



UNIVERSITEIT GENT
CAMPUS KORTRIJK

MOBIELE OPSLAG ALS HET NET VAN DE TOEKOMST

ELEKTRISCHE VOERTUIGEN, SYNONIEM VOOR MOBIELE BATTERIJ OF EXTRA
BELASTING VAN HET NET? – CASESTUDY OP RESIDENTIËLE INSTALLATIES

PROJECTOMSCHRIJVING

Mobiele opslag als toegevoegde waarde voor het net van de toekomst

- Impact van een EV op een residentiële installatie
- Pijnpunten en voordelen van een mobiel opslagsysteem
- Mobiele opslag, alternatief voor stationaire opslagsystemen ?
- Investeringsmogelijkheden kwalitatief analyseren

Dit project is medemogelijk gemaakt door
het Departement Omgeving van de Vlaamse Overheid



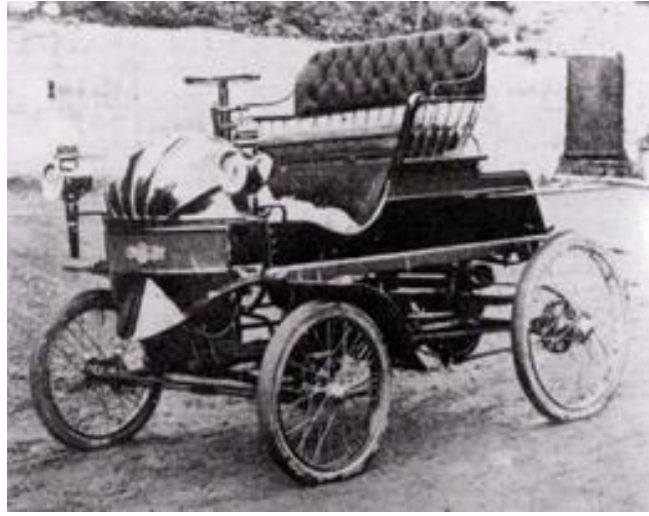
PROGRAMMA

13u15	Ontvangst
13u30	Inleidende sessie omtrent elektrische voertuigen en laadinfrastructuur
14u15	Profielanalyse van residentiële installaties en elektrische voertuigen
14u45	De rol van de digitale meter en tariefstructuren
15u15	Pauze
15u30	Dimensioneren van een stationaire vs. mobiele batterij
16u	Praktische integratie van een EV-baterijsysteem in een residentiële installatie Normering en veiligheid
16u30	Afsluitende netwerkreceptie

INHOUDSOPGAVE

- Elektrische voertuigen
 - **Inleiding**
 - Overzicht van de type EV's
 - Eigenschappen
 - Marktstudie
- Laadinfrastructuur

INLEIDING



1800

1890

1900

1908

2000

2020

- Ontwikkeling eerste EV

- Eerste elektrische wagen
- Opkomst brandstofmotor (vele nadelen)

- 22 % ICE
- 38 % EV
- 40 % Stoomvoertuig

- Ford Model T
- Goedkoper
- Gebruiksvriendelijker

- Strengere emissienormen
- Milieuzorgen
- Agressief beleid

- Elke grote autofabrikant investeert in EV



ZONE

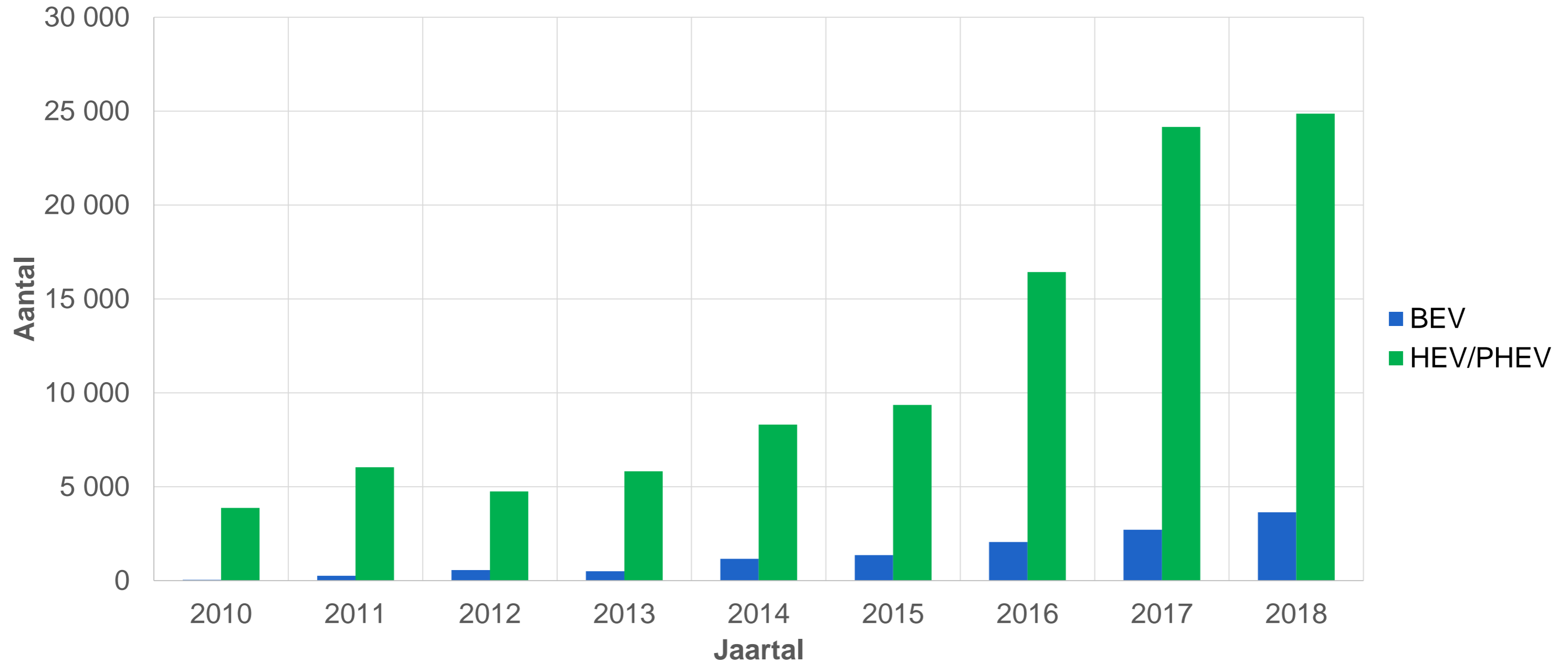


ZONE



INLEIDING

Nieuw ingeschreven personenvoertuigen



Verkoopsijfers België

Bron: FOD Mobiliteit en Transport - FEBIAC

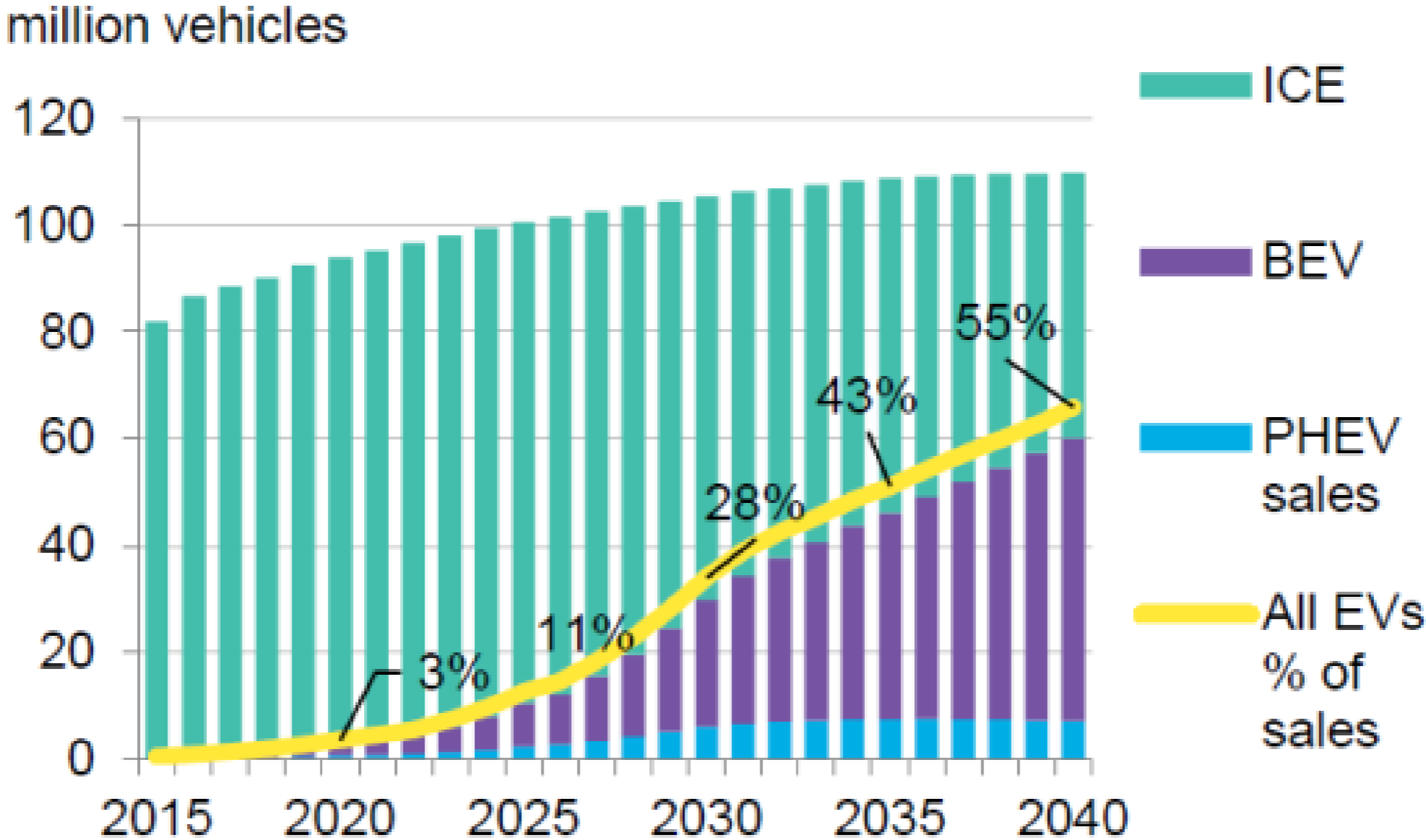
INLEIDING

Nieuw ingeschreven personenvoertuigen



INLEIDING

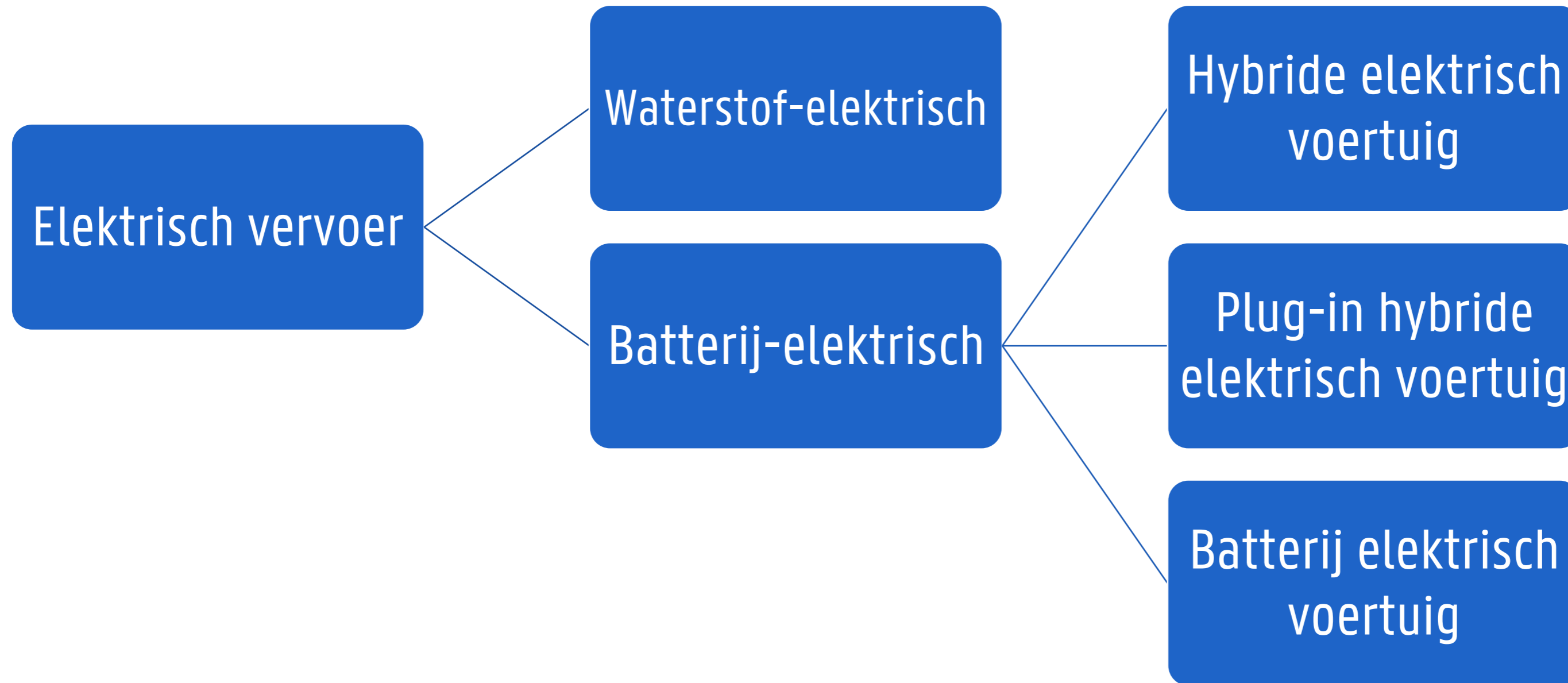
Evolutie van elektrische voertuigen



INHOUDSOPGAVE

- Elektrische voertuigen
 - Inleiding
 - **Overzicht van de type EV's**
 - Eigenschappen
 - Marktstudie
- Laadinfrastructuur

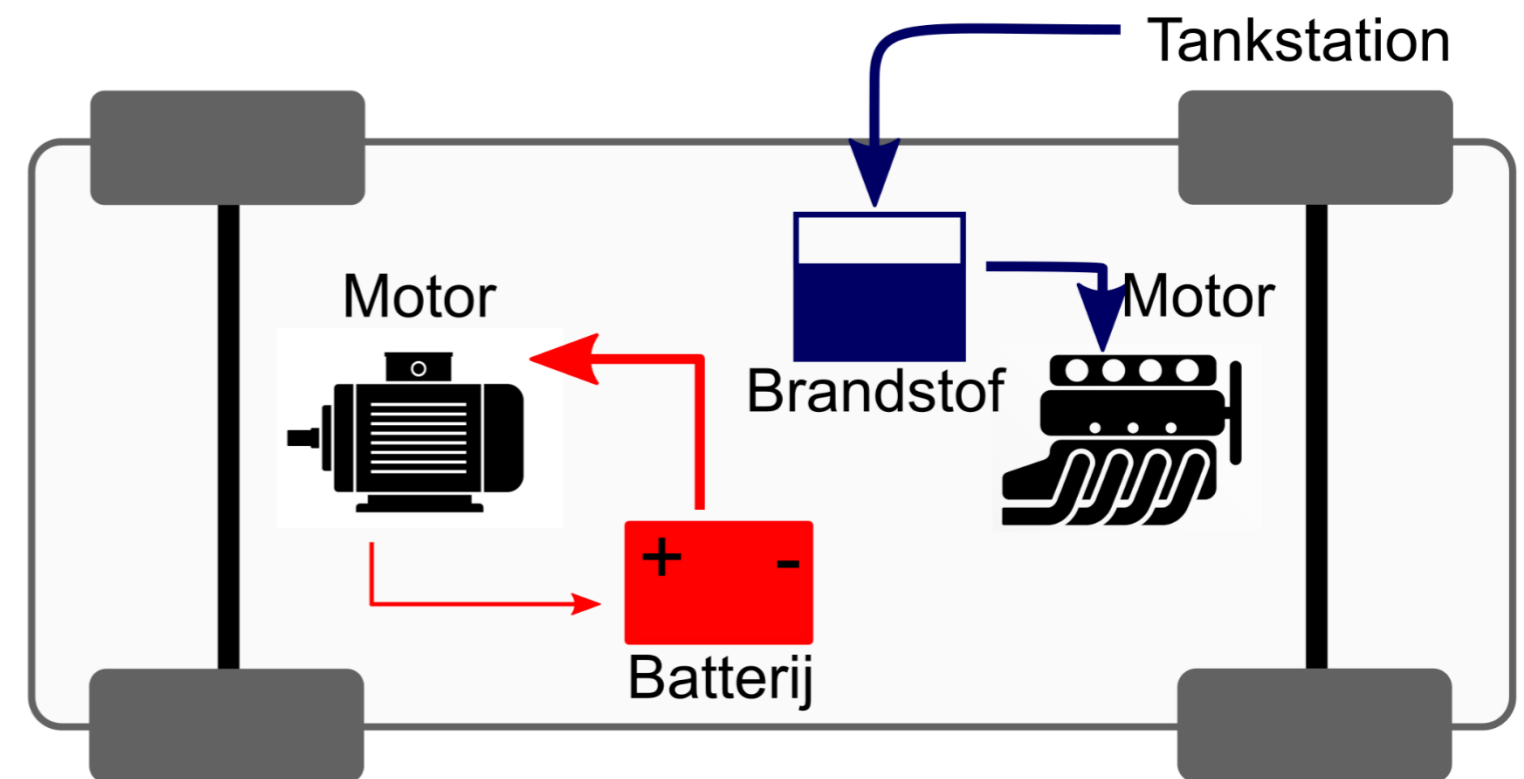
OVERZICHT VAN DE TYPE EV'S



OVERZICHT VAN DE TYPE EV'S

Hybride Elektrisch Voertuig (HEV)

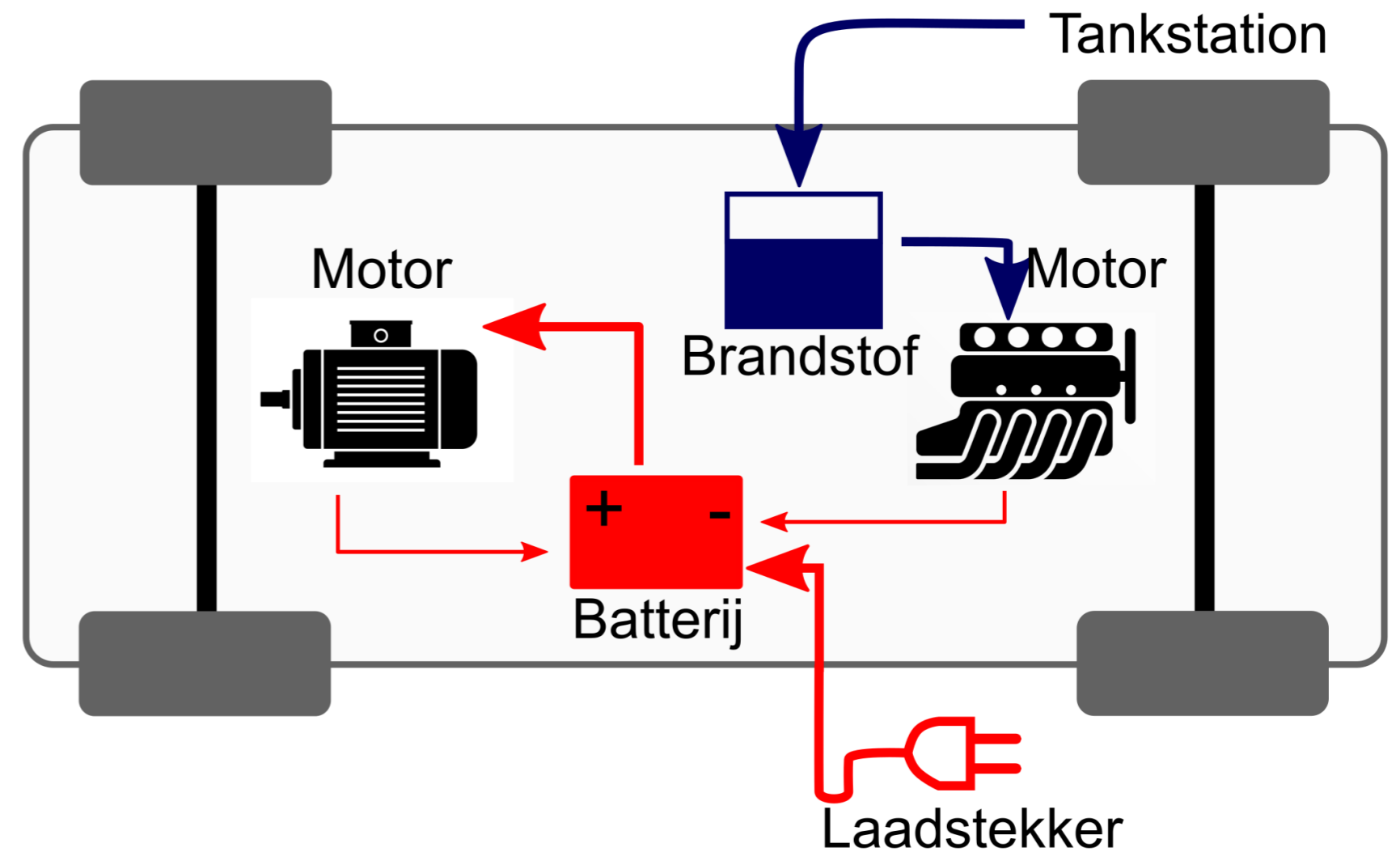
- Combinatie verbrandingsmotor & elektromotor
- Regeneratief remmen
- Brandstofbesparing
- Haalt zijn grootste voordeel in stedelijke gebieden
- Niet voorzien van een laadconnector



OVERZICHT VAN DE TYPE EV'S

Plug-in Hybride Elektrisch Voertuig (PHEV)

- Combinatie verbrandingsmotor & elektromotor
- 'Grotere' batterijcapaciteit
- Regeneratief remmen
- Voorzien van laadconnector

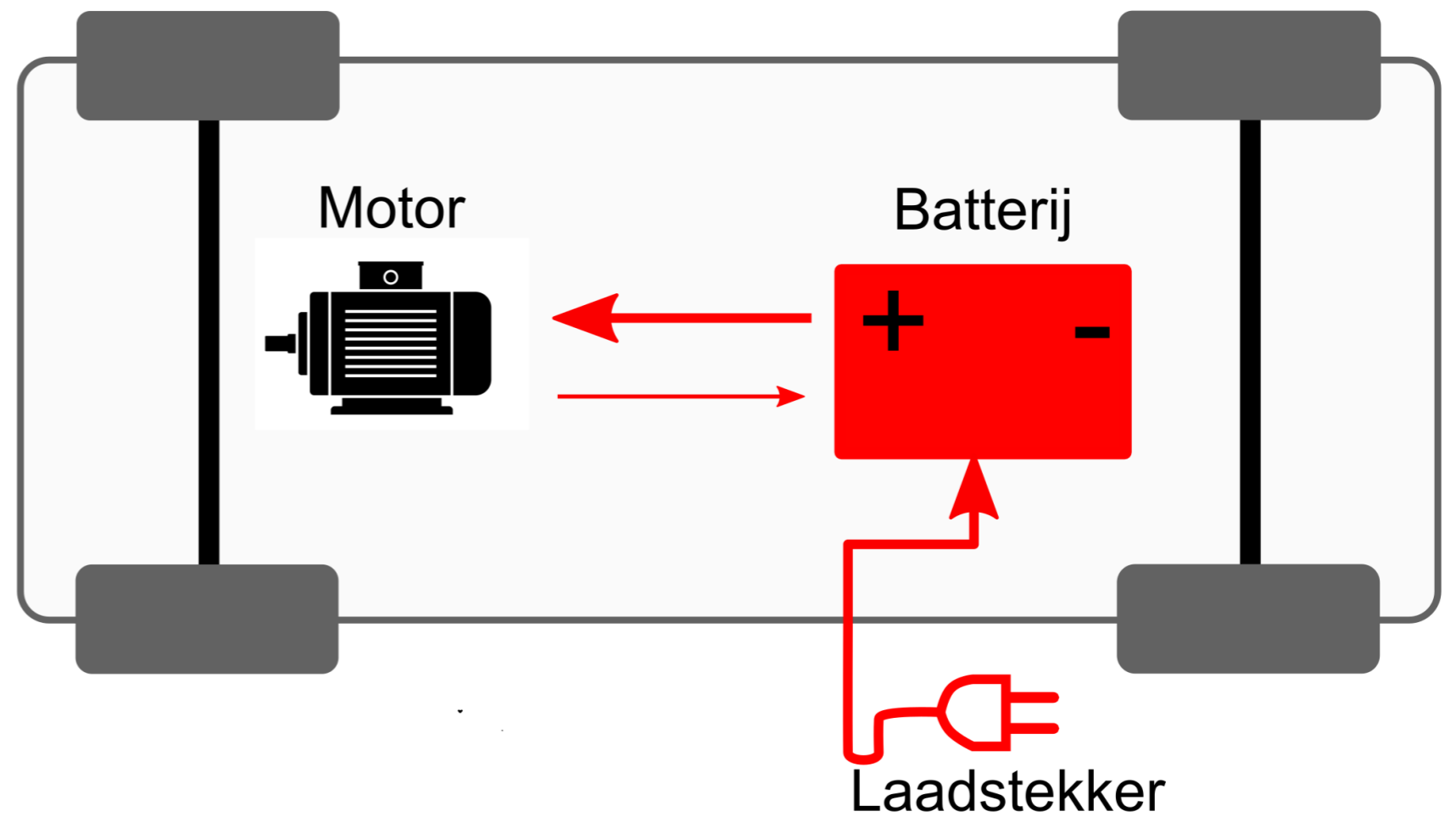




OVERZICHT VAN DE TYPE EV'S

Batterij Elektrisch Voertuig (BEV)

- 100 % elektrisch aangedreven
- Produceert geen schadelijke uitlaatgassen
- Batterij met 'grote' capaciteit
- Regeneratief remmen
- Voorzien van een laadconnector



OVERZICHT VAN DE TYPE EV'S

	BEV	PHEV	HEV
Type	Batterij Elektrisch Voertuig	Plug-in Hybride Elektrisch Voertuig	Hybride Elektrisch Voertuig
Werkingsprincipe	100 % elektrisch motor	Combinatie: Klassieke verbrandingsmotor & elektromotor	Combinatie: Klassieke verbrandingsmotor & elektromotor
Hoofdonderdelen	<ul style="list-style-type: none"> - Elektrische motor - Batterij - Omvormer - Laadstekker 	<ul style="list-style-type: none"> - Elektrische motor - Batterij - Omvormer - Laadstekker - Verbrandingsmotor - Brandstoftank 	<ul style="list-style-type: none"> - Elektrische motor - Batterij - Omvormer - Verbrandingsmotor - Brandstoftank
Voorbeelden	Tesla Model S; Nissan LEAF; BMW i3; Renault ZOE; Peugeot iON; ... enz.	Mitsubishi Outlander; Audi A3; Fiat500e; BMW 330 ^e ; Volvo XC40; ... enz.	Toyota Prius hybrid; Honda Civic Hybrid; Ford Escape Hybrid; Lexus CT200h; ... enz.

OVERZICHT VAN DE TYPE EV'S

	BEV	PHEV	HEV
Type	Batterij Elektrisch Voertuig	Plug-in Hybride Elektrisch Voertuig	Hybride Elektrisch Voertuig
Werkingsprincipe	100 % elektrisch motor	Combinatie: Klassieke verbrandingsmotor & elektromotor	Combinatie: Klassieke verbrandingsmotor & elektromotor
Hoofdonderdelen	<ul style="list-style-type: none"> - Elektrische motor - Batterij - Omvormer - Laadstekker 	<ul style="list-style-type: none"> - Elektrische motor - Batterij - Omvormer - Laadstekker - Verbrandingsmotor - Brandstoftank 	<ul style="list-style-type: none"> - Elektrische motor - Batterij - Omvormer - Verbrandingsmotor - Brandstoftank
Voorbeelden	Tesla Model S; Nissan LEAF; BMW i3; Renault ZOE; Peugeot iON; ... enz.	Mitsubishi Outlander; Audi A3; Fiat500e; BMW 330e; Volvo XC40; ... enz.	Toyota Prius hybrid; Honda Civic Hybrid; Ford Escape Hybrid; Lexus CT200h; ... enz.

Voorzien van laadstekker → PEV (Plug-in Elektrische Voertuigen)

INHOUDSOPGAVE

- Elektrische voertuigen
 - Inleiding
 - Overzicht van de type EV's
 - **Eigenschappen**
 - Marktstudie
- Laadinfrastructuur

EIGENSCHAPPEN

EV parameters

- Aankoopprijs
- Batterijcapaciteit
- Actieradius
- Verbruik [kWh / 100 km]
 - Normverbruik volgens geharmoniseerde testprocedures
 - Voor september 2017: New European Driving Cycle (=NEDC)
 - Sinds september 2017: Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures (= WLTP)
 - Rijstijl
 - Temperatuur
 - Randapparatuur

Rijstijl	Normverbruik vermenigvuldigen met:
zeer zuinig	1,20
gemiddeld	1,42
vlot	1,50
sportief	1,75

Tabel 1: Invloed van de rijstijl op het verbruik

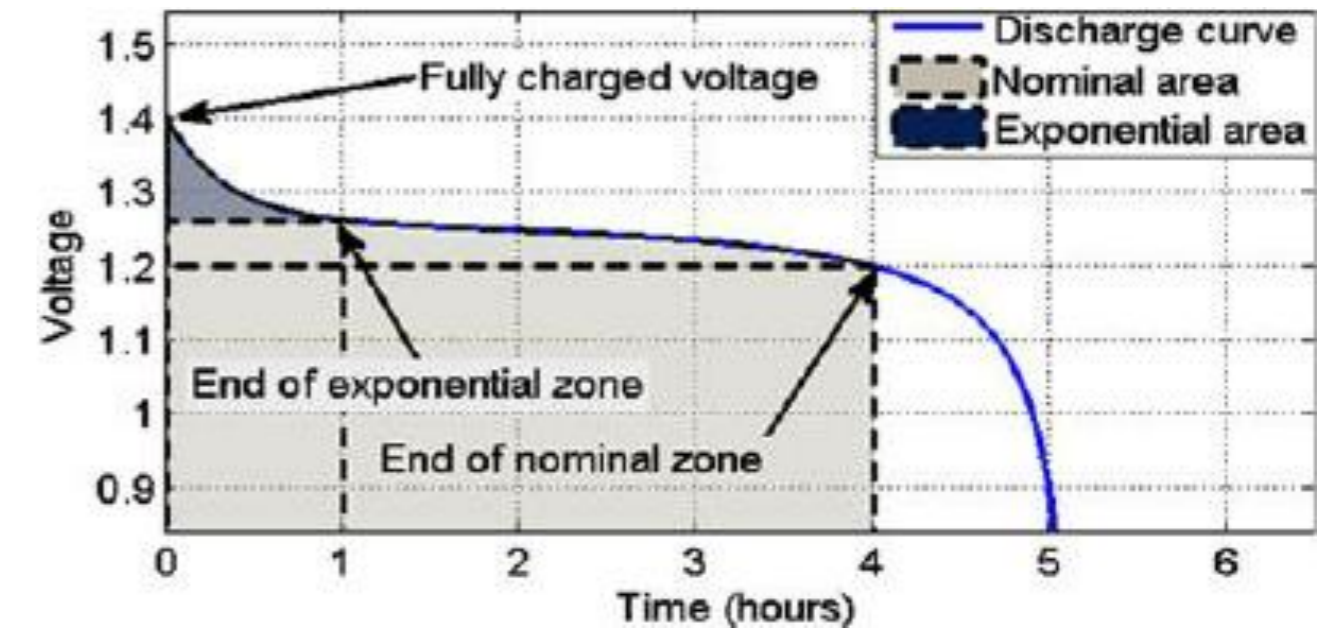
EIGENSCHAPPEN

1 kWh \neq 1 kW

1 kWh equivalent aan:
10 kW gedurende 6 minuten
1 kW gedurende 1 uur
100W gedurende 10 uur

Batterijparameters

- Capaciteit [Ah]
 - Het aantal uren dat de batterij een bepaalde stroom kan leveren
 - $C_{werk.}[Ah] = \frac{C_{bruikb.}[Ah]}{DoD_{max}[\%]} \times 100$
- Nominale celspanning [V]
 - De celspanning is afhankelijk van de state-of-charge van de batterij, de spanning neemt af naarmate de cel ontladen wordt
 - De nominale celspanning wordt bepaald als de gemiddelde spanning in de nominale zone van de spannings-tijds karakteristiek
- Energie [Wh]
 - Indicatie voor de maximale energie-inhoud
 - $E_{werk.}[Wh] = C_{werk.}[Ah] \times U_{nom.}$
- C-rate \sim Power
 - Maat voor de maximale snelheid waarmee ontladen mag worden t.o.v. de maximale capaciteit
 - Vb. 100 Ah – 1 C: de batterij mag aan een maximale stroom van 100 A ontladen gedurende 1 uur



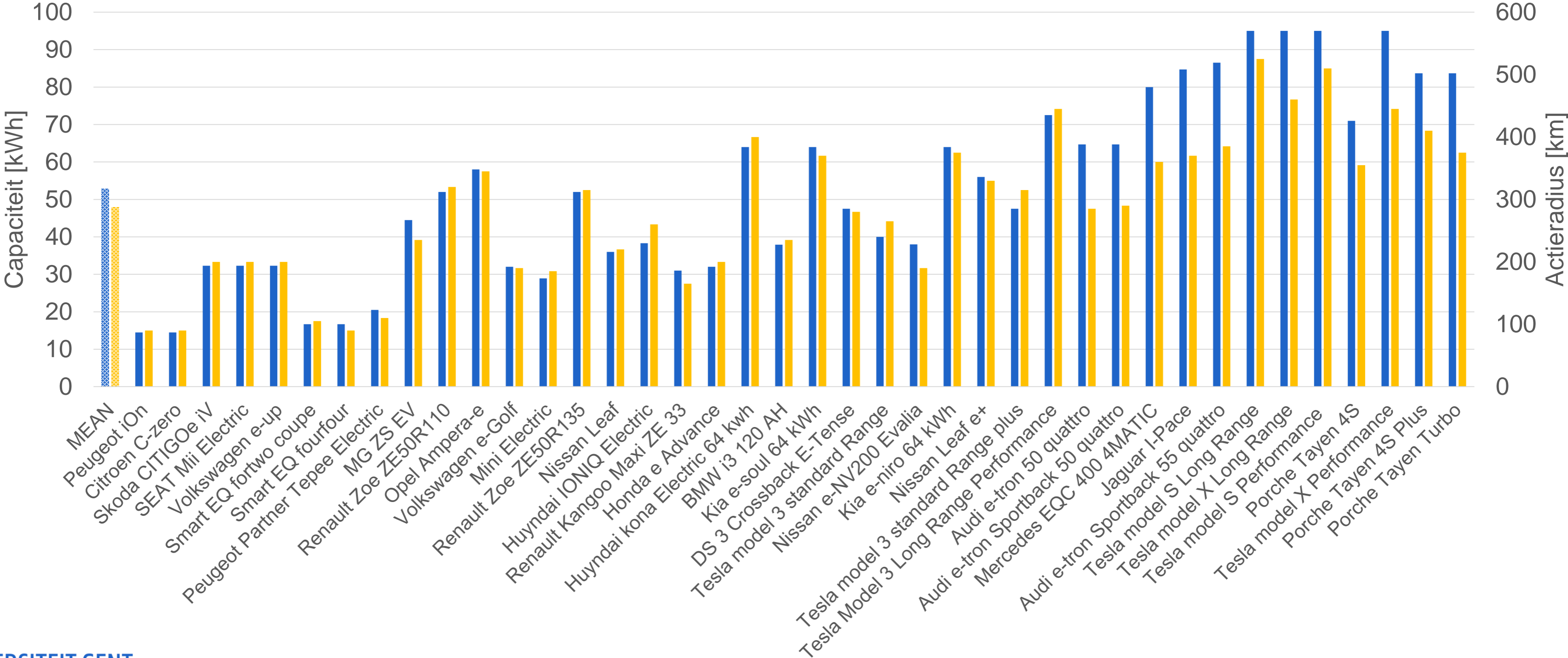
INHOUDSOPGAVE

- Elektrische voertuigen
 - Inleiding
 - Overzicht van de type EV's
 - Eigenschappen
 - **Marktstudie**
- Laadinfrastructuur

MARKTSTUDIE

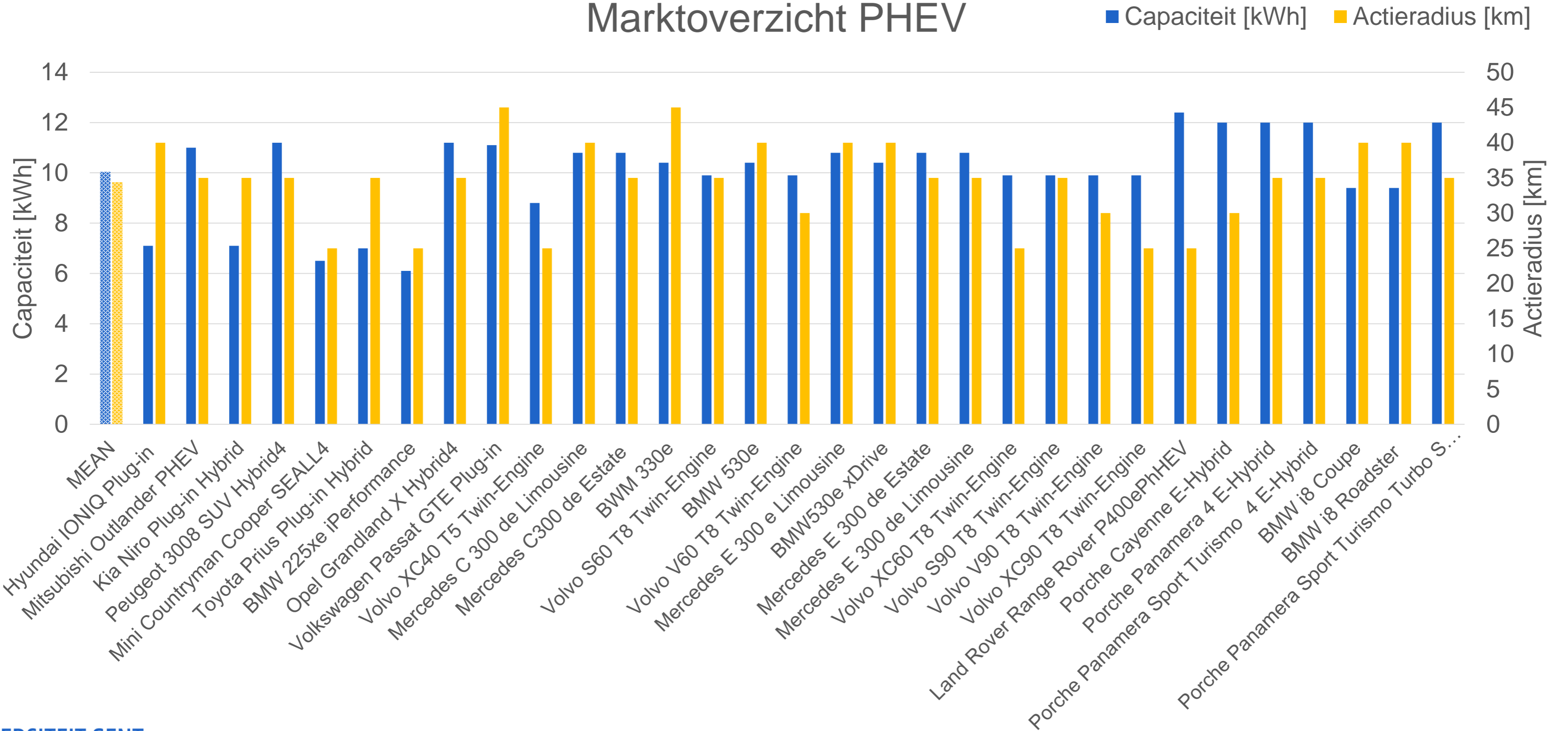
Marktoverzicht BEV

■ Capaciteit [kWh] ■ Actieradius [km]



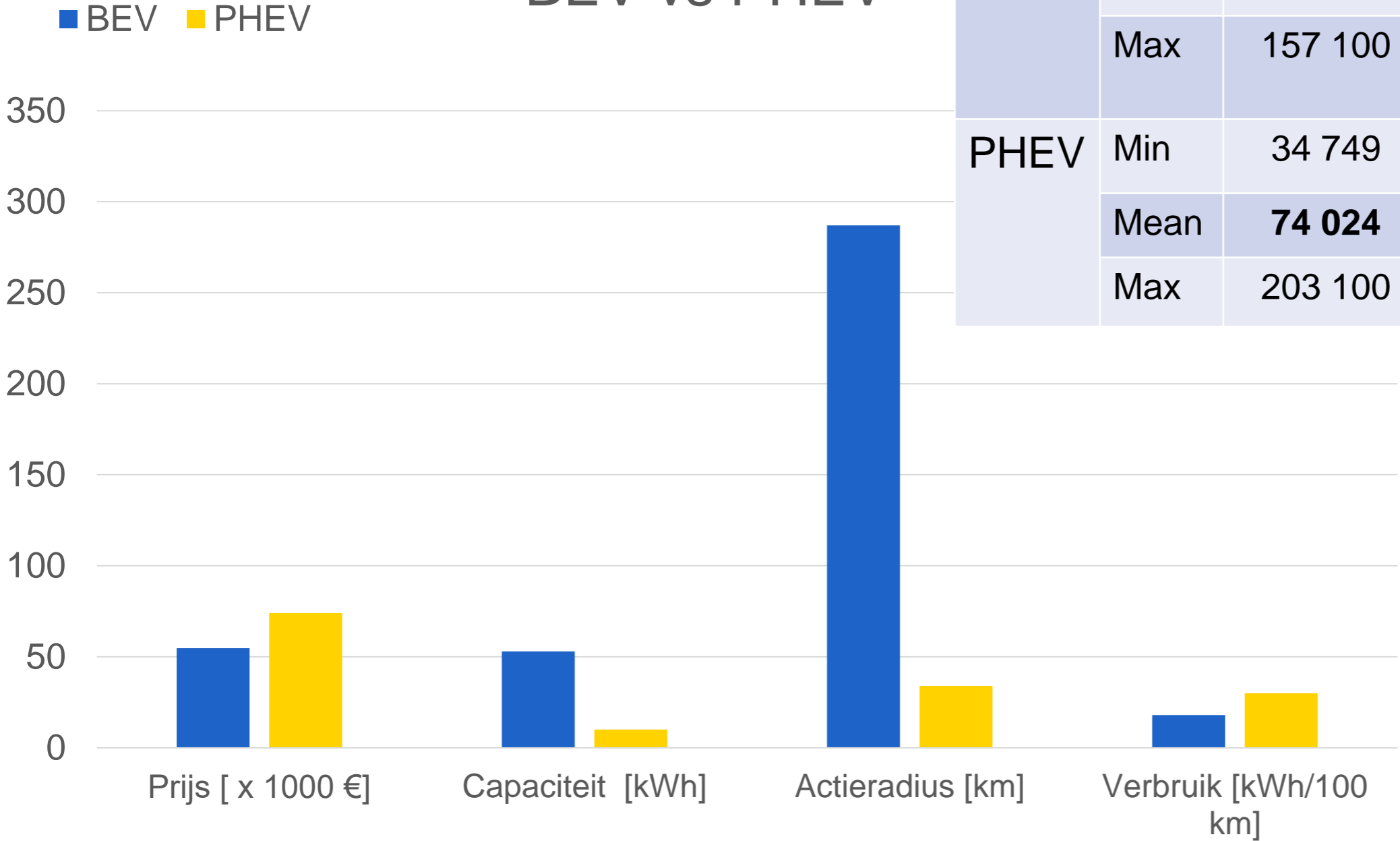
MARKTSTUDIE

Marktoverzicht PHEV



MARKTSTUDIE

BEV vs PHEV



		Prijs [€]	Capaciteit [kWh]	Actieradius [km]	Verbruik [kWh/100 km]
BEV	Min.	22 360	14,5	90	14,7
	Mean	54 748	53	287	18
	Max	157 100	95	525	22,9
PHEV	Min	34 749	6,1	25	17,8
	Mean	74 024	10	34	30
	Max	203 100	12,4	45	49,6

INHOUDSOPGAVE

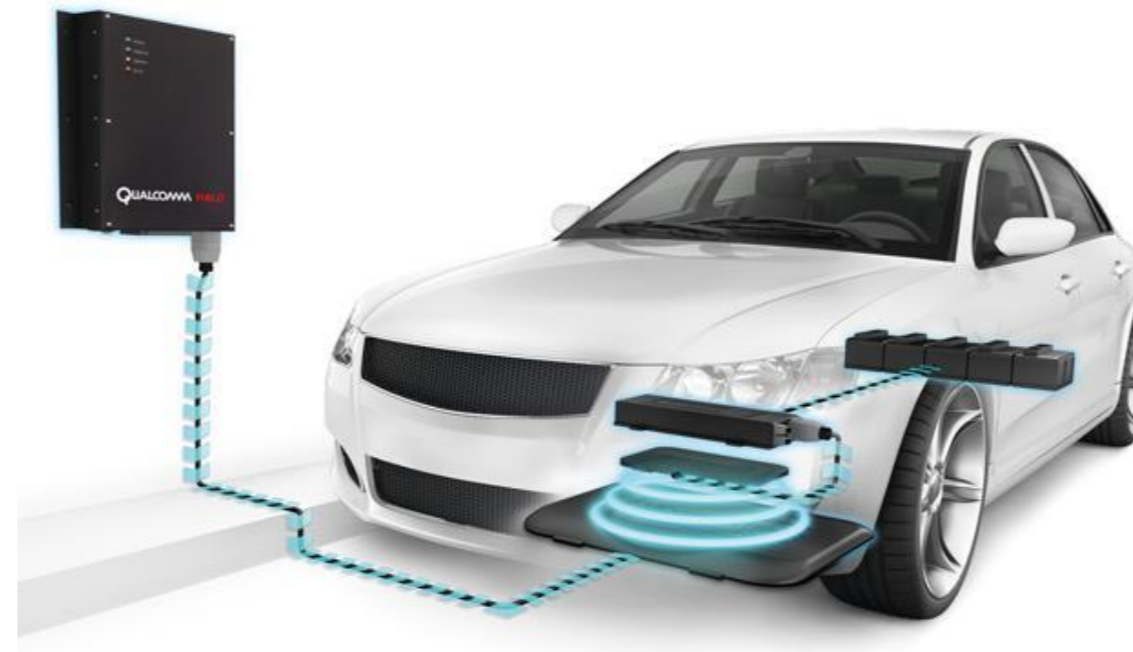
- Elektrische voertuigen
- Laadinfrastructuur
 - **Algemeen**
 - AC vs DC laden
 - Stekkers & aansluitingen
 - Overzicht van de laadmodi
 - Laadproces

ALGEMEEN

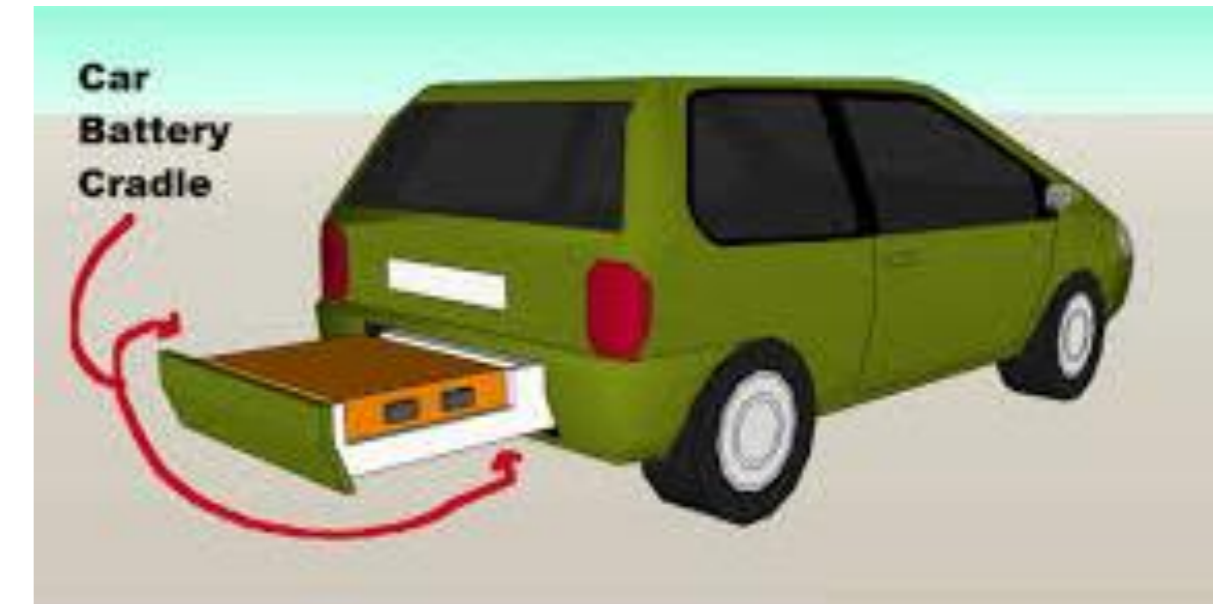
Conductive charging



Inductive charging



Battery swap

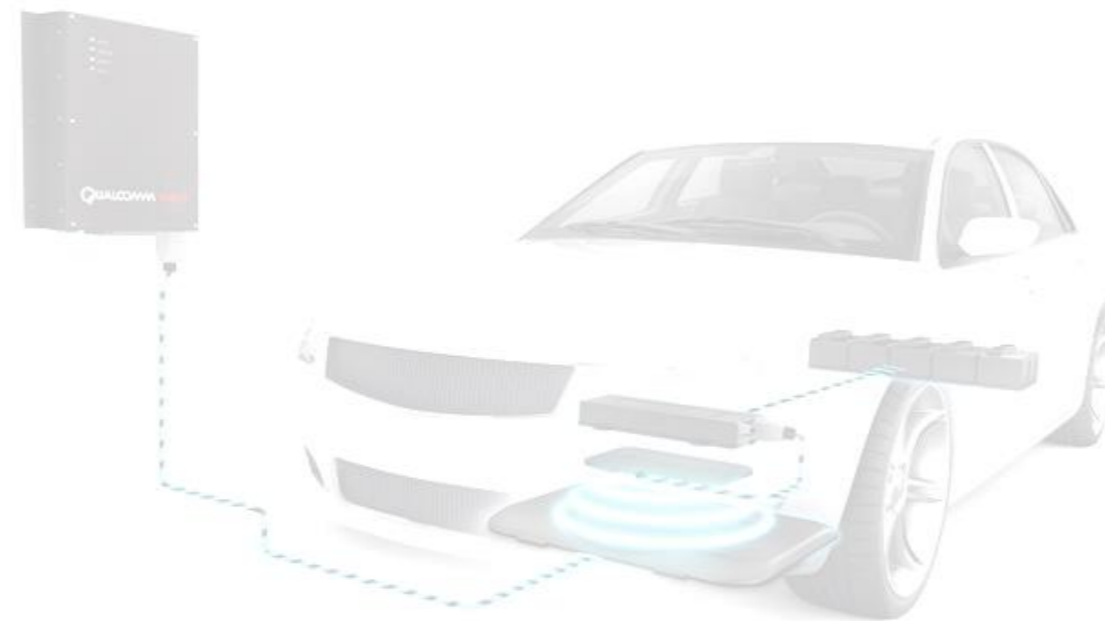


ALGEMEEN

Conductive charging



Inductive charging



Battery swap



INHOUDSOPGAVE

- Elektrische voertuigen
- Laadinfrastructuur
 - Algemeen
 - **AC vs DC laden**
 - Stekkers & aansluitingen
 - Overzicht van de laadmodi
 - Laadproces

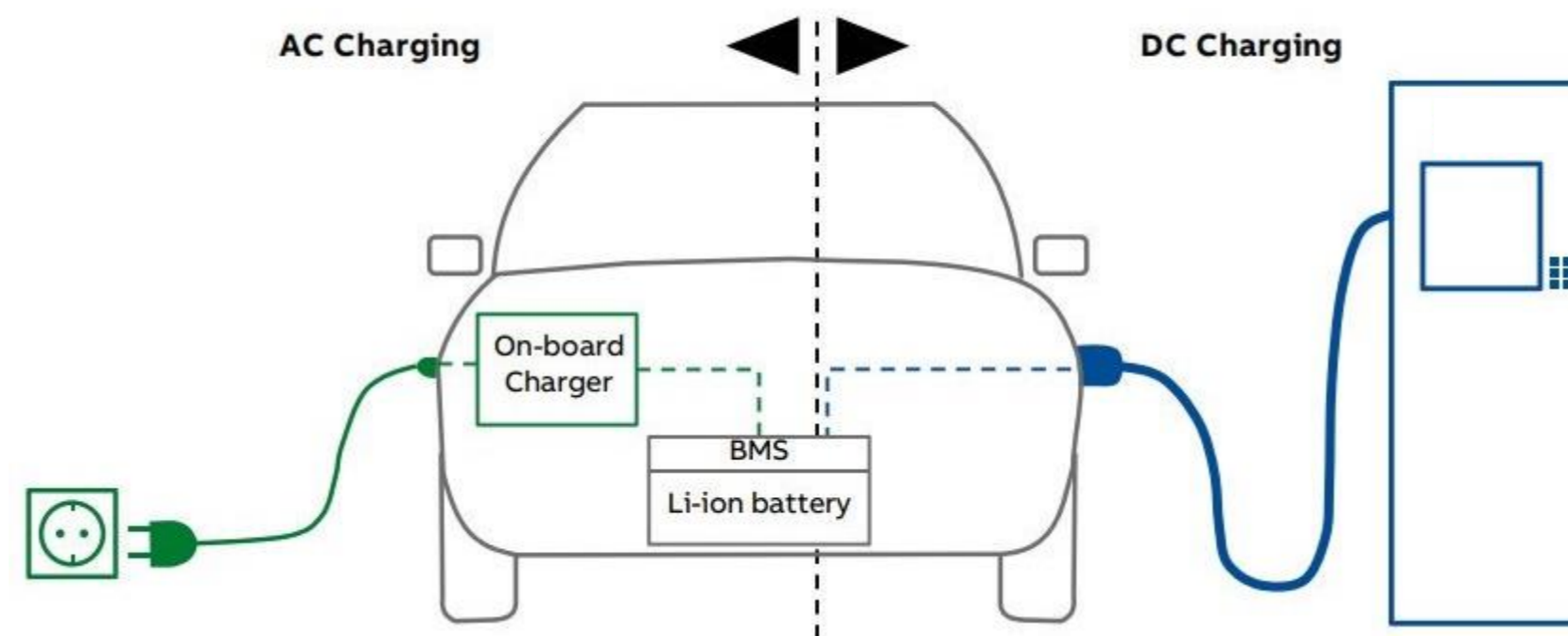
AC VS DC LADEN

Wisselstroom (AC)

- “Normal charging”
- On-board power converter
- Max 44 kW
- Mode 1, mode 2 en mode 3

Gelijkstroom (DC)

- “Fast charging”
- Off-board power converter
- Max 350 kW
- Mode 4



Bron afbeelding: ABB

INHOUDSOPGAVE

- Elektrische voertuigen
- Laadinfrastructuur
 - Algemeen
 - AC vs DC laden
 - **Stekkers & aansluitingen**
 - Overzicht van de laadmodi
 - Laadproces

STEKKERS & AANSLUITINGEN

AC-laden (IEC 62196-2)

- Type 1 – ‘Yazaki’-connector
 - Monofasig
 - Compatibel met connector type 1
- Type 2 – ‘Mennekes’-connector
 - Monofasig / driefasig
 - Compatibel met connector type 2 of CCS2
 - Standaard in Europa voor AC-laden

DC-laden (IEC 62169-3)

- Chademo
 - Compatibel met Chademo-stopcontact
- CCS2
 - Compatibel met CCS2-stopcontact
 - Standaard in Europa voor DC-laden
- (Tesla Supercharger)
 - Compatibel met alle Tesla voertuigen (excl. Model 3)



Type 1



Type 2



Chademo



CCS2



Tesla supercharger

INHOUDSOPGAVE

- Elektrische voertuigen
- Laadinfrastructuur
 - Algemeen
 - AC vs DC laden
 - Stekkers & aansluitingen
 - **Overzicht van de laadmodi**
 - Laadproces

OVERZICHT VAN DE LAADMODI

Laadmodus = laadsysteem = manier waarop laadproces gebeurt

- Communicatie tussen EV (BMS) en laadpunt
 - Laden?
 - Laadvermogen?
 - Duurtijd?

- Samengevat in verschillende laadmodi (IEC 61851)
 - Mode 1: Laden met normale stopcontact zonder begrenzing en/of extra beveiliging
 - Mode 2: Laden met vaste stroombegrenzer
 - Mode 3: Gecontroleerd AC-laden met communicatie tussen EV en laadpaal
 - Mode 4: DC-laden

OVERZICHT VAN DE LAADMODI

Mode 1

- Gebruik van standaard 16A stopcontact
- Eenvoudig en goedkoop
- Geen zekerheid van beveiliging
- Verboden in sommige landen (VS, Israël en Canada)!
- NIET meer van toepassing



Mode 2

- Gebruik van standaard 16 A stopcontact
- Communicatie en beveiliging in de kabel (ICCB)!
- Beperkte laadsnelheid (10 A)
- Beveiligt de EV maar niet het stopcontact
- Noodoplossing bij gebrek aan mode 3 laadstation



OVERZICHT VAN DE LAADMODI

Mode 3

- Specifieke laadinfrastructuur
- Communicatie tussen laadpunt en EV (powerline communication)
- Grote veiligheid en bedrijfszekerheid
- Hogere laadvermogens (tot 44 kW)
- Meest voorkomende mode voor AC-laden

Mode 4

- “DC-laden”
- Gelijkrichter bevindt zich in de laadpaal
- Dure investering (€22 000 - €175 000)
- Zeer hoge laadvermogens
- Bidirectionele stroomzin mogelijk
- Oplossing als laadsnelheid belangrijk is



INHOUDSOPGAVE

- Elektrische voertuigen
- Laadinfrastructuur
 - Algemeen
 - AC vs DC laden
 - Stekkers & aansluitingen
 - Overzicht van de laadmodi
 - **Laadproces**

LAADPROCES

Communicatie verloopt via Proximity Pilot (PP) en de Control Pilot (CP)

1. Maximale laadstroom kabel?

- Laadpunt meet weerstand laadkabel via PP
- Weerstandswaarde = maat voor maximale stroom door kabel

2. Wagen klaar voor laden?

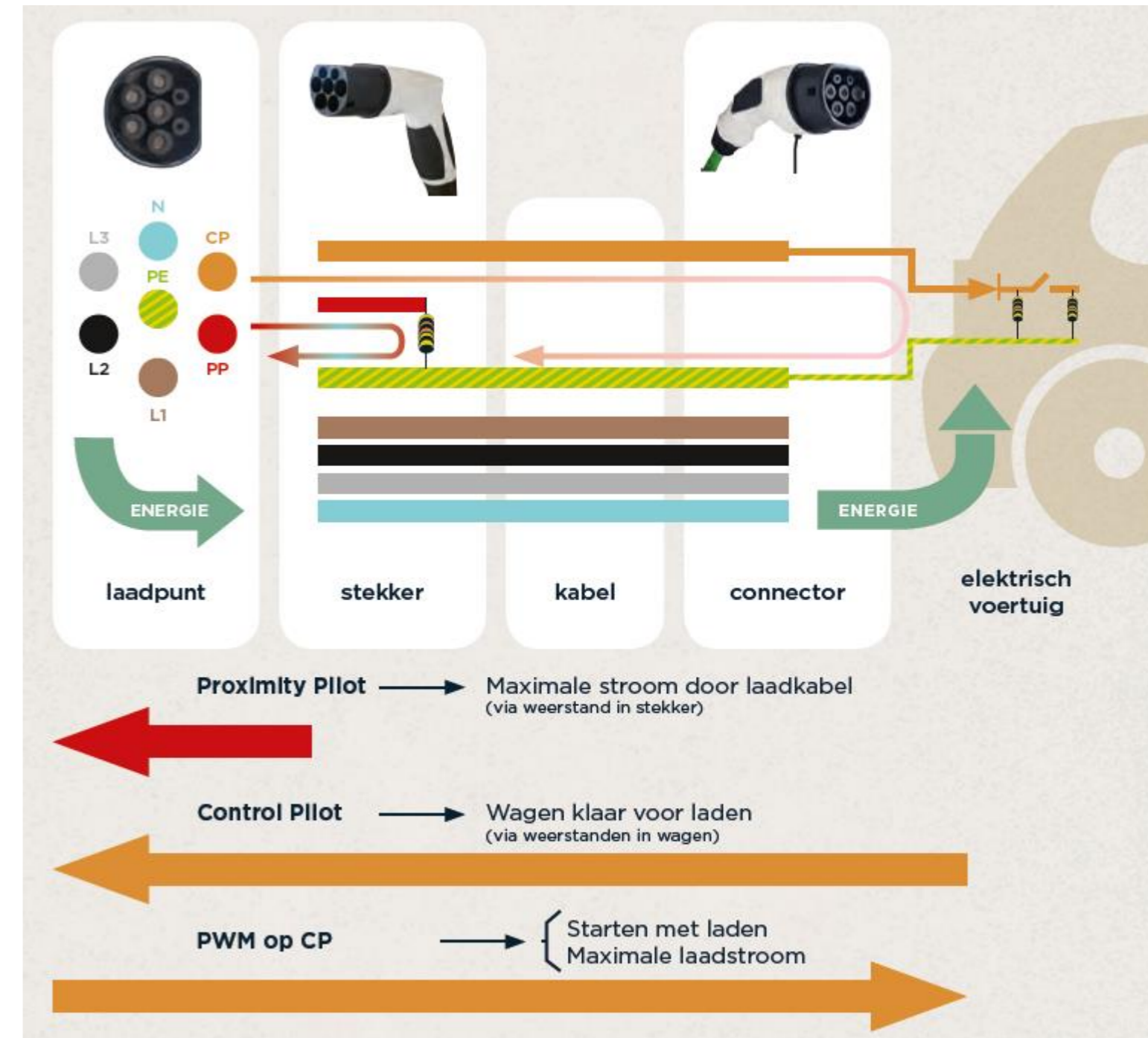
- Laadpunt meet weerstand tussen CP en PE
- Indien wagen klaar, wordt extra weerstand parallel geschakeld
- Daling van de weerstand = wagen klaar om geladen te worden

3. Communicatie start met laden

- Laadpunt geeft de EV de maximale laadstroom door en het signaal dat er gestart mag worden met laden
- PWM signaal op de CP
- Duty Cycle = maat voor de maximale laadstroom
- Aanpasbaar tijdens laadproces

4. Start met laden

- Relais sluit en de uitgang van het laadpunt komt onder spanning
- Interne (EV) batterijlader bepaalt de laadstroom, rekening houdend met het opgelegde maximum.

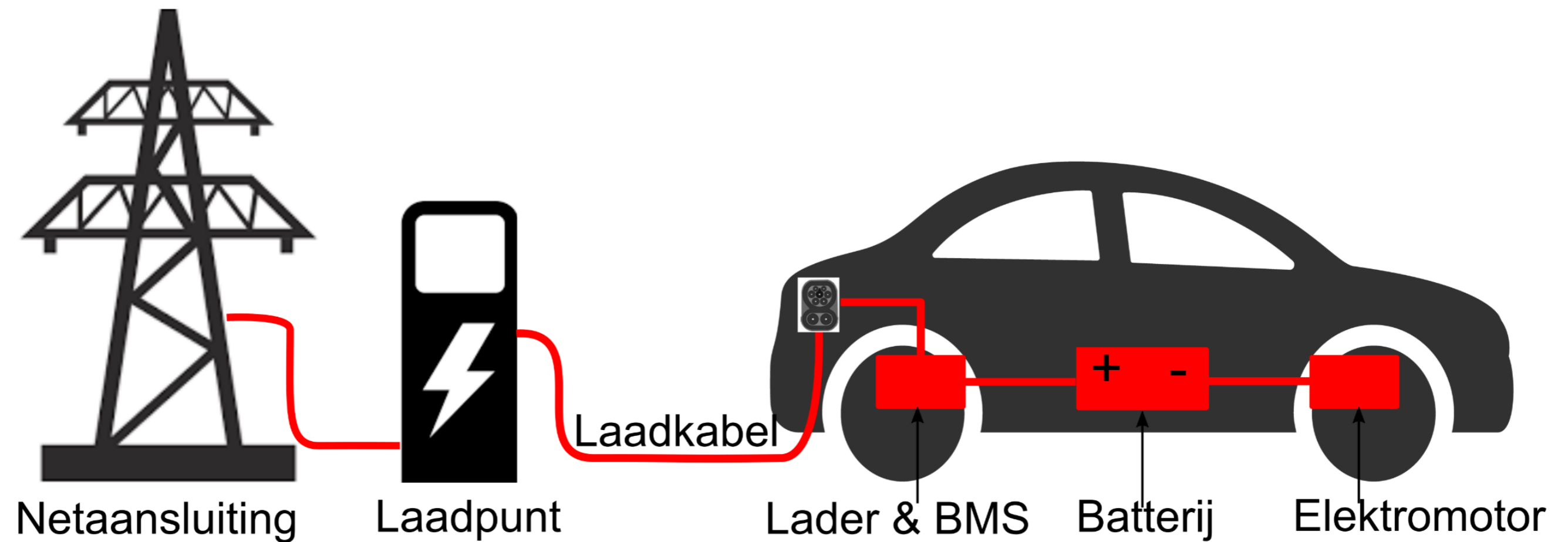


Bron: Fluvius

LAADPROCES

Componenten laadsysteem

1. De netaansluiting
2. Het laadpunt
3. De laadkabel
4. Het elektrisch voertuig



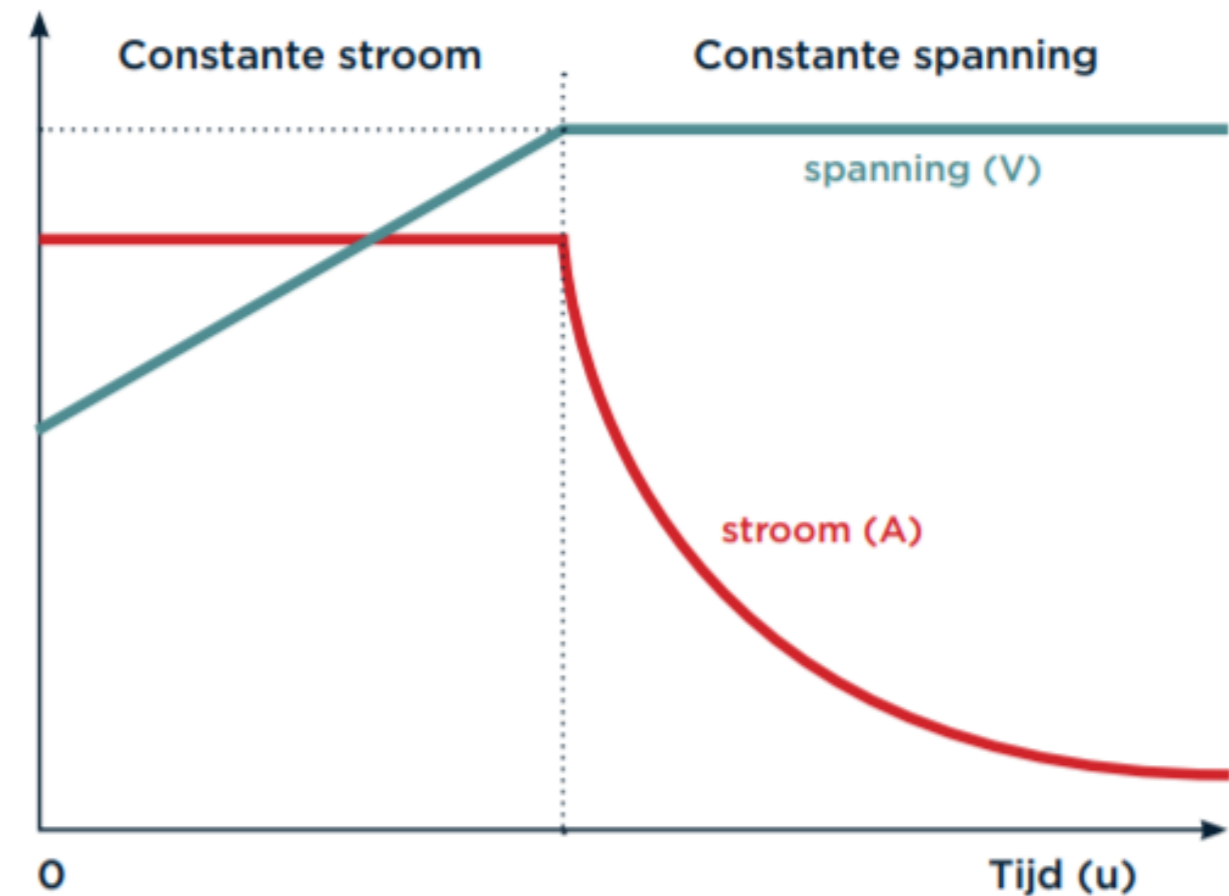
LAADPROCES

Fase 1 = bulk fase

- Constante stroom
- $U_n < U_{drempel}$
- Laadsnelheid afhankelijk van de maximale laadstroom

Fase 2 = final fase

- Constante spanning
- $U_n \geq U_{drempel}$
- 'Kleine' laadsnelheid



Bron: Fluvius

LAADPROCES

Laadvermogen

$$P_l = U_{bAT} * I_l$$

Laadenergie

$$E_l = \int P_l dt$$

C-rate

$$\text{C-rate} = P_l / E_{nom}$$

met:

P_l	het laadvermogen	[W]
E_l	de laadenergie	[Wh]
U_{bat}	de batterijspanning	[V]
I_{bat}	de laadstroom	[A]
E_{nom}	nominale batterijcapaciteit	[Wh]

LAADPROCES

	Fasen	Laadstroom [A]	Laadvermogen [kW]	Verbruik [kWh/100 km]	Afstand [km]	Laadtijd
Mode 1	Mono	16	3,7	18,5	100	5 h
Mode 2	Mono	10	2,3	18,5	100	8 h
Mode 3	Mono	16	3,7	18,5	100	5 h
	Mono	32	7,4	18,5	100	2,5 h
	Tri	16	11	18,5	100	101 min
	Tri	32	22	18,5	100	50 min
	Tri	64	43	18,5	100	26 min
	Tri	128	86	18,5	100	13 min
Mode 4	X	X	50	18,5	100	22 min
	X	X	150	18,5	100	7 min
	X	X	350	18,5	100	3 min

Gianni De Greve

Researchgroup EELAB – LEMCKO

Faculty of Electrical Energy, Systems and Automation
(EEMMeCS)

Ghent University – Campus Kortrijk

Graaf Karel de Goedelaan 34, 8500 Kortrijk

Tel. +32 (0)56 24 12 35

<http://lemcko.ugent.be> | <http://ugent.be> | disclaimer

Gianni.DeGreve@UGent.be