

Vectron jako przykład nowoczesnej i uniwersalnej lokomotywy elektrycznej i spalinowej do przewozów pasażerskich i towarowych

Marek GRAFF¹

Streszczenie

Lokomotywy Vectron to propozycja koncernu Siemens obejmująca lokomotywy przeznaczone zarówno do obsługi ruchu pasażerskiego, jak i towarowego, przystosowane do eksploatacji pod szerokim zakresem napięć zasilania (oferowana jest wersja wielosystemowa, jednosystemowa itp.), zarówno na torze normalnym, jak i szerokim. Zaprojektowano również wersję spalinową do eksploatacji na liniach niezelektryfikowanych. Lokomotywy Vectron stanowią rozwinięcie platformy Eurosprinter, powstałej na początku lat 90. oraz wzbogacanej o uzyskane doświadczenia eksploatacyjne, zarówno na sieci kolejowej Niemiec czy Austrii, jak i innych krajów należących do UE (swoboda prowadzenia przewozów w ramach liberalizacji wspólnego rynku). Dotychczas sprzedano ponad 1500 lokomotyw Vectron, przede wszystkim w Europie, a także w USA, gdzie są eksploatowane zarówno w warunkach klimatu śródziemnomorskiego, jak i mroźnych skandynawskich zim.

Słowa kluczowe: lokomotywy elektryczne, lokomotywy wielosystemowe, Vectron, Siemens

1. Wprowadzenie

Jednym ze źródeł sukcesu lokomotyw Vectron jest zastosowanie w nich silników trójfazowych oraz impulsowego ich sterowania, a modułowość konstrukcji pojazdów ułatwiła ich produkcję i eksploatację. Wprowadzenie w zachodniej Europie napędu trójfazowego do napędu pojazdów – lokomotyw i zespołów trakcyjnych na początku lat 90. XX w. znacznie zmieniło filozofię budowy podobnych pojazdów. Przede wszystkim, z powodu znacznie większej mocy jednostkowej silnika asynchronicznego czy synchronicznego, w porównaniu z silnikiem prądu stałego (przeważnie 1,4–1,6 MW wobec 0,7–1,0 MW). Umożliwiło to (z zachowaniem mocy pojazdu) montaż nie 6, a 4 silników trakcyjnych w przykładowej lokomotywie. Zatem, poza uproszczeniem części mechanicznej, praktycznie zaniechano budowy lokomotyw 6-osio-owych, które wcześniej były dostarczane dla przewoźników w Europie w celu zastosowania ich w ruchu towarowym. Najbardziej rozpowszechnionym pojazdem stały się lokomotywy 4-osiove, które z powodu wyższej mocy niż u poprzedniczek (w zakresie zastosowanych silników trakcyjnych – trójfazowych wobec prądu stałego) zaczęto stosować także do prowadzenia pociągów towarowych. Przykładowe moce

lokomotyw były równe 5–6 MW wobec 3–4 MW. Należy dodać, iż lokomotywy 6-osiove budowano nadal, ale jedynie w uzasadnionych okolicznościach. Przykładem jest seria EG 3100 wyprodukowana przez Siemens dla DSB w celu prowadzenia pociągów towarowych przez most i tunel Øresund pomiędzy Danią i Szwecją, gdzie z powodu znacznych pochyłości wymagana jest odpowiednio duża siła pociągowa. Innym przykładem są lokomotywy Dragon wyprodukowane przez Newag i sprzedane licznym polskim przewoźnikom (m.in. PKP Cargo), gdzie zdecydowano się na układ osi Co'Co', aby uzyskać odpowiednią siłę pociągową oraz nie przekroczyć nacisku osi 20 t, który nadal obowiązuje na wielu bocznych liniach kolejowych w obrębie sieci PKP PLK.

Uzyskanie podobnej wszechstronności dla lokomotyw elektrycznych spowodowało możliwość ich unifikacji i uzyskania pojazdu uniwersalnego – zarówno dla ruchu pasażerskiego, jak również towarowego. Przykładem są lokomotywy Taurus (odmiana Eurosprinter ES64U2, serie 1016 i 1116) wyprodukowane przez Siemens w latach 2000–2005 dla ÖBB w liczbie 332 pojazdów. Oczywiście będzie fakt, iż ograniczenie liczby serii lokomotyw w obrębie ÖBB znacznie ułatwia gospodarkę taborową oraz obniża koszt utrzymania pojazdów czy ich naprawy.

¹ Dr; Instytut Chemii i Techniki Jądrowej; e-mail: marek.graff@infotransport.pl.

Napęd trójfazowy także zmienił filozofię budowy pociągów dużych prędkości. Pierwsze pociągi TGV PSE wyprodukowane przez Alstom-Franco-rail na początku lat 80. XX w. otrzymały silniki DC o mocy jednostkowej 537 kW, które poza wózkami w wagonach silnikowych musiały być zamontowane, także w wózkach wagonów pasażerskich sąsiadujących z wagonami silnikowymi, aby uzyskać odpowiednią moc pociągu (sumarycznie 6444 kW dla napięcia 25 kV 50 Hz). Kolejna wersja TGV – Atlantique otrzymała już silniki synchroniczne o mocy jednostkowej 1100 kW, co pozwoliło nie tylko zwiększyć moc pociągu do 8800 kW, ale także zrezygnować z montażu silników trakcyjnych w wózkach wagonów pasażerskich sąsiadujących z silnikowymi. Ta zmiana miała również element wizerunkowy podczas ustanawiania rekordów prędkości TGV (wersja PSE uzyskała prędkość maksymalną 380 km/h, a Atlantique – 515,3 km/h²). Pociągi TMST serii 373, wyprodukowane przez GEC Alstom i eksploatowane od 1994 r. przez przewoźnika Eurostar, dostosowano do specyficznych wymagań dotyczących bezpieczeństwa pasażerów podczas przejazdu przez Eurotunel. W celu uzyskania odpowiedniej mocy pojazdów (12 240 kW dla napięcia 25 kV 50 Hz) także zamontowano silniki trakcyjne (asynchroniczne) w wózkach wagonów pasażerskich o mocy jednostkowej 1020 kW. Można postawić tezę, iż w przypadku silników prądu stałego i konieczności montażu ich większej liczby (analogia do TGV PSE), budowa pociągu TMST byłaby dużo bardziej skomplikowana technicznie. Podobne zmiany jak dla TGV, można zaobserwować w budowie pociągów Shinkansen w Japonii – dla serii 100 wobec serii 0, gdzie także zamontowano silniki asynchroniczne zamiast prądu stałego, co umożliwiło ograniczenie liczby osi napędnych (z 64 do 48), przy zachowaniu podobnej mocy (11 840 kW w porównaniu z 11 040 kW).

Minusem silnika trójfazowego w stosunku do silnika prądu stałego jest znacznie wyższy koszt zakupu pojazdów. Jest to jednak opłacalne, ponieważ silnik trójfazowy jest silnikiem bezobsługowym, bez konieczności montażu szczotek czy komutatorów oraz ich częstej regulacji, co podnosi koszty utrzymania. Obrazowo – wagony metra warszawskiego serii 81 wyprodukowane przez wschodnich producentów MMZ czy Wagonmasz wyposażone w silniki DC, co 1–2 dni muszą przejść przegląd techniczny, a pociągi Metropolis (producent Alstom) oraz Inspiro (producent Siemens)

odpowiednio co około 1–2 miesiące. Poza tym, w przypadku starszego taboru (z silnikami DC), to przewoźnik odpowiada za przeglądy oraz utrzymanie pojazdów, a taboru nowoczesnego (silniki AC) – producent. Zatem zakup taboru z napędem trójfazowym powoduje, iż dotychczasowe rozbudowane zaplecze utrzymaniowe staje się w większości zbędne.

Na początku lat 90. XX w., wyższe koszty budowy pojazdów oznaczały konieczność pozyskania przez producentów większych zamówień, aby koszt budowy pojazdów był opłacalny. Zatem rozpoczęto przejęcia mniejszych zakładów przez większych potentatów, co doprowadziło do sytuacji, iż na rynku producentów pozostało kilka silnych podmiotów – Siemens, Alstom i Bombardier oraz mniejsze firmy takie, jak AnsaldoBreda czy CAF. Innymi słowy, rynek producentów taboru w Europie z ich punktu widzenia stał się bardziej międzynarodowy. Wyższe koszty budowy pojazdów wymusiły ich unifikację, czyli modułowość, zatem sieci kolejowe Europy zostały – mniej lub bardziej zdominowane przez takie konstrukcje, jak Prima, Traxx i Vectron, wyprodukowane przez odpowiednio Alstom, Bombardiera i Siemens. Dodatkowo, opanowanie przetwarzania prądu przez rozpowszechnienie półprzewodników krzemowych w latach 70. XX w. spowodowało, iż budowa części elektrycznej pojazdów znacznie uprościła się – możliwe stało się używanie 1 lub 2 rodzajów silnika (w zależności od zapotrzebowania na moc), niezależnie od tego, czy sieć trakcyjna jest zasilana napięciem stałym czy prądem przemiennym (w przypadku AC, prąd i tak był przekształcany z AC w DC) po wstępnym obniżeniu napięcia przez transformator (obrazowo, z 15 czy 25 kV do 1–2 kV), a następnie przekształcany przez falowniki w napięcie trójfazowe, które było kierowane do silników trakcyjnych. Możliwy stał się także montaż hamulca odzyskowego (wówczas konieczny jest falownik dwukierunkowy), przy czym w przypadku napięcia DC (1,5 kV DC, 3 kV DC) w sieci trakcyjnej występują ograniczenia w zakresie dopuszczalnego napięcia (np. dla PKP PLK: 2,8–3,3 kV), zatem nie zawsze cała rekuperowana energia może być zwrócona do sieci trakcyjnej. W takim wypadku jest konieczne użycie rezystorów hamulcowych. Wprowadzie zalety silnika trójfazowego dostrzeżono już na początku XX w., gdy w dniach 23.10.1903 r. i 27.10.1903 r., zaprojektowane przez firmy Siemens-Halske i AEG wagony elektryczne uzyskały prędkości odpowiednio 206,7 km/h

² Była to skrócona wersja TGV Atlantique – 2 wagony silnikowe oraz 3 pasażerskie; poza tym podniesiono napięcie w sieci trakcyjnej oraz zamontowano koła o większej średnicy. W przypadku TGV PSE wykorzystano pociąg bez modyfikacji technicznych podczas ustanawiania ww. rekordu prędkości.

i 210,2 km/h, jednak nie nadawały się do zastosowania komercyjnego: jazdy testowe odbyły się na specjalnie przygotowanym odcinku Marienfeld – Zossen pod Berlinem, a same wagony były zasilane z 3 niezależnych przewodów (10–14 kV 38–48 Hz).

Opisana łatwość przetwarzania prądu spowodowała, iż uprościła się także budowa lokomotyw wielosystemowych. Przed opisaną „rewolucją krzemową” podobne pojazdy były wprawdzie wytwarzane, ale przeważnie były to krótkie serie, nie stosowane na szerszą skalę. Przykładem są serie CC 40100 / 18 wyprodukowane przez Alstom dla SNCF / SNCB, 4-systemowe (1,5 kV DC, 3 kV DC, 15 kV 16,7 Hz, 25 kV 50 Hz). Cechą lokomotyw pozyskiwanych obecnie przez przewoźników w krajach UE, jest ich wielosystemowość (jednosystemowe pojazdy są zamawiane raczej wyjątkowo³), a podmioty wynajmujące lokomotywy elektryczne pozyskują praktycznie tylko takie pojazdy. Konsekwencją jest możliwość prowadzenia przewozów w kilku krajach – przykładami są PKP Cargo, czy DB Cargo, ostatni wykonujący przewozy w większości krajów UE. Wspomniana modularność umożliwia uzyskanie także lokomotywy spalinowej, choć w tym przypadku – wskutek mniejszego zapotrzebowania na moc pojazdu (trakcja spalinowa w krajach UE jest stosowana przeważnie na liniach bocznych), montowane są elektryczne silniki trakcyjne o mniejszej mocy – przeważnie 500 kW.

W Polsce, implementacja napędu trójfazowego przebiegała w specyficzny sposób. Z powodu kryzysu ekonomicznego lat 80. XX w. oraz narzuconego systemu ekonomicznego, zakup nowoczesnych technologii za granicą był wówczas niemożliwy. Zatem zastosowanie w Polsce rozruchu impulsowego silników trakcyjnych (i przeważnie prądu stałego), które rozpoczęto stosować w zachodniej Europie na przełomie lat 70. i 80. było praktycznie nieobecne⁴. Podobne rozwiązania opanowali producenci z ówczesnych wschodnich Niemiec – LEW Henningsdorf oraz Škoda z Czechosłowacji, zatem na sieci DR czy ČSD opisane pojazdy stały się standardem: serie 243 (DB 143) i E 499.3 (ČD / ŽSR 163). Przejście do gospodarki rynkowej po 1989 r. wiązało się jednak z pogłębieniem i tak istniejącego kryzysu ekonomicznego

w Polsce, choć dostęp do zachodnich technologii był prostszy. Zatem stan kryzysowy lat 80. utrzymał się przez lata 90. Podejmowano próby zakupu nowoczesnych lokomotyw dla PKP serii EU11 / EU43 wyprodukowanych przez Adtranz / Bombardiera (obecnie Alstom), czy nowoczesnych wagonów dla metra warszawskiego, jednak bez powodzenia. Dopiero przystąpienie Polski do UE w maju 2004 r., dostępność funduszy pomocowych (POiŚ, CEF itp.) spowodowały, iż przewoźnicy rozpoczęli pozyskiwać lokomotywy takie jak Traxx czy Vectron, a przewoźnicy zagraniczni obecni w Polsce także dysponowali podobnym taborom (np. DB Cargo).

Producenci z Polski, pomimo iż nie mieli praktycznie żadnego doświadczenia w dziedzinie projektowania czy produkcji pojazdów z napędem trójfazowym, nie mogli liczyć na pomoc państwa, jednak szybko nadrobili zaległości, opracowując nowoczesne pojazdy takie jak lokomotywy Dragon czy Griffin (Newag) i Gama (Pesa) oraz zespoły trakcyjne: Impuls (Newag) czy Elf (Pesa). Obecność Traxx-ów i Vectronów oraz Pendolino i Flirtów na sieci PKP PLK S.A. dodatkowo mobilizowała polskie podmioty do stałego doskonalenia własnych pojazdów, a także zdobycia pierwszych kontraktów eksportowych.

Porównanie parametrów technicznych lokomotyw Prima (rys. 1), Traxx (rys. 2) i Vectron przedstawia tablica 1. Już pobieżne porównanie danych pokazuje, iż są to konstrukcje porównywalne (podobna długość, masa, średnica kół), dostosowane do poruszania się po torach różnych rozstawów oraz zasilania kilkoma dostępnymi rodzajami napięcia. Różnicą jest fakt, iż konstrukcje Traxx i Vectron ewoluowały z pojazdów przeznaczonych dla krajów niemieckojęzycznych do lokomotyw ‘europejskich’, a Prima – po początkowym debiucie na sieci kolejowej we Francji, stała się popularną lokomotywą w wybranych krajach poza Europą – Maroku, Syrii, Izraelu oraz innych. Poza platformą Vectron, powstały wersje dwuczłonowe lokomotyw Traxx i Prima, budowane dla przewoźników z Chin, Rosji, Kazachstanu, czy Indii gdzie istnieje wyższe zapotrzebowanie na moc (~10 000 kW) w porównaniu z pojazdami dla przewoźników z krajów UE.

³ Przykładem jest zamówienie lokomotyw Traxx dla przewoźnika z Włoch tylko na napięcie 3 kV DC Ferrovie Adriatiche Sangritana czy Ferrottramviaria (podmioty wykonują tylko przewozy krajowe) oraz Vectron dla VR (tylko napięcie 25 kV 50 Hz), przy czym z powodu szerokości toru fińskiej sieci kolejowej (1524 mm), potencjalny wjazd na sieć SJ czy NSB (1435 mm) jest niemożliwy, a RŽD – niepraktykowany, w ostatnim przypadku także wskutek innego napięcia (3 kV DC), jakim jest zelektryfikowany odcinek graniczny Vainikkala – Busłowska (VR / RŽD).

⁴ Powstały tylko konstrukcje prototypowe, takie jak ekt serii EW60 czy lokomotywy manewrowe serii EM10. Projektowana wówczas seria EP09 – choć planowano montaż impulsowego systemu rozruchu silników trakcyjnych, otrzymała jednak nienowoczesny już wtedy rozruch rezystorowy.



Rys. 1. Lokomotywa Prima serii 437017 (1,5 kV; 15 kV 16,7 Hz; 25 kV 50 Hz) należąca do SNCF Fret (Cargo), lokomotywnia SNCF Lens-Méricourt, Francja (10.06.2005 r.) [fot. L. Charlier]



Rys. 2. Lokomotywa Traxx DC serii E483 251 należąca do spółki Railpool i wynajęta przez przewoźnika Lotos Kolej na stacji Muszyna (13.08.2016 r.) [fot. M. Graff]

Tablica 1

Porównanie parametrów technicznych lokomotyw Prima, Traxx i Vectron

Producent	Alstom	Bombardier	Siemens
Nazwa handlowa lokomotyw	Prima	Traxx	Vectron
System zasilania	1,5 kV DC, 3 kV DC, 15 kV 16,7 Hz, 25 kV 50 Hz		
Okres produkcji*	2003–	1999–	2010–
Liczba wyprodukowanych lokomotyw (2021 r.)	~1750	~1800	~1500
Szerokość toru [mm]	1435, 1520, 1676	1435, 1520 / 1524, 1668	1435, 1524, 1668
Układ osi	Bo'Bo' / Co'Co'	Bo'Bo'	Bo'Bo'
Długość maksymalna [mm]	19 520	18 900	19 049
Rozstaw czopów skreću [mm]	10 060	10 440	13 800
Szerokość maksymalna [mm]	2857	2989	3013
Baza wózka [mm]	2600	2800	3000
Wysokość maksymalna [mm]	4310	4283	4248–4400
Masa w stanie służbowym [t]	89–90	81–86	80–90
Maksymalny nacisk osi na tor [kN]	221	211	221
Moc lokomotywy (jednoczłonowej) [kW]	4200–6000	4200–6400	5200–6400
Średnica kół [mm]	1150	1250	1250
System sterowania pojazdem	bd.	MITRAC	Sibas 32
System bezpieczeństwa ruchu	(krajowe)		
Maks. siła pociągowa [kN]	300		
Rodzaje hamulca	ED (odzyskowy i oporowy), tarczowy i sprężynowy		
Prędkość maksymalna [km/h]	120–200	140–160	160–200
Wersja spalinowa	+	+	+
Uwagi	lokomotywy eksploatowane głównie przez przewoźników francuskich oraz poza Europą	powstały także wersje dla przewoźników z USA na napięcie: 12,5 kV 25 Hz, 12,5 kV 60 Hz, 25 kV 60 Hz	

* Produkcja jest kontynuowana [opracowanie własne].

2. Pierwowzory lokomotyw Vectron

W artykule przedstawiono ewolucję zaprojektowanych oraz wyprodukowanych przez Siemens lokomotyw Vectron od prototypowej konstrukcji Europrinter przez pojazd nazwany Taurus (rys. 3), do obecnej postaci. Innymi słowy modyfikacje polegały na przystosowaniu pojazdu przeznaczonego początkowo tylko dla przewoźników z Niemiec czy Austrii do lokomotywy europejskiej, czyli wielosystemowej oraz zdolnej poruszać się po torach o innej niż 1435 mm szerokości – także 1524 mm i 1668 mm.



Rys. 3. EU44-004 (Taurus) przewoźnika PKP IC z pociągu IC na stacji Warszawa Wschodnia (21.01.2012 r.) [fot. M. Graff]

2.1. Seria ES 2007

Pierwowzorem dla lokomotyw Vectron był pojazd umownie określany jako ES 2007 (Europrinter) opracowany przez Siemens i jednocześnie będący platformą konstrukcyjną dla lokomotyw elektrycznych i spalinowych przystosowanych do poruszania się po torze normalnym lub szerokim. ES 2007 bazowała na rozwiązaniach opracowanych w kolejnych generacjach lokomotyw Europrinter rozwijanych przez Siemens od 1992 r. Dodatkowo, ES 2007 posłużyła do zaprojektowania lokomotyw dla kilku przewoźników:

- kolei Portugalii – CP – wersja na tor 1668 mm i napięcie 25 kV 50 Hz, o układzie osi Bo'Bo';
- kolei Belgii – SNCB – wersja na tor 1435 mm i napięcie 3 kV DC, 1,5 kV DC i 25 kV 50 Hz, o układzie osi Bo'Bo';
- kolei Litwy – LG – wersja na tor 1520 mm, wyposażona w silnik spalinowy, o układzie osi Co'Co'.

Ponieważ przepisy, jakie musiały spełniać pojazdy szynowe około 2000 r. zmieniały się kilkakrotnie, Siemens zdecydował się zmodyfikować konstrukcję Europrintera. Z powodu szerokiego zakresu zmian, nową platformę konstrukcyjną dla lokomotyw spalinowych nazwano EuroRunner, jednocześnie zachowując część pierwotnych założeń – modułową konstrukcję wspólną dla wersji elektrycznej i spalinowej lokomotywy, czy wersji pasażerskiej i towarowej. Ponieważ po 2000 r.

stosowanie trójfazowych silników trakcyjnych w nowych pojazdach było już powszechne, zatem modułowość objęła także konstrukcję wózka. Inni renomowani producenci – Alstom i Bombardier także zdecydowali się na modułową budowę wersji elektrycznej i spalinowej lokomotywy. Podobne rozwiązanie ma zarówno wady i zalety – w krajach UE nie stosuje się lokomotyw spalinowych dużej mocy (rzędu 4000–5000 kW) ze względu na elektryfikację głównych szlaków, a stosowanie trakcji spalinowej ogranicza się do linii bocznych, o mniejszym nacisku osi, co automatycznie redukuje dopuszczalną masę silnika spalinowego w lokomotywie. Niższa moc lokomotyw spalinowych w porównaniu z elektrycznymi, a także prędkość maksymalna przekłada się również na konstrukcję wózków. Zatem decyzja, czy projektować oddzielnie, czy wspólnie lokomotywę spalinową i elektryczną, jest otwarta.

2.2. Seria LE 4700 kolei Portugalii

W styczniu 2006 r. Siemens otrzymał zamówienie od kolei Portugalii (CP) na wyprodukowanie 15 lokomotyw plus 10 w opcjach przystosowanych do poruszania się po torze o szerokości 1668 mm i zelektryfikowanych napięciem 25 kV 50 Hz [1]. Moc lokomotyw określono na 4600 kW, a prędkość maksymalną – 140 km/h. Przewoźnik pierwotnie planował oznaczenie 4600, jednak zdecydował się na LE 4700 dla odróżnienia z eksploatowaną już serią 5600, także wyprodukowaną przez Siemens lokomotywą z rodziny Europrinter dla CP (rys. 4). Kontrakt na lokomotywy przewidywał także świadczenie serwisu i napraw nowych pojazdów przez 10 lat [2]. Do przetargu zgłosiły się 2 firmy (Siemens i Bombardier), a CP wybrały pierwszego oferenta i podpisały kontrakt w styczniu 2006 r. Początkowo CP planowały pozyskać 15 lokomotyw za sumę 70 mln euro, jednak zdecydowano się na dodanie opcji 10 kolejnych pojazdów, a wartość zamówienia zwiększyła się do 94 mln euro. Fundusze na zakup w 30% pochodziły ze środków własnych, a w 70% z pożyczek, w tym 25% z kredytu EBOR. Dostawy lokomotyw zrealizowano od sierpnia 2008 r. do końca 2009 r. Produkcja lokomotyw została wykonana w zakładzie Siemens Allach w Monachium, a montaż finalny zrealizowała firma EMEF (port. *Empresa de Manutenção de Equipamento Ferroviário*), podmiot zależny od CP. Nowe lokomotywy miały zastąpić dotychczas eksploatowane przez CP serie 2500 i 2550 pochodzące jeszcze z lat 50. i 60. XX w., których eksploatacja stawała się coraz bardziej kosztowna. Testy lokomotyw serii LE 4700 wykonano w drugiej połowie 2008 r. Pierwsze 3 egzemplarze powstały w zakładzie Siemens w Monachium, a kolejne 22 zostały zmontowane w zakładzie w Portugalii. Pierwszy testowy pociąg po sieci CP lokomotywa serii LE 4700 poprowadziła w październiku 2008 r. Był to pociąg kontenerowy o masie 900 t i 550 m długości na

trasie Poceirão – Terminal XXI. Certyfikat dopuszczenia do ruchu wydano w lutym 2009 r. Stosunkowo duża moc pozwala bezproblemowo prowadzić pociągi o masie 1000 t po całej sieci CP położonej na terenie górzystym. Seria 4600 jest drugą konstrukcją z rodziny Eurospinter eksploatowaną na ww. sieci kolejowej. Dane techniczne serii LE 4700 zamieszczono w tablicy 2.



Rys. 4. Lokomotywa serii LE 4709 (1668 mm, 25 kV 50 Hz) na stacji Valongo (Estação), Portugalia (21.06.2010 r.) [fot. T. Miranda / Wikimedia Commons]

Tablica 2

Dane techniczne serii lokomotyw serii LE 4700 kolei Portugalii

Przewoźnik	CP
Wersja	ES46F1
Numeracja	4701–4715
Liczba zamówionych lokomotyw	25
Lata produkcji	2007–2009
Początek eksploatacji	2009
Układ osi	Bo'Bo'
Rozstaw toru [mm]	1668
Napięcie	25 kV 50 Hz
Długość całkowita [mm]	19 850
Szerokość maksymalna [mm]	2989
Wysokość maksymalna (przy złożonym pantografie) [mm]	bd.
Typ wózków	bd.
Baza wózka [mm]	bd.
Średnica kół nowych / zużytych [mm]	bd.
Minimalny promień łuku [m]	bd.
Masa lokomotywy [t]	87
Nacisk osi [kN]	213,2
Silniki trakcyjne	AC 3~
Moc maksymalna [kW]	4600
Maksymalna siła pociągowa [kN]	300
Prędkość maksymalna [km/h]	140
Systemy bezpieczeństwa ruchu	CONVEL
Trakcja wielokrotna	bd.

[Opracowanie własne na podstawie katalogu Siemens Mobility].

2.3. Seria HLE 18 i HLE 19 kolei Belgii

W 2006 r. kolei Belgii złożyły zamówienie na 60 lokomotyw trójsystemowych (1,5 kV DC, 3 kV DC, 25 kV 50 Hz) dużej mocy – 6000 kW i prędkości maksymalnej 200 km/h z opcją na kolejne 60 egzemplarzy (zapis wprowadzony w 2008 r.) [3, 4, 5]. Wielosystemowość lokomotyw wynika z faktu zapewnienia możliwości wjazdu na sieci kolejowe państw sąsiednich (1,5 kV DC w Holandii, a 25 kV 50 Hz we Francji i Luksemburgu, a także na linie dużych prędkości w Belgii). W pojazdach zamontowano kilka systemów bezpieczeństwa ruchu:

- SNCB: TBL1, TBL1+, TBL2 i Crocodile;
- NS: ATB-EG (opcja);
- SNCF: KVB, Crocodile;
- CFL: Crocodile, ETCS 1.

Wartość kontraktu była równa 440 mln euro. Seria została oznaczona przez SNCB jako:

- HLE 18 (1801–1896), 96 lokomotyw wyposażonych w sprzęg śrubowy UIC (rys. 5);
- HLE 19 (1901–1924), 24 lokomotywy wyposażone w sprzęg automatyczny Scharfenberga (rys. 6).



Rys. 5. Lokomotywa serii HL 1879 z pociągiem IC na stacji Brussels Nord, Bruksela, Belgia (20.09.2015 r.) [fot. M. Graff]



Rys. 6. Lokomotywa serii HL 1921 z pociągiem IC na stacji Brugia, Belgia (22.09.2015 r.) [fot. M. Graff]

Jedną z przyczyn zamówienia nowych lokomotyw były problemy techniczne z serią 13 dostarczoną wcześniej przez Alstom w liczbie 60 egzemplarzy, zatem zrezygnowano z opcji pozyskania kolejnych 60 egzemplarzy tej serii na rzecz zamówienia całkowicie nowych pojazdów. Choć planowano ogłosić przetarg

w 2004 r., to decyzja o ogłoszeniu przetargu nastąpiła w 2006 r., ponieważ wątpliwości SNCB dotyczyły parametrów technicznych pojazdów – czy wybrać lokomotywy trój- czy czterosystemowe. Ostatecznie, po wątpliwościach zgłoszonych przez SNCB Cargo (B-Cargo), które postanowiły odstąpić od wcześniejszego zamiaru zakupu 30 lokomotyw spalinowych oraz zrezygnowały z pozyskania kolejnych nowych lokomotyw elektrycznych, w 2006 r. ogłoszono przetarg na lokomotywy trójsystemowe przeznaczone do obsługi ruchu pasażerskiego. W styczniu 2007 r. rozstrzygnięto przetarg na korzyść Siemens. Pierwsza lokomotywa oznaczona jako 1801 została zaprezentowana w 2008 r. podczas targów Innotrans w Berlinie, a w grudniu tego roku rozpoczęto próby techniczno-ruchowe na torze doświadczalnym w Velimiu w Czechach. Kolejny egzemplarz nr 1802 został dostarczony SNCB na początku marca 2009 r. Próby na sieci SNCB wydłużyły się m.in. z powodu kłopotów z zasilaniem pojazdów napięciem 3 kV DC. Ponieważ rozwiązanie tego problemu nastąpiło dopiero w połowie 2011 r., producent wypłacił SNCB karę umowną 20 mln euro. Opisane lokomotywy są przystosowane do prowadzenia pociągów zmiennokierunkowych zestawionych z wagonów I11 i M6 (jedno- i dwupoziomowych). Wprowadzenie serii HLE 18 i HLE 19 na stan SNCB spowodowało przesunięcie dotychczas eksploatowanych serii HLE 13 i HLE 27 z obsługi ruchu pasażerskiego oraz wycofywanie z eksploatacji serii HLE 23 i HLE 26. Od lutego 2015 r. dwie lokomotywy tej serii są eksploatowane na sieci SNCF pomiędzy Cean i Cherbourg'iem. Dane techniczne serii HLE 18 i HLE 19 kolei Belgii / SNCB zamieszczono w tablicy 3.

2.4. Seria ER20CF kolei Litwy

Lokomotywy z rodziny ER20 (*EuroRunner*) zamówiły przede wszystkim koleje Austrii ÖBB w 2002 r. (seria 2016, *Hercules*, 100 szt.), w mniejszym zakresie także przewoźnicy prywatni działający na terenie Niemiec i Austrii, np. *Nord-Ostsee-Bahn* (NOB) czy *Steiermärkische Landesbahnen* (STLB) [7, 8] (rys. 7). Część lokomotyw jest leasingowana przez producenta, a kilka sztuk zakupił przewoźnik z Hongkongu. Wersja towarowa lokomotywy (ER20F) nie jest wyposażona w instalację ogrzewania pociągu. Pojazdy serii ER20CF produkowane przez Siemens mogą być wytwarzane w następujących wariantach:

- rodzaj lokomotywy: spalinowa (producent oferuje także wersję elektryczną, choć dotychczas żaden przewoźnik nie złożył takiego zamówienia);
- szerokość toru: 1435 mm / 1520 mm / 1668 mm;
- skrajnia: UIC 505–1 / EBO G2 / GOST 9238, którą ustala się przez modyfikację szerokości i wysokości pojazdu oraz struktury dachu;
- moc silnika (spalinowego): od 2000 kW do 3500 kW;

Tablica 3

Dane techniczne lokomotyw serii HLE 18 i HLE 19 przewoźnika SNCB [6]

Przewoźnik	SNCB
Numeracja	1801–1896 1901–1924
Liczba zamówionych pojazdów	120
Lata produkcji	2010–2014
Początek eksploatacji	2011
Układ osi	Bo'Bo'
Rozstaw toru [mm]	1435
Długość całkowita [mm]	19 580
Szerokość maksymalna [mm]	bd.
Wysokość maksymalna (przy złożonym pantografie) [mm]	4279
Typ wózków	bd.
Baza wózka [mm]	bd.
Średnica kół nowych / zużytych [mm]	1250 / bd.
Minimalny promień łuku [m]	bd.
Nacisk osi [t]	22
Masa lokomotywy [t]	88
Napięcie	1,5 kV DC, 3 kV DC, 25 kV 50 Hz
Silniki trakcyjne	AC 3~
Moc godzinna / ciągła [kW]: – 25 kV 50 Hz – 3 kV DC – 1,5 kV DC	6000 / 5000 bd. / 5000 bd. / 2400
Moc hamulca ED odzyskowego / rezystorowego [kW]: – 25 kV 50 Hz – 3 kV DC – 1,5 kV DC	5000 / – 5000 / 2600 2400 / 2600
Maksymalna siła pociągowa [kN]	300
Prędkość maksymalna [km/h]	200
Systemy bezpieczeństwa ruchu	TBL 1, TBL 1+, TBL 2, KVB, ETCS 1, Crocodile
Trakcja wielokrotna	bd.

- zastosowane elektryczne silniki trakcyjne: asynchroniczne trójfazowe sterowane falownikami tranzystorowymi IGBT;
- masa pojazdu / nacisk osi: od 120 t / 20 t do 138 t / 23 t (regulację masy przeprowadza się przez balastowanie lokomotywy);
- prędkość maksymalna: od 100 km/h do 160 km/h (następuje to przez zmianę stopnia przełożenia przekładni głównej od 8,1 do 5,1);
- siła pociągowa: do 540 kN;
- pojemność zbiornika paliwa (lokomotywa spalinowa): do 7000 l;

- wyposażenie dodatkowe: WC w przedziale maszynisty, katalizator spalin, system ogrzewania pociągu (do 500 kVA), instalacja gaszenia pożaru.



Rys. 7. Lokomotywa serii ER 2016 055 należąca do ÖBB z pociągiem osobowym do Wiednia na stacji Bratislava hl. st. (22.08.2006 r.) [fot. M.Graff]

Lokomotywy EuroRunner zostały opracowane w kilku wersjach, w zależności od mocy silnika spalinowego: 2000, 3000 i 3500 kW, przy czym została zamówiona tylko pierwsza wersja (dla kolei Litwy) [9, 10] (rys. 8). W ramach unowocześniania taboru, praktycznie w całości pochodzącego z fabryk sowieckich, Koleje Litewskie zdecydowały się na złożenie zamówienia na 34 lokomotywy nowej generacji przystosowane do poruszania się po torze o szerokości 1520 mm. Ze względu na odmienną szerokość toru, pojazdy były transportowane na specjalnych wózkach po sieci DB Netz do stacji Sassnitz-Mukran, gdzie znajduje się sieć kolejowa 1520 mm (jedyna stacja w Niemczech wyposażona w tor szeroki)⁵, skąd były przewożone promem do Kłajpedy na Litwie. Dostawy lokomotyw nieznacznie opóźniły się – planowano rozpocząć w 2007 r., ostatecznie zakończono do 2010 r. Obecnie, lokomotywy tej serii prowadzą w trakcji pojedynczej lub podwójnej pociągi towarowe po sieci LG, przeważnie z / do portu w Kłajpedzie do granicy litewsko-białoruskiej czy do wybranych stacji LG, ew. pociągi tranzytowe pomiędzy Obwodem Królewieckim i Białorusią / Rosją po terytorium Litwy. Lokomotywy zostały oznaczone na Litwie jako ER20CF (C – lokomotywa sześćosiowa, F – *freight* – towarowa). Koszt zakupu nowych pojazdów oszacowano na około 123 mln euro. Zastąpiły one starsze lokomotywy m.in. serii M62 czy 2M62, których eksploatacja stała się coraz mniej opłacalna (nieekonomiczne silniki spalinowe, konieczność zakupu części zamiennych za granicą). Opis techniczny serii ER20CF zamieszczono w tablicy 4.



Rys. 8. Lokomotywa serii ER20-002 (1520 mm) z pociągiem towarowym na stacji Radziwiliszki, Litwa (14.07.2010 r.) [fot. H. Pokk]

Tablica 4

Dane techniczne lokomotyw spalinowych serii ER20CF [9, 10]

Rodzaj pojazdu	Liniowa lokomotywa spalinowa
Seria	ER20CF
Lata dostaw	2007–2009, 2010
Skrajnia	GOST 9238-83 / DSB 3A 16383
Układ osi	Co'Co'
Rozstaw toru [mm]	1520
Masa pojazdu [t]	138
Nacisk osi [t]	23
Długość całkowita [mm]	22 850
Maksymalna / ciągła siła pociągowa [kN]	450 / 360
Szerokość [mm]	3202
Wysokość od główki szyny wraz z anteną KW [mm]	4942
Silnik spalinowy	MTU 16V 4000 R41
Moc silnika spalinowego [kW]	2000
Przekładnia	elektryczna, AC-AC
Zakres obrotów silnika spalinowego [1/min]	600–1800
Baza wózka [mm]	2045 / 1795
Moc hamulca elektrodynamicznego [kW]	1600
Prędkość maksymalna [km/h]	120
Przełożenie przekładni	6,8
Przeznaczenie	ruch towarowy
Zapasy paliwa [l]	7000
Średnica kół nowych / zużytych [mm]	1100 / 1020
System bezpieczeństwa ruchu / łączności	KLUB-U / RVS1
Liczba zamówionych lokomotyw	34+10
Zakres temperatur pracy lokomotywy	–34°C – +40°C

⁵ Jest to pozostałość po obecności armii sowieckiej w Niemczech – stacja została wybudowana w latach 80. XX w. w celu zapewnienia komunikacji sowieckich jednostek wojskowych i ZSRR z pominięciem Polski.

3. Lokomotywa Vectron

3.1. Vectron – opis konstrukcji

Vectron to nowa rodzina lokomotyw, której koncepcja została opracowana w 2007 roku przez Siemens [6, 11]. Prototyp po raz pierwszy zaprezentowano w czerwcu 2010 roku, po pozytywnym przeprowadzeniu prób techniczno-ruchowych na torze doświadczalnym Weiberg – Wildenrath w Niemczech [12, 13, 14, 15] (rys. 9, 10, 11). Dodatkowo, we wrześniu 2010 r., podczas targów Innotrans w Berlinie, Siemens zaprezentował wersję spalinowo-elektryczną Vectrona (rys. 12). Lokomotywy z rodziny Vectron, będące rozwinięciem koncepcji lokomotyw Europrinter, mogą być oferowane odbiorcom zarówno jako elektryczne i spalinowe, stanowiąc odpowiedź Siemens na pojazdy Traxx oferowane przez Bombardiera (rys. 13). Lokomotywy Vectron mogą być wyposażone i przystosowane do różnych europejskich systemów bezpieczeństwa, w tym ETCS. Producent oferuje następujące warianty lokomotyw Vectron [16]:

- wielosystemowe (AC i DC) o mocy 6400 kW i prędkości maksymalnej 160/200 km/h;
- na prąd przemienny – 6400 kW (*high power*), 160/200 km/h;
- na prąd przemienny – 5600 kW (*medium power*), 160 km/h;
- na prąd stały 3 kV DC – 5200 kW, 160/200 km/h;
- spalinową z przekładnią elektryczną o mocy 2400 kW i prędkości 160 km/h.



Rys. 9. Vectron dla ČD w trakcie montażu w zakładzie Siemens Allach, Monachium (27.06.2016 r.) [fot. M. Graff]



Rys. 10. Przedział maszynowy lokomotywy Vectron [fot. Siemens]



Rys. 11. Pulpit sterowania lokomotywy Vectron [fot. Siemens]



Rys. 12. Vectron DE 247 905 (28.01.2017 r.) [fot. Siemens]



Rys. 13. Vectron MS 193 206 wynajęty przez przewoźnika RailJet z pociągiem IC na stacji Czeski Cieszyn, Czechy (28.07.2017 r.) [fot. M. Graff]

Potencjalnymi odbiorcami mogą zostać przewoźnicy głównie z Niemiec i Austrii, a także prowadzący przewozy z Włoch przez pasmo Alp do północnej Europy, od portów w zachodniej Europie w kierunku wschodnim lub przewoźnicy z nowych krajów UE. Przystosowanie do pracy przy różnych systemach zasilania i wyposażenie w urządzenia krajowych systemów bezpieczeństwa umożliwia szerokie wykorzystanie lokomotyw w międzynarodowym ruchu pasażerskim i towarowym [17]. Ostatnią propozycją producenta, pokazaną w marcu 2018 r. i przeznaczoną na rynek niemiecki, jest ekonomiczna wersja pojazdu nazwana Smartron [18, 19, 20, 21]. Główną różnicą z porównaniu z Vectronem jest fakt, iż Smartron jest lokomotywą gotową i bez możliwości montażu dodatkowych urządzeń lub np. zmiany prędkości maksymalnej. Uniwersalność platformy Vectron polega na tym, iż od hipotetycznego pojazdu wyposażonego we wszystkie możliwe systemy bezpieczeństwa ruchu, czy aparaturę elektryczną przystosowaną do pracy pod czterema znanymi systemami zasilania, odejmuwane są poszczególne (zbędne) elementy aż do uzyskania pożądanej konfiguracji.

Vectron bazuje na rozwiązaniach wdrożonych we wcześniejszych lokomotywach wyprodukowanych przez Siemens, w tym lokomotywie ES 2007, z której zaczerpnięto m.in. zewnętrzną stylistykę pudła. Zmieniono usytuowanie stref zgniotu, zewnętrzne lusterka zastąpiono kamerami, a także na nowo urządzono przedział maszynowy, z przejściem pośrodku dla wersji elektrycznej oraz dwoma przejściami przy ścianach bocznych dla wersji spalinowej. Przewody pneumatyczne poprowadzono pod podłogą. W zależności od wersji, masa czteroosiowej lokomotywy oscyluje w granicach 80–90 t, przy czym wersja na napięcie 3 kV DC ma masę około 80 t, na napięcie przemienne 84–85 t (zwiększenie masy jest

spowodowane m.in. przez transformator), a wielosystemowa – masę 88–89 t. Przeniesienie napędu odbywa się przez wał drążony i elastyczne sprzęgło wykonane z elementów stalowych. Oparcie pudła na wózkach systemu Flexicoil jest zrealizowane za pomocą sprężyn. W przedniej części pojazdu znajduje się strefa pochłaniająca energię w przypadku kolizji (strefa zgniotu). Prowadzenie zestawów kołowych jest ciągłe. Przeniesienie sił wzdłużnych (pociągowych i hamowania) odbywa się przez czopy skreśtu. Elektryczne silniki trakcyjne nie są w pełni usprężynowane, lecz zawieszone na ramie wózka oraz przekazują moment obrotowy na zestawy kołowe przez przekładnię połączoną z wałem każdego silnika przez 2 elastyczne stalowe łączniki [22, 23]. Choć elementy stalowe nie są tak elastyczne jak gumowe, całość jest jednak prostsza w budowie i tańsza. Siły generowane przez moment obrotowy silnika są tylko nieznacznie wyższe niż dla rozwiązania, w którym zastosowano pełne usprężynowanie. W wersji dostosowanej do prędkości maksymalnej 200 km/h przewidziano zamontowanie dodatkowych poziomych tłumików wchodzących w skład sprzęgu międzywózkowego. Mniejsza prędkość Vectrona (160/200 km/h) w stosunku do Taurusa (230 km/h), poprzednika Vectrona, umożliwiła uproszczenie budowy części mechanicznej i pozwoliła producentowi obniżyć jednostkową cenę zakupu pojazdu. Hamulcem zasadniczym jest hamulec elektrodynamiczny, a pneumatyczny hamulec tarczowy pełni rolę wspomagającą. Wszystkie urządzenia elektryczne są umieszczone w przedziale maszynowym z wyjątkiem transformatora i baterii, znajdujących się poniżej poziomu ostoi. Dach lokomotywy składa się z trzech zdejmowanych części. Pojazdy wielosystemowe (AC/DC) mają zamontowane 4 pantografy, pozostałe lokomotywy elektryczne 2 (wewnętrzne DC lub zewnętrzne AC). Vectron może pracować w trakcji wielokrotnej, z pociągami zmiennokierunkowymi (*push-pull*), a także jest kompatybilny z dostarczającymi wcześniej pojazdami z rodziny Eurosprinter. Wózki poszczególnych wersji lokomotyw Eurosprinter, w tym Vectron, przedstawiono na rysunkach 14–18, a pantografy na rysunkach 19–21.



Rys. 14. Wózek lokomotywy serii ER20 (1520 mm) należącej do LG [fot. M. Graff]



Rys. 15. Wózek lokomotywy serii HL 1800 należącej do SNCB [fot. M. Graff]



Rys. 16. Wózek lokomotywy serii ER20 należącej do ÖBB [fot. M. Graff]



Rys. 17. Wózek lokomotywy serii EU44 należącej do PKP IC [fot. M. Graff]



Rys. 18. Wózek lokomotywy Vectron [fot. M. Graff]



Rys. 19. Pantograf lokomotywy serii HL 1800 należącej do SNCB [fot. M. Graff]



Rys. 20. Pantograf lokomotywy serii EU44 należącej do PKP IC [fot. M. Graff]



Rys. 21. Pantograf lokomotywy Vectron DC [fot. M. Graff]

W 2010 r. wyprodukowano 6 lokomotyw; po dwie wielosystemowe (193 901, 193 902), prądu przemiennego (193 921, 193 922) i prądu stałego (193 951 oraz 193 952). Nieznacznie później bramy wytwórni opuściły kolejne trzy pojazdy AC (193 923 do 193 925), a także jeden prototyp pojazdu z napędem spalinowym (247 901). Na przełomie 2011/2012 roku obie lokomotywy w wersji DC rozpoczęły okres eksploatacji obserwowanej na sieci PKP, dzięki wydaniu w listopadzie 2011 r. przez Urząd Transportu Kolejowego tymczasowego świadectwa dopuszczenia do eksploatacji. Pojazd 193 951 (noszący obecnie numer EVN 91 51 5 170 020-9) od grudnia 2011 r. jest eksploatowany przez DB Schenker Rail Polska. Drugi egzemplarz, prezentowany na Targach Trako, 6 stycznia 2012 r., już z oznaczeniem EVN 91 51 5 170 021-7 przekazano początkowo do ITL Polska, a od marca 2012 r. został wypożyczony PKP IC.

Od 1.04.2011 r. Vectron był eksploatowany przy obsłudze dwóch par pociągów na odcinku Warszawa Wschodnia – Kraków Płaszów: TLK Brzechwa oraz Ex Małopolska (13101/3510 oraz 5311/31100) z dobowym przebiegiem około 1200 km. Planowany okres miesięcznej eksploatacji został wydłużony do końca maja 2012 r. Zaletą Vectrona w wersji DC, akcentowaną przez producenta, jest niska masa pojazdu, co umożliwia jego eksploatację na liniach

o dopuszczalnym nacisku 20 ton (196 kN), zatem w przypadku Polski – na całej zelektryfikowanej sieci linii kolejowych.

Pierwsze zamówienia na lokomotywy z tej rodziny wpłynęły do Simensa w grudniu 2010 roku od spółki Railpool, która zdecydowała się pozyskać 6 lokomotyw Vectron o mocy 6400 kW i na napięcie 15 kV 16,7 Hz. Pojazdy (193 801 do 806) są wykorzystywane w ruchu pasażerskim i towarowym także w Niemczech i Austrii. Dwie lokomotywy w wersji DC wykonano dla włoskiego przewoźnika Furio Muro w 2012 r.

W lokomotywie możliwy jest montaż silnika spalinowego małej mocy (~180 kW, norma emisji spalin Euro IIIB), pozwalającego na poruszanie się po liniach czy bocznicach nieelektryfikowanych. Wersja spalinowa w porównaniu z wersją elektryczną jest dłuższa o około 1 m, a średnica kół jest nieznacznie mniejsza. Jednostką napędową jest 16-cylindrowy silnik MTU 16V 4000 R84 o widlastym układzie cylindrów, spełniający normę emisji spalin Euro IIIB. Miejsce prowadzącego pojazd jest standardowo umieszczone po prawej stronie (na sieci DB Netz obowiązują ruch prawostronny). Wersja wykonana dla kolei fińskich (1524 mm) ma większą wysokość w części środkowej ze względu na dodatkowe zabezpieczenia (przed śniegiem i lodem) urządzeń elektrycznych umieszczonych na dachu. Należy dodać, iż w Vectronach VR zastosowano pudło o tych samych gabarytach, co lokomotywy produkowane na tor 1435 mm. Powstała także wersja dla przewoźnika Amtrak z USA – wielosystemowa elektryczna Amtrak Cities Sprinter (AC) i spalinowa Siemens Charger, obie przystosowane do kursowania z prędkością 200 km/h, odpowiednio na Północno-Wschodnim Wybrzeżu (NEC) oraz w Kalifornii. Porównanie parametrów lokomotyw Vectron eksploatowanych przez PKP IC (wypożyczenie) oraz VR (zakup) zamieszczono w tablicy 5.

3.2. Vectron – początki eksploatacji

Pod koniec czerwca 2012 r. pierwsza lokomotywa Vectron otrzymała certyfikat bezterminowego dopuszczenia do ruchu po sieci kolejowej Rumunii (25 kV 50 Hz), a także czasowy, po sieci kolejowej Szwecji (15 kV 16,7 Hz) i Polski (3 kV DC), a we wrześniu 2012 r. bezterminowy od UTK (w Szwecji od maja 2013 r.). Certyfikat wydany przez EBA na dopuszczenie Vectronów AC po sieci DB Netz wydano w grudniu 2012 r. (dla wersji wielosystemowych – w lipcu 2014 r.). W marcu 2013 r. Vectrony zostały dopuszczone do ruchu po sieci ÖBB, a w grudniu po sieci MÁV. Na początku lipca 2014 r. norweski urząd transportu kolejowego Statens Jernbanetilsyn dopuścił podobne lokomotywy dostosowane do ruchu pod napięciem zarówno 15 kV 16,7 Hz, jak i 25 kV 50 Hz

Tablica 5

Dane techniczne lokomotyw Vectron – wersji DC i kolei fińskich / VR [24]

Przewoźnik	PKP IC	VR
Numeracja	–	3301-3380
System zasilania	3 kV DC	25 kV 50 Hz
Lata dostaw*	–	2016–
Liczba zamówionych lokomotyw	–	80
Szerokość toru [mm]	1435	1524
Układ osi	Bo'Bo'	
Długość całkowita [mm]	18 980	19 049
Rozstaw czopów skrzytu [mm]	bd.	13 800
Szerokość całkowita [mm]	3012	3013
Baza wózka [mm]	3000	
Wysokość maks. [mm]	4248	4400
Masa w stanie służbowym [t]	80	90
Maksymalny nacisk osi na tor [kN]	196	221
Moc lokomotywy [kW]	5200	6400
Moc dodatkowego silnika spalinowego [kW]	–	360
Średnica kół [mm]	1250	
System sterowania pojazdem	Sibas 32	
System bezpieczeństwa ruchu	SHP, CA	JKV, ETCS
Maks. siła pociągowa [kN]	300	bd.
Siła hamowania hamulcem ED [kN]	150 (opcjonalnie 240)	bd.
Prędkość maksymalna [km/h]	160 (200)	200
Uwagi	lok. wypożyczone	–

* Produkcja jest kontynuowana.

(możliwość wjazdu na sieć kolejową Danii) oraz ustalił prędkość maksymalną dla Vectronów na 200 km/h. Lokomotywy Vectron mogą współpracować z innymi pojazdami Siemens serii: 120, 152 (ES64F), 182 (ES64U2) i 189 (ES64F4), z wykorzystaniem systemów ZDS (niem. *zeitmultiplexe Doppeltraktionssteuerung*) lub ZMS (niem. *zeitmultiplexe Mehrfachtraktionssteuerung*), odpowiednio trójfazowej i wielokrotnej. Bezterminowe dopuszczenie do ruchu po sieci kolejowej Turcji dla Vectronów wydano w listopadzie 2014 r., a czasowe na sieci kolejowej Słowacji, czy Czech (dla wersji 3 kV DC), a w maju 2015 r., podobny dokument wydano także dla wersji wielosystemowej w obu krajach. ČD Cargo pozyskały 8 podobnych lokomotyw w wersji MS, które są zatrudniane w ruchu Czechy – Niemcy, w tym do prowadzenia pociągów EC pomiędzy oboma krajami na magistrali Hamburg – Berlin – Drezno – Praga

(wymiana lokomotywy odbywa się na stacji Dresden Hbf.), choć w pracy trakcyjnej są wykorzystywane także lokomotywy dzierżawione od ELL Austria. Dopuszczenie do ruchu po sieci kolejowej Włoch wydano w lipcu 2015 r. dla wersji 3 kV DC, a dla wielosystemowej w lutym 2017 r. Zezwolenie na eksploatację po sieci kolejowej Słowenii (3 kV DC) i Chorwacji (25 kV 50 Hz) wydano we wrześniu 2015 r. Fiński urząd transportu kolejowego dopuścił Vectrony do ruchu w maju 2017 r., a we wrześniu 2017 r. wersja Vectron MS otrzymała dopuszczenie po sieci kolejowej Holandii. Swoisty rekord zanotowano w czerwcu 2017 r., gdy podobne lokomotywy zostały dopuszczone przez regulatorów w Szwajcarii, Serbii i Bułgarii. Wersję wielosystemową Vectrona bezterminowo dopuszczono do ruchu po sieci PKP w sierpniu 2015 r. przez UTK. Natomiast wersja spalinowa Vectrona uzyskała dopuszczenie do ruchu we wrześniu 2014 r. po sieci kolejowej Niemiec, w sierpniu 2015 r. w Austrii, a także Turcji. Zestawienie wydanych dopuszczeń Vectronów, w zależności od wersji, na narodowe sieci kolejowe zamieszczono w tablicy 6.

Tablica 6
Dopuszczenie lokomotyw Vectron na sieci kolejowe poszczególnych państw w Europie (2022 r.)

Państwo	Wersja				
	MS	AC	DC	DE	Hybrydowa
Austria	+	+	–	+	+
Belgia	+	(+)	(+)		–
Bułgaria	(+)	(+)	–		–
Chorwacja	+	+	–		–
Czechy	+	+	+		–
Dania	–	+	–		–
Finlandia	–	+	–	–	–
Niemcy	+	+	–	+	+
Węgry	+	+	–	–	–
Włochy	+	–	+	–	–
Holandia	+	–	–	–	–
Norwegia	–	+	–	–	–
Polska	+	–	+	–	–
Rumunia	+	+	–	–	–
Serbia	(+)	(+)	–	–	–
Słowacja	+	+	–	–	–
Słowenia	+	–	–	–	–
Szwecja	–	+	–	–	–
Szwajcaria	(+)	(+)	–	–	–
Turcja	+	+	+	+	–

Oznaczenia: + → pojazdy eksploatowane, (+) → pojazdy zamówione [opracowanie własne na podstawie danych producenta]

3.3. Vectron VR (1524 mm)

Lokomotywy z rodziny Vectron zostały także dostarczone dla kolei fińskich – VR-Yhtymä i obecnie są to najnowocześniejsze pojazdy należące do ww. przewoźnika [25, 26, 11, 27, 28]. Sumarycznie zamówiono 80 lokomotyw z opcją rozszerzenia o kolejne 97 egzemplarzy (rys. 22, 23). Dostawy seryjne rozpoczęły się w 2016 r., a planowa eksploatacja w czerwcu 2017 r. Ze względu na trudne warunki klimatyczne Finlandii, próby techniczno-ruchowe fińskich Vectronów trwały dłużej niż analogiczne dla krajów z łagodniejszym klimatem (Niemcy, Austria, Polska itp.). Przyjęto założenia, iż prędkość maksymalna Vectronów VR będzie równa 200 km/h, nacisk osi 22,5 t, a graniczna temperatura eksploatacji –40°C.



Rys. 22. Vectron VR 3306 (1524 mm, 25 kV 50 Hz) w pobliżu stacji Äänekoski, Finlandia (27.09.2017 r.) [fot. P. Trippi]



Rys. 23. Lokomotywa Vectron VR 3306 (1524 mm, 25 kV 50 Hz) na stacji Vanha Asema, Finlandia (27.09.2017 r.) [fot. P. Trippi]

Lokomotywy są przystosowane do eksploatacji na sieci kolejowej o rozstawie 1524 mm i zelektryfikowanej napięciem 25 kV 50 Hz. Opisane pojazdy mają zastąpić obecnie eksploatowaną serię Sr1, zbudowaną m.in. przez fabrykę z Nowoczerwaska (obecnie Rosja) na przełomie lat 70. i 80. XX w. Należy dodać, iż Vectron jest konstrukcją sprawdzoną,

a lokomotywy wyprodukowane w latach 2010–2011 przez Siemens pokonały sumarycznie > 5 mln km. Przetarg na podobne lokomotywy dla VR został rozstrzygnięty w grudniu 2013 r. – spośród ofert złożonych przez Alstoma, Bombardiera i Siemens wybrano pojazdy ostatniego oferenta (koszt zakupu to 300 mln euro), przy czym zamawiający scedował obowiązek napraw i serwisowania pojazdów na producenta. Porozumienie podpisano w lutym 2014 r. Krajowy producent Transtech nie zdecydował się na złożenie zamówienia, ponieważ budowa tak złożonego pojazdu przy stosunkowo krótkiej serii nie gwarantowała osiągnięcia zysku czy nawet zwrotu kosztów. Przykładowo, eksport pojazdów i konkutowanie z innymi producentami, zwłaszcza na tor o rozstawie 1520/1524 mm, raczej nie miały szans powodzenia, ponieważ wymagania VR dla pojazdów są bardzo specyficzne. Przyjętą praktyką wśród uznanych producentów w krajach UE jest wyprodukowanie egzemplarza prototypowego, który przeważnie po zakończeniu prób jest złomowany. Wyniki testów pomagają producentowi optymalnie dostosować ofertę do oczekiwań przewoźnika, a także w razie potrzeby, zmodyfikować dokumentację techniczną pojazdu. Pierwszy Vectron VR rozpoczął próby techniczno-ruchowe w kwietniu 2015 r., które trwały do września 2016 r., po czym lokomotywa została odesłana do producenta. Trzy prototypowe pojazdy – Sr3 3302, 3303 i 3304 dostarczono VR od stycznia do maja 2016 r. [25, 29], natomiast lokomotywa Sr3 3301 przechodziła próby techniczno-ruchowe na torze doświadczalnym w Velimiu w Czechach i Wegberg-Wildenrath w Niemczech (na torze 1435 mm). W pierwszym półroczu 2017 r. dostarczono dla VR pięć lokomotyw Vectron i w czerwcu włączono je do planowej eksploatacji. Producent rozpoczął seryjną produkcję lokomotyw Sr3 w 2018 r. z planem zakończenia dostawy pojazdów w 2026 r. Przewoźnik natomiast będzie eksploatować lokomotywy do 2070 r.

Moc Vectronów VR jest równa 6400 kW, siła pociągowa 350 kN, co pozwala prowadzić pociągi o masie 2100 t brutto na wzniesieniach do 10‰ w trakcji pojedynczej [30, 31, 15]. Po sieci VR kursują także ciężkie pociągi towarowe załadowane węglem kamiennym lub rudą żelaza (wagony rosyjskich przewoźników) o średniej masie 5500 t prowadzone w trakcji podwójnej (lokomotywy VR są wyposażone w sprzęg mieszany LAF – SA-3 + UIC) (rys. 24). Należy dodać, iż prędkość maksymalna Vectronów VR, jaką osiągnięto na sieci kolejowej Finlandii to 220 km/h, a maksymalna masa brutto pociągu prowadzonego serią 3300 osiąga 5700 t. Lokomotywa jest wyposażona w dodatkowy silnik spalinowy o mocy 360 kW umożliwiający jej eksploatację na odcinkach niezelektryfikowanych i pokonanie odległości prawie 100 km z prędkością 20 km/h.



Rys. 24. Sprzęg mieszany LAF (UIC + SA-3) w lokomotywie Vectron VR [fot. M. Graff]

Sprężone powietrze w Sr3 jest dostarczane przez 2 bezolejowe sprężarki tłokowe o wydajności 3500 l/min., przy objętości głównego zbiornika sprężonego powietrza równej 1 m³. W lokomotywie zamontowano sprężarkę wraz z instalacją osuszającą powietrze oraz system nadzorujący parametry sprężonego powietrza. Vectron VR jest wyposażony w system Trainguard 100, czyli odmianę systemu ETCS oraz system bezpieczeństwa ruchu JKV używanym na sieci VR. Dodatkowo, pojazd jest wyposażony w urządzenia WLAN i DGPS. System sterowania pojazdem Sibas, pełniący także rolę systemu diagnostycznego, przesyła do serwisanta informacje o potencjalnych usterkach, co pozwala wcześniej przygotować zaplecze naprawcze, jeszcze zanim lokomotywa pojawi się w macierzystej lokomotywowni. Sprzęg lokomotywy LAF, czyli kombinacja samoczynnego SA-3 i śrubowego UIC, jest wyposażony w urządzenie do rozprzegania sterowane z kabiny maszynisty, a całość jest opisywana jako Unilink. Zamontowany system EKE Trainnet jest odpowiedzialny za zamykanie / otwieranie drzwi w wagonach pasażerskich oraz sterowanie systemem hamulcowym w wagonach. System sterowania pojazdem jest kompatybilny z odpowiednikiem z lokomotyw serii Sr2 (producentem jest Bombardier) oraz współpracuje z wagonami sterowniczymi wyprodukowanymi przez Transtech. Lokomotywa jest wyposażona w odzyskowy hamulec elektrodynamiczny pełniący rolę hamulca zasadniczego, baterie o pojemności 410 Ah, czy reflektory LED o światłości 220 kcd.

Zmianami w porównaniu z innymi lokomotywami Vectron są: boczne okna, dodatkowe stopnie i poręcze, kabina maszynisty izolowana termicznie, a wózki wykonane w ten sposób, aby utrudnić gromadzenie się śniegu i lodu w podwoziu lokomotywy (rys. 25).

Ściana czoła lokomotywy została wzmocniona, aby zapewnić ochronę prowadzącemu pojazd na wypadek kolizji, np. z łośiem. W porównaniu z odpowiednikiem z innych lokomotyw Vectron, pług odśnieżny został odpowiednio wzmocniony. Wózki lokomotywy wykonano w ten sposób, iż poza zestawami kołowymi na tor 1524 mm, jest możliwe także zamontowanie zestawów kołowych na rozstaw toru 1668 mm. Kabina maszynisty jest ogrzewana i klimatyzowana. Pierwsza naprawa główna lokomotywy jest przeprowadzana po przejechaniu 1,2 mln km.



Rys. 25. Lokomotywa Vectron dla VR (1524 mm) w trakcie montażu w zakładzie Siemens Allach, Monachium (27.06.2016 r.) [fot. M. Graff]

3.4. Seria ACS-64, czyli Vectron dla USA

Siemens przygotował także wersję lokomotywy na rynek północnoamerykański [32, 33, 34, 35]. Zatem odmiana Vectrona dla przewoźnika Amtrak, oznaczona jako ACS-64 (Amtrak Cities Sprinter), to lokomotywa bazująca na rozwiązaniach zastosowanych w dotychczas produkowanych pojazdach [36, 32, 33], jednak ze względu na różnice wdrożono rozwiązania wymagane tylko w USA, którymi są dodatkowe strefy zgniotu oraz wzmocnienie konstrukcji kabiny maszynisty (rys. 26, 27). Celem zakupu nowych 70 lokomotyw dla przewoźnika Amtrak była wymiana starszych pojazdów serii AEM-7 i HHP-8, odpowiednio dwu- i jednokabinowych, eksploatowanych na magistrali Wybrzeża Północno-Wschodniego (Northeast Corridor, NEC), łączącej Waszyngton, Nowy Jork i Boston. Pierwsze lokomotywy odebrano w lutym 2014 r., a dostawy zakończono w sierpniu 2016 r. Poza Amtrakiem, podobne lokomotywy zamówił inny przewoźnik – SEPTA Regional Rail, prowadzący działalność w południowo-wschodniej części stanu Pensylwania, a pojazdy zostały odebrane w 2018 r. w liczbie 15 egzemplarzy. Produkcję lokomotyw zrealizowano w zakładach w USA, w tym w głównej fabryce koncernu w Florin k. Sacramento w Kalifornii. Część elektryczną dla serii ACS-64 wyprodukowano w zakładach w Norcross i Alpharetta w stanie Georgia,

przekształtniki w zakładzie w Alpharetta, silniki trakcyjne i przekładnie w zakładzie w Norwood w stanie Ohio. Wartość umowy zawartej w lutym 2013 r., to 466 mln USD, a środki pochodzą m.in. z pożyczki od władz federalnych w wysokości 562,9 mln USD przyznanej w ramach programu rewitalizacji kolei oraz odnowy taboru.



Rys. 26. ACS-64 (US Vectron) nr 903 i 904 przewoźnika SEPTA na terenie CSX Locust Point yard Baltimore w stanie Maryland, USA (20.02.2018 r.) [fot. B. Phillips]



Rys. 27. ACS-64 601 (US Vectron) przewoźnika Amtrak przed dostarczeniem do ośrodka testowego Avondale (Transportation Test Center) w stanie Kolorado, USA (8.06.2013 r.) [fot. N.D. Holmes / Wikimedia Commons]

Pudło lokomotywy jest jednolitą strukturą wraz z ostoją oraz ścianami bocznymi. Skutkiem podobnej modyfikacji jest zwiększenie masy lokomotywy oraz nacisku osi, a także siły pociągowej. Nacisk osi serii ACS-64 równy 24,5 t jest znaczny, jednak w USA nie jest to problemem, ponieważ podobna wartość jest standardem dla lokomotyw pasażerskich (dla towarowych stosuje się naciski 30–35 t). ACS-64 jest przystosowana do eksploatacji na liniach zelektryfikowanych napięciem 25 kV 60 Hz, 12,5 kV 60 Hz i 12 kV 25 Hz, użytymi do elektryfikacji NEC. Zasilanie silników elektrycznych odbywa się poprzez falowniki zbudowane z przekształtników tranzystorowych IGBT, chłodzonych wodą, przy czym jeden przekształtnik zasila jedną parę silników. Dodatkowe przekształtniki

(pomocnicze) zasilają moduł HEP przez urządzenia pokładowe w lokomotywie. Pudło lokomotywy jest stalowe, a wózki są połączone z pudłem przez czop skreśtu oraz nisko umieszczone tzw. łącza trakcyjne (ang. *traction links* – połączenia wózka z pudłem), obustronnie zakończone gumowymi wkładkami w celu zmniejszenia transmisji wibracji z wózków na pudło⁶. Przeniesienie momentu obrotowego z silnika przez przekładnię na zestawy kołowe jest analogiczne, jak w klasycznych Vectronach. Duża moc lokomotywy – 6400 kW oraz nacisk osi pozwala bezproblemowo prowadzić pociągi zestawione z 18 wagonów Amfleet z prędkością maksymalną 201 km/h (125 mil/h). Ze względów bezpieczeństwa zamontowano zmodyfikowane sprzęgi AAR, które lepiej chronią pociąg przed rozłączeniem podczas wykolejenia, czy przewróceniem się na bok w przypadku kolizji z przeszkodą. Głównym atutem tej serii jest wydajny, elektrodynamiczny hamulec odzyskowy (wydajność na poziomie około 100%), a rekuperowana energia może być zwrócona do sieci, ew. wykorzystana do zasilania tzw. modułu HEP (ang. *head-end power*), dostarczającego energię elektryczną do klimatyzacji czy ogrzewania.

Pierwsze 3 egzemplarze ACS-64 dostarczono w połowie maja 2013 r., przy czym nr 600 i 601 testowano na torze doświadczalnym Transportation Technology Center w Pueblo w stanie Kolorado, a nr 602 na magistrali NEC. Podczas oficjalnej prezentacji lokomotyw w połowie lutego 2014 r. na 30th Street Station w Filadelfii obecni byli przedstawiciele najwyższych władz państwowych, w tym wiceprezydent J. Biden. Ostatnia lokomotywa nr 670 została odebrana na początku czerwca 2016 r. Wprowadzenie do eksploatacji serii ACS-64 spowodowało wycofanie wcześniej używanych na magistrali NEC lokomotyw. Swoistą rezerwą taborową jest 6 pojazdów, a ich wykorzystanie jest planowane w przypadku np. zwiększenia częstotliwości kursowania pociągów w przyszłości [37].

Inny przewoźnik – SEPTA w listopadzie 2015 r. podpisał umowę na dostarczenie 13 lokomotyw serii ACS-64 (z opcją na 5 kolejnych) za sumę 118 mln USD (z opcją – 154 mln USD) celem zastąpienia serii 7 AEM-7 i ALP-44, z terminem dostarczenia w 2018 r. [38, 39]. Ostatecznie przewoźnik zdecydował się zamówić sumarycznie 15 lokomotyw. W lutym 2016 r. Amtrak wypożyczył jeden pojazd – nr 664 przewoźnikowi SEPTA w celu wykonania prób na tej sieci kolejowej. W połowie

Tablica 7

Dane techniczne lokomotyw Vectron przewoźników z USA [36]

Rodzaj pojazdu	Lokomotywa elektryczna
Producent	Siemens Mobility
Przewoźnicy	Amtrak: 600–665, 667–670; SEPTA: 901–915
Liczba zamówionych pojazdów	Amtrak: 70 SEPTA: 15 (opcja na 3 dodatkowe)
Lata produkcji	Amtrak: 2012–2015 SEPTA: 2015–2018
Lata dostaw	2013–2016 (Amtrak)
Początek eksploatacji	luty 2014 r. (Amtrak)
Układ osi	Bo'Bo'
Rozstaw toru [mm]	1435
Długość całkowita [mm]	20 320
Szerokość maksymalna [mm]	2984
Wysokość maksymalna (przy złożonym pantografie) [mm]	3810
Typ wózków	SF4
Baza wózka [mm]	9900
Średnica kół nowych / zużytych [mm]	1117 / 1041
Minimalny promień łuku [m]	76
Nacisk osi [kg]	24 610
Masa lokomotywy [kg]	97 766
Napięcie	12 kV 25 Hz, 12,5 kV 60 Hz, 25 kV 60 Hz,
Silniki trakcyjne	3~ AC
Rodzaje hamulców	elektrodynamiczny, elektropneumatyczny tarczowy
Moc godzinna / ciągła [kW]	6400 / 5000
HEP (head end power) (ogrzewanie wagonów)	970 kW, 480 V 3~, 60 Hz, 1000 kVA
Maksymalna siła pociągowa [kN]	320
Współczynnik przyczepności	2,99 (33,4%)
Siła hamowania [kN]	150
Prędkość maksymalna / konstrukcyjna [km/h]	201 / 217
Systemy bezpieczeństwa ruchu	FRA, ACSES II
Trakcja wielokrotna	tak

⁶ Łącze trakcyjne służy do przekazywania sił pociągowo-wzdłużnych z wózka na pudło lokomotywy i składa się przeważnie ze stalowego drążka przymocowanego na jednym końcu do ramy wózka, a na drugim końcu do ramy głównej lokomotywy. Oba końce są wyposażone w gumowe tłumienie, aby zmniejszyć przenoszenie drgań. Rolą drążka jest zminimalizowanie naprężeń sił trakcyjnych z centralnego czopa wózka i zmniejszenie niekorzystnych zjawisk przy przenoszeniu masy pudła na wózek. Wcześniej, przenoszenie sił wózek – pudło odbywało się przez czop skreśtu w wózku.

marca 2016 r. lokomotywa została zwrócona właścicielowi. Pierwsze egzemplarze wyprodukowanych lokomotyw odebrano w połowie grudnia 2017 r., a w styczniu 2018 r. rozpoczęła się planowa eksploatacja. Dane techniczne lokomotyw Vectron przewoźników z USA zamieszczono w tablicy 7.

4. Eksploatacja

Obecnie praktykowany jest nie tylko zakup lokomotyw przez narodowych czy prywatnych przewoźników, ale także przez firmy leasingowe. Ostatnie rozwiązanie ma zastosowanie w przypadku przewoźników, którzy potrzebują pozyskać lokomotywy do realizacji zadań przewozowych zwiększonych okresowo (zakup pojazdów byłby niecelowy). Zatem powstały firmy leasingowe wykorzystujące, np. pojazdy wielosystemowe, których przystosowanie do wymagań poszczególnych przewoźników nie jest skomplikowane.

4.1. Firmy wynajmujące lokomotywy

Obecnie na terenie państw UE działalność prowadzi kilka firm wynajmujących lokomotywy: Siemens i European Locomotive Leasing, MRCE / Mitsui Rail Capital Europe, Railpool, Alpha Trains, boxXpress i Lokomotion.

4.1.1. Siemens i European Locomotive Leasing

Pod koniec marca 2014 r. firma leasingowa European Locomotive Leasing (ELL) podpisała z Siemensem umowę ramową na dostawę 50 lokomotyw Vectron, różniących się parametrami technicznymi, tj. przeznaczonymi dla różnych odbiorców [40]. Na początku czerwca 2016 r. oba podmioty podpisały kolejną umowę ramową na kolejne 50 lokomotyw, które będą używane do prowadzenia pociągów w kilku korytarzach komunikacyjnych:

- z Holandii do Włoch, przez Niemcy i Austrię,
- z Niemiec przez Austrię i Węgry do Rumunii,
- na sieciach kolejowych w Niemczech, Austrii i Węgrzech,
- przewidziano możliwość wjazdu na sieci kolejowe krajów skandynawskich.

Poza krajowymi systemami bezpieczeństwa lokomotywy będą wyposażone w system ETCS. Moc pojazdów będzie równa 6400 kW, a prędkość maksymalna 200 km/h. Opcjonalnie przewidziano także montaż dodatkowego silnika spalinowego. W lutym 2017 r., DB Cargo wynajęło 10 lokomotyw Vectron

DE od producenta, a miejscem ich stacjonowania jest lokomotyownia w Halle.

4.1.2. MRCE / Mitsui Rail Capital Europe

Firma wynajmująca lokomotywy Mitsui Rail Capital Europe w lipcu 2013 r. podpisała z Siemensem umowę na dostarczenie 15 lokomotyw Vectron w wariantach B, tj. przeznaczonych do prowadzenia pociągów pomiędzy Niemcami, Austrią i Węgrami. Moc lokomotyw jest równa 6400 kW, prędkość maksymalna 160 km/h. Wszystkie pojazdy są wyposażone w system ETCS, poza wymaganymi także systemami krajowymi. Część lokomotyw zostanie wyprodukowana w ten sposób, aby w przyszłości umożliwić łatwą konwersję, np. z wersji AC do MS. W czerwcu 2014 r. MRCE podpisało umowę z Siemensem na dostarczenie kolejnych 20 lokomotyw o prędkości maksymalnej 200 km/h z przeznaczeniem do obsługi ruchu pasażerskiego. MRCE podpisało z Siemensem najwięcej umów na lokomotywy przeznaczone do prowadzenia pociągów między Niemcami i Austrią:

- w październiku 2015 r. – kontrakt na 10 lokomotyw w wersji AC i 11 w wersji MS (możliwość wjazdu także na sieć kolejową Włoch) i dodatkowy kontrakt na kolejne 10 lokomotyw w czerwcu 2016 r.; pojazdy o mocy 6400 kW i prędkości maksymalnej 160 km/h;
- we wrześniu 2017 r. podpisano kontrakt na 10 lokomotyw Vectron MS, z możliwością wjazdu także na sieci kolejowe Szwajcarii, Włoch i Holandii, z opcją na dodatkowe 20 pojazdów.

We wrześniu 2017 r. MRCE zamówiło w koncernie Siemens 30 + 15 lokomotyw (oprócz zamówionych / odebranych wcześniej 66 pojazdów Vectron), do sumarycznej liczby 111 posiadanych pojazdów.

4.1.3. Railpool

Jedną z pierwszych firm wynajmujących lokomotywy Vectron jest niemiecka firma Railpool, która w grudniu 2010 r. zamówiła 6 jednosystemowych lokomotyw Vectron z przeznaczeniem do obsługi ruchu pasażerskiego i towarowego w Niemczech i Austrii. Pierwsze lokomotywy odebrano w grudniu 2012 r. Moc pojazdów jest równa 6400 kW, a prędkość maksymalna 200 km/h. Lokomotywy zostały wyposażone w systemy: bezpieczeństwa ETCS, komunikacji WTB (*Wire Train Bus*) oraz wyświetlacze stacji docelowej. W maju 2014 r. Railpool zamówił 5 lokomotyw Vectron AC, a w 2015 r. kolejne 3 egzemplarze w tej samej wersji. W maju 2016 r. zamówiono 5 lokomotyw AC z przeznaczeniem do prowadzenia pociągów po sieci kolejowej Niemiec, Austrii, Węgier i Rumunii. Moc pojazdów jest równa 6400 kW, a prędkość maksymalna 200 km/h. Kontrakt przewiduje opcjonalnie dostarczenie 10 kolejnych lokomotyw. Do obsługi

pociągów RE (Regional Express) Norymberga – Sonneberg po linii dużej prędkości Ebensfeld – Coburg DB Regio wynajęło od MRCE 5 lokomotyw od grudnia 2017 r., które wyposażono w system ETCS dostarczony przez Alstom.

4.1.4. Alpha Trains, boxXpress i Lokomotion

Jedną z firm, która wynajmuje lokomotywy jest Alpha Trains Luxembourg S.à r.l (ww. podmiot złożył zamówienie na 6 lokomotyw Vectron w połowie kwietnia 2016 r.). Umowa przewiduje także naprawy i serwis pojazdów. Alpha Trains wynajął pojazdy przewoźnikowi TX Logistik AG Germany, który eksploatuje lokomotywy pomiędzy Niemcami, Austrią i Włochami. Kontrakt przewiduje pozyskanie 4 Vectronów, co ogłoszono na początku kwietnia 2017 r.

Usługę wynajmu lokomotyw świadczy także firma boxXpress z siedzibą w Hamburgu, która w sierpniu 2013 r. zakupiła 4 pierwsze lokomotywy Vectron z przeznaczeniem do prowadzenia pociągów pomiędzy Niemcami i Austrią. Wszystkie lokomotywy wyposażono w system ETCS. W listopadzie 2014 r. zamówiono 4 kolejne lokomotywy, a w październiku 2017 r. – ponownie 4 egzemplarze.

Pod koniec stycznia 2016 r. prywatna firma Lokomotion podpisała kontrakt na dostawę 8 lokomotyw Vectron MS do prowadzenia pociągów pomiędzy Niemcami, Austrią i Włochami. Poza krajowymi systemami bezpieczeństwa ruchu, pojazdy będą wyposażone w system ETCS i dostarczone wiosną 2017 r. Moc lokomotyw będzie równa 6400 kW, a prędkość maksymalna 200 km/h (co sugeruje także możliwość prowadzenia pociągów pasażerskich).

4.2. Niemcy, Austria, Szwajcaria

4.2.1. Austria

Przewoźnik z Austrii (Cargo Service – Cargo Serv) zakupił 1 lokomotywę w marcu 2014 r. w wersji AC o mocy 6400 kW i prędkości maksymalnej 160 km/h. Pojedynczy egzemplarz Vectrona zamówił także przewoźnik z Austrii Wiener Lokalbahnen Cargo GmbH (WLC). Pojazd, który dostarczono w grudniu 2014 r., ma dopuszczenie wjazdu na sieci kolejowe Niemiec i Austrii.

Pod koniec stycznia 2017 r. Siemens podpisał umowę ramową z ÖBB na dostarczenie 200 lokomotyw Vectron, z których do 50 egzemplarzy będzie wykonanych w wersji MS, do 100 – w wersji AC oraz do 50 w wersji AC z dodatkowym silnikiem spalinowym (rys. 28). Dodatkowo, ÖBB zawarły umowę na dostarczenie 30 lokomotyw Vectron w wersji MS, które przekazano latem 2018 r. Przewoźnik zamierza eksploatować podobne lokomotywy (oprócz własnej sieci kolejowej), także na sieciach kolejowych Niemiec, Chorwacji, Polski, Słowacji, Czech, Słowenii

i Węgier. Lokomotywy o mocy 6400 kW i prędkości maksymalnej 160 km/h, zostały wyposażone w system ETCS (rys. 29, 30).



Rys. 28. Lokomotywa Vectron MS serii 1293 001 dla ÖBB [fot. Siemens]



Rys. 29. Vectron DE 1247 905 przewoźnika STH z pociągiem towarowym w pobliżu stacji Haiding, Austria (15.03.2018 r.) [fot. K. Steiner]



Rys. 30. Vectron 193 238 przewoźnika WLC z pociągiem towarowym w pobliżu stacji Haiding, Austria (15.03.2018 r.) [fot. K. Steiner]

4.2.2. Niemcy

Przewoźnik z Niemiec – mgw Service podpisał umowę na dostarczenie jednej lokomotywy, którą przekazano w sierpniu 2014 r. Dodatkowo, kolejną loko-

motywę zamówiono w lipcu 2016 r. W styczniu 2015 r. producent przekazał prototypową lokomotywę Vectron DE 247 901 do ośrodka badawczego Prüfcen-ter Wegberg-Wildenrath (PCW).

Inny niemiecki przewoźnik – ENON w maju 2015 r. zamówił jedną lokomotywę Vectron AC z zamiarem wynajęcia własnej spółce zależnej Eisenbahngesellschaft Potsdam (EGP). W grudniu 2017 r. przewoźnik ENON odebrał kolejną lokomotywę Vectron AC dla własnej spółki – córki EGP.

Captrain Deutschland-Gruppe, spółka – córka przedsiębiorstwa ITL Eisenbahngesellschaft, zamówiła 3 lokomotywy Vectron MS, z przeznaczeniem kursowania po sieciach kolejowych Niemiec, Austrii, Polski, Czech, Słowacji oraz Węgier. Pierwsza lokomotywa została przekazana w sierpniu 2015 r., a ostatnia na początku 2016 r. Początkowo przewoźnik planował pozyskanie w opcji kolejnych 3 pojazdów, jednak w 2016 r. ostatecznie od tego odstąpiono. Pod koniec kwietnia 2017 r. ITL zamówił dla spółki Captrain Deutschland-Gruppe kolejne 6 lokomotyw. Trzy pojazdy, które przekazano w 2018 r. otrzymają krajowe systemy bezpieczeństwa ruchu wymagane na sieciach kolejowych Niemiec, Austrii, Polski, Węgier, Czech, Słowacji i Rumunii, a trzy kolejne przekazane w 2018 r., będą dodatkowo wyposażone w system bezpieczeństwa ruchu ATB wymagany na sieci kolejowej Holandii.

We wrześniu 2016 r., podczas targów Innotrans w Berlinie, producent wraz z przewoźnikiem Railcare AG podpisali umowę na 7 lokomotyw Vectron AC z dodatkowym silnikiem spalinowym, przy czym kontrakt obejmuje także naprawy i serwisowanie lokomotyw przez okres 8 lat. Przeznaczeniem pojazdów będzie prowadzenie pociągów towarowych na sieciach kolejowych Niemiec, Austrii i Szwajcarii. Moc lokomotyw jest równa 6400 kW, a prędkość maksymalna 160 km/h. Pierwszym przewoźnikiem zamawiającym lokomotywy Vectron DE, był podmiot Infraleuna, który w grudniu 2016 r. podpisał umowę na 1 egzemplarz.

W sierpniu 2016 r. DB Cargo zawarła umowę ramową z Siemensem na dostawę 100 lokomotyw Vectron MS, z których 60 planowano dostarczyć w krótkim czasie (rys. 31, 32). Pojazdy przeznaczone do obsługi ruchu towarowego ciągu komunikacyjnego Ren – Alpy po sieciach kolejowych Niemiec, Austrii, Szwajcarii, Włoch i Holandii, a od 2020 r. także do obsługi sieci w Belgii [24]. Pojazdy miały być wyposażone w system ETCS.

W grudniu 2017 r. przewoźnik Stern & Hafferl Verkehrsgesellschaft zakupił lokomotywę Vectron-DE 247 905, oficjalnie prezentowaną wcześniej przez producenta.

Zamówienie na 2 lokomotywy w wersji spalinowo-elektrycznej złożył także przewoźnik RDC Autozug Sylt GmbH, będący niemiecką filią Railroad Development Corporation, podmiotu z USA z siedzibą

w Pittsburghu. Termin dostaw lokomotywy określono na 2017 r. i 2018 r.



Rys. 31. Lokomotywy: Vectron DC należące do DB Schenker Rail Polska oraz HL 1877 należące do SNCB na terenie VUŽ Velim, Czechy (26.04.2014 r.) [fot. ze zbiorów autora]



Rys. 32. Vectron MS serii 193 300 dla DB Cargo [fot. Siemens]

4.2.3. Szwajcaria

Pod koniec stycznia 2017 r. firma leasingowa Lok-Roll AG, z pomocą funduszu infrastrukturalnego Reichmuth Infrastruktur Schweiz AG, zamówiła 18 lokomotyw Vectron w wersji MS, wyposażonych poza krajowymi systemami bezpieczeństwa, także w system ETCS. Przeznaczeniem pojazdów będzie prowadzenie pociągów pomiędzy Szwajcarią, Niemcami, Austrią i Włochami. Pojazdy o mocy 6400 kW i prędkości maksymalnej 160 km/h, miały być dostarczone do grudnia 2017 r. Właściciel pojazdów zamierza wynająć na 15 lat wszystkie pojazdy przewoźnikowi SBB Cargo International.

W marcu 2015 r. przewoźnik ze Szwajcarii BLS Cargo zamówił 15 lokomotyw Vectron MS z przeznaczeniem do prowadzenia pociągów na sieci kolejowej Szwajcarii, Niemczech, Austrii, Włoch i Holandii. Pierwsze lokomotywy odebrano w drugiej połowie 2016 r.

Szwajcarski przewoźnik Hupac zdecydował się zamówić 8 lokomotyw Vectron MS do obsługi ruchu w korytarzu komunikacyjnym Ren – Alpy. Dostawy pojazdów miały być zrealizowane na początku lata 2018 r. Moc lokomotyw będzie równa 6400 kW, a prędkość maksymalna 160 km/h [24].

4.3. Europa Środkowa

4.3.1. Czechy i Słowacja

Czeski przewoźnik ČD Cargo zdecydował się na zamówienie w kwietniu 2016 r. pięciu lokomotyw Vectron MS do prowadzenia pociągów pomiędzy Czechami, Słowacją i Niemcami (choć nie jest wykluczony wjazd na sieci kolejowe innych krajów) [24]. Moc lokomotyw jest równa 6400 kW, a prędkość maksymalna 160 km/h, co umożliwia bezproblemowe prowadzenie ciężkich pociągów po całej sieci kolejowej Czech oraz Słowacji, położonych w znacznym stopniu na terenie pagórkowatym lub górzystym (rys. 33, 34). W maju 2017 r. zamówienie zostało rozszerzone przez przewoźnika o 3 kolejne lokomotywy. W czerwcu 2017 r. przewoźnik ČD zdecydował się na leasing 8 lokomotyw od podmiotu European Locomotive Leasing (ELL) z przeznaczeniem obsługi ruchu pasażerskiego na trasie Praga – Drezno – Berlin, przy czym pojazdy zostały zamówione przez ELL w umowie ramowej z czerwca 2016 r. Innym przewoźnikiem z Czech, który zamówił podobne lokomotywy to EP Cargo (1 lokomotywa w wersji MS), prowadzący działalność głównie w Czechach i Polsce. W grudniu 2015 r. słowacki przewoźnik Prvá Slovenská Železnica (PSŽ) zdecydował się na zakup wcześniej wynajmowanej lokomotywy Vectron MS – 193 820.



Rys. 33. Vectron MS serii 383 108 wynajęty przez ZSSK z poc. IC na stacji Bratislava hl. st., Słowacja (22.06.2019 r.) [fot. M. Graff]



Rys. 34. Vectron MS serii 383 050 wynajęty przez Unipetrol z poc. towarowym na stacji Ostrava Svinov, Czechy (30.09.2018 r.) [fot. P. Štefek]

W listopadzie 2017 r. koleje Słowacji (ZSSK) zdecydowały się na wynajem 10 lokomotyw od S Rail Lease do prowadzenia pociągów IC pomiędzy Bratysławą i Koszycami (3 kV DC, 25 kV 50 Hz) [24]. Vectrony są także wynajmowane przez przewoźnika RegioJet do prowadzenia pociągów IC/EC na trasach Praga – Ostrawa – Żylin – Koszyce i Bratysława – Koszyce (właścicielem lokomotywy jest ELL).

4.3.2. Polska

Po sieci kolejowej PLK są eksploatowane lokomotywy Vectron przede wszystkim należące do dwóch przewoźników – PKP Cargo oraz DB Cargo Polska, odpowiednio w wersji MS i DC [24] (rys. 35, 36). Wersja wielosystemowa została zamówiona we wrześniu 2015 r. w liczbie 15 pojazdów oraz przekazana od początku 2016 r. do lata 2017 r. Kontrakt przewiduje także serwisowanie, naprawy oraz dostawę części zamiennych dla lokomotyw przez okres 8 lat. Klauzula w kontrakcie na zakup lokomotyw przewiduje także pozyskanie 5 dodatkowych egzemplarzy. PKP Cargo eksploatuje Vectrony prowadząc pociągi po sieciach kolejowych Niemiec, Holandii, Czech, Słowacji, Austrii i Węgier, przy czym wybrane egzemplarze mają zainstalowane opcjonalnie systemy bezpieczeństwa ruchu, wymagane na sieciach kolejowych ww. krajów. Kolejny przewoźnik, Deutsche Bahn Cargo Polska, zamówił w grudniu 2012 r. 23 Vectrony przeznaczone do eksploatacji na liniach zelektryfikowanych napięciem 3 kV DC. Producent dostarczył lokomotywy do 2015 r., które są używane do prowadzenia pociągów towarowych, choć przez krótki czas kilka egzemplarzy było wypożyczonych przez PKP IC, które borykało się z deficytem lokomotyw do prowadzenia pociągów z prędkością maksymalną 160 km/h. DB Cargo Polska zdecydował się zamówić kolejne 13 lokomotyw Vectron DC.



Rys. 35. Vectron DC wynajęty przez PKP IC z poc. IC na stacji Warszawa Wschodnia (14.04.2011 r.) [fot. M. Graff]

Inny polski przewoźnik Industrial Division zamówił w lutym 2018 r. jedną lokomotywę w wersji MS,

która będzie eksploatowana na sieciach kolejowych: Niemiec, Czech, Słowacji, Austrii, Węgier i Rumunii oraz Polski. Poza Vectronami należącymi do PKP Cargo i DB Cargo Polska, na sieci PLK są eksploatowane także lokomotywy Vectron należące do przewoźników z sąsiednich krajów – Niemiec, Austrii czy Czech.



Rys. 36. Vectron MS serii EU46: 503+502 należące do PKP Cargo na stacji Hegyeshalom, Węgry (23.02.2016 r.) [fot. R. Wyhnal]

4.3.3. Węgry

W marcu 2017 r. przewoźnik Raaberbahn/GySEV podpisał umowę na dostarczenie 5 lokomotyw, przy czym 2 egzemplarze zamówiono w wersji AC z dodatkowym silnikiem spalinowym, a 3 pojazdy w wersji MS [24] (rys. 37). Klauzula kontraktu przewidywała pozyskanie kolejnych 4 pojazdów w wersji AC, jednak w czerwcu 2017 r. przewoźnik odstąpił od tej opcji.



Rys. 37. Vectron 471 500 należący do przewoźnika GySEV z pociągiem towarowym w pobliżu stacji Haiding, Austria (15.03.2018 r.) [fot. K. Steiner]

4.4. Europa Południowa

4.4.1. Słowenia

Przewoźnik ze Słowenii Adria Transport początkowo wynajmował jedną lokomotywę Vectron, jednak w styczniu 2018 r. zdecydował się na zakup pojazdu od producenta – właściciela.

4.4.2. Włochy

Przewoźnicy z Włoch zakupili lokomotywy Vectron wyłącznie w wersji DC, co świadczy o zamiarze wykonywania przewozów praktycznie tylko na terenie Włoch, ew. sąsiedniej Słowenii. Pierwszym przewoźnikiem był FuoriMuro, który w marcu 2012 r. zakupił 2 lokomotywy do prowadzenia pociągów towarowych pomiędzy oddalonymi o 60 km portem morskim w Genui a terminalem kontenerowym Interporto Rivalta Scrivia. Inny przewoźnik – Compagnia Ferroviaria Italiana (CFI) w lutym 2014 r. zamówił dwie lokomotywy Vectron, które dostarczono w drugiej połowie ww. roku. We wrześniu 2016 r. CFI podpisała z Siemensem kolejną umowę – także na 2 lokomotywy, które producent dostarczył w 2017 r. Ostatni prywatny przewoźnik z Włoch – InRail zamówił w lipcu 2017 r. trzy lokomotywy Vectron DC.

Przewoźnik DB Cargo zdecydował się na leasing 8 lokomotyw Vectron DC, przy czym leasingodawcą była spółka zależna od banku Unicredit – Unicredit Leasing, a umowę zakupu podpisano w listopadzie 2015 r. Pojazdy – o mocy 5200 kW i prędkości maksymalnej 160 km/h dostarczono przewoźnikowi pod koniec 2016 r.

4.4.3. Bułgaria

W kwietniu 2016 r. przewoźnik z Bułgarii PIMK zamówił 1 lokomotywę Vectron w wersji AC medium power (5600 kW) i prędkości maksymalnej 160 km/h. Druga lokomotywa Vectron została zamówiona przez bułgarskiego przewoźnika DMV Cargo Rail w lutym 2018 r.

4.5. Skandynawia

4.5.1. Finlandia

Lokomotywy Vectron zostały zakupione również przez przewoźników z krajów skandynawskich. Pierwszy z nich – VR, złożył zamówienie w grudniu 2013 r. na 80 lokomotyw z opcją na kolejne 97 egzemplarzy przystosowanych do eksploatacji na liniach o rozstawie szyn 1524 mm i zelektryfikowanych napięciem 25 kV 50 Hz. VR oznaczyły własne Vectrony jako serię Sr3. Ze względu na specyficzne wymagania – trudny klimat (skandynawskie zimy), konstrukcja była modyfikowana, choć należy mówić raczej o ewolucji niż rewolucji.

4.5.2. Szwecja

Przewoźnik ze Szwecji Hector Rail, w lipcu 2016 r. zamówił 5 lokomotyw z opcją na kolejne 15 egzemplarzy w wersji AC o mocy 6400 kW i prędkości maksymalnej 200 km/h, dodatkowo wyposażonych w silnik spalinowy małej mocy oraz system ETCS. Ponieważ SJ stosują to samo napięcie, co DB – 15 kV 16,7 Hz, czy NSB, nie była konieczna większa

modyfikacja lokomotywy. Przystosowanie do pracy pod napięciem 25 kV 50 Hz umożliwia poruszanie się po sieci kolejowej Danii. W marcu 2017 r. Hector Rail zamówił kolejne 15 lokomotyw, jak pierwotnie zaplanowano w opcji kontraktu.

Firma leasingowa Emissionshaus Paribus Capital zakupiła 2 lokomotywy, które odebrano w połowie października 2013 r. Przeznaczeniem obu pojazdów jest obsługa ruchu pasażerskiego na sieci kolejowej Szwecji.

4.5.3. Dania

W połowie marca 2018 r. DSB złożyły zamówienie na 26 lokomotyw Vectron w wersji MS z opcją na kolejne 18, które powinny być dostarczone do 2021 r. Dania jest krajem tranzytowym leżącym pomiędzy Szwecją i Niemcami, a znaczna część ładunków jest przewożona koleją, zwłaszcza po oddaniu do eksploatacji tunelu i mostu Øresund pomiędzy Kopenhagą i Malmö. Wielosystemowa lokomotywa umożliwi wjazd na sąsiednie sieci kolejowe – Szwecji i Niemiec. Należy dodać, iż DSB zakupiły w latach 90. XX w. lokomotywy z rodziny Europrinter – serii EA4000 (Bo'Bo', 25 kV 50 Hz) i EG3100 (Co'Co', 15 kV 16,7 Hz + 25 kV 50 Hz), z których w eksploatacji pozostaje kilka egzemplarzy, pozostałe zostały sprzedane innym przewoźnikom.

4.6. Wykaz lokomotyw

Zamówienia na lokomotywy są sukcesywnie składane, a pojazdy dostarczane. Do 2022 r. producent otrzymał zamówienia na ponad 1800 lokomotyw, w tym ponad 500 pojazdów opcjonalnie. W tablicy 8 zamieszczono zestawienie lokomotyw Vectron sprzedanych lub zamówionych dla poszczególnych przewoźników lub właścicieli (stan na pierwszy kwartał 2022 r.).

5. Wnioski

Lokomotywy Vectron zaprojektowane i wyprodukowane przez Siemens, wyposażone w napęd trójfazowy i budowane modułowo, dzięki swej uniwersalności są eksploatowane w ruchu pasażerskim i towarowym w krajach UE i USA. Swoboda w przetwarzaniu prądu pobieranego z sieci trakcyjnej spowodowała, iż powstały zarówno wersje przeznaczone na jeden rodzaj napięcia, jak i wielosystemowe, na tor 1435 mm oraz 1524 mm. Producent przewidział także montaż silnika spalinowego – dużej mocy w przypadku wersji spalinowej lokomotywy lub mniejszej mocy, jako tzw. funkcji *last mile* (umożliwiającej lokomotywie elektrycznej dojazd po krótkim, niezelektryfikowanym odcinku).

Uniwersalność lokomotyw Vectron gwarantuje, że zupełnie wystarczające jest zamówienie wersji 4-systemowej przez firmę leasingową, w której aktywowane są wybrane funkcje (np. możliwość poruszania się pod określonym napięciem) czy systemy bezpieczeństwa ruchu, w zależności od aktualnego zapotrzebowania przewoźnika, który wypożycza pojazd lub leasinguje. Porównanie z Taurusem (ES64U4) – wcześniejszą konstrukcją Siemens obrazuje, iż wielkość przewoźników decyduje się na zakup lokomotyw nie tylko wtedy, gdy pojazd ma odpowiednie parametry techniczne, ale także przy odpowiedniej cenie zakupu.

Literatura

1. Cunha J.: *Siemens inicia produção das locomotivas 4700*, Transportes XXI, 6.03.2007.
2. Nunes R.: *Locomotivas 4700 em testes de linha*, Transportes XXI, 3.10.2008.
3. Belgian National Railway Company places €211M order with Siemens for 60 locomotives, Siemens Transportation Systems, 18 January 2007.
4. *La SNCB commande 60 locomotives électriques chez Siemens*, SNCB Presse, 16 January 2007.
5. SNCB dual-system loco to be unveiled Railway, Gazette International, 23 September 2008.
6. Three-System Universal Locomotive HLE 18 Locomotives – *Reference List*, Siemens.
7. Bückle A.: *Die Lokomotiven der Hercules-Familie moderne Diesellokomotiven aus dem Hause*, Siemens EK-Verlag, Freiburg 2008.
8. Diesel-Electric Universal Locomotive ER20, Germany, Austria and Hong Kong Siemens.com.
9. Diesel-electric freight locomotive Eurorunner ER20 CF for Lithuanian Railways (LG), Siemens.com.
10. Graff M.: *Nowoczesny tabor kolei litewskich*, LG TTS 5/2013.
11. VR Group orders 80 Vectron locomotives, International Railway Journal, 20 December 2013.
12. Siemens Vectron locomotive on test, Railway Gazette International, 29 June 2010.
13. The Vectron – Siemens' new generation of locomotives for rail transportation in Europe, Siemens, 29 June 2010.
14. Vectron – Siemens' universal locomotive for rail transportation in Europe, Siemens, 29 June 2010.
15. Vectron: A universal locomotive for the European market, Siemens.com.
16. Vectron DE – dieselelektrische Universallokomotive, Siemens AG Infrastructure & Cities Sector Rail Systems Division, Berlin 2011.
17. Schranil S.: *Mehrsystemlokomotiven Vectron DACH* an SBB Cargo International Schweizer, SBB Cargo International / Eisenbahn-Revue, Nr. 10, 2018.

Tablica 8

Zestawienie lokomotyw Vectron sprzedanych lub zamówionych dla poszczególnych przewoźników lub właścicieli; stan na 2022 r.

Rok	Przewoźnik lub właściciel*	Liczba	Opcja	Wersja**	Uwagi
2010	Railpool*	6	–	AC	–
	FuoriMuro	2	–	DC	–
2012	DB Cargo Polska	23	13	DC	przeznaczone do eksploatacji na sieci PKP
	Amtrak	70	–	AC	przewoźnik pasażerski z USA
	MRCE	15	–	AC	–
	CargoServ	1	–	AC	–
2013	boxXpress*	4	–	AC	–
	Paribus Gruppe	2	–	AC	–
	VR-Yhtymä Oy (VR)	80	97	AC	pojazdy na tor 1524 mm
	CFI	2	–	DC	przewidziano możliwość rozbudowy pojazdów
	ELL	12 38	–	MS AC	–
2014	mgw Service	1	–	AC	–
	Railpool*	5	–	AC	–
	MRCE	20	–	AC	–
	boxXpress*	4	–	AC	–
	WLC	1	–	AC	–
	Siemens*	1	–	DE	pojazd przekazany do ośrodka Wegberg-Wildenrath
	BLS Cargo AG	15	–	MS	–
	ENON & EGP	1	–	AC	–
	ITL	6	–	MS	–
	PKP Cargo	15	5	MS	–
2015	MRCE*	11 10	–	MS AC	–
	Railpool	3	–	AC	–
	DB Cargo	8	–	DC	wynajęte od Unicredit Leasing i eksploatowane na sieci kolejowej FS
	EP Cargo	1	–	MS	–
	PSŽ	1	–	MS	–
	SEPTA	15	3	AC	przewoźnik pasażerski z USA
	Lokomotion*	8	–	MS	–
	ELL*	38 18	2	MS AC	–
	Alpha Trains*	10	–	MS	–
	ČD Cargo	5	–	MS	–
	PIMK	1	–	AC	–
	Railpool*	5	10	AC	–
2016	MRCE*	10	–	MS	–
	Hector Rail	2 18	–	AC	–
	mgw Service	1	–	MS	–
	CFI	2	–	DC	przewidziano możliwość rozbudowy pojazdów
	Railcare	1 6	–	AC	–
	InfraLeuna	1	–	DE	–
	MRCE*	15	–	MS	–

Tablica 8 cd.

Rok	Przewoźnik lub właściciel*	Liczba	Opcja	Wersja**	Uwagi
2017	DB Cargo	4	–	DE	wynajęte od Siemens
	SBB	18	–	MS	wynajęte od LokRoll
	ÖBB	30 100 50	20	MS AC AC	–
	Raaberbahn (GySEV)	2 3 4	–	AC MS AC	–
	Unipetrol Transport	3	–	MS	–
	ITL	6	–	MS	–
	ČD Cargo	3	–	MS	–
	Hupac	8	–	MS	–
	InRail	1 1 1	–	DC MS DC	–
	DB Cargo	60	40	MS	–
	MRCE*	10 20	20	MS DC	–
	boxXpress*	4	–	MS	–
	ZSSK	10	–	MS	wynajęte od S Rail Lease
	RDC Autozug Sylt	2	–	DE	–
	SHV	1	–	DE	–
	ENON & EGP	1	–	AC	–
2018	Adria Transport	1	–	MS	–
	DMV Cargo Rail	2	–	AC	–
	Industrial Division	1	–	MS	kontrakt w trakcie realizacji
	DSB	26	18	MS	kontrakt w trakcie realizacji
	MRCE	20 5	–	MS AC	–
	Srbija Kargo	16	–	MS	do eksploatacji na sieci kolejowej Serii, Chorwacji, Węgier, Austrii i Niemiec
	LocoItalia	4	15	DC	–
	EP Cargo	1	–	MS	–
	Eisenbahngesellschaft Potsdam	4	–	Smartron	–
	RTB Cargo	3	–	MS	–
	ČD Cargo	4	–	MS	–
	EP Cargo	3	7	MS	–
	Infraleuna	2	–	Smartron	–
	e.g.o.o.	1	–	Smartron	–
	DB	< 100	–	MS	40 lokomotyw zamówionych w umowie ramowej
2019	Slovenská plavba a prístavy (SPAP)	1	–	MS	–
	Advanced World Transport (AWT)	3	–	MS	–
	METRANS Rail	10	–	MS	–
	Paribus	17	–	Smartron	–
	Budamar	5	–	MS	–

Tablica 8 cd.

Rok	Przewoźnik lub właściciel*	Liczba	Opcja	Wersja**	Uwagi
2019	Industrial Division	5	–	MS	–
	BBL Logistik	1	–	Smartron	–
	Spitzke Logistik	1	–	Smartron	–
	Eisenbahnen und Verkehrsbetriebe Elbe-Weser	1	–	Smartron	–
	SüdLeasing	20	20	MS	leasing przez SBB Cargo
	PIMK	3	–	Smartron	–
	E-P Rail	5	–	Smartron	–
	BLS Cargo	25	–	MS	–
	Laude	1	–	MS	–
	GYSEV CARGO Zrt.	1	–	MS	b. lokomotywa testowa Siemens
	Railsystems RP GmbH	2	–	H	pierwsza hybrydowa lokomotywa Vectron
	RTB Cargo	2	–	MS	–
	Widmer Rail Services AG	2	–	MS	–
2020	GTS Rail	3	–	DC	–
	Mindener Kreisbahnen	2	–	H	–
	Bulmarket	2	–	Smartron	–
	BDZ	15	–	Smartron	–
	Unicom Tranzit	2	–	Smartron	–
	MMV Rail	1	–	Smartron	–
	Unipetrol Transport	4	–	MS	–
	DB Cargo	100	250	H	–
	RheinCargo	5	–	Smartron	numeracja lokomotyw 91 80 6 192 031–034, 045
	PCW	1	–	H	–
	Stern und Hafferl Verkehr	1	bd.	H	liczba lokomotyw nieujawniona
	Lotos Kolej	1	–	MS	–
2021	FOXrail	1	1	AC	–
	Stern und Hafferl Verkehr	3	–	H	–
	DB Cargo Polska	4	–	MS	–
	Raaberbahn Cargo	1	–	MS	–
	ITL Eisenbahngesellschaft	2	–	H	–
	ČD Cargo	2	–	AC	–
	Akiem	20	–	MS	umowa ramowa, liczba lokomotyw nieujawniona
	Cargounit	1	–	Smartron	–
	ELL	2	–	MS	b. lokomotywa Siemens
	Railpool	20	–	MS	–
	Správa železnic	1	–	MS	przeznaczona do testów sieci kolejowej Czech i innych państw
2021 / 2022	Cargounit	15	15	MS	–
	Paribus Capital	30	–	H	–
	National Authority for Tunnels	41	–	AC	do eksploatacji na sieci kolejowej Egiptu
2022	Railpool	70	–	MS	poza umową ramową na ponad 100 lokomotyw
	DB Cargo	50	–	H	zamówienie w obrębie umowy ramowej z 2020 r. 4 lokomotywy dla Bahnbau Gruppe
	Alpha Trains	bd.	–	AC H	umowa ramowa, liczba lokomotyw nieujawniona

Tablica 8 cd.

Rok	Przewoźnik lub właściciel*	Liczba	Opcja	Wersja**	Uwagi
2022	MÁV START	90 25	–	AC MS	umowa ramowa
	České dráhy	50	–	MS	pierwsza lokomotywa Vectron o prędkości maksymalnej 230 km/h
	SüdLeasing	20	–	MS	leasing przez SBB Cargo
	LokRoll 3 AG	35	–	AC	leasing przez SBB Cargo
	ČD Cargo	10	–	MS	–
	MRCE	14	–	MS	–
	Akiem	65	bd.	AC MS	poza umowę ramową, liczba lokomotyw nieujawniona
	DB Fernverkehr	21	–	H	zamówienie w obrębie umowy ramowej z 2020 r. z DB Cargo z 2020 r.
	ITL Eisenbahngesellschaft	8	–	H	–
	Alpha Trains	15	–	MS	poza umowę ramową liczba lokomotyw nieujawniona
Suma (zamówienia potwierdzone)		1840	514	–	–

[Opracowanie własne na podstawie danych przewoźników i producenta].

Przewoźnicy lub firmy leasingowe:

1. CFI – Compagnia Ferroviaria Italiana,
2. EGP – Eisenbahngesellschaft Potsdam,
3. ELL – European Locomotive Leasing,
4. MRCE – Mitsui Rail Capital Europe,
5. PSŽ – Prvá Slovenská Železnica,
6. SHV – Stern & Hafferl Verkehrsgesellschaft,
7. WLC – Wiener Lokalbahnen Cargo.

Rodzaj trakcji**:

1. MS: 1,5 kV DC (opcjonalnie), 3 kV DC, 15 kV 16,7 Hz, 25 kV 50 Hz,
2. AC: 15 kV 16,7 Hz i 25 kV 50 Hz lub tylko: 25 kV 50 Hz ew. 15 kV 16,7 Hz,
3. DC: 3 kV DC,
4. DE: spalinowo-elektryczna,
5. H – hybrydowa.

18. Petrovitsch H.: *Taurus-Nachfolger auf Eurorunner-Drehgestellen* Eisenbahn Magazin, Nr. 7, 2017.
19. Siemens offers one-price locomotive, Railway Gazette International, 5 June, 2019.
20. Smartron freight locomotive launched, Railway Gazette International, 5 June, 2019.
21. Smartron, siemens.com Retrieved, 5 June, 2019.
22. Kolař J.: *Design of a Wheelset Drive Transactions on Electrical Engineering*, Vol. 4, No. 1. 2015.
23. Vectron – the drive system, Siemens Mobility mobility.siemens.com, 29.01.2018.
24. Informacje prasowe od poszczególnych przewoźników.
25. Broad gauge Vectron arrives in Finland, Railway Gazette International, 9 April, 2015.
26. Raiteiden työjuhta, VR-Yhtymä Oy Sähköveturi.fi, 23.02.2016.
27. VR orders Siemens Vectron locomotives, Railway Gazette International, 20 December, 2013.
28. VR valitsi veturitoimittajaksi Siemensine, Siemens, 20 December, 2013.
29. VR:n uudet veturit tekevät odottamattomia hätäajarrutuksia – elinkeinoministeri Lintilä: Siemensin pitää laittaa kalusto kuntoon, 8 January, 2019.
30. Rossberg R.R.: *Vectron – neue Lokomotiv-Plattform von Siemens*, Eisenbahn Magazin, Nr. 8. Alba Publikation, Düsseldorf 2010.
31. Schramke E., Rommel A.: *Vectron: first unlimited homologation*, Rail Systems News, Siemens 22 June 2012.
32. Amtrak City Sprinter Class ACS64 Electric Locomotive For Amtrak's North East Corridor (NEC) High Speed Passenger Service Siemens, AG Infrastructure & Cities Sector Rail Systems Division, December 24, 2013.
33. Amtrak orders Siemens 200 km/h Cities Sprinter locomotives, International Railway Journal October 29, 2010.
34. Latour M.: *A new face in the Northeast Corridor*, Railway Gazette International. Vol. 167, no. 9. September 2011.
35. PRIIA Specifications for single level cars, Amtrak November 4, 2013.
36. ACS-64 Info Graphic and Fact Sheet, Siemens March 10, 2018.
37. New Amtrak Locomotives Ready for Service and Set to Power Northeast Economy, Amtrak, February 6, 2014.
38. Siemens to build 13 electric locomotives for the Southeastern Pennsylvania Transportation Authority, Siemens USA, November 11, 2015.
39. Southeastern Pennsylvania Transportation Authority, May, 2015.
40. Locomotive maintenance joint venture created, Railway Gazette International, 16 September, 2009.