

## भारतातील शाश्वत विकासासाठी इलेक्ट्रिक वाहने: एक पर्याय

डॉ. विनोद म. गावंडे<sup>1</sup>, डॉ. लक्ष्मण रामभाऊ म्हस्के<sup>2</sup>, निता सखाराम खिराळे<sup>3</sup>

<sup>1</sup>अर्थशास्त्र विभाग प्रमुख, एल्फिन्स्टन महाविद्यालय, मुंबई.

<sup>2</sup>अर्थशास्त्र विभाग प्रमुख, शासकीय विदर्भ ज्ञान विज्ञान संस्था, अमरावती.

<sup>3</sup>संशोधक विद्यार्थिनी, शासकीय विदर्भ ज्ञान विज्ञान संस्था, अमरावती.

Email: [drvinodgawande123@gmail.com](mailto:drvinodgawande123@gmail.com)

Manuscript ID:

JRD -2025-171235

ISSN: 2230-9578

Volume 17

Issue 12(A)

Pp. 168-176

December 2025

Submitted: 18 Nov. 2025

Revised: 28 Nov. 2025

Accepted: 13 Dec. 2025

Published: 31 Dec. 2025

### गोष्टवारा

जागतिक स्तरावर औद्योगिकीकरण, शहरीकरण आणि वाढत्या मोटर वाहनांचा वापर यामुळे वायू उत्सर्जनात सातत्याने वाढ होत आहे. वाहतूक क्षेत्र हे भारतातील एकूण हरितगृह वायू उत्सर्जनातील सुमारे 18% ते 20% योगदान देते. 1 त्यामुळे भारताने 2070 पर्यंत निव्वळ शून्य वायू उत्सर्जन उद्दिष्ट साध्य करण्याची राष्ट्रीय प्रतिज्ञा जाहीर केली आहे. 2 या उद्दिष्टापूर्तीसाठी इलेक्ट्रिक वाहने हे अत्यंत महत्त्वाचे साधन मानले जात आहे. गेल्या काही वर्षांत भारतातील वाहन क्षेत्र, शहरांची वाहतूक व्यवस्था व पर्यावरणीय धोरणे या सर्व क्षेत्रांत इलेक्ट्रिक वाहनांचा वापर वेगाने वाढला आहे. परंतु, या वाढीबरोबरच नव्या तंत्रज्ञानासाठी एक सक्षम आणि परिणामकारक कायदेशीर व धोरणात्मक बाबी तयार करणे हे अत्यावश्यक ठरले आहे. पर्यावरणातील प्रदूषण कमी करणे आणि हरित ऊर्जा चालना देणे हे या धोरणांचे मुख्य उद्दिष्ट आहे. तसेच इलेक्ट्रिक वाहनांची उच्च किंमत, सुव्यवस्थित मॉडेलसची उपलब्धता नसणे आणि चार्जिंग संरचनेची कमतरता ही मुख्य आव्हाने आहेत. या समस्यांवर मात करण्यासाठी, सरकारने नवीन धोरणे आणि सबसिडी जाहीर केल्या आहेत, परंतु त्यांच्या अंमलबजावणीची अजूनही एक मोठी समस्या दिसून येते. करिता सदर लेखामध्ये 'भारतातील शाश्वत विकासासाठी इलेक्ट्रिक वाहने एक पर्याय' याचे विश्लेषण केलेले आहे.

**बीज शब्द:** ई-मोबिलिटी, इलेक्ट्रिक वाहने, कायदेशीर चौकट, EV धोरणे, पर्यावरण कायदे

### प्रस्तावना

भारतामध्ये इलेक्ट्रिक वाहनांच्या वाढत्या वापराला प्रोत्साहन देण्यासाठी आणि हवामान बदलाशी सामना करण्यासाठी, सरकारने नवीन इलेक्ट्रिक वाहन धोरणे तयार केली आहेत. या धोरणांचा मुख्य उद्देश जीवाश्म इंधनावरील अवलंबित्व कमी करणे, प्रदूषण नियंत्रणात आणणे, आणि देशात एक मजबूत ईव्ही उत्पादन हब विकसित करणे असा आहे. 3 इलेक्ट्रिक वाहनांच्या अंमलबजावणीच्या अनेक स्तरांवर आव्हाने आहेत, जसे की इलेक्ट्रिक वाहनांची उच्च किंमत, बॅटरीची उपलब्धता आणि चार्जिंग आधार संरचनेची कमतरता, या आव्हानांना तोंड देण्यासाठी सरकार विविध वित्तीय आणि गैर-वित्तीय प्रोत्साहने जसे की सबसिडी आणि करांमध्ये सवलत देत आहे. 4 इंधनाच्या वाढत्या किमती आणि वाढत्या पर्यावरणीय जागरूकता यामुळे, अधिकाधिक लोक पेट्रोलवर चालणाऱ्या वाहना ऐवजी इलेक्ट्रिक दुचाकीकडे वळत आहेत. त्यामुळे त्यांची लोकप्रियता वाढत असताना दिसत आहे. 5 इलेक्ट्रिक वाहने केवळ पर्यावरणीय लाभ देत नाहीत, तर आर्थिक विकास, सामाजिक कल्याण आणि राष्ट्रीय ऊर्जा सुरक्षेसाठीही अत्यंत महत्त्वाची आहेत.

### Creative Commons (CC BY-NC-SA 4.0)

This is an open access journal, and articles are distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) Public License, which allows others to remix, tweak, and build upon the work noncommercially, as long as appropriate credit is given and the new creations are licensed under the identical terms.

### Address for correspondence:

डॉ. विनोद म. गावंडे, अर्थशास्त्र विभाग प्रमुख, एल्फिन्स्टन महाविद्यालय, मुंबई.

### How to cite this article:

गावंडे, . विनोद. म., म्हस्के, . लक्ष्मण. रामभाऊ., & खिराळे, . निता. सखाराम. (2025). भारतातील शाश्वत विकासासाठी इलेक्ट्रिक वाहने: एक पर्याय. *Journal of Research & Development*, 17(12(A)), 168–176. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18638907>



Quick Response Code:



Website:

<https://jrdrv.org/>

DOI:

[10.5281/zenodo.18638907](https://doi.org/10.5281/zenodo.18638907)



शाश्वत विकासासाठी इलेक्ट्रिक वाहन हे भविष्यातील वाहतूक तंत्रज्ञान म्हणून उदयास येत आहे आणि त्याचा प्रसार देशाच्या प्रगतीसाठी निर्णायक ठरेल.

## जागतिक आणि भारतीय परिप्रेक्ष्यात इलेक्ट्रिक वाहनांची पार्श्वभूमी:

### जागतिक परिप्रेक्ष्य:

वाढते जागतिक तापमान, हवामान बदल आणि पारंपारिक जीवाश्म इंधन साधनांची मर्यादित उपलब्धता या समस्यांमुळे इलेक्ट्रिक वाहनांकडे जगभरातील देशांनी गंभीरपणे लक्ष देण्यास सुरुवात केली आहे. वाहतूक क्षेत्रातून जगातील एकूण 24% हरितगृह वायू उत्सर्जन होते, ज्यात पेट्रोल आणि डिझेल वाहनांचा मोठा वाटा आहे. या उत्सर्जनावर नियंत्रण ठेवण्यासाठी विकसित आणि विकसनशील देशांनी कमी कार्बन वाहतूक व हरित मॉडेल स्वीकारण्यास सुरुवात केली.

जागतिक स्तरावर इलेक्ट्रिक वाहनांचा विस्तार हा कार्बन उत्सर्जन नियंत्रण, वायू प्रदूषण कमी करणे, ऊर्जा स्वावलंबन, नवीकरणीय ऊर्जेचा वाढता वापर, तांत्रिक नवोन्मेष या कारणासाठी अधिक प्रभावी ठरला आहे. वर्तमान परिस्थितीत नॉर्वे, नेदरलँड्स, फ्रान्स, जर्मनी, चीन व अमेरिका हे देश वाहनांच्या वापरात अग्रस्थानी देश म्हणून ओळखले जाते. विशेषतः नॉर्वेमध्ये 85% पेक्षा अधिक नवीन वाहनांची विक्री इलेक्ट्रिक वाहनांमध्ये होत असल्याचे दिसून येते. चीन हा जगातील सर्वात मोठा इलेक्ट्रिक वाहन बाजार असून बॅटरी निर्मिती व तंत्रज्ञानात अत्यंत प्रगत मानला जातो. त्याचबरोबर युरोपियन युनियन आणि अमेरिकेने 2030 नंतर पेट्रोल व डिझेल वाहनांवर बंदी घालण्याचे धोरणात्मक लक्ष्य जाहीर केले आहे.<sup>6</sup> या सर्व वैशिष्ट्यांमुळे जागतिक पातळीवर इलेक्ट्रिक वाहनांचा विकास वेगाने होत असून भविष्यात हे वाहतुकीचे प्रमुख साधन म्हणून उदयास येत असल्याचे स्पष्टपणे दिसते.

### भारतीय परिप्रेक्ष्य:

भारत हा जागतिक स्तरावर तिसऱ्या क्रमांकाचा ऑटोमोबाईल बाजार असून वाढती लोकसंख्या, जलद शहरीकरण आणि वाहतूक गरजांची वाढ यामुळे पेट्रोल-डिझेलच्या वापरामध्ये सातत्याने वाढ होत आहे.<sup>7</sup> या परिस्थितीमुळे वायू प्रदूषण, इंधन आयातीवरील अवलंबित्व आणि आरोग्य समस्यांमध्ये लक्षणीय वाढ दिसून येते. भारत 85% पेक्षा जास्त कच्चे तेल आयात करतो, त्यामुळे ऊर्जा सुरक्षिततेच्या दृष्टीने पर्यायी इंधन आणि इलेक्ट्रिक वाहनांचा विकास ही अत्यावश्यक गरज बनली आहे.<sup>8</sup> भारताचा इलेक्ट्रिक वाहनांकडे वळण्यामागील प्रमुख कारणांमध्ये पर्यावरणीय दबाव, प्रदूषण नियंत्रण, वाहतूक क्षेत्रातील कार्बन उत्सर्जन कमी करण्याची आवश्यकता, आर्थिक विकासासाठी नवीन उद्योगांचा विस्तार, रोजगार निर्मिती, तसेच मेक इन इंडिया आणि आत्मनिर्भर भारत यांसारख्या धोरणात्मक उपक्रमांद्वारे देशी उत्पादनाला चालना देणे या सर्वांचा समावेश होतो. या सर्व घटकांमुळे भारतामध्ये इलेक्ट्रिक वाहनांचा विकास हा केवळ पर्यावरणपूरक उपाय नसून आर्थिक आणि तांत्रिक स्वावलंबनासाठी महत्त्वाचा मार्ग ठरतो.

अभ्यासावरून दिसून येते कि, जागतिक स्तरावर इलेक्ट्रिक वाहने शाश्वत वाहतुकीचा केंद्रबिंदू बनत आहेत आणि भारतानेही इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्राच्या विस्तारासाठी धोरणात्मक पावले उचलली आहेत. 2030 ते 2070 या कालावधीत हरित विकासाच्या राष्ट्रीय उद्दिष्टांची पूर्तता साध्य करण्यासाठी इलेक्ट्रिक वाहनांची भूमिका अत्यंत महत्त्वाची आहे.

### संशोधन साहित्याचा आढावा:

भारतामध्ये शाश्वत विकासाचा पर्यायी मार्ग म्हणून इलेक्ट्रिक वाहनांचे महत्त्व विविध संशोधकांनी अधोरेखित केले आहे.

#### 1) जयस्वाल आणि कौशल (2021)

वाहतूक क्षेत्रातील कार्बन उत्सर्जन कमी करण्यासाठी इलेक्ट्रिक वाहने प्रभावी साधन ठरू शकतात असे जयस्वाल आणि कौशल यांनी नमूद केले आहे. त्यांच्या मते, पारंपारिक वाहनांच्या तुलनेत इलेक्ट्रिक वाहनांमुळे हवेतील CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> आणि PM<sub>2.5</sub> या प्रदूषकांमध्ये लक्षणीय घट होते, त्यामुळे आरोग्यदायी वातावरण तयार होऊ शकते.

#### 2) राज आणि सहकारी (2023)

राज आणि सहकारी यांच्या अभ्यासात इंधन आयात आणि ऊर्जा सुरक्षा याबाबत अभ्यास केला आहे, भारतातील वाहतूक क्षेत्र हे मोठ्या प्रमाणात जीवाश्म इंधनांवर अवलंबून असल्यामुळे देशाच्या अर्थव्यवस्थेवर ताण वाढत आहे असे ते म्हणतात. त्यांच्या निष्कर्षानुसार इलेक्ट्रिक वाहनांचा स्वीकार केल्यास पेट्रोल आणि डिझेलवरील अवलंबित्व कमी होऊन राष्ट्रीय ऊर्जा सुरक्षितता आणि आर्थिक बचत साध्य होते असे ते म्हणतात.

#### 3) बालसुब्रह्मन्यम आणि इतर (2024)

बालसुब्रह्मन्यम आणि सहकारी यांनी ग्राहकांचा इलेक्ट्रिक वाहन स्वीकारण्याबाबतचा दृष्टिकोन अभ्यासला आहे. त्यांच्या मते, आधुनिक ग्राहक पर्यावरणपूरक पर्यायांचा विचार करतात, परंतु वाहनांची प्रारंभिक किंमत, चार्जिंग स्टेशनची कमतरता आणि बॅटरी आयुष्याबाबतची अनिश्चितता हे मोठे अडथळे आहेत. तसेच सरकारी प्रोत्साहन आणि सबसिडी मिळाल्यास इलेक्ट्रिक वाहन खरेदी करण्याची शक्यता वाढते असे त्यांच्या अभ्यासातून दिसून येते.

#### 4) डेगवेकर (2025)

डेगवेकर यांनी तांत्रिक प्रगती आणि चार्जिंग पायाभूत सुविधा याबाबत अभ्यास केला असून भारतात बॅटरी तंत्रज्ञान वेगाने सुधारत आहे आणि 2027 पर्यंत व्यावसायिक वाहने (उदा. बस आणि ट्रक) मोठ्या प्रमाणात हायड्रोजन किंवा इलेक्ट्रिक पर्यायांकडे वळतील असे ते म्हणतात.

#### 5) पॅन आणि सहकारी (2021)

सरकारी धोरणांचा लोकांद्वारे इलेक्ट्रिक वाहने स्वीकारण्यावर होणारा परिणाम पॅन आणि सहकारी यांच्या अभ्यासात दिसून येतो. त्यांनी FAME-I आणि FAME-II या योजनांचा उल्लेख करत या योजनांनी इलेक्ट्रिक वाहन उद्योगाला मोठा आधार दिला असून चार्जिंग स्टेशन, सबसिडी आणि कर सवलतीमुळे ग्राहकांचा विश्वास वाढत आहे असे म्हटले आहे.

थोडक्यात वरील संशोधन साहित्याचा आढावा घेतल्यावर हे स्पष्ट होते की इलेक्ट्रिक वाहने भारताच्या शाश्वत विकासासाठी पूरक असून अत्यावश्यक आहेत, मात्र चार्जिंग सुविधा, बॅटरी पुनर्वापर, ग्रामीण भागातील जागरूकता आणि किमती कमी करण्याच्या दिशेने अजून प्रयत्न करण्याची गरज आहे हे स्पष्ट होते.

#### विषयाची निवड:

भारतात वर्तमान परिस्थितीत इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्रात अनेक नाविन्यपूर्ण बदल सुरू करण्यात आले आहेत. सरकारी इलेक्ट्रिक वाहन धोरणे (FAME I, FAME II, राज्य इलेक्ट्रिक वाहन धोरणे) याच्या अंमलबजावणी चा अभ्यास तपासणे आवश्यक आहे. बॅटरी तंत्रज्ञानातील प्रगती, वाढत्या वायूप्रदूषणाचा प्रश्न, पेट्रोल, डीझेल च्या आयातीवरील अवलंबित्व ही देशाची मुख्य समस्या दिसून येते. इलेक्ट्रिक वाहन 2-चाकी, 3-चाकी, 4-चाकी आणि बस यांचे वापर सध्याच्या परिस्थितीत वाढत आहे. या कारणांमुळे इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्र हे अत्यंत सध्याच्या घडामोडींशी संबंधित, भविष्याभिमुख आणि शाश्वत विकासाशी जोडलेला विषय आहे त्यामुळे संशोधनाचा आधार सामाजिक, आर्थिक, तांत्रिक, पर्यावरणीय दृष्ट्या महत्वाचा आहे.

#### संशोधनाची उद्दिष्ट्ये :

- 1) भारतातील इलेक्ट्रिक वाहनांसाठी अस्तित्वात असलेल्या कायदेशीर चौकटीचे अभ्यास व विश्लेषण करणे.
- 2) इलेक्ट्रिक वाहनांच्या धोरणांच्या अंमलबजावणीची सद्यस्थिती व प्रगतीचे मूल्यमापन करणे.
- 3) इलेक्ट्रिक वाहनांच्या विकासात येणारी कायदेशीर, तांत्रिक, आर्थिक व प्रशासकीय आव्हाने ओळखणे.
- 4) इलेक्ट्रिक वाहन उद्योगाला प्रोत्साहन देण्यासाठी आवश्यक धोरणात्मक सुधारणा सुचवणे.

#### गृहीतके :

- 1) इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्राला प्रोत्साहन देण्यासाठी सरकारद्वारे आवश्यक प्रयत्न केले जात आहेत.

#### संशोधन पद्धती:

प्रस्तुत शोधनिबंधासाठी वर्णनात्मक आणि विश्लेषणात्मक संशोधन पद्धतीचा वापर केला आहे. हे सांशोधन पूर्णपणे दुय्यम स्रोतांवर आधारित असून, यामध्ये विविध तज्ञ लेखकांचे पूर्व प्रकाशित संशोधन, सरकारी धोरणे, सरकारी योजना, विशेषांक, दैनिके, वृत्तपत्र यामध्ये प्रकाशित लेख याचा आधार घेण्यात आला आहे.

#### भारतातील इलेक्ट्रिक वाहनांचे महत्व:

इलेक्ट्रिक वाहने केवळ पर्यावरणीय संदर्भात लाभ देत नाहीत, तर ती आर्थिक विकास, सामाजिक कल्याण आणि राष्ट्रीय ऊर्जा सुरक्षिततेसाठी साठीही अत्यंत आवश्यक आहेत. शाश्वत विकासासाठी इलेक्ट्रिक वाहन हे भविष्याच्या दृष्टीने अत्यंत आवश्यक वाहतूक तंत्रज्ञान आहे आणि त्याचा प्रसार देशाच्या प्रगतीसाठी निर्णायक ठरेल. इलेक्ट्रिक वाहने ही जागतिक स्तरावर विकसित देशांसाठी तसेच भारतीय वाहतूक व्यवस्थेत महत्त्वपूर्ण पर्याय म्हणून उदयास आली आहेत. वाढत्या प्रदूषणात घट, ऊर्जा-स्वावलंबन, स्वच्छ शहरीकरण आणि शाश्वत विकास साधण्यासाठी इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्र निर्णायक भूमिका बजावत आहे. इलेक्ट्रिक वाहनांचे चे महत्व खालीलप्रमाणे तीन प्रमुख परिमाणांमध्ये स्पष्ट केलेले आहेत.

#### 1) पर्यावरणीय महत्व:-

इलेक्ट्रिक वाहने ही पारंपरिक पेट्रोल-डिझेल इंजिनांच्या तुलनेत अत्यल्प प्रदूषण निर्माण करतात. इलेक्ट्रिक वाहन मध्ये दहन इंजिन नसल्यामुळे CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, तसेच सूक्ष्म कण सारख्या घातक प्रदूषकांचे उत्सर्जन मोठ्या प्रमाणात घटते, त्यामुळे हवामान बदल नियंत्रणासाठी हा उपाय अत्यंत प्रभावी ठरतो. मोठ्या शहरांमध्ये दिसणारा वाढता धूर व धुके, श्वसन व हृदयविकारांच्या घटनांमध्ये होणारी वाढ यावर नियंत्रण ठेवण्यास इलेक्ट्रिक वाहन महत्त्वाची भूमिका बजावू शकतात. जागतिक आरोग्य संघटनेच्या अहवालानुसार, प्रदूषणामुळे होणाऱ्या मृत्यूंपैकी मोठा वाटा वाहतूक क्षेत्राशी संबंधित असल्याचे दिसून येते. त्याचबरोबर, इलेक्ट्रिक वाहन चार्जिंगसाठी

सौर व पवन ऊर्जे सारख्या नवीकरणीय हरित उर्जेचा वापर केल्यास हरित ऊर्जा परिसंस्था मजबूत होते. तसेच इलेक्ट्रिक वाहनांचे संचालन शांत असल्यामुळे शहरी भागातील ध्वनी प्रदूषणातही लक्षणीय घट होत आहे.<sup>9</sup>

## 2) आर्थिक महत्व:-

भारतात कच्च्या तेलाचे साठे मर्यादित असल्यामुळे 85% पेक्षा जास्त आयात विदेशातून होते, कच्च्या तेलाला पर्याय म्हणून इलेक्ट्रिक वाहनांचा वापर वाढल्यास विदेशी चलनातील अब्जावधी डॉलरची बचत होऊ शकते तसेच ऊर्जा स्वावलंबन साध्य करण्यास मदत होते. इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्रामुळे रोजगार निर्मितीच्या नवीन संधी निर्माण होत आहेत, जसे बॅटरी उत्पादन, चार्जिंग स्टेशन उभारणी, वाहन सर्विसिंग, संशोधन आणि तांत्रिक नवोन्मेष इत्यादी. देशात मेक इन इंडिया आणि स्टार्ट अप इंडिया सारख्या उपक्रमांमुळे इलेक्ट्रिक वाहन उत्पादन, बॅटरी नवोपक्रम, बॅटरी पुनर्वापर आणि पुरवठा साखळी व्यवस्थापनात मोठ्या प्रमाणावर गुंतवणूक होत आहे. तसेच इलेक्ट्रिक वाहनांचा देखभाल-खर्च पारंपरिक वाहनांच्या तुलनेत 60 ते 70% कमी असतो असे पूर्व संशोधनांतून प्राप्त झाले आहे. तसेच पेट्रोल-डिझेलच्या तुलनेत वीज खर्च खूपच कमी असल्याने वापरकर्त्यांना थेट आर्थिक लाभ मिळतो असेही स्पष्ट झाले आहे.<sup>10</sup>

## 3) सामाजिक महत्व :-

वातावरणातील वायू प्रदूषण कमी झाल्यास दमा, फुफ्फुसाचे विकार, हृदयविकार अशा आरोग्य समस्यांचे प्रमाण लक्षणीयरीत्या घटू शकते, त्यामुळे सार्वजनिक आरोग्यात सुधारणा होते. इलेक्ट्रिक वाहने स्वच्छ, शांत आणि सुरक्षित परिवहन पर्याय उपलब्ध करून देतात त्यामुळे शहरी जीवनमान आणि राहणीमान निर्देशांकांमध्ये सुधारणा होते. त्याचबरोबर इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्रातील प्रगतीमुळे नव्या पिढीमध्ये नवोपक्रम, संशोधन व तांत्रिक जागरूकता वाढते आणि समाजात तंत्रज्ञानावर आधारित सामाजिक नवकल्पनांना प्रोत्साहन मिळते.<sup>11</sup>

अशाप्रकारे भारतामध्ये इलेक्ट्रिक वाहनांचे पर्यावरणीय, आर्थिक आणि सामाजिक महत्व अत्यंत व्यापक आहे. प्रदूषण नियंत्रण, ऊर्जा स्वावलंबन, रोजगार निर्मिती, शहरी जीवनमान सुधारणा आणि तांत्रिक प्रगती यांमुळे इलेक्ट्रिक वाहन धोरणे राष्ट्रीय विकासाचे प्रमुख साधन ठरत आहेत. त्यामुळे इलेक्ट्रिक वाहन हे भारताच्या हरित आणि शाश्वत विकासाच्या उद्दिष्टपूर्तीसाठी निर्णायक ठरणार आहेत.

## भारतातील इलेक्ट्रिक वाहन कायदे आणि धोरणांचा आढावा:

भारतात इलेक्ट्रिक वाहनांचा स्वीकार आणि विस्ताराला गती देण्यासाठी केंद्र व राज्य सरकारकडून विविध धोरणे, कायदे आणि नियामक मानके लागू करण्यात आलेले आहेत. या संशोधनाचा मुख्य उद्देश वातावरणात निर्माण झालेल्या समस्या म्हणजे कार्बन उत्सर्जनात घट करणे, इंधन आयात अवलंबित्व कमी करणे, स्वच्छ आणि शाश्वत वाहतूक उपलब्ध करणे तसेच इलेक्ट्रिक वाहन उद्योगाला आवश्यक तांत्रिक व आर्थिक समर्थन पुरवणे हा आहे. केंद्र सरकार द्वारे राबवण्यात आलेली NEMMP 2020 आणि FAME-I व FAME-II योजना या इलेक्ट्रिक वाहन अवलंब, उत्पादन व चार्जिंग पायाभूत संरचना निर्माण करण्यासाठी महत्त्वपूर्ण आहेत. Motor Vehicles (Amendment) Act, 2019 मार्फत सुरक्षित आणि डिजिटल वाहतूक व्यवस्था, वाहन नोंदणी, विमा व दंड नियम सुधारण्यात आले त्यामुळे इलेक्ट्रिक वाहन साठी अनुकूल परिवहन पर्यावरण तयार झाले. इलेक्ट्रिक वाहन पायाभूत सुविधा मजबूत करण्यासाठी सरकारने चार्जिंग स्टेशन नियम व मार्गदर्शक तत्वे लागू केली असून त्याद्वारे सार्वजनिक आणि घरगुती इलेक्ट्रिक वाहन चार्जिंग सुविधांची परवानगी आणि नियमन सुलभ करण्यात आले आहे. याशिवाय राज्यांचा अभ्यास केला असता महाराष्ट्र, दिल्ली, कर्नाटक, गुजरात, तेलंगणा इत्यादी अनेक राज्यांनी स्वतंत्र राज्यस्तरीय इलेक्ट्रिक वाहन धोरणे जाहीर करून करसवलती, अनुदाने, नोंदणी शुल्क माफी, बॅटरी स्वॅपिंग सुविधांचे प्रोत्साहन आणि इलेक्ट्रिक वाहन उद्योगात गुंतवणुकीसाठी प्रोत्साहन उपलब्ध करून दिले आहे. या सर्व धोरणात्मक व कायदेशीर उपायांचा परिणाम म्हणून भारतात इलेक्ट्रिक वाहनांचा अवलंब वेगाने वाढत असून शाश्वत, पर्यावरणपूरक आणि ऊर्जा-सुरक्षित वाहतूक यंत्रणा विकसित करण्याचा मार्ग अधिक दृढ झाला आहे.

## राष्ट्रीय धोरणे:

### 1) NEMMP 2020 (National Electric Mobility Mission Plan):

NEMMP ही भारतात हायब्रिड आणि इलेक्ट्रिक वाहनांचा अवलंब व उत्पादन वाढविण्यासाठी 2013 मध्ये केंद्र सरकारने सुरू केलेली एक महत्त्वपूर्ण धोरणात्मक योजना होती. या योजनेचा मुख्य उद्देश राष्ट्रीय इंधन सुरक्षितता वाढविणे, परवडणारी आणि पर्यावरणपूरक वाहतूक व्यवस्था उपलब्ध करणे आणि भारतीय ऑटोमोबाईल उद्योगाला जागतिक स्तरावर EV उत्पादनाला प्रोत्साहन देणे हा होता. या धोरणांतर्गत मागणी-आधारित प्रोत्साहने, तंत्रज्ञान विकास, संशोधन-विकास आणि चार्जिंग पायाभूत सुविधा निर्माण

करण्यावर विशेष भर देण्यात आला. वर्ष 2020 पर्यंत देशात 6 ते 7 दशलक्ष इलेक्ट्रिक व हायब्रिड वाहनांची विक्री साध्य करण्याचे लक्ष्य या योजनेद्वारे निश्चित करण्यात आले होते, त्यामुळे भारतीय वाहतूक क्षेत्राचा शाश्वत विकासाचा पाया भविष्यासाठी मजबूत करण्याचा प्रयत्न झाला.

## 2) FAME-I (2015) आणि FAME-II (2019):

FAME ही योजना भारतात इलेक्ट्रिक वाहनांचा अवलंब आणि उत्पादन विस्तार वाढवण्यासाठी दोन टप्प्यांमध्ये राबविण्यात आली होती. पहिला टप्पा FAME-I याचा कालावधी 2015-2019 असा पाच वर्षांचा असून या पहिल्या टप्प्याचे उद्दिष्ट हायब्रिड आणि इलेक्ट्रिक वाहनांच्या बाजारपेठेचा विकास करणे आणि उत्पादन परिसंस्था निर्माण करणे हे होते. या टप्प्यात वाहन खरेदीसाठी अनुदान, तांत्रिक संशोधनाला प्रोत्साहन आणि इलेक्ट्रिक वाहन घटक व भागांच्या निर्मितीला समर्थन देण्यात आले होते. त्यानंतर सुरु झालेला दुसरा टप्पा FAME-II (2019-2024) असा असून हा अधिक व्यापक आणि प्रभावी टप्पा असून त्याचा मुख्य उद्देश सार्वजनिक आणि सामायिक वाहतुकीत इलेक्ट्रिक व हायब्रिड वाहनांचा जलद अवलंब घडवून आणणे हा आहे. या योजनेत ई-बस, ई-ऑटो, ई-रिक्शा, चार-चाकी व दुचाकी यांसारख्या वाहतूक साधनांवर विशेष लक्ष केंद्रित करण्यात आले आहे. याशिवाय देशभर चार्जिंग पायाभूत सुविधा उभारणे, देशांतर्गत इलेक्ट्रिक वाहन उत्पादन व बॅटरी उत्पादनाला चालना देणे आणि बॅटरी पुनर्वापर क्षेत्राचा विकास करणे यावरही विशेष भर देण्यात आला आहे. FAME-II मुळे भारतात इलेक्ट्रिक वाहन उद्योगाला अधिक वेग आणि आर्थिक स्थैर्य मिळण्यास मदत झाली आहे.

## 3) Motor Vehicle (Amendment) Act 2019:

हा कायदा भारतातील रस्ते सुरक्षा, वाहतूक व्यवस्थापन, परवाना प्रणाली, दंड नियम आणि वाहन नोंदणी प्रक्रियेत मोठे सुधार घडवून आणणारे एक महत्वाचे कायदे सुधार विधेयक आहे. या कायद्यामुळे इलेक्ट्रिक वाहनांसाठी आणि हरित वाहतूक पद्धतीसाठी अनुकूल वातावरण निर्माण झाले आहे. या विधेयकामुळे डिजिटल नोंदणी, परवडणारी विमा रचना, वाहन स्कॅपिंग धोरण आणि स्मार्ट शहरांतील ई-बस व ई-ऑटो सारख्या सार्वजनिक इलेक्ट्रिक वाहन वाहतूक सेवांच्या नियमनाचा मार्ग सुकर झाला आहे. त्यामुळे सुरक्षित, पर्यावरणपूरक, परवडणारी आणि नियमनाधारित आधुनिक परिवहन व्यवस्था उभारण्यास या कायद्याने महत्त्वपूर्ण मदत केली.

## 4) EV चार्जिंग स्टेशन धोरणे व नियम:-

भारत सरकारने इलेक्ट्रिक वाहनांची पायाभूत सुविधा मजबूत करण्यासाठी इलेक्ट्रिक वाहन चार्जिंग स्टेशन संदर्भात महत्त्वपूर्ण धोरणे व नियम लागू केले आहेत. चार्जिंग सेवा ही 'परवाना रद्द केलेली व्यवस्था' म्हणून घोषित करण्यात आली असून CEA च्या मानकांचे पालन करून इच्छुक कोणतीही व्यक्ती किंवा संस्था चार्जिंग स्टेशन सुरु करू शकते. चार्जिंग स्टेशन्समध्ये वापरल्या जाणाऱ्या उपकरणांसाठी BIS प्रमाणित डिव्हाइस अनिवार्य करण्यात आले आहेत.<sup>15</sup> उर्जा मंत्रालयने 2018 मध्ये जाहीर केलेल्या मार्गदर्शक तत्वांनुसार सार्वजनिक वापरसाठी ठराविक अंतरावर चार्जिंग पॉईंटची उभारणी करणे, तसेच इलेक्ट्रिक वाहन चार्जिंगसाठी स्वतंत्र विद्युत टॅरिफ लागू करणे यावर भर देण्यात आला आहे. याशिवाय देशभरातील चार्जिंग पद्धतीमध्ये मानकीकरण आणण्यासाठी Bharat AC आणि DC Charging Standards (Bharat EV Spec-1 आणि Spec-2) लागू करण्यात आले आहेत.<sup>16</sup> या धोरणांमुळे सुरक्षित, विश्वसनीय आणि सुलभ चार्जिंग नेटवर्क विकसित होऊन इलेक्ट्रिक वाहनांचा प्रसार वेगाने वाढण्यास मदत होत आहे.

## 5) प्रदूषण व वाहन मानके:-

इलेक्ट्रिक वाहनांमध्ये सुरक्षितता, ऊर्जा कार्यक्षमता आणि पर्यावरणीय संरक्षणासाठी भारतात विविध संस्था व मानके कार्यरत आहेत. Bureau of Energy Efficiency मार्फत इलेक्ट्रिक वाहन बॅटरीची कार्यक्षमता, ऊर्जा खपत आणि प्रमाणीकरण संबंधी नियम निश्चित केले जातात, त्यामुळे ग्राहकांना कार्यक्षम आणि विश्वासाहर् उत्पादने निवडण्यास मदत होते.<sup>17</sup> Central Pollution Control Board ही संस्था बॅटरी कचरा व्यवस्थापन, लिथियम-आयन बॅटरीचे पुनर्वापर आणि ई-वेस्ट व्यवस्थापनासाठी आवश्यक नियम व मार्गदर्शक तत्वे तयार करते, त्यामुळे पर्यावरणीय हानिकारक परिणाम कमी करता येतात. तसेच अंतर्गत AIS-038, AIS-048 आणि AIS-156 सारखी मानके लागू असून त्याद्वारे बॅटरी सेफ्टी, थर्मल मॅनेजमेंट, क्रॅश सेफ्टी आणि अग्निसुरक्षा यासारख्या तांत्रिक बाबींचे पालन अनिवार्य केले गेले आहे.<sup>18</sup> या मानकांमुळे इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्रातील सुरक्षा, गुणवत्ता आणि पर्यावरणीय शाश्वतता सुनिश्चित करण्यास महत्त्वपूर्ण मदत होते.

## राज्यस्तरीय इलेक्ट्रिक वाहन धोरणे:

भारतामध्ये केंद्र सरकारबरोबरच विविध राज्य सरकारांनीही इलेक्ट्रिक वाहनांच्या प्रसारासाठी स्वतंत्र इलेक्ट्रिक वाहन धोरणे जाहीर केली आहेत. या धोरणांचा उद्देश इलेक्ट्रिक वाहन खरेदी वाढविणे, उत्पादन प्रोत्साहित करणे, तसेच चार्जिंग स्टेशन पायाभूत सुविधा विकसित करणे हा आहे. उदाहरणार्थ, दिल्लीच्या 2020 इलेक्ट्रिक वाहन धोरणांतर्गत रस्ते कर आणि वाहन नोंदणी शुल्कातून माफी देण्यात आली असून बॅटरी स्वॅपिंग तंत्रज्ञानाला विशेष प्रोत्साहन दिले जाते.<sup>19</sup> महाराष्ट्राने 2021 मध्ये जाहीर केलेल्या धोरणात 2-चाकी, 3-चाकी आणि 4-चाकी वाहनांसाठी खरेदी अनुदान, चार्जिंग स्टेशन अनुदान आणि जुनी वाहने स्कॅप करण्यासाठी प्रोत्साहन दिले आहे.<sup>20</sup> कर्नाटकने 2017 मध्ये भारतातील पहिली इलेक्ट्रिक वाहन नीति आणली आणि राज्याला संशोधन आणि विकास आणि EV manufacturing hub म्हणून विकसित करण्यावर भर दिला. गुजरात (2021) धोरणामध्ये खरेदी अनुदान, तसेच चार्जिंग इन्फ्रास्ट्रक्चर उभारणीसाठी मोठे प्रोत्साहन उपलब्ध करून देण्यात आले. तेलंगणा व तमिळनाडू या राज्यांनी EV उद्योग, Giga battery manufacturing आणि निर्यात केंद्रे निर्माण करण्यावर विशेष लक्ष केंद्रित केले आहे.<sup>21</sup> या सर्व धोरणांच्या माध्यमातून राज्ये भारतातील हरित भविष्यासाठी स्पर्धात्मक व अनुकूल वातावरण निर्माण करीत आहेत.

अशाप्रकारे भारतामध्ये इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्राला गती देण्यासाठी बहुआयामी कायदेशीर चौकट अस्तित्वात आहे. तथापि अंमलबजावणीत काही आव्हाने असून त्यावर पुढे चर्चा केली आहे.

## अंमलबजावणीची सद्यस्थिती :

भारतात इलेक्ट्रिक वाहनांच्या अंमलबजावणीत उल्लेखनीय प्रगती झालेली दिसून येते. प्रेस इन्फोरमेशन ब्युरो च्या आकडेवारी नुसार आर्थिक वर्ष 2024-25 दरम्यान इलेक्ट्रिक वाहन विक्रीमध्ये लक्षणीय वाढ नोंदवली गेली असून, एकूण सुमारे 11.49 लाख दोन-चाकी EV विक्री झाली आहे, जी मागील वर्षाच्या 9.48 लाखांच्या तुलनेत अंदाजे 21% वाढ दर्शवते.<sup>22</sup> या वाढीचा सर्वाधिक लाभ दोन व तीन चाकी इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्रात झाला आहे, तर चार-चाकी वाहनांचा बाजार अजूनही प्राथमिक टप्प्यात आहे. इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्रातील प्रगतीसोबत चार्जिंग पायाभूत सुविधा देखील विस्तारत आहेत; फेब्रुवारी 2024 पर्यंत भारतात एकूण 12,146 सार्वजनिक चार्जिंग स्टेशन नोंदवली गेली आहेत.<sup>23</sup> तसेच, विद्यमान इलेक्ट्रिक वाहन संख्येच्या तुलनेत चार्जिंग सुविधांची उपलब्धता अद्याप अपुरी असून, सरासरी प्रत्येक 191 EV मागे एक चार्जिंग स्टेशन उपलब्ध आहे, ज्यामुळे 'श्रेणीची चिंता' सारख्या अडचणी कायम आहेत. सरकारी धोरणाद्वारे दिल्या जाणाऱ्या आर्थिक प्रोत्साहनांनी EV विक्री वाढवण्यासाठी महत्त्वपूर्ण भूमिका बजावली आहे. खासगी उद्योग गुंतवणूक, बॅटरी उत्पादन, Giga-factory प्रकल्प आणि R&D मध्ये वाढ झाल्यामुळे स्थानिकीकरण आणि उत्पादनक्षमतेतही प्रगती होत आहे.<sup>24</sup> तरीसुद्धा चार्जिंग नेटवर्क विस्तार, बॅटरी सुरक्षा, मानकीकरण, ग्रामीण क्षेत्रातील प्रवेश, तसेच धोरणांची प्रभावी अंमलबजावणी ही भविष्यातील मोठी आव्हाने राहिली आहेत.

## इलेक्ट्रिक वाहन अंमलबजावणीत येणारी प्रमुख आव्हाने:

भारतात इलेक्ट्रिक वाहन स्वीकार वाढत असला तरी अंमलबजावणीच्या प्रक्रियेत अनेक तांत्रिक, आर्थिक आणि व्यवस्थापकीय आव्हाने दिसून येतात. ही आव्हाने सोडविल्याशिवाय EV चा व्यापक वापर आणि धोरणांची यशस्वी अंमलबजावणी अशक्य दिसून येत आहे.

### 1) चार्जिंग सुविधांचा अभाव :

EV अंमलबजावणीस सर्वाधिक अडथळा ठरणारे प्रमुख कारण म्हणजे चार्जिंग सुविधांची अपुरी उपलब्धता. सध्याच्या परिस्थितीत चार्जिंग स्टेशनचे जाळे महानगर व मोठ्या शहरांपुरते मर्यादित असून ग्रामीण, अर्ध-शहरी भाग तसेच राष्ट्रीय महामार्गावर मोठा तुटवडा जाणवतो. उपलब्ध चार्जिंग व्यवस्थेतही स्लो-चार्जिंग प्रामुख्याने दिसून येते, ज्यामुळे वाहन चार्ज करण्यास अधिक वेळ लागतो. तसेच चार्जिंग प्लग, चार्जर क्षमता, बिलिंग प्रणाली यांचे मानकीकरण नसल्यामुळे ग्राहकांना गोंधळ व अडचणी निर्माण होतात.

### 2) बॅटरी उत्पादन, पुनर्वापर व सुरक्षा:-

भारतात इलेक्ट्रिक वाहनांसाठी आवश्यक लिथियम-आयन बॅटरीचे उत्पादन अद्याप पूर्णपणे विकसित झालेले नाही, कारण लिथियम, कोबाल्ट, निकेल यांसारखा महत्त्वाचा कच्चा माल मोठ्या प्रमाणावर आयातीवर अवलंबून आहे. त्यामुळे बॅटरीची किंमत संपूर्ण इलेक्ट्रिक वाहन किंमतीच्या साधारणतः 30 ते 40% पर्यंत जाते, ज्यामुळे इलेक्ट्रिक वाहने महाग पडतात आणि सामान्य ग्राहकांच्या आवाक्याबाहेर राहतात. तसेच मानकीकरणाच्या अभावामुळे तिची अंमलबजावणी मर्यादित राहिली आहे. त्यामुळे बॅटरी तंत्रज्ञान, पुनर्वापर आणि सुरक्षिततेसाठी ठोस धोरणे व गुंतवणूक आवश्यक ठरते.

### 3) मानकीकरणाचा अभाव :-

भारतामध्ये इलेक्ट्रिक वाहनांच्या चार्जिंग प्लग, बॅटरीचा आकार, चार्जरची पॉवर-रेटिंग, तसेच विजेचा वापर मोजण्याची आणि त्या आधारावर बिल तयार करण्याची प्रक्रिया यांसाठी एकसमान राष्ट्रीय मानके अद्याप पूर्णपणे विकसित झालेली नाहीत. परिणामी, मानकीकरणाचा अभाव हा इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्रात गोंधळ, अनिश्चितता आणि अतिरिक्त आर्थिक बोजा निर्माण करणारा महत्त्वाचा अडथळा म्हणून समोर येतो.

### 4) राज्य-केंद्र समन्वयातील अडचणी:-

भारतामध्ये इलेक्ट्रिक वाहनांच्या प्रसारासाठी केंद्र आणि राज्य सरकारांकडून स्वतंत्र पातळीवर विविध धोरणे लागू केली जातात. परंतु या धोरणांमध्ये समन्वयाचा अभाव असल्यामुळे अंमलबजावणीची गती मंद होते. याशिवाय धोरणे वारंवार बदलल्यामुळे गुंतवणूकदारांना दीर्घकालीन नियोजन करणे कठीण जाते आणि उद्योग क्षेत्रात अनिश्चिततेचे वातावरण तयार होते. परिणामतः राज्य-केंद्र समन्वयअभावी EV विकासाचा वेग कमी होऊन पायाभूत सुविधा आणि बाजार विस्तारात अडथळे निर्माण होतात.

### 5) तांत्रिक व आर्थिक आव्हाने:-

भारतामध्ये इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्र झपाट्याने विकसित होत असल्यामुळे कंपन्यांना सतत नवीन तंत्रज्ञानाचा अवलंब करावा लागतो आणि संशोधन व विकासासाठी मोठी गुंतवणूक करावी लागते. EV तंत्रज्ञानाचे यांत्रिकीकरण, बॅटरी व्यवस्थापन प्रणाली, सॉफ्टवेअर इंटरफेस इत्यादी क्षेत्रात जलद बदल होत असल्याने पारंपरिक ऑटोमोबाईल उद्योगातील अनेक कर्मचाऱ्यांकडे आवश्यक तांत्रिक कौशल्यांची कमतरता दिसून येते, ज्यामुळे मानव संसाधन अंतर निर्माण होतो. त्याशिवाय इलेक्ट्रिक वाहन उत्पादनासाठी आवश्यक कच्चा माल, घटक आणि बॅटरी सेल्ससाठीची उत्पादन-पुरवठा साखळी अजूनही पुरेशी प्रस्थापित झालेली नाही.

अशाप्रकारे EV अंमलबजावणी ही फक्त वाहन खरेदी-विक्रीची प्रक्रिया नसून तांत्रिक प्रगती, आर्थिक गुंतवणूक, धोरणात्मक समन्वय आणि सामाजिक परिवर्तन यांचा एक जटिल संयोग आहे. त्यामुळे वर उल्लेखित आव्हाने सोडविणे आवश्यक आहे, ज्यामुळे भारत 2030 पर्यंत मोठ्या प्रमाणात इलेक्ट्रिक मोबिलिटी ध्येय साध्य करू शकेल.

### निष्कर्ष

वरील संशोधन विश्लेषणातून भारतात इलेक्ट्रिक वाहनांची विक्री सातत्याने वाढत आहे असे स्पष्ट होते, विशेषतः दोन-चाकी व तीन-चाकी वाहनांच्या विभागात सर्वाधिक वाढ दिसून येते; तसेच चार-चाकी EV स्वीकारण्याचा वेग तुलनेने मंद आहे. चार्जिंग पायाभूत सुविधा वाढत असले तरी त्याचे जाळे अजूनही अपुरे आहे. बॅटरी तंत्रज्ञानातील तांत्रिक मर्यादा, बॅटरीची उच्च किंमत आणि कच्चा माल आयातीवर अवलंबित्व यामुळे EV ची आर्थिक व्यवहार्यता अजूनही आव्हानात्मक राहिली आहे.

### सूचना व शिफारशी

या संशोधनातून प्राप्त निष्कर्षांच्या आधारे भारतामध्ये इलेक्ट्रिक वाहन क्षेत्राच्या प्रभावी अंमलबजावणीसाठी, औद्योगिक प्रगतीसाठी तसेच ग्राहक स्वीकार वाढविण्यासाठी पुढील धोरणात्मक उपाययोजना प्रस्तावित केल्या जातात:

#### 1) धोरणात्मक आणि कायदेशीर सुधारणा:-

भारतामध्ये इलेक्ट्रिक वाहन धोरणांची अंमलबजावणी अधिक परिणामकारक होण्यासाठी केंद्र व राज्य सरकार मार्फत प्रयत्न करणे आवश्यक आहे. यासाठी एकसमान राष्ट्रीय EV धोरणात्मक फ्रेमवर्क विकसित करणे महत्त्वाचे ठरते. तसेच अनुदान व कर-सवलतींच्या पात्रता निकषांचे स्पष्टकरण व पारदर्शक प्रक्रिया गुंतवणूक व ग्राहक सहभाग वाढविण्यास सहाय्यक ठरेल.

#### 2) चार्जिंग पायाभूत सुविधा व नियमन सुधारणा:-

इलेक्ट्रिक वाहन स्वीकारामध्ये चार्जिंग पायाभूत सुविधा हा प्रमुख घटक असून, त्याचा विकास महानगरांपुरता मर्यादित न ठेवता ग्रामीण व अर्ध-शहरी भागात प्राधान्याने करणे आवश्यक आहे. राष्ट्रीय स्तरावर मानकीकृत चार्जिंग प्रोटोकॉल व इंटरऑपरेबिलिटी लागू केल्यास विविध कंपन्यांची वाहने व चार्जर परस्पर सुसंगत राहतील. महामार्गावर ठराविक अंतरावर Fast/Ultra-Fast Charging Stations स्थापन करणे गरजेचे आहे. तसेच शुल्क आकारणी व बिलिंग प्रक्रियेमध्ये पारदर्शकता ग्राहकांचा विश्वास वृद्धिंगत करेल.

#### 3) बॅटरी पुनर्वापर आणि व्यवस्थापन धोरण:-

देशभरात बॅटरी संकलन व पुनर्वापर केंद्रांची स्थापना करणे, तसेच स्थानिक ई-कचरा व्यवस्थापन प्रणाली सक्षम करणे गरजेचे आहे. लिथियम-आयन बॅटरी कचरा व्यवस्थापनासाठी स्वतंत्र कठोर कायदा तयार करून त्याची सक्त अंमलबजावणी करणे आवश्यक आहे. राष्ट्रीय बॅटरी स्वॅपिंग धोरण लागू केल्यास वाहन-बॅटरी वेगळे करण्याची कार्यक्षम पद्धती विकसित होईल. बॅटरी उत्पादन व पुनर्वापर उद्योगासाठी कर-सवलती व गुंतवणूक प्रोत्साहन देणे उद्योगविकासास गती देईल.

#### 4) सार्वजनिक-खाजगी भागीदारी बळकटीकरण:-

इलेक्ट्रिक वाहन मूल्यसाखळीला बळकटी देण्यासाठी चार्जिंग स्टेशन, बॅटरी उत्पादन युनिट्स, संशोधन आणि विकास केंद्रे आणि कौशल्य प्रशिक्षण संस्था उभारण्याकरिता सार्वजनिक खाजगी भागीदारी मॉडेलचा विस्तार गरजेचा आहे. वाहन उद्योग, ऊर्जा क्षेत्र आणि माहिती तंत्रज्ञान कंपन्यांमध्ये संयुक्त गुंतवणूक सुलभ करणे, तसेच खाजगी क्षेत्रास दीर्घकालीन करार व जमीन उपलब्धता देणे उद्योगवृद्धीस सहाय्यक ठरेल.

#### 5) संशोधन व विकास आणि कौशल्य विकास:-

इलेक्ट्रिक वाहन तंत्रज्ञानाच्या नवोन्मेषासाठी विद्यापीठे, संशोधन संस्था आणि उद्योग क्षेत्र यांच्यात सक्रिय सहकार्य आणि संशोधन निधी उपलब्ध करणे आवश्यक आहे. बॅटरी तंत्रज्ञान, चार्जिंग अभियांत्रिकी आणि ऊर्जा व्यवस्थापन विषयांवरील विशेष शैक्षणिक अभ्यासक्रम तांत्रिक महाविद्यालयांत प्रारंभ करणे गरजेचे आहे. इलेक्ट्रिक वाहन उत्पादन, पुरवठा साखळी व देखभाल क्षेत्रासाठी कुशल मानव संसाधन प्रशिक्षण कार्यक्रम राबविणे आवश्यक आहे. तसेच शाश्वत बॅटरी तंत्रज्ञान, हायड्रोजन फ्यूल सेल आणि उच्च क्षमतेच्या प्रगत प्रणालींवरील संशोधन प्रोत्साहित करणे काळाची गरज आहे.

#### सारांश

देशात इलेक्ट्रिक वाहन स्वीकार वाढविण्यासाठी सुसंगत कायदेशीर बाबी, मानकीकृत धोरणे, व्यापक चार्जिंग नेटवर्क, तांत्रिक मानकीकरण व नागरिकांचा सहभाग वाढविणे आवश्यक आहे. सरकारी-खाजगी भागीदारी, संशोधन आणि कौशल्य विकासाद्वारे भारत 2030-2040 पर्यंत जागतिक इलेक्ट्रिक वाहन नेतृत्वामध्ये महत्त्वपूर्ण स्थान प्राप्त करू शकतो.

#### संदर्भ

1. GHG Platform India (2022). National level greenhouse gas estimates: Methodology note addendum – Energy sector (2005-2018). GHG Platform India.
2. India pledged to reach net-zero emissions by 2070 at COP26. (2021, November 1). Axios.
3. Government of India, Ministry of Heavy Industries. (2024, March 15). Government approves E-Vehicle policy to promote India as a manufacturing destination for e-vehicles. Press Information Bureau.
4. NITI Aayog. (2022). Decarbonising transport: Redefining mobility in India.
5. IEEFA. (2025). India's EV evolution: Impact of subsidies over 10 years. Institute for Energy Economics & Financial Analysis.
6. International Energy Agency. (2025). Global EV Outlook 2025: Trends in electric car markets. IEA.
7. Reuters. (2024, June 15). IPO-bound Hyundai India and its rivals in the world's third-biggest car market.
8. PRS Legislative Research. (2023, December 20). Review of policy on import of crude oil [Summary report].
9. World Health Organization. (n.d.). Air pollution – transport [Webpage].
10. Council on Energy, Environment and Water. (2023). How Can Electric Vehicle Transition Impact India's Economic Recovery (Supported by Shakti Sustainable Energy Foundation).
11. Sen, A., Miller, J., Bandivadekar, A., Sharma, M., Nagar, P. K., & Singh, D. (2021, September 29). Understanding the air quality and health impacts of large-scale vehicle electrification in India. International Council on Clean Transportation & Indian Institute of Technology Kanpur.
12. Government of India, Ministry of Heavy Industries. (2020). National Electric Mobility Mission Plan 2020.
13. Government of India. (2019). FAME-II Scheme Guidelines.
14. Ministry of Road Transport and Highways. (2019). Motor Vehicle Amendment Act.
15. NITI Aayog. (2023). EV Handbook: Electric vehicle charging infrastructure standards and guidelines in India.
16. Ministry of Power, Government of India. (2018, December 14). Guidelines and standards for charging infrastructure for electric vehicles [Circular No. 12/2/2018-EV].
17. Bureau of Energy Efficiency. (2021). Star-rating and labelling programme for high-energy lithium-ion traction battery packs & systems used for electrically propelled road vehicles.
18. Central Pollution Control Board. (2025, March 12). Battery Waste Management Rules, 2025. Government of India.
19. Government of NCT of Delhi. (2020, August 7). *Delhi Electric Vehicles Policy, 2020*.
20. Government of Maharashtra, Industries Department. (2021, September 9). *Maharashtra State Electric Vehicle Policy, 2021*.
21. TransportPolicy.net. (n.d.). *India: State-Level EV Policies*.
22. Press Information Bureau, Government of India. (2025, August 26). Wheels of Change: India's Electric Leap for Green Mobility.
23. Press Information Bureau, Government of India. (2024, February 6). 12,146 public EV charging stations operational across the country, as on 02.02.2024.



# Journal of Research and Development

A Multidisciplinary International Level Referred and Double Blind Peer Reviewed, Open Access

ISSN : 2230-9578 | Website: <https://jrdrv.org> Volume-17, Issue-12(A)| December 2025

24. Economictimes Infra. (2024, February 6). India's EV charging station count rises to 12,146; Maharashtra leads. The Economic Times.
25. Balasubramanian, N., Dhalmahapatra, K., Pragma, P., & Sambasivan, M. (2024). *Sustainable transportation in developing countries: Factors influencing electric vehicle purchase intention in India*. International Journal of Transport Economics, 1042–1067.
26. Degwekar, G. (2025). *Hydrogen and electric heavy vehicles in India: Technological and economic implications*. Autochak Research Journal.
27. Jaiswal, D., & Kaushal, V. (2021). *Consumer adoption intention for electric vehicles: Insights from Indian sustainable transportation*. Technological Forecasting and Social Change, 121089.
28. Pan, Y., Kim, J., et al. (2021). *Green transport policies and sustainable urbanization: A systematic study*. Journal of Environmental Sustainability, 45(3), 210–225.
29. Raj, A., Dan, A., Vrinda, V., & Kumar, P. (2023). *A comparative study of the feasibility of alternative fuel vehicles for sustainable transportation in India*. Transportation in Developing Economies, 9(2).