

## EKOLOGICZNE ASPEKTY WYKORZYSTANIA POJAZDÓW SZYNOWO-DROGOWYCH W TRANSPORCIE

### Streszczenie

W artykule dokonano oceny wykorzystania pojazdów szynowo-drogowych do prowadzenia prac manewrowych względem zwyczajowo stosowanych lokomotyw manewrowych o napędzie spalinowym. Skupiono się na aspektach ekologicznych – emisji toksycznych substancji w spalinach. Przedstawiono w nim między innymi przykładowe wyniki badań toksyczności spalin pojazdów kolejowych użytkowanych w Polsce, przeznaczonych do transportu masowego. W celu dokonania analizy właściwości ekologicznych tego typu pojazdów, przeprowadzono pomiary emisji spalin w warunkach ich rzeczywistej eksploatacji (mobilna aparatura naukowo-badawcza) oraz w warunkach stacjonarnego testu badawczego ISO 8178-F.

### WSTĘP

Tłokowe silniki spalinowe są stosowane przede wszystkim w takich pojazdach kolejowych, jak: lokomotywy manewrowe i towarowe, wagony motorowe, spalinowe zespoły trakcyjne (szynobusy) oraz pojazdy pomocnicze. W mniejszych z nich są montowane typowe silniki stosowane w ciężkich pojazdach użytkowych, natomiast w dużych pojazdach kolejowych – silniki o mocy rzędu nawet kilku tysięcy kilowatów. Stąd też eksploatacja tego rodzaju pojazdów transportu masowego może powodować dużą energochłonność i znaczną emisję zanieczyszczeń, i dlatego należy zwracać szczególną uwagę na kwestie zmniejszania ich negatywnego oddziaływania na środowisko. Bardzo istotne znaczenie ma w tym względzie emisja związków toksycznych, zwłaszcza z tych pojazdów poruszających się w centrach miast (lokomotywy manewrowe na dworcach kolejowych, szynobusy), gdzie w ich bliskim otoczeniu przemieszcza się duża liczba osób.

Celem artykułu była przede wszystkim ocena zastosowania pojazdów szynowo-drogowych do prowadzenia prac manewrowych, zamiast stosowanych powszechnie w kolejnictwie spalinowych lokomotyw manewrowych. Skupiono się głównie na aspektach ekologicznych – emisji do atmosfery toksycznych składników gazów wylotowych silników. W celu dokonania analizy oddziaływania środowiskowego ww. pojazdów wykonano badania przy wykorzystaniu mobilnej aparatury naukowo-badawczej podczas rzeczywistego użytkowania tych pojazdów (procedura RDE – Real Driving Emission).

### 1. LOKOMOTYWY MANEWRÓWE

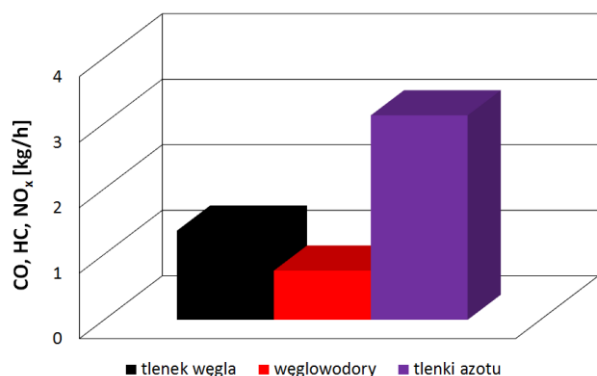
Do rozrządzenia wagonów kolejowych na bocznicach, czy też terminalach przeładunkowych oraz do operowania na dworcach kolejowych w Polsce, wykorzystywane są przeważnie spalinowe lokomotywy manewrowe (rys. 1). Pojazdy te, z racji swojego wieku i znacznego zużycia eksploatacyjnego, charakteryzują się często niekorzystnymi właściwościami ekologicznymi i ekonomicznymi. Objawia się to m.in. w postaci dużej zawartości substancji toksycznych w emitowanych spalinach (jednostki napędowe tych lokomotyw były poddawane homologacji kilkadziesiąt lat temu; rys. 2) oraz dużej energochłonności ruchu.



Rys. 1. Lokomotywa SM42 [10]

Na krajowych liniach kolejowych użytkowanych jest współcześnie 12 serii normalnotorowych lokomotyw spalinowych o różnych mocach silnika: od 110 kW do 2200 kW. Wśród lokomotyw manewrowych wyszczególnić można 7 serii, z czego 4 są produkcji polskiej (SM03 – 40 sztuk, SM30 – 167, SM31 – 156 oraz SM42 – 1087) [1–4]. Jak wskazują analizy [8], rocznie liczba lokomotyw spalinowych, zarówno w Polsce, jak i pozostałych krajach Unii Europejskiej maleje wskutek zastępowania ich przez lokomotywy elektryczne.

Jednym ze sposobów na zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko pojazdów kolejowych dedykowanych dla ruchu manewrowego może być upowszechnianie układów napędu hybrydowego do użytkowanych obecnie lokomotyw spalinowych. Mogłoby to przynieść zarówno znaczące efekty ekologiczne, jak i ekonomiczne [9]. Gruntownej modernizacji w aspekcie hybrydyzacji układu napędowego, wobec dużej liczby spalinowych lokomotyw manewrowych eksploatowanych w Polsce, należałoby poddać przede wszystkim lokomotywy serii SM42 oraz typu TEM2 (SM48) i 401Da. Szczegółowa analiza eksploatacyjna tych lokomotyw wykazała bowiem m.in. ich małą obciążalność, zwłaszcza w trakcie realizacji prac manewrowych. Udział czasu pracy silnika na biegu jałowym wynosi wtedy nawet około 80% [5]. Wskazaniem byłoby więc doposażenie ww. typu lokomotyw w zasobniki energii o dużej wydajności. Dałoby to w konsekwencji możliwość zastosowania nowoczesnych jednostek napędowych o mniejszej: mocy, emisji toksycznych związków w spalinach i energochłonności.



Rys. 2. Natężenie emisji związków toksycznych określone dla lokomotywy SM42

## 2. POJAZDY SPECJALNE

### 2.1. Ciągniki szynowo-drogowe

Efektywnym sposobem na zmniejszenie negatywnego, wobec środowiska, oddziaływania lokomotyw spalinowych w trakcie wykonywania prac manewrowych może być ich sukcesywne zastępowanie pojazdami specjalnymi, w tym głównie szynowo-drogowymi. Polskie pojazdy tego typu są budowane przede wszystkim na bazie ciągników rolniczych lub samochodów użytkowych (lekkich i ciężkich). Pojazd drogowy osiąga cechy pojazdu dwudrogowego po wyposażeniu go w szynowy układ jezdny, który umożliwia mu jazdę po torach tramwajowych i/lub kolejowych.

Cechy konstrukcyjne, a przede wszystkim duża mobilność pojazdów szynowo-drogowych, zdecydowały o coraz szerszym ich zastosowaniu na krajowych i europejskich szlakach kolejowych przez wielu dysponentów torów (oprócz kolejowych także dysponentów torów tramwajowych). Datowany od lat 80. ub. wieku rozwój polskich pojazdów dwudrogowych, zaowocował opracowaniem konstrukcji kilku rozwiązań szynowych układów jezdnych, które znalazły szerokie zastosowanie w seryjnie produkowanych pojazdach samochodowych o zróżnicowanej ładowności i ciągnikach rolniczych. W konsekwencji dało to duże możliwości prowadzenia w Polsce stałej produkcji pojazdów szynowo-drogowych o różnym przeznaczeniu i zastosowaniu. W ostatnich latach największą popularnością cieszą się ciągniki szynowo-drogowe do prowadzenia różnorodnych prac manewrowych.

Przykładem wspomnianego powyżej ciągnika szynowo-drogowego jest Orion Crystal 13, przeznaczony na tor normalny i szeroki oraz wyposażony w hamulec do hamowania składem doczepionych wagonów (rys. 3). Przedmiotowy ciągnik budowany jest na zespołach napędowych ciągnika rolniczego Ursus 1224 i ma napęd na dwie osie, co zwiększa jego możliwości trakcyjne na torze po jego adaptacji na ciągnik szynowo-kołowy. Wyposażono go między innymi w szynowy układ jezdny oraz przedni i tylny układ pociągowo-zderzny. Jak już wspomniano ciągnik szynowo-drogowy Orion Crystal 13, może być wyposażony w pneumatyczny układ hamulcowy do hamowania składem doczepionych wagonów (wersja wzbogacona).

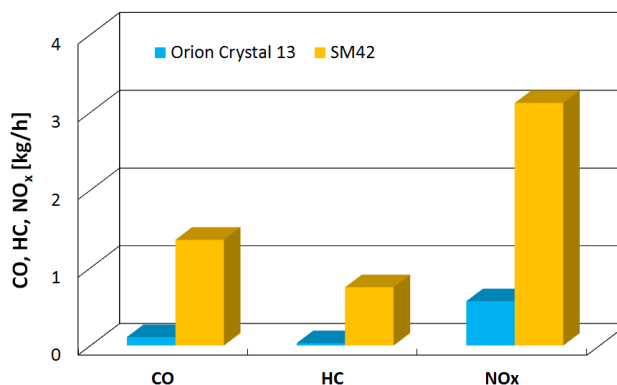


Rys. 3. Ciągnik szynowo-kołowy Orion Crystal 13 [11]

Do zalet specjalnych pojazdów szynowo-drogowych w postaci ciągników, w porównaniu z lokomotywami manewrowymi typu SM42, należy głównie zaliczyć [6]: 3-krotnie lepsze właściwości trakcyjne, 3-krotnie niższą cenę zakupu ciągnika szynowo-kołowego w stosunku do ceny najtańszej lokomotywy, 6-krotnie niższe koszty eksploatacji ciągnika, możliwość adaptacji użytkowanych pojazdów drogowych na pojazdy szynowo-drogowe, możliwość prowadzenia pojazdów bez uprawnień kolejowych na bocznicach własnych.

Przeprowadzone badania w warunkach rzeczywistego użytkowania (procedura RDE) porównywanych pojazdów wskazują ponadto na liczne korzyści ekologiczne płynące z zastosowania ciągników szynowo-drogowych do prac manewrowych. Uzyskane wartości natężenia emisji związków toksycznych w spalinach (tlenku węgla, węglowodorów i tlenków azotu), określone dla ciągnika szynowo-kołowego, zestawiono z wartościami obliczonymi dla lokomotywy manewrowej SM42 (rys. 4). Należy wskazać, że wyliczeń dokonano przy założeniu, że ciągnik szynowo-kołowy ma pięciokrotnie zwiększone czasy przetoków, wymuszone dopuszczalną liczbą ciągniętych wagonów, a więc w efekcie pięciokrotnie dłuższy czas pracy względem analizowanej lokomotywy spalinowej.

Analiza pracy lokomotywy manewrowej SM42 i ciągnika szynowo-drogowego Orion Crystal 13 wykazuje znacznie mniejsze wartości natężenia emisji wszystkich gazowych związków toksycznych do atmosfery w przypadku tego drugiego pojazdu. Największa różnica w masie wyemitowanych na godzinę zanieczyszczeń w spalinach wyniosła aż 95% (węglowodory). Na podstawie wykonanych pomiarów emisyjności w warunkach RDE należy stwierdzić, iż pomimo wydłużenia czasu pracy ciągnika szynowo-kołowego Orion Crystal 13 podczas 2 godzin pracy lokomotywy SM42 można zaoszczędzić: ponad 2 kg CO, 1,5 kg HC oraz 5 kg NO<sub>x</sub> [6].



Rys. 4. Wyniki badań toksyczności spalin w warunkach pracy manewrowej [6]

## 2.2. Samochody szynowo-drogowe

W porównaniu do omówionego w poprzednim podrozdziale ciągnika szynowo-drogowego, pojazdem o większej masie obsługiwanego składu jest przystosowany do ruchu kolejowego samochód użytkowy o nazwie Unimog (rys. 5). Może on być wykorzystywany m.in. do następujących czynności: przetaczania wagonów, utrzymania sieci trakcyjnej, naprawy torowisk, wymiany nawierzchni, czyszczenia, odśnieżania, badań diagnostycznych, ratownictwa technicznego.

W samochodzie szynowo-drogowym Unimog U423, zaprezentowanym na ubiegłorocznych targach InnoTrans w Berlinie, zastosowano najnowsze rozwiązania technologiczne przeznaczone do pojazdów wielozadaniowych. Nowy Unimog wyprodukowany przez koncern Daimler AG (firma Mercedes-Benz) spełnia wymogi najnowszej normy emisji spalin Euro VI. Do tego celu wykorzystano zarówno nowoczesne rozwiązania silnikowe, jak i pozasilnikowe – zaawansowane układy oczyszczania spalin. Porównywalnie niższe koszty zakupu przedmiotowego pojazdu czynią go korzystną alternatywą wobec konwencjonalnych lokomotyw manewrowych. Dotychczasowi użytkownicy określają zużycie paliwa przez samochód Unimog U423 na poziomie ok. 5–6 dm<sup>3</sup> oleju napędowego na godzinę pracy [7].

Unimog U423, dzięki dużej mocy silnika wynoszącej 170 kW, umożliwia prowadzenie prac manewrowych o łącznej maksymalnej masie obsługiwanego składu 1000 Mg. Możliwe jest to również dzięki wykorzystaniu dużego współczynnika tarcia między oponami a szynami, co z kolei zapewnia właściwą trakcję. Dzięki компакт- wymiarom osi samochód ten nie potrzebuje osobnego napędu na szyny i może operować na różnych szerokościach torów. Hydrauliczny system opuszczania układu prowadzącego pozwala na bezpieczne przyłączenie się do torów na prostym odcinku o długości 5 m (rys. 6). System ten zapewnia stabilną i bezpieczną jazdę zarówno na prostych odcinkach linii kolejowych, jak również w ciasnych łukach o promieniu równym lub mniejszym niż 17 m. Unimog U423, w wersji przeznaczonej do prac manewrowych, jest wyposażony w system hamowania firmy Knorr-Bremse, wykorzystujący sprężone powietrze do zatrzymywania pojazdu pod dużym obciążeniem. Opisany samochód posiada napęd na cztery koła oraz skrzynię przekładniową z 8 biegami w przód i 8 wstecznymi, które pozwalają na osiągnięcie maksymalnej prędkości jazdy na torach wynoszącej 50 km/h (zarówno do przodu, jak i do tyłu). Zamontowany w pojeździe system EasyDrive pozwala na łatwą zmianę między napędem hydrostatycznym a przekładnią mechaniczną w czasie prowadzonej jazdy [7].



Rys. 5. Mercedes-Benz Unimog U423 w trakcie wykonywania prac manewrowych [12]



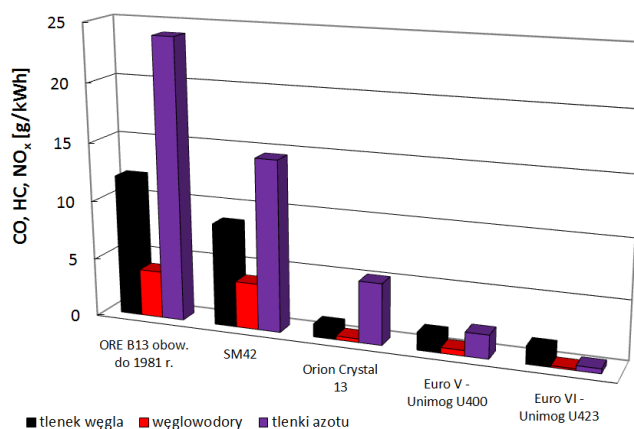
Rys. 6. Fragment układu hydraulicznego zastosowanego w samochodzie U423 [12]

## PODSUMOWANIE

Prezentowane możliwości zamiany tradycyjnych pojazdów kolejowych w postaci lokomotyw manewrowych na lekkie pojazdy szynowo-drogowe o różnorodnym zastosowaniu, wpisują się w aktualnie dominujące kierunki prac naukowo-badawczych i trendy ekologiczne, dotyczące środków transportu masowego.

Na potrzeby oceny, podjętej w artykule, oprócz badań toksyczności spalin w warunkach rzeczywistej eksploatacji lokomotyw manewrowych i pojazdów szynowo-drogowych, wykonano także badania stanowiskowe. Wartości emisji jednostkowej (rys. 7) poszczególnych związków toksycznych w spalinach określono między innymi w wyniku przeprowadzenia pomiarów emisji zanieczyszczeń według 3-fazowego testu ISO 8178-F na oporniku wodnym.

Zaprezentowane wyniki badań i analiz pojazdów transportu masowego wskazują zwłaszcza na bardzo intensywne negatywne oddziaływanie wiekowych lokomotyw manewrowych na środowisko naturalne. Korzystnie natomiast przedstawia się sytuacja dotycząca zastępowania tego rodzaju lokomotyw specjalnymi pojazdami szynowo-drogowymi, przykładowo ciągnikami szynowo-kołowymi. Największe zyski ekologiczne dotyczą emisji jednostkowej CO i HC – nawet 10-krotne zmniejszenie w przypadku ciągnika w stosunku do lokomotywy. Na uwagę zasługuje także fakt ponad 70-procentowego zmniejszenia emisji NO<sub>x</sub>, wtedy gdy prace manewrowe są prowadzone ciągnikiem szynowo-drogowym a nie stosowną lokomotywą.



Rys. 7. Wartości emisji jednostkowej na tle unormowań legislacyjnych [6]

## BIBLIOGRAFIA

1. Bolewski S., Kowalczyk E., *Lokomotywy spalinowe serii SM42 i SP42*. WKiŁ, Warszawa 1986.
2. Gronowicz J., *Ochrona środowiska w transporcie lądowym*. Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1996.
3. Gronowicz J., Kasprzak B., *Lokomotywy spalinowe*. WKiŁ, Warszawa 1989.
4. Krzemieniecki A., *Tabor kolejowy*. WKiŁ, Warszawa 1976.
5. Marciniak Z., Jakuszko W., *Koncepcja polskiej lokomotywy spalinowej z hybrydowym układem napędowym*. XX Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Pojazdy Szynowe 2012” – Poznań.
6. Marciniak Z., Stawecki W., Pielecha I., Pielecha J., *Ekologiczne aspekty spalinowych pojazdów szynowych eksploatowanych na krajowych liniach kolejowych*. Logistyka, nr 4, 2010.
7. Materiały koncernu Daimler: [www.daimler.com](http://www.daimler.com), [www.mercedes-benz.com](http://www.mercedes-benz.com) (dostęp z dnia 13.07.2015).
8. Materiały Polskich Kolei Państwowych.
9. Medwid M., *Hybrydowe pojazdy kolejowo-drogowe zaprojektowane i wytwarzane w Polsce*. Technika Transportu Szynowego, 7–8/2005, s. 45–53.
10. [www.fablok.com.pl](http://www.fablok.com.pl) (dostęp z dnia 20.09.2015).
11. [www.truck.pl](http://www.truck.pl) (dostęp z dnia 20.09.2015).
12. [www.zwiehoff.com](http://www.zwiehoff.com) (dostęp z dnia 24.07.2015).

## ECOLOGICAL ASPECTS OF THE USE OF ROAD-RAIL VEHICLES IN TRANSPORT

### *Abstract*

*The article assesses the use of road-rail vehicles for shunting works in terms of commonly used shunting locomotives powered by combustion engines. The focus is on ecological aspects – the emission of toxic substances in exhaust gases. It presents, among others, an example of the results of exhaust emissions tests for railway vehicles used in Poland for mass transport. In order to analyze the ecological characteristics of this type of vehicle emission measurements were carried out under real conditions (mobile research apparatus) and under steady research test ISO 8178-F.*

Autorzy:

dr hab. **Agnieszka Merkisz-Guranowska**, prof. PP – Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, [agnieszka.merkisz-guranowska@put.poznan.pl](mailto:agnieszka.merkisz-guranowska@put.poznan.pl)

dr inż. **Maciej Andrzejewski** – Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu, [m.andrzejewski@tabor.com.pl](mailto:m.andrzejewski@tabor.com.pl)

dr inż. **Paweł Daszkiewicz** – Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu, [p.daszkiewicz@tabor.com.pl](mailto:p.daszkiewicz@tabor.com.pl)

mgr inż. **Hanna Stawecka** – Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu, [sthania@wp.pl](mailto:sthania@wp.pl)