zabývá analýzou a statistickým zpracováním

dat v oblasti energetiky. Další predikci zveřejnila ve druhé polovině roku 2019 německá společnost Seahawk Investments GmbH (obr. 9).



Obr. 9 Dopad opatření IMO 2020 na očekávanou poptávku po jednotlivých typech námořního paliva [30]

Obr. 9 Impact of IMO 2020 measures on expected demand for individual types of marine fuel [30]

Poslední uvedená studie předpokládá stabilní poptávku po palivu typu HSFO oproti studiím, které vycházejí ze statistického zpracování společnosti EIA. Klíčovou roli však v tomto ohledu hraje v současné době poměrně vysoká cena HSFO paliva, která momentálně způsobuje prodloužení návratnosti investic do tzv. scrubber technologií. Původní návratnost byla na přelomu roku 2019/2020 na základě dostupných predikčních studií vy počtena na cca 2 – 3 roky, při současné konstelaci je reálná návratnost až cca 5 let [31]. Odborníci se shodují v tom, že až následující roky naznačí budoucí vývoj v oblasti námořních paliv, především pak v otázce poptávka – cena. Ze všech uvedených predikcí je patrná pouze doplňková role námořního paliva na bázi LNG.

Velkou roli, týkající se plánovaných investic, bude hrát rovněž situace po roce 2030. IMO v tomto ohledu zveřejnila soubor cílů pro snižování emisí CO₂ mezi lety 2020 a 2050. Do roku 2030 se očekává snížení emisí CO₂ z dopravy nejméně o 40 % (ve srovnání s rokem 2008), přičemž cílem je rovněž redukce až o 70 % do roku 2050. IMO očekává, že budou rovněž sníženy celkové roční emise skleníkových plynů (zahnující i CO₂) alespoň o 50 % do roku 2050 v souladu s konferencí OSN o klimatických změnách konanou v Paříži v roce 2015 (COP21 - 2015 United Nations Climate Change Conference) [32], což je součást snahy o úplnou dekarbonizaci.

Pro splnění těchto cílů jsou zatím zkoumány alternativní paliva, od běžného LNG, přes tzv. „start-up“ paliva, jakými jsou LPG, methanol či biopaliva, až po zatím nejméně rozvinuté možnosti, jakými jsou vodík či amoniak. Uvedená paliva lze rozdělit na uhlíková alternativní paliva (LNG, LPG, methanol), uhlíkově neutrální paliva

(bio-methan, syntetický methan/SNG) a bezuhlíková paliva (vodík, amoniak). Každé z uvedených paliv má své výhody i nevýhody [33].

LNG je v současné době nejrozšířenější alternativní palivo. Má prakticky nulové emise SO₂ a pevných částic a velmi nízké emise NO_x. Emise CO₂ mohou být za použití LNG v kombinaci s bateriovými články sníženy až o 18 % a úspora paliva může dosáhnout až do výše 30 % v závislosti na provozních podmínkách [4,34]. LNG je stále fosilní palivo, při jehož nedokonalém spalování obsahují výfukové emise methan. Eliminace methanu je v současné době klíčová oblast pro technologický rozvoj konstrukce nových typů motorů. Problematická byla v minulých letech rovněž infrastruktura nezbytná pro doplňování paliva a také vyšší investiční náklady [35]. Nicméně díky obrovským investicím do globálních zařízení, zejména mimo severoevropskou oblast, je LNG stále více konkurenceschopné palivo v porovnání s klasickým HSFO [11].

LPG může být považováno za alternativu k LNG. V porovnání s LNG má použití LPG nižší investiční náklady, jelikož se jedná o dostupné palivo, které není problematické skladovat a relativně snadno se s ním manipuluje. Stejně jako je tomu v případě LNG, LPG sice snižuje uhlíkovou stopu, nicméně zcela neřeší problematiku nulových emisí CO₂. Rovněž je v současné době nedostatečná zásobovací infrastruktura [35].

Další variantou je použití methanolu, nicméně s ohledem na jeho toxicitu a hořlavost vyžaduje jeho použití poměrně vysoké investiční náklady, a rovněž cena paliva samotného je vyšší než v případě LNG či LPG. Ve světě se methanol vyrábí nejčastěji ze zemního plynu, nicméně může být též vyráběn z obnovitelných zdrojů, jakými jsou například biomasa či recyklovaný oxid uhličitý [4].

K dispozici jsou i paliva napomáhající snižovat uhlíkovou stopu (biopaliva). Velké dopravní společnosti již možnost použití biopaliv na svých lodích testovaly v reakci na rostoucí tlak na snížení emisí CO₂ z lodní dopravy. Masová produkce biopaliv pro námořní využití však není udržitelná, a to zejména z důvodu, že i jiná průmyslová odvětví již biopaliva používají. Proto se biopaliva nacházejí ve stejné roli jako LPG, tj. dobré částečné řešení, avšak v kombinaci s jiným druhem paliva.

Syntetický methan (SNG) a biomethan jsou další atraktivní možnosti, zejména z důvodu kompatibility se současnými technologiemi využívající LNG. Teoreticky lze považovat SNG a biomethan za uhlíkově neutrální, pokud jsou použity v kombinaci s technologií zachycování uhlíku. Ovšem uhlíkově neutrální SNG závisí na dostupnosti obnovitelné energie a výroba je v krátkodobém horizontu poměrně nákladná.

Jako bezuhlíková paliva jsou nejčastěji zmiňovány vodík a amoniak. Tato paliva produkují nulové emise CO₂, pokud pochází z obnovitelných zdrojů. Je však nutno zmínit, že obě paliva mají mnohem nižší energetickou hustotu v porovnání s tradičním námořním palivem (topným olejem), což musí být zohledněno při návrhu lodí. Tento fakt bohužel negativně ovlivní vynaložené náklady [33].

Technicky ne zcela vyřešenou otázkou rovněž zůstává dlouhodobé skladování kapalného nebo stlačeného vodíku a jeho přeprava na dlouhou vzdálenost na palubě lodě. Tuto problematiku bude pravděpodobně velmi nákladné řešit v krátkodobém horizontu. Naproti tomu u amoniaku jsou procesy skladování i přepravy dobře podchyceny, což toto palivo oproti vodíku značně zvýhodňuje. Navíc se jedná o jednu z nejvíce používaných chemikálií na světě, s celosvětovou produkcí cca 190 milionů tun ročně. Palivo je dostupné, nezbytný je ale především rozvoj potřebné infrastruktury. Nutné je také řešit otázky spojené s toxicitou a žíravostí amoniaku, které budou klást nároky na pečlivé skladování a manipulaci. V současné době je největší nevýhodou vodíku a amoniaku jejich vysoká cena v porovnání s běžně dostupnými námořními palivy [36].

Výše uvedenou problematikou se komplexně zabýval Stopford [37]. Uvádí, že plánované limity úspory emisí a fosilních paliv lze dosáhnout, avšak pouze za předpokladu celkového zefektivnění lodní dopravy [38]. Stejně jako investice do zefektivnění stávajících lodí, je nezbytný vývoj nové generace plavidel nízkoemisní konstrukce založené na vznětových motorech. Nové lodě by měly rovněž obsahovat pokročilou procesní kontrolu vycházející z tzv. Controller Area Network (CAN), která je hojně využívána v jiných typech dopravy a průmyslové automatizace již od roku 1985 [39].

Jednotlivé společnosti zabývající se designem a konstrukcí lodí [40] budou v nadcházejících letech pravděpodobně cílit své úsilí na flexibilnější lodě a vývoj tzv. „větších malých lodí“. Existují různé návrhy designu a konstrukčních řešení, které mohou u velkých lodí snížit spotřebu paliva a tím pádem i produkci emisí. Nutno dodat, že menší typy lodí mohou být využity v širším spektru regionálních přístavů, což by v důsledku snížilo rovněž nutnost další pozemní přepravy [41].

4. Závěr

Rok po uplynutí platnosti IMO 2020 lze konstatovat, že tato implementace byla úspěšně přenesena do praxe. Výrobci námořních paliv a stejně tak provozovatelé lodí byli na tuto změnu relativně dobře připraveni. Zvýšená produkce nízkosírného námořního paliva pokryla veškerou poptávku téměř ve všech přístavech. Zároveň se ukázala snížená poptávka po vysokosírném námořním palivu. Tento pokles byl predikován, nicméně v predikcích se vyskytoval mnohem drastičtější pokles poptávky, než tomu bylo ve skutečnosti. Mnozí provozovatelé námořních plavidel instalovali scrubber technologie a ponechali si tak možnost využívat vysokosírné palivo. S ohledem na vyšší ceny vysokosírných paliv oproti očekávanému vývoji došlo však k prodloužení návratnosti investic do odsiřovacích technologií, což v současné době představuje největší nevýhodu tohoto řešení.

U paliva s 0,5 % hm. obsahem síry byly v některých případech pozorovány problémy s kompatibilitou a následnou stabilitou v porovnání s vysokosírným palivem, které tyto problémy nevykazovalo. Během následných

namátkových kontrol se vyskytl problém s uznáváním tolerančních limitů odvozených od reprodukovatelnosti metod stanovení obsahu síry. Vzhledem k tomuto zjištění bylo vydáno doporučení, aby produkované palivo typu VLSFO obsahovalo max. 0,47 % hm. síry. V současné době pracuje mezinárodní výbor (MEPC) na pozměňovacích návrzích k příloze VI (MARPOL Annex VI), které by měly vejít v platnost 1. 4. 2022, nicméně mezinárodní asociace IBIA (International Bunker Industry Association) věří, že dojde k okamžitému uplatnění pozměňovacích návrhů u jednotlivých členských vlád, a že bude brána v potaz míra tolerance stanovení vyplývající z reprodukovatelnosti definovaných analytických metod.

Je zřejmé, že v budoucích letech se budou rafinérie, výrobci paliv i koneční spotřebitelé potýkat se stále se zpřísňujícími limity a zákony. Neustálá snaha o dekarbonizaci v celém odvětví dopravy přiměje dříve či později provozovatele dopravních prostředků k přechodu na ekologicky čistější druhy paliv. Touto problematikou je nezbytné zabývat se již nyní, s cílem začlenit tato paliva do stávající infrastruktury.

Poděkování

Tato publikace je výsledkem projektu řešeného s finanční podporou Ministerstva průmyslu a obchodu, které poskytuje prostředky v rámci institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace.

Literatura

1. Vráblík, A.; Bringerlová, N.; Hidalgo, J. M.; Černý, R. Využití vysokosírných topných olejů jako lodního paliva. *Paliva* 2015, 7 (2), 48–53.
2. Sulphur oxides (SOx) and Particulate Matter (PM) – Regulation 14, 2019. IMO - International Maritime Organization. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>, staženo 11. 12. 2020.
3. Vráblík, A.; Černý, R. Námořní paliva po roce 2020. *Paliva* 2017, 9 (3), 83–87.
4. Vráblík, A.; Černý, R. Námořní paliva po roce 2020 II. *Paliva* 2018, 10 (4), 136–139.
5. Post IMO 2020 marine fuels, 2020. Infineum Insight. <https://www.infineuminsight.com/en-gb/articles/fuels/post-imo-2020-marine-fuels/>, staženo 2. 12. 2020.
6. Making sense of low sulphur fuel terminology: ULSFO RM/DM and VLSFO RM/DM, 2017. IBIA: International Bunker Industry Association. <https://ibia.net/making-sense-of-low-sulphur-fuel-terminology-ulsfo-rmdm-and-vlsfo-rmdm/>, staženo 20. 11. 2020
7. IMO 2020: Price of Fuel the Main Reason of Concern for Ship Owners, 2020. Hellenic Shipping News. <https://www.hellenicshippingnews.com/imo-2020-price-of-fuel-the-main-reason-of-concern-for-ship-owners/>, staženo 9. 12. 2020.

8. Joswick, R. IMO 2020 promises widespread disruption, 2020. Petroleum economist. <https://www.petroleum-economist.com/articles/midstream-downstream/tankers/2020/imo-2020-promises-widespread-disruption>, staženo 18. 11. 2020.
9. Lasek, M. COVID vs IMO2020: Average Price Paid for Bunkers Down 10% so Far in 2020 vs 2019, 2020. shipandbunker.com. <https://shipandbunker.com/news/world/502300-covid-vs-imo2020-average-price-paid-for-bunkers-down-10-so-far-in-2020-vs-2019>, staženo 1. 6. 2021.
10. Li, K.; Wu, M.; Gu, X.; Yuen, K. F.; Xiao, Y. Determinants of ship operators' options for compliance with IMO 2020. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2020, 86, 102459.
11. Flexible infrastructure - Swedegas, 2020. Inggothernburg. http://www.lnggothenburg.com/go4lng_project, staženo 1. 12. 2020.
12. Solakivi, T.; Laari, S.; Kiiski, T.; Töyli, J.; Ojala, L. How shipowners have adapted to sulphur regulations – Evidence from Finnish seaborne trade. *Case Studies on Transport Policy* 2019, 7 (2), 338–345.
13. Container ships in 2006 shown as a percentage of the top market (panama - 663), 2007. wikipedia.org. https://en.wikipedia.org/wiki/File:2006container_fleet.PNG, staženo 27. 11. 2020.
14. Flag states, 2020. Bulk carrier. https://www.wikiwand.com/en/Bulk_carrier, staženo 19. 11. 2020.
15. Zhu, M.; Li, K. X.; Lin, K.; Shi, W.; Yang, J. How can shipowners comply with the 2020 global sulphur limit economically?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 2020, 79, 102234
16. Washington, T.; Russel-Webster, B. Deliveries of 0.5% sulfur fuel oil surge from Q3 2019, 2020. SP global. <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/petrochemicals/011620-ullivlsfo-deliveries-surge-from-q3-2019lilipopularity-of-vlsfo-supports-rising-premiumsliul>, staženo 1. 12. 2020.
17. Gorodyankin, G.; Yagova, O. IMO 2020 regulations challenge Russian Urals crude, 2019. UK Reuters. <https://uk.reuters.com/article/uk-russia-oil-imo-analysis/imo-2020-regulations-challenge-russian-urals-crude-idUKKBN1WQ1LH>, staženo 16. 10. 2020.
18. About Ship & Bunker Average Bunker Prices, 2021. shipandbunker.com. <https://shipandbunker.com/prices/av>, staženo 1. 6. 2021.
19. Joint Industry Guidance The supply and use of 0.50%-sulphur marine fuel, 2019. Concawe.eu. <https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Joint-Industry-Guidance-on-the-supply-and-use-of-0.50-sulphur-marine-fuel.pdf>, staženo 20. 10. 2020.
20. Naden, C. Marine industry guidance just published in race towards low-sulfur fuel by 2020, 2019. ISO.org. <https://www.iso.org/news/ref2437.html>, staženo 4. 2. 2020.
21. ISO 8217:2017. Petroleum products – Fuels (class F) – Specifications of marine fuels. Geneva: International Organization for Standardization, 2017. 23 p
22. Vermeire, M.; Heyberger, B. Study to evaluate test methods to assess the stability and compatibility of marine fuels in view of the IMO MARPOL Annex VI Regulation 14.1.3 for 2020 Sulphur requirements, 2019. Concawe.eu. https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Rpt_19-11.pdf, staženo 11. 10. 2020.
23. IBIA urges IMO Member Governments to apply amendments to MARPOL sulphur verification procedures, 2020. IBIA.net. <https://ibia.net/2020/11/20/ibia-urges-imo-member-governments-to-apply-amendments-to-marpol-sulphur-verification-procedures/>, staženo 27. 11. 2020.
24. Acceptance limits for test results ISO 4259 and how it applies to ISO 8217. exxonmobil.com. <https://www.exxonmobil.com/en/marine/technicalresource/marine-resources/iso-4259-iso-8217-limit-test-results>, staženo 3. 6. 2021.
25. Marine fuels: Price impact of new 2020 low sulfur regulations negated by refineries and Covid-19, 2020. Wiley Online Library. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/oet.12808>, staženo 14. 12. 2020.
26. Argus White Paper: The Coronavirus Impact, 2020. argusmedia.com. <https://www.argusmedia.com/-/media/Files/white-papers/argus-whitepaper-coronavirus.ashx>, staženo 26. 11. 2020.
27. Rotterdam Bunker Prices, 2020. <https://shipandbunker.com/>. <https://shipandbunker.com/prices/emea/nwe/nl-rtm-rotterdam#MGO>, staženo 11. 12. 2020.
28. The Effects of Changes to Marine Fuel Sulfur Limits in 2020 on Energy Markets, 2019. eia - U. S. Energy Information Administration. <https://www.eia.gov/outlooks/studies/imo/pdf/IMO.pdf>, staženo 14. 10. 2020.
29. Hipskind, A. IMO 2020 And What It Means For Midstream, 2019. Seeking Alpha. <https://seekingalpha.com/article/4289473-imo-2020-and-what-means-for-midstream>, staženo 15. 10. 2020.
30. Do, T. IMO 2020 and effects on the shipping industry, 2019. Seahawk investments. <https://www.seahawk-investments.com/2019/08/28/imo-2020-and-effects-on-the-shipping-industry-2/?lang=en>, staženo 14. 12. 2020.
31. Saul, J. Scrub that: Pandemic forces ship owners to shelve anti-pollution gear, 2020. reuters.com. <https://www.reuters.com/article/us-imo-shipping-scrubbers-focus/scrub-that-pandemic-forces-ship>

- owners-to-shelve-anti-pollution-gear-idUSKBN23J0SW staženo 20. 10. 2020.
32. Klimatická dohoda z Paříže, 2016. euractiv.cz. <https://euractiv.cz/section/energeticka-ucin-nost/linksdossier/klimaticka-konference-v-parizi-2015-cop21-000137/>, staženo 20. 10. 2020.
 33. Future marine fuels: pathways to decarbonization, 2019. Marine offshore. <https://marine-offshore.bureauveritas.com/insight/future-marine-fuels-pathways-decarbonization>, staženo 7. 10. 2020.
 34. World Bunkering Winter Issue 2017/18 - First hybrid system for offshore vessel, 2018. issuu.com. https://issuu.com/constructivemedia/docs/wb_winter_issue_2017_18_master_web, staženo 28. 5. 2021
 35. McGill, R.; Remley, W.; Winther, K. Alternative Fuels for Marine Applications, 2013
 36. Timperley How hydrogen fuel could decarbonise shipping, 2020. bbc.com. <https://www.bbc.com/future/article/20201127-how-hydrogen-fuel-could-decarbonise-shipping>, staženo 3. 12. 2020.
 37. Stopford, M. Coronavirus, Climate Change & Smart Shipping Three Maritime Scenarios 2020 - 2050, 2020. smm-hamburg.com. <https://www.smm-hamburg.com/fileadmin/presse/pm/sm/2020/Coronavirus Technology Smart Shipping - Stopford 20 April 2020.pdf>, staženo 12. 2. 2021.
 38. Bartlett, P. IMO's 2050 decarbonisation goals can be achieved, says Stopford, 2020. Seatrade Maritime News. <https://www.seatrade-maritime.com/regulation/imos-2050-decarbonisation-goals-can-be-achieved-says-stopford>, staženo 19. 11. 2020.
 39. Controller Area Network (CAN) Overview, 2020. ni.com. <https://www.ni.com/cs-cz/innovations/white-papers/06/controller-area-network--can--overview.html>, staženo 27. 11. 2020.
 40. Pearce, F. Future sailors: what will ships look like in 30 years?, 2018. The Guardian. <https://www.theguardian.com/environment/2018/may/03/future-sailors-what-will-ships-look-like-in-30-years>, staženo 15. 12. 2020.
 41. Vartdal, B. The future-proof ship, 2019. dnv-gl.com. <https://www.dnvgl.com/expert-story/maritime-impact/the-future-proof-ship.html>, staženo 11. 12. 2020.

Summary

Marine fuels after 2020 III

Dominik Schlehöfer, Aleš Vráblik, Radek Černý

On 1st January 2020, a drastic change came into force to reduce the maximum permitted sulphur content of marine fuels from 3.5 % wt. to 0.5% wt. for the deep sea and oceans. This change had an impact not only on the shipping industry, but also on the entire refining sector, be it oil marketers, refineries, traders and manufacturers of fuels and end-user additives. In 2017 and 2018, the situation regarding marine fuels and the impending IMO 2020 changes was mapped out in the articles "Marine Fuels Post-2020" and "Marine Fuels Post-2020 II" published in Paliva journal. These publications are directly followed by the present article, which summarises the current data (as of early 2021) and experience from the past year, the first year of implementation of IMO 2020. The article describes how vessel operators have coped with this drastic reduction of the maximum sulphur content of marine fuels, as well as the economic consequences of this change.