

**ANALYSE VAN DE MARKTPOTENTIE VAN ELECTRIC ROAD SYSTEM (ERS)  
INFRASTRUCTUUR IN NEDERLAND**

Jasper Bakker

Rijksuniversiteit Groningen

Paul Buijs

Rijksuniversiteit Groningen

## Samenvatting

Dit paper beschouwt de mogelijke ontwikkeling van een Electric Road System (ERS) in Nederland. Waarschijnlijk zal de ERS-infrastructuur gaandeweg worden uitgebouwd—als daadwerkelijk wordt besloten tot het aanleggen van ERS. In een vroege marktphase is dan de vraag op welke manier een zo groot mogelijke marktpotentie kan worden gecreëerd. We beantwoorden deze vraag door middel van een kwantitatieve scenario-analyse. Binnen deze analyse vergelijken we twee ontwerpmethoden voor het aanleggen van ERS: één waarbij ERS-infrastructuur wordt aangelegd in een zo dicht mogelijk netwerk en één waarbij juist een zo langgerekt mogelijke corridor wordt aangelegd. Elke ontwerpmethode wordt getoetst op een netwerk van 200 km en een netwerk van 400 km. Tot slot beschouwen we ook een meer dekkend netwerk van 1030 km. Een voor deze analyse ontwikkeld Python-model helpt de marktpotentie van elk van deze vijf netwerken in te schatten, gebaseerd op de afstand van het start- en eindpunt van een rit tot aan het ERS-netwerk, het deel van de rit dat over het ERS-netwerk kan worden afgelegd en de mate waarin moet worden omgereden om van het ERS-netwerk gebruik te kunnen maken. De resultaten laten zien dat bij een klein ERS-netwerk (200 km) een corridor meer gebruik aantrekt dan een compact netwerk. Maar, een ontwerpmethode gericht op een dicht netwerk is wel effectiever bij incrementele uitbreiding, terwijl een corridor aanpak grotere stappen vereist. De financiële haalbaarheid van een ERS-netwerk hangt vervolgens af van de mate waarin marktpotentie ook echt wordt omgezet in adoptie van de technologie—tenminste 70% van de potentiële markt moet de technologie ook echt omarmen om de kosten per gereden kilometer over het ERS-netwerk te beperken.

## 1. Introductie

De EU heeft de ambitie om de emissie van broeikasgassen door transport in 2050 met 90% te verminderen ten opzichte van 1990. Ondanks deze ambities en langlopend beleid om transportemissies terug te dringen, nemen ze alleen maar toe—en ook de projecties voor de toekomst zijn negatief (EEA, 2021). Elektrificatie van vrachtwagens wordt gezien als een belangrijke schakel in de verduurzaming van de transportsector, zeker als de elektrische energie die daardoor nodig is duurzaam zal worden opgewekt (Plötz et al., 2019). Batterij-Elektrische Vrachtwagens (BEV) zijn de dominante technologie in de huidige markt voor duurzamer transport. Tegelijkertijd kleven aan deze technologie ook nadelen. Het relatief korte bereik en de nog onvoldoende ontwikkelde laadinfrastructuur worden vaak als nadelen naar voren gebracht (Anderhofstadt & Spinler, 2019), maar ook de enorme vraag naar batterijen zal de markt voor BEV waarschijnlijk onder druk gaan zetten.

Electric Road System (ERS) infrastructuur kan een oplossing bieden. Bij gebruik van ERS kan de vrachtwagen tijdens het rijden van elektrische energie worden voorzien, waardoor het bereik van de vrachtwagen ten opzichte van de capaciteit van de batterij wordt vergroot (Ainalis et al., 2020; Chen et al., 2015; Gustavsson & Lindgren, 2020). ERS heeft ook nadelen. Net zoals bij de ontwikkeling van LNG, waterstof of batterij-elektrisch aangedreven transport, zal de ontwikkeling van ERS-infrastructuur worden geconfronteerd met een kip-ei probleem—zonder infrastructuur geen gebruikers, en zonder gebruikers geen infrastructuur. In het geval van LNG en waterstof bleek een klein aantal tankstations al een flink aantal gebruikers over de streep te kunnen trekken (Agnolucci, 2007; Post et al., 2018). De verwachting is dat er bij ERS een flinke infrastructuurinvestering nodig zal zijn voordat potentiële gebruikers de voordelen van een groter bereik ten opzichte van hun batterijcapaciteit zullen ervaren (Chang et al., 2020).

Mede door het kip-ei probleem en de verwachte minimale netwerkvang is de investering in een ERS-netwerk omvangrijk en risicovol. Verkennende studies naar de financiële haalbaarheid van ERS-technologie in het Verenigd Koninkrijk (Ainalis et al., 2020) en Nederland (van Ommeren et al., 2022) suggereren dat een (redelijk) dekkend ERS-netwerk uiteindelijk financieel rendabel kan zijn. Een grote groep gebruikers is essentieel om de hoge investeringsuitgaven—naar schatting ruim 3 miljoen euro per kilometer—over zoveel mogelijk gebruikers te spreiden. Hoe meer dekkend het netwerk, hoe aantrekkelijker voor potentiële gebruikers, hoe groter de marktpotentie. Maar, gezien de investeringsuitgaven per kilometer, ligt het voor de hand dat de ERS-infrastructuur stapsgewijs zal worden uitgerold. Ook—of misschien wel juist—in de vroege marktfase van de infrastructuur is het van belang een zo groot mogelijke marktpotentie te creëren. Dit paper beoogt daarom de volgende onderzoeksvraag te beantwoorden: *Wat is het effect van verschillende ERS-netwerkconfiguraties op de marktpotentie in de vroege marktfase van de ERS-infrastructuur?*

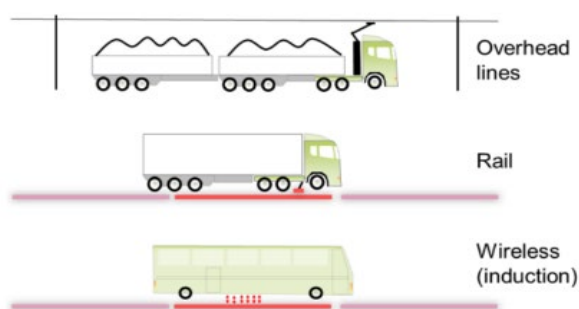
Een paar teststroken daargelaten, is er op dit moment nog nergens een substantieel ERS-netwerk in operatie. Mede daarom zijn de verkennende studies van Ainalis et al. (2020) en van Ommeren et al. (2022) gebaseerd op een flink aantal aannames, zeker ook met betrekking tot de marktpotentie. De kwantitatieve scenario-analyse die we in dit paper presenteren bouwt voort op deze twee studies en maakt gebruik van een door ons ontwikkelde methode om de marktpotentie van verschillende ERS-netwerkconfiguraties preciezer in te kunnen schatten.

## 2. Achtergrond

ERS kan een belangrijke bijdrage leveren aan de klimaatdoelen van Nederland en de Europese Unie. Een landelijke uitrol van ERS-technologie in Nederland kan de transportsector naar schatting een reductie van 33% CO<sub>2</sub> emissies opleveren, uitgaande van de verwachte energiemix in 2030, die bij volledig groene opwek kan oplopen tot 48% (van Ommeren et al., 2022).

### 2.1. ERS technologie

Ontwikkelaars van ERS infrastructuur werken op dit moment met drie technieken voor het overbrengen van elektrische energie naar vrachtwagens die gebruik maken van ERS: bovenleiding ("overhead lines"), een elektrische rails in het asfalt ("rail") en inductie ("wireless"), zoals in Figuur 1 schematisch is weergegeven. De technieken verschillen onder andere op het gebied van "technological readiness", visuele impact en onderhoud. In dit paper richten we ons op ERS-technologie met bovenleiding, omdat deze een hoge "technological readiness" heeft en er relatief veel bekend is over de kosten en het gebruik van deze technologie.



*Figuur 1. Verschillende ERS technieken (Gustavsson & Lindgren, 2020)*

Niet alleen voor de techniek van overbrenging van de elektrische energie zijn verschillende opties, ERS kan ook gebruikt worden door verschillende types vrachtwagens. Grofweg kan onderscheid worden gemaakt tussen batterij-elektrische vrachtwagens die geschikt zijn voor "overhead lines" (O-BEV) en hybride vrachtwagens (O-HEV). Afhankelijk van de mate waarin een ERS-netwerk dekkend is, kan de batterij van een O-BEV flink kleiner zijn dan wanneer er niet van ERS gebruik gemaakt wordt. In de literatuur wordt vaak uitgegaan van twee groottes: een batterij die een bereik van 100 km buiten het ERS-netwerk oplevert, ook wel O-BEV 100; of een batterij met een bereik van 250 km, ook wel O-BEV

250 (Chang et al., 2020; Kühnel et al., 2018). Een O-HEV heeft naast een elektrische aandrijflijn met zeer beperkte batterij ook een brandstofmotor en -tank. De batterij, met een bereik tot 10 km, wordt vooral ingezet bij korte onderbrekingen van het ERS-netwerk of tijdens inhalen. Onze studie is in zekere zin agnostisch ten aanzien van de technologie waarmee een vrachtwagen gebruik maakt van het ERS-netwerk, maar het bereik van een vrachtwagen voordat deze op het ERS-netwerk aansluit, of nadat het ervan loskoppelt, is wel een belangrijk gegeven die we meenemen.

## **2.2. ERS infrastructuurontwikkeling**

De initiële investeringsuitgave vormt een groot aandeel in de totale infrastructuurkosten over de gehele levenscyclus van een ERS-netwerk (Chang et al., 2020). Als wordt besloten tot het aanleggen van ERS-infrastructuur, zullen ontwikkelaars dus voor belangrijke strategische keuzes komen te staan met betrekking tot de geografische ligging en grootte van het netwerk. Na een eerdere studie naar de haalbaarheid van ERS in het Verenigd Koninkrijk (Ainalis et al., 2020) vormt de studie van van Ommeren et al. (2022) een eerste grondig, kwantitatief onderbouwde verkenning van de haalbaarheid van ERS in Nederland. Verschillende aspecten van ERS komen aan bod, waarbij de aandacht vooral uitgaat naar de ontwikkeling van het ERS-netwerk.

Van Ommeren et al. (2022) beschouwen drie netwerkconfiguraties: een corridor van 125 km tussen Amsterdam en Eindhoven; een netwerk van 980 km dat de meeste snelwegen in en om de Randstad dekt; en een netwerk van 2500 km dat bijna alle Nederlandse snelwegen van ERS voorziet. Een belangrijk doel van de studie van van Ommeren et al. (2022) is om de financiële haalbaarheid van deze drie netwerken te bestuderen. Financiële haalbaarheid betekent in dit geval dat alle kosten over de hele levenscyclus van de ERS-infrastructuur worden gedekt door inkomsten vanuit de gebruikers. Potentiële gebruikers zijn die transportstromen waarvoor de "total cost of ownership" van een O-BEV lager is dan die van alternatieven, waaronder een diesel vrachtwagen.

Om de potentiële groep gebruikers te identificeren, maken van Ommeren et al. (2022) gebruik van vier condities. De eerste conditie is dat tenminste 70% van de door een vrachtwagen gereden afstand via het ERS-netwerk moet kunnen verlopen. De tweede conditie is dat het start- en eindpunt van een rit beide maximaal 30 km van het ERS-netwerk mogen liggen. De derde conditie is dat een bepaald percentage van de gereden ritten door vrachtwagen via het ERS-netwerk moeten verlopen. Voor de corridor Amsterdam-Eindhoven is dat 25%, voor het netwerk rond de Randstad is dat 65% en voor het Nederlandse snelwegennetwerk 80%. De vierde conditie is dat een vrachtwagen per dag tenminste 90 km moet rijden.

Zoals we in het volgende hoofdstuk nader zullen toelichten, bouwt onze studie voort op de hierboven genoemde condities. Dit doen we onder andere door de effecten van twee van die condities op de marktpotentie voor ERS-technologie nader te analyseren. Daarvoor gebruiken we verschillende input-

waarden voor de condities (1) het percentage van de rit die over het ERS-netwerk gereden wordt en (2) de afstand tot het ERS-netwerk. Daarnaast kijken we naar bereidheid tot omrijden.

### 3. Methode

De door ons ontwikkelde aanpak is erop gericht de marktpotentie van verschillende ERS-netwerkconfiguraties preciezer in te kunnen schatten. Onze focus ligt op de vroege marktphase, waarin we willen achterhalen welk van twee ontwerpmethoden een grotere marktpotentie creëert. De eerste ontwerpmethode is vanaf de start van de aanleg van ERS gericht op een netwerk met hoge dichtheid, terwijl de tweede methode juist start vanuit het aanleggen van een zo lang mogelijke corridor. We vergelijken niet alleen de twee methoden sec, maar ook hoe ze zich ten opzichte van elkaar verhouden wanneer de netwerken worden uitgebreid.

Voor beide ontwerpmethoden creëren we een netwerk dat 200 km snelweg beslaat (400 km ERS-infrastructuur voor beide richtingen) en een netwerk dat 400 km snelweg beslaat (800 km ERS-infrastructuur). De geografische ligging van de netwerken is geoptimaliseerd naar snelweggebruik door vrachtwagens, waarbij gebruik gemaakt is van het publiek beschikbare INWEVA-model. Voor de ontwerpmethode gericht op *dichtheid* resulteert dit in netwerken die de driehoek Rotterdam/Den Haag, Utrecht, Amsterdam beslaan. Het **compacte** netwerk (200 km) is dan een rondje met de A20, A12, A2, en A4; bij het **geconcentreerde** netwerk (400 km) wordt de ERS-infrastructuur uitgebreid naar Amersfoort, Den Bosch en met tussenliggende snelwegen. Het **single-corridor** netwerk (200 km) loopt van Rotterdam tot aan Venlo; het **double-corridor** netwerk (400 km) voegt daar de corridor Dordrecht-Enschede aan toe. Tot slot combineren we het geconcentreerde netwerk met het double-corridor netwerk om te komen tot een **dekkend** netwerk (1030 km) dat zich goed laat vergelijken met ERS-netwerk rond de Randstad uit de studie van Ommeren et al. (2022).

#### 3.1. Kwantitatieve scenario-analyse

Elk van de vijf hierboven beschreven netwerkconfiguraties analyseren we met behulp van een door ons ontwikkeld model in Python dat gebruik maakt van data uit BasGoed (Rijkswaterstaat, 2022). De BasGoed dataset deelt Nederland en Europa op in 550 zogenaamde VAM-zones en beschrijft de transportstromen tussen deze zones. We beschrijven kort de input, experimentele factoren en outputs van het model.

De vier inputs zijn (1) het aantal ritten tussen elk paar van de 550 VAM-zones, (2) de Haversine afstand ertussen, en (3) de afstand over het ERS-netwerk tussen elk paar VAM-zones. Tot slot bepalen we ook voor elke VAM-zone (4) hoever deze aflight van het dichtstbijzijnde punt het van het ERS-netwerk. Dit resulteert in drie 550 x 550 matrices en één vector met 550 waardes.

Vervolgens beschouwen we de volgende drie experimentele factoren. De eerste factor is de *afstand tot het ERS-netwerk*. Meer precies betreft dat de afstand van het geografische middelpunt van de VAM-

zone waar een rit start tot het dichtstbijzijnde punt van het ERS-netwerk. Op eenzelfde manier wordt de afstand tot het eindpunt van de rit bepaald. Het maximum van die twee laten we variëren van 30, 90, tot 150 km. De tweede factor is het *percentage* van de ritafstand die *over het ERS-netwerk* wordt afgelegd en variëren we van 50%, 60%, tot 70%. De derde factor is de *bereidheid tot omrijden* en variëren we van een factor 1,3 tot 1,4 tot 1,5 van de Haversine afstand tussen begin- en eindpunt van een rit.

Het model levert vier outputs. De eerste output is de *marktpotentie* van ERS *als percentage* van het totaal aantal ritten. De tweede output betreft het aantal gereden kilometers over het ERS-netwerk. De derde output geeft een matrix van 550 x 550 die beschrijft of een transportstroom tussen elk paar van VAM-zones wel (waarde: 1) of niet (waarde: 0) tot de marktpotentie van het ERS-netwerk behoort. Tot slot geeft het model ook de gemiddeld gereden afstand over het ERS-netwerk per rit als output.

De waardes die we kiezen voor de drie experimentele factoren komen voort uit een bredere analyse waarin we de gevoeligheid van elke factor hebben bepaald. Uiteindelijk kozen we voor 3 waarden per factor zoals hierboven beschreven en combineren we die tot een scenario "Laag", waarin de marktpotentie het meest beperkt wordt, "Midden" en "Hoog" waarin de marktpotentie van elk netwerk het grootst is. Deze scenario's zijn in Tabel 1 beschreven.

*Tabel 1. Scenario's voor analyse*

<b>Factor</b>	<b>Laag</b>	<b>Midden</b>	<b>Hoog</b>
1. Afstand tot ERS-netwerk	30 km	90 km	150 km
2. Percentage over ERS-netwerk	70%	60%	50%
3. Bereidheid tot omrijden	1,3	1,4	1,5

Voor een analyse van de financiële haalbaarheid van de verschillende ERS-netwerken maken we gebruik van de gegevens uit de studies van Ainalis et al. (2020) en van Ommeren et al. (2022). De marktrente zetten we op 4% per jaar, de CAPEX op 3,1 miljoen euro per km, de OPEX op 2% van de CAPEX per jaar, en de levensduur van de ERS-infrastructuur op 35 jaar. De netwerk lengte is 200, 400, of 1030 km (afhankelijk van de netwerkconfiguratie) en de marktpotentie volgt als output van het model. In ons geval zijn we vervolgens ook geïnteresseerd in de adoptie van ERS-technologie, wat we definiëren als het percentage van de marktpotentie dat daadwerkelijke tot ERS-technologie zal overgaan—en dus niet als percentage van het totale vrachtwagenpark of transportstromen binnen Nederland. Deze adoptie variëren we tussen de 0 en 100%. Deze analyse resulteert in de benodigde opbrengst per gereden kilometer over het ERS-netwerk die nodig is om de infrastructuurkosten terug te verdienen.

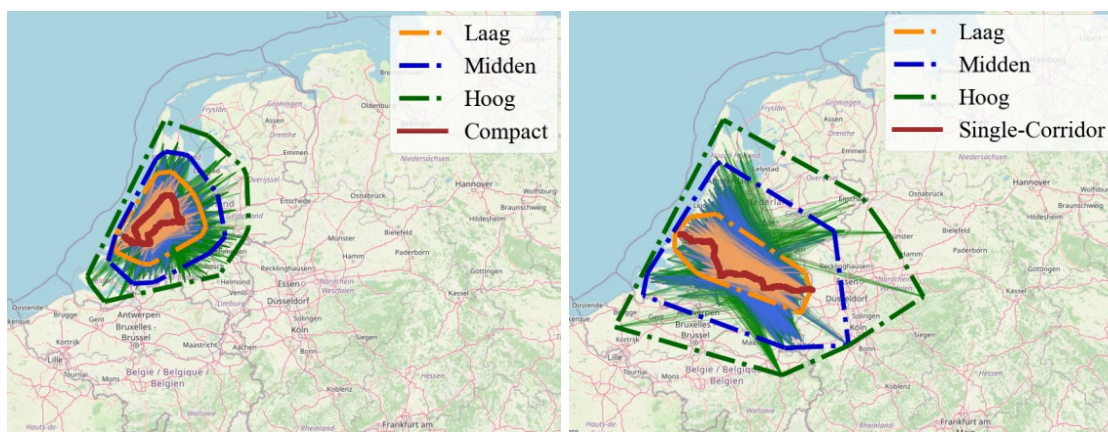
## 4. Resultaten

In de resultaten bespreken we eerst de marktpotentie van de vijf netwerkconfiguraties, waarbij we ook ingaan een belangrijk verschil tussen de twee ontwerpmethoden bij eventuele uitbreiding van het ERS-netwerk. Vervolgens bespreken we de financiële implicaties van onze analyse.

### 4.1 Marktpotentie

De marktpotentie van een ERS-netwerk kan op verschillende manieren worden uitgedrukt en weergegeven. Onze methode geeft het aantal ritten dat gebruik maakt van ERS als percentage van het totaal aantal ritten in BasGoed, het totaal aantal over het ERS-netwerk gereden kilometers en het gemiddeld aantal kilometers over ERS-netwerk per rit als belangrijkste resultaten.

Figuren 2 en 3 geven een geografische weergave van het marktpotentieel.

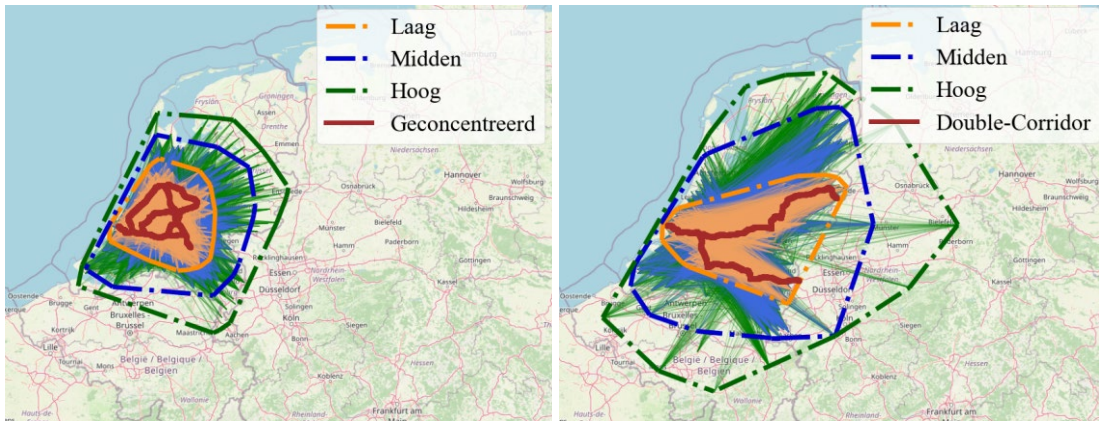


*Figuur 2. Marktpotentie van de kleine ERS-netwerken (200 km): compact (links) en single-corridor (rechts)*

In Figuur 2 is de marktpotentie van de twee ERS-netwerken van 200 km weergegeven, waarbij het linker netwerkontwerp gericht is op een hoge dichtheid en het rechter netwerk op een zo lang mogelijke corridor. Voor elk netwerk is vervolgens het Laag, Midden en Hoog scenario weergegeven. De figuur biedt inzicht in welke transportstromen de verschillende netwerkontwerpen aantrekken. Het compacte netwerk trekt ritten aan in alle richtingen om het netwerk heen—waarbij het Midden en Hoog scenario simpelweg verder uitwaaiëren—terwijl de corridor juist ritten aantrekt in dezelfde richting als het ERS-netwerk. Het valt ook op dat met name het Hoog scenario voor de single-corridor resulteert in flink meer omrijden in vergelijking met het Hoog scenario in het compacte netwerk.

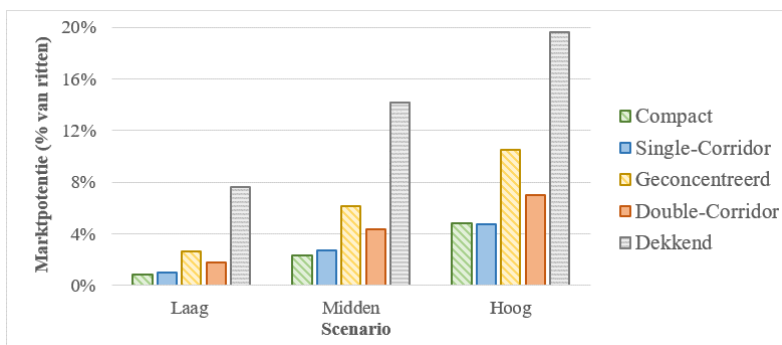
Figuur 3 kijkt naar ERS-netwerken van 400 km en laat een vergelijkbaar beeld zien, waarbij vanzelfsprekend een groter aantal ritten tussen VAM-zones in aanmerking komt voor gebruik van het ERS-netwerk.





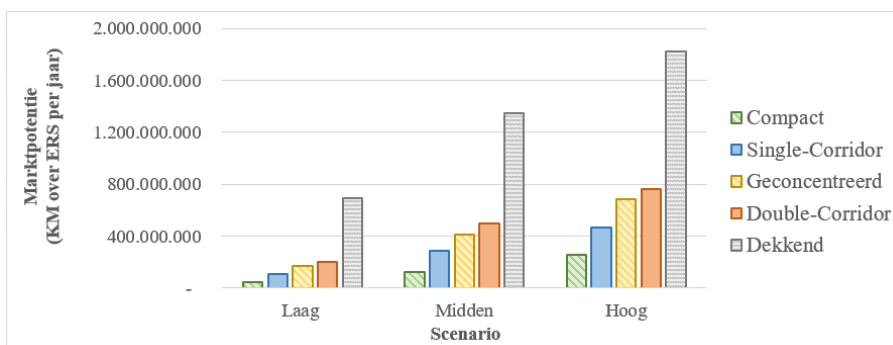
Figuur 3. Marktpotentie van de grotere ERS-netwerken (400 km): geconcentreerd (links) en double-corridor (rechts)

Figuren 4 en 5 presenteren de resultaten cijfermatig. Figuur 4 laat zien dat een compact ERS-netwerk—bij de Low en Medium scenario's—minder ritten aantrekt dan de single-corridor, terwijl die compacte ontwerpmethodede juist meer ritten aantrekt bij een groter ERS-netwerk (400 km). Het geconcentreerde netwerk trekt een hoger percentage ritten aan dan de double-corridor.



Figuur 4. Marktpotentie in % ritten over ERS-netwerk ten opzichte van totaal aantal ritten

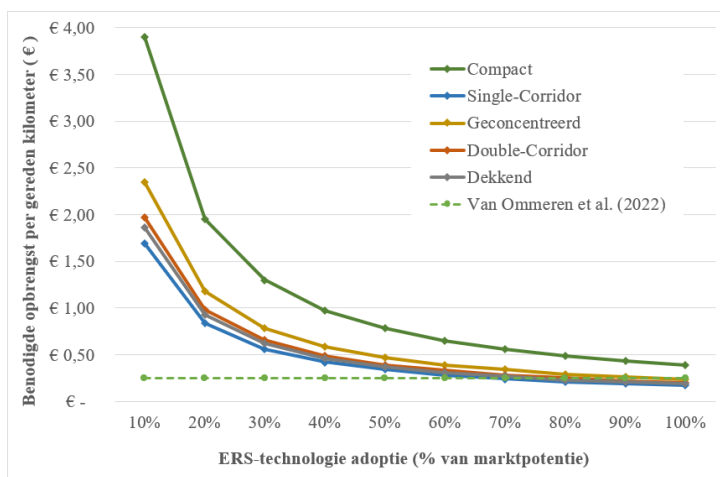
Kijkend naar het aantal over het ERS-netwerk gereden kilometers, werkt de corridor aanpak zowel bij een kleiner (200 km) als groter ERS-netwerk (400 km) beter. Het verschil tussen Figuren 4 en 5 wordt mede verklaard door het gemiddeld aantal gereden kilometers over het netwerk. Het geconcentreerde ERS-netwerk trekt meer, maar kortere ritten aan. Een rit over een compact of geconcentreerd netwerk is respectievelijk 60 of 70 km, terwijl ritten over de corridors ruim boven de 100 km zijn.



Figuur 5. Marktpotentie in km per jaar over het ERS-netwerk

## 4.2 Financiële haalbaarheid

De financiële haalbaarheid van een ERS-netwerk hangt af van het deel van de marktpotentie dat de ERS-technologie daadwerkelijk omarmt. Figuur 6 vat de financiële implicaties van onze analyse samen.



Figuur 6. Opbrengst per gereden km over het ERS-netwerk dat nodig is voor break-even

De x-as van Figuur 6 geeft de adoptie ratio als percentage van het marktpotentieel, waarbij we de sterke aanname maken dat deze gelijk is over de totale levensduur van de ERS-infrastructuur. De y-as laat vervolgens zien welke opbrengst per gereden kilometer over het ERS-netwerk nodig is om de infrastructuurkosten (CAPEX en OPEX) terug te verdienen. De figuur laat zien dat het compacte netwerk resulteert in de hoogste benodigde opbrengst per kilometer, ongeacht de adoptie ratio. De single-corridor lijkt juist steevast de laagste opbrengst per kilometer nodig te hebben. Bij een hele lage adoptie kan de benodigde opbrengst oplopen tot bijna 4 euro per over het ERS-netwerk gereden kilometer, terwijl een opbrengst van ca. €0.25 mogelijk wordt vanaf 70% adoptie, afhankelijk van het type netwerk. Meer algemeen laat Figuur 6 zien dat een zeer groot deel van de ritten die gebruik kan maken van het ERS-netwerk (de marktpotentie, red.) de technologie daadwerkelijk moet omarmen (adoptie ratio, red.) om tot een acceptabele opbrengst per kilometer te komen.

## 5. Conclusie

De resultaten van onze kwantitatieve scenario analyse laten zien een ERS-netwerk niet landelijk dekkend hoeft te zijn om marktpotentie aan te boren. Een enkele corridor trekt meer gebruik aan dan een compact netwerk—wanneer beide netwerken een lengte van 200 km hebben. Vanuit financieel oogpunt lijkt een klein netwerk (200 km) zelfs alleen haalbaar in de vorm van een corridor. Maar, een ontwerpmethodologie gericht op een dicht netwerk is wel effectiever bij incrementele uitbreiding, terwijl een corridor aanpak grotere stappen vereist. Een verdere analyse van de financiële haalbaarheid benadrukt hoe riskant de vroege marktphase is voor de ontwikkelaars van ERS-infrastructuur. Als niet bijna de hele potentiële markt voor ERS de technologie omarmt, zal de prijs per gereden kilometer voor potentiële gebruikers zo hoog liggen, dat de adoptie waarschijnlijk laag blijft.

## References

- Agnolucci, P. (2007). Hydrogen infrastructure for the transport sector. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32 (15), 3526-3544.
- Ainalis, D. T., Thorne, C., & Cebon, D. (2020). Decarbonising the uk's long-haul road freight at minimum economic cost. Centre for Sustainable Road Freight, White Paper CUED/C-SRF/TR17.
- Anderhofstadt, B., & Spinler, S. (2019). Factors affecting the purchasing decision and operation of alternative fuel-powered heavy-duty trucks in Germany – A Delphi study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 73, 87–107.
- Chang, M. F., Labrujere, E. A., & Minkman, J. A. (2020). [Verkenning Electric Road Systems](#).
- Chen, F., Taylor, N., & Kringos, N. (2015). Electrification of roads: Opportunities and challenges. In *Applied Energy* (Vol. 150, pp. 109–119). Elsevier Ltd.
- Gustavsson, M. G. H., & Lindgren, M. (2020). Maturity of power transfer technologies for electric road systems. <https://www.researchgate.net/publication/344376029>
- Gustavsson, M. G., & Lindgren, M. (2020). Maturity of power transfer technologies for electric road systems. In *Transport Research Arena 2020*, Helsinki, 27-30 April 2020 (Conference canceled).
- Plötz, P., Gnann, T., Jochem, P., Yilmaz, H. Ü., & Kaschub, T. (2019). Impact of electric trucks powered by overhead lines on the European electricity system and CO<sub>2</sub> emissions. *Energy policy*, 130, 32-40.
- Post, R. M., Buijs, P., uit het Broek, M. A. J., Lopez Alvarez, J. A., Szirbik, N. B., & Vis, I. F. A. (2018). A solution approach for deriving alternative fuel station infrastructure requirements. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 30 (3), 592-607.
- van Ommeren, K., Haanen, P., Lelieveld, M., Aldenkamp, M., van der Woude, T., van Sloten, R., Quee, J., & Ploos van Amstel, W. (2022). [Analyse kosteneffectiviteit Electric Road Systems \(ERS\) voor Nederland](#).