

# Schoon en Emissieloos bouwen

Emissies in de bouw 2010-2035

TNO 2025 R10441 – 3 maart 2025

## Schoon en Emissieloos bouwen

### Emissies in de bouw 2010-2035

Auteurs	Jorrit Harmsen, Bas van Doren (PBL), Gerben Geilenkirchen (PBL)
Exemplaar nummer	2025-STL-RAP-100356445
Aantal pagina's	47 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	1
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Projectnaam	MAVE 2024
Projectnummer	060.58700

**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

“In de transitie naar een gezondere natuur, beter klimaat en een betere gezondheid is de verdere verduurzaming van de bouwsector en daarbinnen het bouwmaterieel een onmisbaar onderdeel.”

Zo werd geconstateerd in november 2023 in het convenant Schoon en Emissieloos Bouwen [1]. In dit convenant, ondertekend door ministeries, provincies, gemeentes, waterschappen, bedrijven en brancheorganisaties, zijn afspraken gemaakt over de verduurzaming van bouwmaterieel. De term ‘bouwmaterieel’ omvat alle werk-, voer- en vaartuigen die worden ingezet bij bouw-, onderhouds- en sloopprojecten.

In deze notitie brengen TNO en PBL de emissietrends in beeld van bouwmaterieel in de periode van 2010 tot 2035, zoals die zijn geraamd in het kader van de Klimaat- en Energieverkenning 2024 (KEV 2024) en de Emissieramingen Luchtverontreinigende Stoffen 2025 (ERL 2025) [2, 3]. De emissietrends van bouwmaterieel zijn in de KEV 2024 en ERL 2025 niet expliciet in kaart gebracht. TNO heeft daarom in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat aanvullend onderzoek gedaan naar de emissietrends van specifieke groepen bouwmaterieel en wat de invloed hiervan is op de gestelde doelen voor de bouw. De aanpak en resultaten hiervan worden eveneens in deze notitie gepresenteerd.

## Programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB)

Het convenant SEB is onderdeel van het programma SEB. Ter invulling van dit programma zijn naast het convenant ook een routekaart [4]<sup>7</sup> en diverse (subsidie)regelingen (met een totaalbudget van ruim 1 miljard euro) opgezet [5]. Hoewel het doel van het programma is om schadelijke emissies door bouwmaterieel terug te dringen, helpt het ook bij vergunningverlening voor de (woning)bouw door de stikstofdepositie tijdens de bouwfase naar beneden te brengen [6].

In het programma SEB is bouwmaterieel onderverdeeld in de volgende categorieën:

- Mobiele werktuigen in de bouwsector (bv. bulldozers, graafmachines en kranen);
- Bouwlogistiek in het wegtransport (vnl. bestelauto's en vrachtwagens gebruikt in de bouwsector);
- Spoor specifiek bouwmaterieel (bv. werktreinen en spookranen);
- Waterbouwvaartuigen die worden ingezet voor kustlijnverzorging en vaargeulonderhoud (vnl. baggerschepen);
- Waterbouwvaartuigen die worden ingezet voor de aanleg van net op zee (kabelleggers, baggerschepen en andere vaartuigen).

In het programma zijn verschillende doelen en ambities geformuleerd voor emissiereductie door werk-, voer- en vaartuigen in de bouw:

1. De ambitie om in de bouw in 2030 60% NO<sub>x</sub>-emissiereductie te realiseren ten opzichte van 2018;

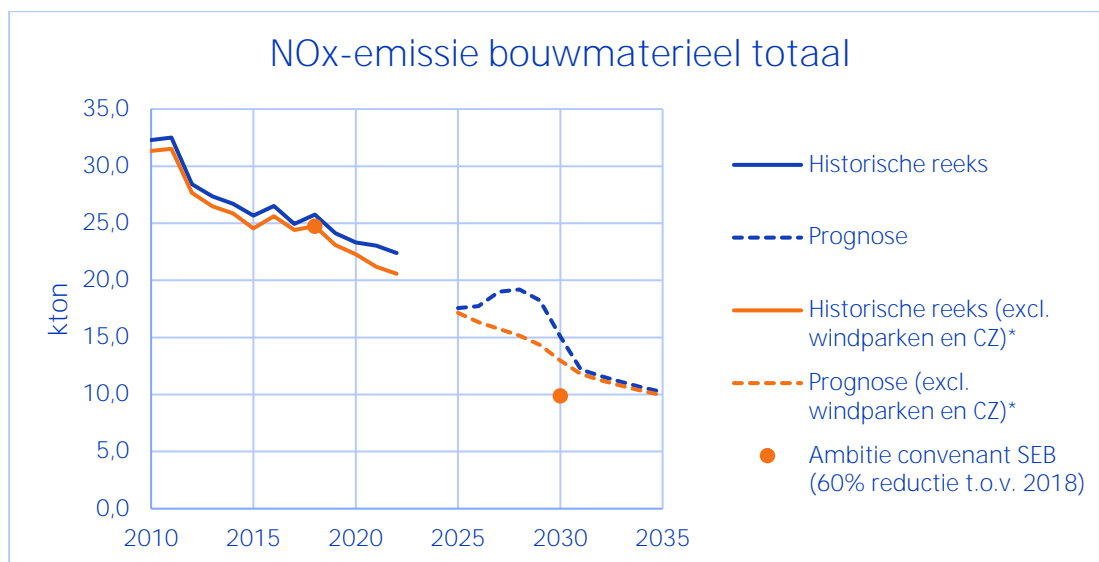
<sup>7</sup> In de Routekaart SEB staan de stappen beschreven met bijbehorende acties om stapsgewijs de emissies van bouwmaterieel te verlagen richting 2030 en daarna.

2. De doelstelling om in 2030 ten opzichte van 2016 75% minder gezondheidsschade door mobiele werktuigen in de bouw - onder meer veroorzaakt door de uitstoot van stikstofdioxide en fijnstof - te realiseren, en het zo snel mogelijk uitfaseren van mobiele werktuigen zonder roetfilter en met een hoge NO<sub>x</sub>-uitstoot;
3. De doelstelling om in 2030 ten opzichte van 2019 een reductie van 0,4 megaton CO<sub>2</sub> van de uitstoot door mobiele werktuigen en bouwlogistiek te behalen;
4. De ambitie om in 2030 klimaatneutraal en circulair te werken in Rijksinfrastructuurprojecten, waarbij het convenant zich richt op bouwmaterieel.

De geraamde emissietrends in de bouwsector zijn in dit onderzoek in kaart gebracht in relatie tot de hiervoor gestelde doelen. We doen dit voor koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en fijnstof (PM<sub>10</sub>). De emissietrends voor NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> geven een indicatie van de ontwikkeling van de door bouwmaterieel veroorzaakte gezondheidsschade [7]. We brengen die gezondheidsschade zelf echter niet in beeld. Ook de ambitie om klimaatneutraal en circulair te werken in Rijksinfrastructuurprojecten brengen we niet in beeld, omdat deze lastig te relateren is aan de cijfers en bevindingen uit de KEV en ERL<sup>2</sup>.

De emissieprognoses voor bouwmaterieel zijn ontleend uit of gebaseerd op analyses uit de KEV 2024 en ERL 2025. In lijn met die studies presenteren we de emissietrends op basis van het vastgestelde en voorgenomen beleid (VV) per 1 mei 2024 en presenteren we alleen de trends in de emissietotalen van bouwmaterieel. We hebben niet apart in kaart gebracht hoe specifieke beleidsmaatregelen hierop van invloed zijn. Dit is dus geen evaluatie van het programma SEB.

***NO<sub>x</sub>-emissies dalen aanzienlijk richting 2030, maar de geambieerde emissiereductie ligt nog niet binnen bereik.***

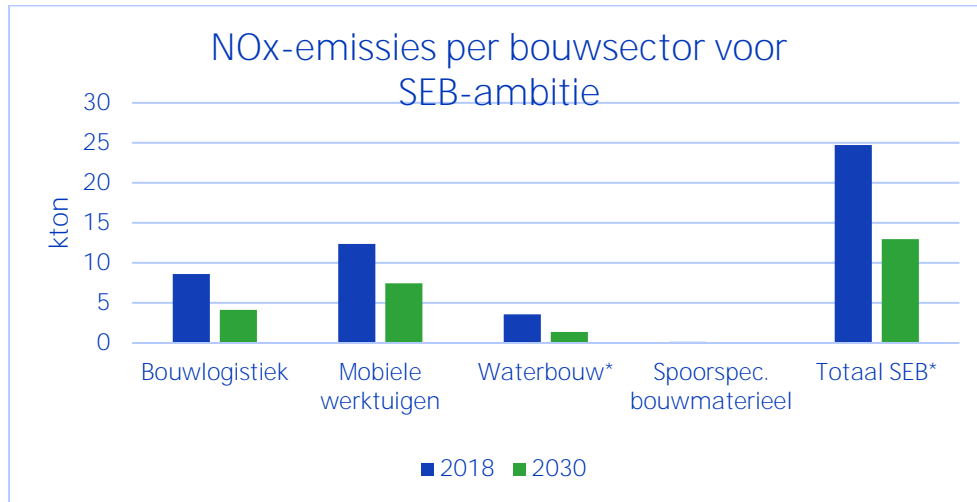


Figuur 1.1: Ontwikkeling NO<sub>x</sub>-emissies van bouwmaterieel tussen 2010 en 2035.

\*De bouw van windparken op zee en commerciële zandwinning (CZ) zijn geen onderdeel van de convenantafspraken en tellen dus niet mee in de ambitie uit het convenant. De aanleg van kabels op zee is echter wel onderdeel van SEB en dus meegenomen.

<sup>2</sup> In de data wordt geen onderscheid gemaakt tussen de emissies van Rijksinfrastructuurprojecten en de emissies van andere bouwprojecten.

Bouwmaterieel was in 2022 verantwoordelijk voor ongeveer 8% van de NO<sub>x</sub>-emissies in Nederland. De NO<sub>x</sub>-emissies van bouwmaterieel (oranje lijn in Figuur 1.1) dalen naar verwachting met 48% tussen 2018 en 2030. Dit is een aanzienlijke daling, maar de ambitie van 60% emissiereductie bij bouwmaterieel ligt nog buiten bereik. Daarin spelen de geraamde emissies van bouwmachines een belangrijke rol (zie Figuur 1.2).



Figuur 1.2: NO<sub>x</sub>-emissies per categorie bouwmaterieel in 2018 en 2030. Hierin zijn alleen de emissiebronnen meegerekend die relevant zijn voor de NO<sub>x</sub>-ambitie uit het programma SEB.

\*Emissies door de aanleg van windparken en commerciële zandwinning zijn hier niet in meegenomen, aangezien deze buiten de scope van de SEB-ambitie vallen.

De afgelopen twee jaar zijn grote stappen gezet in het uitwerken van het beleid voor Schoon en Emissieloos Bouwen. De huidige groeiverwachtingen voor emissieloze<sup>3</sup> en emissiearme<sup>4</sup> bouwmachines liggen daardoor aanzienlijk hoger dan die in de KEV 2022 op basis van het toenmalige beleid zijn opgenomen. De groei ligt echter nog niet op het niveau dat werd geraamd in de potentiële schatting<sup>5</sup> waar de NO<sub>x</sub>-ambitie uit het programma SEB op gebaseerd is [8]. Dit verschil in groeiverwachtingen hangt onder meer samen met de interpretatie van de verplichting uit de Omgevingswet om bij bouwprojecten adequate maatregelen te treffen om stikstofuitstoot te reduceren. Hoe stringent die verplichting is, en in welke mate deze handhaafbaar is, moet nog blijken [9]. Met de huidige formulering wordt de beoogde ingroei van emissieloze machines waarschijnlijk nog niet volledig gerealiseerd. Daarnaast kan adequaat toezicht en handhaving op naleving van de routekaart en correcte werking van SCR-katalysatoren in potentie tot een grotere emissiereductie leiden dan nu wordt verwacht [8].

De geraamde NO<sub>x</sub>-emissiereducties bij bouwlogistiek, spoor-specifiek bouwmaterieel, kustlijn zorg en vaargeulonderhoud liggen in lijn met de doelen die hiervoor zijn gesteld (zie Figuur 1.2).

<sup>3</sup> Een emissieloze of uitstootvrije machine stoot geen NO<sub>x</sub>-roetdeeltjes en broeikasgassen uit. Dit staat vrij van de techniek en kan bijvoorbeeld gaan om batterij-elektrisch materieel, maar ook om materieel op waterstof.

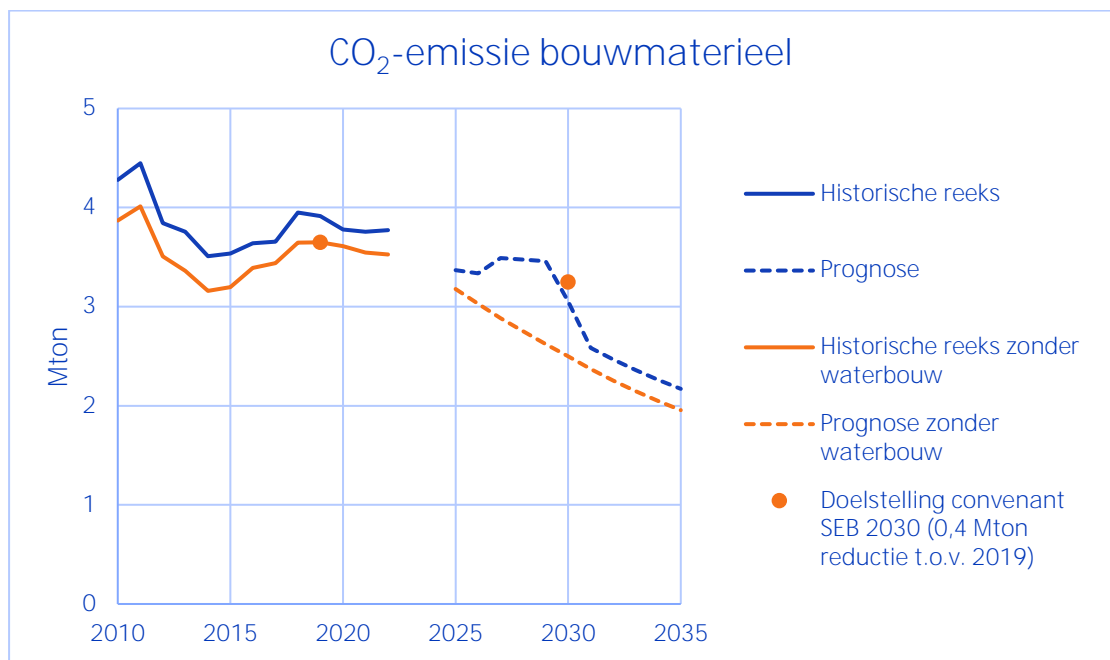
<sup>4</sup> Een emissiearme bouwmachine is in de Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel (SSEB) omschreven als een machine met een SCR-systeem (een nabehandelingssysteem voor selectieve katalytische reductie) op een motor van een bouwwerktuig dat de emissies van NO<sub>x</sub> reduceert. Na installatie moeten de uitlaatemissies van het werktuig voldoen aan de emissielimieten die in de regeling staan omschreven, zie: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0046464/2024-01-10#Bijlage3>

<sup>5</sup> TNO 2023 R11035: Transitiepaden Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB)

Net als in de vorige studie wordt er een groei verwacht van de emissies door de bouw van windparken op zee en het bijbehorende elektriciteitsnet op zee, omdat er veel windparken worden aangelegd tussen 2026 en 2030.

***Het emissiereductiedoel voor CO<sub>2</sub> wordt naar verwachting ruim gehaald door sterke emissiedaling bij de bouwlogistiek.***

Bouwmaterieel was in 2022 verantwoordelijk voor 3% van de totale CO<sub>2</sub>-emissies in Nederland. De geraamde CO<sub>2</sub>-emissies door bouwmaterieel (exclusief waterbouw) liggen in 2030 ongeveer 1,2 megaton lager dan in 2019. Daarmee wordt het emissiereductiedoel van 0,4 megaton naar verwachting ruimschoots gehaald. Dit komt met name door een forse emissiedaling bij bouwlogistiek. Deze emissiedaling is het gevolg van de verwachte elektrificatie van (een steeds groter deel van) het wagenpark en Europese normen rond voertuigefficiëntie. Daarnaast draagt de tot 2030 jaarlijks oplopende verplichting voor inzet van hernieuwbare energie in vervoer bij aan de afname van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door de bouw. De elektrificatie van het bouwmachinepark speelt ook een rol in de verwachte emissiereductie. Hoe groot die rol is hangt sterk af van onzekerheden rond het elektrificatietempo.



Figuur 1.3: Ontwikkeling CO<sub>2</sub>-emissies van bouwmaterieel tussen 2010 en 2035.

***De fijnstofemissies van mobiele werktuigen dalen hard, wat relevant is voor de SEB-doelstelling omtrent gezondheidsschade.***

De fijnstofemissies van mobiele werktuigen zijn tussen 2016 en 2022 hard gedaald. Deze daling zet zich naar verwachting voort, met name vanwege de uitfasering van de oudste en meest vervuillende bouwmachines. Daarmee liggen de PM<sub>10</sub>-emissies van mobiele werktuigen (inclusief spoor specifiek materieel) in 2030 naar verwachting 79% lager dan in 2016.

# Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
1 Inleiding.....	8
1.1 Programma Schoon en Emissieloos Bouwen.....	8
1.2 Opzet en aanpak onderzoek.....	10
1.3 Leeswijzer.....	13
2 Bouwlogistieke voertuigen.....	14
2.1 Inleiding.....	14
2.2 Aandeel bouwlogistiek in emissies.....	14
2.3 Historische ontwikkeling bouwlogistiek.....	15
2.4 Update prognoses 2030 en doorkijk 2040.....	17
3 Mobiele werktuigen.....	22
3.1 Inleiding.....	22
3.2 Routekaart SEB.....	22
3.3 Ingroei emissieloze en Stage-V machines door SEB.....	23
3.4 Ontwikkelingen emissies.....	25
4 Waterbouw.....	29
4.1 Huidige en historische emissies van de waterbouw.....	29
4.2 Routekaart SEB.....	31
4.3 Prognose tot 2035.....	31
5 Spoor specifiek bouw materieel.....	34
6 Totaalbeeld.....	35
6.1 Stikstofoxiden (NO <sub>x</sub> ).....	35
6.2 Koolstofdioxide (CO <sub>2</sub> ).....	38
6.3 Fijnstof (PM <sub>10</sub> ).....	40
Referenties.....	43
Ondertekening.....	45
Bijlage	
Bijlage A: Ontwikkeling emissies mobiele werktuigen per technologie	46



# 1 Inleiding

In het programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) werken overheden, marktpartijen, brancheorganisaties en kennisinstellingen samen aan de verduurzaming van de bouwsector. Binnen het programma zijn ambities en doelen geformuleerd voor het terugdringen van de uitstoot van verschillende stoffen, waaronder stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en CO<sub>2</sub>. In deze notitie brengen TNO en PBL de emissietrends in beeld van bouwmaterieel in de periode van 2010 tot 2035, zoals die zijn geraamd in het kader van de Klimaat- en Energieverkenning 2024 (KEV 2024) en de Emissieramingen Luchtverontreinigende Stoffen 2025 (ERL 2025). Op basis daarvan reflecteren we op de voortgang van de doelen en ambities uit het programma SEB. Niet alle bouwmaterieel wordt in de KEV 2024 en ERL 2025 expliciet in kaart gebracht. TNO heeft daarom in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat aanvullend onderzoek gedaan naar de emissietrends van specifieke groepen bouwmaterieel. De aanpak en resultaten hiervan worden eveneens in deze notitie gepresenteerd.

## 1.1 Programma Schoon en Emissieloos Bouwen

Het programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) richt zich op de doelen en ambities voor bouwmaterieel die zijn vastgelegd in het Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering (PSN), het Klimaatakkoord, het Schone Lucht Akkoord (SLA) en de strategie Klimaatneutrale en Circulaire Infraprojecten. In het programma SEB is door de Rijksoverheid, in een samenwerking van overheden, bedrijven en kennisinstellingen, vastgelegd hoe de transitie naar schoon en emissieloos bouwen vorm krijgt. Als onderdeel van het programma is een Routekaart [4] en een Convenant [1] opgesteld. In de routekaart staan de stappen met bijbehorende acties om de emissies van de bouw te verlagen richting 2030 en daarna. In het convenant hebben betrokken partijen afspraken gemaakt over de uitvoering van de routekaart.

### Scope van de routekaart SEB

De routekaart SEB richt zich op verduurzaming van het gebruik van voertuigen, vaartuigen en mobiele werktuigen in de bouwsector. De bouwsector is gedefinieerd als de 'sector van bedrijven die zich richt op nieuwbouw, het onderhoud, de verbouw of het slopen en verwijderen van een onroerende zaak of een gedeelte daarvan'. Tot de mobiele werktuigen behoren bijvoorbeeld de graafmachines en mobiele kranen die in de bouw worden ingezet. Onder de vaartuigen valt al het varend bouwmaterieel dat wordt ingezet bij bouwwerkzaamheden op het water, zoals voor kustlijnzorg en vaargeulonderhoud. Bouwvoertuigen zijn de voertuigen die worden ingezet voor bouwlogistiek, zoals vrachtauto's en bestelauto's. Bouwgerelateerd personenvervoer valt buiten de scope van de routekaart.

### Transitiepaden verduurzaming bouwmaterieel

De routekaart SEB bevat transitiepaden voor de inzet van schoon en emissieloos bouwmaterieel in de periode tot 2030, en daarna. Er zijn transitiepaden uitgewerkt voor vier segmenten van de bouw: weg, dijk & spoor, woningen & utiliteit, kustlijnzorg & vaargeulonderhoud en energie. Deze segmenten worden nader beschreven in de routekaart. In de transitiepaden worden de emissie-eisen aan het in te zetten bouwmaterieel stapsgewijs aangescherpt.

De routekaart onderscheidt hiervoor drie ambitieniveaus: het minimumniveau, het basisniveau en het ambitieuze niveau. Het minimumniveau is van toepassing op mobiele werktuigen die worden gebruikt voor bouw- en sloopwerkzaamheden voor bouwwerken die vergunning- of meldingsplichtig zijn. Het basisniveau geldt voor werk-, voer- en vaartuigen die worden ingezet voor bouw-, sloop- en onderhoudsprojecten voor opdrachtgevers die zijn aangesloten bij het convenant. Het ambitieuze niveau, met de strengste emissie-eisen, geldt voor een groep koplopers die een hoger ambitieniveau nastreeft.

De routekaart bevat per niveau een beschrijving van de emissie-eisen die gelden voor het in te zetten materieel. Door steeds strengere eisen te stellen aan de emissieniveaus van het bouwmaterieel moeten de emissie van bouwmaterieel versneld reduceren ten opzichte van de autonome trends die onder invloed van met name het Europese bronbeleid worden verwacht.

Er worden daarbij vijf categorieën bouwmaterieel onderscheiden:

- Mobile werktuigen in de bouwsector;
- Bouwlogistiek in het wegtransport;
- Spoor specifiek bouwmaterieel;
- Waterbouwvaartuigen voor kustlijn zorg en vaargeulonderhoud;
- Waterbouwvaartuigen voor de aanleg van net op zee.

De aanleg van windparken op zee is nog niet in het convenant opgenomen. Het Ministerie van Klimaat en Groene Groei verkent bij de eerste evaluatie of de eisen van aanleg van het net op zee ook bij andere offshore projecten kunnen worden toegepast.

### **Doelen en ambities voor emissiereductie bouwmaterieel**

Er zijn in de hiervoor genoemde beleidsdossiers verschillende doelen en ambities geformuleerd voor emissiereductie door werk-, voer- en vaartuigen in de bouw.

Dit zijn:

1. De ambitie om in de bouw in 2030 60% NO<sub>x</sub>-emissiereductie te realiseren ten opzichte van 2018;
2. De doelstelling om in 2030 ten opzichte van 2016 75% minder gezondheidsschade door mobiele werktuigen in de bouw - onder meer veroorzaakt door de uitstoot van stikstofdioxide en fijnstof - te realiseren, en het zo snel mogelijk uitfaseren van mobiele werktuigen zonder roetfilter en met een hoge NO<sub>x</sub>-uitstoot;
3. De doelstelling om in 2030 ten opzichte van 2019 een reductie van 0,4 megaton CO<sub>2</sub> van de uitstoot door mobiele werktuigen en bouwlogistiek te behalen;
4. De ambitie om in 2030 klimaatneutraal en circulair te werken in Rijksinfraprojecten, waarbij het convenant zich richt op bouwmaterieel.

In deze notitie brengen we de emissietrends in kaart voor CO<sub>2</sub>, stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en fijnstof (PM<sub>10</sub>)<sup>6</sup>. De emissietrends voor NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> geven ook een indicatie van de ontwikkeling van de door bouwmaterieel veroorzaakte gezondheidsschade. We brengen die gezondheidsschade echter niet in beeld. Dit zou een analyse vereisen van de locatie van de uitstoot, de verspreiding en resulterende concentraties van deze stoffen in de buitenlucht en de blootstelling van de verschillende bevolkingsgroepen aan deze concentraties. Dit valt buiten de scope van de KEV en ERL en daarmee ook buiten de scope van deze notitie.

<sup>6</sup> In lijn met eerdere analyses die voor SEB zijn uitgevoerd door TNO hebben de emissiecijfers voor fijnstof in deze rapportage betrekking op PM<sub>10</sub>. Het RIVM gebruikt PM<sub>10</sub> ook bij het bepalen van de gezondheidseffecten van blootstelling aan luchtverontreiniging.

Het RIVM monitort om het jaar de voortgang van de gezondheidsdoelen uit het Schone Lucht Akkoord, waaronder het doel dat is gerelateerd aan mobiele werktuigen in de bouw en bouwlogistiek [7].

De ambitie om klimaatneutraal en circulair te werken in Rijksinfrastructuurprojecten is lastig te relateren aan de cijfers en bevindingen uit de KEV en ERL, omdat daar geen onderscheid wordt gemaakt tussen de emissies van Rijksinfrastructuurprojecten en de emissies van andere bouwprojecten. Daarom wordt deze ambitie niet behandeld in deze notitie.

### Budgetten en subsidieregelingen voor Schoon en Emissieloos Bouwen

Om de overgang naar schoon en emissieloos bouwmaterieel te stimuleren heeft de Rijksoverheid in 2022 de Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel (SSEB) [10] geïntroduceerd. SSEB subsidieert de aanschaf van en ombouw naar emissieloos<sup>7</sup> en emissiearm<sup>8</sup> bouwmaterieel. Ook bevat de regeling een innovatieonderdeel waarmee de experimentele ontwikkeling van emissieloze bouwmachines en bijbehorende laadinfrastructuur wordt gesubsidieerd. Tot 2030 is er in totaal 360 miljoen euro gereserveerd voor de SSEB (stand van zaken per 1 mei 2024<sup>9</sup>).

In 2024 is ook de Regeling stimulering Schoon en Emissieloos Bouwen voor medeoverheden (SPUK SEB) geïntroduceerd [11]. Gemeenten, provincies en waterschappen die het convenant SEB hebben ondertekend, kunnen hieruit een financiële tegemoetkoming aanvragen voor de meerkosten van het uitvragen van gebruik van emissieloos bouwmaterieel. Voor deze regeling is in totaal 180 miljoen euro beschikbaar. Daarnaast is 275 miljoen euro beschikbaar gesteld voor aanbestedende rijksdiensten. Dit budget is voor financiële ondersteuning van Rijkswaterstaat, ProRail en het Rijksvastgoedbedrijf bij het in de praktijk brengen van de ambitie-eisen uit het convenant SEB. Ten slotte is er een Kennis-, Opschaling- en Praktijkervaringsprogramma (KOP) Schoon en Emissieloos bouwen in het leven geroepen gericht op emissiereductie van bouwmaterieel via procesmaatregelen. Het KOP loopt tussen 2024 en 2026 en bestaat uit drie deelprogramma's: Mobiele werktuigen, Bouwlogistiek, Digitalisering en Prefab. Hiervoor is in totaal 85 miljoen euro beschikbaar. In totaal is er in de verschillende regelingen tot 2030 ruim 1 miljard euro gereserveerd door de Rijksoverheid voor verduurzaming van de bouwsector.

## 1.2 Opzet en aanpak onderzoek

In dit rapport worden de historische, huidige en toekomstige CO<sub>2</sub>- NO<sub>x</sub>- en PM<sub>10</sub>-emissies van bouwmaterieel in kaart gebracht. Deze trends zijn ontleend aan of afgeleid uit analyses die zijn gedaan in de Emissieregistratie ([www.emissieregistratie.nl](http://www.emissieregistratie.nl)) en in de KEV 2024 en ERL 2025. Het betreft de emissies die gepaard gaan met gebruik van het bouwmaterieel (de *tank-to-wheel* emissies). Emissies bij productie en sloop vallen buiten de scope, evenals emissies bij de winning en productie van de energiedragers. We brengen de emissietrends in kaart voor de periode 2010 tot 2035<sup>10</sup>.

<sup>7</sup> Een emissieloze of uitstootvrije machine stoot geen NO<sub>x</sub>, roetdeeltjes en broeikasgassen uit. Dit staat vrij van de techniek en kan bijvoorbeeld gaan om batterij-elektrisch materieel, maar ook om materieel op waterstof.

<sup>8</sup> In de regeling gaat het om de installatie van een SCR-systeem (een nabehandelingsysteem voor selectieve katalytische reductie) op een motor van een bouwwerktuig dat de emissies van NO<sub>x</sub> reduceert. Na installatie moeten de uitlaatemissies van het werktuig voldoen aan de emissielimieten die in de regeling staan omschreven, zie: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0046464/2024-01-10#Bijlage3>

<sup>9</sup> De emissieramingen uit de KEV 2024 en ERL 2025 zijn gebaseerd op de stand van zaken van het beleid per 1 mei 2024. We beschrijven in dit rapport dan ook het beleid zoals dat per 1 mei 2024 van kracht was.

<sup>10</sup> De KEV 2024 en ERL 2025 presenteren emissietrends voor de periode 2000 tot 2035. In deze notitie presenteren we historische cijfers vanaf het jaar 2010. De methodiek die wordt gebruikt om historische emissies in kaart te

De emissies van mobiele werktuigen in de bouw worden in de Emissieregistratie (ER) en in de KEV/ERL apart in beeld gebracht en kunnen dus direct uit deze bronnen worden ontleend. Dit geldt niet voor de emissies van bouwlogistiek, spoor specifiek bouw materieel en vaartuigen in de waterbouw. Deze categorieën maken onderdeel uit van een grotere groep. Zo worden in de ER en KEV/ERL wel emissietrends in beeld gebracht voor het bestel- en vrachtverkeer met onderscheid naar brandstof- en gewichtsklassen, maar niet naar economische sector. Ditzelfde geldt voor railvervoer en voor de scheepvaart. TNO heeft daarom in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) methoden ontwikkeld om de emissietrends in deze specifieke categorieën afzonderlijk in kaart te brengen, op consistente wijze met de ER en KEV/ERL. Deze methoden zijn samengevat in de volgende rapporten ([12], [13]). In dit rapport wordt een update gepresenteerd van de berekeningen, in lijn met de aanpak en inzichten uit de KEV 2024 en ERL 2025. Daarbij is ook een backcast naar het verleden gemaakt. Hierbij is kennis van TNO over methodieken gecombineerd met kennis van het PBL uit de KEV en ERL over emissies in verschillende onderdelen van de mobiliteitssector.

### **Ontwikkelingen bij vastgesteld en voorgenomen beleid per 1 mei 2024**

In lijn met de KEV 2024 en ERL 2025 presenteren we in dit rapport emissietrends gebaseerd op het vastgestelde en voorgenomen beleid (VV) per 1 mei 2024. Beleid doorloopt verschillende fasen van ontwikkeling alvorens het definitief wordt geaccordeerd, in werking treedt en effect heeft. Vanaf de openbaarmaking van een beleidsplan of -intentie tot de definitieve vaststelling van een beleidsinstrument kan de vormgeving van beleid sterk wijzigen en kan een beleidsplan zelfs volledig van tafel verdwijnen.

Daarom maakt het PBL bij het opstellen van ramingen in de KEV en ERL onderscheid in drie beleids categorieën:

- Vastgesteld beleid omvat beleidsinstrumenten waar op 1 mei een definitief akkoord op is gegeven. Bij de Rijksoverheid is dat een akkoord door de Eerste Kamer, bij Europese richtlijnen is dat na omzetting in Nederlandse wetgeving en akkoord door de Eerste Kamer, bij Europese verordeningen is dat na goedkeuring door de Europese Raad en het Europese parlement en bij de provincies na goedkeuring bij de Gedeputeerde Staten.
- Voorgenomen beleid betreft beleidsinstrumenten van de Rijksoverheid, de Europese Unie en provincies die op 1 mei nog bindend moesten worden vastgelegd, maar wel al concreet waren uitgewerkt en openbaar waren. Bij maatregelen waarbij dat van toepassing is, geldt dat ze ter consultatie moeten zijn voorgelegd;
- Geagendeerd beleid omvat beleidsplannen, -intenties of -contouren die voor het zomerreces op 5 juli 2024 openbaar waren, officieel waren medegedeeld, maar die nog niet of beperkt concreet waren uitgewerkt.

De beleidsinstrumenten uit het programma SEB, zoals hiervoor beschreven, vallen in de KEV 2024 en ERL 2025 in zijn geheel onder het vastgestelde beleid, conform de situatie zoals die per 1 mei 2024 gold. Voor een uitgebreide beschrijving van deze instrumenten wordt verwezen naar het beleidsoverzicht bij de KEV 2024 en ERL 2025. Naast het SEB-beleid zijn ook andere instrumenten van invloed op de emissietrends van bouw materieel. Zo is er vanuit de arbeidsinspectie beleid om de blootstelling van werknemers aan dieselemissies te voorkomen. Wanneer het technisch uitvoerbaar is, moeten werkgevers hun dieselapparaten vervangen door alternatieven, zoals elektrisch materieel.

---

brenge n van specifiek het bouw materieel kent met name voor jaren verder in het verleden de nodige onzekerheden, daarom kiezen we ervoor de emissietrends niet verder terug te leggen dan tot 2010.

Hiervoor is door de arbeidsinspectie geen specifieke datum genoemd. Het is hiermee onduidelijk op welke termijn en in welke mate de Arbeidsinspectie gaat handhaven. In sommige convenanten, visies en beleidsdocumenten wordt het jaar 2030 genoemd als deadline of 'stip op de horizon' voor de overstap op emissieloos materiaal. Meestal in relatie tot milieukwaliteit, stikstofbeperkingen of de uitstoot van broeikasgassen [14]. Dergelijke vooruitzichten kunnen behulpzaam zijn bij het plannen van investeringen.

De emissietrends van NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> voor bouwwerktuigen en bouwlogistiek worden sterk beïnvloed door het Europese bronbeleid voor nieuwe voer- en werktuigen. Dit beleid is, net als het emissiebeleid van de Internationale Maritieme Organisatie (IMO) van de VN, ook van invloed op de emissietrends voor vaarwerktuigen. De CO<sub>2</sub>-emissietrends van bouwlogistiek worden sterk beïnvloed door het CO<sub>2</sub>-bronbeleid van de EU en nationaal stimuleringsbeleid voor de aanschaf van emissieloze bestel- en vrachtauto's, waaronder de daarvoor geldende subsidies en de invoering van ZE-zones voor de stadslogistiek. Het Europese en nationale beleid voor gebruik van hernieuwbare energie in vervoer is van invloed op de CO<sub>2</sub>-emissietrends van alle bouwmaterieel. Voor een toelichting op dit beleid wordt eveneens verwezen naar het beleidsoverzicht bij de KEV 2024.

### **Vergelijking met eerdere studies naar effecten SEB**

TNO heeft in eerder onderzoek voor het programma SEB verkend hoe groot de emissiereductie van SEB in potentie kan zijn ([8]). In dat onderzoek is gekeken welke instroom van schoon en emissieloos bouwmaterieel denkbaar is in de periode tot 2030 bij ambitieus beleid en tot welke emissiereductie dit kan leiden. In dat onderzoek is dus het potentieel in kaart gebracht voor emissiereductie in de bouw. Dit onderzoek had daarmee een ander karakter dan de voorliggende rapportage. In het huidige onderzoek brengen we, in lijn met de aanpak in de KEV en ERL, in kaart hoe de emissies zich ontwikkelen bij het huidige beleid (per 1 mei 2024). Dit is dus geen potentieelschatting maar een effectschatting gegeven huidige afspraken. In hoofdstuk 6 van dit rapport reflecteren we kort op de inzichten uit deze studie in vergelijking met eerder onderzoek.

In lijn met de KEV en ERL presenteren we in dit rapport de emissietrends zoals die worden verwacht op basis van het totaal aan vastgesteld en voorgenomen beleid. We maken niet inzichtelijk wat de verschillende beleidsinstrumenten uit het programma SEB of uit andere beleidstrajecten daaraan bijdragen. TNO heeft in 2023 onderzocht wat het programma SEB kan opleveren [8]. PBL, RIVM en de WUR brengen in de tweejaarlijkse 'Monitoring en Evaluatie Stikstofreductie en Natuurverbetering' in beeld wat de verschillende stikstofbronmaatregelen bijdragen aan de reductie van de uitstoot en aan de stikstofdepositie op natuurgebieden. In PBL & WUR [5] is in beeld gebracht wat deze maatregelen aan emissiereductie opleveren, op basis van het beleid per 1 mei 2023. Deze analyse wordt in 2025 geactualiseerd.

### **Onzekerheden**

De emissiecijfers in dit rapport zijn inherent onzeker. In de KEV 2024 en ERL 2025 presenteert PBL bandbreedtes voor de emissieramingen in 2030 en 2035. Dit gebeurt op het niveau van de nationale emissietotalen en de emissietotalen per sector, waaronder de sector mobiliteit waar alle werk-, vaar- en voertuigen in de bouw toe worden gerekend. Er worden geen onzekerheden in beeld gebracht voor subsectoren zoals het vrachtverkeer of de scheepvaart. Binnen de doorlooptijd van dit onderzoek naar de emissietrends in de bouw was het niet mogelijk om de onzekerheden voor de verschillende categorieën bouwmaterieel op vergelijkbare wijze als in de KEV en ERL in beeld te brengen.

We volstaan in deze rapportage met een kwalitatieve beschrijving van belangrijke onzekere factoren die van invloed zijn op de gepresenteerde emissietrends, waar mogelijk aangevuld met kwantitatieve inzichten uit bestaande analyses uit de KEV en ERL.

## 1.3 Leeswijzer

Hoofdstukken 2 tot en met 5 in dit rapport beschrijven de methodieken en resultaten wat betreft emissies voor de verschillende categorieën bouwmaterieel. Daarin wordt uitgelegd wat er onder de betreffende categorie valt, welke methodieken zijn gebruikt en welke inzichten er zijn over de desbetreffende emissies.

Achtereenvolgens worden de volgende categorieën behandeld:

- Bouwlogistieke voertuigen (hoofdstuk 2);
- Mobiele werktuigen in de bouw (hoofdstuk 3);
- Waterbouw (hoofdstuk 4); en
- Spoor specifiek bouwmaterieel (hoofdstuk 5).

De inzichten uit de verschillende categorieën worden in hoofdstuk 6 gecombineerd tot een totaalbeeld van geraamde emissies van bouwmaterieel. Deze worden daarbij vergeleken met de gestelde doelen voor emissiereductie.

## 2 Bouwlogistieke voertuigen

### 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de emissies gepresenteerd van wegverkeer in de bouwsector. Naast de inzet van specifieke bouwvoertuigen, zoals kraanwagens, betonmixers of kippers, wordt in de bouw ook gebruik gemaakt van algemene voertuigtypes die worden ingezet voor het vervoer van personen of goederen (bestelauto's, vrachtauto's en trekker-opleggers). In dit hoofdstuk wordt eerst toegelicht hoe het aandeel van bouw in de algemene voertuigtypes is bepaald en wordt een overzicht gegeven van de emissies voor het huidige zichtjaar. Vervolgens wordt in paragraaf 2.3 een backcast gepresenteerd naar historische jaren en in paragraaf 2.4 een prognose naar 2035 gepresenteerd met een doorkijk naar 2040.

### 2.2 Aandeel bouwlogistiek in emissies

TNO heeft in opdracht van het programma schoon en emissieloos bouwen analyses uitgevoerd om het aandeel van de bouwlogistiek binnen de emissies van het wegverkeer in te schatten. In deze rapportage is een update uitgevoerd van deze analyse.

#### *Aanpak*

De analyse volgt dezelfde methode als beschreven in een methodiekrapport voor SEB uit 2023 [12].

Op hoofdlijnen zijn de volgende stappen uitgevoerd<sup>17</sup>:

- Het verrijken van data uit de RDW open dataportal met Handelsregister Basisprofielen van de kamer van Koophandel. Aan voertuigen is informatie over de economische activiteit van het betreffende bedrijf, zogenaamde SBI-codes, toegevoegd.
- Een aantal van de SBI-codes zijn als 'bouw' of als 'mogelijk bouw' geclassificeerd. Op basis hiervan is het aandeel van het wagenpark dat geheel of gedeeltelijk wordt ingezet in de bouw ingeschat.
- Daarnaast zijn voertuigen met specialistische bouwrichtingen (zoals betonmixers of kraanwagens) als bouw gekenmerkt.
- Op basis van de gereden kilometers uit registers van de RDW en de emissiefactoren die worden gebruikt in de emissieregistratie van de specifieke emissieklassen van de voertuigen zijn vervolgens de emissies berekend.
- Als laatste stap is apart een berekening gemaakt van de emissies van de hulpfuncties (dit betreft bijvoorbeeld de kraan op de kraanwagen of de betonmixer). Deze emissies zijn nog niet opgenomen in de KEV 2024 en ERL 2025 omdat ze nog niet in de onderliggende ER-data zaten. Deze emissies zijn daarom in het kader van deze notitie in kaart gebracht en worden medio 2025 verwerkt in een lichte actualisatie van de ERL 2025 ramingen.

<sup>17</sup> Voor een verdere toelichting wordt verwezen naar het bovengenoemde methodiekrapport uit 2023.



*Uitkomsten*

In onderstaande tabel staan de berekende emissies voor het jaar 2021. De CO<sub>2</sub>-uitstoot valt iets hoger uit dan in de analyse uit 2023, omdat nu ook de hulpfuncties zijn meegenomen (voorheen was dit alleen voor NO<sub>x</sub>).

Tabel 2.1: Emissies van de bouwlogistiek in 2021

Voertuigtype	CO <sub>2</sub> Mton	NO <sub>x</sub> kton	PM <sub>10</sub> ton
Bestelauto's	0,9	2,9	128
Vrachtwagens	1,1	4,0	150
Hulpfuncties	0,3	1,1	3
Totaal	2,3	8,0	281

Bron: TNO o.b.v. [12]

Het SEB-convenant is alleen van toepassing voor bouwlogistiek van en naar de bouwplaats, en niet op andere logistieke bewegingen met bouwproducten in de keten (bijvoorbeeld van een leverancier naar een groothandel). Uit een analyse uit 2023 [12] bleek dit te gaan om ongeveer 2% van de emissies: een klein effect dat binnen de foutmarge van onze emissieberekeningen valt.

## 2.3 Historische ontwikkeling bouwlogistiek

Om een beeld te krijgen van de ontwikkeling van de emissies van bouwlogistiek door de jaren heen is een backcast gemaakt naar eerdere zichtjaren. Hiervoor is een andere methodiek toegepast dan bij het bepalen van de emissies in 2021 en 2022, omdat geen kentekenoverzichten beschikbaar zijn voor eerdere zichtjaren.

De backcast is gedaan op basis van de volumeontwikkeling in de bouw. Er zijn meerdere indicatoren beschikbaar die representatief zijn voor de volumeontwikkeling in de bouwsector en daarmee als proxy zouden kunnen worden gebruikt voor de ontwikkeling van (het gebruik van) de voertuigvloot in de bouw.

Een aantal relevante indicatoren worden in het volgende lijstje vermeld:

- Arbeidsvolume = het aantal banen/ werkzame personen in de bouwsector;
- Bouwproductie = het aantal gereed gemelde nieuwgebouwde bouwwerken (woningen, bedrijfsgebouwen, infrastructuur werken GWW);
- Investerings/ omzetontwikkeling in de bouw (woningen, bedrijfsgebouwen, infrastructuur werken GWW).

De ontwikkeling van de verschillende indicatoren zijn vergeleken voor de periode 1995 tot en met 2022. Alle indicatoren vertonen eenzelfde beeld in ontwikkeling. Voor de periode vanaf 1995 tot 2008 is een gestage groei zichtbaar. Vanaf 2008 tot 2014 zien we een dip als gevolg van de kredietcrisis/ bankencrisis op de financiële markten. Tussen 2014 en 2022 zien we weer een gestage groei met een kleine coronadip rond 2019/2020.

Voor de backcast zijn de data van CBS rondom de ontwikkeling van investeringen in vaste activa in de bouw (vastgoed en infrastructuur) als uitgangspunt genomen. In deze data wordt onderscheid gemaakt naar verschillende bouwsegmenten en de data geven hiermee een goede indicatie van de ontwikkeling van de verschillende segmenten.



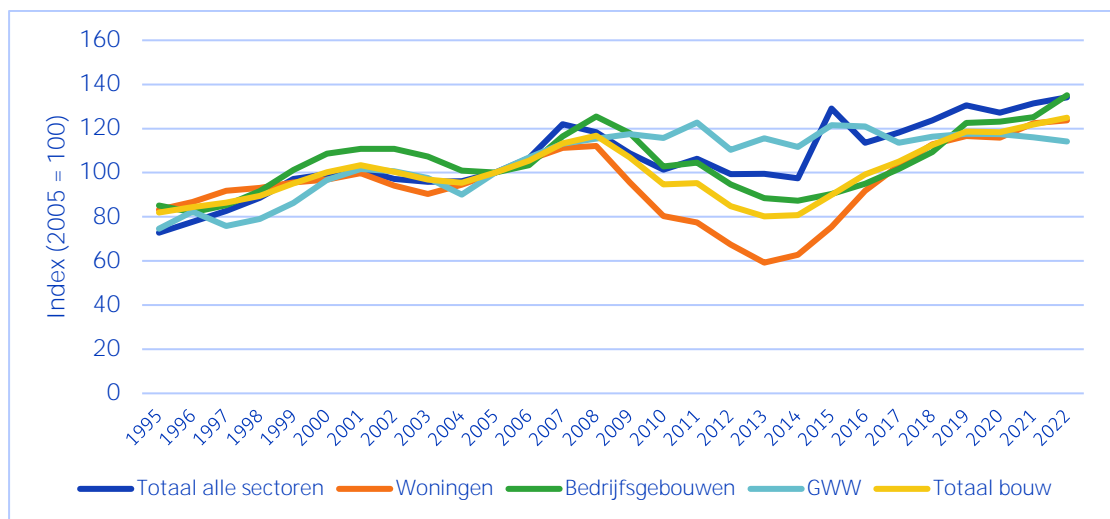
De verdeling van de huidige NO<sub>x</sub>-emissies van voertuigen naar de verschillende paden voor de bouw in het jaar 2021 staat gepresenteerd in onderstaande tabel<sup>12</sup>. Deze is overgenomen van [8].

**Tabel 2.2:** Overzicht verdeling NO<sub>x</sub>-emissies bouwtransport per segment

Transitiepad	Verhouding
Energie infra	3%
Weg, dijk en spoor	14%
Woningen en utiliteit	81%
Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud	2%

Bron: TNO [8]

De ontwikkelingen vanaf 1995 tot en met 2020 worden in Figuur 2.1 getoond met een lijngrafiek, waarbij voor jaartal 2015 prijspeil 100% is aangehouden.



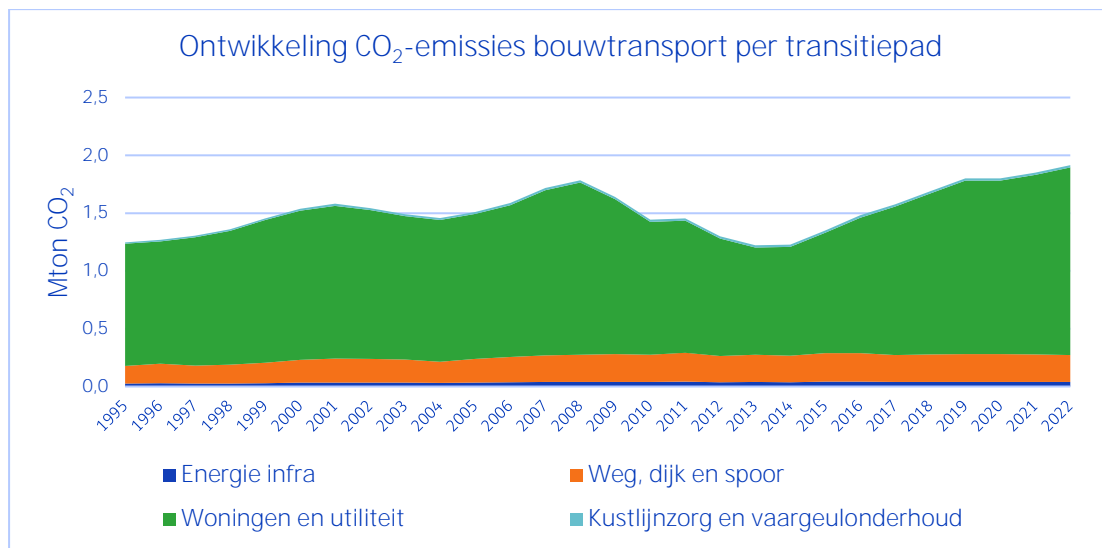
Figuur 2.1: Ontwikkelingen investeringen in vastgoed en infrastructuur (vaste activa) (prijspeil 2015).  
Bron: CBS [15]

Uit de grafiek is af te leiden dat de dip in de bouwsector tussen 2008 en 2014 groter was dan die in de gehele economie. Daarnaast is opvallend dat in de GWW geen sprake is van een dip, maar eerder een stabilisering van de groei vanaf 2008. De dip in de bouw is voor het grootste gedeelte veroorzaakt door de lagere ontwikkeling van de woningbouw.

Op basis van bovenstaande ontwikkelingen wordt voorgesteld om de backcasting separaat uit te voeren voor het pad Weg, Dijk en Spoor op basis van GWW en voor het pad woningen en utiliteit op basis van de gemiddelde ontwikkeling voor woningen en bedrijfsgebouwen. Voor de paden Energie en Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud wordt voorgesteld om de indicator Totaal bouw aan te houden.

<sup>12</sup> Voor deze analyse is het jaar 2021 in plaats van 2022 aangehouden in verband met beschikbaarheid van de Kamer van Koophandel data.

De data voor de investeringen is gebruikt voor het op- en afschalen van het aantal kilometers over de tijd. Om vervolgens te komen tot de historische ontwikkeling in de emissies, zijn naast de ontwikkeling in de vraag ook aannames gedaan rondom de ontwikkeling in de gemiddelde emissies per kilometer. Voor NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> in het wegvervoer wordt dit vooral bepaald door de ingroei van nieuwe voertuigen. In de berekening is aangenomen dat de leeftjidsverdeling en samenstelling van voertuigen die worden gebruikt in de bouw over de tijd gelijk blijft. Figuur 2.2 toont de resultaten voor CO<sub>2</sub>.



Figuur 2.2: Ontwikkeling CO<sub>2</sub>-emissies bouwlogistiek per segment.

TNO o.b.v. CBS [15]

## 2.4 Update prognoses 2030 en doorkijk 2040

### *Algemene ontwikkeling bedrijfsvoertuigen in Nederland*

Voor de emissies van de bouwlogistiek is een update gemaakt van de prognoses, waarbij rekening is gehouden met het nieuwe berekende aandeel van de emissies door de bouw in 2021 en de verwachte ontwikkeling van de emissies tot 2035 (met doorkijk naar 2040) uit de KEV 2024 en de ERL 2025. Het wagenpark aan bedrijfswagens binnen de bouw toont veel gelijkenissen met het totale wagenpark aan bedrijfswagens. De belangrijkste verschillen liggen in het aandeel bestelauto's (92% van de bouwlogistiek en 85% van het totale bedrijfsvoertuigenpark) en het aandeel lastig te verduurzamen speciale voertuigen. Zo schatte Panteia in 2024 dat het relatief lastig is om kiepwagens te elektrificeren [16]. Het gaat om ruim 10.000 kiepwagens, die allemaal tot de bouwsector worden gerekend<sup>13</sup>. In het grotere geheel zijn dit echter relatief kleine verschillen en lijkt het plausibel om de trends in de emissie van bedrijfswagens binnen de bouw gelijk te stellen aan de trends in de emissie van alle bedrijfswagens.

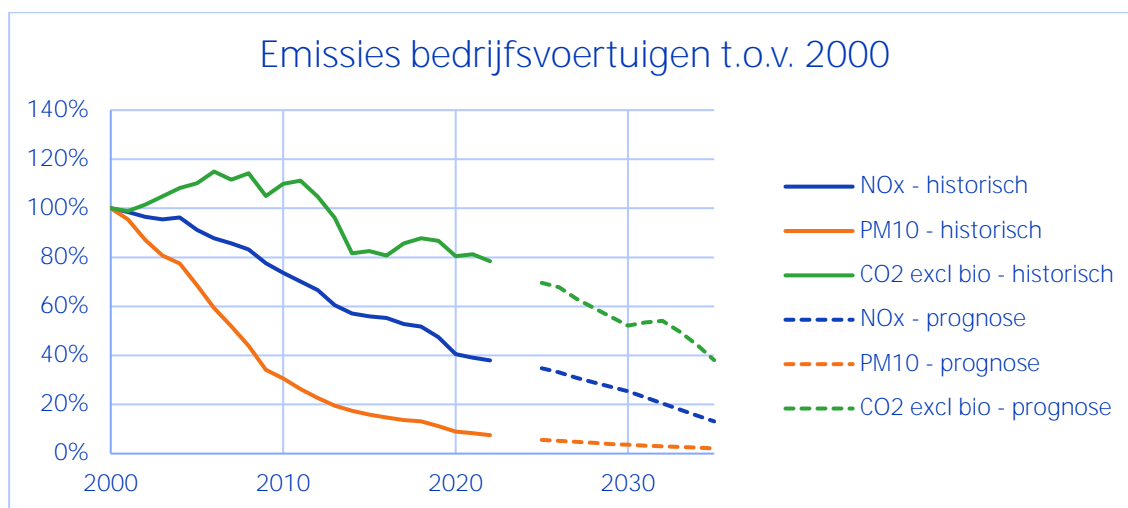
Figuur 2.3 laat de geïndexeerde historische ontwikkeling en prognoses zien voor de emissies van alle bedrijfsvoertuigen<sup>14</sup> tussen 2000 en 2035.

<sup>13</sup> De precieze inschatting van bouwlogistiek is beschreven in [12].

<sup>14</sup> Dit is het totaal van lichte en zware bedrijfsvoertuigen, exclusief OV-bussen, touringcars en personenauto's die bedrijfsmatig worden ingezet (zoals taxi's). Het gaat voornamelijk om bestelauto's, vrachtauto's en trekker-oplegger combinaties, maar ook speciale voertuigen zoals vuilniswagens en brandstofweerauto's zijn inbegrepen.

Dit betreft de bedrijfswagens die binnen de bouw en daarbuiten worden ingezet. De emissies van NO<sub>x</sub> en met name PM<sub>10</sub> zijn sterk afgenomen tussen 2000 en 2022. Dit komt grotendeels door steeds strengere Europese emissienormen voor nieuwe voertuigen. De uitstoot van CO<sub>2</sub> is ook gedaald in deze periode, maar deze daling is minder groot en laat bovendien een grilliger patroon zien.

Naar de toekomst toe wordt een verdere daling verwacht van de uitstoot van deze stoffen. De daling bij NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> heeft veel te maken met nieuwe emissiewetgeving vanuit de EU, die het gebruik van roetfilters en SCR-katalysatoren op alle nieuwe dieselmotoren in het wegverkeer noodzakelijk heeft gemaakt. Verder speelt de verwachte elektrificatie van het wagenpark een belangrijke rol bij de geraamde daling, met name voor CO<sub>2</sub>. Deze is de afgelopen jaren ook voor bestel- en vrachtauto's op gang gekomen en zet richting 2030 naar verwachting snel door. In de PM<sub>10</sub>-emissies spelen emissies door slijtage van met name banden en remmen een toenemende rol. Voor een verdere duiding van deze trends wordt verwezen naar de KEV 2024, de ERL 2025 en achterliggende rapportages over de prognoses voor de samenstelling van het wagenpark.



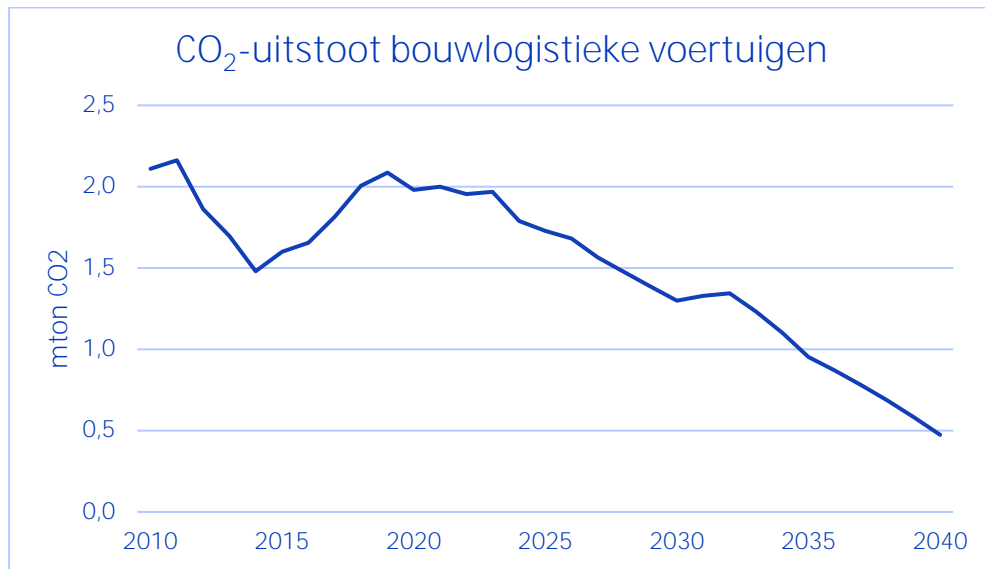
**Figuur 2.3:** Relatieve ontwikkeling van de emissies van alle bedrijfsvoertuigen tussen 2000 en 2035 (emissies van het jaar 2000 = 100%)

#### *Ontwikkeling emissies bouwlogistieke voertuigen*

Voor het inschatten van de ontwikkeling van de emissies van de bouwlogistiek is uitgegaan van de verwachte autonome ontwikkeling van het bedrijfswagenpark, zoals beschreven in de KEV 2024, en het effect van het basisniveau van SEB. Voor alle emissies wordt een daling verwacht. Deze daling is het grootst voor de NO<sub>x</sub>-emissies. De daling wordt veroorzaakt door steeds strenger wordende Europese luchtkwaliteitseisen (onder meer Euro 7) en elektrificatie van het wagenpark.

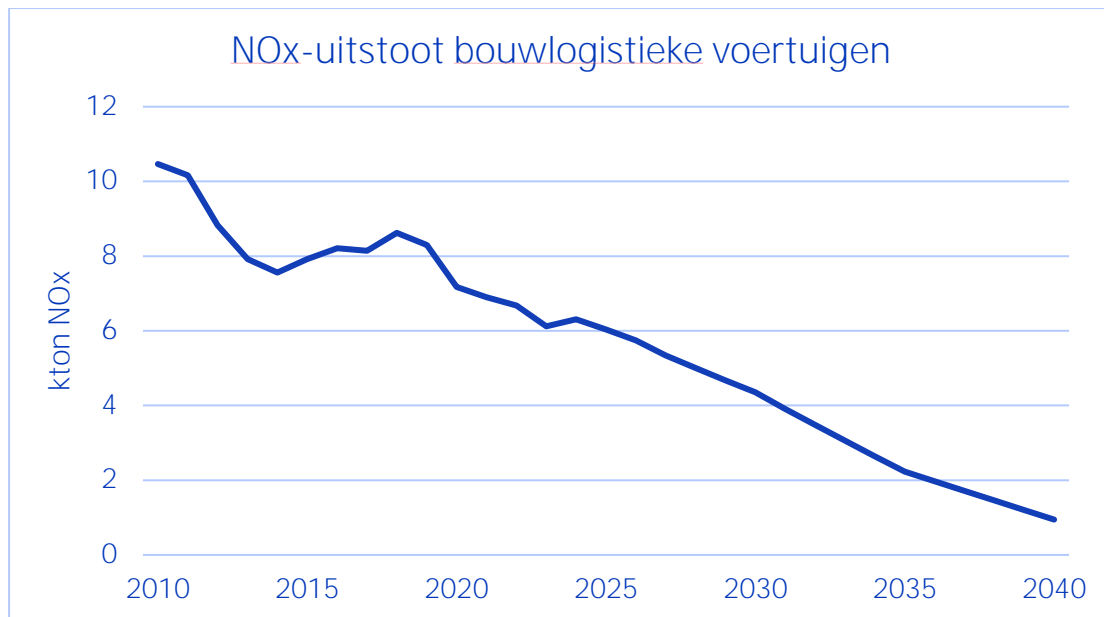
Voor de zichtjaren 2025 en 2030 is er een beperkt aanvullend effect van SEB, met name door eisen in publieke tenders voor het gebruik van elektrische voertuigen. Deze eisen versnellen (beperkt) de ingroei van elektrisch materieel. Gezien dat het SEB-convenant loopt tot 2030 en er vergaande autonome vergroening na deze periode plaats vindt, is geen additioneel effect na 2030 toegekend. Omdat er ook maatregelen in de routekaart staan voor na 2030 zullen mogelijk richting 2030 nieuwe afspraken hierover worden gemaakt. In onderstaande figuren zijn de resultaten van de historische analyse en de update van de prognoses samengevat. Alle emissies laten een reductie zien over de periode, maar de trends laten wel een ander verloop zien.

Bij het verloop van de CO<sub>2</sub>-emissies hangt de historische ontwikkeling vooral samen met het verloop van de ontwikkeling van het aantal kilometers. Gezien de historische ontwikkeling in de bouwvraag laat dit hiermee een grillig patroon zien. De prognose laat een daling van de emissies zien door de verwachte elektrificatie van (een deel van) het wagenpark en Europese normen rondom voertuigefficiëntie.



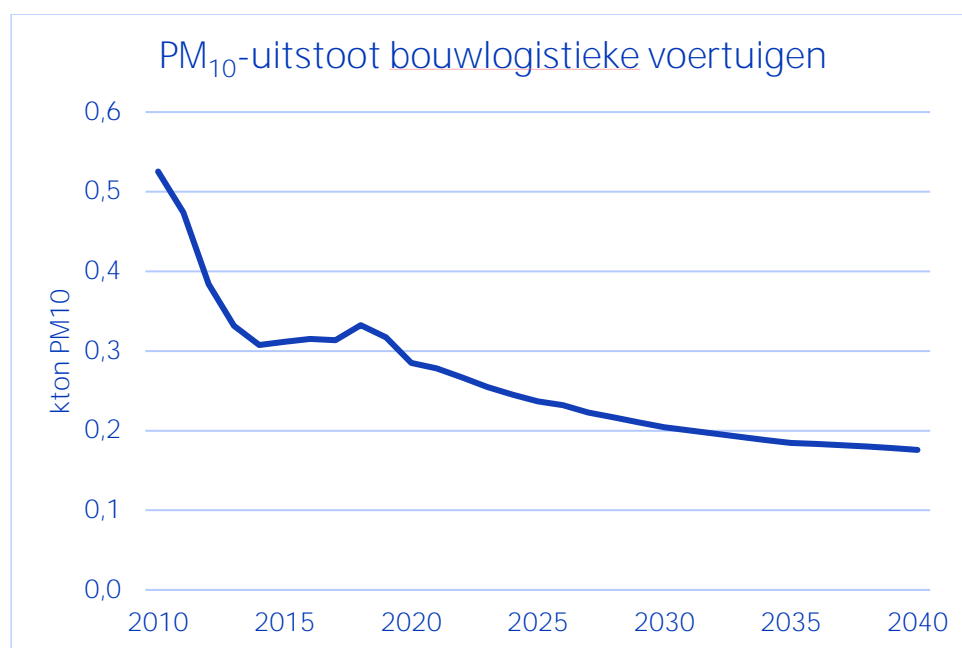
Figuur 2.4: Ontwikkeling CO<sub>2</sub>-emissies bouwlogistiek tussen 2010 en 2040.

NO<sub>x</sub>-emissies laten over de hele periode een vrijwel continue daling zien. De historische analyse wordt veroorzaakt door de ingroei van schonere voertuigen (met name euro VI vrachtwagens en euro 6d bestelauto's). Door de verandering in het aantal kilometers zit er wel een mate van grilligheid in het patroon (bijvoorbeeld een lichte stijging tussen 2014 en 2018). Ook de verwachte ontwikkeling is dat de NO<sub>x</sub>-uitstoot verder zal dalen.



Figuur 2.5: Ontwikkeling NO<sub>x</sub>-emissies bouwlogistiek tussen 2010 en 2040.

Bij PM<sub>10</sub> was er een sterke daling in de afgelopen jaren door de inzet van schonere voertuigen. In de prognoses is nog steeds sprake van een daling, maar deze gebeurt op een veel vlakker niveau. Dit wordt veroorzaakt door het verloop van de verschillende onderdelen van de PM<sub>10</sub>-emissies: de uitlaat- en de slijtage-emissies. De historische daling en de verwachte daling in de toekomst, zijn toe te schrijven aan de verandering in de uitlaatemissies van PM<sub>10</sub>. De slijtage-emissies blijven per kilometer redelijk constant. In 2040 bestaat het grootste gedeelte van de PM<sub>10</sub>-emissies dan ook uit slijtage emissies.



Figuur 2.6: Ontwikkeling PM<sub>10</sub>-emissies bouwlogistiek tussen 2010 en 2040.

#### *Onzekerheden in de analyse*

De hiervoor gepresenteerde emissietrends voor de bouwlogistiek bevatten een aantal onzekerheden. In de prognoses is aangenomen dat de ontwikkeling van de voertuigen die worden gebruikt voor bouwlogistiek gelijk is aan de rest van het bestel- en vrachtverkeer. Dit betreft bijvoorbeeld de mate van elektrificatie van het wagenpark. Daarmee worden twee onzekere factoren geïntroduceerd in de aanpak. Ten eerste is het tempo waarin het bestel- en vrachtautopark als geheel verduurzaamt onzeker. Met name het ingroei tempo van emissieloze voertuigen is inherent onzeker. Deze onzekerheid is voor de KEV 2024 ramingen in beeld gebracht in [17]. Ten tweede is onzeker of de bouwlogistiek inderdaad in hetzelfde tempo verduurzaamt als het algehele wagenpark. Het kan zijn dat de bouwlogistiek, doordat het een ander gebruiksprofiel heeft dan het andere goederenvervoer, langzamer of sneller dan gemiddeld zal vernieuwen. Hierover is op dit moment weinig bekend waardoor deze onzekerheid niet goed in beeld gebracht kan worden.

Ten slotte speelt bij de CO<sub>2</sub>-raming de veronderstelde inzet van hernieuwbare brandstoffen in de bouwlogistiek een belangrijke rol. De inzet van hernieuwbare brandstoffen in het wegverkeer en in mobiele machines moet de komende jaren snel toenemen om aan de voorgenomen verhoging van de jaarverplichting voor hernieuwbare energie in vervoer te voldoen.

PBL heeft in de KEV 2024 geraamd hoeveel hernieuwbare brandstoffen er in totaal in het wegverkeer en mobiele werktuigen nodig zijn om aan de nieuwe verplichting te voldoen. Deze verplichting geldt voor het totaal van wegverkeer en mobiele werktuigen, niet voor specifieke groepen daarbinnen. In de KEV 2024 wordt verwacht dat er vooral dieselvangers worden ingezet om aan de nieuwe verplichting te voldoen en in veel mindere mate benzinevangers. Als gevolg daarvan daalt de geraamde CO<sub>2</sub>-uitstoot bij dieseltoepassingen zoals bestel- en vrachtverkeer en mobiele bouwmachines relatief snel. Dit is echter een onzekere aanname, als de markt meer benzinevangers inzet om aan de verplichting te voldoen daalt de CO<sub>2</sub>-uitstoot van bouwlogistiek (en bouwmachines) minder snel.

Daarnaast veronderstelt PBL in de KEV 2024 dat in alle dieseltoepassingen hetzelfde aandeel hernieuwbare brandstoffen wordt gebruikt. Ook dit is een onzekere aanname, het kan zijn dat door bijvoorbeeld specifieke verduurzamingseisen in aanbestedingen in bepaalde toepassingen een hoger aandeel hernieuwbare brandstoffen worden ingezet dan generiek nodig is om aan de jaarverplichting te voldoen. In dat geval verandert er niets aan het algehele CO<sub>2</sub>-reductietempo van het wegverkeer, maar gaat de verduurzaming niet voor alle groepen in hetzelfde tempo

## 3 Mobiele werktuigen

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de emissietrends van mobiele werktuigen in de bouw geschetst. Mobiele werktuigen is een verzamelterm voor een brede groep van machines die niet voor de openbare weg zijn bestemd. Voorbeelden van mobiele werktuigen in de bouwsector zijn betonmixers, kranen, hoogwerkers, graafmachines en asfaltfreesmachines.

De emissies van mobiele werktuigen in de bouw worden als een aparte categorie berekend in de Emissieregistratie [18]. Daarom bestaat er een goede historische reeks van de ontwikkelingen in het actieve park van mobiele (bouw)werktuigen en de bijbehorende emissies. In de KEV en ERL worden ook aparte emissieprognoses gemaakt voor deze categorie werktuigen. Er heeft in het kader van dit onderzoek dus geen methodiekontwikkeling plaatsgevonden voor de emissies van mobiele werktuigen. Deze zijn rechtstreeks ontleend uit de KEV en ERL.

In dit hoofdstuk worden ramingen voor de ontwikkeling van het machinepark en de emissies van mobiele werktuigen gepresenteerd. Deze ramingen zijn berekend met behulp van het prognosemodel MEPHISTO. De beleidsinstrumenten uit het programma SEB en het Europees bronbeleid voor mobiele werktuigen zijn hierin meegenomen [9, 19].

In paragraaf 3.2 wordt kort toegelicht wat er in de routekaart SEB staat over mobiele werktuigen. Daarna worden in paragraaf 3.3 de inschattingen samengevat die in het kader van de KEV 2024 en ERL 2025 zijn gemaakt over de ingroei van emissieloze en Stage-V mobiele werktuigen in de bouw. Tenslotte worden de historische en geraamde emissies van NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> en CO<sub>2</sub> door mobiele werktuigen gegeven in paragraaf 3.4.

### 3.2 Routekaart SEB

In de routekaart SEB worden eisen gesteld aan de technologie die wordt gebruikt in de motoren van mobiele werktuigen<sup>15</sup>. De routekaart beschrijft maatregelen die vereisen dat men geleidelijk steeds schonere verbrandingsmotoren gebruikt en uiteindelijk volledig overstapt op emissieloze technologie. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende categorieën werktuigen op basis van het vermogen van de machines. Zo wordt er voor minigraafmachines een snellere transitie naar emissieloos beoogd dan voor grote kranen, aangezien eerstgenoemde makkelijker en goedkoper te elektrificeren zijn.

Verschillende categorieën dieselmotoren worden aangeduid met Stage-I t/m V. Deze stages verwijzen naar steeds strenger wordende Europese regelgeving waar nieuwe dieselmotoren voor mobiele werktuigen aan moeten voldoen [20]. Deze eisen verschillen per vermogenscategorie.

<sup>15</sup> Zie de routekaart SEB (<https://cdn.opwegnaarseb.nl/media/Routekaart%20SEB%20-%20definitief.pdf>) of 'TNO Kennisinbreng Mobiliteit voor Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2024 - TNO 2024 P11746' voor een meer gedetailleerde beschrijving.

Bij correct gebruik stoot moderne dieseltechnologie fors minder  $\text{NO}_x$  en  $\text{PM}_{10}$  uit dan oudere dieseltechnologie. Zo stoten zware Stage-V dieselmotoren ca. 20 keer minder  $\text{NO}_x$  uit dan zware Stage-I dieselmotoren. Het verschil in  $\text{CO}_2$ -uitstoot is binnen dezelfde vermogensklasse relatief beperkt. De Europese emissiewetgeving voor mobiele werktuigen reguleert (tot op heden) alleen de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen en dus niet de uitstoot van broeikasgassen.

De gemaakte aannames over de naleving van de routekaart worden toegelicht in de volgende paragraaf.

### 3.3 Ingroei emissieloze en Stage-V machines door SEB

TNO heeft ten behoeve van de KEV 2024 een inschatting gemaakt van de effecten van het programma SEB op het bouwmachinepark [9]. Grofweg bestaat de inschatting uit drie stappen. In de eerste stap is de autonome ontwikkeling (dus zonder het programma SEB) van het bouwmachinepark tot 2040 geraamd met behulp van het MEPHISTO-prognosemodel. In de tweede stap is een inschatting gemaakt van de effecten van de routekaart en bijbehorende subsidieregelingen uit het programma SEB op het aantal emissieloze bouwmachines. Daarbij is aangenomen dat de subsidieregelingen volledig ondersteunend zijn aan de routekaart en helpen bij het realiseren van een gedeelte van de benodigde aantallen emissieloze bouwmachines. Deze effecten zijn verwerkt door middel van een correctie op de samenstelling van het bouwmachinepark. De inschatting van het totale aantal emissieloze bouwmachines tussen 2025 en 2040 is weergegeven in Figuur 3.1. In de derde en laatste stap is een correctie toegepast op de ingroei van dieselmachines met een hogere (Stage-V) emissieklasse. Dit leidt tot een extra ingroei aan Stage-V bouwmachines, zoals weergegeven in Figuur 3.2.

In de analyses is alleen het effect van SEB op de hoeveelheid elektrische en dieselbouwmachines meegenomen. In de praktijk is er ook een kleine hoeveelheid bouwmachines die draait op benzine of LPG. Het effect van SEB op deze machines is uit praktische overwegingen niet meegenomen, aangezien ze verantwoordelijk zijn voor minder dan 5% van de uitstoot van zowel  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$  als  $\text{CO}_2$ . Verondersteld is dat alle emissieloze machines die in de vloot instromen dieselmachines vervangen.

#### Onzekerheden

De groei van emissieloos en Stage-V bouw materieel is sterk afhankelijk van de mate waarin de routekaart SEB zal worden nageleefd door partijen in de bouwsector. Alle bouwpartijen zijn door de Omgevingswet verplicht om 'adequate maatregelen' te nemen om de stikstofuitstoot van bouwprojecten te verminderen. Het voldoen aan het minimumniveau uit de routekaart SEB is een mogelijke (deelse) invulling hiervan. Andere (aanvullende) denkbare invullingen zijn het gebruik van meer prefabricage en vermindering van het gebruik van machines. Daarmee is het onduidelijk in welke mate het minimumniveau gebruikt gaat worden als invulling van de emissiereductieplicht.

Ook bestaat er nog grote onzekerheid over de mate van toezicht en handhaving op de maatregelen uit de routekaart SEB.

Om rekening te houden met deze onzekerheden zijn er inschattingen gemaakt voor een laag, midden en hoog scenario. Deze scenario's duiden aan in welke mate het beleid wordt gevolgd en er aan de maatregelen wordt voldaan. De aannames die hieraan ten grondslag liggen, worden in meer detail beschreven in het desbetreffende rapport [9].



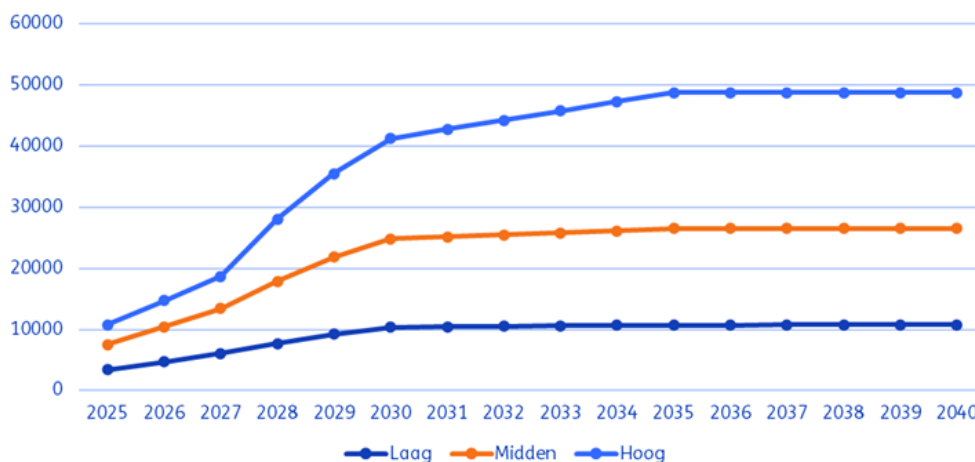
### Aantal emissieloze bouwmachines

Figuur 3.1 toont het geraamde aantal emissieloze bouwmachines tot 2040 voor alle drie de scenario's. Het totale aantal emissieloze bouwmachines in 2030 wordt geschat tussen de 10.000 en 41.000. Daarmee ligt het percentage emissieloze bouwmachines naar verwachting tussen de 8 en 31 procent in 2030. De ontwikkelingen in het bouwmachinepark worden in meer detail behandeld in Bijlage A.

De routekaart SEB is opgedeeld in vier perioden. In 2028 begint de derde periode uit de routekaart SEB. Vanaf dat moment stelt de routekaart dat alle bouwmachines met een vermogen onder de 56 kW emissieloos moeten zijn. Dit is meegenomen in de inschatting en leidt naar verwachting tot een versnelde ingroei van emissieloze bouwmachines na 2027, zoals weergegeven in Figuur 3.1.

De grootste ingroei van emissieloze bouwmachines vindt plaats in de periode tot 2030, aangezien de subsidieregelingen voor SEB tot dit jaar lopen. Er wordt na 2030 een lichte doorgroei verwacht, omdat de markt voor emissieloze bouwmachines dan al negen jaar op gang is gekomen en omdat er in de routekaart ook na 2030 nog eisen t.a.v. emissieloos materieel bijkomen voor het zwaardere materieel. Dit groeitempo is onzeker, daarom is daarmee gevarieerd in de scenario's (Figuur 3.1). Beleidsontwikkelingen na 2030 zijn niet meegenomen in deze inschatting, omdat hier bij het maken van de KEV 2024 en ERL 2025 nog niets over bekend was.

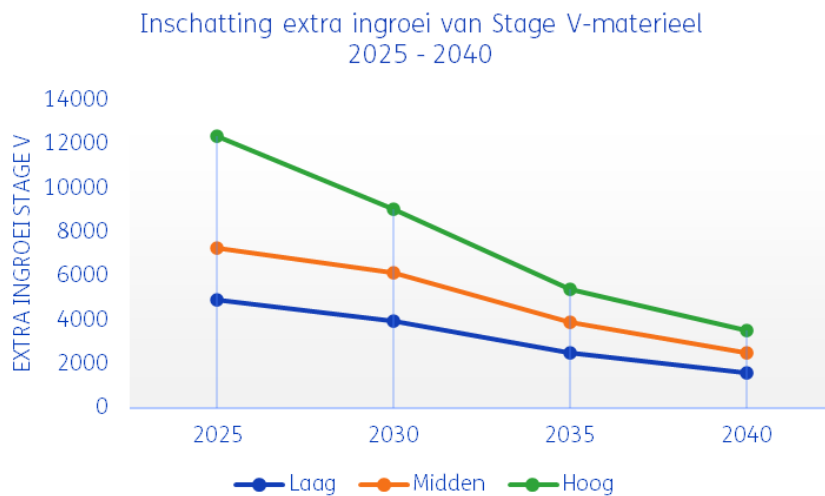
**Inschatting totale aantallen emissieloze bouwmachines  
2025 - 2040**



**Figuur 3.1:** Inschatting ingroei emissieloze bouwmachines tussen 2025 en 2040.  
Bron: TNO [9]

### Ingroei Stage-V door routekaart

De inschatting van de extra ingroei van Stage-V bouw materieel door de routekaart SEB zijn weergegeven in Figuur 3.2 voor het laag, midden en hoog scenario. Er komen volgens het midden scenario in 2025 ca. 7300 Stage-V machines bij ten gevolge van de routekaart. Dat is ca. 15% van het totaal aantal Stage-V machines. Dit effect neemt in latere periodes af, vanwege autonome verjonging van het wagenpark. In 2030 komen er volgens de middenraming bijvoorbeeld ca. 6200 Stage-V machines bij ten gevolge van de routekaart, dat is ongeveer 8% van het totaal aantal Stage-V machines.



**Figuur 3.2:** Inschatting extra ingroei Stage-V-materieel door routekaart SEB (bovenop de autonome ingroei die volgt uit de natuurlijke vervanging van machines).  
Bron: TNO [9]

### Ambitieniveaus

Bij de effectschatting van de routekaart is in alle drie de scenario's uitgegaan van het basisniveau voor bouwwerken met een publieke opdrachtgever en van het minimumniveau voor overige bouwwerken. De schatting van de mate waarin aan deze niveaus wordt voldaan, verschilt tussen de drie scenario's. TNO schat dat 50% van alle bouwwerken in Nederland een publieke opdrachtgever heeft en dat 50% van het totale bouwmachinepark op projecten met een publieke opdrachtgever wordt ingezet.

Voor het ambitieuze niveau is geen extra ingroei van emissieloos materieel berekend, omdat wordt aangenomen dat de subsidieregelingen voor de aanbestedende diensten en SPUK (zie paragraaf 1.1) worden gebruikt voor de aanschaf van machines ter invulling van de maatregelen uit het ambitieuze niveau.

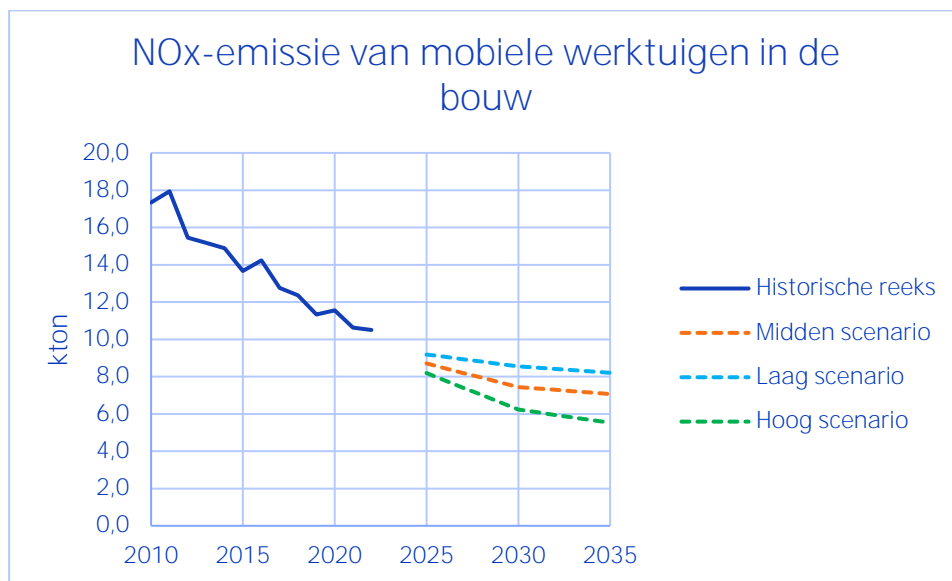
Na 2030 is uitgegaan van het minimumniveau voor de gehele bouwsector, aangezien het convenant SEB tot 31 december 2030 geldig is.

## 3.4 Ontwikkelingen emissies

### Stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>)

De emissies van NO<sub>x</sub> door mobiele werktuigen in de bouw zijn de afgelopen jaren afgenomen. De uitstoot in 2022 bedroeg 10,5 kiloton NO<sub>x</sub> ten opzichte van 17,3 kiloton in 2010.

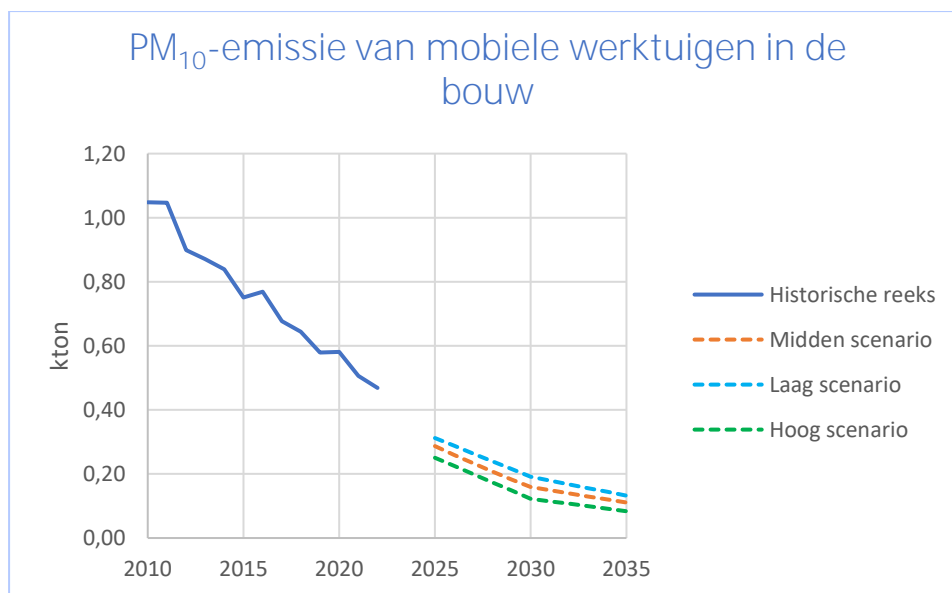
In alle drie scenario's wordt verwacht dat deze daling zich voortzet, maar wel trager dan in de voorgaande jaren. De geraamde NO<sub>x</sub>-emissies van mobiele werktuigen in de bouw komen daardoor uit op 7,4 kiloton (8,5 kiloton in het lage scenario en 6,2 kiloton in het hoge scenario) in 2030, zoals weergegeven in Figuur 3.3. Dit is een afname van 29% (19% in het lage scenario en 41% in het hoge scenario) ten opzichte van 2022.



Figuur 3.3: Ontwikkeling NO<sub>x</sub>-emissies bouwmachines tussen 2010 en 2035 in het lage, midden en hoge scenario.

Merk op dat de term ‘hoog scenario’ verwijst naar een hoge verwachte effectiviteit van het programma SEB (en dus een snelle verduurzaming van het wagenpark), waardoor de uitstoot juist lager uitvalt, en vice versa voor het ‘lage scenario’.

#### Fijnstof (PM<sub>10</sub>)

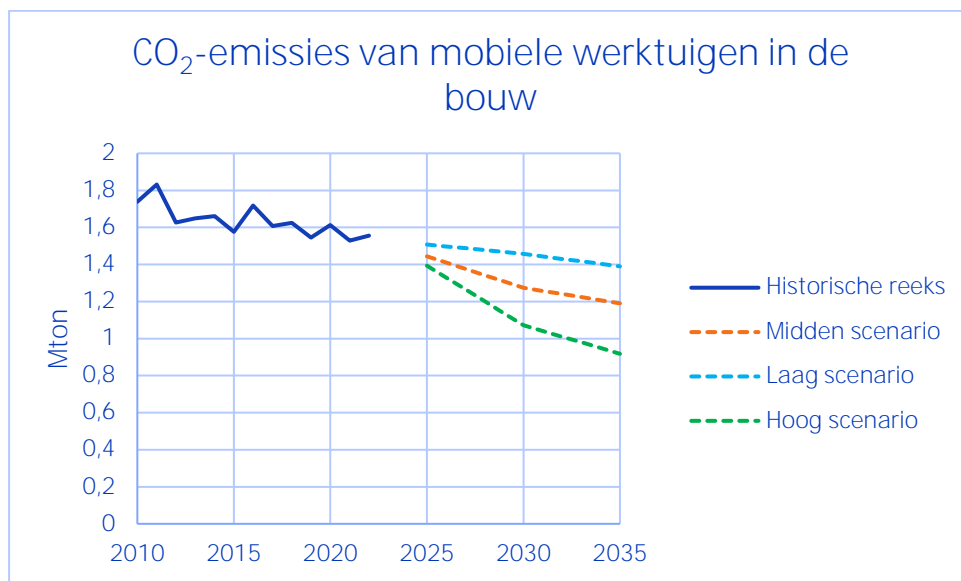


Figuur 3.4: Ontwikkeling PM<sub>10</sub>-emissies bouwmachines tussen 2010 en 2035 in het lage, midden en hoge scenario.

De emissies van PM<sub>10</sub> door bouwmachines zijn tussen 2010 en 2022 ruim gehalveerd. Figuur 3.4 laat zien dat deze emissies tussen 2022 en 2030 volgens alle drie scenario's nog eens ruimschoots zullen halveren.

Deze scherpe daling is hoofdzakelijk het gevolg van de verjonging van het wagenpark, waardoor de meest vervuilende Stage I en pre-Stage I bouwmachines naar verwachting snel zullen worden uitgefaseerd. Het is minder relevant of nieuwe machines elektrisch zijn aangedreven of op diesel draaien: moderne dieselmachines stoten zeer weinig fijnstof uit vanwege het gebruik van roetfilters. Onzekerheden in het algemene tempo van verjonging van het wagenpark zijn voor PM<sub>10</sub>-emissiereductie daarom veel belangrijker dan onzekerheden in het elektrificatietempo van het wagenpark.

**Koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>)<sup>16</sup>**



Figuur 3.5: Ontwikkeling CO<sub>2</sub>-emissies bouwmachines tussen 2010 en 2035 in het lage, midden en hoge scenario.

De historische CO<sub>2</sub>-emissies door bouwmachines zijn trendmatig anders dan de NO<sub>x</sub>-emissies en de PM<sub>10</sub>-emissies, omdat de ingroei van Stage-V materieel weinig impact heeft op CO<sub>2</sub>-emissies (zie bijlage A voor een toelichting). Er is voor CO<sub>2</sub>-emissie slechts sprake van een lichte daling van 11% tussen 2010 en 2022, tegenover veel ruimere dalingen in NO<sub>x</sub>- (39%) en PM<sub>10</sub> (55%)-emissies.

Er is veel onzekerheid over de ontwikkeling van de CO<sub>2</sub>-emissies van bouwmachines in de toekomst. Dit blijkt uit de grote verschillen in Figuur 3.5 tussen de drie berekende scenario's. In het hoge scenario wordt een forse daling naar 1,1 Mton CO<sub>2</sub>-emissie in 2030 geraamd. Dit is maar liefst 0,5 Mton minder dan in 2022. In het lage scenario is er slechts sprake van een kleine daling van 0,1 Mton over dezelfde periode.

In de KEV2024 zijn inschattingen gemaakt over de inzet van hernieuwbare brandstoffen bij benzine- en dieselbouwmachines. Onzekerheden in deze inschattingen hebben invloed op de CO<sub>2</sub>-emissies van bouwmachines, maar zijn niet meegenomen in de verschillende scenario's. Hoofdstuk 2.4 beschrijft deze onzekerheden voor zowel bouwlogistiek als bouwmachines.

<sup>16</sup> De ramingen uit het midden scenario wijken marginaal af van de ramingen uit de KEV2024. Dit komt door een kleine fout in de modellering die is opgespoord en hersteld.

### **Ontwikkelingen na 2030**

De subsidieregelingen binnen SEB en het convenant SEB lopen tot en met 2030. Beleid na 2030 kon niet worden meegenomen in de ramingen aangezien hier heel weinig over bekend is. Dit is de reden voor de afzwakking in de daling van emissies tussen 2030 en 2035 in alle berekende scenario's. Dit geldt voor  $\text{NO}_x$ , fijnstof en  $\text{CO}_2$ . Op basis van het meegenomen beleid lijken deze trends zich door te zetten tussen 2035 en 2040.

## 4 Waterbouw

Waterbouw betreft de inzet van schepen voor verschillende bouw- en onderhoudswerkzaamheden. Het gaat hier bijvoorbeeld om baggerschepen (hopperzuigers) die worden gebruikt voor onderhoudsbaggerwerkzaamheden. Daarnaast worden veel schepen ingezet voor offshore werkzaamheden, zoals aanleg van kabels of windmolenparken. Voor offshore wordt een grote verscheidenheid aan (specialistische) schepen ingezet voor installatie en onderhoud (jack-up schepen, valpijpschepen, kabelleggers, toeleverschepen). In dit hoofdstuk wordt kort stilgestaan bij het pad voor de waterbouw binnen de routekaart SEB, de huidige en historische emissies en de prognoses naar 2040.

### 4.1 Huidige en historische emissies van de waterbouw

In recente onderzoeken in het kader van het programma SEB zijn de emissies van de waterbouw in kaart gebracht.

In 2023 is een integraal beeld geschetst van de huidige emissies van de waterbouw [12], waarbij onderscheid is gemaakt naar drie activiteiten binnen de waterbouw:

- Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud: dit werk wordt gedaan in opdracht van de Rijksoverheid en havenbedrijven. Jaarlijks wordt ongeveer 24 miljoen ton materiaal gebaggerd, wat over de jaren relatief stabiel blijft. Voor het in kaart brengen van de emissies is vanuit Rijkswaterstaat en de havenbedrijven in vertrouwen inzicht verkregen in de hoeveelheid gebaggerd materiaal. Vanuit enkele grote waterbouwers is inzicht gekregen in het jaarlijkse energieverbruik en technische karakteristieken van baggermaterieel.
- Commerciële zandwinning: De hoeveelheid gewonnen zand verschilt per jaar en hangt af van de vraag van (met name) infrastructurele werken. Uit de analyse van 2023 komt naar voren dat het om ca. 13 miljoen ton materiaal per jaar gaat. Voor de vertaling naar emissies is uitgegaan van inzet van een vergelijkbare vloot als die voor Kustlijnzorg en Vaargeulonderhoud [12].
- Offshore energie (Aanleg en onderhoud van windparken, olie en gasplatforms, etc.). Een belangrijke activiteit binnen offshore is de aanleg van windmolenparken op zee en de aanleg van kabels tussen de windparken en de kust (net op zee). De aanleg van windparken verschilt sterk jaar op jaar en is vooral projectgebonden. Over de inzet van schepen in overige offshore praktijken is nog weinig bekend. Voor de berekening van emissies is uitgegaan van de planning voor wind op zee installatie vanuit TenneT, data over de inzet van verschillende type installatieschepen uit MER-rapporten en het energieverbruik en technische karakteristieken direct verkregen van waterbouwers.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de huidige emissies van de verschillende segmenten.

Tabel 4.1: Inschatting emissies zoute waterbouw en offshore in 2023

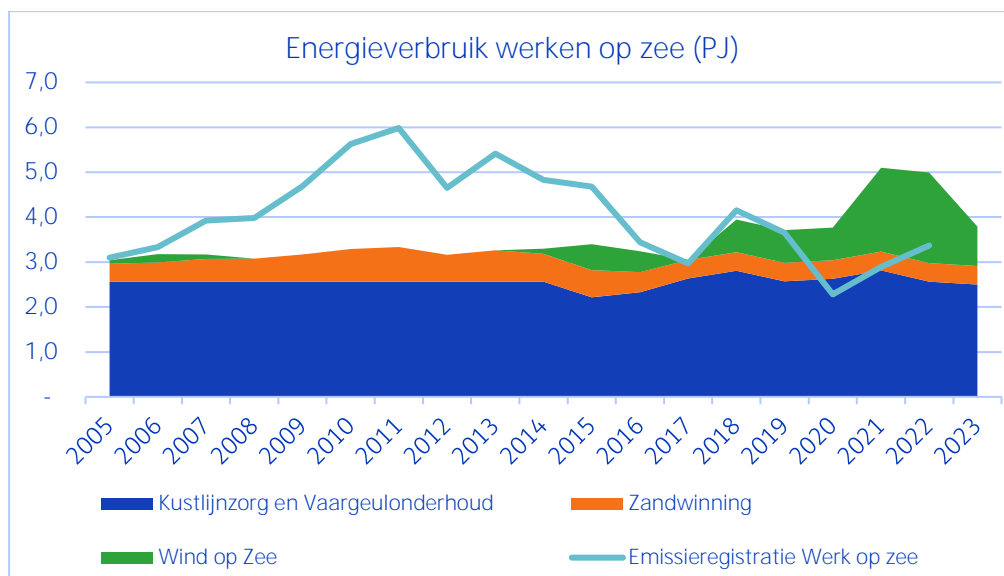
Activiteit 2023	kton CO <sub>2</sub>		kton NO <sub>x</sub>		ton PM	
Kustlijnzorg vooroever	16	26	0,2	0,3	5	8
Kustlijnzorg strand	14	27	0,2	0,4	4	8
Zoute vaargeulonderhoud	127	249	1,7	3,3	37	72
Zandwinning op zee	29	47	0,4	0,6	8	14
Windparken	52	69	0,6	0,8	11	14
Net op zee	5	5	0,1	0,1	1	1
Olie en gas	NB	NB	NB	NB	NB	NB
<b>Totaal</b>	<b>243 + PM</b>	<b>423 + PM</b>	<b>3,1 + PM</b>	<b>5,4 + PM</b>	<b>66 + PM</b>	<b>116 + PM</b>

Bron: TNO o.b.v. [12]

*Historische ontwikkeling*

Voor de KEV 2025 is een historische reeks opgebouwd, gebruikmakend van verschillende bronnen:

- Kustlijnzorg en Vaargeulonderhoud: Data aangeleverd door Rijkswaterstaat over de omvang van Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud projecten voor de periode 2012 tot nu. Voor werk door havens is aangenomen dat dit redelijk constant blijft.
- Commerciële zandwinning: data van CBS [21].
- Wind op Zee: Data van TenneT over net op zee projecten en historische data over aanlegde windparken op het NCP (aantal GW en timing) afkomstig van de energieraming uit de KEV 2025.



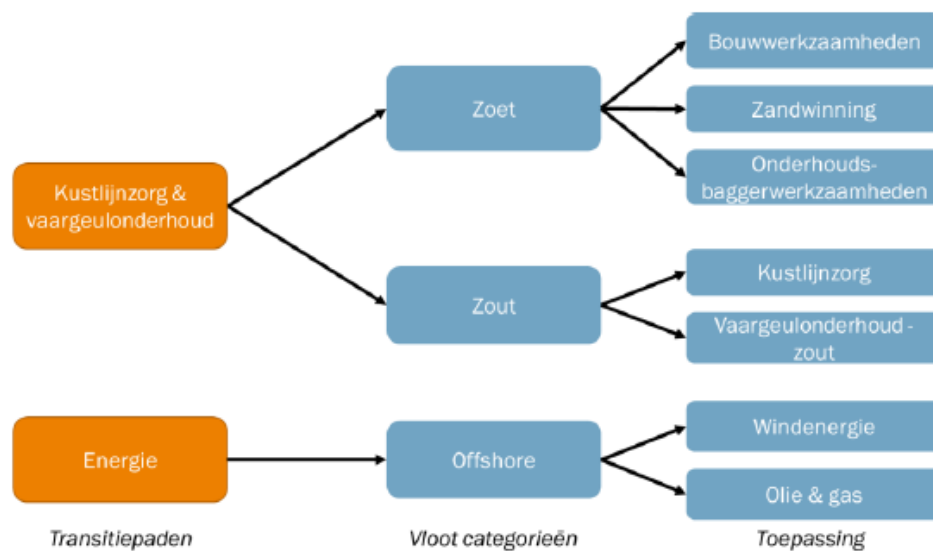
Figuur 4.1: Historische ontwikkeling van het energieverbruik van verschillende sectoren in de waterbouw

De data zijn vergeleken met het energieverbruik dat door CBS wordt ingeschat voor de categorie werken op zee die nu in de emissieregistratie zit.

Voor de periode 2009 - 2016 is de bottom-up methode de additionele activiteit in verband met de aanleg van Maasvlakte II te onderschatten, iets wat in de data van CBS wel lijkt te zitten. Daarentegen lijkt in de CBS-data niet de wind op zee activiteiten van de afgelopen jaren goed te zijn meegenomen.

## 4.2 Routekaart SEB

Activiteiten in de waterbouw vallen onder twee verschillende paden in SEB: kustlijnzorg en vaargeulonderhoud en Energie. Onderstaande figuur geeft een overzicht van de verschillende categorieën en vloottoepassingen in relatie tot de transitiepaden.



Figuur 4.2: Overzicht van de verschillende waterbouwwerkzaamheden en de relatie met de transitiepaden

In het pad Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud wordt onderscheid gemaakt naar zoete en zoute waterbouw. In het transitiepad zijn zowel een verschoning van de vloot (naar Tier III in de zeevaart en stage V in de binnenvaart) als een ingroei van het gebruik van duurzame energiedragers (60 tot 75% in 2030) opgenomen. Het convenant is ondertekend door de belangrijkste publieke opdrachtgevers in de sector, te weten Rijkswaterstaat, havenbedrijf Rotterdam en de Waterschappen. Er vindt ook commerciële zandwinning op zee plaats. Partijen die actief zijn in commerciële zandwinning hebben het convenant niet ondertekend. Op deze activiteit is het effect van SEB niet meegenomen.

In het pad energie zijn activiteiten voor de aanleg van windparken op zee en de aanleg van energiekabels op zee opgenomen. In het convenant wordt als doel een NO<sub>x</sub>-reductie naar 50% ten opzichte van Tier II aangehouden en het gebruik van 60% duurzame brandstoffen. Het convenant is ondertekend door TenneT, waardoor het gebruik van waterbouwschepen voor de aanleg van kabels (net op zee) onder het convenant valt. Nog geen partijen hebben het convenant ondertekend die verantwoordelijk zijn voor de aanbesteding van de aanleg van windparken. Op dit gedeelte is het effect niet meegenomen.

## 4.3 Prognose tot 2035

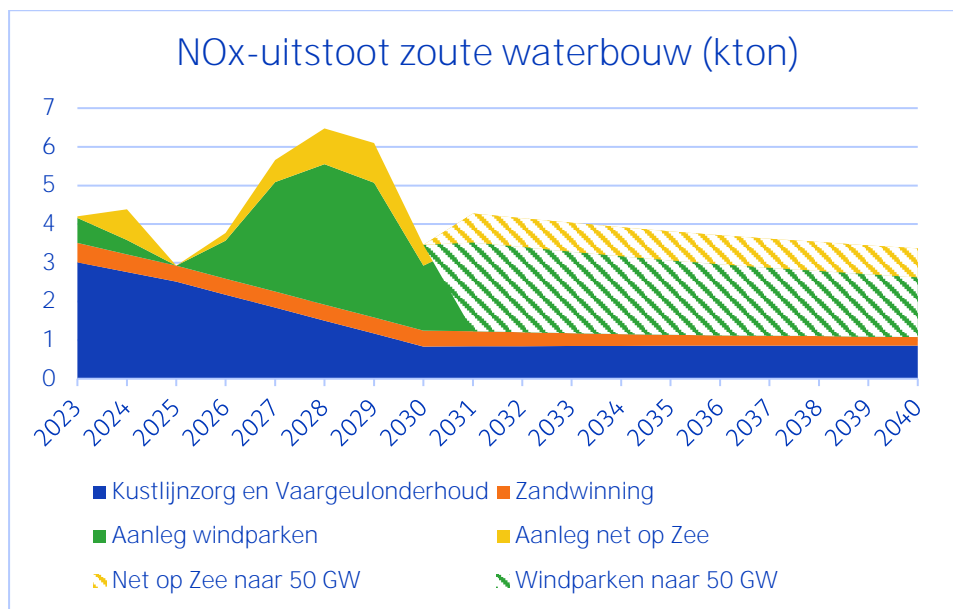
Vanuit eerdere onderzoeken in het kader van de routekaart SEB zijn prognoses opgesteld rondom de ontwikkelingen van het energieverbruik en emissies van de waterbouw tot het zichtjaar 2030:



- Voor Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud wordt geen grote verandering verwacht in de hoeveelheid gebaggerd materiaal. In het voorgenomen beleidsscenario zijn geen grote constructie- of onderhoudsprojecten opgenomen, waardoor de komende jaren met name regulier onderhoud wordt gepleegd.
- Ook voor commerciële zandwinning is een gelijkblijvende vraag voorzien op het huidige niveau, omdat geen grootschalige projecten waar veel zand nodig is (zoals bijvoorbeeld de aanleg van Maasvlakte II in het verleden) in de beleidsscenario's zijn voorzien.
- Voor de aanleg van net op zee en windparken wordt een forse groei van de activiteiten voorzien tot en met 2030 door de groei van de windparken op zee. Volgens het voorgenomen beleidsscenario groeit de capaciteit voor wind op zee van 4,5 GW in de huidige situatie naar 20 GW in 2032. Aan de hand van informatie vanuit TenneT over de omvang, locatie en timing van de individuele projecten, is een inschatting gemaakt van de benodigde capaciteit voor het plaatsen van de windmolens en het aanleggen van de kabels (zie TNO [12]). Na 2030 is geen verdere groei van Wind op Zee verondersteld in de scenario's in de KEV. Dit betekent een zeer grote afname van waterbouwactiviteit ten opzichte van de jaren daarvoor.

### Effect op emissies

Voor de prognose van de emissies is uitgegaan van implementatie van het convenant SEB. Dit heeft effect op de emissies van Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud en het Net op Zee. De aanleg van windparken is nog niet in het convenant opgenomen. Het Ministerie van Klimaat en Groene Groei verkent bij de eerste evaluatie of de eisen van aanleg van het net op zee ook bij andere offshore projecten kunnen worden toegepast. Ook commerciële zandwinning is niet opgenomen in het convenant. Voor deze activiteiten is de autonome ingroei van Tier III schepen aangenomen.

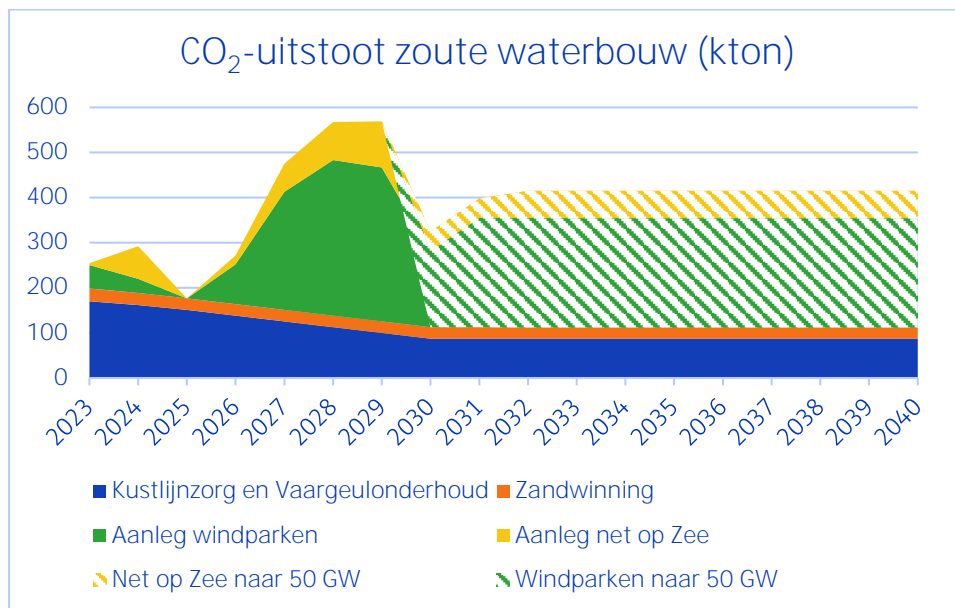


**Figuur 4.3:** Verwachte ontwikkeling NO<sub>x</sub>-uitstoot van de zoute waterbouw tot en met 2040

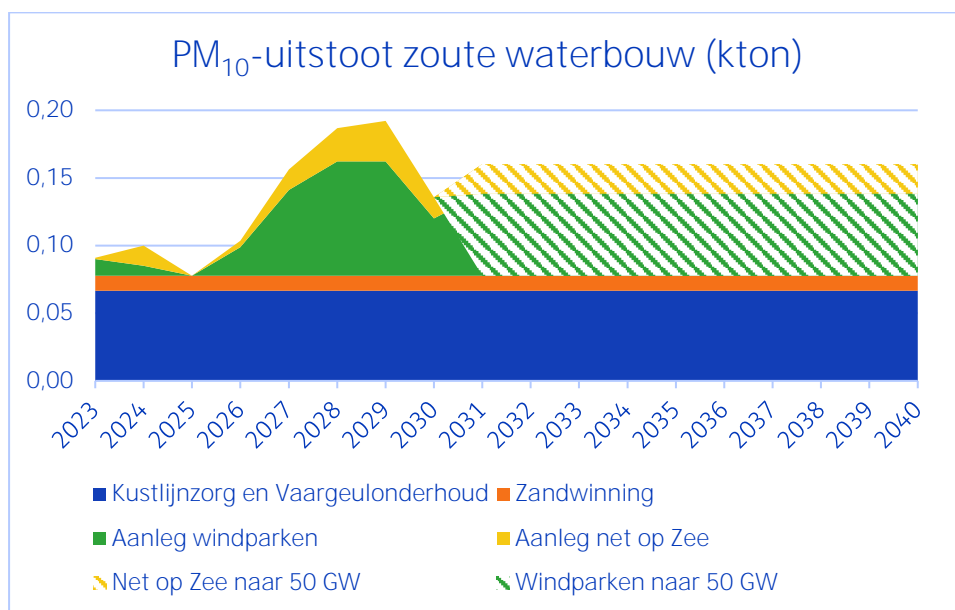
De uitkomsten van de analyse staat in Figuur 4.3. De figuur laat een geleidelijke afname zien van de NO<sub>x</sub>-emissies van schepen die actief zijn voor Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud. In de periode tot en met 2030 neemt de NO<sub>x</sub>-uitstoot echter toe door de aanleg van windmolenparken op zee. In het scenario voor voorgenomen beleid (VV) is na 2030 geen additionele aanleg van wind op zee meegenomen.

Rondom de vraag na 2030 is daarom in het kader van deze studie een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij is uitgegaan van een verdere doorgroei van wind op zee naar 50 GW in 2040 (zoals wordt genoemd in de Kamerbrief 2023 [22]). Het gearceerde gebied in Figuur 4.3 laat de impact zien van een doorgroei van de uitrol van op zee op NO<sub>x</sub>-emissies na deze periode. Dit betreft 2,3 kiloton per jaar.

De ontwikkeling van de CO<sub>2</sub>-uitstoot en PM<sub>10</sub> laat eenzelfde beeld zien, zoals te zien is in Figuur 4.4 en Figuur 4.5.



Figuur 4.4: Verwachte ontwikkeling NO<sub>x</sub>-uitstoot van de zoute waterbouw tot en met 2040



Figuur 4.5: Verwachte ontwikkeling PM<sub>10</sub>-uitstoot van de zoute waterbouw tot en met 2040

## 5 Spoor specifiek bouwmaterieel

De laatste emissiebron in het kader van Schoon en Emissieloos bouwen betreffen werktuigen die worden gebruikt voor de aanleg en het onderhoud van het spoor. De werktuigen worden gebruikt voor verschillende taken.

Ze worden ingedeeld in de volgende categorieën:

- Werktreinen: een werktrein is (vaak) een diesellocomotief die bedoeld is voor het vervoer van bouw- of onderhoudsmaterialen. Deze kunnen zowel ingezet kunnen worden voor bouwwerkzaamheden maar ook voor regulier goederenvervoer.
- Specialistische spoorwerktuigen: dit gaat bijvoorbeeld om stopmachines, spoorkransen, ombouwtreinen, inspectie- en meettreinen, slijp- en freesttreinen en hoogwerkers.
- Rail-weg voertuigen: dit gaat bijvoorbeeld om krollen (graafmachine op rails) en lasbussen. Met name de krol wordt bij spoorwerkzaamheden vaak ingezet.
- Spoor specifiek klein materieel: zoals kraagboutmachines en (kleine) slijp- en freesmachines en schroef- en boormachines.

ProRail is verantwoordelijk voor alle aanbestedingen waar dit type materieel wordt ingezet. Omdat ProRail het convenant heeft ondertekend, zijn de effecten van SEB voor al het werk van toepassing.

In het TNO-onderzoek uit 2023 is voor verschillende categorieën een inschatting gemaakt van de operationele inzet en het brandstofverbruik. Hiermee is een goed beeld ontstaan van de verwachte uitstoot per machine. Met gegevens van ProRail is een inschatting gemaakt van het aantal machines dat wordt ingezet per categorie. Er is echter nog onduidelijkheid over de precieze omvang van het park.

Voor de prognose is er, onder meer in overleg met ProRail, aangenomen dat er geen grote verandering in de vraag naar de machines zal plaatsvinden. Als gevolg van afspraken in het schoon en emissieloos bouwen akkoord zal dit werk met schoner materieel worden uitgevoerd. Het grootste effect wordt bereikt door het verschonen van de werktreinen en het zware spoor materieel. Onderstaande tabel geeft een overzicht weer van de effecten. Toelichting op de timing en het effect van de individuele maatregelen is te vinden in [8]. De bijdrage van spoor materieel binnen de totale emissie van bouwmaterieel is zeer beperkt.

**Tabel 5.1:** Ontwikkeling emissies van spoor specifiek bouwmaterieel

	2018	2021	2025	2030	2035	2040
CO <sub>2</sub> (kton)	19	19	16	9	9	9
NO <sub>x</sub> (kton)	0,16	0,16	0,06	0,03	0,03	0,03
PM <sub>10</sub> (kton)	0,005	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000

Bron: TNO [12]

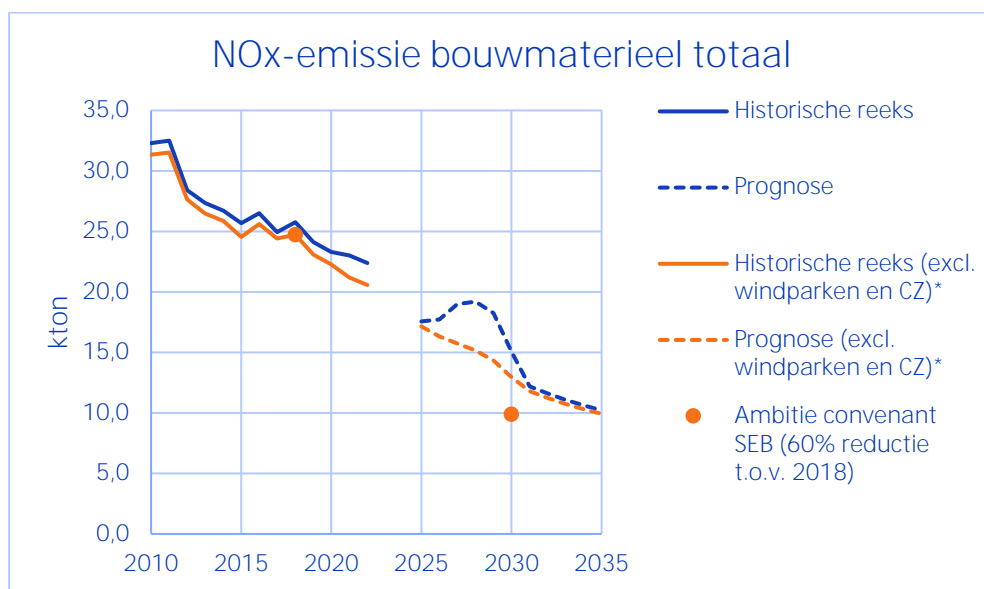
# 6 Totaalbeeld

In dit hoofdstuk wordt het totaalbeeld gepresenteerd van de historische en toekomstige emissies door (verschillende typen) bouwmaterieel. De prognoses worden vergeleken met de doelen van het programma SEB voor NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-emissiereductie (zie paragraaf 1.1)<sup>17</sup>. Zoals beschreven in de inleiding is het in het kader van deze studie niet mogelijk om een volledig kwantitatieve onzekerheidsanalyse uit te voeren voor de emissietrends in de bouw. We volstaan daarom in dit hoofdstuk met een kwalitatieve beschrijving van relevante onzekerheden, waar mogelijk aangevuld met partiële kwantitatieve inschattingen (dat laatste met name voor de bouwmachines waarvoor in de KEV 2024 en ERL 2025 verschillende scenario's zijn uitgewerkt).

## 6.1 Stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>)

*De NO<sub>x</sub>-uitstoot door bouwmaterieel blijft dalen, maar minder hard dan geambieerd*

Figuur 6.1 toont de NO<sub>x</sub>-emissietrends voor het totaal van bouwmaterieel. Ook zijn de emissies exclusief windparken en commerciële zandwinning weergegeven, aangezien deze niet mee zijn genomen in de NO<sub>x</sub>-ambitie uit het convenant SEB. Merk op dat emissies gerelateerd aan uitbreiding van het stroomnet op zee, die de windparken op zee verbinden met het vasteland, wél zijn meegenomen in het convenant en daarom ook in de betreffende lijn zijn verwerkt.



Figuur 6.1: Ontwikkeling NO<sub>x</sub>-emissies van bouwmaterieel tussen 2010 en 2035.

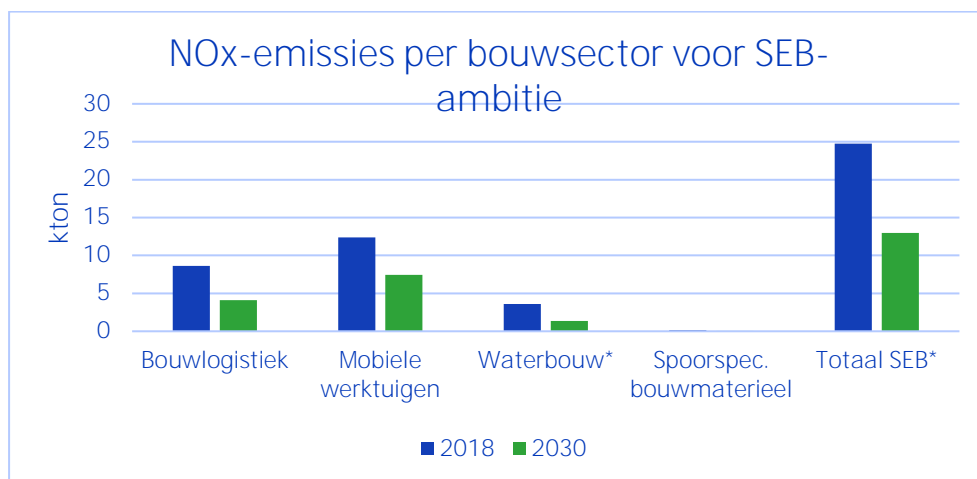
\*De bouw van windparken op zee en commerciële zandwinning (CZ) zijn geen onderdeel van het programma SEB en tellen niet mee in de ambitie uit het convenant. De aanleg van kabels op zee is wel onderdeel van SEB en dus meegenomen.

<sup>17</sup> Merk op dat deze doelen gebruik maken van verschillende steekjaren (2018 voor NO<sub>x</sub> en 2019 voor CO<sub>2</sub>) waar de emissies in 2030 mee worden vergeleken.

De NO<sub>x</sub>-emissies van bouwmaterieel zijn tussen 2000 en 2022 relatief snel gedaald (Figuur 6.1). Deze daling zet zich naar verwachting door. Tussen 2027 en 2029 zien we een opvallende trendbreuk: in 2027 liggen de geraamde NO<sub>x</sub>-emissies van bouwmaterieel 1,3 kiloton hoger dan in 2026. Deze trendbreuk is het gevolg van een forse verwachte toename in de bouw van windparken op zee tot 2030<sup>18</sup>. Zo wordt er in 2028 naar verwachting 3,6 kiloton NO<sub>x</sub> uitgestoten door de bouw van windparken. De geraamde emissiedaling is veel gelijkmatiger wanneer windparken op zee buiten beschouwing worden gelaten (oranje lijn). De aanleg van stroomkabels op zee, die wel is inbegrepen in de oranje lijn, speelt een kleinere rol in de totale emissies: de NO<sub>x</sub>-emissies door de aanleg van het net op zee pieken in 2029 op 1,0 kiloton.

### Verdeling over categorieën bouwmaterieel

Figuur 6.2 toont de NO<sub>x</sub>-emissies in 2018 en de geraamde emissies in 2030 voor de verschillende categorieën bouwmaterieel. Mobiele werktuigen vormen binnen het bouwmaterieel de grootste bron van NO<sub>x</sub>-emissies in zowel 2018 als 2030. De NO<sub>x</sub>-emissies van mobiele bouwwerktuigen dalen naar verwachting met ongeveer 40% tussen 2018 en 2030. De emissiereductie is groter bij bouwlogistiek, waar een afname van 52% wordt geraamd in dezelfde periode. Bij waterbouw (exclusief windparken) zal naar verwachting een emissiereductie van 62% plaatsvinden. Het aandeel emissies door spoor-specifiek bouwmaterieel is in beide zichtjaren minimaal.



Figuur 6.2: NO<sub>x</sub>-emissies per categorie bouwmaterieel in 2018 en 2030. Hierin zijn alleen de emissiebronnen meegerekend die relevant zijn voor de NO<sub>x</sub>-ambitie uit het programma SEB.

\*Emissies door de aanleg van windparken en commerciële zandwinning zijn hier niet in meegenomen, aangezien deze buiten de scope van de SEB-ambitie vallen.

### Ambitie convenant SEB

In het convenant SEB is de ambitie vastgelegd om voor NO<sub>x</sub> in 2030 een emissiereductie van 60% ten opzichte van 2018 te realiseren [1]. De NO<sub>x</sub>-emissies exclusief wind op zee worden in 2030 op 13,0 kiloton geraamd, wat neerkomt op een emissiereductie van 48% ten opzichte van 2018. De afgelopen twee jaar zijn grote stappen gezet in het uitwerken van nieuw beleid voor emissiereductie in de bouw. De ambitie van 60% reductie in 2030 komt hiermee dichterbij, maar is nog niet binnen bereik.

<sup>18</sup> In de prognose is rekening gehouden met emissie ten gevolge van de aanleg van geplande windparken. Met het oog op de energietransitie en klimaatdoelen zullen, naar verwachting, ook na 2030 windparken worden gebouwd, zie hoofdstuk 4.3.

In Tabel 6.1 zijn de ramingen voor NO<sub>x</sub>-emissies vergeleken met de schattingen uit het TNO-rapport ‘Transitiepaden Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB)’ (2023) [8]. Dit rapport heeft mede aan de basis gelegen van de emissiedoelen voor de bouw. De emissietotalen voor basisjaar 2018 zijn sindsdien gewijzigd als gevolg van methodiekwijzigingen in de Emissieregistratie [23]. Er is weinig veranderd voor de emissieramingen van bouwtransport, spoor specifiek materieel, kustlijn zorg en vaargeulonderhoud. Met het huidige beleid worden de eerder in kaart gebrachte reductiepotentiëlen grotendeels ontsloten. De NO<sub>x</sub>-emissies van mobiele werktuigen dalen op basis van het vastgestelde en voorgenomen beleid per 1 mei 2024 minder hard dan in de rapportage uit 2023. In die rapportage is in kaart gebracht hoe snel de emissies zouden dalen als de routekaart SEB volledig gehaald zouden worden. Kanttekeningen over haalbaarheid en randvoorwaarden zijn toen wel benoemd, maar niet meegenomen in de emissieraming. De huidige methodiek neemt deze kanttekeningen wel mee, zoals toegelicht in paragraaf 3.3. Het eerder geraamde potentieel voor emissiereductie wordt dus met huidig beleid naar verwachting nog niet volledig ontsloten.<sup>19</sup>

In het rapport uit 2023 is ook een scenario uitgewerkt waarin streng wordt gehandhaafd op het gebruik van goedwerkende SCR-katalysatoren bij mobiele werktuigen. Het effect hiervan werd toentertijd ingeschat op 1,6 kiloton emissiereductie (Tabel 6.1). Strenge handhaving op het correct gebruik van katalysatoren is in de huidige ramingen niet meegenomen in de drie scenario’s voor mobiele werktuigen. Adequate handhaving op de werking van SCR-katalysatoren zou dus tot aanvullende emissiereductie kunnen leiden ten opzichte van de ramingen uit deze notitie.

Tabel 6.1: Vergelijking NO<sub>x</sub>-emissiecijfers uit ‘TNO 2023 R11035’ met onze huidige NO<sub>x</sub>-emissiecijfers [8].

Emissiebronnen	Potentieel-schatting: Emissie 2018 [kton]	Huidige cijfers: Emissie 2018 [kton]	Potentieelschatting: Autonom + reductie transitiepaden 2030 [kton/ % t.o.v. 2018]		Huidige cijfers: Geraamde emissie 2030 [kton/ % t.o.v. 2018]	
Mobiele werktuigen	12,8	12,4	-6,6 (-8,2)*	-51% (-64%)*	-4,9	-40%
Bouwlogistiek	7,8	8,6	-4,6	-60%	-4,5	-52%
Spoorspec. materieel	0,2**	0,2	-0,1	-79%	-0,1	-78%
Kustlijn zorg en vaargeulonderhoud	3,3**	3,5	-2,3	-70%	-2,7	-76%
Totaal excl. energie op zee	24,1	24,7	-13,6 (-15,1)*	-56% (-62%)*	-12,3	-50%
Net op zee	0,9**	0,1	-0,1	-8%	+0,5	+95%
Totaal excl. aanleg windparken	25,0	24,7	-13,7 (-15,2)*	-55% (-61%)*	-11,8	-48%
Aanleg windparken	1,5**	0,5	+1,3	+91%	+1,2	+235%
Totaal***	26,5	25,2	-12,4 (-13,9)*	-47% (-52%)*	-10,6	-42%

\*Bij adequate handhaving op goedwerkende SCR-katalysatoren.

\*\* Voor spoor materieel, kustlijn zorg en vaargeulonderhoud en wind op zee was toentertijd geen data bekend over het verloop in de tijd, 2018 is daarom gelijkgesteld aan 2020/ 2021/ 2022.

\*\*\*Commerciële zandwinning is niet meegenomen in dit totaal.

<sup>19</sup> Zie de rapporten ‘TNO 2024 P11746’ en ‘TNO 2022 R10527v2’ voor een uitgebreidere behandeling van de aannames en methodes voor het berekenen van de ingroei elektrisch bouw materieel [9, 13].

### Onzekerheden

Zoals beschreven in paragraaf 2.2 wordt er in de Emissieregistratie geen historische reeks bijgehouden van de emissies van bouwlogistiek. Daarom is er ten behoeve van deze studie een backcast gemaakt om de historische emissies in te schatten. Dit brengt enige onzekerheid met zich mee over de historische cijfers. Grilligheden in de bouwvraag en aannames over het elektrificatietempo brengen ook onzekerheden met zich mee voor de emissieramingen richting de toekomst.

De hiervoor gepresenteerde emissiecijfers voor mobiele werktuigen zijn gebaseerd op het midden scenario uit hoofdstuk 3. In het hoge en lage scenario valt de uitstoot ongeveer 1 kiloton lager of hoger uit. Zie paragraaf 3.4 voor een meer gedetailleerde analyse van de scenario's.

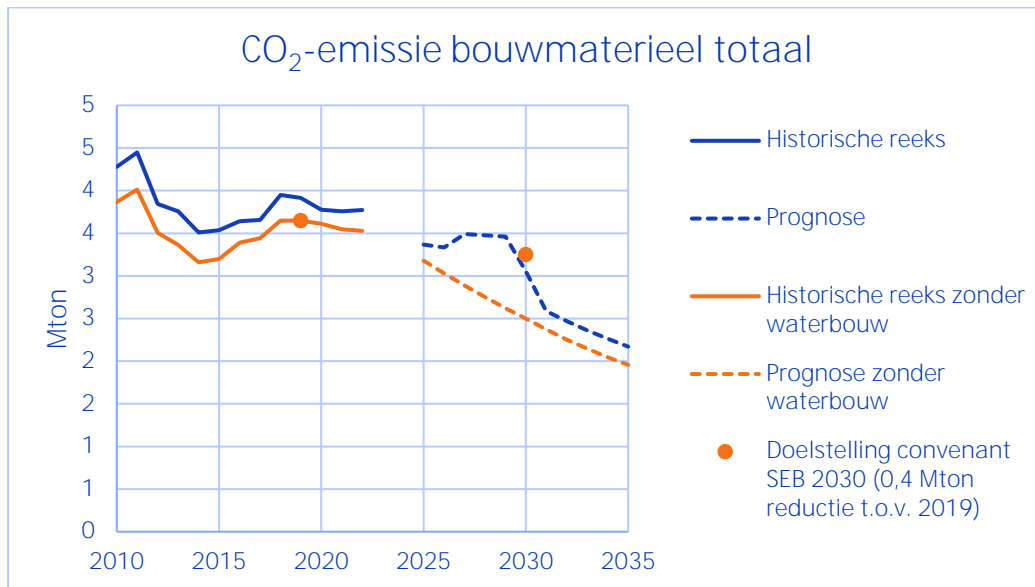
In de waterbouw is het mogelijk dat niet alle bouwprojecten op zee precies in het jaar zullen worden uitgevoerd waar ze momenteel voor gepland staan. Zo is het denkbaar dat de projecten in de praktijk meer uitgesmeerd zullen zijn over verschillende jaren, wat zou leiden tot een minder scherpe trendbreuk. Verder zijn de historische emissies van waterbouw bepaald door middel van een backcast, wat onzekerheid met zich meebrengt. In de cijfers zijn de ambities voor 50 GW wind op zee in 2040 niet meegenomen. De plannen voor de periode na 2030 waren bij het opstellen van de KEV 2024 nog onvoldoende concreet om al als voorgenomen beleid mee te kunnen nemen. Als deze plannen worden uitgevoerd, zou dat leiden tot een hogere uitstoot na 2030 dan momenteel is geraamd (zie paragraaf 4.3).

## 6.2 Koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>)

*De CO<sub>2</sub>-emissies door bouwlogistiek en bouwmachines dalen gestaag richting 2030, waardoor de doelstelling uit het convenant SEB zeer waarschijnlijk wordt behaald.*

Figuur 6.3 presenteert de emissietrends voor CO<sub>2</sub> voor bouwmaterieel. Het convenant SEB bevat een doel voor de reductie van de CO<sub>2</sub>-emissies door bouwlogistiek, mobiele werktuigen in de bouw en spoor specifiek materieel. Daarin wordt waterbouw niet meegerekend. De figuur toont daarom de trend inclusief en exclusief waterbouw.

De CO<sub>2</sub>-emissies door waterbouw volgen een soortgelijk patroon als de NO<sub>x</sub>-emissies. Zie paragraaf 4.3 voor een uitgebreidere toelichting. Als we de waterbouw buiten beschouwing laten, zien we een sterke verwachte afname in CO<sub>2</sub>-emissies de komende jaren. Figuur 6.3 toont dat de geraamde emissies daarmee ruim onder de doelstelling uit het convenant SEB liggen.



Figuur 6.3: Ontwikkeling CO<sub>2</sub>-emissies van bouwmaterieel tussen 2010 en 2035.

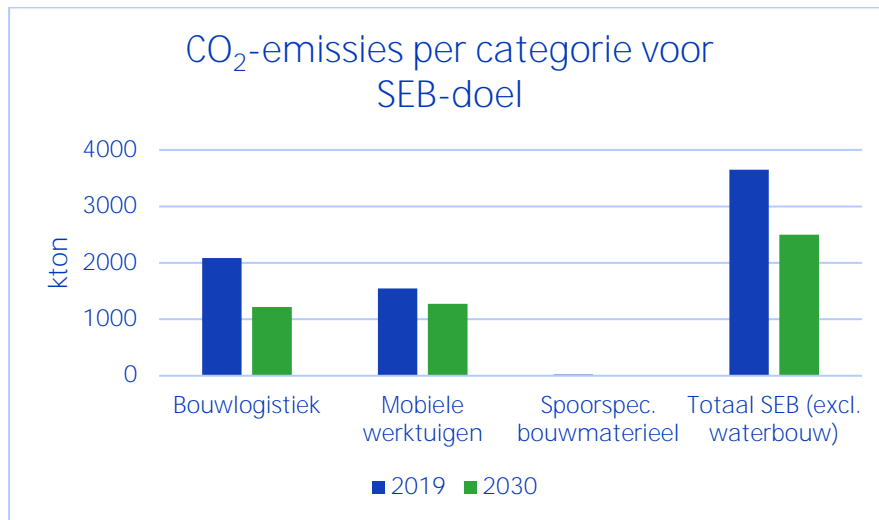
### Verdeling over categorieën bouwmaterieel

Figuur 6.4 toont de CO<sub>2</sub>-emissies per categorie bouwmaterieel voor de categorieën die relevant zijn voor het SEB-doel voor CO<sub>2</sub>. De geraamde daling van de CO<sub>2</sub>-uitstoot is hoofdzakelijk het gevolg van een forse emissiereductie in de bouwlogistiek. De uitstoot van bouwlogistiek daalt naar verwachting van 2,1 Mton CO<sub>2</sub> in 2019 naar 1,2 Mton in 2030. Dit is het gevolg van de verwachte elektrificatie van (een deel van) het wagenpark, mede onder invloed van de voorgenomen CO<sub>2</sub>-afhankelijke vrachtautoheffing inclusief terugsluis van de opbrengsten voor verduurzaming van de sector. Ook de Europese normen rondom voertuigefficiëntie van nieuwe vrachtauto's en de voorgenomen implementatie van de nieuwe Europese richtlijn voor hernieuwbare energie (de REDIII) dragen hieraan bij. Als gevolg van de REDIII-implementatie groeit de inzet van hernieuwbare brandstoffen in alle vormen van vervoer snel tot 2030. Dit is uitgebreider toegelicht in de KEV 2024.<sup>20</sup>

De sterke emissiereductie bij bouwlogistiek is op zichzelf al voldoende om de doelstelling van 0,4 Mton CO<sub>2</sub>-reductie in 2030 ten opzichte van 2019 te behalen. Bij de mobiele werktuigen wordt daar bovenop nog een daling geraamd van 0,3 Mton geraamd in die periode. Dit is het gevolg van de elektrificatie van het machinepark, die mede voortvloeit uit het SEB-programma. Ook de REDIII-implementatie draagt bij aan de daling, want hierdoor gaat het gebruik van hernieuwbare brandstoffen in mobiele werktuigen waarschijnlijk snel toenemen tot 2030. De CO<sub>2</sub>-emissies door spoor specifiek bouwmaterieel dalen tussen 2019 en 2030 naar verwachting van 0,02 Mton naar 0,01 Mton en spelen daarmee een zeer bescheiden rol in het totaalplaatje.

<sup>20</sup> Kanttekening hierbij is dat in de analyses in de KEV geen rekening wordt gehouden met de mogelijkheid dat in projecten hogere inzet van hernieuwbare energie wordt uitgevraagd dan gemiddeld over de hele brandstoflevering aan vervoer nodig is om aan de jaarverplichting te voldoen. In de KEV wordt impliciet verondersteld dat het aandeel hernieuwbaar in alle diesel voor landtoepassingen gelijk is. Het is dus mogelijk dat de CO<sub>2</sub>-reductie in de bouwsector hoger uitvalt dan in de KEV is berekend. Omdat er geen overzicht is van de uitvraag van de biobrandstof HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) in specifieke bouwprojecten, is niet te achterhalen in welke mate dit het geval is.





Figuur 6.4: CO<sub>2</sub>-emissies per categorie bouwmaterieel in 2019 en 2030. Hierin zijn alleen de emissiebronnen meegerekend die relevant zijn voor het CO<sub>2</sub>-doel uit het programma SEB.

### Onzekerheden

De CO<sub>2</sub>-emissies van de bouwlogistiek kennen vergelijkbare onzekerheden als de NO<sub>x</sub>-emissies van de bouwlogistiek, met het verschil dat het elektrificatietempo een grotere invloed heeft op de CO<sub>2</sub>-emissies dan op de NO<sub>x</sub>-emissies. Dit heeft te maken met het feit dat moderne dieseltechnologie significant minder NO<sub>x</sub>-uitstoot dan oude dieseltechnologie, terwijl de verschillen in CO<sub>2</sub>-uitstoot beperkt zijn, zoals toegelicht in Bijlage A. In de gepresenteerde CO<sub>2</sub>-emissiecijfers voor mobiele werktuigen is uitgegaan van het midden scenario. Zoals beschreven in paragraaf 3.4 zijn er grote verschillen in CO<sub>2</sub>-emissies tussen het lage, midden en hoge scenario. Zo valt de uitstoot in 2030 ongeveer 0,2 Mton lager uit in het hoge scenario en 0,2 Mton hoger in het lage scenario. Ten slotte is onzeker hoe snel de inzet van hernieuwbare brandstoffen toe gaat nemen in de bouw. De snelle daling van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van bouwmachines en bouwlogistiek is mede het gevolg van de snelle verwachte groei van het gebruik van hernieuwbare brandstoffen in deze toepassingen. Dit groeitempo is echter onzeker en hangt mede samen met keuzes van brandstofleveranciers omtrent de invulling van hun jaarverplichting voor hernieuwbare energie. De geraamde CO<sub>2</sub>-emissies van bouwmaterieel in 2030 liggen echter 0,8 Mton onder de doelstelling uit het convenant SEB. Daardoor is het zeer onwaarschijnlijk dat het behalen van dit doel in gevaar komt door bovengenoemde onzekerheden.

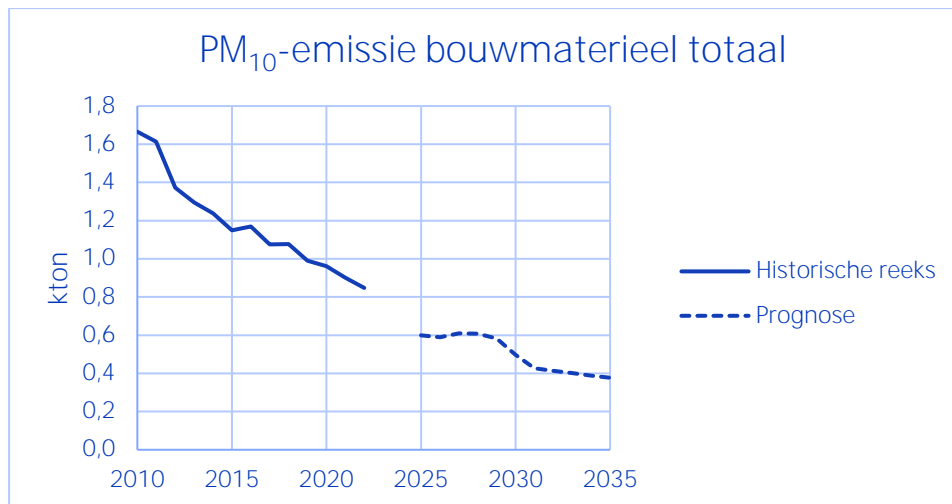
Voor waterbouw gelden dezelfde onzekerheden als omschreven voor NO<sub>x</sub> in paragraaf 6.1. Deze spelen echter geen rol in de CO<sub>2</sub>-doelstelling uit het convenant SEB.

## 6.3 Fijnstof (PM<sub>10</sub>)

*De fijnstofemissies van mobiele werktuigen dalen hard, wat relevant is voor het SEB-doel voor gezondheidsschade. De fijnstofemissies van bouwmaterieel stagneren tussen 2025 en 2029, daarna zet de historische daling zich weer voort.*

Figuur 6.5 laat de ontwikkeling van de PM<sub>10</sub>-emissies door bouwmaterieel zien. Hierin zijn alle onderdelen van bouwmaterieel meegenomen: bouwlogistiek, mobiele werktuigen, waterbouw (inclusief wind op zee) en spoor-specifiek bouwmaterieel.

De uitstoot van PM<sub>10</sub> is sinds 2010 sterk afgenomen. Deze emissies zullen naar verwachting de komende jaren min of meer gelijk blijven en pas na 2029 verder afnemen. Deze stagnatie is de optelsom van emissiereducties bij mobiele werktuigen en bouwlogistiek en een emissiestijging bij waterbouw.



Figuur 6.5: Ontwikkeling PM<sub>10</sub>-emissies van bouwmaterieel tussen 2010 en 2035.

Mobiele werktuigen zijn onder het bouwmaterieel historisch gezien de grootste bron van PM<sub>10</sub>-uitstoot, (zie Figuur 6.6). Deze waren in 2010 nog goed voor 1,1 kiloton PM<sub>10</sub>-uitstoot. In 2022 was dit al gedaald naar 0,5 kiloton en in 2030 zal dit naar verwachting nog maar 0,2 kiloton bedragen. Deze scherpe daling is hoofdzakelijk het gevolg van de verjonging van het machinepark, waardoor veel van de nog resterende relatief vervuilende Stage I en pre-Stage I machines de komende jaren uit de vloot verdwijnen. Met name de aanwezigheid van steeds betere roetfiltertechnologie in nieuwe machines speelt een grote rol in de dalende fijnstofemissies.

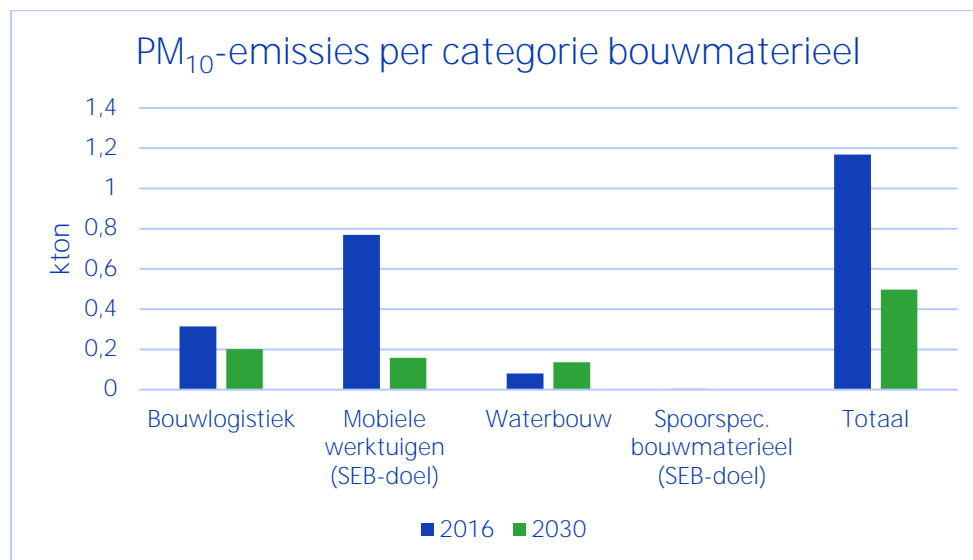
In 2030 is de bouwlogistiek naar verwachting een iets grotere bron van PM<sub>10</sub>-emissies dan de mobiele werktuigen. In deze categorie wordt een lichte daling in PM<sub>10</sub>-emissies geraamd van 0,1 kiloton tussen 2022 en 2030. Hierin spelen emissies door de slijtage van remmen en banden een toenemende rol. Waar de uitlaatemissies van PM<sub>10</sub> snel afnemen, nemen de emissies door slijtage juist toe in de tijd.

Bij waterbouw wordt de komende jaren een toename in PM<sub>10</sub>-emissies verwacht, in lijn met het patroon dat we zien bij NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub>: vanwege de geplande aanleg van een aantal grote windparken op zee liggen de emissies tussen 2027 en 2029 tijdelijk fors hoger. Zo wordt er naar verwachting 0,1 kiloton PM<sub>10</sub> uitgestoten door waterbouw in 2025, 0,2 kiloton PM<sub>10</sub> in 2029 en in 2031 weer 0,1 kiloton. Spoorspecifiek materieel speelt geen grote rol (<0,01 kiloton) in de fijnstofemissies van bouwmaterieel.

### Convenant SEB

Er is geen directe doelstelling geformuleerd voor de emissiereductie van fijnstof in het convenant SEB. Fijnstof speelt echter een belangrijke rol in het doel om 75% minder gezondheidsschade door mobiele werktuigen in de bouw t.o.v. 2016 te bewerkstelligen [7]. De geraamde emissiereductie van 79% (75% in het lage scenario, 84% in het hoge scenario) in 2030 ten opzichte van 2016 bij mobiele werktuigen, weergegeven in Figuur 6.6, is aanzienlijk.

In dit rapport wordt echter geen conclusie getrokken met betrekking tot de gezondheidsdoelstelling, aangezien dit niet eenvoudig af te leiden is uit de geraamde emissiereductie.



Figuur 6.6: PM<sub>10</sub>-emissies per categorie bouwmaterieel in 2016 en 2030. Daarbij zijn alleen mobiele werktuigen en spoor specifiek bouwmaterieel relevant voor het SEB-doel.

### Onzekerheden

Voor bouwlogistiek gelden bij PM<sub>10</sub> emissies dezelfde onzekerheden omtrent de verduurzaming van het wagenpark als bij de NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-emissies.

In de gepresenteerde cijfers voor mobiele werktuigen is uitgegaan van het midden scenario. Zoals men kan zien in Figuur 3.4 (zie paragraaf 3.4) zijn de verschillen in PM<sub>10</sub>-emissies klein tussen het lage, midden en hoge scenario. Dit is het gevolg van het feit dat nieuwe bouw machines aanzienlijk schoner zijn dan oudere machines. De instroom van nieuwe machines en uitstroom van oude machines is dan ook de belangrijke driver voor de afname van de PM<sub>10</sub>-emissies van bouw machines. Daarbij is minder relevant of die nieuwe machines elektrisch zijn aangedreven of op diesel draaien. Door gebruik van roetfilters is de PM<sub>10</sub>-uitstoot van moderne dieselmachines ook heel laag. De belangrijkste onzekerheid in de PM<sub>10</sub>-emissiereductie tot 2030 zit daarom niet zozeer in het elektrificatietempo van het machinepark, maar meer algemeen in het tempo waarin het machinepark verjongt.

Voor waterbouw gelden wederom dezelfde onzekerheden als omschreven voor NO<sub>x</sub> in paragraaf 6.1. In het bijzonder zou het plan om 50 GW wind op zee te realiseren in 2040 ertoe kunnen leiden dat de daling in fijnstofemissies langer stagneert dan weergegeven in Figuur 6.5.

# Referenties

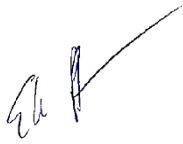
- [1] Staatscourant, „Convenant Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB),” 2023.
- [2] PBL, Klimaat- en Energieverkenning 2024.
- [3] PBL, Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen 2025.
- [4] SEB, „Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen,” 2023.
- [5] PBL & WUR, „Beleidsoverzicht en factsheets beleidsinstrumenten. Achtergronddocument bij de Monitoring en evaluatie van het Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering,” 2024.
- [6] WUR, PBL & RIVM, Voortang Stikstofbronmaatregelen en verwachte effecten in 2030 - Monitoring en evaluatie van het Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering, 2024.
- [7] RIVM, „Monitoringsrapportage Doelbereik Schone Lucht Akkoord. Tweede voortgangsmeting,” 2024.
- [8] TNO, Transitiepaden Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB), 2023.
- [9] TNO, „Kennisinbreng Mobiliteit voor Klimaat- en Energieverkenning (KEV) - TNO 2024 P11746,” 2024.
- [10] RVO, „Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel (SSEB),” 2022. [Online]. Available: <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/sseb>.
- [11] RVO, „Regeling stimulering Schoon en Emissieloos Bouwen voor medeoverheden (SPUK SEB),” 2024. [Online]. Available: <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/spuk-seb>.
- [12] TNO, Verbeteren data voor onderbouwing programma Schoon en Emissieloos bouwen, 2023.
- [13] TNO, „Rekenregels en emissiefactoren voor het bepalen van de emissiereductie bij inzet van uitstootvrij bouwmaterieel,” 2024.
- [14] Nederlandse Arbeidsinspectie, „Dieselmotoremissie (DME),” [Online]. Available: <https://www.nlarbeidsinspectie.nl/onderwerpen/dieselmotoremissie-dme/veelgestelde-vragen-dme>. [Geopend 2024].
- [15] CBS, „Investerings in vaste activa; sector en type activa, nationale rekeningen,” 2024. [Online].
- [16] Panteia, Verkenning naar voertuigtypen en aantallen, 2024.
- [17] Revnext & PBL, Achtergrondrapport wagenparkanalyses bestel- en vrachtauto's, Rotterdam, 2024.
- [18] G. Geilenkirchen, M. Bolech, J. Hulskotte, S. Dellaert, N. Ligterink, E. van Eijk, K. Geertjes, M. Kosterman en M. 't Hoen, Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands, 2024.
- [19] TNO, EMMA - MEPHISTO model: Calculating emissions for Dutch NRMM fleet, 2023.
- [20] European Commission, „Verordening (EU) 2016/1628,” 2017. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/ALL/?uri=CELEX%3A32016R1628>.
- [21] CBS, „Winning materiaalsoorten - Ophoogzand,” 2023.
- [22] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, „Voortgang realisatie windenergie op zee,” 2023.

[23] RIVM, „Informative Inventory Report 2024,” pp. 109-117.

[24] PBL, Beleidsoverzicht en factsheets beleidsinstrumenten - Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2024.

# Ondertekening

TNO ) Mobility & Built Environment ) Den Haag, 3 maart 2025



Ellen Hofbauer  
Plv. Research Manager

Jorrit Harmsen  
Auteur

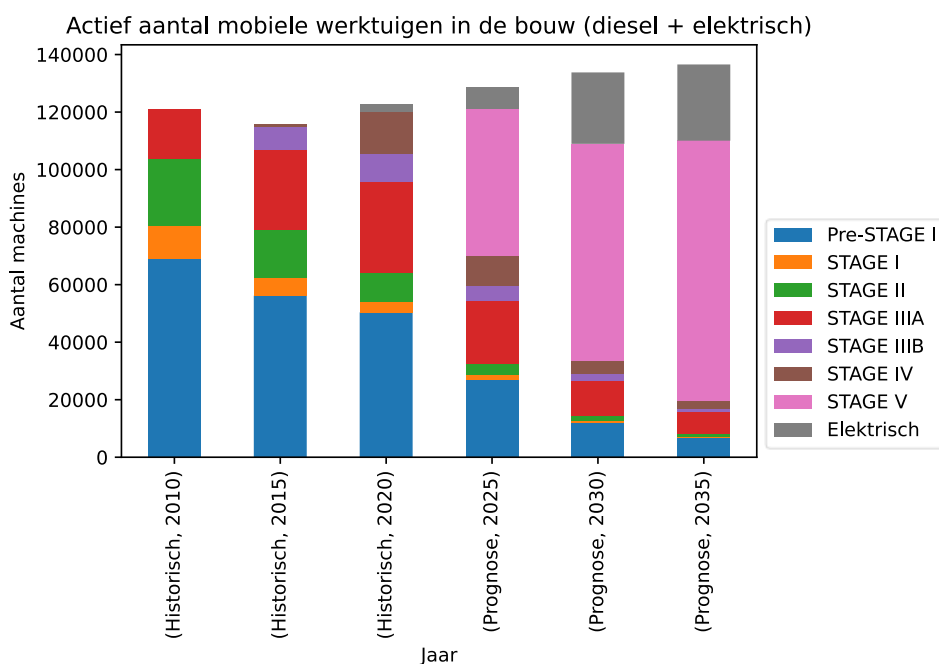
# Bijlage A

## Ontwikkeling emissies mobiele werktuigen per technologie

Doordat mobiele werktuigen in de bouw als een aparte categorie bijgehouden worden in de Emissieregistratie is er relatief veel informatie over de ontwikkeling in het actieve park en de emissies. Dit maakt het mogelijk om mobiele werktuigen op een groter detailniveau te analyseren dan andere onderdelen van de bouw. In de volgende figuren worden de historische en geraamde emissies van mobiele bouwwerktuigen opgesplitst over de verschillende gebruikte dieseltechnologieën. De grafieken presenteren de resultaten voor het midden scenario voor ingroei van elektrische machines (zie ook paragraaf 3.3). De verschillen met het lage en hoge scenario worden waar relevant toegelicht. De methodiek is hetzelfde als in de rapporten die behandeld worden in paragraaf 3.3 [9, 13].

### Ontwikkelingen actief park

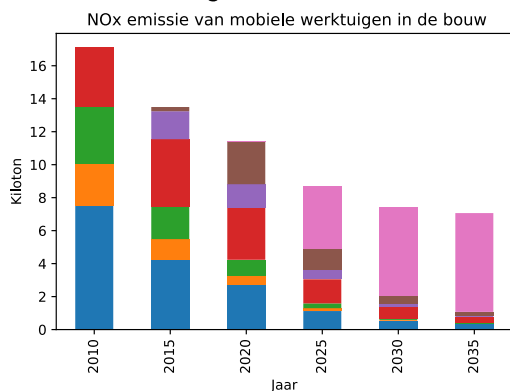
Figuur A.1 toont de historische en geraamde ontwikkeling van het actieve park van mobiele werktuigen in de bouw. Daarbij zijn alleen diesel en elektrische werktuigen meegenomen aangezien deze het meest voorkomen en verantwoordelijk zijn voor meer dan 95% van de emissies.



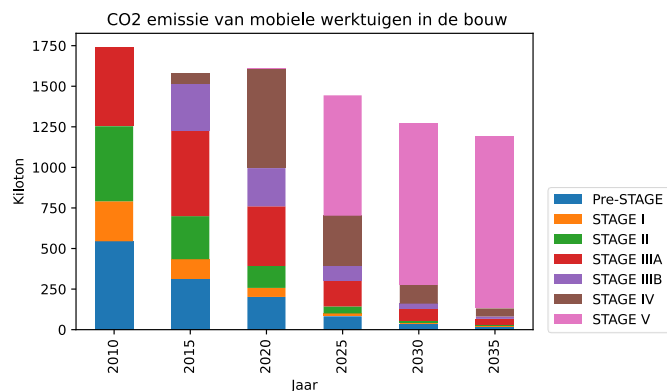
Figuur A.1: Historische en geraamde samenstelling bouwmachinepark in het midden scenario.

Er wordt met name een forse ingroei geraamd van bouwmachines die gebruikmaken van Stage-V verbrandingsmotoren. Ook het aantal elektrische bouwmachines stijgt aanzienlijk richting 2030, hoewel dit sterk verschilt tussen de scenario's (zie paragraaf 3.3). Daarnaast worden oudere verbrandingsmotoren in een hoog tempo uitgefaseerd. In 2030 bestaat naar verwachting ongeveer 75% van het actieve park uit Stage-V en elektrische bouwmachines. In het lage scenario is dat 69% en in het hoge scenario is dat 81%.

### Ontwikkelingen emissies



Figuur A.2: Historische en geraamde NO<sub>x</sub> emissies door bouwmachines met verschillende categorieën dieselmotoren in het midden scenario.



Figuur A.3: Historische en geraamde CO<sub>2</sub>-emissies door bouwmachines met verschillende categorieën dieselmotoren in het midden scenario.

Figuur A.2 toont de daling in NO<sub>x</sub> emissies die wordt verwacht door deze ontwikkelingen in het machinepark. Deze daling wordt vooral veroorzaakt door de ingroei van Stage-V motoren, die significant minder NO<sub>x</sub> uitstoten. Deze nieuwere motoren stoten slechts marginaal minder CO<sub>2</sub> uit dan oudere motoren. Dit is terug te zien in Figuur A.3, waar men kan zien dat de CO<sub>2</sub>-emissiereductie relatief trager verloopt dan de NO<sub>x</sub>-emissiereductie. Bij CO<sub>2</sub> wordt de winst vooral geboekt door de ingroei van elektrische bouwmachines, die naar verwachting langzamer op gang komt dan de ingroei van Stage-V bouwmachines, in combinatie met de inzet van hernieuwbare brandstoffen. De verschillen in de geraamde aantallen elektrische bouwmachines tussen de drie scenario's hebben om die reden een groter effect op de CO<sub>2</sub>-emissies dan op de NO<sub>x</sub>-emissies (zie ook Figuur 3.3 en Figuur 3.5).

De PM<sub>10</sub> emissies volgen een soortgelijke trend als de NO<sub>x</sub> emissies. De daling is hier zelfs nog sterker, doordat nieuwere verbrandingsmotoren amper fijnstof uitstoten (bij correcte installatie van roetfilter) [20].



Mobility & Built Environment

Anna van Buerenplein 1  
2595 DA Den Haag  
[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

**TNO** innovation  
for life