

Evaluatie Routekaart Schoon en Emissie- loos Bouwen



TNO 2025 R12273
31 oktober 2025

TNO 2025 R12273 – 31 oktober 2025

Evaluatie Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen

Auteurs	Annette Rondaij, Bharath Bhaskar Mahadikar, Pim van Mensch
Exemplaar nummer	2025-STL-RAP-100359084
Aantal pagina's	52 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	3
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat
Projectnaam	MAVE 2025 Meerwerk voor SEB
Projectnummer	060.63410

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2025 TNO

Samenvatting

Het programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) heeft als doel om de natuur, het klimaat en de gezondheid te verbeteren door de emissies van stikstof, CO₂ en fijnstof door bouwmaterieel, zoals werktuigen, voertuigen en vaartuigen, in Nederland te verminderen.

De emissiedoelen van het programma SEB op het gebied van bouwmaterieel voor 2030 zijn:

- › CO₂: 0,4 Mton reductie ten opzichte van 2019;
- › NO_x: 60% reductie ten opzichte van 2018;
- › PM (fijnstof): 75% minder gezondheidsschade ten opzichte van 2016;
- › Klimaatneutraal en circulair werken in Rijksinfraprojecten.

De Routekaart SEB beschrijft het reductiepad om hier invulling aan te geven. Dit rapport evalueert de routekaart SEB en het bijbehorende covenant SEB, met focus op potentiële emissiereductie, financiële impact (meerkosten in investeringen van emissieloos materieel) en technische haalbaarheid tot en met 2030, specifiek gericht op Nederland. TNO voerde deze analyse eerder uit in 2022 ([1] en [2]), voorafgaand aan de inwerkingtreding van de routekaart, in dit rapport is de analyse geactualiseerd op basis van nieuwe inzichten, data en voortgang in de praktijk. Deze evaluatie richt zich op mobiele werktuigen en bouwtransport. Omdat niet altijd alle relevante gegevens beschikbaar waren voor de analyse in dit rapport, zijn voor bepaalde uitgangspunten aannames gedaan. Dit brengt onzekerheden met zich mee die van invloed kunnen zijn op de resultaten en waarmee rekening moet worden gehouden bij de interpretatie.

De routekaart SEB onderscheidt drie niveaus die de hoogte van de emissie-eisen bepalen. Het minimumniveau, dat alleen geldt voor mobiele werktuigen, is gekoppeld aan het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) en is bedoeld voor alle bouw-, sloop- en onderhoudsprojecten. Het basis- en ambitieuze niveau kennen allebei ambitieuzere eisen dan het minimumniveau en zijn gekoppeld aan het covenant SEB. Het covenant is voornamelijk bedoeld voor (semi-)publieke opdrachtgevers en daarmee van toepassing op alle publieke werken die zij aanbesteden.

Mobiele werktuigen

Om de mogelijke impact van de routekaart te duiden, zijn voor mobiele werktuigen drie scenario's uitgewerkt:

- › **Scenario 1 – Maximale naleving:** alle (semi-)publieke opdrachtgevers volgen het covenant, alle private opdrachtgevers hanteren in private werken het minimumniveau.
- › **Scenario 2 – Huidige koers:** alle huidige covenantondertekenaars volgen het covenant. Het minimumniveau wordt in dit scenario niet toegepast. Het deel van de vloot dat niet onder het covenant volgt het tempo van de autonome verjonging van de materieelvloot, zonder aanvullende inspanningen.
- › **Scenario 3 – Beperkte naleving:** een lage implementatie van de eisen uit alle drie de niveaus in de routekaart als gevolg van beperkte naleving van eisen, gebrek aan handhaving en het ontbreken van de randvoorwaarden die nodig zijn voor de transitie naar emissieloos bouwen.

Tabel 1.1 toont voor elk scenario de potentiële emissiereducties voor elk van de scenario's in 2030 ten opzichte van 2018.

Tabel 1.1: Potentiële emissiereductie als gevolg van de routekaart SEB voor mobiele werktuigen.

Reductie in 2030 ten opzichte van 2018	CO ₂	NO _x	PM
Scenario 1 (maximale naleving)	0,77 Mton	69-76%	96%
Scenario 2 (huidige koers)	0,49 Mton	48-54%	77%
Scenario 3 (beperkte naleving)	0,43 Mton	48-56%	81%

Het doel van 0,4 Mton CO₂-reductie in 2030 is haalbaar in alle scenario's, mits er wordt voldaan aan de beoogde inzet van emissieloos materieel volgens de routekaart. Het NO_x-doel (60% reductie) wordt alleen gehaald bij maximale naleving (scenario 1) en strikte handhaving op werkende emissiereductiesystemen. De PM-reductie wordt in elk scenario gehaald. Dit komt mede doordat een groot aandeel van de reductie al wordt gehaald door autonome verschoning. De daadwerkelijke PM-reductie is wel grotendeels afhankelijk van de aanwezigheid en goede werking van gesloten roetfilters. Naast toezicht en handhaving op de inzet van emissieloos materieel, is controle op emissiereductiesysteem daarom essentieel voor zowel de NO_x- als PM-reductie.

De meerkosten (als benodigde investeringen) in scenario 1 worden geschat op €4,9 miljard. De meerkosten hangen echter sterk samen met de mate van implementatie van de routekaart en het aandeel emissieloos materieel. In scenario 3 dalen de ingeschatte meerkosten tot €2,2 miljard, maar is ook de effectiviteit van de routekaart op emissiereductie aanzienlijk minder. In scenario 2 worden de meerkosten geschat op €2,6 miljard.

De geschetste scenario's laten zien dat het alleen mogelijk is om alle emissiedoelen te halen bij een brede toepassing van alle drie de niveaus aan emissie-eisen. Daarnaast zijn er een aantal cruciale randvoorwaarden waaraan moet worden voldaan. Succesvolle uitvoering vereist voldoende beschikbaarheid van emissieloos materieel, voldoende toegang en aanwezigheid van energievoorzieningen op bouwplaatsen, betaalbaarheid van emissieloos materieel en laadinfrastructuur, en toezicht en handhaving op naleving van daadwerkelijke inzet volgens de emissie-eisen. Om de benodigde ingroei van emissieloos materieel te halen is het bovendien essentieel dat de uitvraag naar emissieloos materieel vanuit opdrachtgevers tijdig gebeurt. Het is belangrijk dat deze vraag niet pas op gang komt in 2028, wanneer in het minimumniveau en het basisniveau de eerste eisen op het gebied van emissieloos materieel in werking treden, zodat de markt voldoende tijd heeft om zich hierop voor te bereiden en aan te passen.

Om de SEB-doelstellingen voor 2030 te behalen is een forse opschaling van schoon en emissieloos bouw materieel nodig. In scenario 1, waarin het minimumniveau, het basisniveau en het ambitieuze niveau op brede schaal worden geïmplementeerd, zijn er naar schatting circa 39.000 emissieloze machines (exclusief vervanging van het kleine benzine-materieel) nodig in 2028, terwijl er wordt geschat dat de huidige subsidieregelingen in het programma SEB tot en met 2030 voorzien in totaal 7.500 – 15.000 emissieloze machines [3]. De benodigde ingroei van emissieloze machines ligt bovendien een factor 1,7 tot 2,9 hoger dan de huidige jaarlijkse ingroei van alle nieuwe machines in de betreffende vermogenscategorieën. Volledige emissieloze inzet per project is technisch haalbaar en wordt in de praktijk al gedemonstreerd bij diverse projecten, maar grootschalige toepassing vraagt om versnelde vlootvernieuwing en een zeer hoog aandeel emissieloos in de nieuwverkoop. De haalbaarheid van de SEB-doelen is daarmee zeer ambitieus.

Het convenant SEB vormt een belangrijke basis voor de uitvoering van de routekaart in de praktijk en biedt op korte termijn de meeste impact, geïllustreerd via scenario 2. Het convenant geeft grip op de uitvoering, onder andere doordat duidelijk is welke partijen zich hieraan hebben gecommitteerd, en vervult een stimulerende rol. De ervaringen die partijen opdoen met emissieloos bouwen kunnen worden benut om opschaling naar de rest van de sector te versnellen. Tegelijkertijd is ook het minimumniveau, dat buiten het convenant valt, essentieel voor brede opschaling in de sector. De implementatie daarvan is echter onzeker, mede doordat de emissiereductieplicht uit de Bbl ook op een andere manier kan worden ingevuld. Dit heeft als risico dat het realiseren van het minimumniveau, en daarmee de emissiereductie, ondanks beleidsmatige ambities in de praktijk achterblijft. Het is voor de effectiviteit van de routekaart van belang om de toepassing van het minimumniveau te versterken.

Bouwtransport

In de routekaart SEB geldt er in het basisniveau voor bouwtransport vanaf 2028 een ZE-eis (zero-emissie) voor bestelvoertuigen en vanaf 2030 voor lichte vrachtwagens. In het ambitieuze niveau wordt er voor alle categorieën voertuigen, inclusief zware voertuigen, al eerder een aandeel emissieloze inzet gevraagd.

Om de potentiële emissiereductie te berekenen is er met twee scenario's gewerkt:

- › **Scenario 1** gaat uit van volledige toepassing van het basisniveau door alle (semi-) publieke opdrachtgevers. De vloot die bij bouwwerken wordt ingezet van private opdrachtgevers volgt de autonome vlootontwikkeling.
- › **Scenario 2** houdt rekening met de huidige convenantondertekenaars. 36% van de (semi-)publieke opdrachtgevers volgt het basisniveau, 36% van de (semi-) publieke opdrachtgevers volgt het ambitieuze niveau. De vloot die daarbuiten valt volgt de autonome verjonging van het wagenpark.

Tabel 1.2 laat de potentiële emissiereductie zien voor deze twee scenario's.

Tabel 1.2: Potentiële emissiereductie voor bouwtransport als gevolg van de routekaart SEB.

	Autonome reductie 2030 ten opzichte van 2018	Reductie in scenario 1 2030 ten opzichte van 2018	Reductie in scenario 2 2030 ten opzichte van 2018
CO ₂	0,44 Mton	0,56 Mton	0,56 Mton
NO _x	66%	68%	69%
PM ₁₀	38%	39%	38%

De routekaart SEB kan voor bouwtransport aanvullend circa 0,12 Mton CO₂ reduceren bovenop autonome reductie. De autonome reductie is gebaseerd op de prognose uit de Klimaat- en Energieverkenning 2024, die de verwachte emissieontwikkeling van o.a. bestel- en vrachtauto's beschrijft op basis van vastgesteld en voorgenomen beleid ([4] en [5]). Deze prognose omvat reeds maatregelen die de ingroei van schone en emissieloze voertuigen stimuleert. Voor NO_x en PM₁₀ wordt het grootste deel van de reductie al bereikt zonder de maatregelen uit de routekaart.

De meerkosten in investeringen van het basisniveau van bouwtransport worden geschat op €374 miljoen. Als daarbij ook het ambitieuze niveau wordt toegepast komt dit op €701 – 784 miljoen.

De haalbaarheid van de transitie naar ZE-voertuigen lijkt realistisch, gezien de snelle groei in aanbod en nieuwverkopen, en omdat bouwtransport een beperkt deel (23%) van het totale transport behelst. Voor specialistische voertuigen kan de beschikbaarheid wel beperkt zijn. Bovendien is tijdige uitvraag van emissieloze inzet door opdrachtgevers essentieel, zodat er voldoende tijd is voor de markt om te anticiperen.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	8
2 Methodiek en uitgangspunten	11
2.1 Niveaus van emissie-eisen uit de Routekaart SEB	11
2.2 Vlootsamenstelling en inzet: autonome ontwikkeling.....	13
2.3 Vlootsamenstelling en inzet: ontwikkeling onder de Routekaart SEB	14
2.4 Regelingen tegemoetkoming meerkosten	15
3 Inschatting convenantaandeel	17
4 Scenario's voor het inschatten van het effect van de Routekaart SEB	21
5 Emissiereductie	23
6 Meerkosten	26
6.1 Uitgangspunten	26
6.2 Uitkomsten meerkostenberekening.....	29
7 Randvoorwaarden en technische haalbaarheid	31
7.1 Randvoorwaarden	31
7.2 Technische haalbaarheid.....	33
8 Bouwtransport	35
8.1 Emissiereductie	37
8.2 Meerkosten.....	39
9 Conclusie	43
10 Aanbevelingen	45
Referenties	46
Ondertekening.....	47
Bijlagen	
Bijlage A: Scenario 1: emissiereducties	48
Bijlage B: Scenario 2: emissiereducties	49
Bijlage C: Scenario 3: emissiereducties	51

1 Inleiding

Het programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) is een initiatief van de Nederlandse overheid om samen met medeoverheden, marktpartijen, brancheorganisaties en kennisinstellingen, de bouwsector schoner en duurzamer te maken. Het richt zich op de vermindering van de uitstoot van CO₂, NO_x en fijnstof afkomstig van bouwmaterieel in Nederland.

Eén van de instrumenten binnen het programma SEB is de Routekaart SEB (hierna: de routekaart). De routekaart biedt een concreet meerjarenperspectief dat moet leiden tot toenemende emissiereductie van werk-, voer- en vaartuigen in de bouwsector tot 2030 en helpt invulling te geven aan doelen en ambities gesteld op het gebied van klimaat (in het Klimaatakkoord), stikstof (in het Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering) en schone lucht (in het Schone Lucht Akkoord), te weten:

- de ambitie om in 2030 60% NO_x-emissiereductie in de bouw te behalen ten opzichte van 2018;
- de doelstelling om in 2030 0,4 Mton CO₂-emissiereductie van de uitstoot van mobiele werktuigen en bouwlogistiek te behalen ten opzichte van 2019;
- de doelstelling om in 2030 75% minder gezondheidsschade door mobiele werktuigen in de bouw te behalen ten opzichte van 2016 en het zo snel mogelijk uitfasen van werktuigen zonder roetfilter en met een hoge stikstofdioxideuitstoot;
- de ambitie om in 2030 klimaatneutraal en circulair te werken in Rijksinfraprojecten, waarbij SEB zich richt op bouwmaterieel.

Om de emissiereductie te realiseren worden de komende jaren emissie-eisen gesteld aan het bouwmaterieel (mobiele werktuigen, voertuigen en vaartuigen) in bouw-, sloop- en onderhoudsprojecten.

De routekaart onderscheidt drie niveaus van emissie-eisen:

- Het **minimumniveau**. Het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) bevat in artikel 7.19a de verplichting om 'adequate maatregelen' te nemen bij bouw- en sloopwerkzaamheden om stikstofuitstoot te beperken (emissiereductieplicht). Het minimumniveau, dat alleen van toepassing is op mobiele werktuigen, kan gebruikt worden als invulling van het begrip 'adequate maatregelen'. Het is ook mogelijk om een andere invulling te geven aan 'adequate maatregelen'.
- Het **basisniveau**. Het basisniveau is van toepassing op mobiele werktuigen, bouwtransport en varend bouwmaterieel. Het basisniveau bevat strengere emissie-eisen dan het minimumniveau en is met name bedoeld om door (semi-)publieke opdrachtgevers (en private opdrachtgevers die dat willen) te worden opgenomen in de aanbestedingseisen.
- Het **ambitieuze niveau**. Dit niveau is bedoeld voor partijen – zogenoemde koplopers – die een hoger ambitieniveau willen nastreven dan het basisniveau. In het ambitieuze niveau start de inzet van emissieloos materieel in eerdere periodes dan in het basisniveau en wordt een hoger aandeel emissieloze inzet gevraagd.

Koplopers spannen zich in om voor een percentage van hun projecten het ambitieuze niveau op te nemen in hun aanbestedingseisen. Dit worden koploperprojecten genoemd. Voor de overige projecten passen zij het basisniveau toe.

In het Convenant Schoon en Emissieloos Bouwen (hierna: het convenant) spreken partijen af of zij het basisniveau aanhouden of ook het ambitieuze niveau toepassen. Voor het basisniveau geldt een resultaatverplichting. Voor het ambitieuze niveau geldt een inspanningsverplichting.

Bij het opstellen van de routekaart en het bijbehorende convenant, heeft TNO in 2022 de technische haalbaarheid, de potentiële emissiereductie en de meerkosten ingeschat ([1], [2]). TNO heeft de haalbaarheid van de emissie-eisen destijds beoordeeld als haalbaar tot uitdagend, en met betrekking tot de snelheid waarmee bouwmaterieel kan worden vervangen voor emissieloze varianten als zeer ambitieus. De haalbaarheid hangt af van een aantal randvoorwaarden en externe factoren, waaronder de beschikbaarheid van materieel en laad- en tankinfrastructuur. Vanaf 2023 is de routekaart inwerking getreden. In het convenant is afgesproken dat er in 2025, 2027 en 2030 een onafhankelijke evaluatie plaatsvindt op de uitvoering en haalbaarheid van de routekaart en het convenant, zodat er tijdig bijgestuurd kan worden en beheersmaatregelen kunnen worden getroffen indien er knelpunten optreden die tot vertraging leiden.

Ter ondersteuning van de evaluatie in 2025, heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) TNO gevraagd om, op basis van vernieuwde inzichten en informatie, de eerdere bevindingen en achterliggende uitgangspunten te actualiseren.

Specifiek gaat het daarbij om:

- De emissiereducties die tot 2030 behaald kunnen worden met de routekaart en het convenant SEB, op alle niveaus van emissie-eisen, rekening houdend met de huidige ondertekenaars van het convenant.
- Een actualisatie van de uitgangspuntenlijst voor de meerkosten van de inzet van schoon en emissieloos bouwmaterieel, en hoe dit de totale investeringskosten beïnvloedt.
- Een actualisatie van de inschattingen over de technische haalbaarheid van de verschillende niveaus aan emissie-eisen.
- Het verder op orde brengen van de randvoorwaarden om de doelstellingen uit het convenant te kunnen behalen, zoals toezicht en handhaving en laadinfrastructuur op de bouwplaats.

De focus van dit rapport ligt primair op mobiele werktuigen. Daarnaast worden ook de potentiële emissiereductie, de meerkosten en de haalbaarheid van de routekaart voor bouwtransport geactualiseerd. De analyse van dit rapport richt zich op Nederland.

Leeswijzer

Dit rapport biedt inzicht in de potentiële emissiereducties, financiële impact (meerkosten) en technische haalbaarheid van de routekaart voor mobiele werktuigen en bouwtransport in Nederland tot en met 2030. Het rapport is opgebouwd uit tien hoofdstukken. In de eerste hoofdstukken ligt de focus op mobiele werktuigen. In hoofdstuk 2 wordt de methodiek voor de analyse toegelicht. Hoofdstuk 3 gaat in op het geschatte aandeel van de materieelvloot dat onder het convenant valt. In hoofdstuk 4 worden drie scenario's uitgewerkt die verschillen in mate van naleving en handhaving van de routekaart.

Hoofdstuk 5 presenteert de emissiereducties per scenario, gevolgd door een analyse van de meerkosten in hoofdstuk 6. Hoofdstuk 7 bespreekt de randvoorwaarden en technische haalbaarheid. In hoofdstuk 8 staat de impact van de routekaart op bouwtransport centraal. Daarin worden de potentiële emissiereducties, meerkosten en haalbaarheid besproken. Hoofdstuk 9 sluit af met de conclusies, waarna in hoofdstuk 10 enkele aanbevelingen volgen.

Bijlage A t/m Bijlage C bevatten aanvullende tabellen en detailinformatie bij de scenarioanalyse van mobiele werktuigen.

2 Methodiek en uitgangspunten

Dit hoofdstuk beschrijft de methodiek en uitgangspunten die zijn toegepast om de effectiviteit van de Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) kwantitatief te evalueren voor mobiele werktuigen, op het gebied van verwachte emissiereductie en financiële impact (meerkosten) tot en met 2030. De aanpak combineert actuele inzichten over de samenstelling en inzet van mobiele werktuigen in Nederland, modelberekeningen en een scenarioanalyse.

2.1 Niveaus van emissie-eisen uit de Routekaart SEB

De Routekaart SEB onderscheidt drie niveaus van emissie-eisen: het minimumniveau, het basisniveau en het ambitieuze niveau. De niveaus staan weergegeven in Tabel 2.1 tot en met Tabel 2.3, waarin per vermogenscategorie van mobiele werktuigen en periode wordt aangegeven welke eisen van toepassing zijn. De transitie is gekoppeld aan emissie-eisen die zijn gebaseerd op technische standaarden, zoals Stage V-motoren, die voldoen aan de meest recente Europese emissienormen voor NO_x en fijnstof. Daarnaast wordt emissieloos materieel (100% zero-emissie (ZE)) gedefinieerd als materieel dat geen directe uitstoot van CO₂, NO_x of PM veroorzaakt, zoals batterij-elektrische machines of materieel dat via kabels op het net is aangesloten. Naast emissie-eisen speelt ook de werking van emissiereductiesystemen een rol, zoals SCR-katalysatoren (voor NO_x-reductie) en roetfilters (voor PM-reductie).

Tabel 2.1: Minimumniveau voor mobiele werktuigen (uit de Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen [6]).

	Periode 1 2023 – 2024	Periode 2 2025 – 2027	Periode 3 2028 – 2029	Periode 4 2030 (en verder)
Licht ('minimaterieel' <19 kW)	Geen eis	Geen eis	100% ZE**	100% ZE**
Licht (19 – 37 kW)	Stage IIIa	Stage IIIa	Stage IIIa	100% ZE**
Licht (37 – 56 kW)	Stage IIIa	Stage IIIb	Stage IIIb	100% ZE**
Middelzwaar (56 – 130 kW)	Stage IIIa	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter* (2030) 100% ZE (2035)
Zwaar (130 – 560 kW)	Stage IIIa	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter* (2030) 100% ZE (2035)
Specialistisch (levensduur>15 jaar) Zeer Zwaar (>560 kW)	Geen eis	Geen eis	Katalysator en roetfilter*	Katalysator en roetfilter* 100% ZE (2035-2040)
Stationair	Gelijk aan eisen niet-stationair	Gelijk aan eisen niet-stationair	100% ZE** <560 kW >560 kW gelijk aan eisen niet-stationair	100% ZE** <560 kW >560 kW gelijk aan eisen niet-stationair

*Met ‘katalysator’ wordt bedoeld een effectieve SCR-katalysator. Met ‘roetfilter’ wordt bedoeld een werkend, gesloten roetfilter.

**Voor Stage V-materieel is een overgangsregeling van kracht. Stage V-materieel van voor 1 januari 2028 is nog tot 1 januari 2033 toegestaan.

Tabel 2.2: Basisniveau voor mobiele werktuigen (uit de Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen [6]).

	Periode 1 2023 – 2024	Periode 2 2025 - 2027	Periode 3 2028 - 2029	Periode 4 2030 (en verder)
Licht (‘minimaterieel’ <19 kW)	Geen eis	Geen eis	100% ZE	100% ZE
Licht (19 – 37 kW)	Stage IIIa	Stage IIIa	100% ZE	100% ZE
Licht (37 – 56 kW)	Stage IIIb	Stage IIIb	100% ZE	100% ZE
Middelzwaar (56 – 130 kW)	Stage IIIb	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter* (2030) 100% ZE (2035)
Zwaar (130 – 560 kW)	Stage IIIb	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter*	Stage IV met roetfilter* (2030) 100% ZE (2035)
Specialistisch (levensduur>15 jaar) Zeer Zwaar (>560 kW)	Geen eis	Geen eis	Katalysator en roetfilter*	Katalysator en roetfilter* 100% ZE (2035-2040)
Stationair	Gelijk aan eisen niet-stationair	Gelijk aan eisen niet-stationair	100% ZE <560 kW >560 kW gelijk aan eisen niet-stationair	100% ZE <560 kW >560 kW gelijk aan eisen niet-stationair

*Met ‘katalysator’ wordt bedoeld een effectieve SCR-katalysator. Met ‘roetfilter’ wordt bedoeld een werkend, gesloten roetfilter.

Tabel 2.3: Ambitieuze niveau voor mobiele werktuigen (uit de Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen [6]).

	Periode 1 2023 – 2024	Periode 2 2025 - 2027	Periode 3 2028 - 2029	Periode 4 2030 (en verder)
Aandeel koploperprojecten*	5-25%	25-50%	50-80%	75-95%
Ingroei emissieloos materieel				
(Percentage ZE verricht arbeid in een project, draaiuren x vermogen)	10-30%	30-70%	70-90%	90-100%

*Percentage van het projectenportfolio van een opdrachtgever.

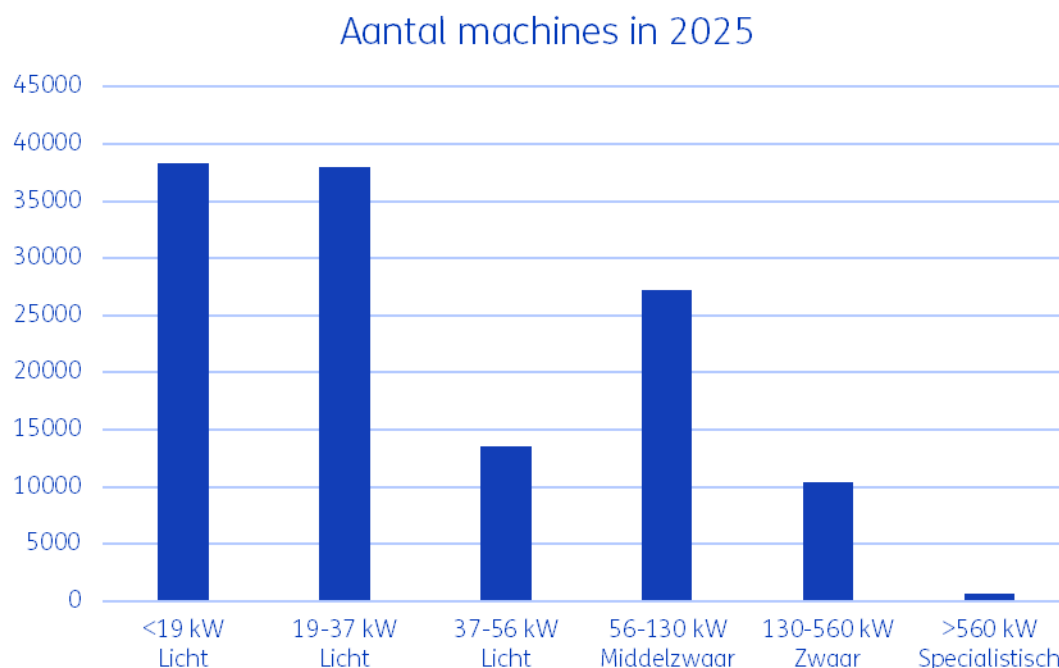
De niveaus en bijbehorende transitiepaden vormen de basis voor de verdere evaluatie van de routekaart. Het is hierbij goed om op te merken dat de berekening in deze studie is gebaseerd op de definitieve versie van de Routekaart SEB, zoals gepresenteerd in Tabel 2.1 tot en met Tabel 2.3. In de analyses van TNO in 2022 ([1], [2]) werd nog uitgegaan van een conceptversie van de routekaart, waarbij de overgangsregeling voor Stage V-materieel in het minimumniveau nog een voorstel betrof en niet standaard werd meegenomen in de berekeningen. In de conceptversie zou bovendien in periode 1 en 2 respectievelijk een Stage IIIa- en Stage IV met roetfilter-eis gelden voor stationair materieel. In de definitieve versie zijn de eisen voor stationair materieel in de eerste twee periodes gelijkgetrokken aan die voor niet-stationair materieel.

Voor het ambitieuze niveau is bij de doorrekening in deze studie uitgegaan van het midden van de bandbreedtes in Tabel 2.3, zowel voor het aandeel koploperprojecten als voor de ingroei van emissieloos materieel.

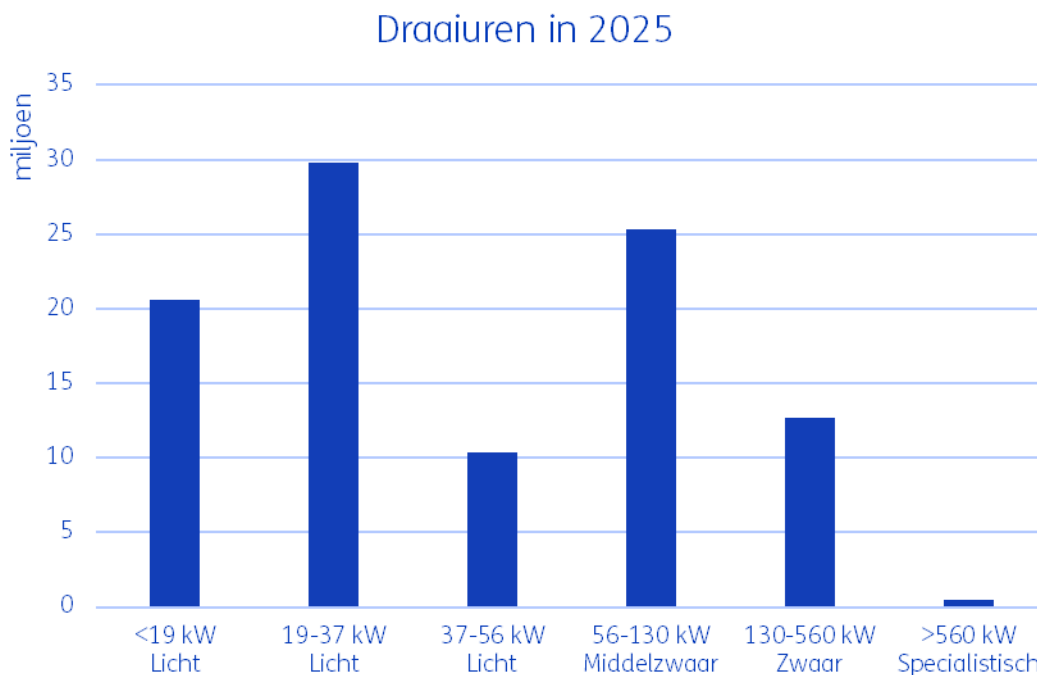
2.2 Vlootsamenstelling en inzet: autonome ontwikkeling

De eerste stap is het bepalen van de huidige vlootsamenstelling en inzet van mobiele werktuigen in Nederland. Hierbij zijn de aantallen machines, specificaties (zoals energiedrager en motorvermogen), inzet en energiegebruik in kaart gebracht. Daarnaast is in kaart gebracht hoe de vloot zich autonoom zou ontwikkelen in omvang en samenstelling richting 2030, dus zonder aanvullende beleidsmaatregelen. Hiervoor is gebruikgemaakt van het EMMA-MEPHISTO model [7], dat door TNO is ontwikkeld om de uitstoot en het energiegebruik van mobiele werktuigen te berekenen. EMMA wordt gebruikt voor historische jaren, terwijl MEPHISTO prognoses tot 2050 mogelijk maakt. Deze modellen worden ook toegepast in de nationale emissieregistratie, de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) en de Emissieramingen Luchtverontreinigende stoffen (ERL).

Figuur 2.1 en Figuur 2.2 laten een overzicht zien van respectievelijk het aantal machines en het aantal draaiuren per vermogenscategorie.



Figuur 2.1: Aantal machines (alleen diesel) per vermogenscategorie in 2025 volgens het EMMA-MEPHISTO model.



Figuur 2.2: Aantal draaiuren (alleen van dieselmachines) per vermogenscategorie in 2025 volgens het EMMA-MEPHISTO model.

Het EMMA-MEPHISTO model wordt regelmatig geüpdatet op basis van de meest recente inzichten in de vlootsamenstelling, inzet en emissies. Voor deze studie zijn recente updates meegenomen. Hierdoor wijkt de uitgangspositie wat betreft de vlootsamenstelling en inzet enigszins af van de uitgangspositie die ten grondslag lag aan de eerdere doorrekeningen door TNO in 2022 van de potentiële emissiereducties en meerkosten. De meest noemenswaardige verschillen zijn een toename in de aantallen machines en draaiuren in de categorie <56 kW en een lager aantal draaiuren in de categorie vanaf 130 kW.

2.3 Vlootsamenstelling en inzet: ontwikkeling onder de Routekaart SEB

De routekaart heeft vier transitieperiodes, met startmomenten in 2023, 2025, 2028 en 2030. Voor elk van de transitieperiodes is de samenstelling van de vloot opnieuw bepaald. Wanneer een dieselmachine van een bepaalde emissieklasse niet meer is toegestaan, wordt deze vervangen voor een vergelijkbare Stage V- of emissieloze machine. Voor de machines waarvoor richting 2030 een ZE-eis (zero-emissie/emissieloos) gaat gelden, is aangenomen dat de ingroei van emissieloze machines al vanaf 2025 begint. Er groeien onder die aanname vanaf dat moment geen Stage V-machines meer in voor de betreffende machinecategorieën. Er is bovendien aangenomen dat er nauwelijks ruimte is voor verschuiving naar andere emissieklassen, omdat de eisen voor de hele sector gelden. Vervanging naar bijvoorbeeld Stage IIIB of IV vindt dus niet plaats als Stage IIIA als eis geldt. Verder blijft het totale aantal draaiuren constant bij vervanging.

Een belangrijk uitgangspunt, en relevant voor de potentiële impact van het convenant, is de verdeling tussen (semi-)publieke en private werken. In een eerdere studie van TNO [1] zijn op basis van geregistreerde SBI-codes (Standaard BedrijfsIndeling) van gekentekend materieel inzichten verkregen van de machines per sector. Deze verdeling resulteerde in een inschatting dat circa 50% van de machines wordt ingezet bij (semi-)publieke werken en de overige 50% bij private werken. Er is geen betere informatie beschikbaar en daarom is in deze studie nog steeds gehanteerd dat 50% van de bouwprojecten onder (semi-)publieke opdrachtgevers valt. In de praktijk is het mogelijk dat machines zowel voor (semi-)publieke als private werken worden ingezet, waardoor dit aandeel slechts indicatief is. Binnen de groep (semi-) publieke opdrachtgevers is in hoofdstuk 3 gekeken naar de ondertekenaars van het convenant en hun verwachte aandeel ten opzichte van het totale projectportfolio van (semi-)publieke opdrachtgevers. De effectiviteit van de routekaart hangt bovendien af van de mate van naleving en de werking van emissie-reducerende systemen. Deze factoren worden ook meegenomen in de scenarioanalyse. De scenario's staan beschreven in hoofdstuk 4.

Voor machines in de categorie 56 – 560 kW is aangenomen dat de helft van de Stage IV-machines beschikt over een roetfilter. Het exacte aandeel roetfilters in de praktijk onder deze machinecategorieën is niet bekend. Een inventarisatie is nodig om deze aanname te valideren. Het is hier bovendien aangenomen dat het om gesloten roetfilters gaat. Gesloten roetfilters zijn effectiever dan half-open varianten, die niet voldoen aan de eisen van de routekaart. Het is mogelijk dat af-fabriek roetfilters van Stage IV-machines niet gesloten zijn, vanwege de beperkte PM-eisen.

Overgangsregeling

In het minimumniveau geldt voor de categorieën tot 56 kW een overgangsregeling voor Stage V tot 1 januari 2033. Om de 100% ZE-eis in 2033 te halen is aangenomen dat circa 70% van de machines <56 kW in 2030 emissieloos dient te zijn.

2.4 Regelingen tegemoetkoming meerkosten

Het programma Schoon en Emissieloos Bouwen kent drie subsidieregelingen:

- 1) De Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwen (SSEB)¹. Deze regeling is bedoeld voor bouwbedrijven en bedrijven die bouwmaterieel verhuren om de aanschaf van en de ombouw naar emissieloos en emissiearm materieel te stimuleren.
- 2) Regeling stimulering Schoon en Emissieloos Bouwen medeoverheden (SPUK SEB)². Deze regeling is bedoeld voor gemeenten, provincies en waterschappen die het convenant hebben ondertekend. Zij kunnen een financiële tegemoetkoming aanvragen voor de meerkosten van het uitvragen van emissieloos materieel.
- 3) SEB-middelen Aanbestedende Rijksdiensten. Deze middelen zijn beschikbaar voor Rijksdiensten om de hogere kosten die ontstaan door de toepassing van emissie-eisen uit de routekaart SEB bij aanbesteding op het ambitieuze niveau te kunnen dekken³.

Om de haalbaarheid van de implementatie van de routekaart te beoordelen is rekening gehouden met de beschikbaarheid van financiële middelen om een deel van de meerkosten te dekken.

¹ <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/sseb>

² <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/spuk-seb>

³ <https://schoneluchtakkoord.nl/thema/mobiele-werktuigen/financieringsmogelijkheden-verduurzaming-mobiele/aanbestedingen-rijksdiensten/>

Daarbij is uitgegaan van de inschatting die voor de KEV 2024 [3] is gemaakt over het aantal emissieloze werktuigen dat via subsidieregelingen zal worden aangeschaft. Dit komt neer op circa 7.500 – 15.000 emissieloze werktuigen in de periode tot en met 2030.

De onderliggende aannames van deze inschatting zijn uitgebreid beschreven in de TNO Achtergrondrapportage Mobiliteit bij KEV 2024 en ERL 2025 [3].

3 Inschatting convenantaandeel

De uitvoering van het basisniveau en het ambitieuze niveau van de routekaart is geregeld via het convenant SEB. Ondertekenaars verbinden zich aan de uitvoering van ten minste de emissie-eisen uit het basisniveau volgens de routekaart SEB. Conform artikel 20 in het convenant geldt: “Wanneer een partij zich bindt aan het basisniveau, zegt een Partij toe minimaal de emissie-eisen uit dit niveau toe te passen. Voor het ambitieuze niveau geldt hierbij een inspanningsverplichting.”

Het convenant is van toepassing op (semi-)publieke opdrachtgevers en op private opdrachtgevers die er uit eigen beweging voor kiezen zich aan te sluiten. In een eerdere inschatting in 2022 [1] is het aantal van de bouwmaterieelvloot dat wordt ingezet bij (semi-)publieke opdrachten door TNO geschat op circa 50%. Dit betekent dat het convenant in theorie invloed kan hebben op de helft van de totale vloot en kan daarmee potentieel een aanzienlijke impact hebben op de emissiereductie in de bouwsector.

De daadwerkelijke impact is echter afhankelijk van verschillende factoren die de effectiviteit bepalen, waaronder:

- Het aantal ondertekenaars en de omvang van hun projectportfolio;
- De mate waarin de afspraken uit het convenant daadwerkelijk (kunnen) worden nageleefd;
- Het naar behoren functioneren van emissie-reducerende systemen, zoals SCR-katalysators⁴ en roetfilters.

Monitoringsuitkomsten uitvoering van het convenant SEB

In december 2024 heeft het Ministerie van IenW een enquête uitgezet onder de convenantondertekenaars met als doel de voortgang van de uitvoering van het convenant te monitoren. TNO heeft ten behoeve van de evaluatie toegang gekregen tot de resultaten van deze rapportage. Op het moment van verspreiding van de enquête waren 107 partijen aangesloten bij het convenant, waarvan 47% de enquête heeft ingevuld.

Uit de monitoringsresultaten blijkt dat:

- Bijna 60% van de opdrachtgevers die de enquête hebben ingevuld, aangeeft het basisniveau volledig te hebben geïmplementeerd.
- Bijna 30% de emissie-eisen gedeeltelijk heeft geïmplementeerd.
- De partijen die op het ambitieuze niveau hebben ondertekend aangeven dit niveau volledig toe te passen. Voor mobiele werktuigen en bouwtransport geldt dat in een kwart van de projecten een bepaald percentage van de inzet wordt uitgevoerd met emissieloos materieel. Voor mobiele werktuigen is in het ambitieuze niveau voor periode 2 (2025 t/m 2027) een richtlijn meegegeven van 30 – 70% emissieloze inzet. In praktijk blijkt dit percentage te variëren van 10% tot 90%.

⁴ Een Selective Catalytic Reduction (SCR) katalysator is een technologie die gebruikt wordt om de emissies van stikstofoxiden te verminderen.

Omdat het gemiddelde van deze enquête-uitkomst overeenkomt met het midden van de richtlijn voor periode 2 (50%), is er geen aanleiding geweest om het eerder genoemde gehanteerde uitgangspunt voor het ambitieuze niveau aan te passen (zie hoofdstuk 2.1).

Op 1 januari 2025 heeft een eerste aanscherping van de emissie-eisen plaatsgevonden. Een volgende aanscherping staat gepland voor januari 2028. De aanscherping in 2028 vereist hogere aantallen emissieloos materieel doordat in het basisniveau een ZE-eis gaat gelden voor lichtere vermogenscategorieën en in het ambitieuze niveau een hoger aandeel ZE wordt gevraagd in een groter aandeel koploperprojecten. De benodigde hoge aantallen ZE-materieel brengen uitdagingen met zich mee voor de markt. Dit kan van invloed zijn op de mate waarin het convenant vanaf 2028 wordt geïmplementeerd. In hoofdstuk 7 wordt uitgebreider ingegaan op deze uitdagingen en het belang dat opdrachtgevers nu al emissieloos materieel uitvragen, zodat de markt zich tijdig kan aanpassen.

Stand van zaken ondertekening convenant SEB (per 28 augustus 2025)

Op 28 augustus 2025 hebben in totaal 152 partijen het convenant ondertekend. Daarvan zijn 99 (van in totaal 342) gemeenten. Daarnaast hebben alle provincies, alle water- en hoogheemraadschappen, verschillende netwerk- en brancheorganisaties, de Rijksoverheid (waaronder Rijksdiensten, zoals Rijkswaterstaat en het Rijksvastgoedbedrijf) en semi-publieke opdrachtgevers (ProRail B.V., Royal Schiphol Group, Port of Amsterdam, Havenbedrijf Rotterdam, Port of Den Helder, TenneT en N.V. Nederlandse Gasunie) zich aangesloten bij het convenant.

Bepaling van het vlootaandeel onder het convenant als basis voor de effectanalyse

Het convenant is primair bedoeld voor (semi-)publieke opdrachtgevers, en staat ook open voor private opdrachtgevers die zich vrijwillig willen aansluiten. Omdat op dit moment voornamelijk (semi-)publieke opdrachtgevers zich aan het convenant hebben gecommitteerd, wordt in deze stap eerst bepaald welk deel van de materieelvloot wordt ingezet voor convenantondertekenaars binnen de (semi-)publieke sector.

Zoals eerder genoemd, is aangenomen dat 50% van de materieelvloot wordt ingezet voor (semi-)publieke opdrachten. Binnen de groep (semi-)publieke opdrachtgevers, is het lastig om precies vast te stellen welk deel van de vloot onder welke (semi-)publieke opdrachtgever valt, omdat een duidelijke registratie hiervan ontbreekt. In de studie *Vernieuwingsopgave infrastructuur* [8] is de verdeling onderzocht van de totale landelijke geprognosticeerde uitgaven aan civiele constructies, wegfundering en riolering over verschillende (semi-)publieke opdrachtgevers.

Afgezien van kleine verschuivingen in de onderverdeling over tijd, blijken de uitgaven als volgt verdeeld:

- 55% bij gemeenten;
- 9% bij provincies;
- 13% bij waterschappen;
- 23% bij landelijke beheerders, zoals ProRail en Rijkswaterstaat.

Om de werkzaamheden van alle (semi-)publieke opdrachtgevers zo goed mogelijk te omvatten, is ten behoeve van deze studie 10% van de gemeentelijke uitgaven verschoven naar de groep *landelijke beheerders*. Tegelijkertijd is deze groep uitgebreid, zodat het de Rijksdiensten en semi-publieke opdrachtgevers omvat.

De aangepaste verdeling wordt daarmee:

- 45% bij gemeenten;
- 9% bij provincies;
- 13% bij waterschappen;
- 33% bij de Rijksdiensten en semi-publieke opdrachtgevers.

Deze aanpassing houdt, in uitbreiding op de klassieke infrastructuur, ook rekening met werken aan energie- en nutsvoorzieningen en havenwerken, waarin vooral de semi-publieke opdrachtgevers actief zijn. Er is geen zicht op de exacte inzet van materieel per opdrachtgever. Het betreft daarmee een indicatieve verdeling.

De bovengenoemde verdeling wordt gebruikt als uitgangspunt om het aandeel van de materieelvloot per type publieke opdrachtgever te schatten. Op basis daarvan kan worden bepaald welk deel van de vloot onder het convenant valt en onder welk niveau (basis of ambitieuze).

Aangezien nog niet alle gemeenten zich aan het convenant hebben gecommitteerd, en ondertekenende gemeenten zich aan verschillende niveaus uit de routekaart hebben verbonden, is het noodzakelijk om eerst in te schatten welk deel van de gemeentelijke opdrachten onder het convenant valt. Deze stap is essentieel om later het effect van het convenant op emissiereductie en meerkosten te kunnen inschatten.

Er is geen goede registratie van de ruimtelijke verdeling van machines. Machines worden tijdelijk ingezet op verschillende locaties, en verplaatsen zich regelmatig door het land. Hierdoor is het lastig om geografisch te bepalen hoe de materieelvloot zich over gemeenten verdeelt. Om toch een inschatting te maken van het aandeel dat de convenantondertekenende gemeenten hebben in de materieelvloot, is gebruik gemaakt van inwonersaantallen. Het vlootaandeel binnen de groep gemeenten dat onder het convenant valt, is bepaald op basis van de verhouding tussen het aantal inwoners in de ondertekenende gemeente en het totale inwonersaantal in Nederland. Aangezien vooral grotere gemeenten het convenant hebben ondertekend, vertegenwoordigen zij een aanzienlijk deel van de gemeentelijke markt. Op basis van deze methode wordt geschat dat gemeenten die het convenant hebben ondertekend verantwoordelijk zijn voor circa 45% van de materieelvloot die onder alle gemeentelijke opdrachten valt. Van de gemeentelijke opdrachten valt naar schatting ongeveer 24% onder het basisniveau en 22% onder het ambitieuze niveau.

In Tabel 3.1 is berekend welk deel van de bouwwerken onder welk niveau van het convenant valt. De berekening van het totaal aandeel (semi-)publieke opdrachtgevers per niveau is berekend door de bijdrage van elk type opdrachtgever in (semi-)publieke werken te vermenigvuldigen met het aandeel dat het basis- of het ambitieuze niveau volgt. Hiermee ontstaat een gewogen aandeel per niveau. Dit komt voor zowel het basis- als het ambitieuze niveau neer op 36%. Omdat is aangenomen dat 50% van alle bouwwerken onder publieke opdrachten valt, wordt het aandeel per niveau gehalveerd. Dit resulteert in een aandeel van 18% voor zowel het basis- als het ambitieuze niveau in de totale bouwwerken.

Tabel 3.1: (Semi-)publieke opdrachtgevers en aandeel convenantondertekenaars per niveau.

Type opdrachtgever	Bijdrage aan alle (semi-)publieke werken [%]	Verdeling naar emissieniveau		
		Volgt basisniveau [%]	Volgt ambitieuze niveau [%]	Niet ondertekend (gewogen) [%]
Gemeenten	45%	24%	22%	54%
Provincies	9%	100%	0%	0%
Waterschappen	13%	100%	0%	0%
Rijksdiensten en semi-publieke opdrachtgevers ⁵	33%	10%	80%	10%
Totaal aandeel (semi-)publieke opdrachtgevers per niveau		36%	36%	28%
Aandeel in alle bouwwerken (aanname: 50% is (semi-)publieke werken)		18%	18%	14%

⁵ Voor deze groep is het niet precies duidelijk hoe het aandeel bouwopdrachten is verdeeld tussen niet-ondertekenaars, het basisniveau en het ambitieuze niveau. Rijkswaterstaat en ProRail worden echter ingeschat een fors aandeel te hebben binnen deze groep.

4 Scenario's voor het inschatten van het effect van de Routekaart SEB

Voor het inschatten van de impact van het convenant en de routekaart op emissiereductie en kosten, is gekozen voor een scenario-analyse. Deze benadering is nodig omdat er aanzienlijke onzekerheden bestaan rondom de implementatie van de routekaart. Zo is onduidelijk in hoeverre het minimumniveau daadwerkelijk wordt toegepast door private opdrachtgevers en (semi-)publieke opdrachtgevers die het convenant niet hebben ondertekend. Evenmin is zeker of (semi-)publieke opdrachtgevers in staat zullen zijn om het basis- en ambitieuze niveau te realiseren. Factoren zoals de benodigde ingroeisnelheid van emissieloos materieel en voldoende laadinfrastructuur op of nabij de bouwplaats spelen hierbij een rol. Dat geldt ook voor (de mate van) dekking van de meerkosten, wat nu al deels via SSEB, SPUK SEB en de middelen voor aanbestedende Rijksdiensten gebeurt. Daarnaast heeft de mate van toezicht en handhaving invloed op de effectiviteit van de naleving. Om met deze onzekerheden om te gaan en verschillende mogelijke uitkomsten te verkennen, zijn drie scenario's opgesteld.

Scenario 1: Maximale naleving Dit scenario laat het maximale potentieel zien bij volledige naleving van de Routekaart door zowel (semi-)publieke als private opdrachtgevers. Alle (semi-)publieke opdrachtgevers volgen het convenant, waarvan 60% het basisniveau en 40% het ambitieuze niveau. Alle private opdrachtgevers hanteren voor alle private opdrachten het minimumniveau.

Scenario 2: Huidige koers van convenantondertekenaars Dit scenario weerspiegelt de huidige situatie waarin een deel van de (semi-)publieke opdrachtgevers het convenant volgt op het basis- of ambitieuze niveau (zie Tabel 3.1). Voor de (semi-)publieke opdrachtgevers die het convenant nog niet hebben ondertekend en de private opdrachtgevers wordt aangenomen dat zij de snelheid van de autonome verjonging volgen, omdat er onvoldoende zicht is over de eventuele toepassing van het minimumniveau door deze partijen. Het minimumniveau wordt in dit scenario niet toegepast.

Scenario 3: Beperkte naleving en handhaving In dit scenario blijft naleving van de eisen in alle niveaus achter, onder andere door gebrek aan voldoende toezicht en handhaving en het ontbreken van randvoorwaarden om de ZE-eisen mogelijk te maken. Er is aangenomen dat SSEB nog wel succesvol wordt benut in dit scenario, maar dat daarbovenop slechts een beperkt extra aantal emissieloze machines wordt gerealiseerd. Dit is mede gebaseerd op inzichten uit het achtergrondrapport bij de Klimaat- en Energieverkenning 2024 en de Emissieramingen Luchtverontreinigende Stoffen 2025 van PBL en TNO [3].

Om de impact van deze beperkingen te modelleren is aangenomen dat:

- Slechts 25% van de private opdrachtgevers en (semi-)publieke opdrachtgevers die niet het convenant hebben ondertekend, daadwerkelijk voldoet aan het minimumniveau;
- Een kwart van het oorspronkelijke aandeel van het basis- en ambitieuze niveau wordt gerealiseerd zoals bedoeld binnen de geplande periodes (zie Tabel 3.1);
- Het deel dat de eisen uit het betreffende niveau niet haalt, valt terug naar een lager ambitieniveau:
 - o Van het ambitieuze niveau naar het basisniveau;
 - o Van het basisniveau naar het minimumniveau.

Dit resulteert in Tabel 4.1, waarin de verdeling van de materieelvloot per niveau wordt weergegeven.

Tabel 4.1: Verdeling van de materieelvloot over de verschillende niveaus in scenario 3 (beperkte naleving en handhaving).

Niveau uit de Routekaart	Volledig implementatie	Terugvalscenario	Totaal
Minimumniveau	16% (waarvan 12,5% privaat; 3,75% (semi-)publiek)	13,5% (van het basisniveau)	29,5%
Basisniveau	4,5%	13,5% (van het ambitieuze niveau)	18%
Ambitieuze niveau	4,5%		4,5%

5 Emissiereductie

Deze analyse is gebaseerd op een geactualiseerde versie van het EMMA-model, d.d. 2024. Deze nieuwe versie bevat recente inzichten over de samenstelling van de materieelvloot, de inzet (draaiuren) en de emissies van mobiele werktuigen in Nederland. Tabel 5.1 toont de totale emissies in het uitgangsjaar 2018 en de situatie in 2023 (het startjaar van de routekaart). Ook geeft het een inschatting van de emissies in 2030 volgens de autonome vlootontwikkeling. Deze cijfers vormen het referentiepunt voor de berekeningen van de emissiereductie.

Tabel 5.1: Uitgangsscenario emissies mobiele werktuigen.

	2018	2023	2030
NO _x (kton)	12,2	10,1	8,7
PM (ton)	643	431	222
CO ₂ (Mton)	1,6	1,6	1,5
NH ₃ (ton)	35	64 ⁶	76

In het vervolg van deze paragraaf worden de resultaten per stof besproken: CO₂, NO_x, PM (fijnstof) en NH₃. Voor elk van de stoffen wordt de verwachte emissiereductie voor de drie scenario's (zoals beschreven in hoofdstuk 4), variërend van maximale tot beperkte naleving van de routekaart, gepresenteerd. In de analyse wordt ingegaan op in hoeverre de beoogde emissiereducties gerealiseerd kunnen worden met de routekaart. In Bijlage A (scenario 1), Bijlage B (scenario 2) en Bijlage C (scenario 3) zijn aanvullende tabellen opgenomen waarin de resultaten verder zijn uitgesplitst naar elk van de niveaus binnen de routekaart.

CO₂-uitstoot

In Tabel 5.2 is de verwachte impact op CO₂-emissies weergegeven voor de scenario's uit hoofdstuk 4. Voor alle drie de scenario's is de inschatting dat het beoogde doel van 0,4 Mton reductie in 2030 ten opzichte van 2018 wordt gehaald. Het is belangrijk om te benadrukken dat deze reducties grotendeels worden gerealiseerd door de inzet van emissieloos materieel. In tegenstelling tot de andere emissies (zoals NO_x en PM) speelt de overstap naar Stage V-motoren hier een veel kleinere rol. Dit betekent dat het behalen van de CO₂-doelstellingen volledig afhankelijk is van voldoende beschikbaarheid en inzet van emissieloze machines (in hoofdstuk 7 wordt ingegaan op de haalbaarheid hiervan). Het is daarom essentieel dat aan alle randvoorwaarden wordt voldaan om de ZE-eisen in praktijk mogelijk te maken. In hoofdstuk 7 wordt hier dieper op ingegaan.

Tabel 5.2: Impact van verschillende scenario's op reductie in CO₂-emissies ten opzichte van 2018.

CO ₂ -uitstoot	2023	2025	2028	2030	Absolute reductie 2030 t.o.v. 2018
Scenario 1 (maximale naleving)	6%	14%	37%	47%	0,77 Mton
Scenario 2 (huidige koers)	5%	9%	25%	30%	0,49 Mton
Scenario 3 (beperkte naleving)	5%	8%	20%	26%	0,43 Mton

⁶ De toename in NH₃-uitstoot (ammoniak) komt doordat meer machines zijn uitgerust met een SCR-katalysator. De SCR-katalysator zorgt voor het grootste deel van de NO_x-reductie bij moderne bouwmaschinen, maar kan wel hogere NH₃-emissies tot gevolg hebben.

NO_x-uitstoot

Tabel 5.3 geeft de ingeschatte emissiereductie van NO_x voor elk van de scenario's. Adequate handhaving op het gebruik van schoon materieel vergroot het reductiepotentieel. Handhaving draagt bij aan het opsporen van defecten of manipulatie van SCR-katalysatoren. Het potentiële effect hiervan is zichtbaar in het maximum van de bandbreedte in Tabel 5.3.

Tabel 5.3: Impact van verschillende scenario's op reductie in NO_x-emissies ten opzichte van 2018.

NO _x -uitstoot	2023	2025	2028	2030
Scenario 1 (maximale naleving)	28 -35%	37-45%	61-69%	69-76%
Scenario 2 (huidige koers)	22 -28%	28-34%	43-50%	48-54%
Scenario 3 (beperkte naleving)	22 -28%	28-35%	42-50%	48-56%

Alleen bij maximale naleving (scenario 1) wordt de ambitie van 60% NO_x-reductie gehaald. Hoewel scenario 2 (huidige koers) en scenario 3 (beperkte naleving) ook reducties laten zien van circa 52%, blijven deze achter bij de gestelde ambitie in 2030. De uitvoering van het minimumniveau (naast de uitvoering van het basis- en het ambitieuze niveau middels het convenant), zoals beoogd in de routekaart, is een noodzakelijke voorwaarde om de ambitie op het gebied van NO_x-reductie te halen. Dit onderstreept het belang voor aanvullende inspanningen om het minimumniveau in praktijk te brengen en om de randvoorwaarden te realiseren die voor alle niveaus nodig is om in de latere jaren voldoende emissieloos materieel beschikbaar en in praktijk werkend te hebben. Hoofdstuk 7 gaat hier uitgebreider op in.

PM-uitstoot (fijnstof)

Tabel 5.4 laat zien welke impact de scenario's kunnen hebben op reductie in PM-emissies.

Tabel 5.4: Impact van verschillende scenario's op reductie in PM-emissies ten opzichte van 2018.

PM-uitstoot	2023	2025	2028	2030
Scenario 1 (maximale naleving)	53%	67%	91%	96%
Scenario 2 (huidige koers)	42%	54%	72%	77%
Scenario 3 (beperkte naleving)	43%	56%	74%	81%

Een groot deel van de emissiereductie wordt al verwacht te worden bereikt als gevolg van autonome vlootverjonging, namelijk circa 65% in 2030 ten opzichte van 2018. Dit komt omdat naar verwachting een groot deel van het toekomstig materieel is uitgerust met een gesloten roetfilter. In scenario 1 zijn in 2030 vrijwel alle machines emissieloos of voorzien van een roetfilter. Gesloten roetfilters zijn effectiever dan half-open roetfilters, die niet voldoen aan de eisen van de routekaart. Regelmatige controle op de werking van roetfilters is cruciaal, omdat defecte of verwijderde roetfilters een buitenproportionele verhoging van fijnstofemissies kunnen veroorzaken. Gezien de verschuiving naar machines met roetfilter wordt deze controle extra van belang. Zonder toezicht en handhaving zal het reductiepotentieel niet behaald worden, ook niet bij autonome verjonging.

NH₃-uitstoot

Tot slot is in deze studie ook de impact op NH₃-emissies meegenomen. Door een toename van Stage IV- en Stage V-dieselmotoren met SCR-katalysatoren wordt een stijging verwacht. NH₃ kan vrijkomen bij het gebruik van AdBlue. NH₃-emissies zijn echter relatief beperkt ten opzichte van NO_x-emissies, zie ook Tabel 5.1. Let op: de getallen in Tabel 5.5 tonen een **toename**, in tegenstelling tot de voorgaande tabellen.

Tabel 5.5: Impact van verschillende scenario's op **toename** in NH₃-emissies ten opzichte van 2018.

NH ₃ -uitstoot	2023	2025	2028	2030
Scenario 1 (maximale naleving)	111%	127%	102%	78%
Scenario 2 (huidige koers)	95%	104%	90%	81%
Scenario 3 (beperkte naleving)	96%	116%	112%	106%

6 Meerkosten

In 2023 is door TNO een inschatting gemaakt van de meerkosten van de routekaart [2]. De uitgangspunten uit die studie zijn opnieuw bekeken en, waar nodig, aangepast. In paragraaf 6.1 is een overzicht opgenomen van alle uitgangspunten voor deze berekening. Daarna volgt een overzicht van het effect op de ingeschatte meerkosten voor mobiele werktuigen.

6.1 Uitgangspunten

Deze paragraaf bevat een overzicht van de uitgangspunten voor de meerkostenanalyse. De tekst is geactualiseerd, maar gedeeltelijk hergebruikt en gebaseerd op het oorspronkelijke rapport *“Inschatting meerkosten programma Schoon en Emissieloos Bouwen voor mobiele werktuigen, bouwtransport en kustlijnverzorging en vaargeulonderhoud inclusief periode na 2030.”* [2]. Voor de volledige context en onderbouwing wordt verwezen naar hoofdstuk 2.3 in het oorspronkelijke rapport.

Er bestaat een grote diversiteit aan typen (bouw)materieel, in verschillende vermogenscategorieën en brandstofsoorten. Voor de kostenberekeningen is uitgegaan van de meest gangbare machinetypen. De berekende investeringskosten kunnen afwijken van de werkelijke kosten, met name bij minder gangbare of specialistische machines.

Kosten Stage V-materieel

Voor Stage V-materieel worden prijzen constant verondersteld voor de hele periode, met onderscheid per vermogenscategorie en naar mobiel en stationair materieel. Voor stationair Stage V-materieel wordt onderstaande formule toegepast.

$$\text{€}_{\text{stationair}} = \text{€}112 \times \text{motorvermogen [kW]} + \text{€}6126$$

Voor mobiele machines staan de uitgangspunten waarmee is gerekend weergegeven in Tabel 6.1. Per vermogenscategorie is het gemiddelde vermogen als rekenwaarde gehanteerd. Het is belangrijk om op te merken dat aanschafprijzen van met name minder gangbare werktuigen met flinke marge kunnen afwijken van het gemiddelde. De werkelijke investeringskosten kunnen in sommige gevallen flink hoger of lager uitvallen dan in Tabel 6.1 is weergegeven.

Tabel 6.1: Gebruikte uitgangspunten t.a.v. kosten Stage V mobiel materieel, bron: [2].

Mobiel	Rekenvermogen [kW]	Euro / kW	Aanschafwaarde
<19 kW	10	1800	€18.000
19 – 37 kW	25	1400	€35.000
37 – 56 kW	50	1000	€50.000
56 – 130 kW	100	1200	€120.000
130 – 560 kW	300	800	€240.000

Meerkosten specialistisch materieel

Voor de meerkosten van het specialistische materieel (>560 kW) wordt met de kosten uit Tabel 6.2 gerekend voor de installatie van een SCR-katalysator en een roetfilter (DPF). Dit is gebaseerd op Tol, D., & Verbeek, R. (2021) [9].

Tabel 6.2: Uitgangspunten voor de meerkostenberekening van specialistisch materieel. Dit betreft de kosten van de installatie van een SCR-katalysator en een roetfilter, bron: [9].

SCR-katalysator	€65.000
SCR en roetfilter	€103.000

Bekabeling

Veel stationaire machines kunnen potentieel worden vervangen door materieel dat direct op het stroomnet aangesloten kan worden. Daarom is niet in alle gevallen een accupakket nodig. Dit geldt ook voor het kleinere benzine-aangedreven materieel. In welke mate dat in de praktijk haalbaar is, is momenteel niet bekend. Bij grotere machines zal dit lastiger te realiseren zijn vanwege hogere aansluitvermogens.

Daarom wordt hierover aangenomen dat:

- in de groep stationaire machines <56 kW 50% geen accu nodig heeft vanwege bekabeling;
- in de groep stationaire machines ≥56kW 25% geen accu nodig heeft vanwege bekabeling;
- in de groep benzine-aangedreven machines <5kW 50% geen accu nodig heeft vanwege bekabeling.

De mate waarin bekabeling in de praktijk realiseerbaar is, is onzeker. Naast de praktische haalbaarheid speelt ook netcongestie een rol. Deze uitdaging is relevant voor alle vormen van elektrisch materieel en wordt nader toegelicht in hoofdstuk 7.

Emissieloos materieel

- › Het huidige aanbod van emissieloos materieel is grotendeels batterij-elektrisch. De kosten voor emissieloos materieel zijn daarom gebaseerd op batterij-elektrisch materieel.
- › Voor elektrische machines aan de kabel is aangenomen dat er geen meerkosten zijn ten opzichte van diesel-aangedreven machines.
- › Er is geen autonome ingroei van emissieloos materieel aangenomen.
- › Voor de vermogenscategorieën waarvoor in de transitieperiode 2023-2030 een ZE-eis gaat gelden in de routekaart, is aangenomen dat er vanaf 2025 geen nieuwe dieselmachines meer worden aangekocht. Vanaf dat moment zijn alle machines die ingroeien emissieloos.
- › Voor de vermogenscategorieën waarvoor vanaf 2035 een ZE-eis is opgenomen, is geen ingroei van emissieloos materieel aangenomen in de periode t/m 2030.
- › De kosten van elektrisch materieel nemen naar verwachting af in toekomstige jaren. Om hier rekening mee te houden is voor de kosten van elektrisch materieel daarom een inschatting gemaakt tot en met 2030.

Kosten emissieloos mini-materieel (<19 kW)

Om beter rekening te houden met prijsverschillen binnen de categorie machines met een laag vermogen, is de vermogenscategorie <19 kW opgesplitst in twee subcategorieën <9 kW en 9≤kW<19. Voor mobiele machines op benzine is aanvullend een verdere onderverdeling gemaakt voor vermogens <5 kW.

Voor het kleine mobiele materieel <19 kW zijn de kosten gebaseerd op marktvoorbeelden uit 2022, maar houdt rekening met een verwachte kostendaling in de tijd. Voor stationair materieel is uitgegaan van €700/kWh, vergelijkbaar met het variabele deel voor het accugedeelte uit de SSEB-meerkostenformule⁷.

⁷ <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/sseb/aanschaf>

Om de grootte van het accupakket te bepalen voor stationair <9kW en <19kW is gerekend met een rekenvermogen van respectievelijk 5 kW en 10 kW. In Tabel 6.3 staan de extra investeringskosten van emissieloos mini-materieel weergegeven voor 2022. Bij deze indicatie is reeds rekening gehouden met de mate waarin bekabeling een alternatief biedt voor accupakketten.

Tabel 6.3: Inschatting van de extra investeringskosten van emissieloos mini-materieel (<19 kW) in 2022, gebaseerd op een bewerkte versie van bron [2].

2022	Mobiel		Stationair	
	Benzine	Diesel	Benzine	Diesel
<5kW	€625			
<9kW	€1.500	€1000	€3.150	€3.150
<19kW			€6.300	€6.300

Voor het mini-materieel (<19 kW) wordt uitgegaan van een prijsdaling van 5% tot en met 2030.

Kosten emissieloos materieel >= 19 kW

Voor mobiel materieel >= 19 kW wordt voor de kosten van emissieloze machines gebruik gemaakt van de meerkostenformule die wordt gehanteerd in de Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel (SSEB)⁸.

$$\text{Meerkosten ZE} = \text{€}7000 + \text{€}300 \times \text{motorvermogen [kW]} + \text{€}700 \times \text{accucapaciteit [kWh]}$$

De totale investeringskosten van deze categorie emissieloze machines bestaan uit de kosten van een Stage V-machine vermeerderd met de meerkosten zoals berekend met bovenstaande formule. In de beginjaren is de meerprijs van emissieloos materieel hoog vanwege relatief kleine oplage, veel handwerk (ombouw) en de relatief hoge kosten van het accupakket. Deze kosten zijn ook meegenomen in de meerkostenformule. Er wordt in deze berekening aangenomen dat de meerprijs van elektrisch materieel in 2030 alleen nog uit de accukosten bestaat, waardoor de aanschafkosten dalen. In de berekening van mobiel materieel >= 19 kW is een jaarlijkse prijsdaling van ongeveer 6% meegenomen, al blijft het lastig om de werkelijke prijsontwikkeling te voorspellen.

Voor stationair materieel met een vermogen van 19 kW of meer zijn de meerkosten voor emissieloze machines ten opzichte van Stage V-materieel ook in de beginjaren al direct gelijkgesteld aan de kosten van het accupakket. Dit betekent dat alleen de accukosten worden gezien als het verschil in aanschafprijs tussen emissieloos en conventioneel materieel. Voor het bepalen van de accukosten is gebruikgemaakt van de studies van het National Renewable Energy Laboratory uit 2021 (voor de accukosten in 2020) [10] en uit 2025 (voor de accukosten in 2030) [11]. Op basis van deze rapporten is gerekend met een prijs van €300 per kWh in 2020 en €235 per kWh in 2030. De prijzen per kWh zijn een aanpassing ten opzichte van de oorspronkelijke kostenberekening uit 2023. Tabel 6.4 geeft dit in een overzicht weer.

⁸ <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/sseb/aanschaf>

Tabel 6.4: Overzicht aanpassing accukosten voor stationair materieel ≥ 19 kW ten opzichte van de meerkostenberekening uit het TNO-rapport van 2023 [2].

Zichtjaar	In de vorige berekening (2023) [2]	Aangepast naar
2020	€350/kWh	€300/kWh
2030	€200/kWh	€235/kWh

Inzet

Om te bepalen hoe groot het accupakket moet zijn voor een emissieloze machine, is een inschatting nodig van de hoeveelheid energie (in kWh) die per dag wordt verbruikt. Die energiebehoefte hangt af van het geïnstalleerde motorvermogen (in kW), de gemiddelde motorbelasting en het aantal draaiuren per dag. Deze variabelen kunnen in praktijk sterk verschillen per machinetype en mogelijk zelfs per project. Er is gekozen voor generieke aannames op basis van uit de markt verkregen input. Voor alle machines wordt uitgegaan van een motorbelasting van 30%. Voor het aantal draaiuren per dag is een overzicht opgenomen in Tabel 6.5.

Tabel 6.5: Inzet per dag in aantal draaiuren.

	Aantal draaiuren per dag
Stationair materieel, ≥ 19 kW	10
Stationair materieel, < 19 kW	6
Mobiel materieel, < 56 kW	4
Mobiel materieel, ≥ 56 kW	6
Benzine-aangedreven materieel	3

Technische levensduur

Er wordt ervan uitgegaan dat een nieuw aangeschafte machine in de periode 2023 – 2030 voldoende lang genoeg meegaat om in diezelfde periode niet vervangen te hoeven worden.

6.2 Uitkomsten meerkostenberekening

Op basis van de scenario's zoals beschreven in hoofdstuk 4, en uitgaande van de uitgangspunten uit paragraaf 6.1, is een berekening gemaakt van de bijbehorende meerkosten (investeringen) per niveau uit de routekaart voor mobiele werktuigen. De uitkomsten van deze berekening zijn weergegeven in Tabel 6.6 en Tabel 6.7. Het betreft hier extra investeringskosten in de periode 2023 tot en met 2030 voor de uitvoering van de routekaart.

Tabel 6.6: Uitkomsten meerkostenberekening voor scenario 1 en scenario 2.

	Scenario 1 (maximale naleving)		Scenario 2 (huidige koers)	
	Aandeel vloot (%)	Meerkosten (€) 2023 - 2030	Aandeel vloot (%)	Meerkosten (€) 2023 - 2030
Minimumniveau	50%	€1,6 mld.	0%	n.v.t.
Basisniveau	30%	€1,3 mld.	18%	€0,8 mld.
Ambitieuze niveau	20%	€2,0 mld.	18%	€1,8 mld.
		€4,9 mld.		€2,6 mld.

Tabel 6.7: Uitkomsten meerkostenberekening voor scenario 3.

	Scenario 3 (beperkte naleving en handhaving)	
	Aandeel vloot (%)	Meerkosten (€) 2023 - 2030
Minimumniveau	30%	€0,9 mld.
Basisniveau	18%	€0,8 mld.
Ambitieuze niveau	5%	€0,5 mld.
		€2,2 mld.

Scenario 1 representeert het maximale potentieel van de routekaart SEB.

In dit scenario wordt volledige naleving verondersteld door zowel (semi-)publieke als private opdrachtgevers. Dit scenario leidt tot de grootste emissiereductie, maar heeft ook de hoogste meerkosten van circa €4,9 miljard. Succesvolle implementatie van dit scenario is uiterst onzeker, vanwege grote afhankelijkheid van randvoorwaarden, zoals beschikbaarheid van emissieloos materieel, laadinfrastructuur en voldoende toezicht en handhaving. In hoofdstuk 7 wordt hier in meer detail op ingegaan en worden de randvoorwaarden verder uitgelicht.

Scenario 2 weerspiegelt de situatie met de huidige convenantondertekenaars. Volgens de monitoringsenquête van het ministerie van IenW geeft 60% van de respondenten aan dat zij het basisniveau volledig hebben geïmplementeerd. De partijen die op het ambitieuze niveau hebben ondertekend, geven aan dit niveau volledig toe te passen. Hoewel dit scenario daarom realistisch lijkt op korte termijn, is het onzeker of deze trend zich voorzet in toekomstige perioden waarin de vraag naar emissieloos materieel sterk toeneemt. De ingeschatte meerkosten voor scenario 2 worden geschat op €2,6 miljard. Het ambitieuze niveau heeft daar het overgrote aandeel in vanwege de strengere eisen en daarmee hogere investeringsbehoefte. Ter vergelijking, de voorziene beschikbare budgetten in de SEB subsidieregelingen (zie hoofdstuk 2.4) in de periode 2023 t/m 2030 zijn ongeveer €0,8 miljard⁹. Dat dekt ongeveer 30% van de totale ingeschatte meerkosten in scenario 2.

Indien niet aan de noodzakelijke randvoorwaarden wordt voldaan om het werken met emissieloos materieel op grote schaal mogelijk te maken, kan een situatie ontstaan zoals geschetst in scenario 3. In dit scenario blijft de opvolging van met name de ZE-eisen achter. Als gevolg van deze beperkingen wordt slecht een deel van de beoogde vloot vervangen door emissieloos materieel, wat leidt tot lagere totale meerkosten (circa €2,2 miljard). Deze lagere kosten zijn echter het gevolg van een minder vergaande implementatie, en gaan daarmee gepaard met een lagere effectiviteit op het gebied van emissiereductie, zoals toegelicht in hoofdstuk 5. Scenario 3 onderstreept daarmee het belang van het realiseren van de juiste randvoorwaarden om de emissiereductiedoelen van het programma SEB daadwerkelijk te kunnen behalen.

⁹ Er is door het Rijk €900 miljoen beschikbaar gesteld aan de bouw om de transitie te versnellen. Daarvan is €360 miljoen beschikbaar gesteld aan SSEB, €275 miljoen aan Aanbestedende Rijksdiensten en €180 miljoen aan de SPUK SEB. De overige €85 miljoen is voor het Kennis- en Innovatieprogramma/Kennis, Opschaling, Praktijkvaringsprogramma. [11]

7 Randvoorwaarden en technische haalbaarheid

7.1 Randvoorwaarden

De effectiviteit van de Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen hangt sterk af van een aantal randvoorwaarden die bepalend zijn voor de haalbaarheid en uitvoerbaarheid van de emissie-eisen in de praktijk.

Beschikbaarheid van materieel

Er dient vanuit de markt voldoende aanbod van emissieloos materieel beschikbaar te zijn voor alle machinetypen, ook de minder gangbare. Beperkingen in het aanbod kunnen leiden tot vertraging bij de vervanging van bestaande machines. Daarbij is het belangrijk dat de uitvraag naar emissieloos materieel vanuit opdrachtgevers tijdig gebeurt (en dat niet wordt gewacht tot 2028), zodat de markt voldoende gelegenheid heeft zich hierop aan te passen.

Beschikbaarheid van energievoorziening

Emissieloos materieel vereist een betrouwbare energievoorziening op de bouwplaats. Dit kan worden gerealiseerd via netaansluitingen, batterijcontainer wisselbare accu's of een combinatie daarvan. De mate waarin welke manier van energievoorziening passend is, verschilt sterk per locatie en projecttype.

Een belangrijk knelpunt is **netcongestie**. De wachttijden voor een nieuwe of zwaardere bouwaansluiting kunnen lang zijn, waardoor de beperkte capaciteit van het elektriciteitsnet een risico vormt voor de uitrol van emissieloos bouwen. In veel regio's is het niet vanzelfsprekend dat voldoende netcapaciteit beschikbaar is voor laadvoorzieningen op of nabij de bouwplaats. Naast het tijdig aanvragen van een bouwaansluiting, kunnen batterijcontainers of het lokaal duurzaam opwekken van energie (met opslag) een (tijdelijke) oplossing bieden. Ook kan, waar mogelijk, gebruik worden gemaakt van (openbare) laadvoorzieningen in de omgeving van het bouwproject, bijvoorbeeld op nabijgelegen bedrijventerreinen.

Voor elk bouwproject is het belangrijk om in een vroeg stadium te bepalen welke mix van oplossingen het meest passend en beschikbaar is, om te voorkomen dat het bouwproject vertraging oploopt of dat alsnog moet worden teruggevallen op dieselmaterieel vanwege onvoldoende laadcapaciteit. De geschiktheid van oplossingen hangt onder meer af van het type project, de locatie, grootte en duur van het project. Doordat de benodigde energievoorziening niet overal direct beschikbaar is, vraagt emissieloos bouwen om vroegtijdige voorbereiding. Daar dienen ook opdrachtgevers rekening mee te houden. Zij kunnen bovendien een proactieve rol vervullen door energievoorzieningen in kaart te brengen (bijvoorbeeld met behulp van energiescans¹⁰) en deze informatie mee te geven bij de aanbesteding. Zo komen ook de kosten beter in beeld en weten opdrachtgevers al in een vroeg stadium of de gestelde ambities haalbaar zijn.

¹⁰ Zie bijvoorbeeld: <https://www.opwegnaarseb.nl/site/binaries/site-content/collections/documents/2025/05/13/kop-op-energiescans/kop-op-energiescans.pdf>

Betaalbaarheid

Zowel de aanschaf van emissieloos materieel als de benodigde energie(voorzieningen) beïnvloeden de totale kosten van een project. Dit heeft grote invloed op de investeringsbereidheid van uitvoerende partijen. De bereidheid van opdrachtgevers om de meerkosten (deels) te dekken speelt hierbij een belangrijke rol. Er zijn subsidies beschikbaar voor opdrachtgevende partijen die het convenant hebben ondertekend (SPUK SEB), bouw- en verhuurbedrijven van materieel (SSEB) en aanbestedende Rijksdiensten om een deel van de meerkosten te dekken. Deze regelingen verlagen niet alleen de financiële drempel om te investeren in emissieloos materieel, maar hebben ook een stimulerende werking. Ze dragen eraan bij dat in meer aanbestedingen emissieloos wordt uitgevraagd en versnellen daarmee de opschaling in de sector.

Operationele inzetbaarheid.

Een belangrijke randvoorwaarde voor emissieloos bouwen is dat het materieel in de praktijk ook succesvol kan worden ingezet. Operationele knelpunten verhogen het risico dat alsnog wordt teruggevallen op dieselmaterieel.

Accugroottes moeten voldoende zijn om een volledige werkdag te kunnen overbruggen, vooral bij materieel met hogere vermogens en lange inzetduur. Beperkingen in accucapaciteit kunnen leiden tot operationele knelpunten

Andere knelpunten kunnen ontstaan door de beperkte beschikbaarheid en variatie van emissieloos materieel. Hierdoor is niet altijd de juiste machine beschikbaar voor het type werk (te klein of te groot) of vindt levering van een machine niet tijdig plaats. In de huidige fase van de transitie is er nog weinig flexibiliteit in de inzet van machines en in het uitwisselen van machines tussen projecten, omdat emissieloos materieel alleen naar projecten kan worden gestuurd waar een laadvoorziening aanwezig is.

Tijdens de transitie naar emissieloos bouwen speelt ook de betrouwbaarheid van het materieel een rol. Nieuwe modellen (al dan niet omgebouwde dieselmachines) kunnen te maken krijgen met storingen of kinderziektes.

Marktvraag en rol van opdrachtgevers

Om de transitie naar emissieloos bouwen verder op gang te laten komen, is het belangrijk dat opdrachtgevers de inzet van (gedeeltelijk) emissieloos materieel opnemen als contracteis of gunningscriterium in aanbestedingen. Dit helpt partijen om ervaring in de praktijk op te doen, het stimuleert het aanbod van geschikte machines en vergroot de investeringsbereidheid van uitvoerende partijen doordat zij erop kunnen vertrouwen dat machines daadwerkelijk kunnen worden ingezet.

Handhaving van beleid

De emissie-eisen uit de routekaart zijn ambitieus en vragen om effectieve handhaving. Dit vraagt om een robuust registratiesysteem en adequate toezicht op naleving. In de huidige praktijk is dit nog niet ingericht. Vanuit het programma SEB is er wel beginnende aandacht voor controle op naleving. Zo is er bijvoorbeeld een handreiking gepubliceerd die ondersteuning biedt voor opdrachtgevers en opdrachtnemers¹¹.

¹¹ De handreiking is hier te vinden: <https://www.opwegnaarseb.nl/site/binaries/site-content/collections/documents/2024/11/18/handreiking-controle-op-naleving-seb/Handreiking+CON+SEB+2.0+2025.pdf>

Een belangrijke volgende stap is praktische borging van de uitvoering van controle op naleving, omdat zonder effectieve controle het risico ontstaat dat de beoogde emissiereductie in praktijk niet wordt gerealiseerd. Dit omvat zowel het toezien op de daadwerkelijke inzet van beloofd emissieloos of Stage V-materieel als de controle op aanwezigheid en correcte werking van emissiereductiesystemen (roetfilters en SCR-katalysatoren)

7.2 Technische haalbaarheid

Voor sommige vermogenscategorieën is de ambitie om in 2033 volledig emissieloos te bouwen in het minimumniveau. Voor het basisniveau geldt dit al vanaf 2028. Zoals de emissieberekening in hoofdstuk 5 liet zien, is realisatie volgens scenario 1 nodig om alle SEB-doelstellingen te halen. Naar schatting zijn er in dat geval in 2028 circa 39.000 emissieloze machines benodigd ter vervanging van dieselmaterieel. Voor het vervangen van benzine-materieel komen daar nog circa 25.000 machines bij. Hierbij is geschat dat 35% van de projecten die in 2028 worden uitgevraagd pas in latere jaren van start gaat, waardoor dit materieel nog niet direct benodigd is in 2028. De haalbaarheid van deze ambitie is zeer ambitieus. De benodigde ingroei ligt factoren hoger dan momenteel voorzien in de SEB-subsidieregelingen, wat is ingeschat op 7.500 – 15.000 emissieloze machines in de periode tot en met 2030 [3]. In 2022 t/m 2024 zijn er via Sseb Aanschaf ongeveer 2.500 machines gesubsidieerd [12] en circa 300 via SPUK SEB [13]. Dat betekent dat er tussen 2025 en 2028 nog circa 61.500 emissieloze machines (inclusief klein benzine-materieel) zouden moeten worden aangeschaft. De huidige snelheid van ingroei van nieuw materieel in de bouwsector bedraagt circa 7.000 – 12.000 machines per jaar. Dat betekent dat de ingroei vanaf 2025 ongeveer 1,7 tot 2,9 keer sneller zou moeten plaatsvinden om de benodigde aantallen in 2028 te halen.

De achtergrondrapportage voor de KEV 2024 [3] schat het aantal emissieloze machines in 2030 op circa 10.000 – 41.000. Deze schatting wijkt om verschillende redenen af van de scenario's in de voorliggende studie. In de KEV-achtergrondstudie is geen extra ingroei vanuit het ambitieuze niveau meegenomen, behalve het emissieloze materieel dat via de SPUK SEB en subsidieregeling voor Aanbestedende Rijksdiensten wordt aangeschaft. Bovendien gaat de KEV-achtergrondstudie ervanuit dat het aandeel van de vloot waarop het minimumniveau wordt toegepast in de praktijk tegenvalt, vanwege onzekerheid over de (invulling van de) emissiereductieplicht uit de Bbl (zie [3] en latere paragrafen in dit hoofdstuk voor meer toelichting). De voorliggende studie houdt hierin wisselende mate ook rekening mee binnen de scenario's. Het belangrijkste verschil is dat de KEV-achtergrondstudie er rekening mee houdt dat naleving van de ZE-eisen kan tegenvallen vanwege onduidelijkheid over de mate van toezicht en handhaving. De KEV-achtergrondstudie geeft daarmee een inschatting van het waarschijnlijke aantal emissieloze machines in de vloot in 2030. De scenario's in de voorliggende studie laten daarentegen zien welke aantallen nodig zijn om het potentiële effect te realiseren, onder de aanname dat de inzet volgens plan plaatsvindt.

Om 100% emissieloos in 2033 te realiseren, zijn de volgende voorwaarden noodzakelijk:

- › Versnelling van de autonome vlootvernieuwing van (globaal) gemiddeld 10 – 13 jaar (stationair nog langer) naar 5 – 7 jaar;
- › Een stijging van het aandeel emissieloos in nieuwverkopen naar 60% binnen één jaar, en naar 100% voor 2030 (de tot die tijd geleverde diesels worden versneld afgeschreven en/of verkocht in het buitenland);
- › Vervanging van 25 – 50% van de generatorsets door directe kabelaan sluitingen;

- › Maximaal benutten van de capaciteit van het materieel, zodat er minder machines nodig zijn;
- › Jaarlijkse monitoring van het aandeel emissieloos in de nieuwverkopen.

Hoewel volledige emissieloze inzet per project technisch haalbaar is en al op diverse projecten is gedemonstreerd, is grootschalige toepassing afhankelijk van bovengenoemde randvoorwaarden en marktontwikkeling.

Het convenant als basis voor implementatie en voortgang

Op korte termijn lijkt succesvolle implementatie van scenario 2 het meest realistisch. Het convenant biedt meer grip op de uitvoering van het basis- en ambitieuze niveau dan het minimumniveau, dat buiten het convenant valt. Het is duidelijk welke partijen zich hebben gecommitteerd aan het convenant, waardoor de uitvoering beter kan worden gevolgd. Voor het ambitieuze niveau geldt een inspanningsverplichting. De uitvoering daarvan is daardoor minder zeker dan bij het basisniveau, waar een resultaatverplichting geldt.

Het convenant vervult op dit moment vooral een stimulerende rol, door partijen aan te moedigen om stappen te zetten richting emissieloos bouwen. Convenantondertekenaars, en voornamelijk de koplopers, doen nu al praktijkervaring op met emissieloos bouwen. De bijbehorende uitdagingen en kansen kunnen worden benut om opschaling van emissieloos bouwen naar de rest van de sector te versnellen. Bovendien kan de extra grip op de uitvoering van het convenant worden gebruikt om beter te sturen en te monitoren of partijen de afspraken uit het convenant in praktijk naleven.

Het belang van het minimumniveau voor opschaling naar de hele sector

Het minimumniveau valt buiten het convenant, waardoor de mate van grip ontbreekt die bij het basis- en ambitieuze niveau wel aanwezig is. Monitoring en sturing is daardoor moeilijker en de implementatie is daarmee niet gegarandeerd. Zoals de scenarioanalyse in hoofdstuk 5 laat zien, zijn het basis- en ambitieuze niveau op zichzelf niet voldoende om de emissiereductiedoelstellingen te halen. Om te voorkomen dat de voortgang zich beperkt tot koplopers/het convenant, is ook implementatie van het minimumniveau benodigd. Met de invoering van de Omgevingswet per 1 januari 2024, is de emissiereductieplicht voor bouw- en sloopactiviteiten vastgelegd in artikel 7.19a van het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Deze bepaling verplicht bouwers tot het treffen van “adequate maatregelen” om stikstofemissie te beperken. De wettekst bevat echter anno 2025 geen concrete emissiegrenzen of beoordelingskader, waardoor de wijze waarop kan worden voldaan aan de stikstofreductieplicht interpretatiegevoelig is [3]. Het minimumniveau uit de Routekaart SEB wordt genoemd als een mogelijke invulling van adequate maatregelen. Hoewel dit richting geeft, biedt de wetgeving geen concrete verplichting. Dit heeft als risico dat het realiseren van het minimumniveau, en daarmee de emissiereductie, ondanks beleidsmatige ambities in de praktijk achterblijft. Het is voor de effectiviteit van de routekaart van belang om de toepassing van het minimumniveau te versterken.

8 Bouwtransport

Dit hoofdstuk beschrijft de impact van de routekaart voor bouwtransport op emissiereductie en meerkosten. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de haalbaarheid van de benodigde aantallen emissieloze voertuigen om aan de eisen in de routekaart voor bouwtransport te voldoen.

Om te beginnen wordt de huidige en toekomstige situatie van het bouwtransport geschetst binnen het autonome pad. Het autonome pad beschrijft de verwachte ontwikkelingen zonder implementatie van de routekaart. Hierbij komen onder andere het aantal voertuigen en het aandeel van bouwtransport in de totale emissies van wegvervoer aan bod. Vervolgens wordt een schatting gemaakt van de omvang van de vloot die onder publieke opdrachten valt en daarmee potentieel geraakt wordt door de routekaart. Daarna volgt een inschatting van de potentiële emissiereductie en meerkosten. De methode van doorrekening is gebaseerd op eerdere studies van TNO voor het programma SEB in 2022 (zie [2], [1] en [14]). Voor de huidige studie zijn de onderliggende gegevens van de voertuigvloot en emissies geactualiseerd.

Aantal bouwvoertuigen

In TNO (2022) [14] staat beschreven hoe het aandeel bouwvoertuigen in de Nederlandse vloot is bepaald. Dit is op basis van de koppeling nationale bedrijfsregistraties en kentekenregistraties. Tabel 8.1 laat de geactualiseerde aantallen voertuigen zien.

Tabel 8.1: Categorisering en aantallen voertuigen in de Nederlandse vloot (RDW, sep. '25) en schatting van het aandeel bouwvoertuigen, gebaseerd op [14].

Gewichtsklasse	Voertuigtype	Aantal voertuigen in Nederlandse vloot	Aandeel bouw (%)	Aandeel bouw (aantal voertuigen)
Licht (N1)	Bestelauto	1.290.600	25%	322.700
	Trekker-oplegger	9.400	22%	2.100
Middelzwaar (N2)	Vrachtauto licht	30.500	5%	1.500
	Vrachtauto midden	34.100	6%	2.000
	Utiliteitsvoertuig	6.700 (2.500)*	7%	200
Zwaar (N3)	Vrachtauto	24.100	20%	4.800
	Utiliteitsvoertuig	23.300 (16.700)*	27%	4.500
	Trekker-oplegger	109.000	10%	10.900
Totaal		1.527.700	23%	348.700

* Voor utiliteitsvoertuigen betreft het getal tussen haakjes een selectie van typische bouwlogistieke voertuigen. Dit is gebaseerd op de inrichtingscode van RDW, waarbij is geselecteerd op: achterwaartse kipper, keetwagen, asfaltkipper, kipper, betonmixer, kraanwagen, betonpomp, mobiele kraan, boorwagen, resteelwagen, compressor, open met kraan, driezijdige kipper, tweezijdige kipper, hoogwerker en voertuig met haakarm. Het 'Aandeel bouw (%)' is vervolgens toegepast op het aantal voertuigen binnen deze selectie (tussen haakjes) om het 'Aandeel bouw (aantal voertuigen)' te berekenen. Hierbij is dezelfde methodiek gevolgd als beschreven in TNO (2022) [14].

Emissies bouwtransport

Met het uitgangspunt dat de vloot voor bouwtransport representatieve uitstootcijfers heeft ten opzichte van de nationale vloot is dit aandeel van de inzet op de nationale emissiecijfers geprojecteerd. Tabel 8.2 laat daarvan het resultaat zien.

Tabel 8.2: Emissies totale wegvervoer in Nederland en inschatting van het aandeel bouwtransport in 2024. De emissies van het totale wegvervoer zijn gebaseerd op de Emissieregistratie. Het aandeel bouwtransport is een schatting op basis van TNO (2022) [14] en TNO (2023) [1].

	CO ₂ (Mton)	NO _x (kton)	NH ₃ (kton)	PM ₁₀ (kton)
Totaal wegvervoer (bedrijfsvoertuigen, bron: Emissieregistratie)	10,5	30,2	0,815	1,27
Totaal bouwtransport	1,8	5,4	0,106	0,23
Aandeel bouwtransport in wegvervoer	17%	18%	13%	18%

Tabel 8.3 laat ook de prognose van het autonome pad van de emissies van bouwtransport in 2025 en 2030 zien. Dit is gebaseerd op de prognose voor de Klimaat- en Energieverkenning 2024 (KEV) door PBL op basis van vastgesteld en voorgenomen beleid voor mobiliteit [4]. De tabel geeft ter referentie ook de emissies van bouwtransport in 2018.

Tabel 8.3: Inschatting autonome ingroei van emissies ten gevolge van bouwtransport voor 2018 tot en met 2030.

	2018			2025			2030		
	Licht	Zwaar	Totaal	Licht	Zwaar	Totaal / Delta t.o.v. 2018	Licht	Zwaar	Totaal / Delta t.o.v. 2018
CO₂ (Mton)	1,04	1,14	2,17	0,96	0,88	1,84 16%	0,93	0,81	1,73 20%
NO_x (kton)	4,40	4,81	9,21	2,04	2,43	4,46 52%	1,02	2,08	3,09 66%
NH₃ (kton)	0,03	0,08	0,11	0,12	0,08	0,20 -86%	0,03	0,08	0,11 0%
PM₁₀ (kton)	0,19	0,14	0,33	0,12	0,09	0,22 34%	0,11	0,09	0,20 39%

Aandeel inzet voertuigen bij (semi)-publieke werken

Het deel van het totaal aantal Nederlandse bouwvoertuigen dat ingezet wordt voor publieke opdrachtgevers is geschat op ca. 14% (zie TNO (2023) [1]). In onderstaande tabel staat een schatting van het aantal voertuigen dat wordt ingezet bij bouwwerken van (semi-) publieke opdrachtgevers per voertuigcategorie.

Tabel 8.4: Inschatting van het aantal voertuigen in de bouw en het aantal voertuigen dat wordt ingezet voor (semi-)publieke werken per voertuigcategorie.

Gewichtsklasse	Voertuigtype	Aantal bouw	Schatting aantal publiek
Licht (N1)	Bestelauto	322.700	38.600
	Trekker-oplegger	2.100	800
Middelzwaar (N2)	Vrachtauto licht	1.500	400
	Vrachtauto midden	2.000	600
Zwaar (N3)	Utiliteitsvoertuig	200	100
	Vrachtauto	4.800	1.600
	Utiliteitsvoertuig	4.500	1.500
	Trekker-oplegger	10.900	3.500
Totaal		348.700	47.100

Niveaus van eisen in de routekaart

De routekaart SEB kent voor bouwtransport een basisniveau en een ambitieus niveau. Er is, zoals bij mobiele werktuigen het geval is, geen minimumniveau. Het basisniveau staat weergegeven in Tabel 8.5 en het ambitieuze niveau in Tabel 8.6.

Tabel 8.5: Basisniveau bouwtransport uit de routekaart SEB [6].

	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030
N1 – Bestelauto's	Euro 5	Euro 6	100% ZE	100% ZE
N2 – Lichte vrachtwagens	Euro V	Euro VI	Euro VI	100% ZE
N3 – Zware vrachtwagens	Euro V	Euro VI	Euro VI	Euro VI

In het ambitieuze niveau geldt dat voor koploperprojecten (per periode is een bandbreedte gegeven voor het aandeel koploperprojecten in het projectportfolio van een opdrachtgever) een bepaald percentage van het werk dat emissieloos dient te worden uitgevoerd. Voor elke categorie voertuig geldt een ander percentage emissieloos werk. Het criterium geldt voor het aantal gereden kilometers per categorie. Voor het overige materieel gelden minimaal de emissie-eisen uit het basisniveau.

Tabel 8.6: Ambitieuze niveau bouwtransport uit de routekaart SEB [6].

	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030
Aandeel koploperprojecten	5 – 25%	25 – 50%	50 – 80%	75 – 95%
Ingroei emissieloos materieel				
N1 – Bestelauto's	50% ZE	100% ZE	100% ZE	100% ZE
N2 – Lichte vrachtwagens	10% ZE	50% ZE	100% ZE	100% ZE
N3 – Zware vrachtwagens	1% ZE	10% ZE	30% ZE	100% ZE

8.1 Emissiereductie

In deze paragraaf worden de potentiële emissies en reducties voor bouwtransport gepresenteerd op basis van de twee scenario's waarin de effecten van de routekaart zijn meegenomen voor bouwtransport.

Scenario 1. Dit scenario gaat uit van een situatie waarin alle (semi-) publieke opdrachtgevers het basisniveau hanteren.. Er is ingeschat dat circa 14% van de voertuiginzet bij (semi-)publieke werken plaatsvindt. Private opdrachtgevers nemen in dit scenario geen aanvullende maatregelen en volgen de autonome ontwikkeling.

Scenario 2. In dit scenario wordt rekening gehouden met de huidige ondertekenaars van het convenant. Uit hoofdstuk 3 volgt dat 36% van de (semi-) publieke opdrachtgevers het basisniveau volgt en 36% het ambitieuze niveau. Voor het ambitieuze niveau is het midden van de bandbreedte aangehouden voor het aandeel koploperprojecten. Voor de (semi-) publieke opdrachtgevers die het convenant (nog) niet hebben ondertekend, is aangenomen dat zij hetzelfde tempo van verjonging volgen als de autonome vlootontwikkeling. Dit geldt ook voor projecten die worden uitgevoerd in opdracht van private partijen.

De routekaart voor bouwtransport is doorgerekend als aanvullend effect boven op de prognose van de algemene vlootontwikkeling uit de Klimaat- en Energieverkenning 2024 [4]. PBL heeft een prognose van de vlootverdeling in gereden kilometers per Euroklasse opgesteld. Het effect van de routekaart is doorgerekend voor de zichtjaren 2025 en 2030. Vanuit de basislijst emissiefactoren van TNO is de uitstoot in gram per kilometer bekend per Euroklasse en voertuigcategorie [15].

Er is gemodelleerd hoeveel voertuigen in een toekomstig jaar dienen te voldoen aan een bepaalde emissienorm en hoeveel kilometers deze voertuigen zullen afleggen. Deze berekening is uitgevoerd voor de voertuiginzet binnen de vloot die valt onder de routekaart. Voor bouwvoertuigen die niet onder de routekaart vallen, is aangenomen dat zij het tempo van autonome verjonging volgen volgens de KEV 2024. Er is aangenomen dat de verdeling van Euroklassen per voertuigcategorie binnen het bouwtransport overeenkomt met die van de nationale voertuigvloot.

Resultaten

Tabel 8.7 en Tabel 8.8 tonen, respectievelijk voor scenario 1 en scenario 2, de emissies in 2018, 2025 en 2030, evenals de bijbehorende reducties ten opzichte van het referentiejaar 2018. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de totale reductie in het scenario met de routekaart en de reductie die al wordt bereikt door autonome verschoning van het wagenpark.

Tabel 8.7: Potentiële emissiereductie voor bouwtransport in scenario 1 (2030 ten opzichte van 2018).

Scenario 1	2018	2025	2030	Reductie in scenario 1 2030 t.o.v. 2018	Autonome reductie 2030 t.o.v. 2018
CO ₂ (Mton)	2,17	1,81	1,61	0,56 Mton	0,44 Mton
NO _x (kton)	9,21	4,21	2,92	68%	66%
NH ₃ (kton)	0,18	0,13	0,10	41%	39%
PM ₁₀ (kton)	0,33	0,21	0,20	39%	38%

Tabel 8.8: Potentiële emissiereductie voor bouwtransport in scenario 2 (2030 ten opzichte van 2018).

Scenario 2	2018	2025	2030	Reductie in scenario 2 2030 t.o.v. 2018	Autonome reductie 2030 t.o.v. 2018
CO ₂ (Mton)	2,17	1,82	1,61	0,56 Mton	0,44 Mton
NO _x (kton)	9,21	4,27	2,88	69%	66%
NH ₃ (kton)	0,18	0,13	0,10	42%	39%
PM ₁₀ (kton)	0,33	0,21	0,20	38%	38%

De routekaart voor bouwtransport heeft het potentieel om in 2030 een reductie van 0,56 Mton CO₂ te realiseren ten opzichte van 2018. Van deze reductie wordt circa 0,44 Mton al bereikt door autonome verschoning van het wagenpark. De routekaart kan de transitie in de bouwsector dus versnellen met een aanvullende reductie van ongeveer 0,12 Mton CO₂.

Voor NO_x-emissies wordt de beoogde reductie van 60% ten opzichte van 2018 al gehaald via autonome verjonging van de voertuigvloot. De routekaart kan hier nog drie procentpunt extra aan bijdragen.

De potentiële reductie in PM₁₀-emissies ten opzichte van 2018 bedraagt circa 38%.

De routekaart levert hier geen significante aanvullende bijdrage, aangezien hetzelfde reductiepercentage al wordt bereikt door autonome ontwikkelingen. Bij wegverkeer geldt de algemene trend dat uitlaatemissies van fijnstof dalen dankzij roetfilters. Tegelijkertijd nemen de slijtage-emissies (van banden, remmen en wegdek) toe door zowel een groeiend verkeersvolume als het gebruik van grotere en zwaardere voertuigen [16].

8.2 Meerkosten

In de routekaart zijn eisen geformuleerd voor de transitie naar schonere en emissieloze (ZE) voertuigen. Het aantal voertuigen dat additioneel ten opzichte van autonome verjonging dient te worden vervangen staat in Tabel 8.9.

Tabel 8.9: Aantallen ZE-voertuigen die door het basisniveau additioneel zouden moeten ingroeien.

	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030
N1 – Bestelauto's	36.300 (ZE)	
N2 – Lichte vrachtwagens		800 (ZE)
N3 – Zware vrachtwagens		

In het autonome scenario zijn er in periode 3 in de sector bouw naar verwachting al circa 3.100 ZE-bestelvoertuigen actief. Additioneel zouden er dan in het basisniveau circa 36.300 vervangen moeten worden om tot 39.400 ZE-voertuigen te komen. Voor lichte vrachtwagens geldt de ZE-eis pas vanaf periode 4 (2030) en betreft het 800 additionele voertuigen tot een totaal van 1.100 ZE-lichte vrachtwagens in de vloot.

In een scenario waarin ook het ambitieuze niveau wordt toegepast, vindt de ingroei van ZE-voertuigen in koploperprojecten versneld plaats ten opzichte van het basisniveau. In Tabel 8.10 staan de benodigde aantallen ZE-voertuigen per periode weergegeven.

Tabel 8.10: Aantallen ZE-voertuigen die door het basis- en ambitieuze niveau samen additioneel zouden moeten ingroeien. De bandbreedte ontstaat door het aandeel koploperprojecten.

	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030
N1 – Bestelauto's	400 tot 4.300	8.500 tot 14.400	29.000 tot 19.100	
N2 – Lichte vrachtwagens		100 tot 200	400 tot 600	500 tot 200*
N3 – Zware vrachtwagens		200	600 tot 1.100	3.600 tot 4.300

*In het basisniveau geldt voor deze voertuigen ook al een 100% ZE-eis.

Voor bestelauto's (N1) en lichte vrachtwagens (N2) resulteert dit in eenzelfde aantal ZE-voertuigen in 2030 als vereist in het basisniveau, doordat de ingroei eerder start maar uiteindelijk op hetzelfde doel uitkomt. Voor zware vrachtwagens (N3) leidt de eis van 100% ZE-inzet in koploperprojecten binnen het ambitieuze niveau tot een extra instroom van circa 4.400 tot 5.600 ZE-voertuigen in 2030.

Het uitgangspunt voor de meerkostenberekening is dat al het bouwtransport dat wordt ingezet voor (semi-)publieke werken wordt geraakt door de routekaart. Het is goed om daarbij op te merken dat één van de uitgangspunten in de kosteninschatting is dat er geen uitwisseling van ZE-voertuigen plaatsvindt tussen inzet voor (semi-)publieke en private opdrachtgevers.

Met andere woorden, voertuigen die autonoom zijn ingegroeid in andere sectoren of binnen privaat bouwtransporten worden niet ingezet voor publieke bouwprojecten. Het is onzeker hoe realistisch deze aanname is, maar gezien het kleine aandeel ZE in het autonome scenario is dit niet geheel onwaarschijnlijk. Voor de voertuigen met verbrandingsmotor die moeten worden vervangen om aan de Euro 5/V of Euro 6/VI-eisen te voldoen worden geen meerkosten ingeschat. Dit komt vooral doordat er voldoende schonere voertuigen beschikbaar zijn, waardoor uitwisseling hier wel aannemelijk is.

Voor de meerkosten is gebruik gemaakt van de waarden in Tabel 8.11.

Tabel 8.11: Meerkosten investering op basis van Zyl, Holmes & Verbeek [17].

	Meerkosten investering	
	2028	2030
Bestelauto (N1)	€9.000	€9.300
Licht trekker (N1)	€18.000	€15.000
Vrachtwagen midden (N2)	€56.000	€48.000
Vrachtwagen zwaar (N3)	€67.000	€57.000
Trekker (N3)	€77.000	€66.000

Met de meerkosten per voertuig en de aantallen benodigde ZE-voertuigen per periode is een inschatting van de benodigde investeringsmeerkosten voor beide scenario's opgesteld en weergegeven in onderstaande tabellen. Dit betreft het kapitaal wat nodig is om deze voertuigen aan te schaffen. Tabel 8.12 laat zien wat de ingeschatte meerkosten zijn voor het basisniveau. Tabel 8.13 laat de ingeschatte meerkosten zien in het geval dat naast het basisniveau ook het ambitieuze niveau wordt geïmplementeerd.

Tabel 8.12: Meerkosteninvestering: benodigd kapitaal voor investering in additionele ZE-voertuigen voor de betreffende periode voor het basisniveau..

miljoen €	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030
N1 – Bestelauto's	334	
N2 – Lichte vrachtwagens		40
N3 – Zware vrachtwagens		
Totaal (miljoen €)		374

Tabel 8.13: Meerkosteninvestering: benodigd kapitaal voor investering in additionele ZE-voertuigen voor de betreffende periode voor het basis- en ambitieuze niveau samen.

miljoen €	Periode 1 1 jan. 2023	Periode 2 1 jan. 2025	Periode 3 1 jan. 2028	Periode 4 1 jan. 2030
N1 – Bestelauto's	4 tot 40	75 tot 129	255 tot 165	-
N2 – Lichte vrachtwagens	-	6 tot 10	17 tot 26	25 tot 9
N3 – Zware vrachtwagens	-	7 tot 10	39 tot 70	273 tot 325
Totaal (miljoen €)				701 tot 784

De eisen uit het basisniveau leiden tot een geschatte meerkosteninvestering van €374 miljoen in nieuwe emissieloze bouw-/wegvoertuigen. Wanneer ook het ambitieuze niveau wordt meegenomen, lopen de meerkosten op tot tussen de €701 en €784 miljoen.

Deze bandbreedte hangt samen met het aandeel koploperprojecten. Het ambitieuze niveau beïnvloedt vooral het tempo van de ingroei, waardoor investeringen naar voren worden gehaald.

De kosteninschatting is onzeker vanwege diverse afhankelijkheden. In tegenstelling tot mobiele werktuigen is er bij wegverkeer sprake van meer overlap met generiek beleid wat de ingroei van emissieloze voertuigen stimuleert, zoals de invoering van zero-emissiezones in steden. In het autonome pad zijn verschillende beleidsmaatregelen meegenomen volgens de KEV 2024 [4]. De Aanschafsubsidie Zero Emissie Trucks (AanZET) is meegenomen als voorgenomen beleid. De 29 aangekondigde zero-emissiezones zijn meegenomen als vastgesteld beleid, evenals de CO₂-normen voor nieuwe personen- en bestelauto's, de CO₂-normen voor nieuwe vrachtauto's en de SEBA Subsidieregeling Emissieloze Bedrijfsauto's. Al deze beleidsmaatregelen stimuleren de ingroei van schonere en emissieloze voertuigen in de autonome ontwikkeling. Een volledig overzicht is te vinden in het Beleidsoverzicht en Factsheets Beleidsinstrumenten als achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2024 [5]. Omdat de ingroei van emissieloze voertuigen ook vanuit andere markten en sectoren gedreven wordt, presenteert de huidige kosteninschatting naar verwachting eerder een bovengrens.

De beschikbare subsidieregelingen binnen het programma SEB hebben een stimulerende werking voor met name voor de aanschaf van specifieke bouwvoertuigen. Via de beschikbare subsidieregelingen werden er in de afgelopen jaren circa 160 bouwvoertuigen aangeschaft (zie de SSEB realisatiegegevens [12], [18]).

8.2.1 Haalbaarheid

Vrachtauto's

Voor vrachtauto's is het haalbaar om vanaf 2025 aan de Euro VI-norm te voldoen. In 2023 voldeed al bijna 90% van het zware wegverkeer aan deze norm en bij middelzwaar wegverkeer lag dat aandeel boven de 75%. De KEV 2024 verwacht dat de instroom van ZE-voertuigen vooral na 2030 zal versnellen [15]. Het aandeel ZE in het middelzwaar wegverkeer groeit naar verwachting naar bijna 50% in 2040. Bij zwaar wegverkeer groeit dit naar verwachting zelfs naar bijna 70%, mede door de snellere verjonging in deze categorie. De versnelde ingroei na 2030 wordt voornamelijk verwacht vanwege de nieuwe Europese CO₂-norm voor zware wegvoertuigen in 2040, die een 90% reductie vereist voor nieuwe voertuigen ten opzichte van het niveau in 2019-2020. Dit stimuleert ook het aanbod van ZE-voertuigen.

In 2024 was het aandeel ZE in de nieuwverkopen van vrachtauto's zo'n 3% (circa 570 voertuigen) [19]. De groei lijkt snel toe te nemen. In de eerste helft van 2025 zijn er in Nederland 978 nieuwe elektrische vrachtauto's geregistreerd, wat een verdubbeling is ten opzichte van dezelfde periode in 2024¹². Ervanuit gaande dat de groei doorzet richting 2030, lijkt het aantal emissieloze voertuigen dat benodigd is voor de routekaart haalbaar. Voor specialistische bouwvoertuigen is het mogelijk wel uitdagender, doordat het aanbod wellicht beperkter is doordat fabrikanten zich eerst op standaard vrachtwagens zullen richten. Dit kan de beschikbaarheid beïnvloeden.

Lichte voertuigen

De eis van Euro 6 in het basisniveau in 2025 lijkt haalbaar. Circa 70% van de inzet van lichte bedrijfsauto's in het nationale wagenpark voldoet aan de Euro 6-eis.

¹² <https://www.tln.nl/actueel/elektrische-vrachtautos-doen-het-goed-ondanks-dalende-markt-voor-trucks>

Vanaf 2028 geldt in de routekaart een 100% ZE-eis voor bestelwagens, wat betekent dat ruim 36.000 bestelauto's nodig zijn. Ter illustratie, op 30 juni 2024 waren er ongeveer 30.000 emissieloze lichte bedrijfsvoertuigen in Nederland en was 11,2% van de nieuwverkopen met een emissieloze aandrijving [20]. Voor lichte voertuigen wordt verwacht dat het aandeel emissieloze voertuigen in 2030 al sterk is gegroeid [15]. Dit wordt vooral gedreven door de Europese verplichting dat alle nieuwe personen- en bestelauto's vanaf 2023 emissieloos moeten zijn.

Het is essentieel om nu al te starten met het uitvragen van (gedeeltelijke) ZE-inzet om een geleidelijke instroom te realiseren. Voor grote bedrijven lijkt de transitie haalbaar, omdat zij vaak over een groter aantal voertuigen beschikken waardoor flexibiliteit in inzet mogelijk is. Voor kleinere ondernemers is gerichte ondersteuning noodzakelijk. Voor de aanschaf van emissieloze bestelauto's is er de Subsidieregeling Emissieloze Bedrijfsauto's (SEBA) om een deel van de meerkosten te dekken.

9 Conclusie

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft TNO een evaluatie uitgevoerd van de Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen en het bijbehorende convenant. De evaluatie richt zich op de potentiële emissiereductie, financiële impact (meerkosten) en technische haalbaarheid tot en met 2030 en heeft specifiek betrekking op Nederland. Mobiele werktuigen en bouwtransport maken onderdeel uit van deze evaluatie. Omdat niet altijd alle relevante gegevens beschikbaar waren voor de analyse in dit rapport, zijn voor bepaalde uitgangspunten aannames gedaan. Dit brengt onzekerheden met zich mee die van invloed kunnen zijn op de resultaten en waarmee rekening moet worden gehouden bij de interpretatie.

Mobiele werktuigen

Voor mobiele werktuigen is gebruik gemaakt van het EMMA-MEPHISTO model [7] en is een scenario-analyse uitgevoerd om inzicht te bieden in mogelijke uitkomsten.

Er is uitgegaan van de volgende drie scenario's (in het kort):

- › **Scenario 1 – Maximale naleving.** Alle (semi-)publieke opdrachtgevers volgen het convenant. Private opdrachtgevers hanteren het minimumniveau.
- › **Scenario 2 – Huidige koers (convenantondertekenaars).** Gebaseerd op de huidige ondertekenaars van het convenant. Private opdrachtgevers volgen het autonome pad.
- › **Scenario 3 – Beperkte naleving.** Naleving van de routekaart blijft op alle niveaus achter.

Het doel van 0,4 Mton CO₂-reductie in 2030 is haalbaar in alle scenario's, mits er wordt voldaan aan de beoogde inzet van emissieloos materieel volgens de routekaart. Het NO_x-doel (60% reductie) wordt alleen gehaald bij maximale naleving (scenario 1) en strikte handhaving op werkende emissiereductiesystemen. De PM-reductie wordt in elk scenario gehaald. Dit komt mede doordat een groot aandeel van de reductie al wordt gehaald door autonome verschoning. De daadwerkelijke PM-reductie is wel grotendeels afhankelijk van de aanwezigheid en goede werking van gesloten roetfilters. Naast toezicht en handhaving op de inzet van emissieloos materieel, is controle op emissiereductiesysteem daarom essentieel voor zowel de NO_x- als PM-reductie.

De meerkosten variëren sterk per scenario. Bij maximale naleving bedragen de extra investeringskosten in emissieloos materieel circa €4,9 miljard. Bij beperkte naleving daalt dit tot €2,2 miljard, maar is ook de effectiviteit op emissiereductie aanzienlijk lager en worden niet alle doelen en ambities uit SEB gehaald.

De geschetste scenario's laten zien dat het alleen mogelijk is om alle emissiedoelen te halen bij een brede toepassing van alle drie de niveaus aan emissie-eisen. Het convenant SEB vormt een belangrijke basis voor de uitvoering van de routekaart in de praktijk en biedt op korte termijn de meeste impact. Het convenant geeft grip op de uitvoering, doordat duidelijk is welke partijen zich hieraan hebben gecommitteerd en vervult een stimulerende rol. Tegelijkertijd is ook het minimumniveau, dat buiten het convenant valt, essentieel voor brede opschaling in de sector. De implementatie daarvan is echter onzeker, mede doordat de emissiereductieplicht uit de Bbl ook op een andere manier kan worden ingevuld.

Dit heeft als risico dat het realiseren van het minimumniveau, en daarmee de emissiereductie, ondanks beleidsmatige ambities in de praktijk achterblijft. Het is voor de effectiviteit van de routekaart van belang om de toepassing van het minimumniveau te versterken.

Het behalen van de SEB-doelstellingen vraagt een forse opschaling van emissieloos bouw materieel. Er wordt geschat dat in scenario 1, waarin het minimumniveau, het basisniveau en het ambitieuze niveau breed worden toegepast, circa 64.000 emissieloze machines (inclusief 25.000 ter vervanging van het kleine benzine-materieel) nodig zijn in 2028. De subsidieregelingen in het programma SEB hebben een stimulerende werking en voorzien hier voor een gedeelte in (circa 7.500 – 15.000 machines tot 2030 [3]), maar dekken nog niet de benodigde aantallen. Daarnaast is er een versnelde vlootvernieuwing vereist en moet het aandeel emissieloos in de nieuwverkopen snel stijgen naar minstens 60% binnen één jaar. De haalbaarheid van de SEB-doelen is daarmee zeer ambitieus.

De haalbaarheid van de emissiedoelen hangt sterk af van een aantal randvoorwaarden, zoals beschikbaarheid van emissieloos materieel en laadinfrastructuur, betaalbaarheid, adequate toezicht en handhaving en versnelde vlootvernieuwing en marktontwikkeling. De benodigde ingroei van emissieloos materieel is aanzienlijk. Wanneer niet voldoende aan de randvoorwaarden wordt voldaan, is het risico groot dat de transitie stagneert. Om de benodigde ingroei van emissieloos materieel te halen is het bovendien essentieel dat de uitvraag naar emissieloos materieel vanuit opdrachtgevers in deze fase al gebeurt, zodat de markt voldoende tijd heeft om zich hierop voor te bereiden en aan te passen.

Bouwtransport

De routekaart SEB kan voor bouwtransport in 2030 aanvullend circa 0,12 Mton CO₂ reduceren ten opzichte van 2018, boven op de autonome reductie (uitgaande van de KEV 2024-prognose voor bestel- en vrachtauto's op basis van reeds vastgesteld en voorgenomen beleid). Voor PM₁₀ en NO_x is de extra reductie ten opzichte van autonome reductie beperkt tot respectievelijk nul en drie procentpunt.

De investeringsmeerkosten voor het basisniveau van bouwtransport worden geschat op €374 miljoen. Als daarbij ook het ambitieuze niveau wordt toegepast loopt dit op tot €701 – 784 miljoen. De transitie lijkt haalbaar, mede door de snelle groei in ZE-aanbod en nieuwverkopen en omdat bouwtransport een beperkt deel (23%) van het totale transport behelst. Voor specialistische voertuigen kan de beschikbaarheid nog wel beperkt zijn. Bovendien is tijdige uitvraag van emissieloze inzet door opdrachtgevers essentieel, zodat er voldoende tijd is voor de markt om te anticiperen.

10 Aanbevelingen

De evaluatie in deze studie laat zien dat de emissiedoelen in potentie haalbaar zijn in het scenario van maximale naleving. De doelen zijn voor mobiele werktuigen echter zeer ambitieus en sterk afhankelijk van de mate van betrokkenheid van partijen, de beschikbaarheid van randvoorwaarden en adequate handhaving. Om die reden zijn er een aantal aanbevelingen geformuleerd. Deze aanbevelingen zijn bedoeld als richtgevende aandachtspunten ter ondersteuning van de transitie naar schoon en emissieloos bouwen. Ze zijn niet specifiek gekoppeld aan één specifiek scenario en vormen geen uitputtende lijst van mogelijke maatregelen om de transitie verder te ondersteunen.

1. Versterk de toepassing van het minimumniveau

Het convenant SEB vormt een belangrijke basis voor de uitvoering van de routekaart in de praktijk en biedt op korte termijn de meeste impact. Het minimumniveau is daarbovenop echter ook benodigd, maar lijkt in praktijk nog onvoldoende te worden toegepast. Opschaling en brede toepassing van de routekaart, ook buiten het convenant, is noodzakelijk om de emissiedoelen te kunnen halen. Het wordt aanbevolen om de huidige mate van naleving van het minimumniveau te onderzoeken, zowel bij private opdrachtgevers als (semi-)publieke opdrachtgevers die het convenant niet hebben ondertekend. Dit omvat ook het in kaart brengen van de bekendheid en interpretatie van het minimumniveau en het begrip 'adequate maatregelen' in de Bbl onder marktpartijen. Een belangrijke stap is bovendien sectorbrede bewustwording en ondersteuning, bijvoorbeeld door trainingen voor marktpartijen en bevoegd gezag, zodat het minimumniveau breed wordt begrepen en uiteindelijk toegepast. Naast bewustwording kan worden geïnventariseerd hoe het minimumniveau juridisch verankerd kan worden, bijvoorbeeld via beleidsregels of verplichte toepassing in vergunningsvoorwaarden en aanbestedingen.

2. Versterk toezicht en handhaving

Effectieve handhaving is cruciaal voor het behalen van de emissiereductie in de praktijk. Het wordt aanbevolen om een registratiesysteem te ontwikkelen voor de inzet van materieel. Daarnaast is het voor het behalen van de emissiereducties essentieel om te controleren of het toegezegde Stage V- en emissieloze materieel daadwerkelijk wordt ingezet. Voor de reducties van NO_x en PM is het verder van belang om emissiereductiesystemen periodiek te inspecteren op werking en aanwezigheid.

3. Monitor voortgang en marktontwikkeling

Jaarlijkse monitoring van de ingroei van emissieloos materieel en naleving van de routekaart is essentieel om tijdig te kunnen bijsturen. In de huidige praktijk ontbreekt echter vaak een goede registratie van relevante indicatoren (zoals een goede registratie van materieel), waardoor het lastig is om betrouwbare voortgangsdata te verzamelen en te analyseren. Het wordt aanbevolen om een set van voortgangsindicatoren te ontwikkelen die inzicht geven in de ingroei van emissieloos materieel en de mate van toepassing van de emissie-eisen per niveau. Daarvoor is nodig om te onderzoeken hoe deze indicatoren praktisch kunnen worden gemeten en vastgelegd.

Referenties

- [1] TNO, „Transitiepaden Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB),” 2023.
- [2] TNO, „Inschatting meerkosten programma Schoon en Emissieloos Bouwen voor **mobiele werktuigen, bouwtransport en kustlijnverzorging en vaargeulonderhoud inclusief** periode na 2030. TNO 2023 R10864v2,” TNO, 2023.
- [3] TNO, „TNO achtergrondrapport Mobiliteit bij KEV 2024 en ERL 2025. TNO 2025 R10461,” TNO, 2025.
- [4] SEB, „Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen”.
- [5] TNO, „EMMA - MEPHISTO model. Calculating emissions for Dutch NRMM fleet. TNO 2023 R12643,” 2023.
- [6] TNO, „Vernieuwingsopgave infrastructuur. Landelijk prognoserapport 2023,” 2023.
- [7] D. Tol en R. Verbeek, „Scenarioberekening van het bereik en emissie-effect van de Subsidierегeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel. TNO 2021 R12244,” 2021.
- [8] National Renewable Energy Laboratory, „Cost projections for Utility-Scale Battery Storage: 2021 update,” 2021.
- [9] National Renewable Energy Laboratory, „Cost projections for Utility-Scale Battery Storage: 2025 update,” 2025.
- [10] Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, „Realisatiegegevens SSEB regeling 2024 - gedetailleerd overzicht,” 2025.
- [11] RVO, „Realisatiegegevens SPUK SEB regeling 2024 - gedetailleerd overzicht,” 2025.
- [12] TNO, „Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod duurzame **mobiele werktuigen, bouwlogistieke voertuigen, spoorwerktuigen en vaartuigen die** worden ingezet voor de waterbouw. TNO 2022 R11048,” 2022.
- [13] PBL, „Klimaat- en Energieverkenning 2024,” 2024.
- [14] TNO, „Emissiefactoren wegverkeer 2025. TNO 2025 R11310,” 2025.
- [15] PBL, RIVM, TNO en WUR, „Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen 2025. **Rapportage bij de Klimaat- en Energieverkenning 2024,**” 2025.
- [16] S. Zyl, G. Holmes en M. Verbeek, „Aanzet tot een analysekader betreffende de ingroei en opschaling van elektrische bestel- en vrachtvoertuigen in de Nederlandse vloot tot 2040,” 2021.
- [17] PBL, „Beleidsverzicht en factsheets beleidsinstrumenten. Achtergrondrapportage bij de Klimaat- en Energieverkenning 2024,” 2024.
- [18] Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, „Realisatiegegevens SPUK SEB regeling 2024 - gedetailleerd overzicht,” 2025.
- [19] Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en Revnext, „Trendrapport Zware Bedrijfsvoertuigen. Overzicht van ontwikkelingen tot en met 2024,” 2025.
- [20] Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) en Revnext, „Trendrapport Lichte Bedrijfsvoertuigen,” 2024.
- [21] N. Ligterink, v. E. Eijk en G. Holmes, „MaVe Action Emission Monitoring and Periodic Inspection of Mobile Machines,” TNO, 2021.
- [22] P. D. Mobiliteit, „Beslisnota Routekaart en Convenant Schoon en Emissieloos Bouwen. IENW/BSK-2023/67329,” 2023.

Ondertekening

TNO) Mobility & Built Environment) Den Haag, 31 oktober 2025

Jan Hoegee
Research Manager

Annette Rondaij
Auteur

Bijlage A

Scenario 1: emissiereducties

Tabel A.1: Scenario 1 (maximale naleving): Potentiële CO₂-reductie mobiele werktuigen.

CO ₂ -uitstoot	Reductie t.o.v. totale uitstoot in 2018 (%)			
	2023	2025	2028	2030
Minimumniveau (50%)	2%	5%	10%	17%
Basisniveau (30%)	2%	3%	12%	13%
Ambitieuze niveau (20%)	2%	6%	14%	18%
Totaal	6%	14%	37%	47%

Tabel A.2: Scenario 1 (maximale naleving): Potentiële NO_x-reductie mobiele werktuigen.

NO _x -uitstoot	Reductie t.o.v. totale uitstoot in 2018 (%)			
	2023	2025	2028	2030
Minimumniveau (50%)	13 - 16%	17 - 21%	24 - 28%	29 - 34%
Basisniveau (30%)	9 - 11%	10 - 13%	20 - 23%	20 - 23%
Ambitieuze niveau (20%)	7 - 8%	10 - 11%	17%	19%
Totaal	28 - 35%	37 - 45%	61 - 69%	69 - 76%

Tabel A.3: Scenario 1 (maximale naleving): Potentiële PM-reductie mobiele werktuigen.

PM-uitstoot	Reductie t.o.v. totale uitstoot in 2018 (%)			
	2023	2025	2028	2030
Minimumniveau (50%)	24%	33%	43%	47%
Basisniveau (30%)	17%	20%	29%	29%
Ambitieuze niveau (20%)	12%	15%	20%	20%
Totaal	53%	68%	92%	96%

Tabel A.4: Scenario 1 (maximale naleving): Potentiële **toename** in NH₃-emissies mobiele werktuigen.

NH ₃ -uitstoot	Toename t.o.v. totale uitstoot in 2018 (%)			
	2023	2025	2028	2030
Minimumniveau (50%)	50%	67%	67%	59%
Basisniveau (30%)	37%	42%	34%	33%
Ambitieuze niveau (20%)	23%	17%	0%	-14%
Totaal	111%	127%	102%	78%

Bijlage B

Scenario 2: emissiereducties

Tabel B.1: Scenario 2 (huidige koers): Potentiële CO₂-reductie mobiele werktuigen.

CO ₂ -uitstoot	Reductie t.o.v. totale uitstoot in 2018 (%)			
	2023	2025	2028	2030
Resterend autonoom (64%)	2%	3%	5%	6%
Basisniveau (18%)	1%	2%	7%	8%
Ambitieuze niveau (18%)	2%	5%	13%	16%
Totaal	5%	9%	25%	30%

Tabel B.2: Scenario 2 (huidige koers): Potentiële NO_x-reductie mobiele werktuigen.

NO _x -uitstoot	Reductie t.o.v. totale uitstoot in 2018 (%)			
	2023	2025	2028	2030
Resterend autonoom (64%)	11 -14%	13-17%	16-20%	18-23%
Basisniveau (18%)	5- 7%	6-8%	12-14%	12-14%
Ambitieuze niveau (18%)	6-7%	9-10%	15-16%	17%
Totaal	22-28%	28-34%	43-50%	48-54%

Tabel B.3: Scenario 2 (huidige koers): Potentiële PM-reductie mobiele werktuigen.

PM-uitstoot	Reductie t.o.v. totale uitstoot in 2018 (%)			
	2023	2025	2028	2030
Resterend autonoom (64%)	21%	28%	37%	42%
Basisniveau (18%)	10%	12%	18%	18%
Ambitieuze niveau (18%)	11%	14%	18%	18%
Totaal	42%	54%	72%	78%

Tabel B.4: Scenario 2 (huidige koers): Potentiële **toename** in NH₃-emissies mobiele werktuigen.

NH ₃ -uitstoot	Toename t.o.v. totale uitstoot in 2018 (%)			
	2023	2025	2028	2030
Resterend autonoom (64%)	52%	63%	69%	73%
Basisniveau (18%)	22%	25%	20%	20%
Ambitieuze niveau (18%)	21%	16%	0%	-12%
Totaal	95%	104%	90%	81%

Bijlage C

Scenario 3: emissiereducties

Tabel C.1: Scenario 3 (beperkte naleving en handhaving): Potentiële CO₂-reductie mobiele werktuigen.

CO ₂ -uitstoot	Reductie t.o.v. totale uitstoot in 2018 (%)			
	2023	2025	2028	2030
Resterend autonoom (48%)	2%	2%	3%	5%
Minimumniveau (30%)	1%	3%	6%	10%
Basisniveau (18%)	1%	2%	7%	8%
Ambitieuze niveau (5%)	0%	1%	3%	4%
Totaal	5%	8%	20%	26%

Tabel C.2: Scenario 3 (beperkte naleving en handhaving): Potentiële NO_x-reductie mobiele werktuigen.

NO _x -uitstoot	Reductie t.o.v. totale uitstoot in 2018 (%)			
	2023	2025	2028	2030
Resterend autonoom (48%)	8-10%	10-12%	12-15%	14-17%
Minimumniveau (30%)	8-9%	10-13%	14-17%	18-20%
Basisniveau (18%)	5-7%	6-8%	12-14%	12-14%
Ambitieuze niveau (5%)	1-2%	2%	4%	4%
Totaal	22-28%	28-35%	42-50%	48-56%

Tabel C.3: Scenario 3 (beperkte naleving en handhaving): Potentiële PM-reductie mobiele werktuigen.

PM-uitstoot	Reductie t.o.v. totale uitstoot in 2018 (%)			
	2023	2025	2028	2030
Resterend autonoom (48%)	16%	21%	27%	31%
Minimumniveau (30%)	15%	20%	25%	28%
Basisniveau (18%)	10%	12%	18%	18%
Ambitieuze niveau (5%)	3%	3%	4%	4%
Totaal	43%	56%	75%	82%

Tabel C.4: Scenario 3 (beperkte naleving en handhaving): Potentiële **toename** in NH₃-emissies mobiele werktuigen.

NH ₃ -uitstoot	Toename t.o.v. totale uitstoot in 2018 (%)			
	2023	2025	2028	2030
Resterend autonoom (48%)	38%	47%	52%	54%
Minimumniveau (30%)	30%	40%	40%	35%
Basisniveau (18%)	22%	25%	20%	20%
Ambitieuze niveau (5%)	5%	4%	0%	-3%
Totaal	96%	116%	112%	106%

Mobility & Built Environment

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
www.tno.nl