



URZĄD DOZORU
TECHNICZNEGO

INFRASTRUKTURA ŁADOWANIA SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH eHDV

Wymagania prawne i techniczne
Proces inwestycyjny
Sieć zasilająca i zabezpieczenia

Wydanie 2025 r.



Załącz konto na portalu eUDT.

Wypełnij formularz rejestracyjny
dostępny na <https://eudt.gov.pl/>
i korzystaj z usług oferowanych przez
UDT on-line!



- Wygodny i szybki dostęp do informacji o Twoich urządzeniach, terminach badań i rozliczeniach finansowych z UDT
- Darmowy dostęp do portalu 24/7/365
- Łatwe i proste śledzenie zdarzeń związanych z Twoimi urządzeniami
- Możliwość ustawienia własnego kalendarza wydarzeń oraz alertów
- Możliwość wyświetlania i pobierania dokumentów UDT
- Elektroniczna korespondencja z UDT, więcej spraw, które załatwisz on-line
- Decyzje i protokoły w formie elektronicznej
- Płatności on-line



W razie dodatkowych pytań skontaktuj się z Infolinią UDT pod numerem 22 57 22 100.

Szanowni Państwo,

dynamiczny rozwój infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych w ostatnich latach koncentrował się głównie na stacjach ogólnodostępnych dla pojazdów osobowych. Tymczasem elektromobilność w segmencie ciężkich pojazdów użytkowych (eHDV) dopiero rozpoczyna swoją drogę w kierunku upowszechnienia. Budowa dedykowanej infrastruktury ładowania dla pojazdów ciężarowych stanowi wyzwanie zarówno technologiczne, jak i organizacyjne, wymagające precyzyjnego planowania oraz współpracy wielu interesariuszy.

W odpowiedzi na rosnące potrzeby rynku, wspólnie z przedstawicielami branży elektromobilności w Polsce postanowiliśmy zebrać nasze dotychczasowe doświadczenia oraz wiedzę i opracować przewodnik, który kompleksowo opisuje kluczowe zagadnienia związane z projektowaniem, budową i eksploatacją stacji ładowania dla eHDV. Publikacja ta ma na celu wsparcie inwestorów, projektantów, operatorów oraz jednostek administracyjnych w realizacji nowoczesnej i bezpiecznej infrastruktury ładowania dla pojazdów ciężarowych.

Wdrożenie pojazdów napędzanych paliwami alternatywnymi na szeroką skalę wiąże się z koniecznością zapewnienia odpowiednich warunków technicznych dla ich ładowania – zarówno pod względem liczby dostępnych stacji, jak i parametrów technicznych punktów ładowania oraz złączy. W przewodniku przedstawiamy aspekty, które należy uwzględnić na etapie planowania inwestycji, począwszy od wymagań prawnych, przez zagadnienia dotyczące procesu przyłączania do sieci energetycznej, bezpieczeństwa użytkowania oraz kompatybilności systemów.

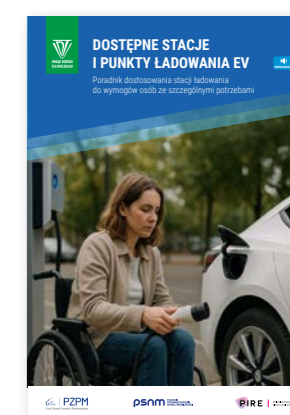
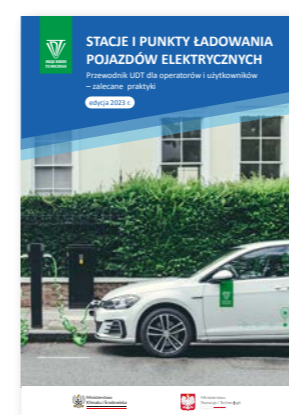
Publikacja powstała we współpracy z Polską Izbą Rozwoju Elektromobilności, Polskim Stowarzyszeniem Nowej Mobilności oraz Polskim Związkiem Przemysłu Motoryzacyjnego. Dzięki zaangażowaniu ekspertów z tych organizacji udało się stworzyć materiał, który odpowiada na realne potrzeby rynku i stanowi praktyczne narzędzie wspierające rozwój infrastruktury eHDV w Polsce. W proces tworzenia przewodnika aktywnie włączyli się również przedstawiciele środowiska naukowego, m.in. z Politechniki Białostockiej, a także producenci urządzeń technicznych wykorzystywanych przy budowie stacji ładowania. Konsultacje z projektantami oraz firmami realizującymi inwestycje w Polsce i innych krajach europejskich pozwoliły na wypracowanie treści, które odzwierciedlają praktyczne aspekty techniczne.

Zachęcamy również do korzystania z innych publikacji Urzędu Dozoru Technicznego dotyczących elektromobilności. W przewodniku „Stacje i punkty ładowania pojazdów elektrycznych” omówiono m.in. wymagania prawne oraz rolę UDT w procesach odbioru, eksploatacji, napraw i modernizacji stacji ładowania. W opracowaniu „Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa infrastruktury EV” przedstawiono zagrożenia związane z przepięciami oraz środki ochrony technicznej. Z kolei „Przewodnik w zakresie wykonywania pomiarów elektrycznych stacji ładowania” dostarcza praktycznych informacji dla osób odpowiedzialnych za kontrolę jakości i bezpieczeństwa instalacji. Temat dostępności został szczegółowo omówiony w publikacji „Dostępność stacji i punktów ładowania EV”, która zawiera wskazówki projektowe zwiększające ergonomię, funkcjonalność oraz inkluzywność infrastruktury – szczególnie z myślą o osobach ze szczególnymi potrzebami i starszych.

Mamy nadzieję, że niniejszy przewodnik okaże się pomocnym źródłem wiedzy i inspiracją do dalszego rozwoju infrastruktury ładowania dla pojazdów ciężarowych w Polsce.

Życzymy interesującej lektury

Redakcja Wydania Poradnika
Urząd Dozoru Technicznego



Wydanie rok 2025

Wszelkie prawa zastrzeżone © Urząd Dozoru Technicznego

W publikacji wykorzystano zdjęcia pojazdów autorstwa:

Iveco Poland Sp. z o.o., MAN Truck & Bus Polska Sp. z o.o., Renault Trucks Polska, Scania Polska S.A. oraz Volvo Polska Sp. z o.o.

Wspieramy rozwój.
Dbamy o bezpieczeństwo.

- INSPEKCJE TECHNICZNE
- DZIAŁALNOŚĆ LABORATORYJNA
- CERTYFIKACJA I OCENA ZGODNOŚCI
- SZKOLENIA TECHNICZNE



www.udt.gov.pl



 **Akademia
UDT**

 **CENTRALNE
LABORATORIUM
Dozoru Technicznego**

Spis treści

1. Wstęp	6
2. Definicje	6
3. Wymogi prawne	8
3.1 Zestawienie regulacji dotyczących infrastruktury ładowania pojazdów ciężkich	8
3.2 REGULACJE EUROPEJSKIE - Rozporządzenie AFIR	9
3.2.1 Obowiązki i cele względem infrastruktury ładowania eHDV	9
3.2.2 Wymagania techniczne dotyczące funkcjonowania stacji ładowania	10
3.2.3 Sprawdzalność i obowiązki informacyjne	10
3.3 Regulacje krajowe	11
3.3.1 Regulacje dotyczące elektromobilności	11
3.3.2 Regulacje energetyczne	12
3.3.3 Regulacje dotyczące aspektów budowlanych	12
3.4 Wymagania dotyczące pojazdów ciężarowych	12
3.4.1 Praca kierowców	12
3.4.2 Transport towarów niebezpiecznych	13
3.4.3 Manewrowanie	13
4. Parametry techniczne samochodów ciężarowych	14
4.1 Podział i podstawowe wielkości charakteryzujące	14
4.1.1 Pojazdy dostawcze (3,5-7,2 t)	15
4.1.2 Ciężarówki – transport ostatniej mili	17
4.1.3 Ciężarówki – intercity	19
4.1.4 Ciężarówki – long-haul	20
4.2 Czas pracy kierowcy	22
4.3 Podsumowanie	22
5. Infrastruktura ładowania eHDV	24
5.1 Standardy ładowania pojazdów elektrycznych	24
5.1.1 Stacje ładowania prądu przemiennego (AC)	24
5.1.2 Stacje ładowania prądu stałego (DC)	24
5.1.3 Ładowanie elektrycznych pojazdów ciężarowych	24
5.2 Wyzwania związane z ładowaniem pojazdów ciężarowych	26
5.3 Scenariusze ładowania w zależności od potrzeb użytkowników	28
5.4 Planowanie miejsca do ładowania elektrycznych pojazdów ciężarowych	29
5.5 Dostępność stacji ładowania eHDV	31
6. Proces inwestycyjny i rekomendacje	32
6.1 Przygotowanie zakresu inwestycji (ETAP I)	33
6.2 Proces przyłączeniowy (ETAP II)	34
6.3 Projektowanie i zgody administracyjne (ETAP III)	34
6.4 Budowa (ETAP IV)	36
6.5 Odbiór i uruchomienie (ETAP V)	37
7. Sieć zasilająca i zabezpieczenia w infrastrukturze eHDV	38
7.1 Sieć zasilająca	38
7.1.1 Strona średniego napięcia	39
7.1.2 Strona niskiego napięcia	40
7.1.3 Współpraca stacji ładowania z magazynami energii i źródłami OZE	41
7.2 Parametry i jakość energii	42
7.2.1 Wymagania prawne i obowiązujące przepisy	42
7.2.2 Podstawowe niepożądane zjawiska związane z jakością energii	44
7.2.3 Charakter i miejsce występowania problemów z jakością energii w kontekście stacji ładowania pojazdów elektrycznych eHDV	45
7.2.4 Przyczyny, skutki i możliwe rozwiązania problemów z jakością energii w sieciach zasilających stacje ładowania eHDV – przykłady	46
7.3 Zabezpieczenia elektryczne, środki ochrony	47
7.3.1 Ochrona przetężeniowa, przeciwporażeniowa, przeciwpożarowa	47
7.3.2 Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa	50
7.4 Zabezpieczenia mechaniczne	54



1. Wstęp

Transformacja sektora transportu ciężkiego w kierunku niskiej emisyjności staje się jednym z wyzwań współczesnej polityki klimatycznej i energetycznej. Włączanie pojazdów ciężarowych w system ładowania elektrycznego (eHDV, ang. *electric Heavy-Duty Vehicles*) jest odpowiedzią na wymagania regulacyjne Unii Europejskiej. Stanowi też realną szansę na poprawę jakości powietrza, redukcję emisji CO₂ oraz poprawę efektywności energetycznej w logistyce i transporcie.

Przewodnik powstał z myślą o inwestorach, projektantach, operatorach stacji ładowania, przedstawicielach administracji publicznej oraz wszystkich uczestnikach rynku, którzy chcą aktywnie uczestniczyć w rozwoju infrastruktury ładowania pojazdów ciężarowych. Materiał stanowi kompendium wiedzy, obejmujące zarówno aspekty prawne i techniczne, jak i praktyczne wskazówki dotyczące planowania, projektowania i eksploatacji stacji ładowania eHDV.

W przewodniku przedstawiono aktualne regulacje europejskie i krajowe, w tym wymagania wynikające z rozporządzenia AFIR, a także szczegółowe informacje o parametrach technicznych pojazdów, standardach ładowania, procesie inwestycyjnym oraz wyzwaniach związanych z bezpieczeństwem infrastruktury.

2. Definicje

W niniejszym rozdziale znajdują się skróty i definicje pojęć, które zostały użyte w dalszej części przewodnika. Przy każdej definicji, mającej swoje źródło w aktualnie obowiązującym akcie prawnym (czy to europejskim, czy to krajowym) umieszczono w formie skrótu informację, z którego ona pochodzi (np. [AFIR]).

strefa ładowania [AFIR] – co najmniej jedna stacja ładowania w określonej lokalizacji

stacja ładowania [AFIR] – fizyczna instalacja w określonej lokalizacji, składająca się z co najmniej jednego punktu ładowania

stacja ładowania [UoE]

a) urządzenie budowlane obejmujące co najmniej jeden punkt ładowania o normalnej mocy lub punkt ładowania o dużej mocy, związane z obiektem budowlanym lub

b) wolnostojący obiekt budowlany z zainstalowanym co najmniej jednym punktem ładowania o normalnej mocy lub punktem ładowania o dużej mocy

– wyposażone w oprogramowanie wykorzystywane do świadczenia usługi ładowania wraz ze stanowiskami postojowymi, których liczba odpowiada liczbie punktów ładowania umożliwiających jednoczesne świadczenie tej usługi oraz, w przypadku gdy stacja ładowania jest podłączona do sieci dystrybucyjnej w rozumieniu ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne, instalacją prowadzącą od punktu ładowania do przyłącza elektroenergetycznego

punkt ładowania [AFIR] – stały lub ruchomy, podłączony do sieci lub niepodłączony do sieci [energetycznej] interfejs fizyczny służący do przesyłania energii elektrycznej do pojazdu elektrycznego, który może być wyposażony w jedno lub więcej złączy różnych rodzajów, ale za pomocą którego można ładować jednocześnie tylko jeden pojazd elektryczny, z wyłączeniem urządzeń o mocy wyjściowej mniejszej lub równej 3,7 kW, których zasadniczym celem nie jest ładowanie pojazdów elektrycznych

punkt ładowania [UoE] – urządzenie umożliwiające ładowanie pojedynczego pojazdu elektrycznego, pojazdu hybrydowego i autobusu zeroemisyjnego oraz miejsce, w którym wymienia się lub ładuje akumulator służący do napędu tego pojazdu

punkt ładowania o dużej mocy [AFIR] – punkt ładowania o mocy wyjściowej większej niż 22 kW, który umożliwia dostarczanie energii elektrycznej do pojazdu elektrycznego

punkt ładowania o dużej mocy [UoE] – punkt ładowania o mocy większej niż 22 kW

punkt ładowania o normalnej mocy [AFIR] – punkt ładowania o mocy wyjściowej nieprzekraczającej 22 kW, który umożliwia dostarczanie energii elektrycznej do pojazdu elektrycznego

punkt ładowania o normalnej mocy [UoE] – punkt ładowania o mocy mniejszej lub równej 22 kW, z wyłączeniem urządzeń o mocy mniejszej lub równej 3,7 kW zainstalowanych w miejscach innych niż ogólnodostępne stacje ładowania, w szczególności w budynkach mieszkalnych

złącze [AFIR] – interfejs fizyczny między punktem ładowania lub tankowania a pojazdem służący do przepływu paliwa lub wymiany energii elektrycznej

moc wyjściowa [AFIR] – teoretyczna maksymalna moc, wyrażona w kW, którą może dostarczyć punkt, stacja lub strefa ładowania lub instalacja zasilania energią elektryczną z łądu do pojazdów lub statków podłączonych do danego punktu lub danej stacji, strefy lub instalacji ładowania

operator punktu ładowania [AFIR] – podmiot odpowiedzialny za zarządzanie punktem ładowania i jego obsługę, świadczący usługę ładowania na rzecz użytkowników końcowych, w tym w imieniu i na rzecz dostawcy usług w zakresie mobilności

operator ogólnodostępnej stacji ładowania [UoE] – podmiot odpowiedzialny za budowę, zarządzanie, bezpieczeństwo funkcjonowania, eksploatację, konserwację i remonty ogólnodostępnej stacji ładowania

ogólnodostępna infrastruktura paliw alternatywnych [AFIR] – infrastruktura paliw alternatywnych znajdująca się na terenie lub w obiektach dostępnych dla ogółu społeczeństwa, niezależnie od tego, czy znajdują się one na terenie publicznym czy prywatnym, czy obowiązują ograniczenia lub warunki wstępu na dany teren lub do danego obiektu oraz niezależnie od mających zastosowanie warunków użytkowania danej infrastruktury paliw alternatywnych

ogólnodostępna stacja ładowania [UoE] – stacja ładowania dostępna na zasadach równoprawnego traktowania dla każdego posiadacza pojazdu elektrycznego i pojazdu hybrydowego

dostawca usług w zakresie mobilności [AFIR] – osoba prawna, która świadczy usługi za wynagrodzeniem na rzecz użytkownika końcowego, w tym sprzedaje usługi ładowania lub tankowania paliw

dostawca usługi ładowania [UoE] – świadczy usługę ładowania, która obejmuje:

- ładowanie,
- zapewnienie możliwości korzystania z infrastruktury stacji ładowania na potrzeby ładowania, w tym na potrzeby rejestracji użytkownika pojazdu elektrycznego lub pojazdu hybrydowego, autoryzacji sesji ładowania, prowadzenia ewidencji informacji o sesji ładowania, udostępnienia informacji o sesji ładowania użytkownikowi, naliczania i pobierania płatności, wystawiania dokumentów sprzedaży oraz obsługi zgłoszeń i reklamacji; udostępnia, na swojej stronie internetowej, informacje o cenie usługi ładowania i warunkach jej świadczenia.

usługa ładowania [AFIR] – sprzedaż lub dostarczenie energii elektrycznej, wraz z powiązаныmi usługami, za pomocą ogólnodostępnego punktu ładowania

inteligentne ładowanie [AFIR] – operacja ładowania, w której intensywność dostarczania energii elektrycznej do akumulatora jest korygowana w czasie rzeczywistym na podstawie informacji otrzymywanych w ramach komunikacji elektronicznej

sieć kompleksowa TEN-T [AFIR] – sieć kompleksowa w rozumieniu art. 9 rozporządzenia (UE) nr 1315/2013

sieć bazowa TEN-T [AFIR] – sieć bazowa w rozumieniu art. 38 rozporządzenia (UE) nr 1315/2013

sieć bazowa TEN-T [UoE] – bazowa transeuropejska sieć transportowa, o której mowa w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1315/2013 z dnia 11 grudnia 2013 r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej i uchylającym decyzję nr 661/2010/UE (Dz. Urz. UE L 348 z 20.12.2013, str. 1, z późn. zm.)

pojazd ciężki [AFIR] – pojazd silnikowy kategorii M2, M3, N2, lub N3 w rozumieniu zapisów rozporządzenia (UE) 2018/858

węzeł miejski [TEN-T] – oznacza obszar miejski, gdzie elementy infrastruktury transportowej transeuropejskiej sieci transportowej do przewozów pasażerskich i towarowych, takie jak porty, w tym terminale pasażerskie, porty lotnicze, stacje kolejowe, terminale autobusowe oraz multimodalne terminale towarowe znajdujące się na obszarach miejskich lub w ich okolicy, są połączone z innymi elementami tej infrastruktury oraz z infrastrukturą ruchu regionalnego i lokalnego, w tym infrastrukturą aktywnych rodzajów transportu

bezpieczny i chroniony parking [AFIR] – oznacza strefę parkingową dostępną dla kierowców przewożących towary lub osoby, która uzyskała certyfikat zgodnie z rozporządzeniem delegowanym Komisji (UE) 2022/1012

ładowanie na zasadzie ad hoc [AFIR] – oznacza usługę ładowania nabytą przez użytkownika końcowego bez konieczności zarejestrowania się u operatora danego punktu ładowania, zawarcia z nim pisemnej umowy lub nawiązania z nim stosunków handlowych wykraczających poza zwykły zakup usługi ładowania

połączony cyfrowo punkt ładowania [AFIR] – oznacza punkt ładowania, który może wysyłać i odbierać informacje w czasie rzeczywistym oraz komunikować się dwukierunkowo z siecią elektroenergetyczną i pojazdem elektrycznym oraz który można zdalnie monitorować i kontrolować, co obejmuje między innymi zdalne rozpoczęcie i zakończenie sesji ładowania oraz pomiar przepływów energii elektrycznej

Skróty:

AC (ang. *alternating current*) – prąd przemienny

DC (ang. *direct current*) – prąd stały

UDT – Urząd Dozoru Technicznego

OSD – Operator Systemu Elektroenergetycznego

EIPA – Ewidencja Infrastruktury Paliw Alternatywnych

MCS – ang. *Megawatt Charging System*

CCS – ang. *Combined Charging System*

HPC – ang. *High Power Charging*

3. Wymogi prawne

3.1 Zestawienie regulacji dotyczących infrastruktury ładowania pojazdów ciężkich

Umowy międzynarodowe	
<p>ADR – Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR), sporządzona w Genewie 30 września 1957 r., ratyfikowana przez Polskę w 1975 r. (Dz.U. 1975 nr 35 poz. 189 ze zm.) wraz z załącznikami</p>	
Regulacje europejskie	
Dyrektywy	Rozporządzenia
<p>Dyrektywa 96/53/WE – Dyrektywa z dnia 25 lipca 1996 r. ustanawiająca dla niektórych pojazdów drogowych poruszających się na terytorium Wspólnoty maksymalne dopuszczalne wymiary w ruchu krajowym i międzynarodowym oraz maksymalne dopuszczalne obciążenia w ruchu międzynarodowym</p> <p>Dyrektywa 2014/94/UE – Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (Tekst mający znaczenie dla EOG); nie obowiązuje, została uchylona przez AFIR</p>	<p>AFIR (ang. <i>Alternative fuels infrastructure regulation</i>) – Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/1804 z dnia 13 września 2023 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych i uchylenia dyrektywy 2014/94/UE</p> <p>Rozporządzenie TEN-T – ROZPORZĄDZENIE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2024/1679 z dnia 13 czerwca 2024 r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej, zmieniające rozporządzenia (UE) 2021/1153 i (UE) nr 913/2010 oraz uchylające rozporządzenie (UE) nr 1315/2013¹ (Tekst mający znaczenie dla EOG)</p> <p>Rozporządzenie nr 561/2006 – ROZPORZĄDZENIE (WE) nr 561/2006 PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 15 marca 2006 r. w sprawie harmonizacji niektórych przepisów socjalnych odnoszących się do transportu drogowego</p>
Regulacje krajowe	
Ustawy	Rozporządzenia
<p>UPE – Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz.U. 1997 nr 54 poz. 348 ze zm.)</p> <p>UPB – Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414 ze zm.)</p> <p>UoRD – Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym (Dz.U. 1997 nr 98 poz. 602 ze zm.)</p> <p>UoE – Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2023 poz. 875 ze zm.)</p> <p>UoCPK – Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o czasie pracy kierowców (Dz. U. 2004 Nr 92 poz. 879 ze zm.)</p> <p>UoDP – Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (Dz.U. 1985 nr 14 poz. 60 ze zm.)</p>	<p>Rozporządzenie taryfowe – Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 29 listopada 2022 r. w sprawie sposobu kształtowania i kalkulacji taryf oraz sposobu rozliczeń w obrocie energią elektryczną (Dz.U. 2022 poz. 2505 ze zm.)</p> <p>Rozporządzenie EV – Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 26 czerwca 2019 r. w sprawie wymagań technicznych dla stacji ładowania i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego (Dz.U. 2019 poz. 1316 ze zm.)</p> <p>Rozporządzenie pojazdowe – Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz.U. 2003 nr 32 poz. 262 ze zm.)</p> <p>Rozporządzenie o znakach – Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach (Dz.U. 2003 nr 220 poz. 218 ze zm.)</p> <p>Rozporządzenie budynkowe – Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690 ze zm.)</p> <p>Rozporządzenie systemowe – Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 marca 2023 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz.U. 2023 poz. 819 ze zm.)</p>

¹ Przepisy AFIR wielokrotnie odsyłają do poprzedniej wersji tego rozporządzenia, które niniejszym rozporządzeniem zostało uchylone.



3.2 REGULACJE EUROPEJSKIE - Rozporządzenie AFIR

Jest to akt prawa unijnego regulujący kwestie infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych. Przed wejściem w życie rozporządzenia te kwestie najobszerniej regulowała uchylona przez nie dyrektywa 2014/94/UE, która z czasem stała się niewystarczająca w obliczu ambitnej polityki klimatycznej UE (np. Europejski Zielony Ład). Warto jednak zauważyć, że większość przepisów prawa polskiego dotyczących infrastruktury paliw alternatywnych została wprowadzona w czasie obowiązywania tej dyrektywy, również w celu jej implementacji. Rozporządzenie, które ją uchyliło jest aktem prawa europejskiego niewymagającym implementacji – obowiązuje bezpośrednio zarówno państwa członkowskie, jak i podmioty prywatne znajdujące się lub działające na terenie Unii Europejskiej. Zaczęło ono obowiązywać 13 kwietnia 2024 r.

Jednym z głównych celów rozporządzenia, zgodnie z art. 1, jest określenie obowiązkowych krajowych wartości docelowych dotyczących rozmieszczenia wystarczającej infrastruktury paliw alternatywnych, wspólnej specyfikacji technicznej, wymogów w zakresie informacji dla użytkowników i dostarczania danych oraz wymogów dotyczących płatności w obszarze infrastruktury paliw alternatywnych. Ponadto ustala ono zasady dotyczące krajowych ram polityki rozwoju tej infrastruktury oraz mechanizm sprawozdawczości państw członkowskich z ich realizacji.

3.2.1 Obowiązki i cele względem infrastruktury ładowania eHDV

Określone w Rozporządzeniu AFIR (art. 4) wartości docelowe dotyczą rozwoju infrastruktury w trzech przypadkach:

- wzdłuż dróg zaliczających się do sieci TEN-T (do 3 km od drogi TEN-T),
- w węzłach miejskich,
- na bezpiecznych i chronionych parkingach.

Sieć TEN-T to sieć głównych połączeń transportowych w ramach Unii Europejskiej, którą reguluje rozporządzenie TEN-T. Sieć dróg TEN-T funkcjonuje w ramach europejskich „korytarzy transportowych”, z których przez Polskę przebiegają dwa: Bałtyk-Adriatyk oraz Morze Północne-Bałtyk. Dzieli się ona na sieć bazową, czyli drogi mające priorytetowe i strategiczne znaczenie dla europejskiego transportu oraz sieć kompleksową, mającą przede wszystkim uzupełniać sieć bazową, co do której AFIR przewiduje odmienne wartości docelowe.

Rozwój infrastruktury ładowania pojazdów ciężkich w tym zakresie został podzielony na trzy etapy. Państwa członkowskie powinny sprostać odpowiednio rosnącym wymogom do końca lat kalendarzowych 2025, 2027 i 2030. Wymagane wartości docelowe dotyczą:

- odsetka łącznej długości dróg TEN-T, dla których zapewniona jest infrastruktura ładowania, spełniająca wymogi rozporządzenia AFIR;
- mocy wyjściowej strefy ładowania,
- minimalnej liczby punktów ładowania o mocy co najmniej 350 kW,
- maksymalnej odległości pomiędzy strefami.

Wymagane wartości docelowe zostały przedstawione w tabeli poniżej.

WYMOGI AFIR			
RODZAJ SIECI TEN-T	2025	2027	2030
BAZOWA	<ul style="list-style-type: none"> • Ukończenie min. 15% długości sieci (w każdym kierunku) • Każda strefa – moc wyjściowa min. 1400 kW • W każdej strefie min. 1 punkt o mocy min. 350 kW • Max. odległość między strefami – 120 km 	<ul style="list-style-type: none"> • Min. 50% • Strefa – min. 2800 kW • Min. 2 punkty – min. 350 kW • Max. 120 km 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% • Strefa – min. 3600 kW • Min. 2 punkty – min. 350 kW • Max. 60 km
KOMPLEKSOWA	<ul style="list-style-type: none"> • Ukończenie min. 15% długości sieci (w każdym kierunku) • Każda strefa – moc wyjściowa min. 1400 kW • W każdej strefie min. 1 punkt o mocy min. 350 kW • Max. odległość między strefami – 120 km 	<ul style="list-style-type: none"> • 50% • Strefa – min. 1400 kW • Min. 1 punkt – min. 350 kW • Max. 120 km 	<ul style="list-style-type: none"> • Min. 100% • Strefa – min. 1500 kW • Min. 1 punkt – min. 350 kW • Max. 100 km

Od tak przedstawionych wartości docelowych przewidziane są wyjątki uzależnione od „łączonego, średniego, rocznego, dobowego” natężenia ruchu pojazdów ciężkich oraz wyników analizy obejmującej społeczno-gospodarcze koszty oraz korzyści płynące z takiej inwestycji. Wyjątki te pozwalają na odpowiednie zwiększenie maksymalnej odległości między strefami, zmniejszenie mocy wyjściowej strefy bądź umożliwienie obsługi obu kierunków jazdy przez jedną stację, pod warunkiem jej odpowiedniego oznakowania i łatwego dostępu dla obu kierunków. W przypadku zastosowania jednego z wyjątków, wszystkie pozostałe wartości docelowe dla danej strefy muszą zostać zachowane.

Państwa członkowskie są ponadto zobowiązane współpracować w zakresie spełnienia powyższych wytycznych dla transgranicznych odcinków sieci drogowej TEN-T.

Wytyczne dotyczące infrastruktury ładowania pojazdów ciężkich w węzłach miejskich zobowiązują państwa członkowskie do oddania do użytku, w każdym węzle miejskim, ogólnodostępnych punktów ładowania przeznaczonych dla elektrycznych pojazdów ciężkich zapewniających, dzięki stacjom ładowania o indywidualnej mocy wyjściowej na poziomie co najmniej 150 kW, łączną moc wyjściową na poziomie:

- 900 kW – do końca 2025 r.,
- 1800 kW – do końca 2030 r.

Z kolei na parkingach bezpiecznych i chronionych powinny zostać oddane do użytku stacje ładowania o mocy wyjściowej co najmniej 100 kW:

- co najmniej 2 takie stacje do 2027 r.,
- co najmniej 4 takie stacje do 2030 r.

3.2.2 Wymagania techniczne dotyczące funkcjonowania stacji ładowania

O ile przepisy art. 4 skierowane są przede wszystkim do państw członkowskich, to już art. 5 skierowany jest niewątpliwie także do podmiotów prywatnych. Przepisy tego artykułu określają obowiązkowe warunki, jakie powinny spełnić pojedyncze punkty ładowania pojazdów elektrycznych (zarówno lekkich, jak i ciężkich), a także ich operatorzy.

Podstawowym wymogiem jest umożliwienie korzystania z usługi ładowania na zasadach ad hoc (w tym w punktach ładowania oddanych do użytku od 13 kwietnia 2024 r. – przy użyciu instrumentu płatniczego powszechnie stosowanego w UE: karty płatnicze, płatności bezdotykowe, a w przypadku stacji o mocy punktu poniżej 50 kW – kody szybkiej reakcji [np. BLIK]; od 1 stycznia 2027 r. – wszystkie stacje wzdłuż TEN-T lub na bezpiecznych i chronionych parkingach muszą zapewnić możliwość płatności co najmniej kartą płatniczą). Obowiązek ten nie dotyczy ogólnodostępnych stacji, w których nie wymaga się płatności za ładowanie. Umożliwienie ładowania ad hoc (lub innego opartego na umowie) dotyczy również operatorów stacji korzystających z systemów automatycznego uwierzytelniania, którzy mają obowiązek poinformowania użytkowników końcowych o takiej możliwości.

Ceny stosowane przez operatorów powinny być „rozsądne, łatwo i w sposób przejrzysty porównywalne, transparentne i niedyskryminacyjne” oraz jednakowe dla użytkowników końcowych i dostawców usług w zakresie mobilności, chyba że zróżnicowanie jest proporcjonalne i obiektywnie uzasadnione. Cenę i jej składniki operatorzy muszą umieścić na swoich stacjach (punkty o mocy wyjściowej co najmniej 50 kW) lub udostępnić

w swoich stacjach w sposób wyraźny i łatwo dostępny (punkty o mocy poniżej 50 kW). Cena ad hoc składa się przede wszystkim z ceny za kWh oraz z ceny za minutę (zajmowania punktu). W niektórych przypadkach dopuszczalne są jeszcze inne składniki ceny.

Wszystkie ogólnodostępne punkty ładowania muszą być połączone cyfrowo (starsze instalacje miały obowiązek zapewnienia takiego stanu rzeczy do 14 października 2024 r.), umożliwiać inteligentne ładowanie (dotyczy punktów zbudowanych po 13 kwietnia 2024 r. lub zmodernizowanych po 14 października 2024 r.) oraz – w przypadku punktów ładowania na prąd stały – mieć na stałe zainstalowany kabel do ładowania (już istniejące instalacje zobowiązane były zapewnić to do 14 kwietnia 2025 r.). W przypadku gdy operator punktu nie jest jego właścicielem – właściciel zobowiązany jest udostępnić operatorowi zgodnie ze wzajemnymi ustaleniami, punkt ładowania posiadający cechy techniczne umożliwiające spełnienie tych wymagań.

3.2.3 Sprawozdawczość i obowiązki informacyjne

Rozporządzenie AFIR zobowiązało państwa członkowskie (art. 14-17) do przedstawienia Komisji Europejskiej (do końca 2024 r.) krajowych ram polityki dotyczących rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych. Projekt musiał zostać skonsultowany społecznie oraz zawierać określone elementy obligatoryjne (np. ocena stanu rozwoju, strategię jego wsparcia etc.) oraz fakultatywne. Ostateczna wersja dokumentu powinna zostać wydana do końca 2025 r. Ponadto na państwach członkowskich spoczywają obowiązki sprawozdawcze względem Komisji Europejskiej, która kontroluje postępy w realizacji wyznaczonych celów.

Art. 19 nakłada natomiast obowiązki informacyjne na określone podmioty (w tym operatorów punktów ładowania) oraz określa jaką formę powinny przybrać poszczególne informacje (np. odpowiednie etykietowanie).

Art. 20 reguluje z kolei kwestie przekazywania przez operatorów ogólnodostępnych punktów ładowania określonych danych. Odbyna się to przy użyciu aplikacji mobilnej oraz kodów identyfikujących przypisanych tym operatorom i dostawcom usług w zakresie mobilności. Udostępniane dane to:

- dane statyczne dot. ogólnodostępnych punktów ładowania (np. położenie geograficzne, liczba złączy, godziny otwarcia),
- dodatkowe dane statyczne (np. kod identyfikujący, moc wyjściowa, kompatybilność z typami pojazdów),
- dane dynamiczne dot. ogólnodostępnych punktów ładowania (np. dostępność punktu, cena ad hoc).

Do końca 2026 r. ma powstać wspólny europejski punkt dostępu obejmujący powyższe informacje.

W załączniku II do Rozporządzenia AFIR zawarto specyfikacje techniczne dotyczące m.in. infrastruktury ładowania elektrycznych pojazdów ciężkich.



3.3 REGULACJE KRAJOWE

3.3.1 Regulacje dotyczące elektromobilności

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych (UoE)

Ustawa o elektromobilności to główny akt prawny regulujący przepisy w zakresie elektromobilności. To ona definiuje większość pojęć z tej dziedziny, określa zasady rozwoju i funkcjonowania infrastruktury służącej do wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie, w tym wymagania techniczne jakie powinna spełniać. Wyznacza obowiązki podmiotów publicznych w zakresie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych oraz obowiązki informacyjne w zakresie tego typu paliw. Opisuje warunki funkcjonowania stref czystego transportu, a także krajowe ramy polityki rozwoju oraz sposób ich realizacji.

Operator ogólnodostępnej stacji ładowania	Dostawca usługi ładowania
<ul style="list-style-type: none"> • Zapewnia działalność na stacji co najmniej jednego dostawcy usług ładowania. • Może wykonywać zadania dostawcy usługi ładowania. • Zapewnia spełnienie przez stację szeregu wymogów technicznych. • Zapewnia przeprowadzenie przez UDT badań stacji. • Zapewnia bezpieczną eksploatację stacji. • Wyposaży stację w oprogramowanie, umożliwiające podłączenie i ładowanie pojazdu oraz przekazywanie danych do ewidencji EIPA. • Wyposaży każdy punkt ładowania w system pomiarowy zużycia energii elektrycznej umożliwiający przekazywanie danych do systemu zarządzania stacją w czasie zbliżonym do rzeczywistego. • Zawiera umowę dystrybucyjną.^[1] • Zawiera umowę sprzedaży energii na potrzeby funkcjonowania stacji. • Zapewnia, aby energia elektryczna dostarczana do stacji była wykorzystywana wyłącznie w celu ładowania, wymiany akumulatora i zapewnienia funkcjonowania stacji. • Przekazuje dostawcy usługi ładowania dane niezbędne do dokonania rozliczenia świadczonej usługi ładowania. • Rozlicza straty energii elektrycznej wynikające z funkcjonowania stacji. • Udostępnia w stacji informacje dotyczące zasad korzystania z tej stacji oraz instrukcję jej obsługi. • Zapewnia dostawcom usług ładowania dostęp do stacji. • Uzgadnia z organem zarządzającym ruchem na drogach liczbę możliwych do wyznaczenia stanowisk postojowych przy stacji (w określonych przypadkach). • Ponośi odpowiedzialność za szkody powstałe w związku z niespełnieniem przez stację wymagań technicznych. 	<ul style="list-style-type: none"> • Świadczy usługę ładowania, która obejmuje: <ul style="list-style-type: none"> • ładowanie, • zapewnienie możliwości korzystania z infrastruktury stacji na potrzeby ładowania, w tym na potrzeby rejestracji użytkownika pojazdu elektrycznego lub pojazdu hybrydowego, autoryzacji sesji ładowania, prowadzenia ewidencji informacji o sesji ładowania, udostępnienia informacji o sesji ładowania użytkownikowi, naliczania i pobierania płatności, wystawiania dokumentów sprzedaży oraz obsługi zgłoszeń i reklamacji. • Udostępnia na swojej stronie internetowej informacje o cenie usługi ładowania i warunkach jej świadczenia. • Korzysta z ogólnodostępnej stacji ładowania na podstawie umowy zawartej z operatorem ogólnodostępnej stacji ładowania.
	Operator Sieci Dystrybucyjnej
	<ul style="list-style-type: none"> • Nie może być operatorem ogólnodostępnej stacji ładowania, właścicielem tej stacji lub dostawcą usługi ładowania.^[1] • Może pozostać właścicielem stacji po spełnieniu określonych warunków

^[1] Jeżeli stacja jest przyłączona do sieci dystrybucyjnej

Rozporządzenie EV

Jednym z aktów wykonawczych do UoE jest **Rozporządzenie EV**. Dokument określa szczegółowe wymagania techniczne dotyczące bezpieczeństwa eksploatacji, naprawy i modernizacji stacji ładowania i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego. Opisuje wymagane rodzaje gniazd wyjściowych i złączy pojazdowych dla ogólnodostępnych stacji ładowania. Definiuje rodzaje badań, jakim podlegają ww. urządzenia, a także sposób i terminy ich przeprowadzania przez UDT. Określa zakres niezbędnych dokumentów dołączanych do wniosku o przeprowadzenie badań oraz wysokości opłat.

Rola UDT

Ustawa określa rolę UDT jako strony trzeciej, dążącej do zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonowania infrastruktury ładowania, a także jednostki kreującej i dbającej o zachowanie standardów jej rozwoju. Do najważniejszych zadań UDT w tym obszarze należy realizacja badań technicznych stacji ładowania i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego. Urząd Dozoru Technicznego występuje także w roli podmiotu wydającego opinie dotyczące dokumentacji technicznej planowanych stacji ładowania. Dodatkowo ustawa zobowiązuje UDT do gromadzenia i udostępniania informacji dotyczących ogólnodostępnych stacji ładowania. Zadanie to jest realizowane poprzez publiczny rejestr EIPA, który jest dostępny online pod adresem: eipa.udt.gov.pl. Ewidencja prowadzona jest w celu zapewnienia użytkownikom pojazdów elektrycznych informacji ułatwiających korzystanie z tych pojazdów. Zawiera informacje o współrzędnych stacji ładowania, aktualnych cenach paliw alternatywnych oraz dostępności punktów ładowania zainstalowanych w ogólnodostępnych stacjach ładowania.

3.3.2 Regulacje energetyczne

Sprzedż i dystrybucja energii

Zgodnie z zapisami UPE energia wykorzystywana do ładowania pojazdów jest wyłączona z koncesjonowanego procesu dystrybucji (art. 3 pkt 5), oraz koncesjonowanej sprzedaży (art. 3 pkt 6a). W związku z tym, operator stacji ładowania, kupując energię, którą następnie ładowane są pojazdy, jest odbiorcą końcowym.

Przylączenie stacji ładowania

UPE zrównuje też stacje ładowania ze źródłami OZE, jeżeli chodzi o pierwszeństwo przyłączenia (art. 7 pkt 1a), dla punktów ładowania dużej mocy (tj. powyżej 22 kW).

W ostatnich latach doświadczamy w coraz większym stopniu ograniczeń w przylączeniu źródeł OZE do sieci po stronie OSD, co dotyka też planowanych stacji ładowania pojazdów elektrycznych. Dlatego OSD może zaproponować mniejszą moc, niż ta składana we wniosku o przyłączenie (art 7 pkt 1c).

Taryfy dystrybucyjne

W dniu 1 kwietnia 2021 r. została wprowadzona e-Taryfa, w której zostały zmniejszone stałe koszty związane z przesyłem energii, poprzez częściowe przeniesienie ciężaru finansowego ze składnika stałego stawki sieciowej na składnik zmienny, który powiązany jest z rzeczywistym zakresem wykorzystania infrastruktury ładowania.

Od tamtej pory w taryfach publikowanych przez OSD/OSDn są podane ceny dla taryf: B11em, B21em, C21em oraz C11em (w zależności od mocy). Wybór przez odbiorcę jednej z grup taryfowych "em" jest możliwy

w przypadku wykorzystywania energii elektrycznej wyłącznie na potrzeby funkcjonowania ogólnodostępnej stacji ładowania, w tym świadczenia na niej usług ładowania (§ 6 pkt 7 rozporządzenia taryfowego).

3.3.3 Regulacje dotyczące aspektów budowlanych

Ustawa Prawo budowlane (**UPB**) reguluje obszary obejmujące projektowanie, budowę, utrzymanie i rozbiórkę obiektów budowlanych oraz określa zasady działania organów administracji publicznej w tych dziedzinach. Ustawa określa, że budowa stacji ładowania nie wymaga decyzji o pozwoleniu na budowę, natomiast wymaga zgłoszenia (art. 29 ust. 1 pkt 25). Dodatkowo budowa stacji ładowania wymaga sporządzenia planu sytuacyjnego na kopii aktualnej mapy zasadniczej lub mapy jednostkowej przyjętej do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego (art. 29a ust. 1). Stacje ładowania podlegają także obowiązkowi geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej (art. 43 ust. 1aa).

W przypadku Prawa budowlanego należy zwrócić uwagę na zapisy, które dotyczą stacji ładowania w sposób pośredni, np. w odniesieniu do instalacji elektrycznych czy podzespołów, takich jak stacja transformatorowa lub instalacja odgromowa. Przykładem są wymagania dotyczące konieczności poddawania obiektów budowlanych okresowym kontrolom stanu technicznego (art. 62 ust. 1) czy wymóg zapewnienia bezpiecznego użytkowania obiektu w razie wystąpienia czynników zewnętrznych oddziałujących na obiekt, związanych z działaniem człowieka lub sił natury, takich jak np. wyładowania atmosferyczne (art. 61 ust. 2).

3.4 WYMAGANIA DOTYCZĄCE POJAZDÓW CIĘŻAROWYCH

3.4.1 Praca kierowców

Ponieważ podstawową sprawą związaną z codziennym użytkowaniem pojazdu ciężarowego (również elektrycznego) jest czas pracy kierowców, koniecznym jest też uwzględnienie wymagań aktów prawnych regulujących ten obszar, czyli:

- Rozporządzenia (WE) nr 561/2006

oraz

- Ustawy o czasie pracy kierowców [**UoCPK**].

Poza wszystkimi, powszechnie znanymi w transporcie wymaganiami dotyczącymi norm czasu prowadzenia pojazdów, osobnego wytłumaczenia wymaga kwestia związana z obowiązkową, 45-minutową, pauzą w kontekście ładowania pojazdów elektrycznych. Zgodnie z powyższymi aktami prawnymi, na każde 4,5 godziny prowadzenia pojazdu, kierowca musi odebrać obowiązkową, 45 minutową przerwę od jazdy i pracy. Czas ten musi być w pełni przeznaczony dla kierowcy i nie może on uwzględnić prowadzenia pojazdu ani żadnej innej pracy. Zgodnie z art. 6 UoCPK do czasu pracy kierowcy wlicza się:

- 1) prowadzenie pojazdu;
- 2) załadowywanie i rozładowywanie oraz nadzór nad załadunkiem i wyładunkiem;
- 3) nadzór oraz pomoc osobom wsiadającym i wysiadającym;
- 4) czynności spedycyjne;
- 5) obsługę codzienną pojazdów i przyczep;
- 6) inne prace podejmowane w celu wykonania zadania służbowego lub zapewnienia bezpieczeństwa osób, pojazdu i rzeczy;
- 7) niezbędne formalności administracyjne;
- 8) utrzymanie pojazdu w czystości.

Ww. przepisy nie regulują jeszcze kwestii ładowania pojazdów elektrycznych, natomiast, kierując się analogią do tankowania pojazdów spalinyowych, można założyć, że podłączanie lub odłączanie przewodu ładowania to czynność obsługowa pojazdu, a co za tym idzie – powinna być ona zaliczana do czasu pracy. Natomiast sam proces ładowania może być liczony jako „odpoczynek”, o ile nie wymaga ze strony kierowcy żadnej uwagi.

3.4.2 Transport towarów niebezpiecznych

Kolejną kwestią, na którą należy zwrócić uwagę, jest transport towarów niebezpiecznych, regulowany przez umowę dotyczącą międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych – **ADR**. Na chwilę obecną pojazdy elektryczne raczej nie spełniają wymagań innych niż dla klasy AT, ale może się to w przyszłości zmienić. Dlatego ważną kwestią jest zwrócenie uwagi na wymagania dotyczące postojów pojazdów przewożących towary niebezpieczne w miejscach przeznaczonych do ładowania pojazdów elektrycznych. W przyszłości może pojawić się potrzeba dostosowywania tych miejsc do wymagań klasy ADR innej niż AT. Zaplanowanie, na etapie projektowania, możliwości rozbudowy o dodatkowe miejsca, np. dla cystern paliwowych ciągniętych przez elektryczne ciągniki siodłowe, może okazać się wielce atrakcyjne dla niektórych przewoźników.

3.4.3 Manewrowanie

Nie można pominąć również jeszcze innego, równie ważnego aspektu związanego ze specyfiką pojazdów ciężarowych, a mianowicie ich masy i wymiarów. Są to pojazdy, które wymagają dużo więcej miejsca do manewrowania i postojów niż pojazdy osobowe, a ich zwiększona masa stawia dodatkowe wymagania co do przygotowania podłoża, po jakim te pojazdy będą się poruszać. W Polsce aktem prawnym, który reguluje masę i wymiary pojazdów ciężarowych jest **Rozporządzenie pojazdowe**. Tam, w Dziale II, poświęconym wymiarom, masom i naciskom osi pojazdu na podłożu można przeczytać, że:

- maksymalna długość pojazdu ciężarowego nie może przekraczać 12 m,

- maksymalna długość zespołu pojazdów złożonego z ciągnika siodłowego i naczepy nie może przekraczać długości 16,50 m,

- maksymalna długość zespołu pojazdów złożonego z samochodu ciężarowego i przyczepy nie może przekraczać 18,75 m.

Pewnym odstępstwem od ww. warunków są pojazdy przeznaczone do transportu intermodalnego, czyli takie, które transportują kontenery morskie – pojazdy te mogą być dłuższe od ww. wartości o 0,15 m, co wynika bezpośrednio z długości całkowitej kontenera, który w wersji 45-stopowej ma długość 13,72 m.

O ile powyższy warunek nie stanowi dużej przeszkody w projektowaniu infrastruktury do ładowania pojazdów ciężarowych, gdyż nie odbiega znacząco od ogólnie przyjętych limitów dla takich pojazdów, o tyle istnieje pewna regulacja prawna, która może mieć na to istotny wpływ. Mowa o **dyrektywie 96/53/WE**, która w artykule 9a wskazuje, że w celu poprawy efektywności energetycznej oraz bezpieczeństwa na drodze, kabiny pojazdów ciężarowych mogą posiadać konstrukcyjne wydłużenie, powodujące przekroczenie maksymalnych długości pojazdu lub zespołu pojazdów. Zastrzeżeniem jest spełnienie przez pojazd lub zespół pojazdów wymagań co do zwrotności – opisuje to tzw. „europejskie rondo”, czyli pkt. 1.5 Załącznika I niniejszej dyrektywy: „Każdy pojazd silnikowy lub zestaw pojazdów, które są w dopuszczone do ruchu, muszą być zdolne do wykonania zakrętu w okręgu o promieniu zewnętrznym 12,50 m oraz promieniu wewnętrznym 5,30 m”.

Jeśli chodzi o szerokość pojazdów ciężarowych to graniczną wartością jest 2,55 m, chyba że mamy do czynienia z pojazdem typu chłodnia lub izoterma, wtedy maksymalna szerokość wynosi 2,60 m.

Maksymalna dopuszczalna wysokość pojazdów w Polsce wynosi 4 metry. Natomiast, aby móc poruszać się po Polsce pojazdem o wysokości przekraczającej 4 metry, trzeba wystąpić do zarządcy drogi o pozwolenie na przejazd nienormatywny. W praktyce tego typu pojazdy na chwilę obecną raczej nie powinny być brane pod uwagę w przypadku projektowania infrastruktury do ładowania pojazdów ciężkich, ale gdyby w przyszłości miały to ulec zmianie, warto uwzględnić również taki scenariusz.



W kwestii mas i nacisków pojazdów ciężarowych Rozporządzenie pojazdowe mówi, że:

- dopuszczalna masa całkowita pojazdu 2-osowego to 18 ton,
- dopuszczalna masa całkowita pojazdu 3-osowego to 26 ton,
- dopuszczalna masa całkowita pojazdu o liczbie osi większej niż 3 to 32 tony,
- dopuszczalna masa całkowita zespołu pojazdów mających łącznie co najmniej 5 osi to 40 ton,
- dopuszczalny nacisk pojedynczej osi nienapędowej nie może przekraczać 10 ton,
- dopuszczalny nacisk pojedynczej osi napędowej nie może przekraczać 11,5 tony,
- dopuszczalny nacisk grupy osi może dochodzić do 27 ton w zależności od ilości osi i odległości pomiędzy nimi.

Oczywiście od powyższych wytycznych istnieje szereg wyjątków, które mają zastosowanie w zależności od konfiguracji pojazdu bądź zespołu pojazdów. Ze wszystkich wyjątków dotyczących masy i nacisków warto wyróżnić dwa: jeden mówi o pojazdach do transportu intermodalnego, drugi o pojazdach bezemisyjnych.

Jeśli chodzi o transport intermodalny, przepisy dopuszczają zwiększoną masę zespołu pojazdów uczestniczących w takim typie transportu do 44 ton.

Z kolei pojazdy bezemisyjne 2- i 3-osowe mogą mieć zwiększoną dopuszczalną masę całkowitą o maksymalnie 2 tony względem standardowych wymagań, co ma na celu kompensację różnicy w ładowności, wynikającej ze zwiększonej masy osprzętu wykorzystywanego w napędzie bezemisyjnym (głównie masa akumulatorów trakcyjnych). Takie wyłączenie jest możliwe do uzyskania dzięki zapisom zawartym w **dyrektywie 96/53/WE**, artykuł 10B.




Podane wyżej liczby są zbiorem maksymalnych mas i nacisków, tak aby zobrazować z jakimi wartościami infrastruktura ładowania będzie musiała się mierzyć.

4. Parametry techniczne samochodów ciężarowych

W poprzednich częściach przewodnika zostały omówione najważniejsze definicje i wymogi prawne obowiązujące w obszarze elektromobilności, w tym wytyczne AFIR. Ten rozdział będzie poświęcony parametrom technicznym samochodów ciężarowych, co pozwoli lepiej zrozumieć specyfikę ich eksploatacji w zróżnicowanych zastosowaniach. Zaprezentowane zostaną zarówno kwestie związane z wymiarami i masą całkowitą, jak i rodzajami gniazd ładowania, pojemnościami baterii oraz maksymalnym prądem ładowania. Ta wiedza będzie niezbędna do właściwego doboru pojazdów oraz planowania rozwiązań infrastrukturalnych opisanych w dalszych rozdziałach.

4.1 Podział i podstawowe wielkości charakteryzujące

W dużym uproszczeniu, pojazdy dostawcze i ciężarowe możemy podzielić na następujące grupy (co naturalnie odpowiada też kategoriom rejestracji): pojazdy dostawcze (3,5-7,2 t kategorii N1 oraz N2), ciężarówki – transport ostatniej mili (kategorie N2 oraz N3), ciężarówki – intercity oraz ciężarówki – long-haul (głównie kategoria N3). Co do zasady, pojazdy te dzielimy na trzy grupy, w zależności od maksymalnej masy całkowitej (mmc): N1 do 3,5 t; N2 od 3,5 do 12 t oraz N3 powyżej 12 t. W przypadku pojazdów elektrycznych na prawo jazdy kategorii B można prowadzić pojazdy aż do masy 4,25 t.

N ₁		mmc ≤ 3,5 t	} pojazdy ciężkie (zgodnie z AFIR)
N ₂		3,5t < mmc ≤ 12t	
N ₃		mmc > 12t	

Na podstawie przeprowadzonych poniżej analiz zebrano również informacje dotyczące obecnej lokalizacji gniazd ładowania, z uwzględnieniem trendów rynkowych i praktycznych rozwiązań wdrażanych przez producentów. Zgodnie z wytycznymi zawartymi w raporcie CharIN, racjonalnym kierunkiem standaryzacji jest zainstalowanie gniazda MCS po jednej stronie pojazdu, a CCS po drugiej. W niektórych scenariuszach zaleca się nawet wyposażenie pojazdu w gniazdo CCS zarówno od strony lewej, jak i prawej, przy jednoczesnym montażu gniazda MCS wyłącznie z jednej strony. Takie podejście zapewni maksymalną elastyczność podczas ładowania w różnych miejscach, a zarazem ułatwi operatorom flot dostosowanie do dynamicznie rozwijającej się infrastruktury szybkiego ładowania.



W tym miejscu warto wyjaśnić różnicę pomiędzy pojemnością brutto i netto akumulatora:

Pojemność brutto (ang. *gross capacity*) odnosi się do całkowitej energii, którą w pełni naładowany akumulator jest w stanie pomieścić. Obejmuje to pełną ilość energii dostępną w akumulatorze, bez uwzględnienia ograniczeń związanych z jego eksploatacją, takich jak zabezpieczenia przed nadmiernym rozładowaniem, które mogłyby negatywnie wpłynąć na żywotność akumulatora.

Pojemność netto (ang. *usable capacity*, zwana potocznie użyteczną/dostępną) to efektywna pojemność akumulatora, która może być realnie wykorzystana przez pojazd w trakcie jego eksploatacji, po uwzględnieniu rezerw energetycznych, zaimplementowanych w celu ochrony akumulatora przed uszkodzeniem wskutek nadmiernego rozładowania lub przeładowania. Jest to wartość mniejsza niż pojemność brutto, co ma na celu wydłużenie żywotności akumulatora.

W praktyce pojemność netto jest istotna z punktu widzenia użytkownika pojazdu elektrycznego, ponieważ to ona określa rzeczywistą ilość energii, którą można wykorzystać do napędu pojazdu. Pojemność brutto jest natomiast bardziej informacją techniczną, wskazującą na całkowitą pojemność magazynowania energii akumulatora, bez uwzględnienia ograniczeń wynikających z zasad eksploatacji.

W kontekście elektrycznych ciężarówek, różnica między pojemnością brutto a netto może mieć znaczący wpływ na zasięg pojazdu, ponieważ pojemność netto stanowi faktyczną ilość energii, którą można wykorzystać do pokonania określonej odległości na jednym ładowaniu.

4.1.1 Pojazdy dostawcze (3,5-7,2 t)

W tej kategorii mieszczą się lekkie pojazdy o dopuszczalnej masie całkowitej od 3,5 do 7,2 t. Zazwyczaj mają konstrukcję typu furgon lub podwozie do zabudowy, co pozwala na różnorodną adaptację – od klasycznej skrzyni ładunkowej po chłodnię. W wersjach elektrycznych stosuje się zazwyczaj baterie o pojemności w granicach 40-80 kWh (choć zdarzają się większe), a moc ładowania DC wynosi najczęściej 40-115 kW. Poziom ten jest uznawany za wystarczający do dobowego cyklu pracy w obszarach miejskich i podmiejskich, zwłaszcza że na rynku pojawiają się coraz częściej także opcje ładowania prądem przemiennym (AC) w zakresie do 22 kW.

Pojazdy w tym segmencie, głównie dzięki kompaktowym wymiarom i ograniczonemu promieniowi skrętu, odgrywają kluczową rolę w logistyce tzw. „ostatniej mili”, czyli głównie w dostawach kurierskich oraz transporcie pomiędzy magazynami a punktami docelowymi w centrach miast, takich jak dostawy do sklepów, punktów usługowych czy bezpośrednio do klienta końcowego. Ich stosunkowo niewielkie gabaryty ułatwiają manewrowanie w zatłoczonych centrach miast. Jednocześnie elektryczny napęd przyczynia się do redukcji hałasu i emisji spalin, co staje się istotne w kontekście coraz bardziej wymagających przepisów dotyczących stref czystego transportu. Ważne jest również to, że ładowanie takiego pojazdu można często przeprowadzić w nocy na zapleczu firmy, z wykorzystaniem stacji o mniejszej mocy – dzięki czemu następnego dnia auto jest gotowe do eksploatacji.

Poniższa tabela prezentuje przykładowe modele pojazdów dostawczych wraz z kluczowymi parametrami technicznymi, takimi jak kategoria homologacyjna, długość, zasięg i moc ładowania:

Model/Marka	Kategoria	Typ/Wersja	Długość (mm)	Pojemność maksymalna akumulatorów trakcyjnych (kWh netto)	Zasięg WLTP (km)	Vmax (km/h)	Lokalizacja gniazda ładowania	Moc maks. AC (kW)	Moc maks. DC (kW)
Ford eTransit	N1	furgon L4H3 (long)	6704	do 89	402	120	z przodu	22	180
Fiat e-Ducato	N1	furgon (long)	6363	108	424	130	przy drzwiach kierowcy	11	150
Renault Trucks MASTER IV – XDE E-Tech 3,5T	N1	furgon lub podwozie/ platforma	7293	87	do 373	120	CCS Combo 2 przed drzwiami pasażera	22	130
Renault Trucks MASTER IV – XDE E-Tech 4T	N2	furgon lub podwozie/ platforma	7293	87	do 460	90	CCS Combo 2 przed drzwiami pasażera	22	130
Opel Vivaro-e / Peugeot e-Expert / Toyota Proace	N1	furgon (extra long)	5300	75	352	130	przednie nadkole (od strony kierowcy)	11	100
Mercedes EQV 300	M1	osobowy (Extra-Long)	5370	90	446	140	przednie nadkole, nad zderzakiem (strona kierowcy)	22	110
Nissan Townstar	N1	furgon (long)	4910	45	262	130	z przodu	22	80
VW ID Buzz Cargo	N1	furgon	4712	77	424	145	tylne prawe nadkole (od strony pasażera)	11	170
MAN eTGE	N1	furgon	3280	32,5	164	90	za drzwiami kierowcy	7,2	40
Iveco eDaily	N1/N2	furgon/podwozie (3,5 do 7,2 t)	do 7678	do 148	400	120	z przodu, możliwość montażu dodatkowego gniazda w podwoziach	22	115
Mercedes eSprinter	N1/N2	furgon	6967	113	446	90	z przodu	11	115
Nissan Interstar EV	N1	furgon	do 6315	Do 87	do 400	120	z przodu	22	130

Na podstawie powyższego zestawienia dostępnych na rynku modeli lekkich pojazdów dostawczych o DMC 3,5-7,2 t (uwzględniając zarówno warianty furgonów, jak i podwozi do zabudowy) można zauważyć, że producenci stosują różne lokalizacje gniazda ładowania – głównie z przodu pojazdu, w okolicach przedniego nadkola (po stronie kierowcy lub pasażera) albo za drzwiami kierowcy.

Z analizy najpopularniejszych modeli (m.in. Ford eTransit, Fiat e-Ducato, Iveco e-Daily, Renault Trucks Master, Mercedes eSprinter, MAN eTGE, Nissan Townstar/Interstar EV, Opel Vivaro-e, VW ID Buzz) wylania się przybliżony rozkład:

1. **Przód pojazdu (front)** – około 40–45%,
2. **Strona kierowcy (zwykle za drzwiami lub na przednim nadkole)** – około 30–35%,
3. **Strona pasażera (zazwyczaj przed drzwiami lub przy tylnym nadkole)** – około 20–25%.

Naturalnie dokładny udział procentowy może się zmieniać wraz z wprowadzaniem nowych modeli czy wersji. Jednak powyższe liczby dają pewne wyobrażenie o tendencjach rynkowych – producenci dość często wybierają front (głównie ze względów konstrukcyjnych i łatwości dostępu), a gdy decydują się na bok pojazdu, to częściej po stronie kierowcy, co ułatwia codzienną obsługę (np. podłączanie kabla podczas postoju na parkingu firmowym). Zdarzają się też rozwiązania na tylnej części nadwozia od strony pasażera, choć występują nieco rzadziej w tym segmencie.



4.1.2 Ciężarówki – transport ostatniej mili

Choć w codziennym użytkowaniu pełnią zbliżoną rolę do lekkich pojazdów dostawczych, ciężarówki kategorii N2 różnią się przede wszystkim większą masą oraz wyższą ładownością, co pozwala na transport znacznie większej ilości towarów przy zachowaniu stosunkowo niewielkich gabarytów. Pojazdy o dopuszczalnej masie całkowitej od około 7 do nawet 19 ton to najczęściej samochody dystrybucyjne zaprojektowane z myślą o częstym zatrzymywaniu się i rozładunku. W ich elektrycznych wersjach pojemność baterii może wynosić od ok. 100 do nawet 400 kWh i więcej, a maksymalna moc ładowania DC sięga zwykle 150 kW. Istotne jest też rozmieszczenie gniazda ładowania – często za kabiną lub z boku podwozia, co zapewnia wygodny dostęp niezależnie od typu zabudowy. Dzięki temu pojazdy te mogą być ładowane zarówno „na bazie”, jak i w miejskich punktach szybkiego ładowania.

Pomimo że ich dopuszczalna masa całkowita sięga nawet 19 ton, ciężarówki dedykowane transportowi ostatniej mili nadal muszą zachować stosunkowo kompaktowe wymiary, aby móc sprawnie poruszać się w obszarach miejskich. W zależności od zastosowanej zabudowy całkowita długość takich pojazdów waha się zwykle od około 7 do 10 metrów, a rozstaw osi może wynosić od 3,8 do nawet 5,8 metra. Dzięki temu możliwe jest umieszczenie ładowni wystarczająco obszernej dla sporych ilości towaru, bez utrudniania manewrowania na wąskich ulicach czy w przestrzeniach magazynowych. Taka kombinacja masy i rozmiarów zapewnia kompromis między ładownością a mobilnością w środowisku miejskim.

Ze względu na rozmiar i ładowność, ciężarówki tej kategorii są wykorzystywane przede wszystkim do zaopatrzenia sklepów, magazynów czy restauracji w obszarach miejskich. Równocześnie dobrze radzą sobie w obsłudze krótkich tras podmiejskich lub wewnątrzregionalnych, gdzie dzienny przebieg nie przekracza zazwyczaj kilkudziesięciu czy kilkuset kilometrów. Elektryczny napęd zapewnia cichą pracę oraz brak emisji spalin, co ma szczególne znaczenie w strefach o surowych ograniczeniach środowiskowych. W praktyce pojazdy te zwykle wracają do bazy codziennie, co pozwala na stałe zarządzanie ładowaniem i utrzymanie wysokiego wskaźnika wykorzystania.

Model/Marka	DMC (t)	Rozstaw osi (mm)	Pojemność maksymalna akumulatorów trakcyjnych (kWh brutto)	Zasięg (km)	Lokalizacja gniazda ładowania	Moc maks. AC (kW)	Moc maks. DC (kW)	Uwagi
Scania Electric Truck	do 20	3250-6350	624	do 600	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	nie dotyczy	375	2-osiowe podwozie dystrybucyjne baterie 416 lub 624 kWh brutto
Scania Electric	do 29	3250-6350	624	do 520	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	nie dotyczy	375	3-osiowe podwozie dystrybucyjne baterie 416 lub 624 kWh brutto
DAF XB Electric	do 19	4300-6900	282	350	za kabiną, prawa strona (od kierowcy)	22	150	napięcie 650 V DC
Renault Trucks D E-Tech	do 18	3800-6500	565	do 450	za kabiną, lewa strona (CCS Combo 2)	43	150	podwozie do zabudowy
Renault Trucks D WIDE E-Tech	do 26	3800-6800	375	do 400	za kabiną, lewa strona (CCS Combo 2)	43	150	podwozie do zabudowy
Volvo FL Electric	do 18	3800-6500	565	do 450	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	43	150	podwozie do zabudowy
Volvo FE Electric	do 27	3900-6800	375	do 275	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	43	150	podwozie do zabudowy
Volvo FMX Electric	do 44	3900-6700	540	do 300 (stan na marzec 2025)	za kabiną, prawa strona (od pasażera) lub lewa strona (od kierowcy) w zależności od wersji	43	250 (stan na marzec 2025)	dostępny jako ciągnik siodłowy i podwozie do zabudowy, przeznaczenie budowlane (np. wywrotka); wiele konfiguracji osi
MAN eTGL 4x2	do 12	4500	178	do 235	za kabiną, lewa strona (CCS Combo 2)	-	250	2-osiowe podwozie dystrybucyjne
MAN eTGS 4x2	do 20	3750-5950	534	do 600	możliwość konfiguracji 4 miejsc ładowania	-	do 750 (MCS)	zależnie od konfiguracji CCS / MCS
Mercedes eActros 300 4x2 i 6x2	do 40	4000-6100	336	do 300	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	brak	160	ciągnik siodłowy, podwozie do zabudowy
Mercedes eEonic	do 27	4000-6100	336	do 300	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	brak	160	podwozie do zabudowy
Iveco S-eWay 4x2 i 6x2	do 29 solo	3600-6700	490	do 400	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	brak	350	podwozie do zabudowy

Na podstawie powyższego zestawienia najpopularniejszych modeli ciężarówek „ostatniej mili” (m.in. DAF XB Electric, Renault Trucks D/D WIDE E-Tech, Volvo FL/FE Electric, MAN eTGL/eTGS, Scania Electric, Iveco S-eWay) można wskazać, że w tym segmencie gniazdo ładowania jest umiejscowione głównie za kabiną, ale w praktyce oznacza to umiejscowienie po **lewej** lub **prawej** stronie pojazdu. Rzadziej port ładowania znajduje się z **przodu** (front) – co jest bardziej charakterystyczne dla wybranych modeli. Na tej bazie da się wyróżnić przybliżone proporcje:

1. Front pojazdu (15–20%)

Rozwiązanie to może ułatwiać podjazd „na wprost” do ładowarki – często wykorzystywane w zajezdniach czy na bazach firmowych, gdzie podłączenie od frontu jest szybsze.

2. Lewa strona pojazdu (40–45%)

Spotykana m.in. w ciężarówkach Renault Trucks (D i D WIDE E-Tech), Volvo (FL i FE Electric), Scania (Electric), w niektórych wariantach MAN (eTGL/eTGS), Iveco. Taki układ jest wygodny w sytuacjach, gdzie parking lub stacja ładowania jest zorganizowana pod ruch prawostronny – kierowca łatwiej podłącza pojazd, stojąc na pasie bliżej osi jezdni.

3. Prawa strona pojazdu (35–40%)

Występuje np. w DAF XB Electric.

Oczywiście powyższe liczby są jedynie przybliżeniem – wprowadzanie nowych modeli oraz różne warianty zabudowy potrafią zmieniać ten układ. Wiele zależy też od konstrukcji podwozia, rozplanowania komponentów elektrycznych i potrzeb operatorów flot, którzy nieraz preferują jedną stronę pojazdu w zależności od organizacji pracy na bazie czy dostępności stacji ładowania. U większości producentów istnieje możliwość dostosowania strony umiejscowienia gniazda ładowania.

4.1.3 Ciężarówki – intercity

W tej grupie znajdują się ciężarówki o dopuszczalnej masie całkowitej dochodzącej zazwyczaj do 26 ton, wyposażone w baterie o pojemności przeważnie od 200 do 400 kWh (są też konfiguracje z większymi pojemnościami). Ich systemy ładowania standardowo obsługują moce DC od 150 do 375 kW, co pozwala na relatywnie szybkie uzupełnienie energii w trakcie krótkich postojów. W zależności od producenta dostępne są różne konfiguracje osi (4x2, 6x2) i bogate możliwości zabudowy – od klasycznych skrzyń ładunkowych, przez chłodnie, aż po wyspecjalizowane nadwozia. Jednocześnie, pomimo większej masy i sporych gabarytów, rozstaw osi w granicach 3,8-6,5 metra i całkowita długość w okolicach 8-11 metrów sprawiają, że pojazdy te wciąż zachowują wystarczającą zwrotność na drogach regionalnych i krajowych.

Ciężarówki intercity dedykowane są przede wszystkim do przewozów między ośrodkami miejskimi i do obsługi tras o średnim dziennym przebiegu. Zazwyczaj kursują między magazynami, centrami dystrybucyjnymi lub zakładami produkcyjnymi, gdzie – po pokonaniu odległości przekraczających zasięg segmentu „ostatniej mili” – nadal nie wymagają typowego zestawu dalekobieżnego. Ich elektryczne warianty wnoszą dodatkową korzyść w postaci obniżenia emisji CO₂ w łańcuchu transportowym, a możliwość doładowywania pojazdów podczas krótkich postojów (dzięki coraz większej liczbie punktów szybkiego ładowania) pozwala im efektywnie rywalizować z ciężarówkami spalinowymi.

Choć standard MCS bywa najczęściej kojarzony z pojazdami dalekobieżnymi o największych masach, ciężarówki klasy międzymiastowej mogą być pierwszym segmentem, w którym zastosowanie ładowania na poziomie nawet kilkuset kilowatów przyniesie istotne korzyści. MCS pozwala znacznie skrócić czas postoju niezbędny do uzupełnienia energii, co w przypadku regularnie powtarzających się kursów między miastami może przełożyć się na wyższą wydajność transportu. Producenci już teraz uwzględniają możliwość montażu gniazd MCS i – jednocześnie – zwiększenie mocy ładowania w pojazdach o masie od 16 do 26 ton, przygotowując się na rozwój infrastruktury ładowania dużej mocy. Standard MCS opisano szczegółowo w rozdziale 5 niniejszego przewodnika.



Model/Marka	DMC (t)	Rozstaw osi (mm)	Pojemność maksymalna akumulatorów trakcyjnych (kWh brutto)	Zasięg (km)	Lokalizacja gniazda ładowania	Moc maks. AC (kW)	Moc maks. DC (kW)	Uwagi
DAF XD Electric	29	4300-5400	525	do 500	za kabiną, prawa strona (od kierowcy)	22	325	dostępny jako ciągnik siodłowy lub podwozie pod zabudowę
Volvo FM Electric	do 44	3900-6700	540	do 300	za kabiną, prawa strona (od pasażera) lub lewa strona (od kierowcy) w zależności od wersji	43	250	dostępny jako ciągnik siodłowy i podwozie do zabudowy; wiele konfiguracji osi
MAN eTGX 6x2	do 20	3750-5950	623	do 650	możliwość konfiguracji 4 miejsc ładowania	-	do 750 (MCS)	opcjonalnie CCS lub MCS; maksymalna moc ładowania zależna od konfiguracji akumulatorów
Renault Trucks T/C E-Tech	do 44	3800-6800	540	do 400	za kabiną, prawa strona (CCS Combo 2)	43	250	występuje jako ciężkie podwozie lub ciągnik siodłowy; przeznaczenie intercity/budowlane
Scania Electric	do 42	3250-6350	624	do 440	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	nie dotyczy	375	możliwość specyfikacji zarówno ciągnika siodłowego, jak i podwozia 2- lub 3 - osiowego; baterie 416 lub 624 kWh brutto
Mercedes eActros 400 4x2 i 6x2	do 40	4900-6100	448	do 400	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	brak	160	podwozie do zabudowy
Iveco S-eWay 4x2 i 6x2	do 44 zestaw	3600-6700	490	do 400	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	brak	350	podwozie do zabudowy

4.1.4 Ciężarówki – long-haul

W tym segmencie dominują pojazdy o dopuszczalnej masie całkowitej sięgającej 40-44 ton, które zazwyczaj wymagają największych pakietów baterii (niejednokrotnie przekraczających 500 kWh) i bardzo wysokich mocy ładowania – od 350 do nawet 1000 kW w standardzie CCS bądź MCS. Krótki czas postoju na autostradach czy parkingach jest tu kluczowy z punktu widzenia przewoźników, stąd producenci stale usprawniają systemy chłodzenia baterii i optymalizują proces ładowania. Wraz z rosnącą pojemnością akumulatorów pojawia się także możliwość instalacji więcej niż jednego gniazda ładowania, umieszczonego z obu stron podwozia, co dodatkowo przyspiesza i ułatwia procedurę uzupełniania energii.

Ze względu na konieczność pokonywania odcinków sięgających setek, a nawet tysięcy kilometrów, w pojazdach tych kładzie się duży nacisk na poprawę aerodynamiki i efektywności energetycznej. Dopuszczalne przepisy unijne pozwalają na wydłużenie kabin, co przekłada się na obniżenie oporów powietrza oraz lepsze warunki pracy kierowcy. W praktyce oznacza to rozstaw osi w zakresie od około 3,8 do nawet 6,5 metra i łączną długość ciągnika wraz z naczepą dochodzącą do 16,5 m lub zespołu 2 pojazdów (podwozie + przyczepa) wynoszącą 18,75 m i więcej (w zależności od konfiguracji i przepisów). Te udoskonalenia wspierają efektywność paliwową i zwiększają zasięg, odgrywając istotną rolę w rozwoju flot dalekobieżnych.

Segment ten jest szczególnie ważny dla międzynarodowego transportu towarów, którego realizacja wiąże się z dużą presją czasową i wysokimi kosztami operacyjnymi. Choć dzisiejsze elektryczne ciągniki siodłowe zazwyczaj obsługują trasy krajowe i międzynarodowe o średnim zasięgu, dalsze innowacje w dziedzinie magazynowania energii oraz zwiększanie mocy ładowania pozwalają z optymizmem patrzeć na ich szersze zastosowanie w pełnowymiarowym transporcie long-haul. Dodatkowe wsparcie stanowią aktualne i przyszłe regulacje UE, które – poprzez umożliwienie wydłużenia pojazdów w celu poprawy aerodynamiki – sprzyjają elektryfikacji tego segmentu. W dłuższej perspektywie właśnie kategoria dalekobieżna może okazać się kluczowa dla rozwoju i upowszechnienia elektromobilności w transporcie drogowym.

Model/Marka	DMC (t)	Rozstaw osi (mm)	Pojemność maksymalna akumulatorów trakcyjnych (kWh brutto)	Zasięg (km)	Lokalizacja gniazda ładowania	Moc maks. AC (kW)	Moc maks. DC (kW)	Uwagi
Scania Electric	do 42	4150 (ciągnik 4x2)	624	do 440	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	nie dotyczy	375	maksymalna masa techniczna zespołu pojazdów do 74 ton
Scania Electric	do 42	4150 - 6350 (podwozia 4x2, 6x2)	624	do 440	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	nie dotyczy	375	
DAF XD, XF Electric	do 50	3900-6100	525	do 500	za kabiną, prawa strona (od kierowcy)	22	325	dostępny jako ciągnik siodłowy lub podwozie pod zabudowę
MAN eTGX 4x2	do 44	około 3750	534	do 500	gniazdo CCS/MCS lewa strona za 1 osią (po stronie kierowcy), opcjonalnie prawa	-	do 750 (MCS)	
Volvo FH Electric	do 44	3500-6700	540	do 300	za kabiną, prawa strona (od pasażera) lub lewa strona (od kierowcy) w zależności od wersji	43	250	dostępny jako ciągnik siodłowy i podwozie do zabudowy; wiele konfiguracji osi
Volvo FH Electric Long Range	bd	bd	do 780	do 600	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	bd	bd	premiera planowana na koniec 2025, CCS & MCS
Renault Trucks T/C E-Tech (obecny)	do 44	3800-6800	540	do 400	za kabiną, prawa strona (CCS Combo 2)	43	250	dostępny jako ciągnik siodłowy i ciężkie podwozie; możliwa konfiguracja 4x2, 6x2, 8x4
Renault Trucks T E-Tech Long Range	do 44	3800-6800	800	do 600	MCS za kabiną (lewa strona – kierowca) + CCS za kabiną (lewa strona – kierowca)	-	do 350 (CCS), do 750 (MCS)	premiera planowana na koniec 2025
Mercedes eActros 600 4x2 i 6x2	do 44	4000-4900	621	do 750	za kabiną, lewa strona (od kierowcy); opcja: dodatkowe gniazdo za kabiną, prawa strona (od pasażera), gniazdo MCS, lewa strona (od kierowcy)	brak	400 (CCS), 1000 (MCS)	ciągnik siodłowy, podwozie do zabudowy
Iveco S-eWay	do 44	3932	603	do 600 km	za kabiną, lewa strona (od kierowcy)	brak	350	ciągnik siodłowy 4x2

W przypadku ciężarówek intercity i long-haul – czyli pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej do 26 ton (intercity) bądź 40-44 ton (long-haul) – lokalizacja gniazda ładowania w zdecydowanej większości przypadków znajduje się **za kabiną**. Producenci decydują się na takie rozwiązanie głównie ze względów konstrukcyjnych (łatwiejsze rozmieszczenie akumulatorów i innych podzespołów wzdłuż ramy podwozia) oraz eksploatacyjnych (wygodniejszy dostęp do ładowarki na terminalach i parkingach ciężarowych). Przyjrzywszy się popularnym modelom, takim jak DAF XD/XF Electric, Volvo FM/FH Electric, MAN eTGX, Renault Trucks T/C E-Tech, Scania Electric, Mercedes eActros, Iveco S-eWay, można wskazać następujący przybliżony podział:

1. Lewa strona (40-50%)

Część producentów – zwłaszcza MAN (eTGX/eTGS w wersjach z CCS), Volvo (FM/FH w niektórych odmianach), Scania (Electric), Iveco czy niektóre warianty Renault Trucks T E-Tech – lokuje port ładowania za kabiną **po lewej stronie**. Taki układ może ułatwiać podłączanie kabla podczas postoju na parkingu czy w bazie.

2. Prawa strona (40-50%)

W pozostałych konfiguracjach, m.in. DAF (XD/XF Electric) oraz niektóre warianty Volvo (FM/FH Electric), gniazdo ładowania umieszczone jest **z prawej strony** za kabiną (np. od pasażera). Decyzja podyktowana jest zwykle rozplanowaniem podzespołów elektrycznych w pojeździe.

3. Front pojazdu (5-10%)

Choć w transporcie dalekobieżnym jest to zdecydowana rzadkość, niektórzy producenci oferują gniazdo ładowania umieszczone z przodu. Ułatwia to wjazd „na wprost” do ładowarki, co bywa przydatne na wybranych terminalach lub bazach, ale nie wszędzie znajduje zastosowanie.

Naturalnie powyższe wartości procentowe mają charakter orientacyjny i zależą od konkretnych wersji podwozia (4x2, 6x2, 8x4) czy wymagań operatora flotowego (np. instalacja dodatkowego gniazda po obu stronach). Niemniej w segmencie pojazdów intercity i long-haul zdecydowanie dominuje schemat „za kabiną”, z uwagi na łatwość dostępu do ładowarki w czasie postoju oraz względną prostotę poprowadzenia przewodów elektrycznych wzdłuż ramy pojazdu. Tak jak i w poprzedniej grupie umiejscowienie gniazda może być konfigurowalne u większości producentów.

4.2 Czas pracy kierowcy

Kierowca może robić przerwę podczas ładowania ciężarówki elektrycznej, jeśli nie wykonuje obowiązków służbowych i ma pełną swobodę w dysponowaniu czasem. Zgodnie z opinią Departamentu Transportu Drogowego w Ministerstwie Infrastruktury, czas ładowania, gdy nie wymaga nadzoru, może być uznany za przerwę lub odpoczynek w tachografie. Jeśli jednak kierowca musi aktywnie uczestniczyć w procesie ładowania, na przykład monitorować sprzęt lub reagować na problemy techniczne, wtedy ten okres należy zaklasyfikować jako „inną pracę”. Brak precyzyjnych zapisów w rozporządzeniu (WE) nr 561/2006 wprowadza pewną niejasność, co może prowadzić do różnych interpretacji przez służby kontrolne, dlatego zaleca się ostrożność i konsultację z ITD.

W kontekście infrastruktury ładowania, należy uwzględnić europejskie regulacje dotyczące czasu pracy kierowców zawodowych, które przewidują obowiązkowe przerwy po 4,5 godzinach jazdy oraz dzienny odpoczynek. Przerwy te mogą być wykorzystywane na ładowanie akumulatorów, minimalizując straty czasu operacyjnego. Szybkie ładowanie podczas 45-minutowej przerwy lub pełne ładowanie w trakcie nocnego odpoczynku mogą być efektywnie wplecione w harmonogram kierowcy.

W związku z tym, na wybranych stacjach ładowania może pojawić się potrzeba wdrożenia systemu rezerwacji slotów czasowych, który umożliwi kierowcom zaplanowanie ładowania w trakcie obowiązkowych przerw. Takie rozwiązanie pozwoli na optymalne wykorzystanie infrastruktury, uniknięcie kolejek i zwiększenie przewidywalności operacji logistycznych w transporcie dalekobieżnym.

Więcej informacji na temat obowiązujących wymogów prawnych znajduje się w rozdziale 3 Przewodnika.

4.3 Podsumowanie

Analizując zaprezentowane w tym rozdziale informacje na temat parametrów technicznych pojazdów dostawczych i ciężarowych, można wyróżnić kilka kluczowych wniosków, istotnych dla inwestorów i projektantów publicznych stacji ładowania:

1. Planowanie infrastruktury pod kątem mocy ładowania

Dzisiejsze pojazdy elektryczne, szczególnie w segmencie intercity i long-haul, coraz częściej umożliwiają ładowanie prądem stałym (DC) o mocy od 150 kW do 400 kW, a w przypadku bardziej zaawansowanych modeli już w niedalekiej przyszłości (np. Mercedes MAN, Scania, Renault Trucks, Volvo Trucks) – nawet do 1000 kW w standardzie MCS. Pomimo że obecnie moc 400 kW na pojedyncze gniazdo w stacji ładowania wydaje się wystarczająca w większości przypadków, tempo rozwoju technologii i potencjalne wymogi przepisów (np. rozporządzenie AFiR) wskazują, że już na etapie projektowania obiektów warto przewidzieć możliwość rozbudowy stacji do ładowania standardem MCS.

2. Przestrzeń manewrowa i dostosowanie do gabarytów pojazdów

Waga i wymiary ciężarówek wymagają stacji przystosowanych do obsługi pojazdów o dużej masie całkowitej (nawet do 44 ton) i sporych gabarytach (długość zestawu może przekraczać 18,75 m). Przestrzeń manewrowa musi więc uwzględniać nie tylko wymiary samej ciężarówki, ale też promień skrętu czy możliwość ustawienia się przy stanowisku ładowania. Na stacjach, gdzie ładować się mogą jednocześnie większe zestawy, konieczne jest zaplanowanie odpowiednich szerokości i długości stanowisk.

3. Wymogi towarzyszące (sanitariaty i zaplecze socjalne)

Kierowcy dalekobieżnych pojazdów ciężarowych spędzają wiele godzin w trasie i są zobowiązani do odbywania regularnych przerw. Dlatego, poza samą infrastrukturą ładowania, istotne jest zapewnienie miejsc parkingowych z zapleczem higieniczno-sanitarnym, tak by czas ładowania można było połączyć z odpoczynkiem oraz innymi czynnościami logistycznymi (np. posiłek, szybka kontrola pojazdu).

4. Elastyczne podejście do standardów ładowania (CCS i MCS)

Obecnie standard CCS jest najpowszechniej wykorzystywany, a pojazdy obsługujące moce powyżej 300-400 kW to wciąż relatywna nowość. Jednak w najbliższych latach rozwój MCS nabierze tempa, zwłaszcza w obszarze transportu długodystansowego (intercity i long-haul). Dlatego już na etapie projektowania warto uwzględnić możliwość instalacji przewodów i urządzeń obsługujących wyższą moc (750 kW, a docelowo ponad 1 MW), by uniknąć kosztownych modernizacji w niedalekiej przyszłości.

5. Wsparcie przepisów unijnych i krajowych

Rozporządzenie AFiR oraz inne regulacje unijne promują rozwój infrastruktury wysokiej mocy, w szczególności wzdłuż głównych korytarzy transportowych. Dostosowanie projektów stacji do wymagań tych przepisów będzie kluczowe dla uzyskania ewentualnego wsparcia finansowego, a także dla spełnienia wymogów prawnych w zakresie infrastruktury przy drogach szybkiego ruchu i autostradach.

W perspektywie najbliższych lat nacisk w rozwoju infrastruktury ładowania będzie się przesunął z szybkich stacji o mocy 150-400 kW w kierunku instalacji MCS. Z punktu widzenia inwestorów warto już teraz zabezpieczyć odpowiedni przydział mocy, wielkość i układ stacji pod kątem rosnących potrzeb transportu ciężarowego. Poza samym dostarczeniem energii niezbędne okaże się także zapewnienie kierowcom komfortu i możliwości bezpiecznego postoju, co przełoży się bezpośrednio na efektywność transportu oraz zadowolenie użytkowników flot.

Co więcej, z posiadanych informacji wynika, że większość producentów pojazdów ciężarowych planuje w niedalekiej przyszłości dostosować swoje rozwiązania do standardu MCS. Oznacza to, że w kolejnych latach możemy spodziewać się intensywnego rozwoju zarówno samej infrastruktury ładowania, jak i kompatybilnych pojazdów, co jeszcze bardziej podkreśla potrzebę planowania stacji ładowania z myślą o wyższych mocach i układach przyłączeniowych z możliwością rozbudowy mocy w przyszłości.

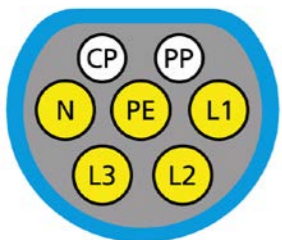


5. Infrastruktura ładowania eHDV

5.1 Standardy ładowania pojazdów elektrycznych

5.1.1 Stacje ładowania prądu przemiennego (AC)

Stacje ładowania AC wykorzystują napięcie 230 V (jednofazowe) lub napięcie 400 V (trójfazowe). Ładowanie prądem przemiennym odbywa się za pomocą złącza Type 2, które występuje w pojazdach osobowych, specjalistycznych, motocyklach i mikromobilności. Moc ładowania wynosi zwykle od 3,6 kW do 22 kW, maksymalnie do 43 kW. W przypadku pojazdów ciężarowych stosowane jest jedynie uzupełniająco na zajezdniach (ang. *depot charging*).



Rys. 5.1 Złącze prądu przemiennego Type 2 (Mennekes), źródło: Wikipedia

5.1.2 Stacje ładowania prądu stałego (DC)

Stacje ładowania DC charakteryzują się tym, że proces ładowania odbywa się z wykorzystaniem prądu stałego, którego wartość może dochodzić nawet do 3000 A, przy napięciu wynoszącym 1250 V (standard MCS). Ładowanie prądem stałym wykorzystywane jest w pojazdach osobowych, motocyklach, autobusach i pojazdach ciężarowych.

CCS Combo 2

Stacje eHDV wykorzystują najczęściej punkty ładowania DC wyposażone w złącza CCS Combo 2 (ang. *Combined Charging System*), które umożliwiają dostarczanie energii z mocą do 1000 kW (określane często jako HPC – ang. *High Power Charging*). Standard ten oferuje ładowanie pojazdów przy napięciu rzędu 1000 V i prądzie do 1000 A. Ze względu na znaczną ilość wydzielanego ciepła, w tego typu rozwiązaniach zastosowanie znalazły kable chłodzone cieczą.

CCS Combo 2 to jeden z najpopularniejszych standardów ładowania pojazdów elektrycznych na świecie. Gniazdo pojazdowe tego typu oferuje odbiór energii poprzez ładowanie zarówno prądem przemiennym (AC), jak i prądem stałym (DC), co czyni go wszechstronnym rozwiązaniem dla pojazdów elektrycznych. Jest stosowany głównie w Europie i wielu innych regionach, poza Ameryką Północną. Jest obowiązkowym standardem dla nowych samochodów elektrycznych i stacji ładowania w Unii Europejskiej, dlatego jest też powszechnie wykorzystywany na większości szybkich stacji ładowania. Przewiduje się, że w przyszłości będzie on zastąpiony przez standard MCS (ang. *Megawatt Charging System*).

Megawatt Charging System (MCS)

MCS (ang. *Megawatt Charging System*) to nowy standard ładowania pojazdów elektrycznych, zaprojektowany głównie dla ciężkich pojazdów użytkowych, takich jak elektryczne ciężarówki, autobusy, pojazdy rolnicze oraz maszyny przemysłowe. Standard jest opracowywany przez organizację CharIN (*Charging Interface Initiative*) i ma na celu umożliwienie szybkiego ładowania pojazdów o dużych pojemnościach akumulatorów.

Maksymalna moc sięgająca 3,75 MW stwarza możliwość naładowania baterii pojazdu ciężkiego w czasie do 30 minut, co jest kluczowe dla branży logistycznej i transportu dalekobieżnego. Już dziś producenci elektrycznych ciężarówek prowadzą prace, których celem będzie wdrożenie i upowszechnienie tego standardu. Z pewnością znajdzie on zastosowanie w przypadku hubów ładowania, lokalizowanych przy głównych szlakach transportowych. Co istotne, MCS jest rozwiązaniem komplementarnym wobec złącz CCS Combo 2. Należy spodziewać się, że w początkowej fazie rozwoju sektora eHDV stosowane będą oba te rozwiązania.

	CCS Combo 2	MCS
Napięcie [V]	1000 (DC) 400 (AC)	1250
Prąd [A]	1000 (DC) 63 (AC)	3000
Moc [kW]	1000 (DC)** 43 (AC)	3750

Tab. 5.1 Porównanie parametrów technicznych standardów CCS Combo 2 oraz MCS*, źródło: opracowanie własne na podstawie Wikipedia

*w tabeli wskazano wartości szczytowe (maksymalne)

**obecnie najczęściej spotykane złącza CCS dysponują mocą szczytową 350-400 kW

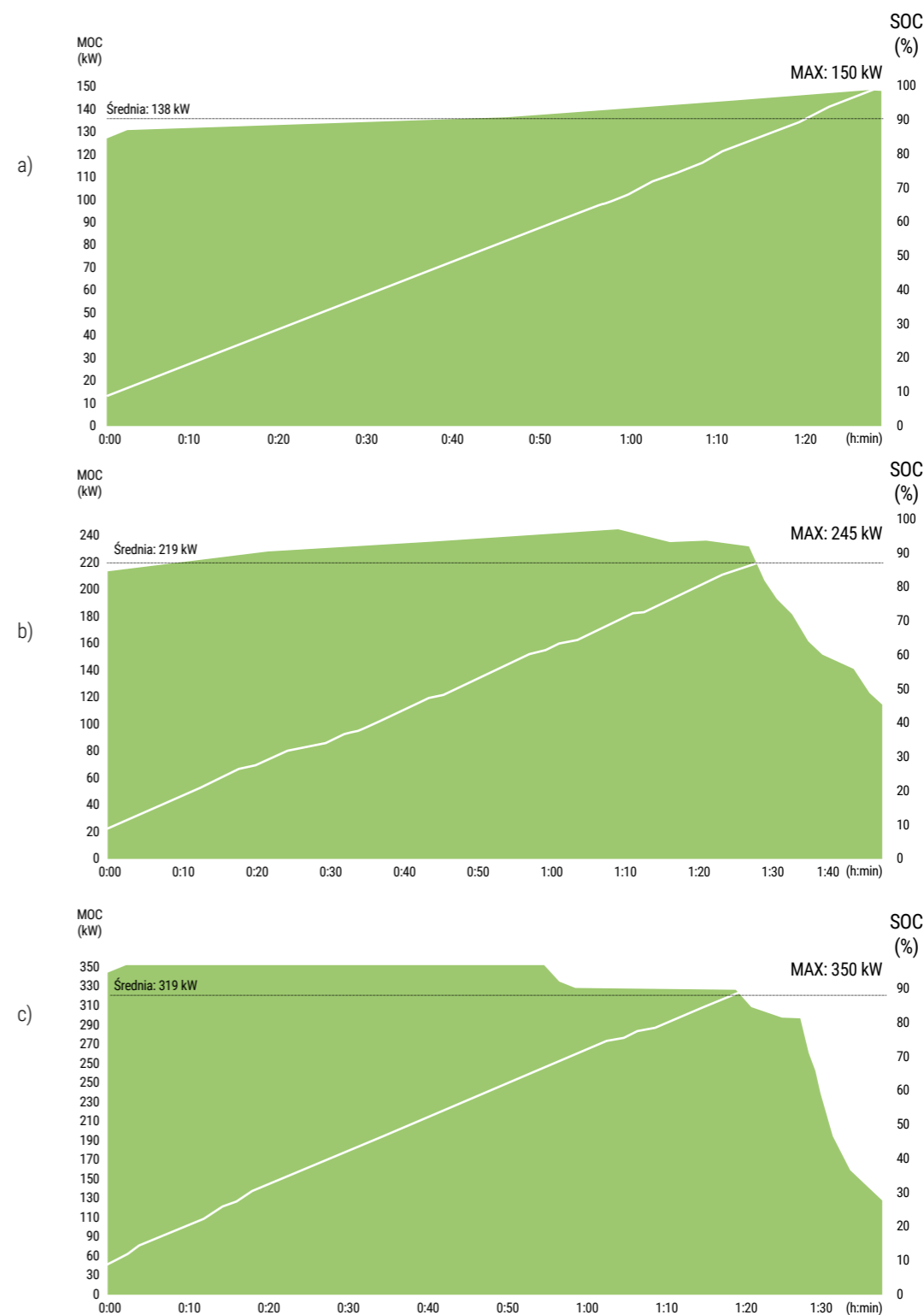
5.1.3 Ładowanie elektrycznych pojazdów ciężarowych

Ładowanie elektrycznych pojazdów ciężarowych jest kluczowym elementem ich efektywnego wykorzystania w transporcie. Układy zasilania dostępnych obecnie pojazdów charakteryzują się napięciem akumulatorów trakcyjnych mieszczącym się zazwyczaj w zakresie od 400 V do 850 V. Aby proces uzupełniania energii w pojazdach mógł przebiegać bezproblemowo, stacje ładowania muszą działać w szerokim zakresie napięciowym – zazwyczaj od 200 V do 1000 V. Takie wartości pozwalają na efektywne ładowanie zarówno mniejszych samochodów, jak i pojazdów ciężkich wyposażonych w akumulatory o dużej pojemności. Współpraca stacji z pojazdem elektrycznym wymaga sprawdzenia czy parametry ładowania oferowane przez stację ładowania nie wykraczają poza zakres akceptowany przez system zarządzania akumulatorami w pojeździe. W przypadku, gdy wartości te nie będą zgodne, rozpoczęcie procesu ładowania może okazać się niemożliwe.

Czas ładowania elektrycznych pojazdów ciężarowych ma zasadnicze znaczenie w kontekście planowania logistycznego i dostępności floty. Zależy on od wielu czynników, takich jak pojemność akumulatorów trak-

cyjnych, moc stacji ładowania, aktualny stan naładowania baterii, temperatura otoczenia oraz technologia wykonania ogniw. Najważniejszym parametrem określającym efektywność i przewidywalność procesu ładowania jest tzw. krzywa ładowania, obrazująca wartość mocy ładowania w zależności od poziomu naładowania baterii trakcyjnych. Nowoczesne pojazdy ciężarowe z napędem elektrycznym charakteryzują się płaską (lub zbliżoną do liniowej) krzywą ładowania, zapewniającą stabilne i przewidywalne tempo ładowania, co przekłada się na możliwość efektywnego zarządzania flotą oraz optymalizację kosztów operacyjnych.

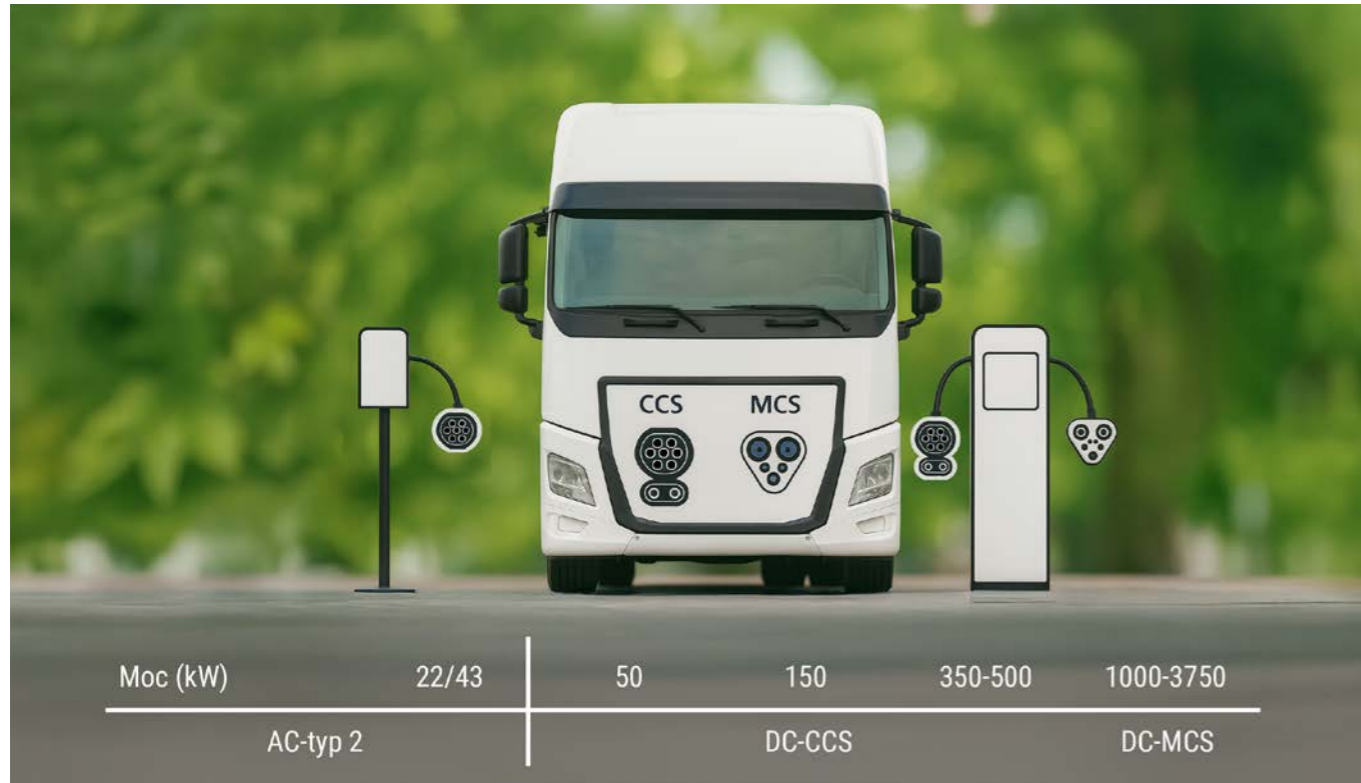
Poniżej przedstawiono przykładowe, uśrednione wykresy krzywych ładowania pojazdu eHDV, kolejno dla: a) 150 kW, b) 250 kW i c) 350 kW:



Rys. 5.2 Przykładowe krzywe ładowania pojazdu eHDV dla różnych mocy ładowania, źródło: opracowanie własne

5.2 Wyzwania związane z ładowaniem pojazdów ciężarowych

Wraz z rozwojem branży EV, producenci stacji ładowania wprowadzali do oferty różne ich warianty, tj. mobilne, wolnostojące oraz naścienne (tzw. wallbox'y). W przypadku mobilnych stacji ładowania DC są one w stanie dostarczać zwykle moc do 80 kW i są podłączone do sieci elektroenergetycznej nietrwale, najczęściej za pomocą złącza CEE. Wolnostojące stacje ładowania (w formie pojedynczych, „samodzielnych” urządzeń) charakteryzują się większą mocą np. 350-400 kW i są wyposażone zazwyczaj w jedno lub dwa złącza CCS Combo 2.

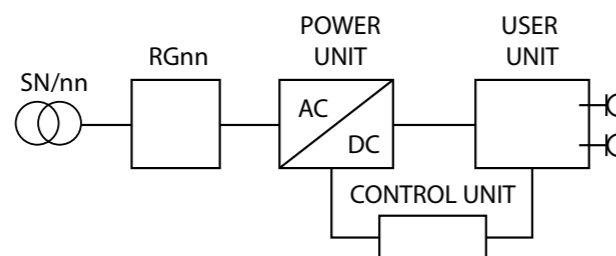


Rys. 5.3 Infrastruktura ładowania elektrycznych pojazdów ciężkich – standardy ładowania w zależności od mocy, źródło: opracowanie własne na podstawie: Guidelines – Charging Infrastructure for Truck Depots, Technical University of Denmark, Smart Freight Centre 2023

Tak znaczne wartości napięć, prądów i mocy wymusiły zmianę podejścia w zakresie projektowania stacji ładowania. Ma to związek zarówno z gabarytami podzespołów, takich jak aparaty elektryczne czy moduły mocy, jak również znacznymi przekrojami przewodów i koniecznością zapewnienia odpowiedniej wentylacji i odprowadzania wydzielanego ciepła.

Wychodząc naprzeciw potrzebom i oczekiwaniom branży, producenci wdrożyli rozwiązania polegające na podziale urządzenia na kilka (najczęściej dwie lub trzy) części, wśród których możemy wyróżnić:

- jednostkę mocy (ang. *power unit*),
- jednostkę użytkownika (ang. *user unit*),
- jednostkę sterującą (ang. *control unit*).



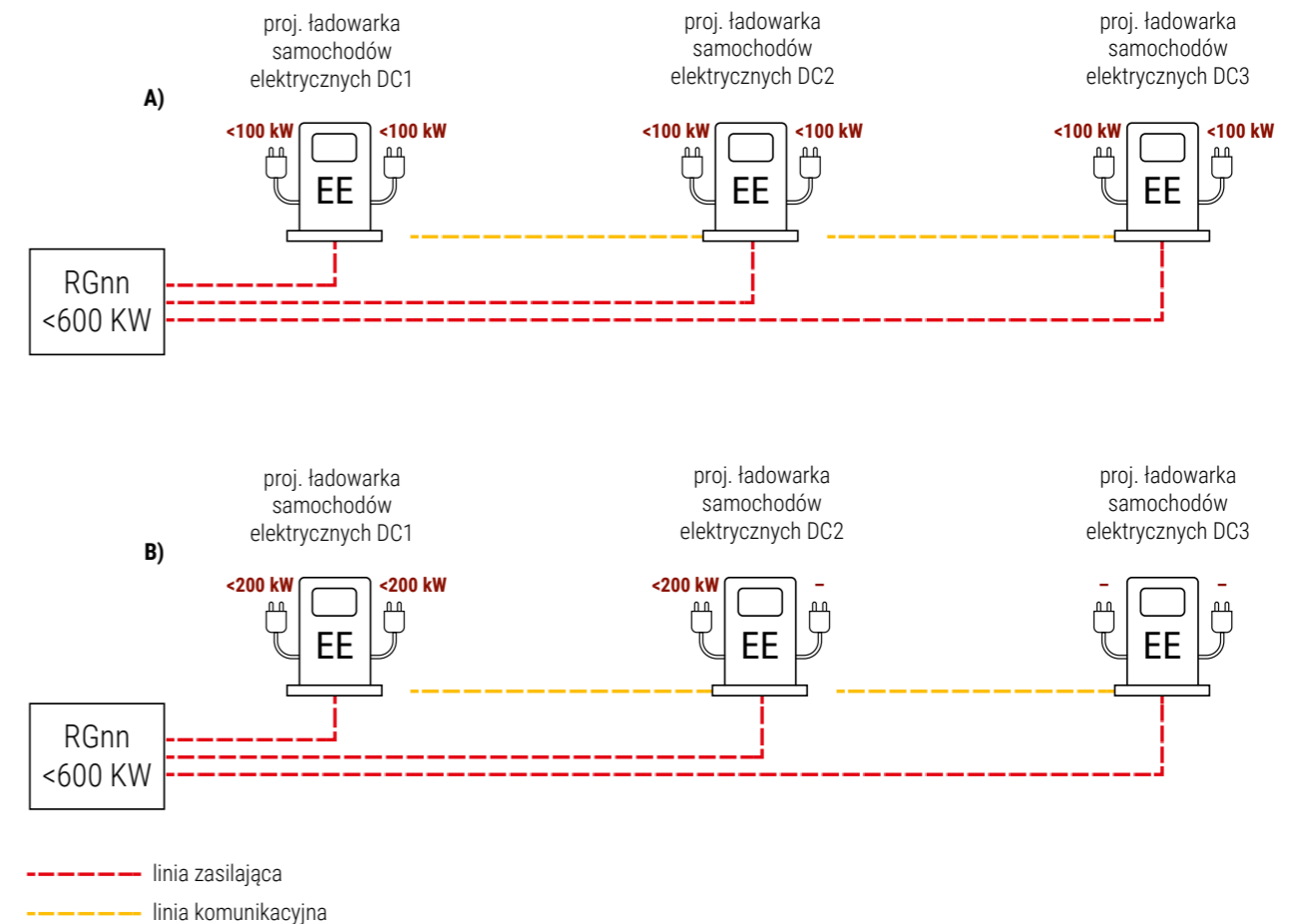
Rys. 5.4 Schemat modułowej stacji ładowania, zasilanej ze stacji transformatorowej SN/nn, źródło: opracowanie własne

Rosnąca liczba pojazdów ciężkich (elektrycznych) będzie wymagała znacznej liczby punktów ładowania zlokalizowanych w miejscach typu MOP (miejsca obsługi podróżnych) czy na zajezdniach i parkingach. Modułowa struktura umożliwi łatwe skalowanie i dostosowanie układu w zależności od potrzeb. Rozwiązania te oferują też zwykle możliwość podziału mocy (dynamicznego lub stałego) pomiędzy punktami ładowania. Ma to szczególne znaczenie również w przypadku takich rozwiązań jak huby ładowania.

Niewątpliwą zaletą modułowej struktury jest większa elastyczność w rozmieszczaniu poszczególnych elementów. Jednostki wyposażone w złącza można umiejscowić w pobliżu miejsca postojowego, natomiast pozostałe (jednostkę mocy oraz sterującą) w innym, oddalonym miejscu np. bliżej stacji transformatorowej.

Warto też zwrócić uwagę na systemy dynamicznego zarządzania obciążeniem (maksymalną mocą ładowania). Jeżeli mamy do czynienia z grupą punktów ładowania, które są zasilane z jednego źródła, korzystne może okazać się sterowanie mocą w sposób, który pozwoli wykorzystać ją optymalnie, bez przekraczania wartości wynikających z umowy z Operatorem Systemu Dystrybucyjnego. Taki system może uwzględniać wiele równoległych warunków, których zastosowanie może być konieczne szczególnie wtedy, gdy zainstalowana moc grupy punktów ładowania przekracza moc umowną, maksymalną moc transformatora zasilającego lub, gdy istnieją inne ograniczenia prądowe poszczególnych linii i aparatów w torach zbiorczych, zasilających stacje ładowania.

W układzie takim możliwe jest przypisywanie priorytetu dla wybranego punktu ładowania, polegającego np. na zwiększeniu jego mocy (kosztem dostępności lub mocy pozostałych punktów ładowania). Układ zarządzania mocą można również skonfigurować w system równego podziału mocy na ładujące się pojazdy. Przy założeniu równego podziału mocy pomiędzy wykorzystywanymi punktami ładowania należy zapewnić minimalną gwarantowaną moc na wypadek jednoczesnego wykorzystywania wszystkich punktów w danej grupie. Ustalając maksymalną moc punktów ładowania po stronie DC, należy uwzględnić straty oraz współczynniki mocy PF (ang. *power factor*) po stronie AC.



Rys. 5.5 Dynamiczne zarządzanie obciążeniem (mocą ładowania): a) domyślny podział mocy, przy założeniu wykorzystania wszystkich punktów ładowania, b) moc trzech punktów zostaje zwiększona, np. ze względu na to, że pozostałe trzy z sześciu punktów ładowania nie są wykorzystywane, źródło: opracowanie własne

W układach zasilania, w których zastosowano urządzenia samoczynnego załączenia rezerwy (SZR) ze źródłami o różnych ograniczeniach mocy, konieczne jest zastosowanie systemu zarządzania mocą, uzależniającego maksymalną moc zadaną stacji ładowania od aktualnie wykorzystywanego źródła, przykładowo sieci 1, sieci 2 lub agregatu prądotwórczego. Alternatywnie w takich lokalizacjach należy zastosować samoczynny zrzut mocy, chroniący m.in. agregaty przed ich przeciążeniem.



źródło: materiały PIRE

Przy doborze linii zasilających stacje ładowania należy uwzględnić warunki ich ułożenia. Rezystywność gruntu w jakim zostaną ułożone, zastosowanie rur osłonowych, odstępy pomiędzy poszczególnymi obwodami itp. mogą wpłynąć na maksymalne natężenia prądów, które będą one w stanie długotrwale przesyłać. Linie te muszą być każdorazowo dobrane przez projektanta z uwzględnieniem norm, przede wszystkim PN-HD 60364-5-52, jak i wytycznych producenta zasilanej stacji ładowania. Z uwagi na dynamiczny rozwój sektora EV oraz nieustanny przyrost standardów mocy w tym sektorze, rekomenduje się przewymiarowanie linii zasilających, co umożliwi w przyszłości ewentualną wymianę stacji ładowania na stacje o większych mocach. Lokalizacje powinny być projektowane możliwie modułowo w taki sposób, aby możliwa była ich dalsza rozbudowa o kolejne punkty.

5.3 Scenariusze ładowania w zależności od potrzeb użytkowników

Odpowiednio zaprojektowana infrastruktura ładowania elektrycznych pojazdów ciężkich wymaga uwzględnienia scenariuszy w jakich będzie użytkowana. Inne będą wymagania stawiane stacjom zainstalowanym na zajezdniach, gdzie kierowca spędza średnio od 8 do nawet 12 godzin, w porównaniu z wymaganiami dla miejsc okazjonalnego ładowania, np. podczas 30- lub 45-minutowej przerwy lub rozładunku pojazdu. Aby w każdej z tych sytuacji proces ładowania był w jak największym stopniu efektywny, należy optymalnie dostosować moce jakimi będą dysponować poszczególne punkty ładowania, określić ich minimalną liczbę i rodzaje złącz.

Poniżej przedstawiono przykładowe scenariusze z wyszczególnieniem czasu ładowania oraz rekomendowanych mocy:

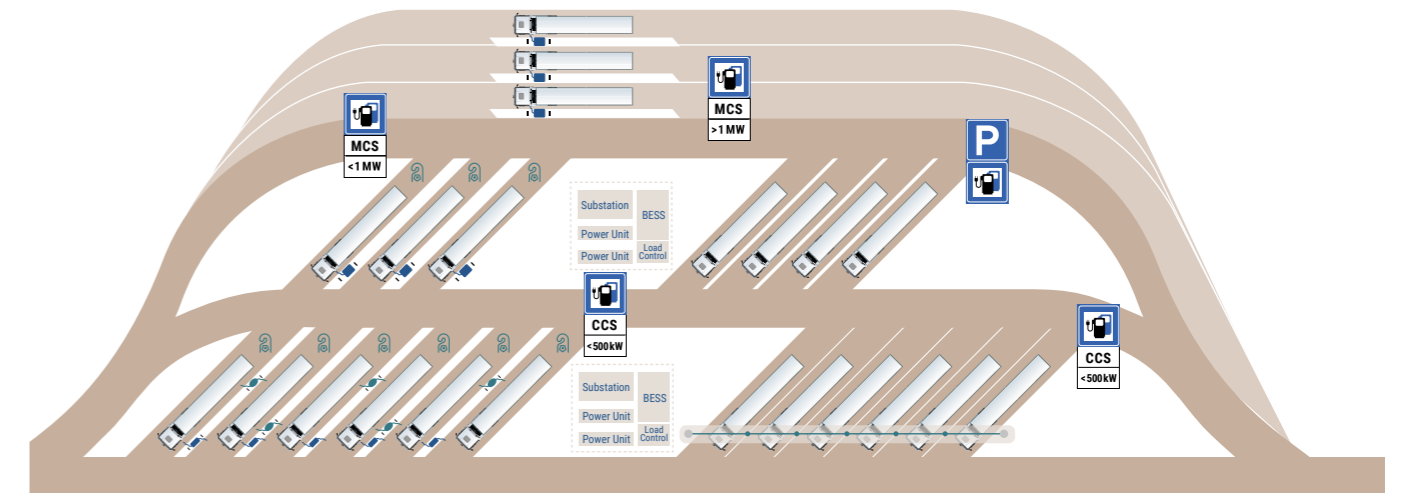
Rodzaj ładowania	Ładowanie zajezdniowe (nocne)	Ładowanie z wykorzystaniem publicznych stacji ładowania (nocne)	Ładowanie z wykorzystaniem publicznych stacji ładowania (okazjonalne) np. podczas przerwy kierowcy	Ładowanie w punkcie docelowym (podczas załadunku rozładunku)
Czas ładowania	8-10 godzin	do 12 godzin	45 min	30-60 min
Moc ładowania	Moc ładowania 100-150 kW	Moc ładowania 100 kW (ale zgodnie z AFIR)	Moc ładowania 350-750 kW	Moc ładowania 150-350 kW

Rys. 5.5 Scenariusze ładowania: typowe czasy i wymagania dotyczące mocy, źródło: opracowanie własne

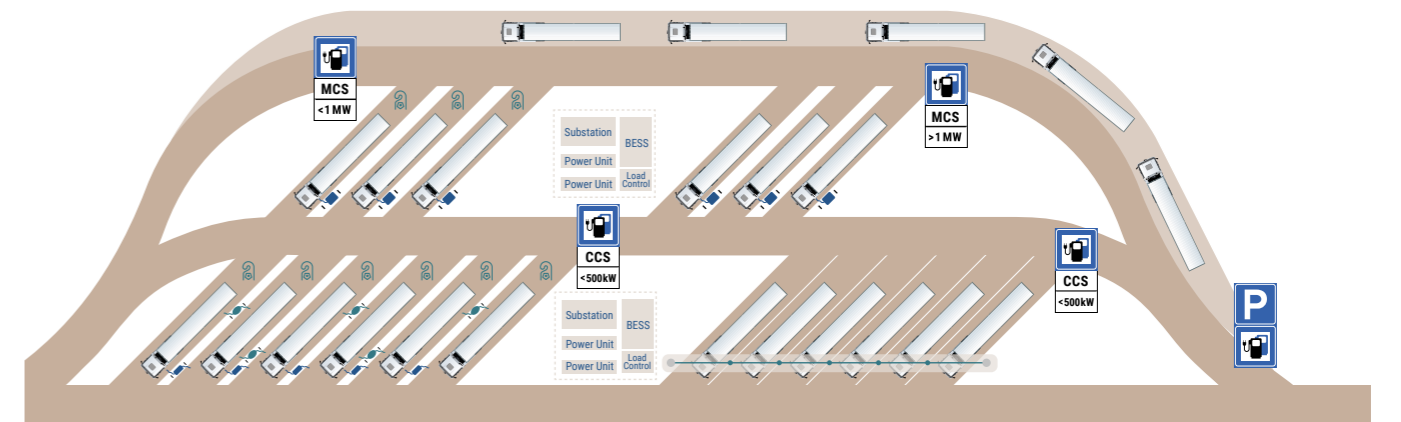
5.4 Planowanie miejsca do ładowania elektrycznych pojazdów ciężarowych

Infrastruktura ładowania, w tym miejsca postojowe dla ciężarówek, wymaga znacznej przestrzeni, która – szczególnie w już funkcjonujących lokalizacjach – może okazać się bardzo ograniczona. Ze względu na relatywnie niewielką liczbę miejsc przeznaczonych na postój pojazdów ciężarowych ważne jest, aby w wyniku rozbudowy infrastruktury ładowania eHDV jak najmniej tych miejsc zostało utraconych.

Poniższe ilustracje przedstawiają przykłady rozwiązań dla hubów ładowania elektrycznych pojazdów ciężkich:



Rys. 5.6 a) HUB ładowania eHDV z opcją drive-through; źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów HoLa Consortium



Legenda

Elementy obowiązkowe:

- ◆ Punkty ładowania ze złączami MCS
- ◆ Punkty ładowania ze złączami CCS (ładowanie nocne)

Elementy opcjonalne:

- Ładowanie nocne (preferowane rozwiązania napowietrzne ang. overhead charging, z wykorzystaniem złącz CCS)
- Ładowanie akumulatora naczepy
- Ⓜ Punkty ładowania objęte systemem rezerwacji



Ładowanie okazjonalne podczas krótkich postojów (<15 min), złącza MCS z mocą powyżej 1 MW



Ładowanie nocne (<8 h), złącza CCS z mocą do 500 kW



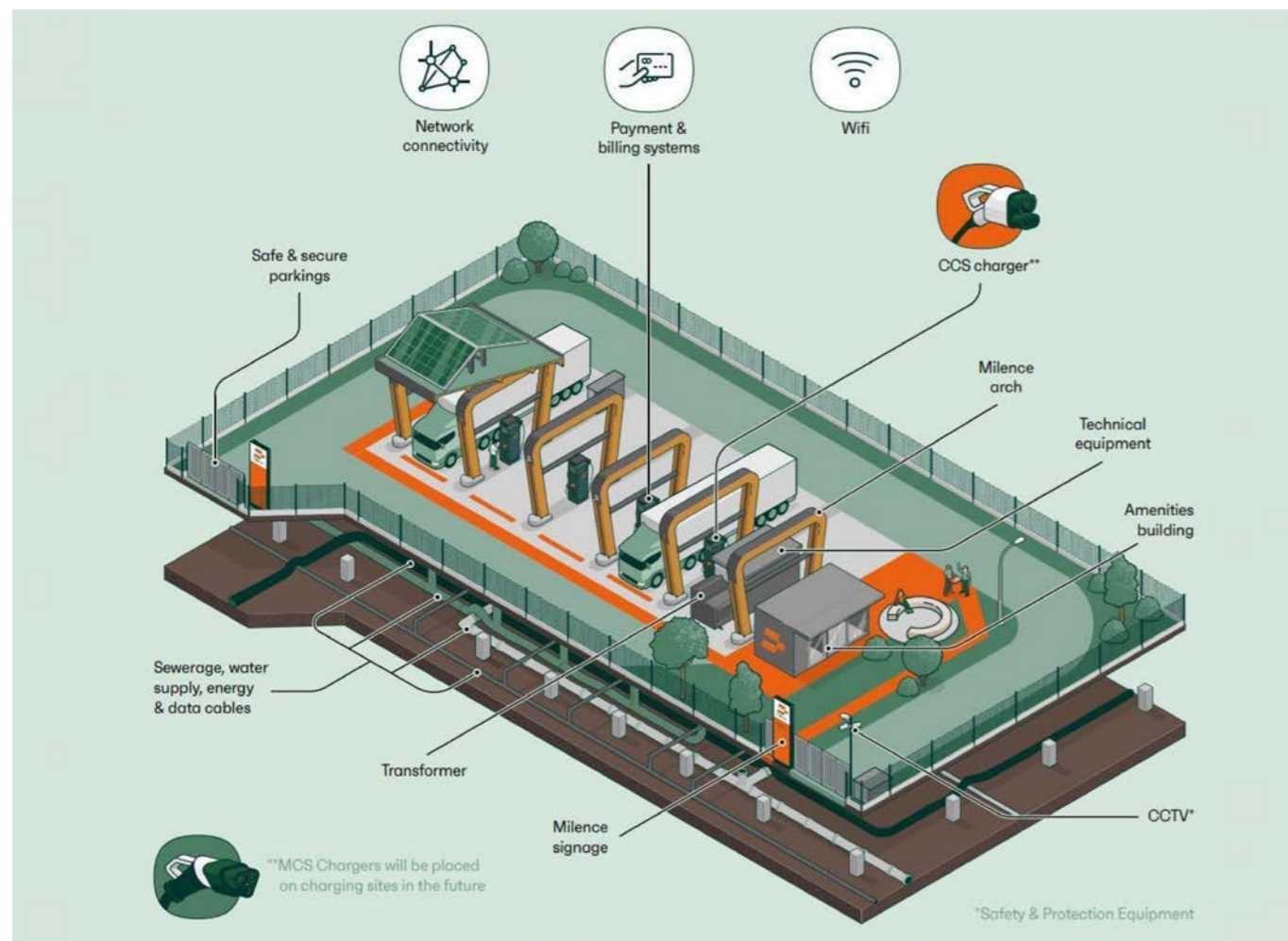
Ładowanie okazjonalne podczas przerwy na odpoczynek >45 min, złącza MCS z mocą do 1 MW



Parking w celu oczekiwania na ładowanie

Rys. 5.6 b) HUB ładowania eHDV z wydzielonym miejscem na postój pojazdów; źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów HoLa Consortium

Pierwszy (górny) przykład oferuje opcję ładowania typu drive-through, natomiast drugi (dolny) posiada wydzieloną, większą przestrzeń przeznaczoną na postój ciężarówek elektrycznych, które oczekują na ładowanie. Podczas wjazdu na teren hubu (od prawej strony na ilustracji) kierowca mijają oznakowanie, które pełni istotną funkcję informacyjną m.in. w kwestii organizacji ruchu czy wydzielenia odpowiednich stref. Na ilustracjach rozróżniono typy złącz, tj. MCS i CCS. W przedstawionych rozwiązaniach przyjęto założenie, że gniazdo ładowania MCS zawsze będzie znajdować się po lewej stronie pojazdu, a gniazdo CCS może znajdować się po lewej lub prawej stronie.



Rys. 5.7 HUB ładowania eHDV i jego elementy, źródło: materiały Milence

W tabeli poniżej przedstawiono informacje dotyczące minimalnych, rekomendowanych parametrów dla miejsc postojowych przy stacjach ładowania eHDV:

Wymiary stanowisk ładowania	Długość	minimum 18-25 metrów na jedno stanowisko, aby umożliwić ładowanie zestawów ciągników siodłowych z naczepami
	Szerokość	absolutne minimum to 3,5 m, zalecane minimum 4-5 m, w celu zapewnienia bezproblemowego parkowania i swobody przemieszczania się kierowcy
	Wysokość prześwitu	co najmniej 4,5 metra, uwzględniając wysokość kabiny i możliwość instalacji podwieszanych/opuszczanych punktów ładowania
	Odległość pomiędzy stanowiskami	dobrą praktyką jest zastosowanie co najmniej 3 m w celu zapewnienia miejsca na swobodne poruszanie się kierowcy, obsługę stacji ładowania oraz uniknięcia kolizji pojazdów
Szerokość dróg manewrowych	Jednokierunkowa	minimum 7 metrów, aby umożliwić bezkolizyjny wjazd i wyjazd
	Dwukierunkowa	minimum 10-12 metrów dla płynnego ruchu pojazdów ciężarowych
	Promień skrętu dla całkowitej trajektorii pojazdu	minimum 12,5-15 metrów, zgodnie z normą dla pojazdów ciężarowych (zgodne z regulacjami UE)
	Wytrzymałość nawierzchni	dostosowana do nacisku pojazdów ciężarowych
Kąt usytuowania	90° (prostopadle parkowanie)	zajmuje najwięcej przestrzeni
	45°-60°	pozwala na bardziej efektywne wykorzystanie przestrzeni, ułatwia wjazd i wyjazd
Układ stanowisk ładowania	Preferowane są stanowiska przelotowe, które eliminują konieczność manewru cofania. W miarę możliwości zastosowanie stacji ładowania z dwoma złączami po obydwu stronach obsługujących dwa pojazdy jednocześnie.	

Tab. 5.1 Rekomendowane parametry miejsc postojowych przy stacjach ładowania eHDV, źródło: opracowanie własne

Zagadnienia, które powinny być wzięte pod uwagę podczas projektowania:

1. Stosowanie standardów ładowania zapewniających kompatybilność z różnymi modelami pojazdów (złącza CCS, MCS).
2. Planowanie lokalizacji tak, aby maksymalnie ograniczyć straty miejsc parkingowych.
3. Odpowiednie zaprojektowanie oznakowania.
4. Zapewnienie miejsca do manewrowania pojazdów (uwzględnienie minimalnych promieni skrętu).
5. Odpowiednie zarządzanie kablami na stacji ładowania (pod kątem łatwości obsługi i braku narażenia na uszkodzenia mechaniczne).
6. Dostosowanie infrastruktury do wymiarów samochodów ciężarowych (wysokość, szerokość, długość) oraz masy całkowitej (do 40 ton).
7. Zapewnienie stabilnych dostaw energii oraz odpowiedniej mocy.
8. Zapewnienie zaplecza sanitarnego, miejsc odpoczynku oraz punktów gastronomicznych (poprawa komfortu pracy kierowców podczas przerw na ładowanie).
9. Właściwy dobór mocy punktów ładowania do scenariusza pracy stacji (nocne ładowanie na zajezdni, ładowanie okazjonalne w trakcie rozładunku itd.).
10. Zaplanowanie stref postojowych dla pojazdów oczekujących na ładowanie.
11. Integracja stacji (hubu) ładowania z odnawialnymi źródłami energii, takimi jak farmy wiatrowe czy słoneczne.

5.5 Dostępność stacji ładowania eHDV

Osoby ze szczególnymi potrzebami to osoby, które ze względu na różnorodne ograniczenia, bariery lub okoliczności życiowe wymagają dostosowania warunków, wsparcia lub zapewnienia dostępności w celu pełnego i równego uczestnictwa w życiu społecznym. Przy projektowaniu stacji ładowania dla samochodów ciężarowych warto zwrócić uwagę na poniższe kwestie:

Dostarczanie informacji

Zdalne dostarczanie informacji o stacjach ładowania daje użytkownikom większą pewność, że mogą uzyskać do nich dostęp jeszcze przed udaniem się do danej lokalizacji. Oprócz informacji przewidzianych prawem, można także rozważyć system rezerwacji miejsc.

Informacje kluczowe powinny być wyraźnie umieszczone na stacji ładowania lub w jej pobliżu. Do takich informacji należy zaliczyć: kto może z niej korzystać, jak z niej korzystać, czy obowiązują opłaty parkingowe, ceny ładowania, typ złącza i gniazda, moc ładowania, kontakt z obsługą klienta oraz potencjalne ograniczenia czasowe i kary.

Cyfrowy interfejs

Zachowanie spójności i grupowanie informacji ułatwiają ich przyswajanie. Rozmiar tekstu i interaktywne przyciski powinny być regulowane, a elementy wizualne powinny być wyświetlane w formacie o wysokim kontraście, w tym powszechnie rozpoznawalne symbole i obrazy, w stosownych przypadkach. Instrukcje powinny być zrozumiałe dla laików oraz dostępne w różnych opcjach językowych.

Metody płatności

Należy zapewnić wszechstronne i przyjazne dla użytkownika metody płatności, np. autoryzacja kartą RFID dostawcy usług ładowania, płatność za pomocą aplikacji mobilnej dostawcy usług ładowania, płatności bezpośrednie (karta bankowa, kredytowa, inne), automatyczne płatności po rozpoczęciu ładowania. Umożliwi to zaspokojenie szeregu potrzeb użytkowników i uczyni proces prostym i przejrzystym. Należy unikać korzystania z czytników kart, które wymagają fizycznego włożenia karty na rzecz czytników kart zbliżeniowych lub aplikacji mobilnych.

Ochrona przed najeżaniem

Należy upewnić się, że środki ochrony przed najeżaniem na urządzenie, takie jak odboje, słupki lub bariery, nie ograniczają dostępności do stacji ładowania i korzystania z niej przez osoby z niepełnosprawnościami ani nie przeszkadzają innym użytkownikom dróg.

Czytelność ekranu

Ekran stacji ładowania może być dotykowy lub może tylko wyświetlać informację zwrotną dla użytkownika, ale powinien mieć powierzchnię o odpowiednim kontraście, wystarczającej jasności i właściwościach przeciwodblaskowych.

Inne elementy stacji

Przyciski i elementy sterujące na stacji ładowania powinny być rozpoznawalne dotykowo i wizualnie, w tym powinny być widoczne w każdych warunkach atmosferycznych (również w nocy). Uchwyt wtyku stacji ładowania powinien być ergonomiczny i łatwy do uchwycenia bez wyslizgiwania się (dzięki odpowiedniemu wykończeniu powierzchni i konstrukcji uchwytu). Tam, gdzie pokrywa gniazda jest obecna, użytkownicy powinni być w stanie łatwo ją otworzyć i skorzystać ze złącza przy użyciu jednej ręki. Długość kabla przymocowanego na stałe do stacji ładowania powinna być wystarczająca, aby dosięgnąć dowolnego typu pojazdu ciężarowego. Wysokość wszystkich elementów stacji powinna być dostosowana do użytkowników o różnym wzroście i o różnych wymogach w zakresie pomocy w poruszaniu się.

6. Proces inwestycyjny i rekomendacje

Proces inwestycyjny związany z budową stacji ładowania samochodów ciężarowych w dużej mierze odpowiada standardowemu procesowi budowy stacji ładowania pojazdów osobowych. W niniejszym opracowaniu przedstawiamy podział tego procesu na etapy oraz wskazujemy dodatkowe zadania w celu dostosowania lokalizacji do obsługi pojazdów ciężkich.

Etapy procesu inwestycyjnego:

- ETAP I: Przygotowanie zakresu inwestycji:** Uzgodnienie lokalizacji, zakresu inwestycji oraz wstępny wybór technologii.
- ETAP II: Proces przyłączeniowy:** Proces realizowany we współpracy z OSD.
- ETAP III: Projektowanie i zgody administracyjne :** Przygotowanie koncepcji, projektu zagospodarowania terenu oraz projektu technicznego. Uzgodnienie projektu z miejscowym urzędem i odpowiednimi podmiotami (OSD, GDDKiA, Lasy Państwowe, Wody Polskie etc.), dokonanie zgłoszenia budowy, uzyskanie pozwolenia (jeśli dotyczy).
- ETAP IV: Budowa:** Wykonanie prac uwzględnionych w projekcie.
- ETAP V: Odbiór i uruchomienie:** Załączenie zasilania na stacji ładowania, weryfikacja przeciwpożarowa, nawiązanie komunikacji z systemem oraz odbiór UDT.

	ROK 1				ROK 2				ROK 3				ROK 4			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Etap 1 Przygotowanie zakresu inwestycji																
Etap 2 Proces przyłączeniowy																
Etap 3 Projektowanie i zgody administracyjne																
Etap 4 Budowa																
Etap 5 Odbiór i uruchomienie																

Rys. 6.1 Etapy budowy stacji ładowania eHDV, opracowanie własne

Poniżej wymieniono najważniejsze kroki wchodzące w skład całego procesu inwestycyjnego, następnie uszczegółowiono je, wskazując również możliwe dodatkowe czynności, które mogą okazać się konieczne zależnie od wielkości i lokalizacji konkretnej inwestycji.

ETAP I: Przygotowanie zakresu inwestycji

- Wybór i uzgodnienie lokalizacji pod inwestycję.
- Określenie zakresu przedsięwzięcia, w tym wielkości mocy przyłączeniowej.
- Wstępna analiza warunków terenowych i prawnych.
- Wybór wstępnej technologii i infrastruktury stacji.



ETAP II: Proces przyłączeniowy

- Przygotowanie wniosku o określenie warunków przyłączeniowych.
- Otrzymanie i weryfikacja warunków przyłączeniowych.
- Podpisanie umowy przyłączeniowej i dalszy proces przyłączeniowy.
- Uzgodnienie dokładnej lokalizacji miejsca zasilania z projektantem OSD.
- Instalacja licznika oraz odbiór przyłącza (na etapie budowy).
- Podpisanie umowy dystrybucyjnej.

ETAP III: Projektowanie i zgody administracyjne

- Określenie zakresu i wstępnych rozwiązań zamierzenia inwestycyjnego.
- Stworzenie koncepcji projektowej oraz uzgodnienie jej z właścicielem terenu.
- Przygotowanie dokumentacji projektowej.
- Wykonanie uzgodnień projektowych i uzyskanie zgód administracyjnych.
- Wykonanie zgłoszenia lub uzyskanie pozwolenia na budowę.

ETAP IV: Budowa

Realizacja prac budowlanych i instalacyjnych

- Uzyskanie zgód na zajęcie pasa drogowego na czas prowadzenia prac (jeśli wymagane).
- Przygotowanie terenu pod stację ładowania (roboty ziemne, utwardzenie nawierzchni).
- Montaż infrastruktury elektroenergetycznej, w tym:
 - transformatorów,
 - ładowarek,
 - systemów zarządzania energią,
 - infrastruktury towarzyszącej.
- Wdrożenie systemów monitorowania i rozliczeń.
- Oznakowanie i dostosowanie przestrzeni do obsługi pojazdów ciężarowych.

ETAP V: Odbiór i uruchomienie

Finalne testy i odbiory techniczne:

- Opracowanie instrukcji współpracy ruchowej - IWR (jeśli wymagana).
- Podłączenie stacji do sieci elektroenergetycznej.
- Odbiór stacji transformatorowej (jeśli występuje) przez OSD, montaż układu pomiarowego.
- Wykonanie pomiarów elektrycznych.
- Załączenie zasilania.
- Przeprowadzenie odbiorów technicznych, w tym:
 - inspekcji przeciwpożarowej,
 - testów bezpieczeństwa elektrycznego.
- Opracowanie dokumentacji powykonawczej.

Integracja systemowa i certyfikacja:

- Nawiązanie komunikacji z systemami zarządzania ładowaniem.
- Rejestracja w EIPA.
- Zgłoszenie do badania technicznego UDT.
- Weryfikacja działania systemów płatności i rozliczeń.

6.1 Przygotowanie zakresu inwestycji (ETAP I)

1. Wybór i uzgodnienie lokalizacji pod inwestycję

Lokalizacja stacji ładowania samochodów ciężarowych powinna być wybrana na podstawie szczegółowej analizy logistycznej uwzględniającej czynniki wpływające na funkcjonowanie i rentowność inwestycji:

- Natężenie ruchu pojazdów ciężarowych** – analiza danych o ruchu drogowym, w tym informacji od GDDKiA, lokalnych władz oraz operatorów logistycznych, pozwala określić strategiczność danej lokalizacji. Warto również uwzględnić prognozy ruchu w perspektywie kolejnych lat.
- Bliskość głównych szlaków transportowych** – stacja powinna znajdować się w pobliżu autostrad, dróg ekspresowych lub kluczowych węzłów transportowych, aby zapewnić łatwy dostęp dla kierowców. Możliwość przyszłej rozbudowy infrastruktury drogowej w pobliżu może dodatkowo zwiększyć atrakcyjność lokalizacji.
- Dostępność terenu** – kluczowe jest zapewnienie odpowiedniej przestrzeni dla pojazdów ciężarowych, w tym szerokich miejsc parkingowych, bezkolizyjnych dróg dojazdowych oraz odpowiedniej powierzchni manewrowej dla zestawów drogowych.
- Istniejąca i planowana infrastruktura elektroenergetyczna** – dostępność odpowiedniej mocy przyłączeniowej ma kluczowe znaczenie. Konieczna może być analiza możliwości rozbudowy sieci elektroenergetycznej, co może wiązać się z dodatkowymi kosztami i formalnościami.
- Możliwość współpracy z operatorami logistycznymi** – partnerstwa z firmami transportowymi i centrami logistycznymi mogą zapewnić stałe zapotrzebowanie na usługi stacji, zwiększając jej efektywność.
- Możliwość obsługi aut osobowych** – przy planowaniu lokalizacji pod inwestycję rozważyć należy możliwość współdzielenia lub stworzenia dodatkowych dedykowanych punktów ładowania dla aut osobowych.

2. Określenie zakresu przedsięwzięcia, w tym wielkości mocy przyłączeniowej

Kluczowym elementem etapu przygotowawczego jest precyzyjne określenie parametrów technicznych stacji, obejmujących:

- Szacunkową liczbę obsługiwanych pojazdów** – analiza liczby pojazdów korzystających z danej trasy oraz prognozy dotyczące przyszłego zapotrzebowania na ładowanie.
- Liczbę stanowisk ładowania oraz ich moc** – określenie liczby punktów ładowania oraz ich mocy (np. DC 150-350 kW) w zależności od potrzeb użytkowników, a także możliwość budowy stacji o wyższych mocach, nawet do 1 MW.
- Kolizje z planowanym zamierzeniem inwestycyjnym** – analiza potencjalnych konfliktów z istniejącą infrastrukturą, taką jak sieci wodociągowe, kanalizacyjne, gazowe czy telekomunikacyjne, które mogą wpłynąć na projektowanie i realizację inwestycji.
- Weryfikacja podziemnej infrastruktury** – sprawdzenie przebiegu istniejących instalacji podziemnych w celu uniknięcia kolizji i konieczności ich przebudowy.

3. Plan zagospodarowania przestrzennego i formalnoprawne aspekty inwestycji

- Plan zagospodarowania przestrzennego** – analiza dokumentów miejscowych pod kątem zgodności inwestycji z obowiązującymi przepisami. W przypadku inwestycji związanych z elektromobilnością możliwe jest uzyskanie zgody na realizację inwestycji poprzez zgłoszenie lub zgodnie z nowelizacją UPB (art. 29a). Dodatkowo wiele kwestii związanych z budową i eksploatacją stacji ładowania reguluje UPE oraz UoE.
- Uzyskanie niezbędnych pozwoleń** – identyfikacja wymaganych zgód administracyjnych, w tym pozwolenia na budowę oraz uzgodnień z odpowiednimi organami (np. OSD, GDDKiA, Lasy Państwowe, Wody Polskie).
- Ocena oddziaływania na środowisko** – w przypadku inwestycji realizowanych w pobliżu obszarów chronionych może być wymagane przeprowadzenie dodatkowych analiz dotyczących wpływu na środowisko.

4. Wybór wstępnej technologii i infrastruktury stacji

Na tym etapie podejmowane są kluczowe decyzje dotyczące technologii wykorzystywanej w stacji ładowania:

- **Rodzaj zastosowanych ładowarek** – wybór odpowiednich technologii (AC/DC), a także dostosowanie infrastruktury do pojazdów ciężarowych, które wymagają większej mocy i dostosowanego układu ładowania.
- **Dostawcy urządzeń i technologii** – analiza dostępnych na rynku rozwiązań technologicznych pod kątem efektywności energetycznej, kosztów operacyjnych i możliwości serwisowania.
- **Integracja z odnawialnymi źródłami energii** – rozważenie współpracy stacji ładowania z instalacją fotowoltaiczną, magazynami energii oraz inteligentnymi systemami zarządzania energią, co może wpłynąć na redukcję kosztów eksploatacyjnych i poprawę efektywności.
- **Systemy zarządzania energią** – wdrożenie inteligentnych systemów sterowania pozwalających na dynamiczną regulację mocy ładowania w zależności od zapotrzebowania oraz dostępności energii w sieci.

6.2 Proces przyłączeniowy (ETAP II)

Po określeniu zakresu inwestycji oraz wyborze technologii ładowania można rozpocząć proces przyłączeniowy dla stacji ładowania samochodów ciężarowych. Proces ten nie różni się proceduralnie od procesu dla stacji ładowania samochodów osobowych, jednak przy przygotowaniu dokumentów trzeba zwrócić uwagę na poniżej opisane kwestie.

1. Przygotowanie wniosku o określenie warunków przyłączeniowych.

Na początku kluczowy jest wybór odpowiedniego wniosku. W zależności od rodzaju stacji i mocy przyłącza może to być:

- WP-SN: Wniosek o określenie warunków przyłączenia do sieci dystrybucyjnej średniego napięcia dla odbiorcy energii elektrycznej – dla przyłącza powyżej mocy 200 kW (PGE Dystrybucja, Energa Operator, Enea Operator, Stoen Operator) lub 180 kW (Tauron Dystrybucja).
 - Dla ogólnodostępnej stacji ładowania w rozumieniu UoE – w przypadku gdy z przyłącza korzystają tylko ogólnodostępne stacje ładowania.
 - Dla prywatnej stacji ładowania lub w przypadku gdy z przyłącza zasilone są inne odbiory.
- WP-nN: Wniosek o określenie warunków przyłączenia do sieci dystrybucyjnej niskiego napięcia dla odbiorcy energii elektrycznej – dla przyłącza poniżej mocy 200 kW (PGE Dystrybucja, Energa Operator, Enea Operator, Stoen Operator) lub 180 kW (Tauron Dystrybucja).
 - Dla ogólnodostępnej stacji ładowania w rozumieniu UoE – w przypadku gdy z przyłącza korzystają wyłącznie ogólnodostępne stacje ładowania.
 - Dla prywatnej stacji ładowania lub w przypadku gdy z przyłącza zasilone są inne odbiory.

Podłączenie stacji ładowania do sieci średniego napięcia wiąże się z potrzebą wybudowania własnej stacji transformatorowej, bardziej skomplikowaną procedurą przyłączeniową oraz zazwyczaj większymi opłatami za przyłączenie.

W przypadku podłączenia do sieci niskiego napięcia mamy do czynienia z niższymi kosztami i prostszą procedurą, lecz dotyczy ona niższych mocy bez możliwości rozbudowy w przyszłości.

Możliwe jest również zasilenie stacji ładowania o wyższej mocy niż 200(180) kW z kilku przyłączy niskiego napięcia, jednak takie przypadki należy uzgodnić bezpośrednio z lokalnym Operatorem Sieci Dystrybucyjnej (OSD).

Wnioskowana moc powinna uwzględniać nie tylko moc stacji ładowania

i innych urządzeń, ale również planowane rozbudowy lub zmiany technologii np. z CCS na MCS.

2. Otrzymanie i weryfikacja warunków przyłączeniowych

Czas oczekiwania na warunki przyłączeniowe trwa około 1 miesiąc (w przypadku niskiego napięcia) lub 2 miesiące (w przypadku średniego napięcia). Następnie Operator Systemu Dystrybucyjnego przesyła do inwestora warunki przyłączenia wraz z umową przyłączeniową. W tym momencie kluczowe jest określenie miejsca przyłączenia wskazanego przez OSD w Warunkach – od tego zależy jak bardzo zwiększy się zakres inwestycji. Szczególnie w przypadku przyłącza SN może być wymagane wybudowanie wewnętrznej linii zasilania do oddalonego miejsca przyłączenia (stacji transformatorowej) znajdującego się na działce OSD. Wtedy dodatkowo wymagane jest uzyskanie służebności przesyłu na wspomnianej działce OSD i działkach pośrednich.

Trzeba również zwrócić uwagę na opłatę przyłączeniową i harmonogram realizacji zaproponowany przez OSD w przesłanej umowie przyłączeniowej. W przypadku ogólnodostępnej stacji ładowania opłata przyłączeniowa powinna wynosić 1/16 ponoszonych przez OSD kosztów przyłączenia. Natomiast czas realizacji przyłącza wynosi standardowo 18 miesięcy, lecz w przypadku bardziej złożonych prac może wynosić więcej.

3. Podpisanie umowy przyłączeniowej i dalszy proces przyłączeniowy

Po pozytywnej weryfikacji warunków przyłączeniowych można podpisać umowę przyłączeniową. Następne kroki procedury przyłączeniowej są standardowe dla przyłączy SN i nN i wyglądają następująco:

- Uzgodnienie dokładnej lokalizacji miejsca zasilania z projektantem OSD.
- Budowa przyłącza zgodnie z warunkami OSD.
- Montaż transformatora i infrastruktury zasilającej.
- Testy sprawdzające zgodność z projektem.
- Montaż licznika.
- Podpisanie umowy dystrybucyjnej.

6.3 Projektowanie i zgody administracyjne (ETAP III)

Po określeniu zakresu inwestycji, uzyskaniu warunków przyłączeniowych oraz stworzeniu i uzgodnieniu koncepcji projektowej można przystąpić do docelowych prac projektowych. Zakres tych prac jest ściśle powiązany z konkretną lokalizacją oraz rozmiarem przedsięwzięcia. Dla każdej indywidualnej inwestycji będzie on różny. Poniżej wskazano najważniejsze, najczęściej powtarzające się na tym etapie inwestycji kroki oraz zagrożenia, na które należy zwrócić szczególną uwagę podczas projektowania.

1. Określenie zakresu i wstępnych rozwiązań zamierzenia inwestycyjnego

W etapie tym należy zwrócić szczególną uwagę na:

- Uwzględnienie tras przejazdowych i miejsc postojowych dla pojazdów ciężarowych.
- Optymalizację układu stanowisk ładowania pod kątem ergonomii i bezpieczeństwa ruchu.
- Weryfikację zapisów planów miejscowych zagospodarowania przestrzennego lub jego braku. W przypadku braku MPZP stwierdzić należy, czy dla danej inwestycji konieczne będzie uzyskanie warunków zabudowy.
- Weryfikację oznaczeń danego terenu oraz jego sąsiedztwa w zasobach (np. tereny rolne, leśne, zalewowe, obszary archeologiczne, kolejowe, objęte ochroną konserwatorską itp.). W harmonogramie prac uwzględnić należy wynikające z nich, konieczne do uzyskania uzgodnienia.



- Weryfikację dostępu do drogi publicznej.
- Weryfikację, czy istniejące drogi dojazdowe do stacji są przystosowane do obsługi pojazdów ciężkich, czy też konieczna będzie ich modernizacja.

2. Stworzenie koncepcji projektowej oraz uzgodnienie jej z właścicielem terenu.

Mając na uwadze wskazane powyżej kroki, oraz inne dodatkowe wymagania mogące wynikać z konkretnej lokalizacji i zakresu danej inwestycji, należy stworzyć możliwie szczegółową koncepcję projektową oraz uzgodnić ją z właścicielem terenu.

3. Przygotowanie dokumentacji projektowej

Etap ten jest silnie uzależniony od dokładnej lokalizacji i zakresu inwestycji, a możliwymi do podjęcia krokami, na które należy zwrócić uwagę, są:

- Pozyskanie mapy do celów projektowych, wypisów i wyrysów z rejestru gruntów.
- Uzyskanie warunków zabudowy gdy dany obszar nie jest objęty MPZP.
- Pozyskanie danych sieci zasilającej, w tym jej topologii oraz warunków zwarciovych.
- Dobór konkretnych urządzeń i infrastruktury technicznej (ładowarki, transformatory, systemy zarządzania, automatyki i telekomunikacji, jak i zabezpieczenia elektryczne, w tym: zwarciovowe, przeciążeniowe, różnicowoprądowe, ochrony odgromowej i przeciwprzebiegowe, zależnie od potrzeb).
- Opracowanie szczegółowych rozwiązań technicznych, w tym między innymi opracowanie schematów elektrycznych układu zasilania stacji.
- Opracowanie części elektrycznej projektu oraz – w razie konieczności – części budowlanej, drogowej i sanitarnej.
- Uzyskanie wymaganych uzgodnień, odstępstw i decyzji wynikających

z oznaczeń danego terenu inwestycji, takich jak: decyzje wodnoprawne, zgody na prowadzenie badań archeologicznych, zezwoleń na zbliżenie do zewnętrznej krawędzi jezdni, odrolnienie, wyłączenie z produkcji leśnej itp.

4. Wykonanie uzgodnień projektowych i uzyskanie zgód administracyjnych

Tak jak w poprzednim podpunkcie, kroki, które należy podjąć na tym etapie, są uzależnione od konkretnej lokalizacji i zakresu inwestycji. Każdorazowo mogą się od siebie różnić. Możliwymi do podjęcia krokami, na które należy zwrócić uwagę, są:

- Uzyskanie praw do dysponowania nieruchomością na cele budowlane.
- Pozyskanie zgód na umieszczenie infrastruktury obcej w pasach drogowych, jeśli projektowana infrastruktura przechodzi przez drogi publiczne. W przypadku inwestycji zlokalizowanych na miejscach obsługi podróżnych cały zakres uzgodnień należy z Generalną Dyrekcją Dróg i Autostrad oraz urzędem wojewódzkim właściwym dla lokalizacji inwestycji.
- Weryfikacja zgodności projektu z przepisami budowlanymi oraz normami.
- Uzgodnienie kolizji projektowanej infrastruktury z obcym uzbrojeniem terenu (ZUD).
- Uzgodnienie z gestorem drogi warunków poruszania się pojazdów ciężarowych o nacisku 8 t na oś (duże zestawy powyżej 40 t masy całkowitej).
- Opracowanie stałej i czasowej organizacji ruchu (jeśli wymagane).
- Uzgodnienie dokumentacji projektowej z operatorem systemu dystrybucyjnego w zakresie układu pomiarowego oraz zgodności z IRIESD.
- Uzgodnienie projektu z właścicielem terenu.

5. Wykonanie zgłoszenia lub uzyskanie pozwolenia na budowę

W trakcie tego etapu wykonać należy poniższe zadania:

- Uzgodnienie projektu z miejscowymi organami administracyjnymi.
- Uzyskanie wymaganych zezwoleń, w tym m.in.:
 - decyzji środowiskowej (jeśli jest wymagana),
 - pozwolenia na budowę (o ile jest wymagane) lub zgłoszenia,
 - zgód na włączenie do dróg publicznych (GDDKiA, zarządcy dróg lokalnych),
 - uzyskanie decyzji drogowych i uzgodnienie ewentualnych zbliżeń do jezdni,
 - uzgodnień z innymi podmiotami (Lasy Państwowe, Wody Polskie itp.).

Procedura zgłoszeniowa zgodnie z wymaganiami Prawa budowlanego:

- W określonych przypadkach budowa stacji ładowania oraz przyłącze mogą być realizowane na zgłoszenie, bez konieczności uzyskania pozwolenia na budowę (art. 29a UPB).
- Weryfikacja, czy planowana inwestycja spełnia warunki do zastosowania uproszczonej procedury zgłoszeniowej.
- Zgłoszenie inwestycji do odpowiedniego organu administracji architektoniczno-budowlanej urzędu miasta, starostwa lub urzędu wojewódzkiego (zależnie od lokalizacji).
- Monitorowanie ewentualnych uwag organu i oczekiwanie na brak sprzeciwu w ustawowym terminie.

W przypadku, w którym dana inwestycja nie kwalifikuje się do zastosowania uproszczonej procedury zgłoszeniowej uzyskać należy pozwolenie na budowę.

6.4 Budowa (ETAP IV)

Budowa stacji ładowania elektrycznych samochodów ciężarowych może być podzielona na następujące etapy:

1. Przygotowanie terenu

- Wykonanie prac ziemnych:
 - Oczyszczenie terenu: usunięcie roślinności, kamieni i innych przeszkód z obszaru budowy.
 - Wykop: wykonanie wykopów pod fundamenty stacji oraz inne niezbędne elementy infrastruktury, takie jak okablowanie i kanalizacja kablowa i deszczowa.
 - Usunięcie nadmiaru gruntu: transport i utylizacja nadmiaru ziemi w przypadku wykopów o większej głębokości lub jej nawiezienie w przypadku konieczności wyrównania terenu.
- Przygotowanie podłoża:
 - Badania geotechniczne: przeprowadzenie badań gruntowych w celu oceny nośności gruntu i jego właściwości.
 - Stabilizacja gruntu: w przypadku niskiej nośności zastosowanie materiałów stabilizujących (np. geosyntetyków, betonu).
 - Wykonanie podbudowy: ułożenie warstwy nośnej z kruszywa o odpowiedniej frakcji, co zapewni stabilność i odporność na obciążenia.
 - Zagęszczanie: zagęszczenie podbudowy, aby zapewnić odpowiednią nośność pod ciężarówką.
 - Ułożenie nawierzchni parkingowych, które będą w stanie wytrzymać obciążenia ciężarówek.
- Budowa infrastruktury towarzyszącej:
 - Ułożenie ścieżek pieszych, oświetlenia oraz elementów zieleni.
 - Budowa budynku obsługującego (biuro, pomieszczenia sanitarno-higieniczne).

2. Instalacja systemu zasilania

- Podłączenie stacji do sieci elektrycznej:
 - Wykonanie przyłącza do sieci energetycznej, co może wymagać budowy nowych linii zasilających.

- Rozbudowa sieci w przypadku niewystarczającej mocy, co może obejmować instalację transformatorów lub modernizację istniejących linii.
- Instalacja punktów ładowania:
 - Montaż urządzeń do ładowania, które powinny być dostosowane do specyfiki samochodów ciężarowych (wysoka moc ładowania).
 - Zapewnienie odpowiednich zabezpieczeń elektrycznych, takich jak wyłączniki różnicowoprądowe i przeciążeniowe.

3. Zainstalowanie systemu zarządzania i monitorowania

- System zarządzania ładowaniem, rejestracja w EIPA:
 - Oprogramowanie powinno umożliwiać zdalne monitorowanie i zarządzanie stacją, co pozwoli na identyfikację problemów w czasie rzeczywistym.
 - Możliwość integracji z systemami zarządzania flotą, co umożliwi kierowcom planowanie ładowania w oparciu o dostępność punktów.
 - Ogólnodostępne stacje ładowania powinny zostać zarejestrowane w systemie EIPA.
- Integracja z systemem płatności:
 - Wdrożenie różnych metod płatności, takich jak karty kredytowe, portfele elektroniczne, a także aplikacje mobilne, co zwiększy wygodę użytkowników.
 - Opracowanie programów lojalnościowych lub rabatowych, które mogą zachęcić kierowców do korzystania z danej stacji.
- Monitoring i bezpieczeństwo:
 - Zainstalowanie kamer monitorujących, które będą rejestrować ruch wokół stacji, co zwiększy bezpieczeństwo.
 - Wdrożenie systemów alarmowych i oświetlenia, które zapewnią bezpieczeństwo nocą oraz w czasie złych warunków atmosferycznych.

4. Testowanie i uruchomienie stacji

- Testy operacyjne:
 - Przeprowadzenie symulacji ładowania różnych typów pojazdów, aby upewnić się, że stacja działa zgodnie z oczekiwaniami.
 - Monitorowanie efektywności ładowania oraz czasu potrzebnego na naładowanie do określonego poziomu.
 - Sprawdzenie poprawności komunikacji stacji ładowania z rejestrem EIPA.
- Szkolenie personelu:
 - Opracowanie szczegółowego programu szkoleniowego dla pracowników, który obejmuje obsługę klientów, jak i procedury awaryjne.
 - Wprowadzenie szkoleń dotyczących systemów zarządzania i monitorowania, aby personel mógł efektywnie rozwiązywać problemy.
- Uruchomienie stacji, utrzymanie i zarządzanie stacją:
 - Uzyskanie wszelkich niezbędnych certyfikatów i zezwoleń na użytkowanie stacji.
 - Przeprowadzenie odbiorów technicznych wszystkich wykonanych prac, w tym systemu zasilania oraz punktów ładowania.
 - Uruchomienie stacji.
 - Opracowanie planu utrzymania, który obejmuje regularne kontrole i serwisowanie urządzeń.
 - Monitoring zużycia energii oraz efektywności działania stacji, co pozwala na optymalizację jej funkcjonowania.

Każdy z wymienionych etapów jest kluczowy dla zapewnienia prawidłowego funkcjonowania stacji ładowania, która musi być dostosowana do specyfiki użytkownika przez samochody ciężarowe.

6.5 Odbiór i uruchomienie (ETAP V)

Odbiór i uruchomienie to kluczowy etap procesu uruchamiania systemów, szczególnie w kontekście stacji ładowania pojazdów elektrycznych lub innych instalacji przemysłowych wymagających kompleksowej inspekcji, testów i certyfikacji. Obejmuje on zarówno działania związane z finalizowaniem instalacji, jak i sprawdzeniem zgodności systemów z obowiązującymi normami i regulacjami.

1. Finalne testy i odbiory techniczne

a) Podłączenie stacji do sieci elektroenergetycznej i załączenie zasilania:

- Stacje ładowania eHDV wymagają odpowiedniego przyłącza do sieci elektroenergetycznej o dużej mocy, ponieważ ładowanie pojazdów elektrycznych o dużej pojemności akumulatorów (jak w przypadku e-traków) wiąże się z wyższymi wymaganiami energetycznymi.
- Należy upewnić się, że instalacja jest poprawnie zamontowana, a wszystkie zabezpieczenia (np. nadprądowe, różnicowoprądowe, przeciwprzepięciowe) są zgodne z normami. Dodatkowo na tym etapie przeprowadzane są wstępne testy w celu wykrycia ewentualnych problemów przed załączeniem pełnej mocy.

b) Przeprowadzenie odbiorów technicznych:

- Inspekcja przeciwpożarowa: Niezwykle istotna w stacjach ładowania dużych pojazdów. Sprawdza się tu systemy detekcji dymu, wentylacji oraz zabezpieczenia przeciwpożarowe, w tym odpowiednią separację stacji ładowania od innych elementów budynku.
- Testy bezpieczeństwa elektrycznego: Obejmują takie testy, jak pomiar rezystancji izolacji, testy nadprądowe i zabezpieczeń różnicowoprądowych, które zapewniają ochronę przed porażeniem prądem i przeciążeniami. Przeprowadzane są również pomiary jałowe, które pozwalają na sprawdzenie instalacji przed podłączeniem do zasilania oraz pomiary pod napięciem, w tym testowanie napięcia roboczego i prądów roboczych, aby upewnić się, że stacja działa zgodnie z normami.

2. Integracja systemowa i certyfikacja

a) Nawiązanie komunikacji z systemami zarządzania ładowaniem:

- W hubach ładowania pojazdów eHDV, kluczowym elementem jest integracja z systemami zarządzania ładowaniem (CMS). Systemy te pozwalają na monitorowanie i kontrolowanie procesów ładowania, zarządzanie obciążeniami i harmonogramami, a także umożliwiają komunikację z różnymi pojazdami elektrycznymi w zależności od ich specyfikacji.
- Należy również sprawdzić, czy stacja jest kompatybilna z systemem zarządzania energią (EMS) i zapewni optymalizację zużycia energii.

b) Odbiory i badania techniczne UDT:

- Po zakończeniu prac związanych z montażem stacji ładowania, gdy jest już gotowa do eksploatacji (w tym zarejestrowana w systemie EIPA), UDT przeprowadza badanie techniczne (tzw. wstępne). W ten sposób weryfikuje się zgodność urządzenia z obowiązującymi normami, przepisami prawnymi oraz dokumentacją techniczną.
- W trakcie badania dokonywane są oględziny, mające na celu potwierdzenie spełnienia odpowiednich wymagań, zapisanych w przepisach i instrukcji eksploatacji urządzenia. Na tym etapie wyklucza się również występowanie widocznych uszkodzeń, które mogłyby wpłynąć na pogorszenie bezpieczeństwa. Inspektor UDT dokonuje

wyrywkowych pomiarów, w tym pomiarów potwierdzających skuteczność ochrony przeciwporażeniowej.

- Jednym z elementów badania są próby funkcjonalne i obciążeniowe sprawdzające poprawność działania urządzenia w trakcie normalnej pracy. Podczas tego testu stacja ładuje rzeczywisty pojazd (może być to e-truck), co pozwala upewnić się, że będzie działała poprawnie w warunkach docelowej eksploatacji. Dzięki temu inspektor dokonuje oceny jakości procesu ładowania i sprawności urządzeń, co ma kluczowe znaczenie w przypadku obsługi pojazdów wyposażonych w baterie o dużych pojemnościach i znaczących wymaganiach energetycznych. Wszystkie elementy badania technicznego pozwalają na dokładną ocenę bezpieczeństwa i potwierdzenie pełnej gotowości stacji ładowania do użytkowania.

3. Weryfikacja działania systemów płatności i rozliczeń:

- Dla hubów ładowania, które obsługują floty pojazdów elektrycznych, należy przeprowadzić testy systemów płatności i rozliczeń. Weryfikacja powinna obejmować sprawdzenie płynności transakcji, w tym obsługę różnych metod płatności (karty, aplikacje mobilne, systemy przedpłacone), jak również poprawność naliczania opłat za ładowanie.
- Należy również upewnić się, że systemy płatności są zgodne z wymogami dotyczącymi ochrony danych osobowych i transakcji elektronicznych.

Podsumowanie: Etap odbioru i uruchomienia stacji ładowania jest kluczowy dla zapewnienia bezpieczeństwa, efektywności i zgodności z obowiązującymi normami. Proces ten obejmuje szereg testów technicznych, w tym pomiary jałowe oraz pomiary pod napięciem, które są niezbędne do potwierdzenia, że instalacja działa prawidłowo i spełnia wymagania. Praktyczny test ładowania, podobnie jak pozostałe elementy badania UDT pozwalają potwierdzić, że stacja będzie pracowała poprawnie w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Integracja z systemami zarządzania ładowaniem oraz weryfikacja systemów płatności i rozliczeń są równie ważne, aby zapewnić optymalne działanie infrastruktury ładowania.

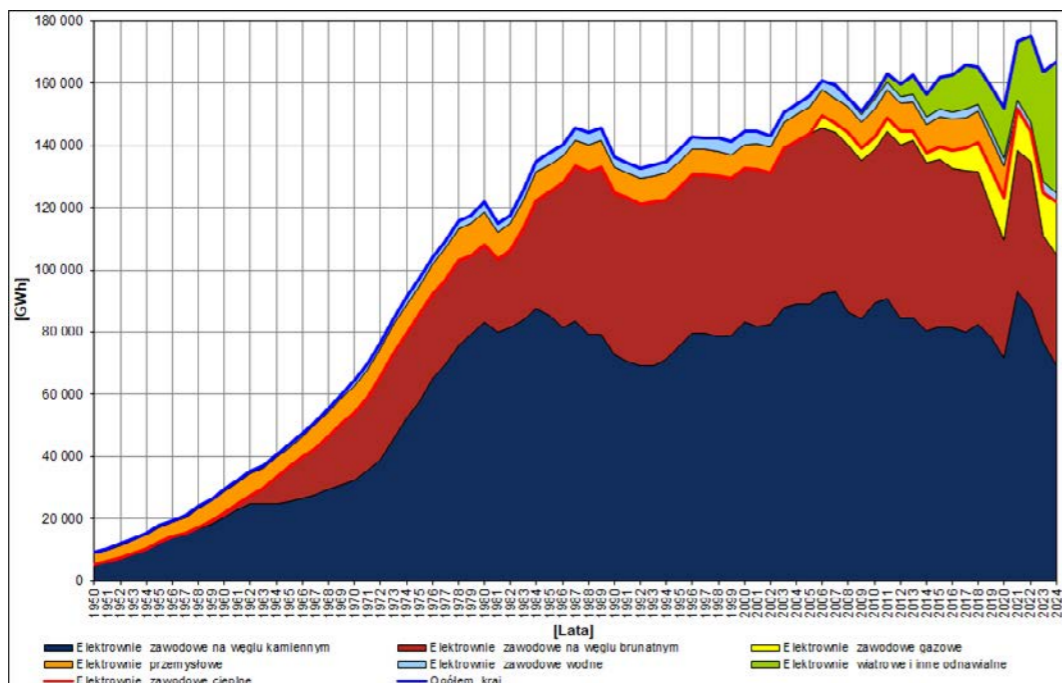


7. Sieć zasilająca i zabezpieczenia w infrastrukturze eHDV

7.1 Sieć zasilająca

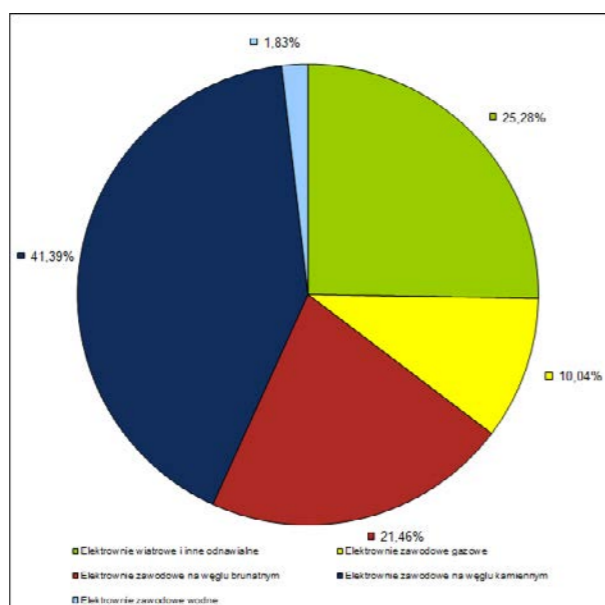
Z pewnością nikogo nie dziwi fakt, że energia elektryczna wykorzystywana do ładowania pojazdów elektrycznych w przeważającej części wytwarzana jest w elektrowniach konwencjonalnych. W naszym kraju są to przede wszystkim elektrownie węglowe (opalone węglem brunatnym lub kamiennym), które w 2024 r. odpowiadały za około 63% łącznej produkcji energii. Jednocześnie, z roku na rok, obserwujemy wzrost udziału źródeł odnawialnych (wiatrowych, fotowoltaicznych itd.). Według danych Fundacji Forum Energii, tylko w 2024 roku moc zainstalowana w fotowoltaice wzrosła o 4,1 GW, a źródeł wiatrowych o 0,5 GW. W ciągu najbliższych lat planowane jest uruchomienie morskich farm wiatrowych (zgodnie z Polityką Energetyczną Polski, o łącznej mocy zainstalowanej 5,9 GW do 2030 r. i 11 GW do 2040 r.). Trwają też intensywne prace projektowe związane z budową pierwszej elektrowni jądrowej (Lubiatowo-Kopalino w gminie Choczewo o mocy 3,7 GW). Poniższe wykresy przedstawiają:

a) produkcję energii elektrycznej poszczególnych grup elektrowni w latach 1950-2024:



Rys. 7.1 Źródło: Raporty za rok 2024 – PSE

b) procentowy udział w krajowej produkcji energii elektrycznej poszczególnych grup elektrowni według rodzajów paliw w 2024 roku:



Rys. 7.2 Źródło: Raporty za rok 2024 – PSE

Oprócz jednostek odpowiedzialnych za wytwarzanie energii elektrycznej, niezbędne są też elementy systemu pozwalające na jej przesyłanie i rozdział, którymi są linie i stacje elektroenergetyczne. Rozległa sieć i transport energii na znaczne odległości wiąże się ze stratami. W celu ich ograniczenia stosowane jest podwyższanie napięcia, które dla sieci najwyższych i wysokich napięć wynosi odpowiednio 400, 220 lub 110 kV oraz 15 kV (20 kV) dla sieci średnich napięć. Obniżenie napięcia do poziomu 230 V/400 V, którym zasilane są m.in. stacje ładowania wymaga zastosowania stacji transformatorowych.

W przypadku stacji ładowania poziomu napięcia sieci zasilającej będzie zależało od łącznej mocy urządzeń w instalacji. W przypadku infrastruktury składającej się z wielu stacji lub punktów ładowania dużej mocy (np. 400 kW) może okazać się, że przyłączenie do istniejącej sieci będzie niemożliwe ze względu na brak dostępnej mocy w węzle sieci elektroenergetycznej. W takich wypadkach jednym z rozwiązań jest wystąpienie z wnioskiem o zwiększenie mocy umownej istniejącego przyłącza. Jeżeli okaże się to niemożliwe, pozostaje złożenie wniosku o określenie warunków przyłączenia dla punktu poboru energii. W zależności od sumarycznej mocy urządzeń odbiorczych przyłączenie następuje do sieci niskiego, średniego lub wysokiego napięcia. Konkretnie, graniczne wartości mocy mogą różnić się w zależności od operatora systemu dystrybucyjnego (OSD) oraz wynikać z lokalnych warunków pracy sieci elektroenergetycznej. Poniżej podano dane dla operatora TAURON Dystrybucja SA:

Rodzaj sieci zasilającej	Moc przyłączeniowa obiektu
niskiego napięcia (nn)	do 180 kW
średniego napięcia (SN)	do 8 MW
wysokiego napięcia (WN)	powyżej 8 MW

Tab. 7.1 Zależność mocy przyłączeniowej obiektu od napięcia w sieci zasilającej, opracowanie własne na podstawie: TAURON Dystrybucja

Należy pamiętać, że jeśli stacja ładowania współpracuje ze źródłem wytwórczym (np. OZE) lub magazynem energii, konieczne może okazać się złożenie dodatkowych dokumentów związanych z przyłączeniem do sieci tych urządzeń. Potrzebne mogą być także informacje dotyczące tego, czy infrastruktura ładowania przewiduje pracę w technologii V2G (ang. *vehicle to grid*) i jaka moc może być wprowadzana do sieci. Z perspektywy OSD istotne będzie też, czy przyłączany obiekt i urządzenia mogą generować zakłócenia, a także czy w instalacji występują urządzenia zasilania rezerwowego. Jeżeli parametry dostarczanej energii elektrycznej w miejscu przyłączenia będą odbiegały od standardowych (określonych w odpowiednich przepisach), należy poinformować o tym operatora. Parametry te mogą obejmować dopuszczalną zawartość wyższych harmonicznych, asymetrię napięć, odchylenia i wahania napięcia czy czas trwania przerw w dostarczaniu energii.

Zagadnienia dotyczące ochrony infrastruktury ładowania, jej otoczenia, a także użytkowników należy rozważać niezależnie od rodzaju urządzeń, mocy, lokalizacji czy poziomu napięcia zasilającego. Warto jednak podkreślić, że wykorzystywane środki ochrony mogą różnić się w konkretnych przypadkach. Jak zaznaczono w rozdziale 5, w przypadku urządzeń

o dużej mocy stacje ładowania składają się zwykle z kilku jednostek: j. mocy, j. sterującej i j. użytkownika. Taki układ zmniejsza skalę zniszczeń w przypadku uszkodzenia mechanicznego, do którego może dojść np. wskutek najechania. Z drugiej jednak strony może on wymagać zastosowania większej liczby zabezpieczeń i okablowania. Znaczna moc urządzeń stawia także wyzwania związane ze zwiększonym wydzielaniem ciepła i ryzykiem przegrzania podzespołów. Z tego względu urządzenia wyposaża się w systemy monitorowania temperatury oraz zaawansowane technologie chłodzenia. Niewątpliwą zaletą modułowej budowy jest natomiast prostsze rozmieszczanie w terenie, co w pewnych przypadkach może mieć duże znaczenie. Odpowiednie planowanie i projektowanie infrastruktury ładowania zapewnia bezpieczeństwo osób i samych urządzeń, co w efekcie przekłada się na niezakłóconą pracę i wysoką dostępność operacyjną. Kluczowe znaczenie ma również szkolenie personelu odpowiedzialnego za obsługę, utrzymanie i konserwację infrastruktury ładowania. Choć stacje ładowania w czasie normalnej pracy nie stwarzają dodatkowego zagrożenia, należy zaznajomić się z procedurami bezpieczeństwa zapisanymi w instrukcji obsługi, obejmującymi m.in. zasady postępowania w przypadku wystąpienia nieprawidłowości, zakłóceń w pracy, a także pożaru.

7.1.1 Strona średniego napięcia

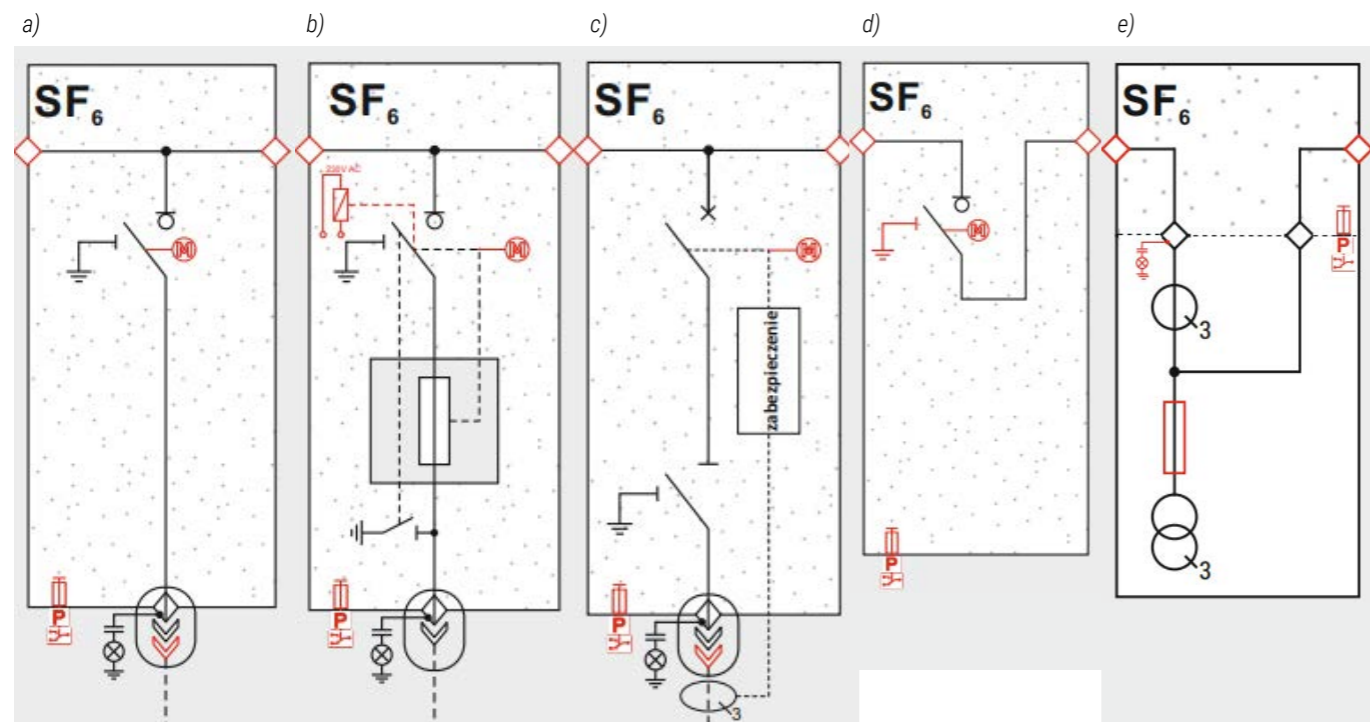
Infrastruktura ładowania pojazdów transportu ciężkiego (eHDV) ze względu na znaczną moc będzie zwykle wymagała zasilania z sieci średniego napięcia (SN), z linii kablowej lub napowietrznej. Obniżenie napięcia z poziomu 15 kV (rzadziej 20 kV) do 230/400 V będzie wiązało się z koniecznością wybudowania stacji transformatorowo-rozdzielczej SN/nn.

W tego typu zastosowaniach najbardziej popularne rozwiązania są oparte o wykonania kontenerowe w obudowie betonowej lub metalowej. Stacja transformatorowa składa się wówczas z:

- transformatora SN/nn,
- rozdzielnic średniego napięcia (SN),
- rozdzielnic niskiego napięcia (nn),
- instalacji wewnętrznych (zdalnej kontroli, sygnalizacji, układów pomiarowych),
- elementów konstrukcyjnych.

Rolą transformatora jest tutaj obniżenie poziomu napięcia, natomiast rozdzielnice umożliwiają bezpieczny podział i ochronę obwodów z wykorzystaniem aparatów elektrycznych, wśród których wyróżniamy elementy łączeniowe (wyłączniki, rozłączniki, odłączniki), pomiarowe (przekładniki prądowe i napięciowe), zabezpieczeniowe (przeciążeniowe, zwarciovowe, różnicowoprądowe, przeciwprzepięciowe, odgromowe), izolacyjne czy sterowniczo-regulacyjne. W zależności od wykonania, obsługa stacji transformatorowej może odbywać się z zewnątrz lub wewnątrz obiektu. Z reguły stacje wykorzystywane do zasilania infrastruktury ładowania nie różnią się od innych, stosowanych przykładowo do zasilania osiedli mieszkalnych czy obiektów przemysłowych. Należy jednak zaznaczyć, że urządzenia te mają szerokie możliwości konfigurowania i dostosowywania optymalnej struktury w zależności od potrzeb.

Rozdzielnice średniego napięcia składają się z określonych pól: transformatorowych, liniowych (zasilających, odpływowych), sprzęgłowych i pomiarowych. Ze względu na przeznaczenie są one wyposażane w różne podzespoły. Konieczność zastosowania zabezpieczeń danego typu może wynikać z lokalnych wymogów operatora systemu dystrybucyjnego. Dzięki modułowej konstrukcji, możliwa jest rozbudowa tego typu urządzeń. Poniżej przedstawiono przykładowe schematy elektryczne pól rozdzielnic SN w izolacji gazowej SF₆.



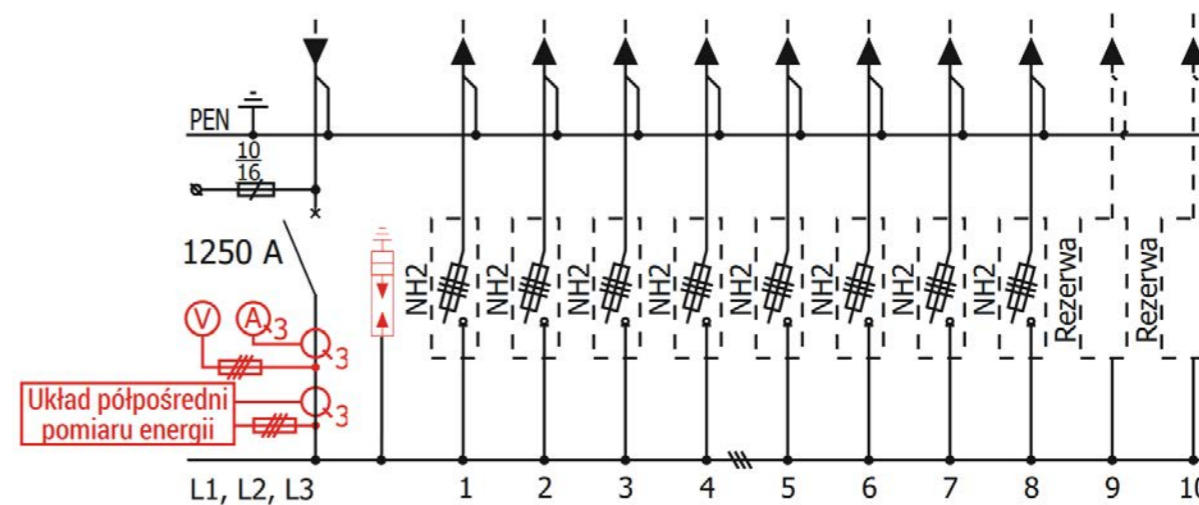
Rys. 7.3 Pola rozdzielnic SN: a) rozłącznikowe z uziemnikiem, b) rozłącznikowe bezpiecznikowe z uziemnikiem, c) wyłącznikowe z uziemnikiem, d) sprzęgłowe z uziemnikiem, e) pomiarowe, źródło: Rozdzielnica SN (średniego napięcia) typu TPM – ZPUE SA

W przypadku rozdzielnic SN w izolacji SF₆ szyny zbiorcze i część aparatów umieszcza się w szczelnie zamkniętych zbiornikach, wypełnionych gazem, tj. sześciofluorkiem siarki. W porównaniu do tradycyjnych rozwiązań, wykorzystujących izolację powietrzną, urządzenia cechują się m.in. mniejszymi gabarytami. Szczelne obudowanie łączników elektrycznych podnosi poziom bezpieczeństwa obsługi oraz wpływa na poprawę niezawodności pracy tych urządzeń (wyższa trwałość łączeniowa).

Przedstawione wyżej pola rozłącznikowe posiadają łącznik pracujący w układzie rozłącznik-uziemnik, co ma szczególne znaczenie podczas prowadzenia prac konserwacyjnych i remontowych. Istotną rolę w tego typu rozwiązaniach odgrywają także układy gaszenia łuku elektrycznego, który powstaje podczas wykonywania czynności łączeniowych. W przypadku wyłączników wykorzystywane są komory próżniowe, zwiększające odporność na działanie łuku wewnętrznego. Zapobieganie błędnym czynnościom łączeniowym jest realizowane poprzez system blokad mechanicznych pomiędzy aparatami oraz maskownicami przedziału kablowego. Blokady elektromagnetyczne uniemożliwiają z kolei zamknięcie uziemnika w przypadku obecności napięcia na szynach lub kablach zasilających. Standardowo operacje łączeniowe odbywają się z wykorzystaniem manualnych napędów sprężynowych, natomiast opcjonalnie istnieje możliwość wyposażenia łączników w napędy silnikowe. Oprócz tego, urządzenia te są wyposażane w systemy sygnalizacji obecności napięć i stanu (położenia) aparatów elektrycznych oraz tablice synoptyczne, które odwzorowują schemat połączeń obwodów głównych. Wśród pozostałych elementów wyposażenia pola rozdzielnic SN można wskazać podzespoły współpracujące z układami telemechaniki czy systemy zdalnego sterowania i nadzoru.

7.1.2 Strona niskiego napięcia

Połączenia pomiędzy transformatorem i rozdzielnicą niskiego napięcia (nn) wykonywane są z wykorzystaniem kabli lub szynoprzewodów. Podstawowe zadania rozdzielnic nn są analogiczne jak w przypadku rozdzielnic SN. Różnicą są parametry elektryczne stosowanych aparatów m.in. poziom napięcia znamionowego zasilającego czy napięcia znamionowego izolacji oraz wartości prądów znamionowych. Rozwiązania techniczne stosowane w rozdzielnicach nn dotyczące sposobu doprowadzania i wyprowadzania kabli czy możliwości kontroli wizualnej stanu aparatów mogą różnić się w zależności od producenta i konkretnego modelu. Z punktu widzenia niezawodności i ciągłości zasilania jako cechę wyróżniającą można wskazać możliwość wymiany uszkodzonego aparatu bez konieczności wyłączenia całej rozdzielnic czy możliwość instalowania pod napięciem. Wśród elementów zapewniających bezpieczeństwo obsługi można wskazać systemy ochrony w postaci blokad np. otwarcia drzwi rozdzielnic przy załączonym napięciu lub blokadę przypadkowego załączenia aparatu. Istnieje także możliwość uziemiania zacisków danego łącznika poprzez założenie uziemiaczy i inne rozwiązania zapewniające bezpieczeństwo, jak np. stosowanie specjalnych uchwytów podczas wymiany bezpieczników. Rozdzielnice nn wyposażane są ponadto w układy automatyki np. SZR (samoczynnego załączania rezerwy), układy pomiarowe prądu, napięcia i energii (w tym także analizatory parametrów sieci) czy urządzenia kompensacji mocy biernej. Moc zainstalowana wszystkich stacji ładowania zasilanych z danej stacji transformatorowej często przekracza moc maksymalną zainstalowanego w nim transformatora. W takich przypadkach niezbędna jest implementacja odpowiednich systemów zarządzania mocą, uzależniających moc stacji od liczby ładowanych pojazdów.



Rys. 7.4 Schemat przykładowej rozdzielnic nn (człon zasilająco-odpływowy z układem półpośrednim pomiaru energii); źródło: Rozdzielnica niskiego napięcia (nN) – ZPUE SA

7.1.3 Współpraca stacji ładowania z magazynami energii i źródłami OZE

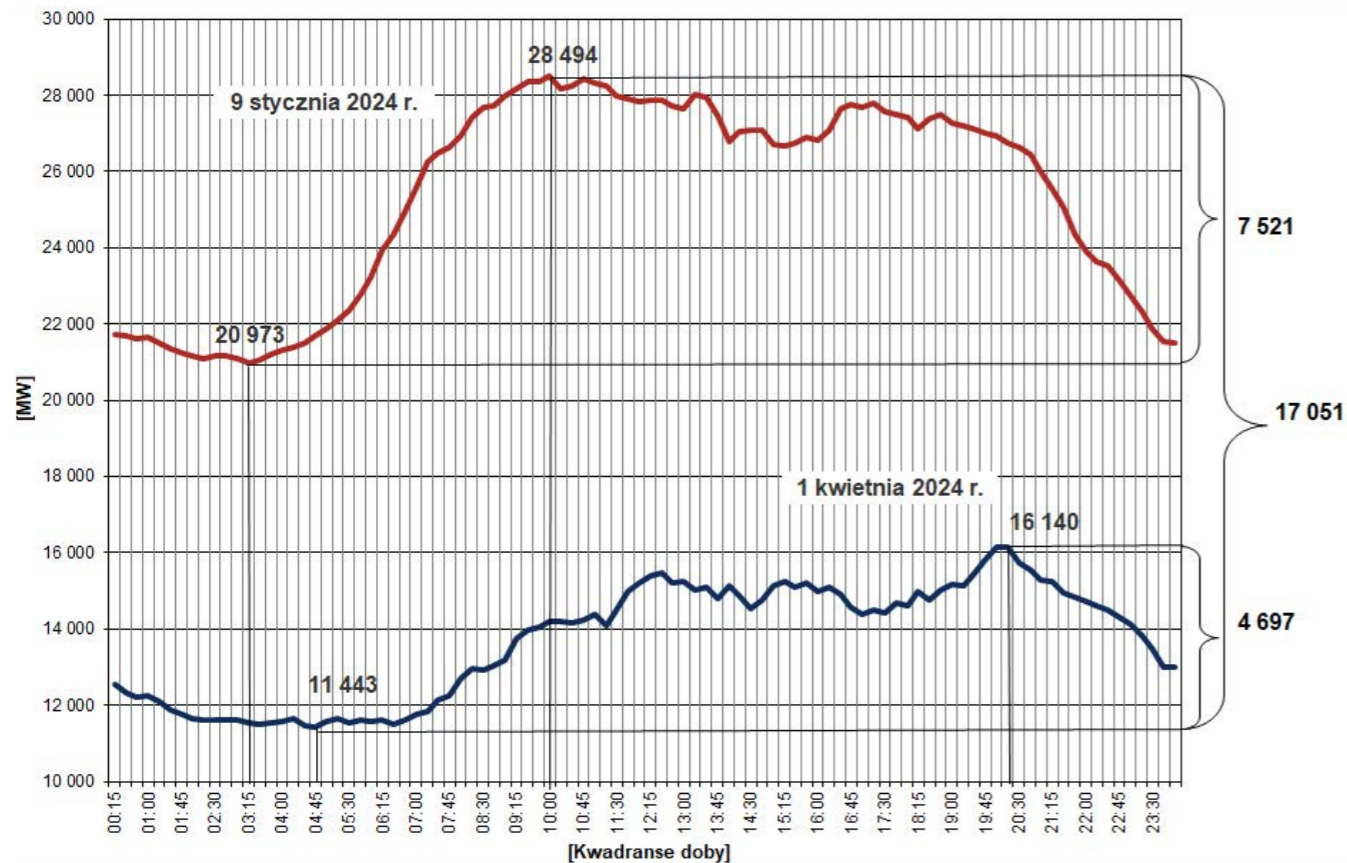
Dynamiczny rozwój sektora elektromobilności pociąga za sobą wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną. W efekcie rośnie także liczba wniosków o wydanie warunków przyłączenia oraz wniosków o zwiększenie mocy już działających przyłączy. Doświadczenia firm zajmujących się budową i eksploatacją infrastruktury ładowania pokazują, że proces inwestycyjny zakładający budowę nowego przyłącza elektroenergetycznego może trwać nawet kilka lat. Dodatkowym wyzwaniem dla branży stają się również wzrosty cen energii elektrycznej.

Wśród potencjalnych metod ograniczania kosztów wymienia się pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych oraz współpracę infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych z magazynami energii. Dzięki wykorzystaniu energii pochodzącej z elektrowni fotowoltaicznej lub wiatrowej otrzymujemy możliwość częściowego uniezależnienia się od warunków wynikających z taryf zakupowych. Magazyn energii może w tym przypadku pełnić kilka funkcji, gdzie jako główne wskazuje się:

- gromadzenie nadwyżek energii produkowanej ze źródła OZE,
- magazynowanie energii zakupionej po preferencyjnej, niższej cenie (w przypadku dynamicznych taryf zakupowych lub taryf strefowych) i wykorzystywanie jej w okresach, gdy cena zakupu na rynku energii jest wyższa,
- „wspomaganie” przyłącza energetycznego w sytuacji, gdy moc przyłączeniowa lub umowna nie pozwala na zapewnienie wystarczająco dużej mocy wynikającej z zapotrzebowania stacji ładowania.

Jak zaznaczono na wstępie rozdziału, zarówno instalacje OZE, jak też magazyny energii, będą odgrywały coraz większą rolę w pracy całego systemu elektroenergetycznego (SEE). Źródła wytórcze, linie i stacje energetyczne będą poddawane modernizacji, powstaną także nowe, a część zostanie wyłączona. Należy spodziewać się, że przyszła struktura SEE – w celu zapewnienia stabilnej pracy – będzie wymuszała wykorzystanie nowych metod sterowania, umożliwiających zarządzanie popytem i podażą energii. Rozwiązania te wpłyną na poprawę elastyczności i optymalizację pracy całego systemu. Z danych Polskich Sieci Elektroenergetycznych wynika, że zapotrzebowanie na moc w roku 2024 zmieniło się w granicach od 11,4 [GW] do aż 28,5 [GW]:





Rys. 7.5 Przebiegi zapotrzebowania na moc w dniach, w których wystąpiło minimalne i maksymalne krajowe zapotrzebowanie na moc w 2024 roku; źródło: Raporty za rok 2024 – PSE

W tym miejscu można zastanawiać się jak silną składową łącznego zapotrzebowania okaże się moc infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych w perspektywie 5, 10 lub 30 lat. Nie ulega wątpliwości, że ostateczny sukces tej transformacji będzie wymagał odpowiedniego planowania i racjonalnego gospodarowania dostępnymi zasobami.

7.2 Parametry i jakość energii

Rozwój elektromobilności, szczególnie w sektorze ciężkich pojazdów elektrycznych, stawia nowe wyzwania przed infrastrukturą energetyczną. Szybkie stacje ładowania prądu stałego o dużej mocy, dedykowane ładowaniu pojazdów ciężkich, wymagają nie tylko ogromnych ilości energii, ale również stabilnych i wysokiej jakości parametrów zasilania. Problemy z jakością energii, takie jak harmoniczne, zapady napięcia czy wahania częstotliwości, mogą negatywnie wpłynąć zarówno na efektywność ładowania, jak i na funkcjonowanie całej sieci elektroenergetycznej. Z drugiej strony, dynamiczne obciążenia generowane przez te stacje ładowania mogą prowadzić do zakłóceń w sieci, co wymaga odpowiedniego zarządzania i monitorowania jakości energii. W tym rozdziale omówiono kluczowe aspekty jakości zasilania związane z pracą stacji ładowania eHDV, wpływ tych stacji na sieć oraz wyzwania techniczne, jakie należy rozwiązać, aby zapewnić niezawodne i efektywne ładowanie pojazdów.

7.2.1 Wymagania prawne i obowiązujące przepisy

Funkcjonowanie rynku energetycznego w Polsce reguluje ustawa z 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne, wraz z rozporządzeniami (aktami wykonawczymi) wydanymi na jej podstawie. Dokumenty te określają kryteria jakości energii elektrycznej, które muszą być przestrzegane. Umowy handlowe dotyczące wytwarzania, przesyłania, dystrybucji i obrotu energią powinny być opracowywane na ich podstawie. Firmy działające w tych obszarach muszą posiadać koncesję nadzorowaną przez Urząd Regulacji Energetyki (URE). Warto w tym miejscu wskazać też normę PN-EN 50160 (przywołaną w rozporządzeniu budynkowym), której wpływ jest zauważalny w określonych wartościach i kryteriach jakościowych. Dodatkowo ustawodawstwo nakłada na odbiorców energii obowiązek spełnienia określonych wymagań, takich jak utrzymanie właściwego poziomu mocy biernej i średniej mocy czynnej pobieranej.

W kontekście jakości zasilania energią elektryczną kluczowe znaczenie mają następujące akty wykonawcze:

- rozporządzenie taryfowe,
- rozporządzenie systemowe.

Zgodnie z zapisami rozporządzenia systemowego, podmioty ubiegające się o przyłączenie do sieci dzieli się na grupy, zwane dalej „grupami przyłączeniowymi”, według następujących kryteriów:

Grupa	Opis
I	podmioty, których urządzenia, instalacje lub sieci są przyłączane bezpośrednio do sieci o napięciu znamionowym wyższym niż 110 kV
II	podmioty, których urządzenia, instalacje lub sieci są przyłączane bezpośrednio do sieci o napięciu znamionowym 110 kV
III	podmioty, których urządzenia, instalacje lub sieci są przyłączane bezpośrednio do sieci o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV, ale niższym niż 110 kV
IV	podmioty, których urządzenia, instalacje lub sieci są przyłączane bezpośrednio do sieci o napięciu znamionowym równym 1 kV lub niższym oraz mocy przyłączeniowej większej niż 40 kW
V	podmioty, których urządzenia, instalacje lub sieci są przyłączane bezpośrednio do sieci o napięciu znamionowym równym 1 kV lub niższym oraz mocy przyłączeniowej nie większej niż 40 kW
VI	podmioty, których urządzenia, instalacje lub sieci są przyłączane do sieci przez tymczasowe przyłącze, które będzie, na zasadach określonych w umowie o przyłączenie do sieci, zastąpione przyłączem docelowym, lub podmioty, których urządzenia, instalacje lub sieci są przyłączane do sieci na czas określony, ale nie dłuższy niż rok

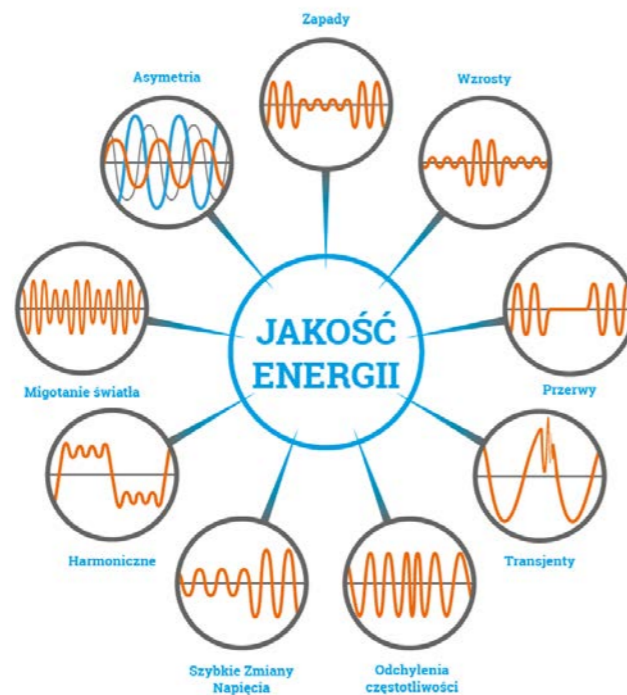
Tab. 7.1 Grupy przyłączeniowe, opracowanie własne na podstawie rozporządzenia systemowego

Można zatem założyć, że w przypadku stacji ładowania pojazdów ciężarowych mamy do czynienia w większości z grupą przyłączeniową III, IV. W rozdziale dziesiątym wyżej wymienionego rozporządzenia dla podmiotów zaliczanych do grup przyłączeniowych III-V ustalono konkretne parametry jakościowe. Poniżej przedstawiamy tylko niektóre z nich:

- 1) Wartość średnia częstotliwości mierzonej przez 10 s zawiera się w przedziale:
 - a) 50 Hz \pm 1% (od 49,5 Hz do 50,5 Hz) przez 99,5% tygodnia,
 - b) 50 Hz + 4% / - 6% (od 47 Hz do 52 Hz) przez 100% tygodnia.
- 2) W każdym tygodniu 95% ze zbioru 10-minutowych średnich wartości skutecznych napięcia zasilającego zawiera się w przedziale odchyli \pm 10% napięcia znamionowego.
- 3) Przez 95% czasu w każdym tygodniu wskaźnik długookresowego migotania światła (Plt) spowodowanego wahaniami napięcia zasilającego nie może być większy niż 1.
- 4) W każdym tygodniu 95% ze zbioru 10-minutowych średnich wartości skutecznych zawiera się w określonych przedziałach (odpowiednie tabele w rozporządzeniu).
- 5) W każdym tygodniu wartość maksymalna ze zbioru 10-minutowych średnich wartości współczynnika odkształcenia wyższymi harmonicznymi napięcia zasilającego (THD), uwzględniającego wyższe harmoniczne do rzędu 50, jest mniejsza lub równa 8%.
- 7) Napięcie znamionowe sieci niskiego napięcia odpowiada wartości 230/400 V.
- 8) Operator systemu elektroenergetycznego zapewnia utrzymanie parametrów napięcia zasilającego w granicach określonych w ust. 5 pod warunkiem, że:
 - a) użytkownik systemu pobiera z sieci lub wprowadza do sieci moc czynną równą mocy umownej lub mniejszą,
 - b) moc bierna pobierana z sieci lub wprowadzana do sieci przez użytkownika systemu nie przekracza granicznych wartości określonych w umowie o świadczenie usług przesyłania lub dystrybucji energii elektrycznej albo w umowie kompleksowej,
 - c) użytkownik systemu wypełnia zobowiązania dotyczące regulacji mocy biernej i napięcia określone w umowie o świadczenie usług przesyłania lub dystrybucji energii elektrycznej albo w umowie kompleksowej.

7.2.2 Podstawowe niepożądane zjawiska związane z jakością energii

Niepożądane zjawiska występujące w układzie sieci zasilającej z odbiornikami, wraz z ich przyczynami, przebiegiem i konsekwencjami, wynikają z fundamentalnych praw elektrotechniki. Poniżej omówiono najważniejsze z nich:



Rys. 7.6 Niepożądane zjawiska dotyczące jakości energii

- Odchylenia i wahania napięć.

Odchylenia napięć występują, gdy wartość napięcia w sieci odbiega od nominalnej, co może być spowodowane, np. przeciążeniem sieci, awariami lub zmiennym zapotrzebowaniem na energię. Wahania napięcia to krótkotrwałe zmiany jego wartości, które mogą powodować migotanie oświetlenia lub zakłócenia w działaniu czułych urządzeń elektrycznych. Oba zjawiska mogą prowadzić do przegrzewania się urządzeń, obniżenia ich sprawności, a nawet ich uszkodzenia. Potencjalnie może być to częsty problem w stacjach ładowania eHDV. Duże moce mogą powodować spadki napięć i kluczowa jest tu odpowiednia infrastruktura i moc przyłączeniowa.

- Odchylenia i wahania częstotliwości.

Odchylenia częstotliwości pojawiają się, gdy jej wartość różni się od nominalnej, co jest wynikiem braku równowagi między wytwarzaną a konsumowaną energią elektryczną. Wahania częstotliwości mogą być szczególnie groźne dla systemów elektroenergetycznych, prowadząc do przeciążeń, destabilizacji pracy sieci lub wyłączeń generatorów. Stabilność częstotliwości jest kluczowa dla poprawnego działania urządzeń.

- Asymetria napięć i prądów.

Asymetria napięć i prądów występuje, gdy wartości w poszczególnych fazach różnią się od siebie, co jest najczęściej skutkiem nierównomiernego obciążenia faz w układach trójfazowych. Może to powodować nadmierne obciążenie jednej z faz, co prowadzi do przegrzewania urządzeń, wyższych strat energetycznych i pogorszenia efektywności systemu.

- Odształcenia napięć i prądów.

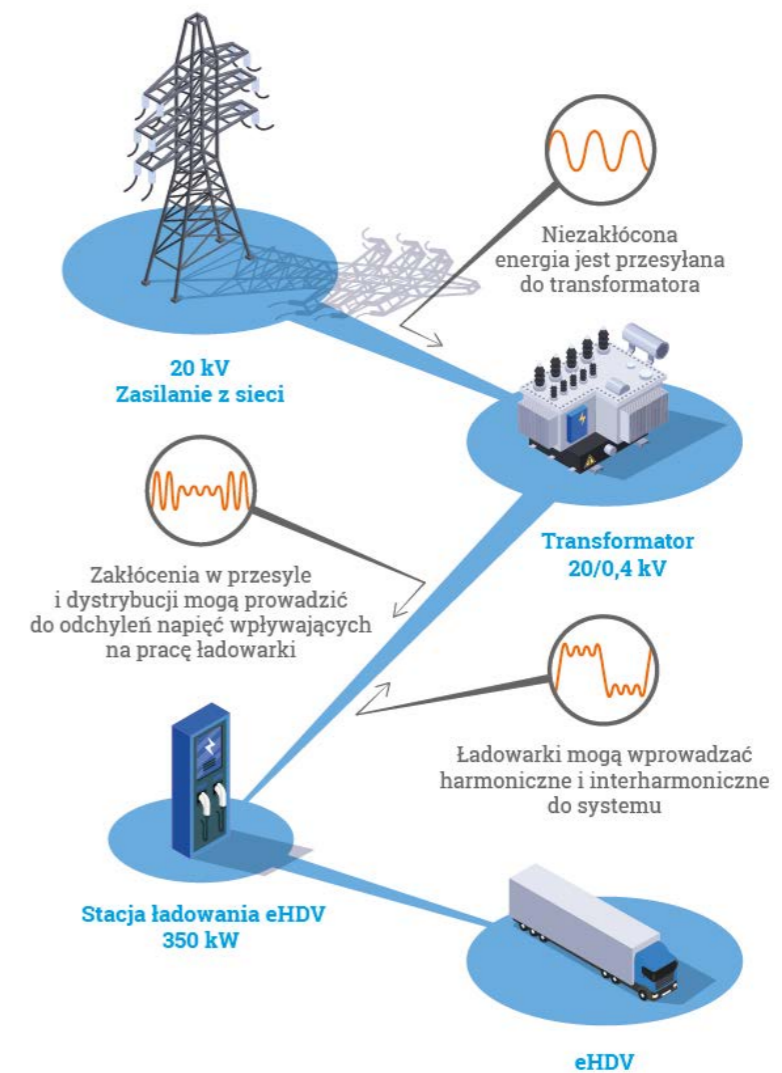
Odształcenia napięć i prądów powstają na skutek obecności wyższych harmonicznych generowanych przez urządzenia nieliniowe, takie jak falowniki, prostowniki czy urządzenia elektroniczne. Powodują one deformację sinusoidalnego kształtu przebiegów, co skutkuje zwiększonymi stratami energii, przegrzewaniem transformatorów i kabli oraz zakłóceniami w działaniu urządzeń. Zjawisko to wpływa również na wzrost kosztów eksploatacji oraz pogorszenie jakości zasilania w całej sieci.

- Superharmoniczne.

Zjawisko superharmonicznych odnosi się do składowych drgań lub sygnałów o częstotliwościach będących wielokrotnościami podstawowej częstotliwości (np. 2x, 3x, 4x itd.). Ładowarki oparte są na elementach energoelektronicznych, które działają z wysoką częstotliwością kluczowania. To może powodować emisję harmonicznych w paśmie wysokich częstotliwości (kilka do kilkudziesięciu kHz). Emisja superharmonicznych w paśmie do 150 kHz może powodować nieprawidłową pracę innych urządzeń w pobliżu. W skrajnym przypadku ładowarki mogą zakłócać się nawzajem.

7.2.3 Charakter i miejsce występowania problemów z jakością energii w kontekście stacji ładowania pojazdów elektrycznych eHDV

Stacje ładowania eHDV mogą napotykać na różne problemy związane z jakością energii, które mogą wystąpić na skutek nieprawidłowych parametrów zasilania. Z kolei sama stacja ładowania również może oddziaływać na sieć oraz inne odbiorniki do niej podłączone. Konwertery oparte na energoelektronice stosowane w ładowarkach wprowadzają harmoniczne i interharmoniczne. W przypadku niewłaściwie zaprojektowanego konwertera mocy mogą wprowadzać również prądy stałe (DC), jak i powodować gwałtowne zmiany napięcia oraz jego migotanie. Z perspektywy ładowarki pojazdów elektrycznych, usterki w systemach przesyłowych lub dystrybucyjnych prowadzą z kolei do spadków napięcia lub przerwania dostawy napięcia do ładowarki. Spadek napięcia poniżej dopuszczalnych limitów urządzenia prowadzi do aktywacji ochrony przed niskim napięciem i odłączenia stacji eHDV od sieci.



Rys. 7.7 Wzajemne oddziaływanie stacji ładowania pojazdów elektrycznych i sieci zasilającej

Parametry jakościowe w sieci zasilającej są podane w rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska oraz w normie EN 50160. W przypadku producentów stacji ładowania powinni oni spełnić wymogi normy IEC 61851-23 – Wymagania dla stacji ładowania DC oraz IEC 61851-21-2 – Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC), a także wieloarkuszowej normy IEC 61000 jeśli chodzi o emisję wyższych harmonicznych do sieci oraz ograniczenia wahań napięcia i migotania światła. Teoretycznie więc ładowarki powinny być tak skonstruowane, aby nie zakłócać w znaczący sposób sieci zasilającej. W praktyce jednak bardzo często dochodzi do niepożądanych zjawisk i nieprawidłowości. Istnieje zatem realna potrzeba monitorowania parametrów jakościowych w stacjach ładowania oraz w sieciach, do których są przyłączone. Analizatory jakości energii to urządzenia do szczegółowego monitorowania i rejestrowania parametrów oraz zdarzeń, takich jak: przebiegi napięć i prądów, częstotliwości, harmoniczne oraz wszelkiego rodzaju zakłócenia. Te przyrządy pomiarowe znajdują zastosowanie nie tylko w trakcie eksploatacji ładowarki, ale również na etapie projektu, przed jej instalacją. Mogą posłużyć do sprawdzenia parametrów sieci zasilającej, wyznaczania profilu obciążenia oraz szczytów poboru mocy.



Rys. 7.8 Monitoring parametrów jakościowych w stacji ładowania pojazdów eHDV za pomocą analizatora jakości energii

W celu zapobiegania skutkom zjawisk niepożądanych związanych ze złą jakością energii stosowane są następujące rozwiązania:

- filtry harmonicznych – redukcja zakłóceń harmonicznych i poprawa stabilności sieci,
- kompensatory energii biernej – kompensacja mocy biernej i zmniejszenia strat energii,
- regulatory napięcia AVR – stabilizacja napięcia i zapobieganie jego wahaniom,
- układy ograniczające prądy rozruchowe – zapobieganie przeciążeniom sieci przy uruchamianiu ładowarki,
- magazyny energii – stabilizacja obciążenia sieci i zapewnienia dodatkowej mocy w momentach szczytowych,
- systemy zarządzania energią (EMS) – optymalizacja wykorzystania mocy i redukcji szczytowego obciążenia,
- stały monitoring jakości energii – ciągła analiza parametrów sieci i szybkiego wykrywania problemów,
- optymalizacja infrastruktury elektrycznej – zmniejszenie strat przesyłowych i poprawa stabilności zasilania,
- koordynacja z operatorami sieci – dostosowanie mocy przyłączeniowej i stabilizacja sieci elektroenergetycznej.

7.2.4 Przyczyny, skutki i możliwe rozwiązania problemów z jakością energii w sieciach zasilających stacje ładowania eHDV – przykłady

L.p.	Problem	Diagnoza	Rozwiązania
1	Energoelektroniczne układy przekształtnikowe w stacjach ładowania generują wyższe harmoniczne, które mogą zakłócać pracę innych odbiorników w sieci. Nadmierna emisja harmonicznych (zwłaszcza 3., 5., 7. i wyższych rzędów) może prowadzić do nadmiernego nagrzewania transformatorów i kabli, zakłóceń pracy urządzeń elektronicznych, skrócenia żywotności podzespołów elektroenergetycznych.	Analiza parametrów zasilania stacji ładowania eHDV wykonana za pomocą przenośnego analizatora jakości energii wykazała wartość współczynnika harmonicznych THD (<i>Total Harmonic Distortion</i>) powyżej 8%. Jest to przekroczenie dopuszczalnych wartości zgodnie z rozporządzeniem oraz normą PN-EN 50160.	- Filtry pasywne i aktywne redukujące harmoniczne (dobre do charakterystyki obciążenia). - Stacjonarny analizator jakości energii do monitorowania parametrów (m.in. THD) i szybkiego reagowania na przekroczenia.
2	Przekształtniki stosowane w stacjach ładowania mogą powodować pobór (generację) mocy biernej i skutkować dodatkowymi opłatami za przesył energii biernej. OSD (Operatorzy Systemów Dystrybucyjnych) wymagają utrzymania współczynnika mocy $\text{tg}(\phi)$ w granicach 0..0,40, aby uniknąć kar za przekroczenie limitów poboru mocy biernej indukcyjnej. Co ważniejsze niedopuszczalne jest przez OSD generowanie do sieci jakiegokolwiek mocy biernej pojemnościowej, za co z definicji są kary.	Analiza parametrów zasilania stacji ładowania eHDV wykonana za pomocą przenośnego analizatora jakości energii wykazała pobór mocy biernej indukcyjnej ($\text{tg}\phi=0,65$). Może to skutkować nałożeniem opłat przez OSD.	- Baterie kondensatorów lub kompensatory statyczne (SVC) do kompensacji mocy biernej. - Układy FACTS (<i>Flexible AC Transmission Systems</i>) poprawiające stabilność sieci.
3	Stacje ładowania eHDV wymagają mocy rzędu setek kW do kilku MW, co może powodować lokalne spadki napięcia, zwłaszcza w godzinach szczytowego poboru energii. Jeśli ładowanie odbywa się w sposób niekontrolowany, a stacja ładowania nie jest wyposażona w systemy zarządzania mocą, może dojść do przekroczenia dopuszczalnych parametrów napięcia. Sieci średniego napięcia, a w szczególności niskiego napięcia, mogą nie być przystosowane do gwałtownych zmian obciążenia, co zwiększa ryzyko przeciążenia transformatorów i konieczności ich modernizacji.	Analiza parametrów zasilania stacji ładowania eHDV wykonana za pomocą przenośnego analizatora jakości energii w sieci niskiego napięcia (400 V) wykazała spadki napięcia spowodowane dużym obciążeniem na poziomie poniżej 360 V, a więc poniżej dopuszczalnej wartości wynikającej z rozporządzenia oraz normy PN-EN 50160 (-10% Un). Skutkuje to niestabilnością pracy innych odbiorników.	- Montaż systemów regulacji napięcia AVR w rozdzielnicach nN i SN. - Dynamiczne zarządzanie mocą ładowania (np. redukcja mocy w godzinach szczytowego obciążenia). - Wydzielenie dedykowanych linii SN dla infrastruktury ładowania, dobór odpowiednich przekrojów ze względu na możliwe spadki napięcia.
4	Ładowanie wielu pojazdów eHDV w tym samym czasie może powodować przekroczenie mocy przyłączeniowej, co w skrajnych przypadkach doprowadza do automatycznego wyłączenia obwodu przez zabezpieczenia OSD. W sieciach z niską rezerwą mocy może być konieczne ograniczenie mocy umownej, co negatywnie wpływa na dostępność stacji.	Transformator SN/nN o mocy 1 MVA zasilają 6 stacji ładowania po 350 kW. W szczycie dochodzi do jego przeciążenia i awaryjnych wyłączeń.	- Magazyny energii jako bufor odciążający sieć w momentach szczytowego poboru. - Stopniowe uruchamianie ładowania (<i>load balancing</i>) – np. ładowanie sekwencyjne zamiast równoczesnego. - Monitorowanie mocy czynnej i biernej w czasie rzeczywistym, z możliwością dynamicznego dostosowywania obciążenia.

7.3 Zabezpieczenia elektryczne, środki ochrony

Projektowanie infrastruktury ładowania transportu ciężkiego wymaga uwzględnienia wielu czynników i szczegółowej analizy potencjalnych zagrożeń. W tej części zostaną przybliżone zagadnienia dotyczące różnych rodzajów ochrony: przetężeniowej, przeciwporażeniowej, przeciwpożarowej, odgromowej i przeciwprzepięciowej.

Ochrona przed prądem przetężeniowym ma na celu zabezpieczenie przewodów przed szkodliwym działaniem przeciążeń i zwarć. W przypadku ochrony przed porażeniem elektrycznym wyróżnia się ochronę podstawową (przed dotykiem bezpośrednim), przy uszkodzeniu (przy dotyku pośrednim) oraz ochronę uzupełniającą. Równie ważne jest zapewnienie środków mających na celu ochronę życia, zdrowia, mienia lub środowiska przed pożarem. Brak możliwości eliminacji zjawisk jakimi są wyładowania piorunowe oraz przepięcia sprawia, że mogą one stanowić zagrożenie dla ludzi, obiektów wraz z ich zawartością, jak również instalacji i linii (elektroenergetycznych, telekomunikacyjnych). Zasadnicze znaczenie ma zatem stosowanie odpowiednich środków ochrony i zapewnienie ich koordynacji.

Tylko kompleksowa ochrona pozwoli zapewnić bezpieczeństwo i zapobiec uszkodzeniom, minimalizując koszty obsługi floty. Zarówno ze strony operatora, jak też użytkownika infrastruktury eHDV kluczowe będzie zapewnienie dostępności świadczonej usługi, co bezpośrednio wpłynie na zakładany okres zwrotu z inwestycji oraz zadowolenie właścicieli i użytkowników.

7.3.1 Ochrona przetężeniowa, przeciwporażeniowa, przeciwpożarowa

W tabeli poniżej przedstawiono najważniejsze informacje dotyczące ochrony przetężeniowej, przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej:

	Ochrona przeciwpożarowa
Opis	<p>Cel: minimalizowanie ryzyka pożaru spowodowanego przez instalację elektryczną, zarówno w wyniku przeciążeń, zwarć, jak i wadliwego użytkowania urządzeń. Regulowana przez normy PN-HD 60364, PN-EN 60947, a także przepisy krajowe, np. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych budynków.</p> <p>Główne przyczyny pożarów związanych z instalacjami elektrycznymi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zwarcia elektryczne – spowodowane uszkodzeniem izolacji przewodów lub luźnymi połączeniami. • Przeciążenia obwodów – prowadzące do przegrzewania się przewodów i osprzętu. • Niewłaściwe zabezpieczenia elektryczne. • Nieprawidłowy dobór przewodów – zbyt mały przekrój w stosunku do obciążenia.
Przykłady zabezpieczeń, środki ochrony	<p>Zabezpieczenia elektryczne</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wyłączniki różnicowoprądowe o czułości 300 mA - Wykrywają prądy upływowe mogące prowadzić do pożaru (np. w wyniku uszkodzenia izolacji). - Stosowane w budynkach mieszkalnych, przemysłowych i obiektach o podwyższonym ryzyku pożarowym. - Wyłączniki nadprądowe i wkładki topikowe - Zapobiegają przegrzewaniu się przewodów w wyniku przeciążeń i zwarć. - Wymagany właściwy dobór charakterystyki (np. B, C, D) zależnie od obciążenia. - Przeciwpożarowy wyłącznik prądu lub wyłącznik serwisowy pozwalający na zdalne odłączenie zasilania stacji ładowania w razie awarii. Przycisk sterujący wyłącznikiem należy sytuować w widocznym i dostępnym miejscu. <p>Właściwy dobór i montaż instalacji</p> <ul style="list-style-type: none"> - Przewody o odpowiednim przekroju – zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52. - Odpowiednia klasa reakcji na ogień materiałów instalacyjnych. - Poprawne układanie przewodów – unikanie stykania się z łatwopalnymi materiałami (np. drewnem, wełną mineralną). - Stosowanie osłon kablowych i rur elektroinstalacyjnych niepalnych. <p>Ochrona uzupełniająca i organizacyjna</p> <ul style="list-style-type: none"> - Detektory dymu i czujniki temperatury w pobliżu rozdzielnic elektrycznych. - Przeglądy i konserwacja instalacji elektrycznych co 5 lat (zgodnie z normą PN-HD 60364-6). - Zakaz stosowania prowizorycznych połączeń i uszkodzonych urządzeń elektrycznych. - Szkolenie użytkowników w zakresie zasad bezpieczeństwa elektrycznego.
Przepisy, normy, dodatkowe informacje	<ul style="list-style-type: none"> PN-HD 60364-4-42 – Ochrona przed skutkami termicznymi. PN-HD 60364-5-52 – Dobór i układanie przewodów elektrycznych. PN-HD 60364-6 – Sprawdzanie instalacji elektrycznych. PN-EN 60947-2 – Wyłączniki nadprądowe i różnicowoprądowe. PN-EN 62606 – Wykrywanie łuków elektrycznych (AFDD). Rozporządzenie Ministra Infrastruktury – Wymagania dla budynków pod kątem ochrony przeciwpożarowej.

Ochrona przeciwporażeniowa		
	- podstawowa (ochrona przed dotykiem bezpośrednim)	- przy uszkodzeniu (ochrona przed dotykiem pośrednim)
Opis	Zapobiega przypadkowemu dotknięciu części będących pod napięciem w warunkach normalnej pracy instalacji.	Zapewnia bezpieczeństwo w przypadku uszkodzenia izolacji i pojawienia się napięcia na częściach dostępnych.
Przykłady zabezpieczeń, środki ochrony	Izolacja części czynnych – np. powłoka izolacyjna przewodów. Obudowy i przegrody – uniemożliwiające dostęp do elementów pod napięciem. Bariery i umieszczenie poza zasięgiem ręki – np. przewody prowadzone na wysokości.	Samoczynne wyłączenie zasilania – podstawowa metoda w układach TN, TT i IT: Wymaga odpowiednich zabezpieczeń (wyłączniki nadprądowe, różnicowoprądowe). Połączenia wyrównawcze ochronne – łączenie metalowych części, aby uniknąć różnicy potencjałów. Dodatkowa izolacja ochronna – stosowana w urządzeniach klasy ochronności II. Separacja elektryczna – stosowana dla pojedynczych odbiorników w warunkach specjalnych.
Przepisy, normy, dodatkowe informacje	<p>Wymagania normatywne: PN-HD 60364-4-41 – podstawowa norma dotycząca ochrony przeciwporażeniowej. PN-HD 60364-5-54 – połączenia wyrównawcze i uziemienie. PN-EN 60947-2 – wyłączniki nadprądowe. PN-EN 61008 i 61009 – wyłączniki różnicowoprądowe. PN-EN 50522:2022 Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym niż 1 kV.</p> <p>Układy sieciowe i ich wpływ na ochronę przeciwporażeniową: TN-S – osobne przewody neutralne (N) i ochronne (PE), najbezpieczniejszy układ. TT – uziemienie ochronne niezależne od uziemienia sieci; wymaga RCD do ochrony przed porażeniem. IT – izolowany punkt neutralny transformatora, stosowany w instalacjach wymagających ciągłości zasilania.</p> <p>Badania i pomiary potwierdzające skuteczność ochrony przeciwporażeniowej: - Pomiar rezystancji uziemienia. - Pomiar impedancji pętli zwarcia. - Sprawdzenie wyłączników różnicowoprądowych (RCD). - Pomiar rezystancji izolacji przewodów. - Pomiar ciągłości połączeń ochronnych i wyrównawczych.</p> <p>Dobre praktyki dla ochrony przeciwporażeniowej: - Właściwy dobór systemu ochrony przeciwporażeniowej (dostosowany do układu sieci zasilającej). - Stosowanie skutecznych zabezpieczeń elektrycznych. - Właściwe uziemienie i połączenia wyrównawcze. - Poprawne wykonanie instalacji (m.in. unikanie prowizorycznych połączeń) i jej kontrola (regularne przeglądy i pomiary ochrony przeciwporażeniowej). - Edukacja i świadomość użytkowników.</p>	

Ochrona przetężeniowa		
	- przed przeciążeniem	- przed zwarciami
Opis	Zabezpieczenia nadprądowe muszą być dobrane tak, aby chronić przewody przed przekroczeniem dopuszczalnej długotrwałej wartości prądu. Zabezpieczenie przeciążeniowe powinno spełniać następujące warunki: Nominalny prąd wyłącznika lub wkładki topikowej (I_n) \leq obciążalność długotrwała przewodu (I_z). Prąd wyzwania przeciążeniowego (I_b) \geq prąd znamionowy obciążenia. Wyjątki: W obwodach z ograniczoną długością przewodów (np. krótkie odcinki między rozdzielnicą a odbiornikiem) możliwe są inne metody zabezpieczenia.	Zabezpieczenie zwarciove ma na celu szybkie odłączenie obwodu w przypadku zwarcia, aby zminimalizować skutki termiczne i dynamiczne. Muszą być spełnione następujące warunki: Wyłącznik nadprądowy lub wkładka topikowa musi wyłączyć prąd zwarciovy w czasie krótszym niż dopuszczalny czas nagrzewania przewodu. Normy określają maksymalne czasy trwania wyłączenia, w zależności od układu sieci zasilającej, poziomu napięcia zasilającego oraz wartości prądu znamionowego w obwodzie.
Przykłady zabezpieczeń, środki ochrony	Wyłączniki nadprądowe, Wkładki topikowe Wyłączniki mocy Bezpieczniki półprzewodnikowe (w aplikacjach specjalistycznych, np. elektronika przemysłowa)	
Przepisy, normy, dodatkowe informacje	<p>Normy powiązane z ochroną przetężeniową: PN-HD 60364-4-43 PN-HD 60364-4-41 – Ochrona przed porażeniem elektrycznym Definiuje środki ochrony podstawowej i ochrony przy uszkodzeniu, w tym zabezpieczenia przetężeniowe jako element ochrony przy zwarciu doziemnym. PN-HD 60364-4-42 – Ochrona przed skutkami termicznymi Określa wymagania dotyczące ochrony przed skutkami przegrzewania się instalacji, np. w wyniku przeciążeń lub zwarc. PN-HD 60364-5-52 – Dobór i układanie przewodów Definiuje zasady doboru przewodów pod kątem ich obciążalności prądowej i dopuszczalnego nagrzewania się, co ma kluczowe znaczenie dla ochrony przetężeniowej. PN-HD 60364-6 – Sprawdzanie instalacji elektrycznych Określa procedury pomiarów i testów, które potwierdzają skuteczność ochrony przetężeniowej w instalacjach elektrycznych.</p> <p>Normy dotyczące aparatury zabezpieczającej: PN-EN 60898-1 – Wyłączniki nadprądowe do instalacji domowych i podobnych Opisuje charakterystyki wyłączników nadprądowych stosowanych do ochrony instalacji elektrycznych w budynkach mieszkalnych i komercyjnych. PN-EN 60947-2 – Wyłączniki nadprądowe w instalacjach przemysłowych Obejmuje wymagania dla wyłączników stosowanych w rozdzielnicach przemysłowych i obciążeniach dużej mocy. PN-EN 60269 – Wkładki topikowe Definiuje charakterystyki różnych typów wkładek topikowych stosowanych w ochronie przetężeniowej. Przepisy i regulacje krajowe: Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie Prawo Energetyczne i rozporządzenia wykonawcze</p>	

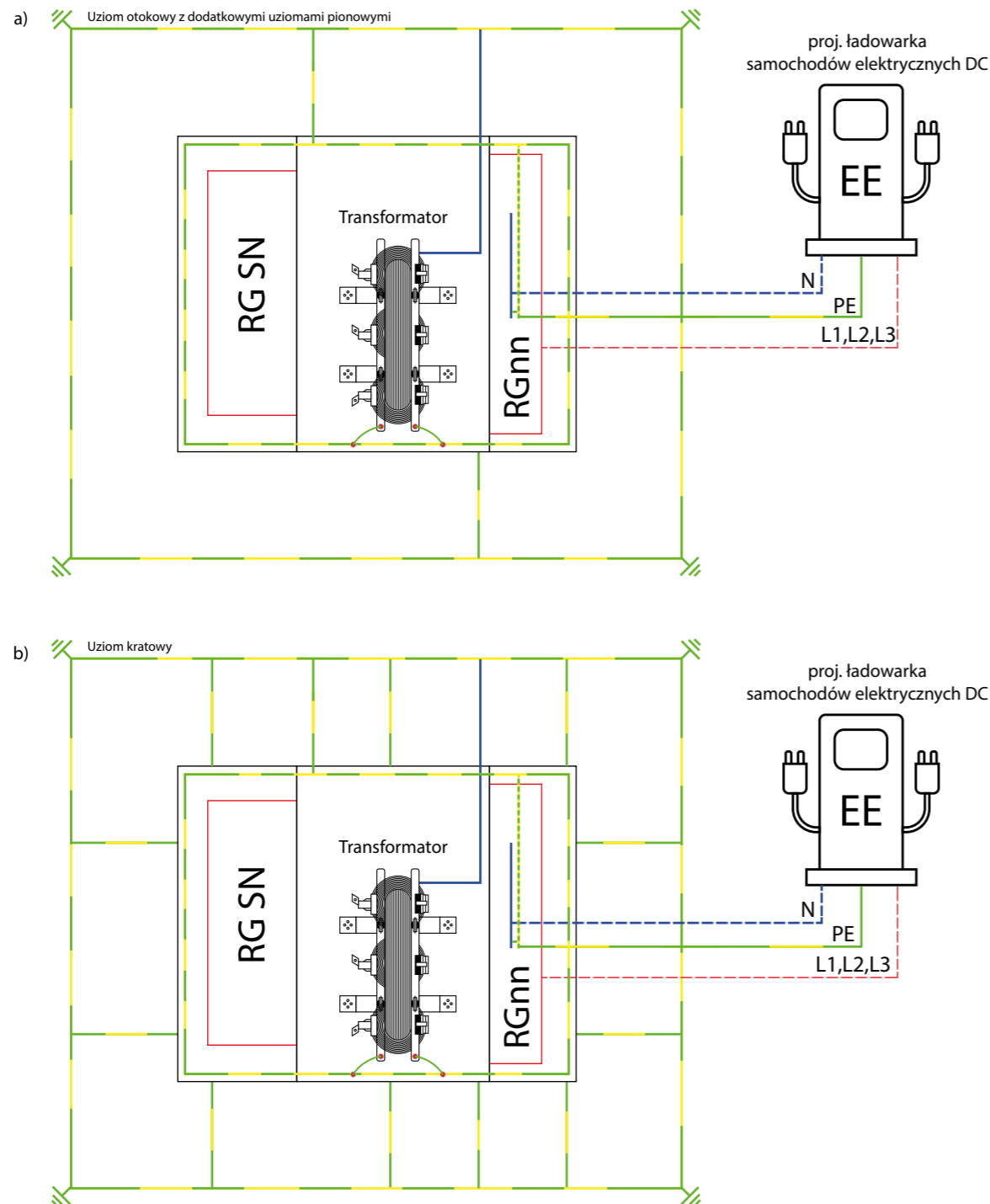


źródło: materiały PIRE

7.3.2 Ochrona odgromowa i przeciwprzebieciowa

Uziemienia stacji ładowania

Głównym zadaniem systemu uziomowego jest zapewnienie prawidłowej i bezpiecznej pracy urządzeń elektrycznych w warunkach normalnych, awaryjnych i w stanach przejściowych (w tym podczas zwarc, doziemnych wyładowań piorunowych). Do zadań systemu uziomowego zalicza się również zapewnienie bezpieczeństwa pracy i ochrony przeciwporażeniowej ludzi przebywających w pobliżu urządzeń ładowania pojazdów elektrycznych. Zasadniczo zaleca się możliwie niską rezystancję uziemienia, niższą niż 10 Ω . W zależności od konkretnej lokalizacji obiektu, wartości wymaganych rezystancji uziemień należy potwierdzić ze standardami obowiązującymi na terenie lokalnej spółki dystrybucyjnej. Projekt elektryczny powinien uwzględniać zapisy Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej (IRIESD). W kontekście ochrony odgromowej preferowany jest pojedynczy zintegrowany układ uziemienia strukturalnego, który pełni wszystkie wymagane funkcje. Szczegółowe wymagania normatywne (w tym dotyczące sposobu wykonania systemu uziomowego) można znaleźć w normach PN-HD 60364-5-54:2011, PN-EN 62305-3:2011, PN-EN 62305-4:2011, PN-EN 50522:2022-12, PN-HD 60364-4-41:2017-09.



Rys. 7.9 Przykładowe systemy uziomowe stacji ładowania eHDV: a) uziom otokowy z dodatkowymi uziomami pionowymi b) uziom kratowy

Zaleca się wykorzystanie uziomu naturalnego, tj. zbrojenia betonowych fundamentów konstrukcji zadaszeń lub innych zabudowań stacji ładowania. Przykładowy system uziomowy może zostać wykonany z uziomów naturalnych poszczególnych konstrukcji wsporczych połączonych między sobą min. w dwóch punktach taśmą stalową (uziom typu B). Bednarke (taśmę stalową) wchodzącą w skład uziomu obiektu można układać w wykopach kablowych kabli zasilających ładowarki. W razie potrzeby uziom poziomy można rozbudować o dodatkowe uziomy pionowe typu A.

Ochrona przeciwprzebieciowa i odgromowa

W obecnych czasach codziennie spotykamy się z różnego rodzaju pojazdami elektrycznymi, takimi jak: samochody, samochody ciężarowe z napędem elektrycznym, skutery, hulajnogi czy też rowery elektryczne. W większości przypadków stosowane są w nich baterie litowo-jonowe. Służą one do magazynowania energii i umożliwiają napędzanie tych pojazdów. Proces ładowania baterii litowo-jonowych wymaga stosowania dedykowanych układów (najczęściej scalonych) specjalnie zaprojektowanych, tak aby zabezpieczyć je na wypadek uszkodzenia, przeładowania, zbyt głębokiego rozładowania lub przekroczenia wartości prądu granicznego.

Inteligentne systemy ładowania pojazdów ciężarowych wymagają połączenia energetyki zawodowej, odnawialnych źródeł energii, magazynów energii, zaawansowanych układów energoelektronicznych i różnego rodzaju technologii komunikujących wszystkie elementy ze sobą i ze światem zewnętrznym. Punkty styku są najbardziej narażone i wymagają ochrony.

Zgodnie z art. 61 ust. 2 UPB właściciel lub zarządca obiektu budowlanego jest obowiązany zapewnić, dochowując należytej staranności, bezpieczne użytkowanie obiektu w razie wystąpienia czynników zewnętrznych oddziałujących na obiekt, związanych z działaniem człowieka lub sił natury, takich jak m.in. wyładowania atmosferyczne.

Rozporządzenie budynkowe wskazuje, że budynek należy wyposażyć w instalację chroniącą od wyładowań atmosferycznych stosownie do wymagań polskich norm dotyczących ochrony odgromowej obiektów budowlanych, wymieniających szereg różnych rozwiązań technicznych i czynników, które trzeba wziąć pod uwagę podczas projektowania.

W celu ustalenia, czy zastosowanie ochrony odgromowej jest konieczne, należy ocenić ryzyko zgodnie z procedurami opisanymi w PN-EN 62305-2. W analizie należy rozpatrywać różne rodzaje ryzyka, w tym ryzyko utraty życia ludzkiego czy utraty usług publicznych. Jeżeli dla danego typu ryzyka obliczona wartość jest mniejsza lub równa tolerowanej (dopuszczalnej), ochrona odgromowa nie jest wymagana. W przeciwnym wypadku należy zastosować środki ochrony w celu jego redukcji do wartości tolerowanej.

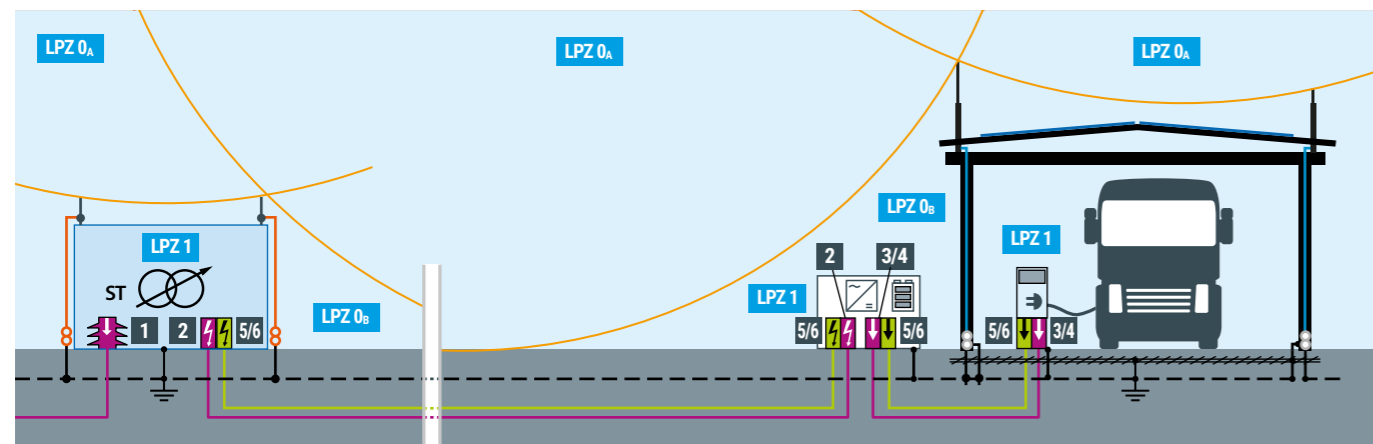
Najbardziej odpowiednie środki ochrony powinien wybrać projektant, przy uwzględnieniu technicznych i ekonomicznych aspektów różnych środków ochrony oraz ich skuteczności w redukcji ryzyka. Dla każdego typu potencjalnych strat istnieje pewna liczba środków ochrony, które indywidualnie lub zespołowo pozwalają osiągnąć akceptowalną wartość.

Kluczową kwestią jest więc odpowiedni dobór środków ochrony. Jak wskazuje norma PN-HD 60364-5-534, w przypadku gdy nie przeprowadzono analizy ryzyka, udarowy prąd wyładowczy Iimp na jaki dobierane jest urządzenie ochronne SPD (ang. SPD - ogranicznik przepięć), powinien być nie mniejszy niż 12,5 kA na biegun. Jeżeli przeprowadzono analizę ryzyka zgodnie z PN-EN 62305-2, wartość prądu Iimp należy określić na podstawie zapisów serii norm PN-EN 62305.

Mając na uwadze niezawodność, zminimalizowany czas przestoju i bezproblemową obsługę floty pojazdów eHDV przy ich maksymalnej wydajności zapewniającej założony czas zwrotu z inwestycji, rekomendowane jest wyposażenie infrastruktury ładowania w :

- ograniczniki przepięć na wejściu i wyjściu urządzeń wchodzących w skład stacji ładowania eHDV (m.in. przyłącza zasilania AC, sieć DC, sieć LAN, tory RS-485, systemy PV) spełniające wymagania norm PN-EN 61643-11, PN-EN 61643-21, IEC 61851-23:2023 i skoordynowane energetycznie według PN-IEC 61643-12,
- system ochrony odgromowej dobrany zgodnie z normami z serii PN-EN 62305 z zachowaniem wymaganych odstępów separacyjnych wg IEC 62561-8,
- system połączeń wyrównawczych ograniczający względne różnice napięć i zapewniający bezpieczeństwo przeciwporażeniowe,
- system uziomowy dobrany stosownie do wymagań przedmiotowych norm.

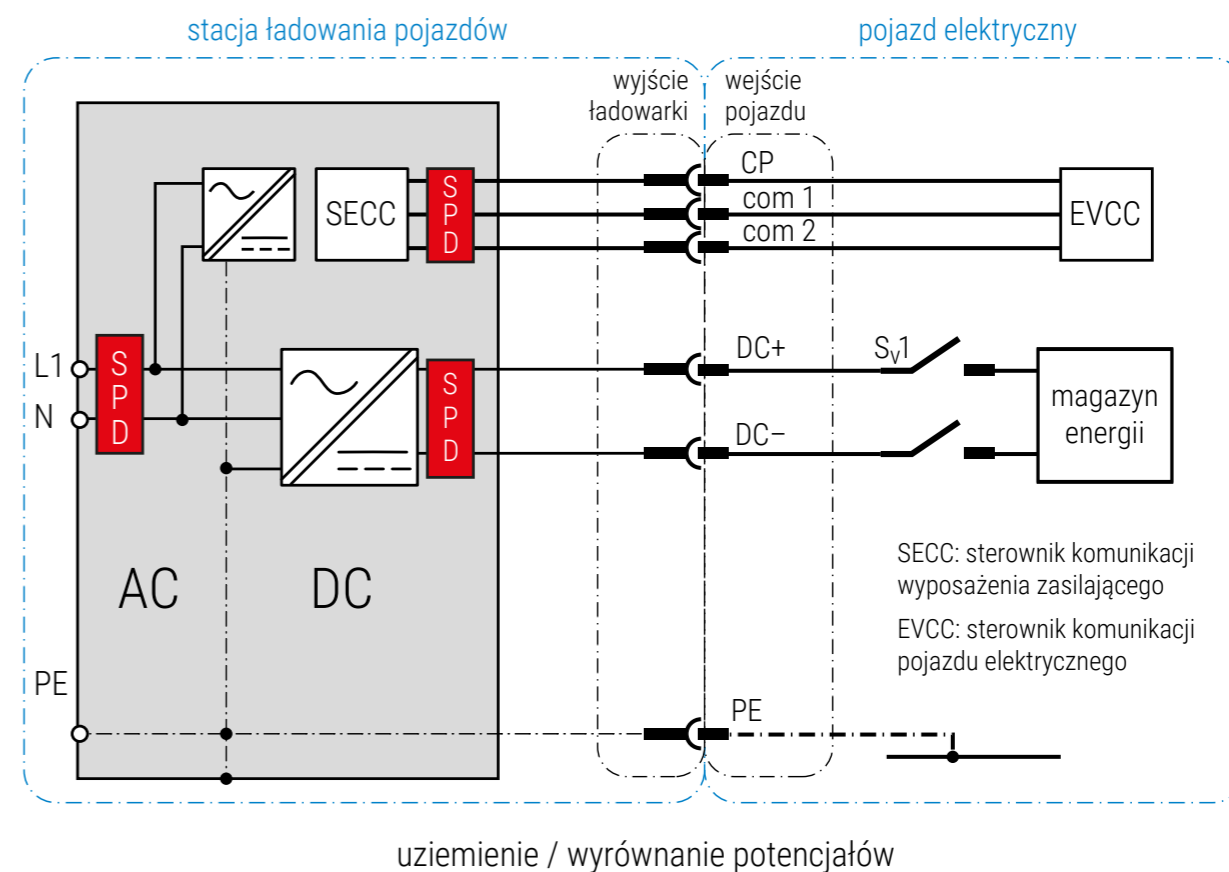




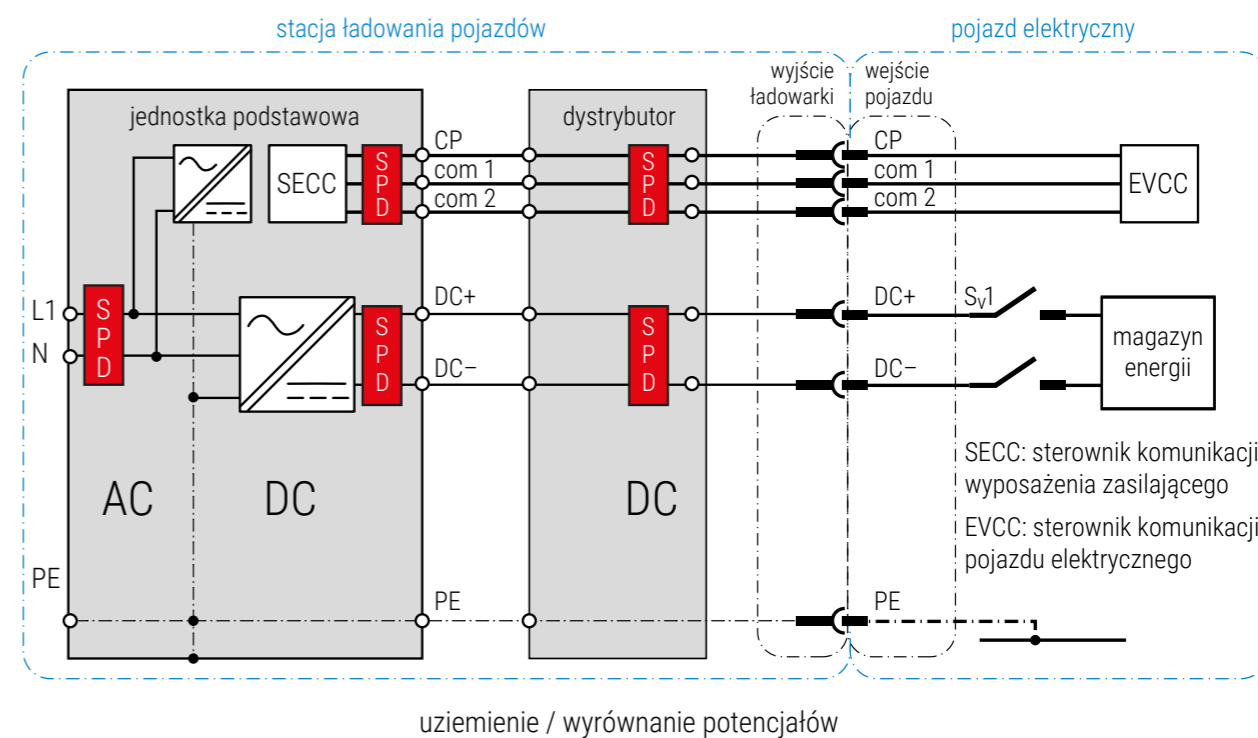
Rys. 7.10 Przykładowa infrastruktura ładowania eHDV składająca się z oddzielnej stacji transformatorowej (ST), oddzielnych jednostek zasilania i ładowania

Legenda:

- 1 – ogranicznik przepięć średniego napięcia zabezpieczający stronę SN transformatora
- 2 – ogranicznik przepięć typu iskiernikowego dobrany stosownie do układu sieci i skoordynowany wg PN-IEC 61643-12
- 3 – ogranicznik przepięć typu 1 i 2 przeznaczony do sieci DC dobrany stosownie do napięcia pracy układu ładowania
- 4 – kombinowany ogranicznik przepięć, składający się z równolegle połączonych iskierników i warystorów wzajemnie między sobą skoordynowanych, służący do zabezpieczenia zasilania układów kontrolujących proces ładowania
- 5 – ograniczniki przepięć typu 1 zabezpieczające wszystkie tory komunikacyjne łączące układ sterujący ładowaniem i punkt ładowania
- 6 – ogranicznik przepięć typu 2 zabezpieczający infrastrukturę zewnętrzną i wewnętrzną sieci LAN wykorzystywanej w infrastrukturze obiektu eHDV
- system uziomowy i siatka wyrównująca potencjały w pobliżu miejsca ładowania pojazdu eHDV
- magazyn energii wchodzący w skład infrastruktury eHDV
- falownik/inwerter wchodzący w skład infrastruktury eHDV
- LPZ 0_a** **LPZ 0_b** **LPZ 1** - strefa ochrony odgromowej (ang. *Lightning Protection Zone*) wyznaczona stosownie do wymagań norm z serii PN-EN 62305
- system ochrony odgromowej dobrany stosownie do wymagań norm z serii PN-EN 62305
- system ochrony odgromowej wyposażony w kable HVI zapewniające bezpieczeństwo przeciwporażeniowe
- elektrownia fotowoltaiczna wyposażona w system ochrony odgromowej



Rys. 7.11 a) Schemat stacji ładowania eHDV wg IEC 61851-23:2023; źródło: IEC 61851-23:2023



Rys. 7.11 b) Schemat stacji ładowania eHDV składającej się z jednostki podstawowej (ang. *basic unit*) oraz dystrybutora (ang. *dispenser*) wg IEC 61851-23:2023; źródło: IEC 61851-23:2023

Dodatkowe informacje w zakresie ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej można znaleźć w poradniku UDT pt. „Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa w infrastrukturze ładowania pojazdów elektrycznych”: https://www.udt.gov.pl/images/Broszura_EV_Ochrona_odgromowa_WCAG.pdf

Istotną rolę w procesie inwestycyjnym związanym z budową stacji ładowania eHDV odgrywa projektant. Warto zaznaczyć, że działalność obejmująca projektowanie, kierowanie robotami budowlanymi oraz sprawowanie nadzoru i kontroli technicznej zaliczana jest w naszym kraju do tzw. samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie. Zadania te wymagają fachowej oceny zjawisk technicznych i samodzielnego rozwiązywania różnego rodzaju zagadnień. Z tego względu, mogą być one wykonywane wyłącznie przez osoby posiadające odpowiednie wykształcenie techniczne i praktykę zawodową, potwierdzone decyzją w postaci tzw. uprawnień budowlanych. Osoby wykonujące samodzielne funkcje techniczne w budownictwie są odpowiedzialne za ich wykonywanie zgodnie z przepisami i zasadami wiedzy technicznej oraz za należyłą staranność w wykonywaniu pracy, jej właściwą organizację, bezpieczeństwo i jakość. Jednym z zadań projektanta instalacji elektrycznych w procesie inwestycyjnym budowy stacji ładowania eHDV będzie dobór odpowiednich zabezpieczeń i rozwiązań technicznych, gwarantujących ochronę osób i mienia, co w efekcie przełoży się na wysoką dostępność operacyjną tych urządzeń.

7.4 Zabezpieczenia mechaniczne

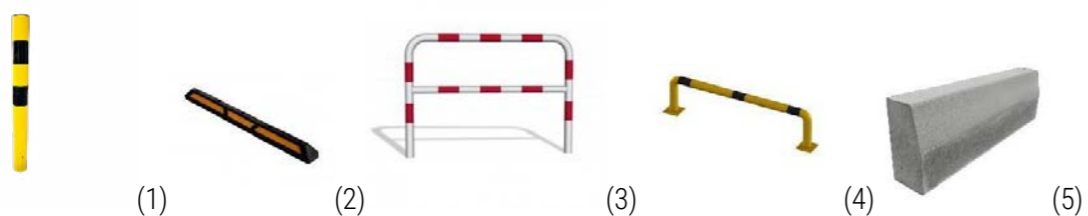
Stacje ładowania powinny być instalowane w sposób zapewniający ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi. Infrastruktura ładowania pojazdów transportu ciężkiego stawia szczególne wyzwania w tym zakresie. Analizując potencjalne zagrożenia i możliwe scenariusze, można zastawiać się, czy jest możliwe takie usytuowanie stacji ładowania eHDV, które skutecznie pozwoli zapobiec jej najechaniu? Jakie środki ochrony mechanicznej są wystarczające? Każda sytuacja wymaga indywidualnego podejścia i nie ma możliwości, aby wskazać jedno, optymalne rozwiązanie. Prawdopodobnie też, bardziej słuszną w tym przypadku będzie mowa o ograniczaniu ryzyka niż o jego całkowitym wyeliminowaniu.

Jedną z możliwości ochrony takich stacji ładowania przed najechaniem są zapory betonowe:



Rys. 7.12 Zabezpieczenie mechaniczne stacji ładowania eHDV w postaci zapór betonowych; źródło: www.milence.com

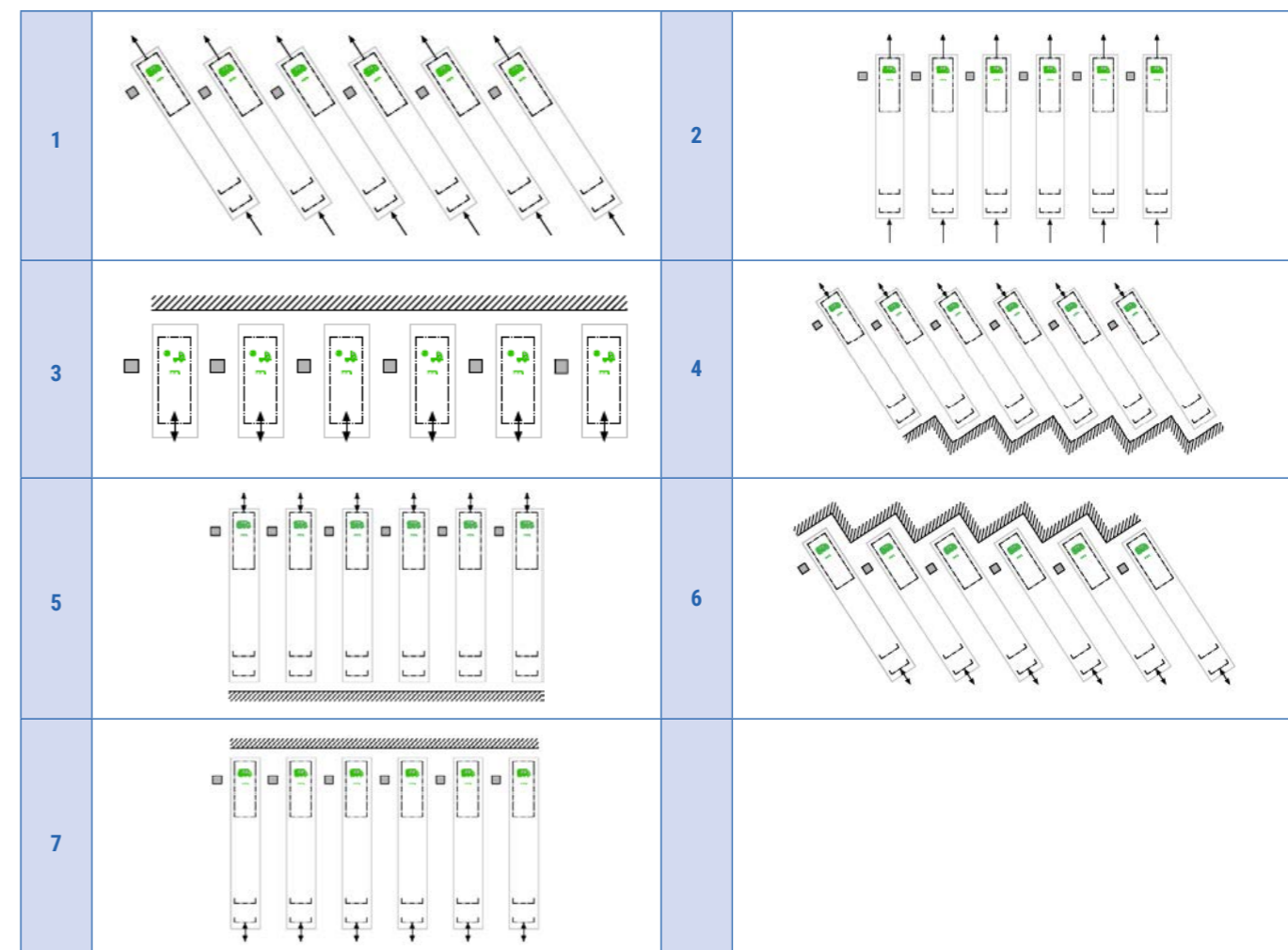
Biorąc pod uwagę masę oraz pęd, jaki niesie ze sobą poruszający się pojazd ciężarowy, należy stwierdzić, że klasyczne rozwiązania stosowane dla stacji ładowania aut osobowych mogą okazać się niewystarczające. Rozwiązania w postaci betonowych bloków i barier energochłonnych będą zdecydowanie bardziej skuteczne w porównaniu do tradycyjnych słupków odbojowych (1) czy ograniczników/separatorów parkingowych (2). Istotną rolę tych drugich może być jednak informowanie i ostrzeganie kierowcy. Dodatkowo – jako uzupełnienie ochrony, – można rozważyć zastosowanie barierek technicznych (3), odbojnic liniowych (4) oraz krawężników (5):



Rys. 7.13 Przykłady rozwiązań uzupełniających ochronę stacji ładowania eHDV przed uszkodzeniami mechanicznymi

Jak zaznaczono wcześniej, stacje ładowania dużych mocy cechują się rozdzielaniem na kilka, najczęściej trzy części. W bezpośrednim otoczeniu miejsca postojowego znajduje się wyłącznie jednostka użytkownika (ang. *user unit*) wyposażona m.in. w kabel ze złączem. W kontekście ewentualnych strat powstałych w wyniku uszkodzenia mechanicznego jest to rozwiązanie zdecydowanie korzystne, ponieważ zniszczeniu nie ulegają te elementy stacji ładowania, których zadaniem jest przekształcanie energii (ang. *power unit*) oraz podzespoły odpowiedzialne za sterowanie i kontrolę (ang. *control unit*). Doświadczenia branży pokazują, że jednym z bardziej wrażliwych elementów stacji ładowania są kable, które mogą ulec uszkodzeniu w wyniku najechania lub przyciśnięcia do krawężnika. Często dochodzi do niego wskutek błędnego odłożenia złącza po zakończeniu ładowania. Rozwiązaniem tego problemu mogą być dodatkowe uchwyty na kabel, mechanizmy podwieszania/dyspozytor (ang. *cable management system*) oraz systemy kontrolujące poprawne odłożenie wtyku do gniazda w ładowarce (na wzór stacji paliw, gdzie dopiero odpowiednie odłożenie pistoletu nalewczego na dystrybutor kończy proces tankowania).

W przypadku miejsc postojowych dla infrastruktury ładowania pojazdów ciężkich często stosowanym rozwiązaniem są miejsca „przejazdowe” (jedno lub 2-kierunkowe). Podczas projektowania, należy wziąć również pod uwagę ustawienie pojazdu (prostopadle/skośnie), sposób wjazdu/wyjazdu (np. wjazd tyłem, wjazd przodem), gabaryty różnych modeli pojazdów oraz rozmieszczenie w nich gniazd wtykowych. W zależności od lokalnych warunków dopuszczalne może być przykładowo ładowanie pojazdu ciężkiego wyłącznie po odpięciu naczepy od ciągnika. Poniżej przedstawiono różne konfiguracje, w kolejności od najbardziej do najmniej preferowanej.



Rys. 7.15 Warianty przedstawiające organizację ruchu pojazdów na stacji ładowania eHDV, źródło: *Design and implementation of publicly accessible charging sites for battery electric HGVs – Code of practice, The British Standards Institution 2025*

Elementem ograniczającym ryzyko uszkodzeń mechanicznych infrastruktury ładowania eHDV jest odpowiednie zaplanowanie miejsc postojowych dla pojazdów oczekujących na ładowanie. W miarę wzrostu liczby pojazdów elektrycznych na naszych drogach, mogą zdarzać się sytuacje, gdzie liczba dostępnych punktów ładowania będzie w danej chwili niewystarczająca. W takich sytuacjach istotne jest, aby zapewnić bezpieczne miejsce na czas postoju i oczekiwania. Dużym ułatwieniem w tym przypadku mogą okazać się systemy pozwalające na wcześniejszą rezerwację.

Istotnym czynnikiem mającym wpływ na bezpieczeństwo w miejscach ładowania pojazdów ciężkich będzie odpowiednie oznakowanie (poziome i pionowe), a także wyznaczenie stref dozwolonych dla ruchu pieszych, użytkowników innych pojazdów oraz miejsc, gdzie mogą przebywać wyłącznie osoby korzystające z ładowarek. Wśród potencjalnych zagrożeń można wskazać tu np. potrącenie osoby postronnej w wyniku znalezienia się w tzw. martwej strefie. Na wypadek sytuacji awaryjnych należy zapewnić dostęp do tych stref dla służb ratunkowych oraz osób odpowiedzialnych za obsługę i serwis urządzeń. Wszystkie te zagadnienia powinny być przeanalizowane i uwzględnione w procesie projektowania infrastruktury ładowania eHDV.



URZĄD DOZORU
TECHNICZNEGO

INSPEKTOR

TECHNIKA I BEZPIECZEŃSTWO

Zapraszamy do lektury **ONLINE**



- RBI • HAZOP • ATEX • BEZPIECZEŃSTWO PROCESOWE I FUNKCJONALNE • ENERGETYKA
- GAZOWNICTWO • PETROCHEMIA • CHEMIA • OZE • WODÓR • ELEKTROMOBILNOŚĆ
- F-GAZY SZWO • DŹWIGI • WÓZKI JEZDNIOWE • SUWNICE • ŻURAWIE • RUROCIĄGI
- KOTŁY • INSTALACJE PRZEMYSŁOWE • AUTOMATYKA ZABEZPIELAJĄCA • SYSTEMY VRS
- DRONY • TECHNIKI BADAWCZE NDT • MOBILNE LABORATORIA • VR ZDALNE INSPEKCJE

