

Krzysztof Zdziarski
Prezes Zarządu
PESA Bydgoszcz S.A

Wodorowe pojazdy szynowe w kontekście doświadczeń PESA i prognoz rozwoju rynku z uwzględnieniem cen i kosztów eksploatacji.

Cele klimatyczne związane z programami unijnymi wymagają zmiany polityki energetycznej państw członkowskim, a transformacja energetyczna powinna również uwzględniać transport, a w szczególności kolej jako obszary, które w znaczącym stopniu mogą przyczynić się do ograniczenia emisji CO₂.

Decyzją Komisji Europejskiej w obecnej perspektywie przewoźnicy kolejowi, zarówno ogólnokrajowi, jak i regionalni nie otrzymają dofinansowania do zakupu pojazdów spalinowych. Wszystkie nowe pociągi wprowadzane do ruchu muszą być bezemisyjne, czyli zasilane z trakcji elektrycznej, a na liniach niezelektryfikowanych z baterii lub ogniw wodorowych.

To duże wyzwanie dla operatorów infrastruktury, przewoźników i producentów taboru, ale także firm energetycznych i rządów odpowiedzialnych za strategiczną infrastrukturę. Planując dzisiaj inwestycje w nowe źródła energii czy linie kolejowe musimy uwzględniać większe zapotrzebowanie kolei na energię elektryczną potrzebną do zasilania bezemisyjnych pociągów kolei dużych prędkości, ale także niezbędną do wytworzenia wodoru czy ładowania baterii pojazdów regionalnych.

Już dzisiaj warto rozmawiać w kontekście transformacji energetycznej o współpracy przy produkcji i dystrybucji wodoru oraz budowie sieci stacji tankowania, zarówno dla pociągów, jak i autobusów czy samochodów osobowych zasilanych wodorem. Jeszcze kilka lat temu wydawało się, że samochody czy pociągi zasilane wodorem to mrzonka, marzenie ekologów – dzisiaj to nasza rzeczywistość. UE inwestuje w programy wodorowe dziesiątki miliardów euro, a zasilane z ogniw wodorowych samochody czy pociągi wjeżdżają do naszych regionów.

Jedną z firm, która odpowiedziała na to technologiczne wyzwanie i zajęła się implementacją napędów wodorowych do pojazdów szynowych jest PESA, która z własnych środków finansowych, jako pierwsza w Europie firma opracowała i wyprodukowała całkowicie bezemisyjną, wodorową lokomotywę manewrową, a w tej chwili pracuje nad projektem pasażerskiego pociągu, który będzie mógł być zasilany zarówno z trakcji elektrycznej, jak i ogniw wodorowych.

PESA przy implementacji technologii wodorowych do pojazdów szynowych nawiązała współpracę z PKN ORLEN. Produkty i strategie w obszarze bezemisyjności obu stron są względem siebie komplementarne – wzrost sprzedaży pojazdów trakcyjnych generuje znaczące zapotrzebowanie na wodór. Cel partnerskiego projektu to uzyskanie nowych zdolności

rozwojowych poprzez budowę pojazdów szynowych napędzanych wodorem i produkcja wodoru o właściwych parametrach dla ich napędu. W toku dyskusji nad architekturą współpracy strony postanowiły, iż porozumienie technologiczne zaczną od modernizacji lokomotywy SM42, by w drugim etapie w sposób płynny przejść do budowy nowych pojazdów szynowych zasilanych wodorem - lokomotywy manewrowej oraz pojazdu pasażerskiego. W przypadku nowych pojazdów innowacyjność napędu zastosowanego przez PESA polegać będzie na wprowadzeniu dwu niezależnych źródeł zasilania elektrycznych silników trakcyjnych - sieci trakcyjnej i ogniw wodorowych. Do tej pory żaden z producentów taboru nie zastosował w pojazdach szynowych tego typu rozwiązania.

Manewrowa lokomotywa wodorowa SM42-6Dn

Modernizacja Sm42 polegała na zmianie napędu ze spalinowego na elektryczny z baterią LTO doładowaną prądem z ogniw paliwowych zasilanych wodorem. Na potrzeby pilotażowej modernizacji PESA zakupiła z PKP Cargo SA lokomotywę SM42-1129, z której w procesie modernizacji wykorzystano tylko ostojnicę i ramy wózków. Wszystkie pozostałe podzespoły są fabrycznie nowe. Dotyczy to również zupełnie nowego okablowania i zupełnie nowej instalacji dla układu pneumatycznego. Ponadto zgodnie z wytycznymi Koltransu modernizowany pojazd został dodatkowo wyposażony w następujące innowacyjne systemy:

1. System monitoringu, który będzie się składać z następujących urządzeń:
 - kamer szlaku
 - kamer sprzęgu
 - kamery maszynisty z mikrofonem
 - terminala do obsługi i podglądu kamer
 - rejestratora monitoringu
 - anteny dodatkowej
2. System wykrywania przeszkód
 - lidar
 - kamery termowizyjne
3. System zdalnego sterowania radiowego:
 - pilot zewnętrzny umożliwiający jednoosobową obsługę składów manewrowych

Kolejną nowością modernizowanej lokomotywy jest umieszczenie kabiny maszynisty w środku pojazdu oraz zupełnie nowy design całego pojazdu, już doceniony przez Instytut Wzornictwa Przemysłowego nagrodą „Dobry Wzór 2021”. Podkreślenia wymaga również fakt, że wszystkie podzespoły zastosowane w procesie modernizacji pochodzą od renomowanych producentów, co ma istotne znaczenie dla bezawaryjnej pracy po modernizacji, ale też istotnie wpływa na cenę modernizacji.

Kluczowi poddostawcy:

- ABB /napęd trakcyjny, bateria trakcyjna/
- TSA /silniki trakcyjne/
- Ballard /ogniwa paliwowe/
- Knorr /hamulec/
- Stako /zbiorniki wodoru Worthington Industries/

Uzgodnione z Koltransem parametry techniczno-eksploatacyjne modernizowanej lokomotywy są w pełni skorelowane z wynikami pomiarów obciążenia pracą trakcyjną, jaką na bocznicach w Płocku wykonują lokomotywy serii SM42, a prace projektowe poprzedziła szczegółowa obserwacja, pomiary i analiza realnej pracy tych lokomotyw na terenie petrochemii. Takie podejście do wyznaczenia parametrów modernizowanej lokomotywy spowodowało, iż nowa SM42-6Dn jest precyzyjnie dopasowana do rzeczywistej wielkości pracy trakcyjnej, a zatem lokomotywę tą wykonano na miarę potrzeb występujących na bocznicach w Płocku.

Specyfikacja techniczna SM42 6Dn:	
Przeznaczenie	Prace manewrowe oraz prowadzenie lekkich pociągów towarowych
Maksymalna prędkość	90 km/h
Układ osi	Bo-Bo
Masa służbowa	Poniżej 70t
Moc ogniwa wodorowego	2x85 kW
Zużycie paliwa	Poniżej 0.08 kg/kWh
Napięcie pracy DC zasilania	Poniżej 800V
Silnik trakcyjny	Asynchroniczny 4x180 kW
Pojemność baterii pośredniczącej	Powyżej 160 kWh
Typ zbiornika wodoru	Kompozytowy typu III // 35 MPa
Pojemność zbiorników	175 kg wodoru
Temperatura pracy	-40°C do +85°C
Szybkość tankowania	do 120 g/s
System Sterowania Radiowego	Tak
System Rozpoznawania Przeszkód	Tak

Tabela 1. SM42-6Dn – podstawowe dane techniczne.



Wykres 1. Charakterystyka trakcyjna - porównanie: klasyczna SM42 vs. SM42-6Dn.

Osiągnięcie założonych parametrów trakcyjnych potwierdziły nie tylko testy przeprowadzone na torze Instytutu Kolejnictwa w Żmigrodzie, ale również pierwsze prace eksploatacyjne na terenie bocznicy kolejowej, gdzie SM42-6Dn była sprawdzona w realnej pracy manewrowej i zestawianiu składów intermodalnych.

Dla przyszłości wodorowych lokomotyw PESA manewrowych kluczowe znaczenie miało świadectwo dopuszczenia SM42-6Dn wydane przez Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego w dniu 5 czerwca 2023 roku. Dopuszcza ono eksploatację lokomotywy wodorowej na terenie bocznic i ruchu lokalnym na sieci PLK. Najbliższe dwa lata to zarówno dla pierwszego użytkownika, czyli Koltransu, jak i zespołu projektowego PESA oraz Instytutu Kolejnictwa czas eksploatacji obserwowanej lokomotywy.

Już pierwsze reakcje rynku na informację o dopuszczeniu SM42-6Dn do eksploatacji przez UTK potwierdzają zasadność obranego przez PESA kierunku – pojawiły się pierwsze, konkretne zapytania ofertowe od przewoźników, którzy są zainteresowani wprowadzeniem do eksploatacji manewrowych lokomotywy wodorowych. Co jeszcze bardziej interesujące – są to przewoźnicy dysponujący lokomotywami SM42, które powinny w najbliższym czasie przejść przeglądy P4 lub P5, a ich właściciele stanęli przed dylematem – modernizować te lokomotywy w oparciu o napęd spalinowy, czy zdecydować się na modernizację do napędu wodorowego, co oznaczać będzie pozyskanie po modernizacji całkowicie bezemisyjnych lokomotyw manewrowych. Odpowiadając na zainteresowanie rynku PESA przygotowała ofertę modernizacji spalinowych lokomotyw SM42 do napędu wodorowego, a oferta obejmuje nie tylko dostawę SM42-Dn, ale również rozwiązania gwarantujące dostawę wodoru, infrastruktury tankowania, a nawet ekosystemów dających możliwość wytwarzania wodoru do zasilania własnych pojazdów przez przewoźnika, z wykorzystaniem OZE. Wszystko wskazuje na to, że kolejne zmodernizowane

wodorowe SM42-6Dn wyjadą na polskie tory już na początku 2025 roku. Biorąc pod uwagę dynamikę rozwoju technologii wodorowych w Polsce dzisiaj z całą pewnością można stwierdzić, że w 2025 roku nie będzie na krajowym rynku żadnych problemów z zapewnieniem dostaw wodoru do pojazdów szynowych. Tezę tą potwierdzają uruchamiane huby wodorowe, pierwsze stacje tankowania wodoru dla odbiorców indywidualnych i transportu autobusowego oraz projekty, rozpoczęte i realizowane przez największe polskie podmioty na rynku paliw i energii.

Warto również przyjrzeć się sytuacji lokomotyw manewrowych na polskim rynku w kontekście dekarbonizacji transportu i oczekiwanej roli, jaką w tym procesie ma i może odegrać kolej.

Według danych UTK w tej chwili w Polsce mamy zarejestrowane 674 sztuki lokomotyw manewrowych, z których 211 musi mieć do końca 2025 wykonane naprawy główne lub modernizacje. Jeśli przyjmiemy, że jedna spalinowa lokomotywa manewrowa spala dziennie ok. 500 kg ON to emituje ona prawie 0,5 tony CO₂ rocznie. Oznacza to, że rezygnacja z silników spalinowych i modernizacja 211 lokomotyw do napędu wodorowego może przynieść ograniczenie emisji CO₂ o ponad 100 ton rocznie. Efekt ekologiczny tego procesu może mieć spore znaczenie przy podejmowaniu decyzji o wsparciu modernizacji taboru zarówno ze środków unijnych, jak i krajowych funduszy związanych z ochroną środowiska.

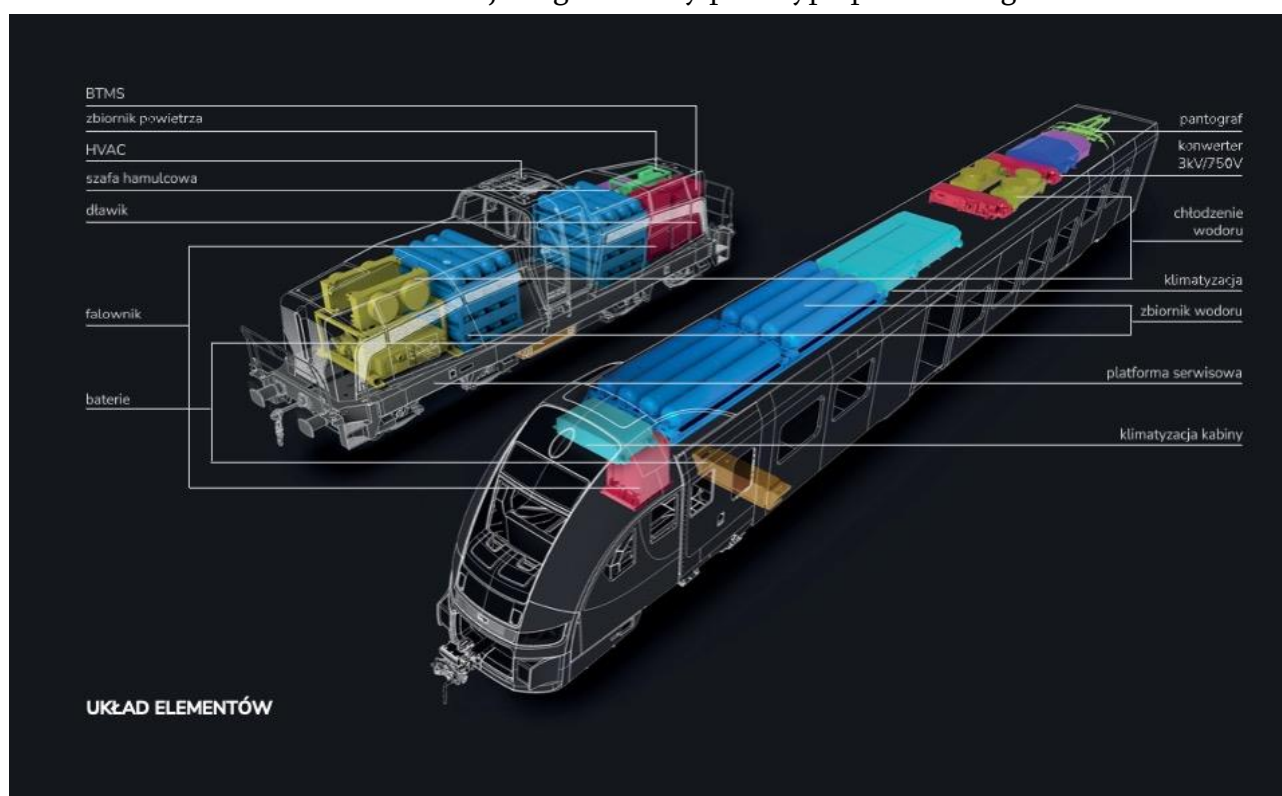
Nowa lokomotywa bezemisyjna dedykowana do regionalnego ruchu pociągowego

Jednym z obszarów związanych z transportem, który najszybciej rozpoczął działania zmierzające do ograniczenia emisji CO₂ są porty i terminale intermodalne. Coraz więcej portów morskich przystępuje do projektu Green Ports, który zakłada między innymi całkowite wyeliminowanie wykorzystania zasilanych dieslem urządzeń portowych – suwnic, wózków czy lokomotyw manewrowych. To powód do satysfakcji, że opracowana przez polskich konstruktorów wodorowa lokomotywa manewrowa idealnie wpisuje się w potrzeby operatorów kolejowych pracujących w portach morskich czy terminalach intermodalnych. Co ważne – ma ona dokładnie takie same parametry trakcyjne /techniczne/ jak lokomotywy spalinowe, które ma zastąpić – z jedną, ale jakże istotną różnicą – ta wodorowa jest całkowicie bezemisyjna.

Właśnie dlatego zespół projektantów PESA po analizie rynku oraz cyklu spotkań z krajowymi i zagranicznymi przewoźnikami intermodalnymi oraz operatorami kolejowymi terminali portowych zarekomendował rozpoczęcie prac nad nową platformą bezemisyjnych lokomotyw manewrowych wykorzystujących trzy typy zasilania: trakcja elektryczna + ogniwo wodorowe, ogniwo wodorowe oraz bateria. Po analizie potrzeb rynku zdecydowano, że pierwszym typem lokomotywy, który powstanie w ramach platformy będzie ta wykorzystująca alternatywnie dwa źródła zasilania – trakcję elektryczną i ogniwa wodorowe. Prototyp takiej lokomotywy, przygotowany do homologacji nie tylko na rynku krajowym, ale także rynkach europejskich powinien być gotowy w 2025 roku.

PESA Regio 160 HEMU, czyli pasażerski pojazd szynowy zasilany z trakcji elektrycznej i ogniów wodorowych.

Zgodnie z przyjętą strategią jednocześnie z pracami nad nową manewrową lokomotywą wodorową PESA przystąpiła do prac nad projektem bezemisyjnego pojazdu pasażerskiego przeznaczonego do ruchu regionalnego, zarówno na liniach zelektryfikowanych, jak i bez sieci trakcyjnej. Kluczowym elementem strategii wodorowej PESA było założenie, że zebrane podczas prac nad lokomotywą manewrową doświadczenia oraz opracowane rozwiązania techniczne zostaną wykorzystane w budowie prototypu pojazdu pasażerskiego. W praktyce oznaczało to takie podejście do projektowania rozwiązań technologicznych, by z zachowaniem skali, dało się je implementować w kolejnych pojazdach. Konsekwencją takie podejścia będzie znaczące skrócenie okresu badawczo – rozwojowego budowy prototypu pasażerskiego.



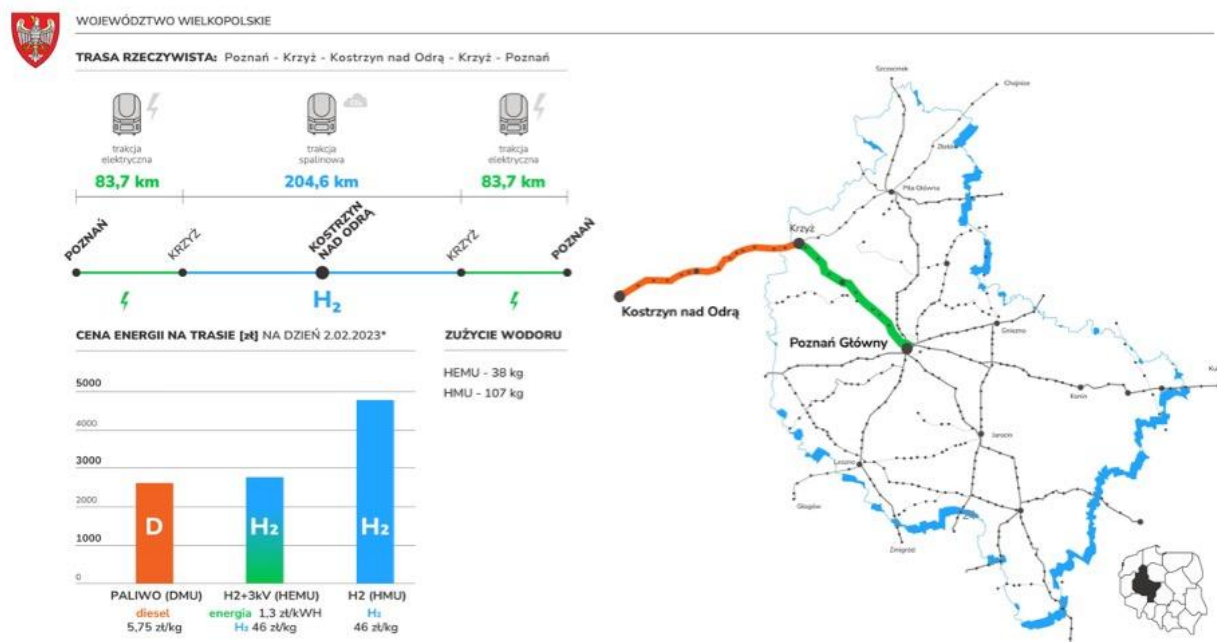
Grafika 1. Wykorzystanie rozwiązań napędu wodorowego Sm42-6Dn w budowie prototypu pasażerskiego pojazdu PESA Regio160 HEMU zasilanego z trakcji elektrycznej i ogniów wodorowych.

Zaproponowane przez zespół projektowy PESA rozwiązanie zakłada zasilanie elektrycznego zespołu trakcyjnego z dwu źródeł – sieci trakcyjnej i ogniów wodorowych. Na wybór ogniów wodorowych, a nie baterii jako drugiego źródła energii elektrycznej wpływ miało kilku czynników. Zastosowanie baterii ma uzasadnienie na odcinkach niezelektryfikowanych linii o długości do 40 km. Na liniach dłuższych masa baterii, które trzeba by montować w pojazdach oraz czas ich ładowania i moc niezbędna do ładowania praktycznie przekreślają zasadność ich

stosowania, zwłaszcza w Polsce, gdzie przewozy regionalne realizowane są w zdecydowanej większości na zdecydowanie dłuższych odcinkach linii niezelektryfikowanych.

Zasilanie z trakcji i ogniw wodorowych wydaje się rozwiązaniem najlepiej odpowiadającym krajowym realiom, zwłaszcza w kontekście braku dofinansowania ze środków zakupu pojazdów spalinowych jako emisyjnych, co w praktyce oznacza rezygnację większości przewoźników i samorządów regionalnych z zakupu hybryd elektryczno – spalinowych.

Ciekawe wnioski przyniosła symulacja porównująca koszty eksploatacji trzech typów pojazdów: z silnikiem diesla, z ogniwem wodorowym oraz z pantografem i ogniwem wodorowym /rozwiązanie PESA/ na trasach łączących przejazd po liniach zelektryfikowanych i niezelektryfikowanych. W tej chwili większość takich połączeń w Polsce obsługują pojazdy spalinowe pokonujące całość trasy. Najbardziej znana linią tego typu w Polsce jest trasa Gdynia – Reda – Hel, którą SM42 6Dn wraz z wagonem pasażerskim pokonała bez przeszkód z 9 na 10 sierpnia 2023 roku. Na potrzeby tego tekstu wybraliśmy inne połączenie o podobnym układzie trakcja / brak trakcji, a mianowicie trasę Poznań – Gorzów – Krzyż – Kostrzyn. Linia ta jest zelektryfikowana na odcinku Poznań – Krzyż, a niezelektryfikowana na odcinku Krzyż – Kostrzyn. W tym przypadku połączenie jest w całości obsługiwane przez spalinowy zespół trakcyjny. W analizie porównawczej poddano rzeczywiste zużycie energii przez pojazdy na tym odcinku w odniesieniu do jej kosztów w przypadku pojazdu spalinowego, wodorowego i wodorowego z pantografem.



Grafika 2. Porównanie kosztów przejazdu pojazdu spalinowego, wodorowego i wodorowego z pantografem na linii częściowo zelektryfikowanej.

W obliczeniach przyjęto rzeczywiste ceny diesla, energii elektrycznej i wodoru na dzień 2 lutego 2023. Analiza symulacji pokazała, że już dzisiaj na takiej i podobnych trasach koszty energii niezbędnej do realizacji przejazdu są w przypadku bezemisyjnego pojazdu zasilanego z trakcji i ogniw wodorowych porównywalne do kosztów pojazdu spalinowego, a najwyższy koszty miałby przejazd tą trasą pojazdem zasilanym wyłącznie z ogniw wodorowych. Warto również uwzględnić jeszcze jeden aspekt związany organizacją siatki połączeń z wykorzystaniem całej floty - pojazd HEMU zasilany zarówno z trakcji elektrycznej, jak i ogniw wodorowych ma zalety klasycznej 'hybrydy' – pozwala zupełnie inaczej, zdecydowanie efektywnie planować obiegi dla poszczególnych składów, co w konsekwencji może pozytywnie wpłynąć na wykorzystanie floty i rentowność przewozów regionalnych.

Bezemisyjny towarowy ruch pociągowy jako wyzwanie.

Zdecydowana większość przewoźników towarowych w Europie ma świadomość nieuchronności zachodzących zmian związanych z dekarbonizacją transportu kolejowego. Oznacza to w przyszłości konieczność zastąpienia spalinowych lokomotyw szlakowych lokomotywami bezemisyjnymi. Wydaje się, to właśnie jest największe wyzwanie dla producentów taboru z uwagi na fakt, że zarówno rozwiązania bateryjne, jak i wodorowe nie są na dzisiaj doskonałe. W przypadku napędów bateryjnych ograniczeniami koszty produkcji i utylizacji są niewspółmierne do osiągniętych efektów, a w przypadku napędów wodorowych największym wyzwaniem jest zmagazynowanie takiej ilości wodoru na pojeździe, aby lokomotywa mogła bez ograniczeń prowadzić ciężkie składy towarowe na długich trasach. Tempo rozwoju technologii wodorowych daje jednak nadzieję, że w nieodległej przyszłości ta bariera zostanie zlikwidowana.

W okresie przejściowym rosnąć będzie więc popularność lokomotyw dwunapędowych elektryczno – spalinowych, wykorzystujących silniki diesla spełniających najwyższe standardy związane z ochroną środowiska. Taką właśnie lokomotywą jest wyprodukowaną przez PESA we współpracy z PKP Intercity lokomotywa GAMA 111ED, która wzbudziła spore zainteresowanie przewoźników...

Wodorowe pojazdy szynowe – koszty eksploatacji, stan obecny, trendy i prognozy rynkowe.

Parametrem, który wzbudza największe wątpliwości przewoźników zainteresowanych manewrowymi lokomotywami wodorowymi są koszty ich zakupu i eksploatacji.

Cena lokomotywy z napędem wodorowym w sposób istotny odbiega od ceny nowych lokomotyw spalinowych o podobnych parametrach trakcyjnych. W przypadku nowych manewrowych lokomotyw spalinowych ceny kształtują się w przedziale 9 – 11 mln zł, natomiast koszty modernizacji SM42 na typ 6Dn jest wyższy od ceny w/w lokomotywy o ok 50%.

Ocena efektywności zakupu tych pojazdów jedynie w oparciu o kryterium ceny wydaje się jednak podejściem błędnym, zwłaszcza jeśli weźmiemy pod uwagę brak możliwości pozyskania dotacji z funduszy UE na zakup pojazdów spalinowych oraz wymagania związane z ograniczaniem śladu węglowego w transporcie. Co jednak ważniejsze rynek szynowych pojazdów wodorowych oraz wodoru jako paliwa dopiero się tworzy. Przejściowo podzespoły napędu wodorowego są relatywnie drogie z uwagi na ich niskoseryjny charakter produkcji. Zgodnie z prognozą zawartą w opracowaniu Deloitte Ballard do 2027 roku koszt podzespołów do napędu wodorowego będzie identyczny, a w kolejnych latach niższy niż do porównywalnego napędu spalinowego.

Pojazdy z napędem wodorowym zarówno w grupie autobusów jak i pojazdów szynowych powstają na bazie już istniejących konstrukcji i różnią się pomiędzy sobą tylko samym napędem i oczywiście ceną.

Z analizy dotychczas zawartych kontraktów wynika, że szynowe pojazdy z napędem wodorowym są droższe o około 50-60% od identycznych pojazdów z napędem spalinowym – porównanie dotyczy spalinowej Coradia Lindt w wersji 41,54,83 z wodorową Coradią Lindt w wersji 41,54,83. Każdy przedłożony przykład dotyczy pojazdów fabrycznie nowych.

Analizując koszty zakupu i eksploatacji pojazdów wodorowych warto wziąć pod uwagę wnioski zawarte w przygotowanym przez wspólny zespół Deloitte i Ballard raporcie *„Fueling the Future of Mobility. Hydrogen and fuel cell solutions for transportation”*. Jednoznacznie wynika z niego, że przewidywane TCO /total cost of operation/ przemawiają zdecydowanie na korzyść pojazdów wodorowych w porównaniu z bateryjnymi i spalinowymi.

Autorzy raportu podkreślają, że „... nawet przy zignorowaniu kluczowych jakościowych korzyści związanych z wodorem (tj. między innymi pełnej zeroemisyjności), przewiduje się, w ciągu najbliższych 10 lat że FCEV /pojazdy wodorowe/ staną się tańsze z punktu widzenia TCO w porównaniu z pojazdami na baterie („BEV”) i pojazdami z silnikiem spalinowym („ICE”).

Wynika to między innymi z efektu obniżania kosztów budowy pojazdów ze względu na rozwój i dostępność technologii oraz efekt skali w produkcji, a także zmniejszającymi się w perspektywie czasowej kosztami paliwa wodorowego czy infrastruktury. w tym kontekście nie dziwią decyzje wielu europejskich rządów, które zdecydowanie wspierają rozwój technologii wodorowych jako paliwa przyszłości.

Z wielopoziomowej analizy wynika, że w 2019 r. TCO pojazdów FCEV są o około 40% i 90% droższe niż pojazdów typu BEV i pojazdów ICE w przeliczeniu na 100 km, biorąc pod uwagę łącznie koszty zakupu i koszty eksploatacji. Z poziomu dostawy pojazdów ten wyższy koszt wynika przede wszystkim z relatywnie wysokich cen wodorowych ogniw paliwowych oraz innych komponentów systemu, co związane jest z relatywnie małą skalą produkcji.

Z punktu widzenia kosztów operacyjnych wyższy koszt wynika przede wszystkim z kosztu paliwa wodorowego.

Przewiduje się jednak, że całkowity koszt operacyjny pojazdów FCEV będzie niższy niż pojazdów typu BEV do 2026 r. i niższy niż pojazdów ICE około 2027 r. Ogólnie szacuje się, że całkowity koszt posiadania pojazdów FCEV spadnie o prawie 50% w okresie następnych 10 lat. Jest to spowodowane kilkoma czynnikami. Z perspektywy kosztów produkcji i zakupu pojazdów przewiduje się, że ceny systemów ogniw paliwowych zmniejszą się o prawie 50% w ciągu najbliższych 10 lat...”

Reasumując – za napędami wodorowymi przemawia nie tylko zeroemisyjność, ale również konkretne zalety eksploatacyjne - większe zasięgi, krótki czas tankowania i programy wsparcia technologii wodorowych, przy jednoczesnym zakładanym wzroście opłat za wykorzystywanie diesla i braku dofinansowania zakupu taboru spalinowego. Biorąc pod uwagę, że zarówno modernizacje lokomotyw wodorowych, jak i zakup nowych pojazdów to decyzje podejmowane na dziesięciolecia już dzisiaj można stwierdzić, że mimo wczesnego etapu procesu implementacji technologii wodorowych w napędach pojazdów szynowych, wydaje się, że to właśnie elektryczne lokomotywy manewrowe czy elektryczne zespoły trakcyjne zasilane z ogniw wodorowych są najlepszą odpowiedzią na potrzeby przewoźników zmierzających do znaczącego ograniczenia śladu węglowego świadczonych przez nich usług.