

Rekenregels en emissiefactoren voor het bepalen van de emissiereductie bij inzet van uitstootvrij bouwmaterieel

TNO 2022 R10527v2 – 28 maart 2024

Rekenregels en emissiefactoren voor het bepalen van de emissiereductie bij inzet van uitstootvrij bouwmaterieel

Auteurs	A. (Annette) Rondaij, E. (Emiel) van Eijk
Exemplaar nummer	2022-STL-RAP-100344145v2
Aantal pagina's	50 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	7
Opdrachtgever	RVO
Projectnaam	MAVE 2022
Projectnummer	060.50928

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.

© 2024 TNO

Samenvatting

Dit rapport is een onderbouwing van standaard emissiecijfers en forfaitaire gebruiksgegevens van mobiele werktuigen, bouwvoertuigen en hulpfuncties op bouwvoertuigen ter ondersteuning van de beoordeling van subsidieaanvragen in het kader van “Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel” (SSEB)¹. Daarnaast worden de standaardrekenregels beschreven wat als ‘handleiding’ voor het gebruik van de cijfers. Ook is er een vereenvoudigde inschatting gemaakt voor het aantal ‘zero-emissie’ mobiele werktuigen dat kan worden verwacht in 2025, 2030 en 2035. Dit is nadrukkelijk geen officiële prognose.

De cijfers zijn te gebruiken ter berekening van het emissiereductiepotentieel van wanneer emissie-reducerende maatregelen worden getroffen (zoals inzet van uitstootvrij materieel of de installatie van nabehandelingssystemen). De focus van dit rapport is op de emissies van; NO_x, CO₂, PM (fijnstof) en NH₃.

Mobiele werktuigen kennen in tegenstelling tot wegvoertuigen, geen registratie van aantallen, leeftijdsopbouw en inzet van de machines. Daardoor zijn er onzekerheden en blinde vlekken ten aanzien van de gemiddelde emissies per jaar e.d., ondanks recente nieuwe en verbeterde inzichten. In het kader van het informeren en onderbouwen van beleid en maatregelen om de milieu-impact van mobiele machines te verminderen, is het van belang het inzicht in het machinepark en de inzet daarvan verder te blijven verbeteren.

Informatie omtrent emissiecijfers van mobiele werktuigen in deze notitie zijn gebaseerd op het EMMA-model². Dit model wordt gebruikt voor de landelijke emissiecijfers (zoals opgenomen in de Emissieregistratie²) voor mobiele werktuigen.

TNO actualiseert jaarlijks de emissiefactoren (emissies van schadelijke stoffen en broeikasgassen in g/km per voertuig) voor het wegverkeer. Dit rapport bevat emissiefactoren en gemiddelde jaarkilometrages voor wegvoertuigen met een inzet in de bouw. Daarnaast is aan de hand van jaarkilometrages een inschatting gemaakt naar de jaarlijkse inzet van hulpfuncties. Voor de inzet van hulpfuncties zijn tevens standaard emissiefactoren opgenomen. Hier is onderscheid gemaakt naar vier verschillende voertuigcategorieën.

¹ Het EMMA-model bevat een inschatting over de aantallen machines, machinetypen, eigenschappen (motortypen, vermogen, bouwjaar/emissienorm), de inzet (draaiuren, brandstofgebruik, motorbelasting etc.) en emissiefactoren [12]. Het energiegebruik en bijbehorende emissies van o.a. CO₂ en NO_x worden berekend aan de hand van de verwachte draaiuren en de emissiefactoren van de machines zoals volgen uit de normen en (beperkt) uitgevoerde metingen.

² www.emissieregistratie.nl

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
Inhoudsopgave	5
1 Inleiding	6
2 Onderbouwing emissiecijfers	7
2.1 Mobiele werktuigen (EMMA)	7
2.1.1 Mini-materieel (<19 kW)	7
2.1.2 Klein materieel (19 tot 37/56 kW)	7
2.1.3 Middelgroot (56 tot 130 kW), groot materieel (130 tot 560 kW)	8
2.1.4 Zeer groot materieel (>560 kW)	8
2.2 Wegvoertuigen (Emissiefactoren wegkilometers)	8
2.3 Emissiefactoren hulpfuncties van voertuigen	10
2.4 Inhoudsopgave tabellen	11
3 Bouwmachines (A1 & A2)	12
3.1 Tabel A - Generieke machines, parkgemiddelde per vermogenscategorie	12
3.2 Tabel B - Emissiefactoren	13
3.3 Tabel C & D - Jaargemiddelde op basis van EMMA model (zichtjaar 2021)	14
3.4 Tabel E - Retrofit SCR mobiele werktuigen	15
3.5 Tabel J - Inschatting zero-emissie mobiele werktuigen in 2025, 2030 en 2035	15
3.5.1 Methode ingroeibepaling ZE materieel	16
3.5.2 Inschatting ZE materieel	17
4 Hulpfuncties (B) & Bouwvoertuigen (C)	19
4.1 Bijlage F - Uitstootvrije hulpfuncties	19
4.2 Tabel G & H - Volledig uitstootvrije bouwvoertuigen	20
4.3 Inschatting emissieloze hulpfuncties en bouwvoertuigen 2025, 2030 en 2035	21
Referenties	23
Ondertekening	24

Bijlagen

Bijlage A:	Tabel B - Emissiefactoren	24
Bijlage B:	Tabel C - Gemiddeld	26
Bijlage C:	Tabel D - Stage V	33
Bijlage D:	Tabel G - Voertuigen (Gemiddeld)	40
Bijlage E:	Tabel H - Voertuigen (Euro 6/VI)	43
Bijlage F:	Tabel J - Inschatting zero-emissie werktuigen	46
Bijlage G:	Scenario invoerparameters voor MEPHISTO	49

1 Inleiding

Dit rapport is een onderbouwing van standaard emissiecijfers en forfaitaire gebruiksgegevens van mobiele werktuigen, bouwvoertuigen en hulpfuncties op bouwvoertuigen ter ondersteuning van de beoordeling van subsidieaanvragen in het kader van “Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel” (SSEB)”. Daarnaast worden de standaardrekenregels beschreven wat als ‘handleiding’ voor het gebruik van de cijfers.

Mobiele werktuigen kennen in tegenstelling tot wegvoertuigen, geen registratie van aantallen, leeftijdsopbouw en inzet van de machines. Daardoor zijn er onzekerheden en blinde vlekken ten aanzien van de gemiddelde emissies per jaar e.d., ondanks recente nieuwe en verbeterde inzichten. In het kader van het informeren en onderbouwen van beleid en maatregelen om de milieu-impact van mobiele machines te verminderen, is het van belang het inzicht in het machinepark en de inzet daarvan verder te blijven verbeteren. Dit memo en de gegevenstabellen in de bijlages geven een overzicht van deze gegevens.

Daarnaast wordt in dit rapport een schatting gemaakt van het aantal uitstootvrije mobiele werktuigen dat kan worden verwacht in 2025, 2030 en 2035. Dit is geen officiële prognose.

In dit rapport wordt veelal gewerkt met gemiddelde en forfaitaire waarden. Ook worden de emissiecijfers en aantallen regelmatig (typisch jaarlijks) voorzien van updates. Daardoor kunnen de emissiecijfers afwijken van eerder gepubliceerde cijfers.

De emissiefactoren zijn opgenomen in een aparte Excel-bijlage. Een deel van de tabellen uit de Excel-bijlage, zijn tevens opgenomen als bijlage in dit rapport (bijlagen A t/m F).

2 Onderbouwing emissiecijfers

2.1 Mobiele werktuigen (EMMA)

Informatie omtrent emissiecijfers van mobiele werktuigen in deze notitie zijn gebaseerd op het EMMA-model³. Dit model wordt gebruikt voor de landelijke emissiecijfers (zoals opgenomen in de Emissieregistratie⁴) voor mobiele werktuigen. De cijfers die in deze notitie zijn gebruikt gaan over zichtjaar 2021. Per vermogenscategorie bestaan verschillende emissienormen (Stage-klasse). Hieronder volgt een korte beschrijving van een aantal belangrijke kenmerken.

2.1.1 Mini-materieel (<19 kW)

Dit is de kleinste categorie, voorbeelden van machines in deze categorie zijn minigravers, pompen, kleine stroomaggregaten, maar bijvoorbeeld ook trilplaten. Voor deze categorie bestaat voor dieselmotoren alleen de Stage V-norm als emissieklasse. Een moderne machine met Stage V-dieselmotor in dit segment geeft nog steeds hoge emissies vanwege de milde emissielimieten. De toegestane Stage V NO_x-emissielimieten voor mini-materieel zijn bijna een factor 20 hoger dan voor materieel van 56 tot 560 kW en zijn daardoor in vergelijking relatief zeer vervuilend. Machines met een Stage V-motor onder de 19 kW hebben geen roetfilter nodig om aan de emissielimieten te voldoen. Dit heeft een hoge uitstoot van fijnstof tot gevolg. De CO₂-uitstoot van deze categorie is vanwege de kleine motor (en laag verbruik) relatief beperkt.

2.1.2 Klein materieel (19 tot 37/56 kW)

De diversiteit in deze categorie is groot. Dit kunnen bijvoorbeeld de wat kleinere graafmachines, laadschoppen en landbouwtrekkers zijn, maar ook een groot deel van de bronbemalingspompen, generatoren en vorkheftrucks komen voor in deze categorie.

De Stage V-emissienorm voor de uitstoot van NO_x is voor materieel in de vermogensklasse 37-56 kW niet veranderd ten opzichte van Stage IIIB. In de vermogenscategorie 19-37 kW is wel een aanscherping geweest, maar de emissielimiet is nog steeds mild. De toegestane Stage V NO_x-emissielimieten voor klein materieel zijn ruim een factor 10 hoger dan voor materieel van 56 tot 560 kW en zijn daardoor in vergelijking vervuilender, zelfs in absolute zin, dan groter materieel. De emissielimieten voor fijnstof zijn wel aangescherpt in de Stage V-norm. Met de COVID-19 pandemie is de brede introductie van Stage V wel met een paar jaar vertraagd.

³ Het EMMA-model bevat een inschatting over de aantallen machines, machinetypen, eigenschappen (motortypen, vermogen, bouwjaar/emissienorm), de inzet (draaiuren, brandstofgebruik, motorbelasting etc.) en emissiefactoren [12]. Het energiegebruik en bijbehorende emissies van o.a. CO₂ en NO_x worden berekend aan de hand van de verwachte draaiuren en de emissiefactoren van de machines zoals volgen uit de normen en (beperkt) uitgevoerde metingen.

⁴ www.emissieregistratie.nl

Voor machines met een motor van meer dan 19 kW is een roetfilter benodigd, welke zeer effectief is in het reduceren van fijnstof. De CO₂-uitstoot van deze categorie is, vanwege het hogere vermogen, hoger dan bij het mini-materieel.

2.1.3 Middelgroot (56 tot 130 kW), groot materieel (130 tot 560 kW)

Ook in deze categorie is de diversiteit groot. Dit kunnen bijvoorbeeld de grotere graafmachines en laadschoppen zijn. Bovendien valt de grootste groep landbouwtrekkers (ingezet in de bouw) in deze categorie, maar ook een groot deel van bijvoorbeeld de mobiele kranen, asfalteermachines en bulldozers vallen in de grote categorie.

De machines in deze vermogenscategorie hebben dezelfde NO_x-emissielimieten voor Stage IV en Stage V.

Ook voor deze categorie zijn de emissielimieten voor fijnstof dusdanig aangescherpt dat er een roetfilter aanwezig is (tot 560 kW). Er zijn ook Stage IIIB- en Stage IV-machines met roetfilters, maar het exacte percentage daarvan is niet bekend.

2.1.4 Zeer groot materieel (>560 kW)

Voor grotere machines dan 560 kW was voorafgaand aan Stage V helemaal geen limiet. De emissielimieten voor Stage V voor deze categorie zijn lager dan de voor de groep 56-560 kW. De machines met een motorvermogen van meer dan 560 kW hebben geen roetfilter nodig en ook geen SCR-katalysator. Grotere generatorsets hebben mogelijk wel een SCR-katalysator.

2.2 Wegvoertuigen (Emissiefactoren wegkilometers)

TNO actualiseert jaarlijks de emissiefactoren (emissies van schadelijke stoffen en broeikasgassen in g/km per voertuig) voor het wegverkeer [1]. Deze cijfers worden onder andere gebruikt door de Taakgroep Verkeer van de Emissieregistratie om jaarlijks de totale emissies van het wegverkeer te berekenen [2]. Daarnaast kunnen de emissiefactoren, in combinatie met gebruiksdata en vlootsamenstelling, gebruikt worden om de totale en gemiddelde emissies te berekenen voor specifieke delen van het wagenpark. Zie voor een uitgebreide beschrijving van deze methodiek voor CO₂-uitstoot hoofdstuk 2 uit [3].

De aantallen bouwvoertuigen in de vloot en de samenstelling van het park zijn bepaald aan de hand van het kentekenregister van de Rijksdienst voor het Wegverkeer (RDW)⁵. De geraadpleegde dataset bevat alle geregistreerde voertuigen op 1 januari 2024. De bouwvoertuigen zijn geïdentificeerd op basis van de inrichtingscategorie van het voertuig. **Tabel 2.1** laat de gebruikte inrichtingen per bouwvoertuig zien. Er is voor gekozen om de inrichting te gebruiken in plaats van de carrosseriecode. In de meeste gevallen is de inrichting gelijk aan de carrosseriecode maar met name voor oudere voertuigen is de carrosseriecode niet bekend omdat deze pas sinds kort wordt geregistreerd.

⁵ Open data van de RDW is vrij beschikbaar via <https://opendata.rdw.nl/>

Tabel 2.1: Bouwvoertuigen en inrichting categorieën RDW.

Bouwvoertuig	Inrichting RDW
C2. Betonmixer (carrosseriecode 15)	Betonmixer
C3. Betonpompvoertuig (carrosseriecode 16)	Betonpomp
C4. Boorwagen (carrosseriecode 28)	Boorwagen
C6. Hoogwerker (carrosseriecode 27)	Hoogwerker
C7. Kieptruck (carrosseriecode 10)	Achterwaartse kipper, asfaltkipper, driezijdige kipper, kipper, tweezijdige kipper
C8. Kraanwagen (carrosseriecode 26 of aanduiding SF)	Kraanwagen
C15. Voertuig met haakarm (carrosseriecode 9)	Voertuig met haakarm

Per voertuig uit het kentekenregister is de VERSIT+-emissieklasse bepaald. Deze klasse deelt de voertuigen in op basis van de belangrijkste emissie-verklarende variabelen als gewicht, brandstof en euroklasse (zie ook [3]). Op basis van de VERSIT+-klasse zijn per voertuig de emissiefactoren bepaald.

De jaarkilometrages van de voertuigen zijn bepaald op basis van kilometerstanden uit de online tellerstanden registratie (OKR)⁶ en het systeem Erkenning Keuringsinstanties (EKI) van de RDW. In de OKR worden bij wet tellerstanden van lichte voertuigen (<=3500 kg) 9 jaar bewaard om het verloop van tellerstanden te kunnen monitoren. In het EKI worden tellerstanden van zware voertuigen maximaal 3 jaar opgeslagen. De tellerstanden worden regelmatig geregistreerd door garages bij APK-keuring, inbouw tachograaf, inbouw snelheidsbegrenzer, inbouw roetfilter en inbouw lpg-installatie. Op basis van het verschil in opeenvolgende kilometerstanden is een gemiddeld jaarkilometrage berekend voor groepen voertuigen met dezelfde VERSIT-klasse en inrichting. Voorwaarde is dat per groep minimaal 100 jaar (~36500 dagen) aan teller data beschikbaar is. Voor groepen met minder data voorhanden is gekeken naar het gemiddelde jaarkilometrage per VERSIT-klasse.

De voertuigen zijn geaggregeerd per inrichtingstype en voertuigsoort. De gebruikte voertuigsoorten zijn beschreven in **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2: Voertuigcategorieën.

Voertuig	Beschrijving
Bestelauto	Bedrijfsauto met maximaal gewicht niet groter dan 3500 kg
Lichte vrachtauto	Bedrijfsauto met maximaal gewicht groter dan 3500 kg en kleiner dan 10 ton
Middelzware vrachtauto	Bedrijfsauto met maximaal gewicht groter dan 10 ton en kleiner dan 19,5 ton
Zware vrachtauto	Bedrijfsauto met maximaal gewicht groter dan 19,5 ton

De emissiefactoren (EF) per voertuig (v)-inrichting(i) combinatie zijn een gewogen gemiddelde op basis van de verkeersprestaties (aantal voertuigen(a)*voertuigkilometers (vkm)) per groep:

$$EF_{v,i} = \frac{\sum EF * a * vkm}{\sum a * vkm}$$

⁶ Voorheen Nationale AutoPas (NAP)

Op eenzelfde manier zijn de jaarkilometrages per groep een gewogen gemiddelde over het aantal voertuigen.

2.3 Emissiefactoren hulpfuncties van voertuigen

Zware voertuigen hebben grote motoren om de massa te versnellen en bij hogere snelheden te rijden. Over het algemeen is het vermogen van de motor in kW tenminste acht keer het maximaal gewicht van de voertuigcombinatie in tonnen. En het vermogen neemt met de jaren verder toe. Het gebruik van de hulpfunctie is veelal slechts een fractie van het beschikbare vermogen van de motor. Tot 2019 werden motorbelastingen onder de 20% van het maximaal vermogen niet meegenomen in de wettelijke emissie-eisen aan de motor. Vanaf 1 september 2019 is dat verlaagd naar een gemiddelde motorbelasting over een halfuur of langer van 10%. Er zijn weinig hulpfuncties die de motor zo zwaar belasten en de NO_x-emissies bij het gebruik van hulpfuncties zijn over het algemeen hoger dan de NO_x-emissies bij het rijden op de snelweg [4].

Dit beeld van hoge NO_x-emissies bij lage motorbelasting is in de afgelopen jaren steeds duidelijker geworden. In eerste instantie is het gesignaleerd bij vuilniswagens [5]. Daarna bleek ook de inzet van kiepwagens op de bouwplaats, met een typische gemiddelde snelheid onder de 10 km/h, hetzelfde probleem te laten zien [6]. Gezien veel van deze voertuigen in stedelijk gebied opereren zijn ze in de Emissieregistratie nu opgenomen als een speciale voertuigcategorie, de middelzware en zware utiliteitsvoertuigen, VERSIT-klasse MUT en ZUT [7]. Emissies bij lage motorlast hangen veelal samen met de interne verliezen van de motor, die vaak in dezelfde orde zijn als de arbeidsvraag van de hulpmotor. Het TNO-rapport 'Handleiding bepaling milieu-impact bouwlogistieke activiteiten' laat een duidelijk verband zien tussen lage motorlast en hoge NO_x-uitstoot [8]. Een ander voorbeeld wordt gegeven in [9], waar metingen zijn gedaan aan een vrachtauto met hydraulische kraan. De metingen lieten een toename van de NO_x-emissies zien tijdens het gebruik van de kraan/hulpfunctie. Dit komt doordat de motorlast tijdens het kraangebruik laag is in vergelijking met het maximale motorvermogen, waardoor het SCR-systeem slecht of niet functioneert.

Een typische motorbelasting, inclusief interne verliezen is rond de 5-15%. Voor een aanpak voor AERIUS is dit nader uitgewerkt in een versimpelde aanpak, op basis van brandstofverbruik en uren [10]. Deze versimpelde aanpak wordt de AUB-methode genoemd. Gegeven een typische 12% motorlast, inclusief interne verliezen, van het maximale vermogen, is de CO₂-uitstoot 70 g/uur per kW motorvermogen. Dat komt overeen met 0,03 liter diesel per uur per kW motorvermogen. Voor een inschatting van de NO_x-uitstoot van hulpfuncties wordt dezelfde methodiek gehanteerd als in het TNO-rapport 'Verbeteren data voor onderbouwing programma Schoon en Emissieloos Bouwen' [11]. Daarin is een formule voor de NO_x-uitstoot van de hulpfunctie per jaar opgesteld, op basis van metingen aan een veelvoorkomende trekker-oplegger: DAF XF met een vermogen van 300 kW.

De formule is als volgt:

$$U * \frac{kW}{300} * 20 \text{ mg NO}_x/s$$

waar U het aantal jaarlijkse draaiuren van de hulpfunctie is. In de formule is gekozen voor een constante uitstoot van 20mg NO_x per seconde. Er wordt lineair geschaald met het vermogen van het voertuig.

Fijnstofemissies treden vooral op bij hoge tot zeer hoge motorlast [12]. Bij het gebruik van hulpfuncties zijn de fijnstofemissies substantieel lager dan bij het rijden op de weg. Daarnaast zijn de fijnstofemissies van voertuigen met een roetfilter substantieel lager dan eerdere generaties voertuigen (Euro-V en eerder). Dat is typische een factor twintig of meer.

2.4 Inhoudsopgave tabellen

Tabel 2.3: Inhoudsopgave Excel-bijlage en tevens deels als bijlagen van dit rapport.

Tabel	Tabblad	Toelichting
Bouwmachines		
Tabel A	Generiek	Generieke machines, uitstoot cijfers op basis van vloot gemiddelde en Stage V. Uitstoot cijfers zijn weergegeven als kg per machine.
Tabel B (Bijlage A)	Emissiefactoren	Emissiefactoren voor Stage V werktuigen. Hiervoor zijn forfaitaire jaarlijkse draaiuren aangenomen. Emissiefactoren zijn in kg/jaar/kW en dienen nog met het motorvermogen vermenigvuldigd te worden.
Tabel C (Bijlage B)	Gemiddeld	Gewogen gemiddelde van huidige werktuigvloot. Cijfers op basis van EMMA. Ontbrekende cijfers zijn een resultaat van onbekende of onwaarschijnlijke machines.
Tabel D (Bijlage C)	Stage V	Stage V-uitstootcijfers op basis van EMMA. Ontbrekende cijfers zijn een resultaat van onbekende of onwaarschijnlijke machines.
Tabel D2	Stage II	Stage II-uitstootcijfers op basis van EMMA. Ontbrekende cijfers zijn een resultaat van onbekende of onwaarschijnlijke machines.
Tabel D3	Stage IIIA	Stage IIIA-uitstootcijfers op basis van EMMA. Ontbrekende cijfers zijn een resultaat van onbekende of onwaarschijnlijke machines.
Tabel D4	Stage IIIB	Stage IIIB-uitstootcijfers op basis van EMMA. Ontbrekende cijfers zijn een resultaat van onbekende of onwaarschijnlijke machines.
Tabel E	Retrofit	Emissies van Stage II, IIIA en IIIB machines na installatie van een SCR-systeem.
Tabel J1 – J3 (Bijlage F)	Ingroei ZE	Inschatting aantal ZE mobiele werktuigen in 2025, 2030 en 2035 in drie scenario's (geen officiële prognose).
Hulpfuncties en bouwvoertuigen		
Tabel F	Hulpfuncties	Emissiefactoren van hulpsystemen aangedreven door een PTO ⁷ per draaiuur.
Tabel G (Bijlage D)	Voertuigen	Emissies als gevolg van gereden kilometers en inzet van draaiuren voor de gemiddelde vloot.
Tabel H (Bijlage E)	Voertuigen (Euro VI)	Emissies als gevolg van gereden kilometers en inzet van draaiuren voor Euro 6/VI voertuigen.
Tabel I	Emissiefactoren hulpfuncties	Emissiefactoren per uur bij het gebruik van hulpfuncties.

⁷ Power-take-off

3 Bouwmachines (A1 & A2)

3.1 Tabel A - Generieke machines, parkgemiddelde per vermogenscategorie

EMMA omvat een groot aantal machinetypes, met per machinetype en vermogensklasse verschillende emissieklassen, belastingpatronen en draaiuren per jaar.

Tabel 3.1 bevat de emissiecijfers als gewogen gemiddelde van alle werktuigen binnen een vermogenscategorie uit EMMA. Dit is de totale uitstoot gedeeld door het aantal actieve werktuigen. De eenheid is in kilogram per machine per jaar.

Er is onderscheid gemaakt naar:

- 1 De emissiecijfers van het parkgemiddelde, dit bevat alle machines van alle stageklassen (**Tabel 3.1**);
- 2 De emissiecijfers van alleen Stage V-machines, dit bevat alleen de nieuwste machines (**Tabel 3.2**).

In de regel zijn Stage V-werktuigen minder vervuilend (per (kilowatt)uur) dan oudere werktuigen. Echter worden nieuwe machines typisch meer ingezet dan oudere machines. Hierdoor is de absolute jaarlijkse uitstoot van nieuwe machines in relatie tot oudere emissieklassen (en het parkgemiddelde) aan hoger dan wanneer gelijke draaiuren zouden worden verondersteld. Voor machines met een maximaal motorvermogen onder 56 kW en boven 560 kW gelden relatief minder strenge eisen, dan voor het materieel tussen 56 en 560 kW.

In het model wordt aangenomen dat nieuwe machines een lager brandstofgebruik hebben, maar tegelijkertijd meer draaiuren maken per jaar. De gemiddelde CO₂-emissie per jaar voor een Stage V-machine is vaak hoger dan van het parkgemiddelde, omdat met nieuwere machines intensiever gebruikt worden (meer draaiuren per jaar).

Ook wordt in deze cijfers rekening gehouden met een bepaald aandeel van de vloot dat geen goed functionerende nabehandelingssystemen hebben. Voor NO_x-reductie een SCR-systeem en voor deeltjesreductie een roetfilter (DPF).

Tabel 3.1: Gemiddelde uitstoot per vermogenscategorie, weging over alle emissieklassen.

		< 19 kW	19 ≤ kW < 37	37 ≤ kW < 56	56 ≤ kW < 75	75 ≤ kW < 130	130 ≤ kW < 300	300 ≤ kW < 560	560 ≤ kW < 1000 kW	1000 ≤ kW
Gewogen gemiddelde	CO ₂ [kg/jaar]	2.035	5.294	7.907	9.097	21.288	46.162	80.438	116.202	143.969
	NH ₃ [g/jaar]	5	14	24	298	941	2.564	3.679	323	324
	NO _x [kg/jaar]	24	55	61	64	136	225	457	908	1.026
	PM [kg/jaar]	2,7	4,5	2,8	3,1	3,7	4,7	14,1	51,7	49,4

Tabel 3.2: Gemiddelde uitstoot voor een Stage V-machine.

		< 19 kW	19 ≤ kW < 37	37 ≤ kW < 56	56 ≤ kW < 75	75 ≤ kW < 130	130 ≤ kW < 300	300 ≤ kW < 560	560 ≤ kW < 1000 kW	1000 ≤ kW
Gewogen gemiddelde STAGE V	CO ₂ [kg/jaar]	2.497	6.533	11.979	13.077	22.539	56.432	102.689	118.071	163.587
	NH ₃ [g/jaar]	6	18	41	1.095	1.906	4.414	8.112	2.642	514
	NO _x [kg/jaar]	15	61	78	37	66	237	459	535	986
	PM [kg/jaar]	1,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,7	1,6	11,2	18,2

3.2 Tabel B – Emissiefactoren

Wanneer een machinetype niet in Tabel C of Tabel D voorkomt, en Tabel A als te generiek wordt beschouwd, kan de uitstoot berekend worden met behulp van emissiefactoren. De emissiefactor is in dit geval de emissie in kg per jaar per kW geïnstalleerd motorvermogen. De emissies kunnen als volgt worden berekend;

$$\text{Uitstoot} \left[\frac{\text{kg}}{\text{jaar}} \right] = \text{Draaiuren} \left[\frac{\text{uur}}{\text{jaar}} \right] * EF \left[\frac{\text{kg}}{\text{kW}} \right] * \text{Motorvermogen} [\text{kW}]$$

De variabelen in deze berekening zijn;

1 Belastingprofiel

Voor elk van de machines in lijst A1 en A2 zijn emissiefactoren opgesteld op basis van het type aandrijflijn (bijvoorbeeld, een *fixed axle*, dynamische load, hydraulisch etc.) in combinatie met een bijbehorend belastingprofiel en emissies per belasting. Machines met een vergelijkbare aandrijving zijn gegroepeerd. Het onderscheid in emissies tussen deze machines is het gevolg van een verschillende inzet en verschillende motorvermogens.

2 Motorvermogen

De weergegeven emissiefactoren zijn genormaliseerd naar motorvermogen en kunnen naar rato worden geschaald met het maximale motorvermogen.

Om de jaarlijkse emissie van een machine te kunnen berekenen moeten de getallen worden vermenigvuldigd met het maximale motorvermogen van een machine.

Let op: Dit geldt niet voor CO₂ omdat deze berekening niet lineair is. Voor CO₂ is een forfaitair motorvermogen aangehouden ([Tabel 3.3](#)) en vooraf berekend.

3 Draaiuren

De emissiefactoren schalen naar rato met het aantal draaiuren. Er is vooraf een forfaitair aantal draaiuren aangenomen en vermenigvuldigd op basis van het gemiddelde van nieuwe werktuigen in EMMA (afgerond naar 50 uur).

Tabel 3.3: Forfaitaire jaarlijkse draaiuren per vermogenscategorie.

Vermogenscategorie	Forfaitaire draaiuren [uur/jaar]	Forfaitair motorvermogen [kW]
< 19 kW	700	10
19 ≤ kW < 37	1.000	30
37 ≤ kW < 56	1.000	50
56 ≤ kW < 75	1.200	60
75 ≤ kW < 130	1.200	100
130 ≤ kW < 300	1.500	210
300 ≤ kW < 560	1.500	430
560 ≤ kW < 1000	1.200	780
1000 ≤ kW	650	1.000

De gebruiker van Tabel B hoeft alleen nog het motorvermogen te vermenigvuldigen met de emissiefactoren voor NH₃, NO_x en PM om tot de jaarlijkse uitstoot te komen. Het is mogelijk om af te wijken van de vooraf aangenomen draaiuren door naar rato te schalen.

3.3 Tabel C & D - Jaargemiddelde op basis van EMMA model (zichtjaar 2021)

Deze tabellen bevatten het aantal actieve machines in EMMA en de bijbehorende emissies, draaiuren en het brandstofverbruik per jaar. Er is een tabel voor het vlootgemiddelde en een tabel voor de nieuwste machines (Stage V).

Omdat van niet alle machinetype- en vermogensklasse-combinaties bestaande machines bekend zijn, zijn sommige combinaties niet beschikbaar (bijvoorbeeld een lichtmast van meer dan 19 kW of een bulldozer onder de 37 kW). Daarnaast zijn niet alle machinetypen opgenomen in EMMA. Deze cijfers kunnen direct worden gebruikt wanneer de benodigde combinatie bestaat, of ter controle van de emissiefactorenberekening.

Wanneer een machine toch blijkt te bestaan en nog niet in Tabel C en D is opgenomen, kan [Tabel 3.1](#) of [Tabel 3.2](#) worden geraadpleegd om aan de hand van emissiefactoren een jaarlijks emissiecijfer te bepalen.

3.4 Tabel E – Retrofit SCR mobiele werktuigen

Een SCR-systeem heeft alleen effect op NO_x-emissies en NH₃-emissies. NH₃-emissies kunnen omhoog gaan bij het gebruik van een SCR.

Om het reductiepotentieel op NO_x te bepalen is per motorvermogen-categorie (maximaal vermogen) de NO_x-uitstoot in gram/uur bepaald als gewogen gemiddelde van Stage II-, Stage IIIA- en Stage IIIB-werktuigen. Ook is de NO_x- en NH₃-uitstoot van Stage V-machines in gram/uur bepaald. De aanname wordt hier gedaan dat na het plaatsen van een SCR-systeem deze machines een vergelijkbare NO_x- en NH₃-uitstoot hebben als een Stage V-machine. Uit deze analyse blijkt dat voor de onderliggende parksamenstelling de gemiddelde NO_x-reductie (per uur) 46% is en dat de NH₃-uitstoot met een factor 16 toeneemt. In [Tabel 3.4](#) en [Tabel 3.5](#) staan, respectievelijk, de gemiddelde jaarlijkse uitstoot van Stage II-, Stage IIIA- en Stage IIIB-werktuigen zonder SCR en met SCR.

Het verschil hiertussen is de gemiddelde jaarlijkse emissiereductie (of toename in het geval van NH₃) van een retrofit-SCR-installatie. Er bestaat geen Stage II-, Stage IIIA- of Stage IIIB-eis voor machines met een maximaal motorvermogen onder de 19 kW of boven de 560 kW.

Tabel 3.4: Gemiddelde uitstoot per vermogenscategorie, weging over alle Stage II, IIIA en IIIB (parkgemiddelde), in g/jaar.

		19 ≤ kW < 37	37 ≤ kW < 56	56 ≤ kW < 75	75 ≤ kW < 130	130 ≤ kW < 300	300 ≤ kW < 560
Parkgemiddelde [g/jaar]	NH ₃	15	30	31	61	110	216
	NO _x	58.413	62.483	67.155	157.148	232.610	470.861

Tabel 3.5: Gemiddelde uitstoot per vermogenscategorie, weging over alle Stage II, IIIA en IIIB (parkgemiddelde) in g/jaar. Met SCR-installatie.

		19 ≤ kW < 37	37 ≤ kW < 56	56 ≤ kW < 75	75 ≤ kW < 130	130 ≤ kW < 300	300 ≤ kW < 560
Parkgemiddelde met SCR [g/jaar]	NH ₃	237	465	489	952	1.706	3.360
	NO _x	31.576	33.776	36.301	84.948	125.740	254.528

3.5 Tabel J - Inschatting zero-emissie mobiele werktuigen in 2025, 2030 en 2035

In deze paragraaf wordt beschreven hoe een schatting is gemaakt van het aantal te verwachten 'zero-emissie' (ZE) mobiele werktuigen in 2025, 2030 en 2035.

De verwachte ingroei van uitstootvrij materieel is nog onzeker. Er zijn belangrijke randvoorwaarden waaraan moet worden voldaan om de ingroei van zero-emissie materieel te stimuleren. De belangrijkste daarvan zijn, vermindering van aanschafprijs, aanwezigheid van toereikende laadinfrastructuur op de bouwplaats en voldoende aanbod van zero-emissie materieel. De ingroei van de meeste type mobiele werktuigen bevindt zich nog in de demo- of marktintroductie fase. Deze rekenexercitie fungeert als houvast ter referentie van het te verwachten aandeel uitstootvrij materieel.

3.5.1 Methode ingroeibepaling ZE materieel

Voor het bepalen van de ingroei van ZE-materieel is gebruik gemaakt van het MEPHISTO-model dat prognoses maakt van de emissies van mobiele werktuigen in toekomstige jaren op basis van verschillende scenario's [13].

Elektrificatie van de machinevloot wordt door MEPHISTO gemodelleerd door voor elke machineconfiguratie te schatten hoe groot het aandeel elektrische machines is in de jaarlijkse nieuwverkoop. Daarbij wordt onderscheid gemaakt naar batterij- en kabel-elektrische machines.

Er zijn vier parameters die het aandeel elektrisch per machine-configuratie bepalen:

- 1) Huidige beschikbaarheid van elektrische variant (%);
- 2) Bekabelbaar (ja/nee);
- 3) De benodigde accugrootte per werksessie (kWh);
- 4) De typische inzet (in dagen).

De laatste drie parameters zijn statisch voor elke machine-configuratie. De eerste parameter, de beschikbaarheid van elektrische variant, kan wel veranderen over de tijd.

Daarnaast zijn er zes algemene factoren die het potentieel aan inzet van elektrische machinevarianten in Nederland beïnvloeden, te weten:

- 1) Stroomvoorziening is essentieel voor de inzet van elektrische machines, ook voor opladen op locatie. Een break-even van ***X dagen inzet*** op dezelfde locatie maakt elektrificatie rendabel.
- 2) De maximale grootte waarmee nog rendabel een verbrandingsmotor kan worden vervangen. De factor ***Y kWh per dag*** is de break-even voor machines met een accu.
- 3) De aanname is dat bekabelbare machines in een ***fractie Z met accu (%)*** worden uitgerust, en dat in (1-Z) van de gevallen een kabel gebruikt wordt (bij niet-bekabelbaar geldt Z=1).
- 4) Een elektrificatie-alternatief in de vorm van thuisladen. ***L energie voor de dagen inzet (kWh)*** geeft de maximale gevraagde arbeid dat nog gemakkelijk getransporteerd kan worden naar de werklocatie.
- 5) De ***groei van de EV beschikbaarheid B***. Deze prognosefactor zorgt voor de overbrugging van de huidige geschatte beschikbaarheid naar 100% beschikbaarheid van elektrische varianten van alle machinetypen.

Deze vijf factoren bepalen het potentieel (%); het aandeel dat rendabel kan worden vervangen, als de elektrische variant geaccepteerd is als equivalent aan de traditionele machines, inclusief gebruikslevensduur en vermogen.

Er volgt dan nog één factor:

- 6) Acceptatie A [%] is de fractie van mensen dat bij een rendabele elektrische variant, daar ook voor kiest.

Als gevolg van autonome ontwikkeling, zullen de zes factoren over de loop van de tijd veranderen. Concreet beleid voor elektrificatie van mobiele werktuigen kan ook impact hebben op het aandeel elektrisch in de nieuwverkopen.

3.5.2 Inschatting ZE materieel

De prognose van ZE materieel is onzeker. MEPHISTO houdt bovendien geen rekening met sectorspecifiek effecten van beleid, zoals de SSEB, waardoor er bewerkingen nodig zijn om een betere schatting te geven van het effect van beleid op de bouw. Om met deze onzekerheid om te gaan wordt de inschatting van het ZE materieel in de bouw in verschillende scenario's berekend. Daarbij worden de uitgangspunten zoals beschreven in het TNO-rapport 'Kennisinbreng Mobiliteit voor Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2022' als basis genomen [14]. TNO heeft daarin een inschatting gemaakt van de ingroei van ZE bouwmachines door SSEB voor bestaand beleid (vastgesteld beleid SSEB t/m 2026) en nieuw beleid (voorgenomen beleid verlenging SSEB t/m 2030). De ingeschatte effecten als gevolg van vastgesteld en voorgenomen (VV) beleid wordt hier als 'hoog' scenario gepakt. De ingeschatte effecten als gevolg van vastgesteld beleid vormen het scenario 'laag'.

Hoog scenario – Vastgesteld en voorgenomen beleid (VV)

- › Uitgangspunt is dat SSEB t/m 2030 loopt.
- › Vanaf 2030 is de ingroei constant gehouden, ondanks dat dat erg onzeker is. De argumenten om de ingroei constant te houden zijn:
 - De subsidieregeling helpt de markt kennis te maken en op gang te komen met emissieloos materieel;
 - De druk om te verduurzamen blijft;
 - De TCO van emissieloos materieel wordt competitiever ten opzichte van diesel;
 - Er is meer ervaring opgedaan met de benodigde infrastructuur voor emissieloos materieel.

Laag scenario – Vastgesteld beleid (V)

- › Uitgangspunt is dat SSEB t/m 2026 loopt;
- › Na 2027 wordt de ingroei van emissieloos materieel gehalveerd;
- › Daarna is er een langzame toename van 10% per jaar, totdat hetzelfde niveau als in het scenario VV is bereikt (2035).
- › De ingroei loopt circa vijf jaar achter op VV.
 - De SSEB helpt de markt vier jaar lang op gang. Het is onwaarschijnlijk dat de ingroei helemaal naar nul gaat als de ondersteuning vanuit SSEB stopt.
 - De ingroei zal wel worden beperkt zonder ondersteuning.
 - Het is erg onzeker in welke mate de ingroei zal worden beperkt als de SSEB niet wordt verlengd na 2026. Er is voor de berekening aangenomen dat de ingroei wordt gehalveerd.
 - Er is minder ervaring opgedaan met elektrisch bouwen en de daarbij behorende infrastructuur. Hierdoor loopt de ingroei-ontwikkeling achter op VV.

In Bijlage G staan de gebruikte parameters voor de groei van emissieloos materieel beschreven. Er is voor de inschatting gebruik gemaakt van MEPHISTO *Versie 2024_KEV: 19-02-2024*.

De resultaten zijn samengevat in [Tabel 3.6](#).

Tabel 3.6: Aantallen ZE materieel in 2025, 2030 en 2035 (afgerond op honderdtallen).

Type	Vlootomvang	Aantal ZE 2025	Aantal ZE 2030	Aantal ZE 2035
		Scenario <i>Midden</i> (absoluut aantal) Bandbreedte <i>Laag-Hoog</i> (aandeel van vlootomvang in %)		
Handheld	30.100	1.400 Ca. 5%	3.800 11 – 15%	6.500 17 – 26%
<19 kW	48.500	1.600 Ca. 5%	4.600 13 – 17%	8.200 22 – 32%
19 tot 56 kW	47.200	500 Ca. 2%	1.700 5 – 6%	3.400 9 – 14%
56 tot 130 kW	28.300	200 Ca. 1%	700 2 – 3%	1.400 3 – 6%
>130 kW	11.500	100 Ca. 0%	200 0 – 1%	300 Ca. 1%

In Bijlage F staat per machinetype de prognose voor het scenario *Midden* weergegeven. In de Excelbijlage van dit rapport staan ook de prognoses per machinetype voor de andere scenario's. Deze benaming van deze machinelijst komt niet één-op-één overeen met de overige machines in dit rapport vanwege verschil in terminologie.

4 Hulpfuncties (B) & Bouwvoertuigen (C)

4.1 Bijlage F – Uitstootvrije hulpfuncties

De uitstoot van hulpfuncties op bouwvoertuigen wordt bepaald aan de hand van vaste emissiefactoren vermenigvuldigd met jaarlijkse draaiuren en motorvermogen. Onderstaande tabel geeft deze gestandaardiseerde factoren weer, zie hoofdstuk 2 voor de onderbouwing van deze getallen.

Tabel 4.1: Emissiefactoren bij het gebruik van hulpfuncties als functie van het maximale vermogen van de hoofdmotor.

Stof	Eenheid	Emissiefactor
CO ₂	g/u/kW	70
NH ₃	g/u/kW	0,0045
NO _x	g/u/kW	0,24
PM	mg/u/kW	0,65
PM (Euro 6)	mg/u/kW	0,03

Emissiefactoren per machine worden gegeven door de vermenigvuldiging van het maximale vermogen van de machine met de factoren in [Tabel 4.1](#). [Tabel 4.2](#) geeft de forfaitaire draaiuren en motorvermogen van een gemiddeld bouwvoertuig.

Tabel 4.2: Forfaitaire draaiuren en maximaal motorvermogen per voertuigtype.

Voertuigcategorie	Forfaitaire draaiuren [uur/jaar]	Forfaitaire motorvermogen [kW]
Bestelauto	1.000	88
Lichte vrachtauto	1.000	102
Middelzware vrachtauto	1.000	159
Zware vrachtauto	700	316

De combinatie van [Tabel 4.1](#) en [Tabel 4.2](#) resulteert in emissiefactoren in kg per jaar als gevolg van de hulpfunctie inzet. Deze cijfers zijn samengevat in [Tabel 4.3](#).

Tabel 4.3: Emissiefactoren in kg per jaar als gevolg van de hulpfunctie-inzet per voertuigtype.

Voertuig-categorie	Eenheid	Bestelauto	Lichte vrachtauto	Middelzware vrachtauto	Zware vrachtauto
CO ₂	ton/jaar	6,16	7,14	11,13	15,48
NH ₃	kg/jaar	0,39	0,45	0,71	0,99
NO _x	kg/jaar	21,12	24,48	38,16	53,09
PM	kg/jaar	0,06	0,07	0,10	0,14
PM (Euro 6)	kg/jaar	0,00	0,00	0,01	0,01

4.2 Tabel G & H – Volledig uitstootvrije bouwvoertuigen

Emissiefactoren voor bouwvoertuigen worden bepaald aan de hand van gemiddelde kilometers per voertuigtype. Het gemiddelde aantal kilometers per jaar wordt geschat aan de hand van het totaal aantal kilometers over al de wegtypes gedeeld door het geregistreerd aantal voertuigen binnen een categorie.

Rondom de inzet van hulpfuncties zijn weinig meetgegevens bij TNO bekend. Hier is behoefte aan meer metingen. Er kan ook een grote afwijking ontstaan tussen verschillende type voertuigen waardoor de mate van inzet onzeker is. Er wordt vanuit gegaan dat de hulpfuncties vooral gebruikt worden als het voertuig niet rijdt, en gegeven een totaal aantal werkuren per jaar van 1600 uur. Stap 1 is dan een berekening van het aantal rij-uren gegeven een gemiddelde snelheid van 40 km/uur. Voor de operationele uren van de hulpfunctie wordt uitgegaan van het aantal werkuren verminderd met het aantal rij-uren, met een maximum van 1000 uur per jaar. Het aantal draaiuren van de hulpfuncties wordt afgeleid van het aantal kilometers per jaar als:

$$\text{Draaiuren} = \text{werkuren per jaar} - \frac{\text{kilometers per jaar}}{\text{gemiddelde rij snelheid}}$$

Hierbij wordt de aanname gedaan dat een voertuig alleen de hulpfunctie gebruikt bij stilstand. Dit geldt niet per definitie voor alle voertuigen, een betonmixer gebruikt de hulpfunctie namelijk ook tijdens het rijden. Echter worden de emissies van de hulpfuncties voornamelijk bepaald door de draaiuren op lage last. Aannames in deze berekening worden getoond in [Tabel 4.4](#).

Tabel 4.4: Aannames berekening hulpfuncties.⁸

Aanname	Waarde
Werkuren per jaar	1.600 uur
Gemiddelde rij snelheid	40 km/uur

De totale emissies van een voertuig per jaar bestaan uit de combinatie van emissies als het gevolg van gereden wegkilometers en de emissies bij het gebruik van de hulpfunctie wanneer het voertuig stilstaat. De totale emissies kunnen berekend worden aan de hand van de volgende formule:

$$\text{Emissie} \left[\frac{g}{\text{jaar}} \right] = \text{Kilometrage} \left[\frac{km}{\text{jaar}} \right] * EF \left[\frac{g}{km} \right] + \text{Draaiuren} \left[\frac{uur}{\text{jaar}} \right] * EF \left[\frac{g}{uur * kW} \right] \\ * \text{Maximaal vermogen} [kW]$$

Voor het maximale vermogen, kilometrage en draaiuren zijn forfaitaire waardes opgenomen in de bijlage.

⁸ Merk op dat deze schatting van hulpfunctie-uren fouten introduceert als de machine in kwestie gedurende lange tijd stil staat op een werkdag.

4.3 Inschatting emissieloze hulpfuncties en bouwvoertuigen 2025, 2030 en 2035

In [Tabel 4.5](#) – [Tabel 4.7](#) is een inschatting van het aantal volledig zero-emissie bouwvoertuigen en een aantal zero-emissie hulpfuncties op bouwvoertuigen voor zichtjaren 2025, 2030 en 2035 samengevat. De vlootomvang van bouwvoertuigen met een hulpfunctie is bepaald aan de hand van RDW open-data (januari 2024) en gebaseerd op lijst C, bouwvoertuigen, dit betreft circa 23.000 voertuigen (zie Tabel G in Bijlage D). Er is verondersteld dat de vlootomvang constant blijft voor toekomstige jaren; in de werkelijkheid zal dit fluctueren.

De voertuigen kunnen volledig uitstootvrij worden of enkel een uitstootvrij hulpfunctie hebben. Hierdoor ontstaat een zekere overlap, wat een exacte schatting van het aandeel zero-emissie voertuigen compliceert. Het exacte aantal hulpfuncties op bouwvoertuigen is niet bekend, aangezien niet alle hulpfuncties (zoals kettingsysteem & kabelsysteem) uit lijst B, als zodanig zijn geregistreerd. Deze systemen zitten bijvoorbeeld op voertuigen die geregistreerd staan als ‘containercarrier’ of ‘afneembare bovenbouw’. Daarnaast bestaan er opleggers en aanhangers met een hulpfunctie, de schatting is dat dit er ca. 80.000 zijn, waarvan ongeveer 50.000 kippers.

De inschatting van het aantal volledig uitstootvrije voertuigen in 2025, 2030 en 2035 is gebaseerd op het aandeel ZE-kilometers van de totale verkeersprestaties van de verschillende voertuigsoorten in de KEV uit 2022 (vastgesteld en voorgenomen beleid)⁹. Aangenomen is dat het aandeel ZE-voertuigen in de vloot hieraan gelijk is. Hiervoor is aangesloten bij de verwachting van het wegverkeer in het algemeen. Voor het aantal zero-emissie hulpfuncties (op dieselvoertuigen) is uitgegaan van de scenario-analyse uit de achtergrondnotitie van de Subsidieregeling SEB [15]. Daar is een inschatting gemaakt dat ca. 1.700 zero-emissie hulpfuncties in 2025 realistisch kan zijn, dit aantal is naar rato verdeeld over de verschillende voertuigtypen in [Tabel 4.5](#) en komt bovenop het aantal volledig uitstootvrije bouwvoertuigen. Er wordt gebruik gemaakt van dezelfde veronderstelling als is gemaakt in de achtergrondnotitie Subsidieregeling SEB, waar wordt uitgegaan van een jaarlijkse ingroei van 500 ZE-hulpfuncties in 2025 – 2030. Dezelfde jaarlijkse ingroei wordt ook aangenomen voor de jaren t/m 2035.

Tabel 4.5 :Vlootomvang bouwvoertuigen met een hulpfunctie/PTO, geschat aandeel ZE in 2025 en aantal ZE hulpfuncties (verdeeld naar rato), cijfers zijn afgerond.

Type	Vlootomvang	Aandeel ZE 2025	Aantal ZE 2025	Aantal ZE hulpfuncties 2025
Bestelauto ¹⁰	9.900	3%	300	880
Lichte vrachtauto ¹¹	1.600	1%	20	60
Middelzware vrachtauto ¹²	4.600	1%	50	150
Zware vrachtauto ¹³	20.600	1%	210	620
Totaal	36.700	2% (gemiddeld)	580	1.710

⁹ Klimaat en energieverkenning 2021, PBL

¹⁰ Bestelauto: tot 3,5 ton

¹¹ Lichte vrachtauto: 3,5 tot 10 ton

¹² Middelzware vrachtauto: 10 tot 19,5 ton

¹³ Zware vrachtauto: Meer dan 19,5 ton

Tabel 4.6: Vlootomvang bouwvoertuigen met een hulpfunctie/PTO, geschat aandeel ZE in 2030 en aantal ZE hulpfuncties (verdeeld naar rato), cijfers zijn afgerond. Er wordt uitgegaan van een jaarlijkse ingroei van 500 ZE-hulpfuncties.

Type	Vlootomvang	Aandeel ZE 2030	Aantal ZE 2030	Aantal ZE hulpfuncties 2030
Bestelauto	9.900	11%	1.090	1.310
Lichte vrachtauto	1.600	3%	50	60
Middelzware vrachtauto	4.600	11%	510	610
Zware vrachtauto	20.600	9%	1.850	2.220
Totaal	36.700	10% (gemiddeld)	3.500	4.200

Tabel 4.7 : Vlootomvang bouwvoertuigen met een hulpfunctie/PTO, geschat aandeel ZE in 2035 en aantal ZE hulpfuncties (verdeeld naar rato), cijfers zijn afgerond. Er wordt uitgegaan van een jaarlijkse ingroei van 500 ZE-hulpfuncties.

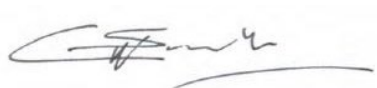
Type	Vlootomvang	Aandeel ZE 2035	Aantal ZE 2035	Aantal ZE hulpfuncties 2035
Bestelauto	9.900	36%	3.560	2.720
Lichte vrachtauto	1.600	11%	180	140
Middelzware vrachtauto	4.600	20%	920	700
Zware vrachtauto	20.600	20%	4.120	3.140
Totaal	36.700	24% (gemiddeld)	8.780	6.700

Referenties

- [1] N. Ligterink, G. Geilenkirchen, E. v. Eijk en J. d. Ruiter, „Emissiefactoren wegverkeer: wijzigingen en uitbreidingen 2021,” TNO, Den Haag, 2021.
- [2] G. Geilenkirchen, K. Roth, M. Sijstermans, J. Hulskotte, N. Ligterink, M. Bolech, S. Dellaert, R. d. Boer, D. Wever en M. 'l. Hoen, „Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands,” PBL, Den Haag, 2021.
- [3] E. v. Eijk, M. Verbeek, R. v. Gijlswijk, J. D. Ouwens, R. Verbeek, J. Hulskotte en H. d. Wilde, „TNO Kennisinbreng Mobiliteit voor Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2019,” TNO, Den Haag, 2020.
- [4] TNO, „Dutch In-service Emissions Measurement and Monitoring Programme for Heavy-Duty Vehicles,” TNO rapport 2022 R10375, 2021.
- [5] TNO, „Tail-pipe NOx emissions of refuse collection vehicles with a Euro VI engine in daily operation in the Netherlands,” TNO rapport 2018 R10313, 2018.
- [6] TNO, „Dutch in-service emissions testing programme 2015-2018 for heavy-duty vehicles,” TNO rapport 2019 R10519, 2019.
- [7] TNO, „Onderbouwing AERIUS emissiefactoren voor wegverkeer, mobiele werktuigen, binnenvaart en zeevaart,” TNO rapport 2020 R11528., 2020.
- [8] TNO, „Handleiding bepaling milieu-impact bouwlogistieke activiteiten. TNO 2023 R11201v2,” Den Haag, 2023.
- [9] TNO, „Dutch In-service Emissions Measurement and Monitoring programme for Heavy-Duty vehicles 2021. TNO 2022 R10375,” Den Haag, 2022.
- [10] TNO, „AUB (AdBlue verbruik, Uren, en Brandstofverbruik): een robuuste schatting van NOx en NH3 uitstoot van mobiele werktuigen,” TNO rapport 2021 R12305, 2021.
- [11] TNO, „Verbeteren data voor onderbouwing programma Schoon en Emissieloos Bouwen. TNO 2023 R11094,” Den Haag, 2023.
- [12] TNO, „HD Euro-V Truck PM10 and EC emission factors,” TNO rapport 2015 R11041, 2015.
- [13] TNO, „EMMA - MEPHISTO model Calculating emissions for Dutch NRMM fleet,” Utrecht, 2023.
- [14] TNO, „TNO Kennisinbreng Mobiliteit voor Klimaat- en Energieverkenning (KEV) 2022 TNO-2022-P12044,” Amsterdam, 2022.
- [15] TNO, „Scenarioberekening van het bereik en emissie-effect van de Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel,” TNO 2021 R12244, 2021a.
- [16] TNO, „Eindrapport data onderzoek mobiele machines in Nederland,” TNO 2021 R11086, 2021b.
- [17] J. Hulskotte en R. Verbeek, „Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkoop in combinatie met brandstof Afzet (EMMA),” TNO-034-UT-2009-01782_RPT-ML, Utrecht, 2009.

Ondertekening

TNO › Mobility & Built Environment › Den Haag, 28 maart 2024



Chantal Stroek
Research Manager



Annette Rondaij
Auteur

Bijlage A

Tabel B - Emissiefactoren**Tabel 4.8:** Emissiefactoren van verschillende werktuigen. Deze factoren dienen nog vermenigvuldigd te worden met het maximale motorvermogen en de verwachte draaiuren.

			< 19 kW	19 ≤ kW < 37	37 ≤ kW < 56	56 ≤ kW < 75	75 ≤ kW < 130	130 ≤ kW < 300	300 ≤ kW < 560	560 ≤ kW < 1000 kW	1000 ≤ kW
Draaiuren forfaitair	uur/jaar		700	1.000	1.000	1.200	1.200	1.500	1.500	1.200	650
Maximaal motorvermogen forfaitair	kW		10	30	50	60	100	210	430	780	1,000
A1.4	CO ₂	ton/jaar	2,41	6,92	10,61	14,96	23,85	60,38	121,51	175,01	121,29
A1.13	NH ₃	g/kW/jaar	0,59	0,66	0,75	20,13	19,73	23,11	22,84	0,72	0,39
A1.14	NO _x	g/kW/jaar	1.401,47	2.246,87	1.431,96	693,60	691,71	831,07	819,72	1.377,06	745,91
A1.16	PM	g/kW/jaar									
A1.18											
A1.21											
A1.23											
A1.24											
A1.28											
A1.30											
A1.31											
A1.32			114,39	2,30	2,55	3,13	3,03	2,75	3,55	25,59	13,86
A1.33											
A1.36											
A1.40											
A1.45											
A3.6											
A3.10											
A1.2	CO ₂	ton/jaar	2,71	8,06	12,50	17,68	28,39	72,29	145,91	210,43	145,88
A1.3	NH ₃	g/kW/jaar	0,66	0,77	0,89	23,84	23,49	27,68	27,40	0,86	0,47
A1.6	NO _x	g/kW/jaar	1.571,48	2.611,88	1.685,44	682,23	680,36	817,44	806,28	1.655,79	896,89
A1.9	PM	g/kW/jaar									
A1.11											
A1.29											
A1.35			128,26	2,67	3,00	3,71	3,61	3,29	4,26	30,77	16,67
A1.42											
A3.2											
A3.11											
A1.10	CO ₂	ton/jaar	2,40	6,88	10,54	14,86	23,69	59,96	120,65	173,76	120,42
A1.12	NH ₃	g/kW/jaar	0,59	0,66	0,75	20,00	19,59	22,95	22,67	0,71	0,39
A1.17	NO _x	g/kW/jaar	1.395,46	2.233,96	1.423,00	694,00	692,11	831,55	820,20	1.367,20	740,57
A1.26	PM	g/kW/jaar									
A1.27											
A1.34											
A1.37											
A1.38			113,90	2,28	2,53	3,11	3,01	2,73	3,52	25,41	13,76
A1.39											
A1.43											
A1.44											

A3.3 A3.5 A3.7 A3.9											
A1.1 A1.7 A1.22	CO ₂	ton/jaar	2,28	6,45	9,83	13,83	21,97	55,44	111,40	160,35	111,10
A2.1 A2.8 A2.9 A2.10	NH ₃	g/kW/jaar	0,56	0,62	0,70	18,60	18,17	21,22	20,94	0,66	0,36
	NO _x	g/kW/jaar	1.331,07	2.095,70	1.326,98	698,31	696,40	836,72	825,29	1.261,62	683,38
	PM	g/kW/jaar	108,64	2,14	2,36	2,89	2,79	2,52	3,25	23,45	12,70
A1.25 A1.41 A2.4 A2.6 A3.14	CO ₂	ton/jaar	2,77	8,29	12,89	18,23	29,31	74,70	150,84	217,58	150,85
	NH ₃	g/kW/jaar	0,68	0,79	0,91	24,59	24,25	28,60	28,33	0,89	0,48
	NO _x	g/kW/jaar	1.605,82	2.685,62	1.736,65	679,93	678,07	814,69	803,56	1.712,10	927,39
	PM	g/kW/jaar	131,07	2,74	3,09	3,83	3,72	3,40	4,40	31,82	17,23
A1.5 A1.15 A1.19 A1.20 A2.1 A2.5 A3.2 A3.8	CO ₂	ton/jaar	2,46	7,10	10,92	15,40	24,58	62,30	125,45	180,74	125,26
	NH ₃	g/kW/jaar	0,60	0,68	0,77	20,73	20,34	23,85	23,57	0,74	0,40
	NO _x	g/kW/jaar	1.428,95	2.305,86	1.472,92	691,76	689,87	828,87	817,55	1.422,11	770,31
	PM	g/kW/jaar	116,63	2,36	2,62	3,23	3,12	2,83	3,66	26,43	14,32
A1.8	CO ₂	ton/jaar	2,16	5,98	9,04	12,70	20,09	50,50	101,30	145,68	100,92
	NH ₃	g/kW/jaar	0,53	0,57	0,64	17,06	16,61	19,33	19,05	0,60	0,32
	NO _x	g/kW/jaar	1.260,66	1.944,53	1.222,00	703,02	701,10	842,36	830,85	1.146,19	620,85
	PM	g/kW/jaar	102,89	1,99	2,18	2,65	2,55	2,30	2,96	21,30	11,54

Bijlage B

Tabel C - Gemiddeld**Tabel 4.9:** Gewogen gemiddelde emissies A1 werktuigen (per machine per jaar), aantal actieve machines en gewogen gemiddelde brandstofverbruik in (kg/machine/jaar) en draaiuren (uur/jaar).

			< 19 kW	19 ≤ kW < 37	37 ≤ kW < 56	56 ≤ kW < 75	75 ≤ kW < 130	130 ≤ kW < 300	300 ≤ kW < 560	560 ≤ kW < 1000 kW
A1.2 asfaltspreidmachine / asfaltwerkmachine	CO ₂	ton/jaar		3,52			30,81			
	NH ₃	g/jaar		8,31			1.862,15			
	NO _x	g/jaar		30.217,6 7			119.538, 98			
	PM	g/jaar		2.707,53			2.717,75			
	Draaiuren	uur/jaar		483			954			
	Aantal	-		2			171			
	Brandstof	kg/jaar		1.136			9.938			
A1.6 betonmachine/ paver	CO ₂	ton/jaar		2,19			21,62			
	NH ₃	g/jaar		5,82			1.146,47			
	NO _x	g/jaar		22.355,1 5			98.957,3 8			
	PM	g/jaar		1.681,30			2.126,47			
	Draaiuren	uur/jaar		343			1.332			
	Aantal	-		102			421			
	Brandstof	kg/jaar		706			6.975			
A1.9 bulldozer	CO ₂	ton/jaar					18,43	63,24		
	NH ₃	g/jaar					1.138,76	3.974,32		
	NO _x	g/jaar					72.812,1 9	190.210, 76		
	PM	g/jaar					1.623,83	4.602,96		
	Draaiuren	uur/jaar					850	1.294		
	Aantal	-					21	259		
	Brandstof	kg/jaar					5.944	20.400		
A1.10 emulsiespuitwagen	CO ₂	ton/jaar	1,46					65,46		
	NH ₃	g/jaar	4,10					3.808,48		
	NO _x	g/jaar	20.360,91					239.414, 68		
	PM	g/jaar	2.368,25					5.386,52		

	Draaiuren	uur/jaar	290					1.294		
	Aantal	-	249					374		
	Brandstof	kg/jaar	470					21.117		
A1.11 freesmachine voor asfalt of beton	CO ₂	ton/jaar							143,35	
	NH ₃	g/jaar							8.551,80	
	NO _x	g/jaar							426.545,86	
	PM	g/jaar							11.221,88	
	Draaiuren	uur/jaar							1.464	
	Aantal	-							10	
	Brandstof	kg/jaar							46.241	
A1.15 gietasfaltketel	CO ₂	ton/jaar		6,06	19,48					
	NH ₃	g/jaar		14,87	61,09					
	NO _x	g/jaar		68.450,85	138.220,28					
	PM	g/jaar		6.056,50	6.430,23					
	Draaiuren	uur/jaar		722	1.526					
	Aantal	-		157	44					
	Brandstof	kg/jaar		1.954	6.283					
A1.16 graaflaadcombinatie	CO ₂	ton/jaar		5,32	9,86	12,20				
	NH ₃	g/jaar		13,35	29,38	576,61				
	NO _x	g/jaar		52.380,01	59.004,39	67.197,74				
	PM	g/jaar		4.373,97	669,73	2.496,96				
	Draaiuren	uur/jaar		973	1.060	780				
	Aantal	-		3	8	79				
	Brandstof	kg/jaar		1.716	3.180	3.936				
A1.17 grader/wegschaaf	CO ₂	ton/jaar				5,04	11,18			
	NH ₃	g/jaar				14,88	31,89			
	NO _x	g/jaar				57.164,29	124.026,12			
	PM	g/jaar				3.373,84	5.638,18			
	Draaiuren	uur/jaar				241	329			
	Aantal	-				1	21			
	Brandstof	kg/jaar				1.627	3.607			
A1.18 heimachine/funderin gsmachine (gemotoriseerd materieel)	CO ₂	ton/jaar		3,72			32,75	66,05	153,88	
	NH ₃	g/jaar		9,21			1.139,01	3.136,26	7.974,68	
	NO _x	g/jaar		46.024,10			214.792,02	277.560,61	615.917,28	
	PM	g/jaar		3.975,94			6.993,31	7.947,79	20.286,87	
	Draaiuren	uur/jaar		366			1.290	1.542	1.579	
	Aantal	-		75			159	431	117	
	Brandstof	kg/jaar		1.201			10.563	21.306	49.640	
A1.19 hoogwerker (zelfrijdend of getrokken)	CO ₂	ton/jaar		2,41		6,12	8,35			
	NH ₃	g/jaar		5,89		350,00	463,71			

	NO _x	g/jaar		23.231,06		25.410,18	37.327,19			
	PM	g/jaar		1.888,34		786,92	675,24			
	Draaiuren	uur/jaar		422		445	459			
	Aantal	-		210		311	48			
	Brandstof	kg/jaar		777		1.973	2.692			
A1.21 mobiele boorinstallatie	CO ₂	ton/jaar	2,61				29,87	55,27	135,55	
	NH ₃	g/jaar	7,51				1.270,66	2.418,38	6.093,97	
	NO _x	g/jaar	37.072,64				168.502,04	250.535,25	622.117,67	
	PM	g/jaar	4.299,30				4.580,94	7.726,87	22.799,13	
	Draaiuren	uur/jaar	482				1.251	1.250	1.251	
	Aantal	-	212				231	378	231	
	Brandstof	kg/jaar	842				9.635	17.828	43.725	
A1.22 mobiele compressor	CO ₂	ton/jaar	1,18	1,52	2,41	2,98	4,65	8,60		
	NH ₃	g/jaar	2,86	3,84	7,22	66,21	96,17	194,41		
	NO _x	g/jaar	14.244,33	15.958,25	21.840,88	22.722,04	40.307,18	66.207,00		
	PM	g/jaar	1.659,70	1.391,06	1.405,86	1.376,23	1.881,88	2.985,75		
	Draaiuren	uur/jaar	279	198	203	205	203	205		
	Aantal	-	1.694	4.558	360	84	664	84		
	Brandstof	kg/jaar	380	489	777	960	1.500	2.774		
A1.23 mobiele graafmachine (niet zijnde 'overslagmachine')	CO ₂	ton/jaar					33,60	22,88	36,63	
	NH ₃	g/jaar					1.600,66	1.084,02	1.762,27	
	NO _x	g/jaar					180.360,97	188.408,28	305.210,38	
	PM	g/jaar					5.062,33	3.198,07	6.202,74	
	Draaiuren	uur/jaar					1.376	1.579	1.578	
	Aantal	-					348	483	344	
	Brandstof	kg/jaar					10.840	7.381	11.815	
A1.24 mobiele kraan (telescoopkraan, torenkraan, rupshijskraan, ruwterreinkraan, draadkraan, minihijskraan)	CO ₂	ton/jaar								
	NH ₃	g/jaar								
	NO _x	g/jaar								
	PM	g/jaar								
	Draaiuren	uur/jaar								
	Aantal	-								
	Brandstof	kg/jaar								
A1.27 mobiele zeefinstallatie	CO ₂	ton/jaar			12,35	18,61	23,20		136,68	
	NH ₃	g/jaar			38,27	732,17	862,02		9.309,67	
	NO _x	g/jaar			97.341,30	101.302,18	137.155,36		356.761,11	
	PM	g/jaar			5.327,64	4.857,87	4.107,24		9.350,27	
	Draaiuren	uur/jaar			860	965	1.005		1.534	
	Aantal	-			75	412	80		100	
	Brandstof	kg/jaar			3.984	6.005	7.484		44.091	

A1.28 mobiele overslagmachine, rupsoverslagmachine, overslagkraan (niet zijnde statisch en bekabeld elektrisch)	CO ₂	ton/jaar			8,75		17,59	46,93	99,68	
	NH ₃	g/jaar			27,13		665,04	2.052,64	3.349,17	
	NO _x	g/jaar			69.347,68		109.980,67	197.348,48	535.728,32	
	PM	g/jaar			3.963,46		3.786,02	6.107,21	21.939,74	
	Draaiuren	uur/jaar			628		625	1.114	1.091	
	Aantal	-			70		459	407	126	
	Brandstof	kg/jaar			2.821		5.673	15.138	32.155	
A1.30 rupsgraafmachine	CO ₂	ton/jaar	2,37	7,08	11,87	18,04	25,15	48,49	131,41	
	NH ₃	g/jaar	6,27	19,09	36,85	1.042,74	1.661,44	3.125,23	8.244,97	
	NO _x	g/jaar	30.848,90	73.510,60	76.476,68	75.696,32	95.768,72	160.800,68	455.438,94	
	PM	g/jaar	3.568,74	5.688,74	2.019,48	3.038,63	1.945,71	3.382,43	12.968,59	
	Draaiuren	uur/jaar	562	1.017	1.160	1.179	1.267	1.389	1.517	
	Aantal	-	10.983	9.872	2.450	880	6.227	1.758	207	
	Brandstof	kg/jaar	764	2.284	3.828	5.820	8.114	15.640	42.390	
A1.31 ruw terrein heftruck	CO ₂	ton/jaar			10,53					
	NH ₃	g/jaar			33,15					
	NO _x	g/jaar			66.757,65					
	PM	g/jaar			1.335,06					
	Draaiuren	uur/jaar			798					
	Aantal	-			1.093					
	Brandstof	kg/jaar			3.398					
A1.32 schranklader	CO ₂	ton/jaar		3,19	6,50	9,05	14,96			
	NH ₃	g/jaar		8,50	20,17	414,88	631,92			
	NO _x	g/jaar		31.449,89	45.273,19	48.164,06	79.047,89			
	PM	g/jaar		2.743,50	1.790,47	1.886,10	2.113,70			
	Draaiuren	uur/jaar		388	559	665	771			
	Aantal	-		422	59	117	832			
	Brandstof	kg/jaar		1.029	2.097	2.918	4.826			
A1.35 sleepgraver/dragline	CO ₂	ton/jaar								
	NH ₃	g/jaar								
	NO _x	g/jaar								
	PM	g/jaar								
	Draaiuren	uur/jaar								
	Aantal	-								
	Brandstof	kg/jaar								
A1.37 teer-/asfaltsproeier	CO ₂	ton/jaar	1,46					65,46		
	NH ₃	g/jaar	4,10					3.808,48		
	NO _x	g/jaar	20.360,91					239.414,68		
	PM	g/jaar	2.368,25					5.386,52		
	Draaiuren	uur/jaar	290					1.294		

	Aantal	-	249					374		
	Brandstof	kg/jaar	470					21.117		
A1.38 tractor	CO ₂	ton/jaar	0,24	0,60	2,19	6,39	17,57	40,51		
	NH ₃	g/jaar	0,38	1,40	6,42	110,15	607,39	2.013,69		
	NO _x	g/jaar	2.153,40	8.707,16	23.121,01	51.300,48	111.167,00	164.247,67		
	PM	g/jaar	413,92	654,79	1.593,81	2.787,80	3.343,97	4.297,91		
	Draaiuren	uur/jaar	47	62	170	414	816	1.157		
	Aantal	-	606	1.311	1.726	3.942	5.593	1.391		
	Brandstof	kg/jaar	79	195	706	2.061	5.668	13.067		
A1.42 wals (klein, knik-, rol-, banden-, grond-)	CO ₂	ton/jaar	1,90	2,93	10,23		12,28			
	NH ₃	g/jaar	4,90	7,68	31,92		504,37			
	NO _x	g/jaar	24.971,27	29.916,50	77.118,00		70.165,61			
	PM	g/jaar	2.916,33	2.527,53	3.374,13		2.101,14			
	Draaiuren	uur/jaar	346	346	749		498			
	Aantal	-	39	306	87		469			
	Brandstof	kg/jaar	614	946	3.301		3.962			
A1.45 wieldumper	CO ₂	ton/jaar	0,90	1,60			8,24	43,33	73,02	119,57
	NH ₃	g/jaar	2,00	4,01			340,97	2.508,91	3.199,65	226,29
	NO _x	g/jaar	10.272,56	15.560,77			41.271,85	138.794,12	282.963,82	690.787,29
	PM	g/jaar	1.219,65	1.348,98			930,21	3.575,85	9.330,01	42.748,04
	Draaiuren	uur/jaar	207	207			420	857	919	647
	Aantal	-	314	221			20	207	63	1
	Brandstof	kg/jaar	292	515			2.657	13.979	23.556	38.572

Tabel 4.10: Gewogen gemiddelde emissies A2 werktuigen (per machine per jaar), aantal actieve machines en gewogen gemiddelde brandstofverbruik in (kg/machine/jaar) en draaiuren (uur/jaar).

			< 19 kW	19 ≤ kW < 37	37 ≤ kW < 56	56 ≤ kW < 75	75 ≤ kW < 130	130 ≤ kW < 300	300 ≤ kW < 560	560 ≤ kW < 1000 kW
Aggregaat ¹⁴ (A2.1, A2.2, A2.3, A2.7) ¹⁵	CO ₂	ton/jaar	2,11	8,33			28,97			156,09
	NH ₃	g/jaar	4,87	22,22			90,07			485,40
	NO _x	g/jaar	24.441,89	89.685,55			275.057,78			1.289.151,49
	PM	g/jaar	2.859,66	8.330,55			9.201,91			81.256,82
	Draaiuren	uur/jaar	518	924			1.283			837
	Aantal	-	4.293	2.583			666			235
	Brandstof	kg/jaar	680	2.688			9.347			50.351
A2.4 hydraulisch aggregaat	CO ₂	ton/jaar	0,17	2,06	6,45		11,36	24,87	71,99	75,60
	NH ₃	g/jaar	0,38	5,29	20,01		344,34	804,91	2.637,97	167,46
	NO _x	g/jaar	1.908,16	21.540,38	52.788,84		79.931,55	144.847,45	396.788,36	542.681,10
	PM	g/jaar	224,12	1.874,50	3.021,19		2.682,37	5.449,17	16.437,02	27.078,60
	Draaiuren	uur/jaar	40	264	499		521	586	773	492
	Aantal	-	99	86	144		39	662	1.014	225
	Brandstof	kg/jaar	53	663	2.082		3.666	8.021	23.221	24.388
A2.5 lasaggregaat	CO ₂	ton/jaar		0,74						
	NH ₃	g/jaar		1,74						
	NO _x	g/jaar		7.288,25						
	PM	g/jaar		634,58						
	Draaiuren	uur/jaar		120						
	Aantal	-		573						
	Brandstof	kg/jaar		238						
A2.6 lichtmastaggregaat/ lichtmast (zelf aangedreven)	CO ₂	ton/jaar	4,26							
	NH ₃	g/jaar	8,60							
	NO _x	g/jaar	41.166,52							
	PM	g/jaar	4.726,14							
	Draaiuren	uur/jaar	1.353							
	Aantal	-	2.365							

¹⁴ Een aggregaat of mobiel powerpack zonder verbrandingsmotor heeft geen uitstoot en de cijfers geven een besparing ten opzichte van een vergelijkbaar dieselaggregaat.

¹⁵ A2.1 aggregaat met verbrandingsmotor voor off-grid stroomvoorziening vanaf 560 kW
 A2.2 aggregaat op wind- of zonne-energie voor off-grid stroomvoorziening
 A2.3 aggregaat voor off-grid stroomvoorziening aangedreven door waterstof of waterstofdragers
 A2.7 mobiel batterijpakket voor off-grid stroomvoorziening vanaf 50 kWh

	Brandstof	kg/jaar	1.374							
A2.8 trilplaat/stamper	CO ₂	ton/jaar	0,90							
	NH ₃	g/jaar	1,39							
	NO _x	g/jaar	6.713,13							
	PM	g/jaar	772,06							
	Draaiuren	uur/jaar	340							
	Aantal	-	9.080							
	Brandstof	kg/jaar	291							
A2.9 mobiele (vuil)- waterpomp	CO ₂	ton/jaar	2,18	20,37		8,58			47,46	
	NH ₃	g/jaar	3,26	46,29		299,89			1.759,13	
	NO _x	g/jaar	15.849,7 9	194.07 1,47		51.711,1 4			268.592, 66	
	PM	g/jaar	1.827,15	16.769, 82		2.439,90			10.827,0 5	
	Draaiuren	uur/jaar	822	3.878		703			702	
	Aantal	-	1.729	852		525			463	
	Brandstof	kg/jaar	705	6.572		2.769			15.308	
A2.10 pompen voor baggeren (DOP- pomp, jetpomp, booster- baggerstation)	CO ₂	ton/jaar	2,18	20,37		8,58			47,46	
	NH ₃	g/jaar	3,26	46,29		299,89			1.759,13	
	NO _x	g/jaar	15.849,7 9	194.07 1,47		51.711,1 4			268.592, 66	
	PM	g/jaar	1.827,15	16.769, 82		2.439,90			10.827,0 5	
	Draaiuren	uur/jaar	822	3.878		703			702	
	Aantal	-	1.729	852		525			463	
	Brandstof	kg/jaar	705	6.572		2.769			15.308	

Bijlage C

Tabel D – Stage V

Tabel 4.11: Gewogen gemiddelde emissies A1 werktuigen naar Stage V (kg per machine per jaar), aantal actieve machines en gewogen gemiddelde brandstofverbruik in (kg/machine/jaar) en draaiuren (uur/jaar).

			< 19 kW	19 ≤ kW < 37	37 ≤ kW < 56	56 ≤ kW < 75	75 ≤ kW < 130	130 ≤ kW < 300	300 ≤ kW < 560	560 ≤ kW < 1000 kW
A1.2 asfaltspreidmachine / asfaltwerkmachine	CO ₂	ton/jaar								
	NH ₃	g/jaar								
	NO _x	g/jaar								
	PM	g/jaar								
	Draaiuren	uur/jaar								
	Aantal	-								
	Brandstof	kg/jaar								
A1.6 betonmachine/ paver	CO ₂	ton/jaar		2,68						
	NH ₃	g/jaar		7,21						
	NO _x	g/jaar		24.527,0 5						
	PM	g/jaar		24,90						
	Draaiuren	uur/jaar		439						
	Aantal	-		10						
	Brandstof	kg/jaar		864						
A1.9 bulldozer	CO ₂	ton/jaar						79,57		
	NH ₃	g/jaar						6.251,28		
	NO _x	g/jaar						184.625, 67		
	PM	g/jaar						738,09		
	Draaiuren	uur/jaar						1.694		
	Aantal	-						26		
	Brandstof	kg/jaar						25.668		
A1.10 emulsiespuitwagen	CO ₂	ton/jaar	1,78					81,92		
	NH ₃	g/jaar	5,46					6.479,04		
	NO _x	g/jaar	12.927,3 7					234.765, 56		
	PM	g/jaar	1.048,49					764,98		

	Draaiuren	uur/jaar	381					1.694		
	Aantal	-	16					38		
	Brandstof	kg/jaar	574					26.426		
A1.11 freesmachine voor asfalt of beton	CO ₂	ton/jaar							167,74	
	NH ₃	g/jaar							13.246,21	
	NO _x	g/jaar							389.723,05	
	PM	g/jaar							2.045,75	
	Draaiuren	uur/jaar							1.768	
	Aantal	-							1	
	Brandstof	kg/jaar							54.110	
A1.15 gietasfaltketel	CO ₂	ton/jaar		6,54	22,76					
	NH ₃	g/jaar		18,34	79,70					
	NO _x	g/jaar		62.381,34	151.699,78					
	PM	g/jaar		63,32	268,34					
	Draaiuren	uur/jaar		902	1.907					
	Aantal	-		5	3					
	Brandstof	kg/jaar		2.110	7.342					
A1.16 graaflaadcombinatie	CO ₂	ton/jaar								
	NH ₃	g/jaar								
	NO _x	g/jaar								
	PM	g/jaar								
	Draaiuren	uur/jaar								
	Aantal	-								
	Brandstof	kg/jaar								
A1.17 grader/wegschaaf	CO ₂	ton/jaar								
	NH ₃	g/jaar								
	NO _x	g/jaar								
	PM	g/jaar								
	Draaiuren	uur/jaar								
	Aantal	-								
	Brandstof	kg/jaar								
A1.18 heimachine/funderin gsmachine (gemotoriseerd materieel)	CO ₂	ton/jaar		3,87				81,71	186,33	
	NH ₃	g/jaar		11,22				6.412,29	14.744,01	
	NO _x	g/jaar		38.170,89				218.117,70	500.331,38	
	PM	g/jaar		38,75				757,10	2.277,09	
	Draaiuren	uur/jaar		452				2.028	2.021	
	Aantal	-		2				33	10	
	Brandstof	kg/jaar		1.249				26.358	60.108	
A1.19 hoogwerker (zelfrijdend of getrokken)	CO ₂	ton/jaar		2,74						
	NH ₃	g/jaar		6,94						
	NO _x	g/jaar		23.609,85						

	PM	g/jaar		23,97						
	Draaiuren	uur/jaar		512						
	Aantal	-		14						
	Brandstof	kg/jaar		884						
A1.21 mobiele boorinstallatie	CO ₂	ton/jaar	3,22					68,26	167,25	
	NH ₃	g/jaar	9,98					5.361,23	13.251,57	
	NO _x	g/jaar	23.650,53					182.365,26	449.685,94	
	PM	g/jaar	1.918,20					633,00	2.046,59	
	Draaiuren	uur/jaar	636					1.653	1.653	
	Aantal	-	15					26	16	
	Brandstof	kg/jaar	1.037					22.019	53.951	
A1.22 mobiele compressor	CO ₂	ton/jaar	1,45	1,76	2,67			9,42		
	NH ₃	g/jaar	3,83	4,87	9,17			737,36		
	NO _x	g/jaar	9.062,44	16.580,96	17.457,04			25.627,14		
	PM	g/jaar	735,02	16,83	30,88			87,06		
	Draaiuren	uur/jaar	370	257	258			258		
	Aantal	-	97	183	12			3		
	Brandstof	kg/jaar	468	569	862			3.040		
A1.23 mobiele graafmachine (niet zijnde 'overslagmachine')	CO ₂	ton/jaar						27,73	44,36	
	NH ₃	g/jaar						2.178,24	3.496,75	
	NO _x	g/jaar						249.845,28	410.721,18	
	PM	g/jaar						257,17	540,04	
	Draaiuren	uur/jaar						2.034	2.034	
	Aantal	-						32	23	
	Brandstof	kg/jaar						8.946	14.310	
A1.24 mobiele kraan (telescoopkraan, torenkraan, rupshijskraan, ruwterreinkraan, draadkraan, minihijskraan)	CO ₂	ton/jaar						86,59	68,68	
	NH ₃	g/jaar						6.788,22	5.409,76	
	NO _x	g/jaar						235.925,83	444.318,58	
	PM	g/jaar						801,48	835,48	
	Draaiuren	uur/jaar						2.247	2.247	
	Aantal	-						5	10	
	Brandstof	kg/jaar						27.931	22.155	
A1.27 mobiele zeefinstallatie	CO ₂	ton/jaar			14,32				170,88	
	NH ₃	g/jaar			49,63				13.466,81	
	NO _x	g/jaar			94.465,04				382.012,18	
	PM	g/jaar			167,10				2.079,83	
	Draaiuren	uur/jaar			1.088				1.981	
	Aantal	-			4				14	
	Brandstof	kg/jaar			4.619				55.123	
	CO ₂	ton/jaar			9,84			55,42	113,91	

A1.28 mobiele overslagmachine, rupsoverslagmachine, overslagkraan (niet zijnde statisch en bekabeld elektrisch)	NH ₃	g/jaar			34,11			4.329,32	8.973,00	
	NO _x	g/jaar			64.926,68			127.862,52	263.998,98	
	PM	g/jaar			114,85			511,16	1.385,80	
	Draaiuren	uur/jaar			770			1.403	1.403	
	Aantal	-			3			25	6	
	Brandstof	kg/jaar			3.174			17.878	36.745	
A1.30 rupsgraafmachine	CO ₂	ton/jaar	2,83	8,30	13,72			57,45	163,14	
	NH ₃	g/jaar	7,87	22,75	46,92			4.473,73	12.903,16	
	NO _x	g/jaar	18.638,22	77.382,42	89.309,71			160.878,00	463.185,58	
	PM	g/jaar	1.511,67	78,55	157,98			528,21	1.992,77	
	Draaiuren	uur/jaar	695	1.272	1.394			1.807	1.945	
	Aantal	-	877	930	326			181	12	
	Brandstof	kg/jaar	913	2.676	4.426			18.534	52.626	
A1.31 ruw terrein heftruck	CO ₂	ton/jaar			12,74					
	NH ₃	g/jaar			44,15					
	NO _x	g/jaar			84.028,48					
	PM	g/jaar			148,64					
	Draaiuren	uur/jaar			997					
	Aantal	-			116					
	Brandstof	kg/jaar			4.108					
A1.32 schranklader	CO ₂	ton/jaar		4,00	7,60					
	NH ₃	g/jaar		11,50	26,39					
	NO _x	g/jaar		39.109,90	50.235,42					
	PM	g/jaar		39,70	88,86					
	Draaiuren	uur/jaar		512	702					
	Aantal	-		8	3					
	Brandstof	kg/jaar		1.291	2.453					
A1.35 sleepgraver/dragline	CO ₂	ton/jaar								
	NH ₃	g/jaar								
	NO _x	g/jaar								
	PM	g/jaar								
	Draaiuren	uur/jaar								
	Aantal	-								
	Brandstof	kg/jaar								
A1.37 teer-/asfaltsproeier	CO ₂	ton/jaar	1,78					81,92		
	NH ₃	g/jaar	5,46					6.479,04		
	NO _x	g/jaar	12.927,37					234.765,56		
	PM	g/jaar	1.048,49					764,98		
	Draaiuren	uur/jaar	381					1.694		
	Aantal	-	16					38		
	Brandstof	kg/jaar	574					26.426		

A1.38 tractor	CO ₂	ton/jaar	0,84	1,66	4,14			44,25		
	NH ₃	g/jaar	2,44	4,66	14,35			3.452,12		
	NO _x	g/jaar	5.778,37	15.868,63	27.319,02			125.086,27		
	PM	g/jaar	468,66	16,11	48,32			407,59		
	Draaiuren	uur/jaar	193	237	384			1.344		
	Aantal	-	1	7	17			121		
	Brandstof	kg/jaar	270	536	1.334			14.276		
A1.42 wals (klein, knik-, rol-, banden-, grond-)	CO ₂	ton/jaar	2,52	3,94	14,57					
	NH ₃	g/jaar	7,23	10,89	50,50					
	NO _x	g/jaar	17.127,01	37.062,73	96.119,80					
	PM	g/jaar	1.389,10	37,62	170,02					
	Draaiuren	uur/jaar	509	509	1.141					
	Aantal	-	1	15	6					
	Brandstof	kg/jaar	813	1.272	4.699					
A1.45 wieldumper	CO ₂	ton/jaar	0,98	1,81				57,99	116,59	
	NH ₃	g/jaar	2,29	4,89				4.553,40	9.169,61	
	NO _x	g/jaar	5.419,48	16.635,05				134.480,43	269.783,58	
	PM	g/jaar	439,55	16,89				537,62	1.416,16	
	Draaiuren	uur/jaar	257	257				1.255	1.568	
	Aantal	-	8	4				9	1	
	Brandstof	kg/jaar	317	585				18.705	37.610	

Tabel 4.12: Gewogen gemiddelde emissies A2 werktuigen naar Stage V (per machine per jaar), aantal actieve machines en gewogen gemiddelde brandstofverbruik in (kg/machine/jaar) en draaiuren (uur/jaar).

			< 19 kW	19 ≤ kW < 37	37 ≤ kW < 56	56 ≤ kW < 75	75 ≤ kW < 130	130 ≤ kW < 300	300 ≤ kW < 560	560 ≤ kW < 1000 kW
Aggregaat ¹⁶ (A2.1, A2.2, A2.3, A2.7) ¹⁷	CO ₂	ton/jaar	2,58	10,00						163,20
	NH ₃	g/jaar	6,53	28,85						8.466,55
	NO _x	g/jaar	15.468,66	98.128,45						124.796,93
	PM	g/jaar	1.254,60	99,61						11.602,05
	Draaiuren	uur/jaar	689	1.216						1.034
	Aantal	-	209	113						6
	Brandstof	kg/jaar	833	3.225						52.644
A2.4 hydraulisch aggregaat	CO ₂	ton/jaar	0,19	2,36	7,51			29,59	87,23	88,49
	NH ₃	g/jaar	0,49	6,56	26,25			2.319,80	6.896,73	276,92
	NO _x	g/jaar	1.149,59	22.325,08	49.957,02			80.625,11	239.181,76	530.871,24
	PM	g/jaar	93,24	22,66	88,37			273,90	1.065,13	9.803,80
	Draaiuren	uur/jaar	51	334	640			768	1.021	640
	Aantal	-	5	4	6			31	53	10
	Brandstof	kg/jaar	62	760	2.423			9.545	28.138	28.545
A2.5 lasaggregaat	CO ₂	ton/jaar		0,85						
	NH ₃	g/jaar		2,19						
	NO _x	g/jaar		7.461,43						
	PM	g/jaar		7,57						
	Draaiuren	uur/jaar		154						
	Aantal	-		24						
	Brandstof	kg/jaar		275						
A2.6 lichtmastaggregaat/ lichtmast (zelf aangedreven)	CO ₂	ton/jaar	5,46							
	NH ₃	g/jaar	11,61							
	NO _x	g/jaar	27.492,44							
	PM	g/jaar	2.229,80							
	Draaiuren	uur/jaar	1.807							

¹⁶ Een aggregaat of mobiel powerpack zonder verbrandingsmotor heeft geen uitstoot en de cijfers geven een besparing ten opzichte van een vergelijkbaar dieselaggregaat.

¹⁷ A2.1 aggregaat met verbrandingsmotor voor off-grid stroomvoorziening vanaf 560 kW
 A2.2 aggregaat op wind- of zonne-energie voor off-grid stroomvoorziening
 A2.3 aggregaat voor off-grid stroomvoorziening aangedreven door waterstof of waterstofdragers
 A2.7 mobiel batterijpakket voor off-grid stroomvoorziening vanaf 50 kWh

	Aantal	-	256							
	Brandstof	kg/jaar	1.763							
A2.8 trilplaat/stamper	CO ₂	ton/jaar	1,12							
	NH ₃	g/jaar	1,80							
	NO _x	g/jaar	4.258,94							
	PM	g/jaar	345,43							
	Draaiuren	uur/jaar	439							
	Aantal	-	954							
	Brandstof	kg/jaar	362							
A2.9 mobiele (vuil)- waterpomp	CO ₂	ton/jaar	2,79	24,32					57,37	
	NH ₃	g/jaar	4,41	60,12					4.519,57	
A2.10 pompen voor baggeren (DOP- pomp, jetpomp, booster- baggerstation)	NO _x	g/jaar	10.438,5 8	204.51 7,94					178.101, 47	
	PM	g/jaar	846,63	207,60					698,01	
	Draaiuren	uur/jaar	1.098	5.136					925	
	Aantal	-	156	35					26	
	Brandstof	kg/jaar	900	7.844					18.507	

Bijlage D

Tabel G – Voertuigen (Gemiddeld)

Tabel 4.13: Emissiefactoren als gevolg van wegkilometers en inzet van hulpfuncties van voertuigen die worden ingezet in de bouw.

				Bestelauto	Lichte vrachtauto	Middelzware vrachtauto	Zware vrachtauto
C1. betonmixer (carrosseriecode 15)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	N/A	106	136	307
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	N/A	5.303,00	5.611,00	32.503,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	N/A	1.467,43	1.459,73	787,43
		Aantal	-	N/A	1,00	10,00	1.289,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	N/A	425,90	619,62	890,36
		NH ₃	g/km	N/A	-	0,01	0,10
		NO _x	g/km	N/A	9,86	8,98	4,82
		PM	g/km	N/A	0,44	0,50	0,17
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	N/A	7.420,00	9.520,00	21.490,00
		NH ₃	g/uur	N/A	0,48	0,61	1,38
		NO _x	g/uur	N/A	25,44	32,64	73,68
		PM	g/uur	N/A	0,07	0,09	0,20
C2. betonpompvoertuig (carrosseriecode 16)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	100	130	224	310
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	25.066,00	12.132,00	8.461,00	28.016,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	973,35	1.296,70	1.388,48	899,60
		Aantal	-	1,00	7,00	21,00	314,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	231,09	311,74	584,41	892,07
		NH ₃	g/km	-	0,04	0,04	0,10

		NO _x	g/km	1,37	2,55	4,59	4,74
		PM	g/km	0,02	0,06	0,15	0,17
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	7.000,00	9.100,00	15.680,00	21.700,00
		NH ₃	g/uur	0,45	0,59	1,01	1,40
		NO _x	g/uur	24,00	31,20	53,76	74,40
		PM	g/uur	0,07	0,08	0,15	0,20
C3. Boorwagen (carrosseriecode 28)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	N/A	120	240	280
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	N/A	12.078,00	10.763,00	44.991,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	N/A	1.298,05	1.330,93	475,23
		Aantal	-	N/A	1,00	3,00	31,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	N/A	288,36	580,63	894,98
		NH ₃	g/km	N/A	0,02	0,08	0,10
		NO _x	g/km	N/A	3,16	2,10	4,67
		PM	g/km	N/A	0,05	0,10	0,18
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	N/A	8.400,00	16.800,00	19.600,00
		NH ₃	g/uur	N/A	0,54	1,08	1,26
		NO _x	g/uur	N/A	28,80	57,60	67,20
		PM	g/uur	N/A	0,08	0,16	0,18
C4. Hoogwerker (carrosseriecode 27)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	94	114	164	287
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	16.609,00	13.539,00	14.502,00	19.138,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	1.184,78	1.261,53	1.237,45	1.121,55
		Aantal	-	2.013,00	280,00	235,00	148,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	231,85	312,03	588,06	893,33
		NH ₃	g/km	0,01	0,05	0,03	0,06
		NO _x	g/km	0,55	2,12	5,05	6,30
		PM	g/km	0,03	0,07	0,16	0,21
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	6.580,00	7.980,00	11.480,00	20.090,00
		NH ₃	g/uur	0,42	0,51	0,74	1,29
		NO _x	g/uur	22,56	27,36	39,36	68,88
		PM	g/uur	0,06	0,07	0,11	0,19
C5. Kieptruck (carrosseriecode 10)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	85	101	157	313
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	14.698,00	11.013,00	12.270,00	50.164,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	1.232,55	1.324,68	1.293,25	345,90

		Aantal	-	7.027,00	821,00	614,00	4.492,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	211,93	322,59	604,55	890,23
		NH ₃	g/km	0,01	0,05	0,03	0,08
		NO _x	g/km	0,56	3,53	6,55	5,16
		PM	g/km	0,03	0,13	0,30	0,18
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	5.950,00	7.070,00	10.990,00	21.910,00
		NH ₃	g/uur	0,38	0,45	0,71	1,41
		NO _x	g/uur	20,40	24,24	37,68	75,12
		PM	g/uur	0,06	0,07	0,10	0,20
C6. Kraanwagen (carrosseriecode 26 of aanduiding SF)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	105	102	180	340
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	7.319,00	8.065,00	8.742,00	42.464,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	1.417,03	1.398,38	1.381,45	538,40
		Aantal	-	35,00	81,00	63,00	400,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	247,20	340,96	584,38	889,81
		NH ₃	g/km	-	0,04	0,06	0,11
		NO _x	g/km	1,43	4,36	3,86	4,33
		PM	g/km	0,11	0,17	0,18	0,17
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	7.350,00	7.140,00	12.600,00	23.800,00
		NH ₃	g/uur	0,47	0,46	0,81	1,53
		NO _x	g/uur	25,20	24,48	43,20	81,60
		PM	g/uur	0,07	0,07	0,12	0,22
C7. Voertuig met haakarm (carrosseriecode 9)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	103	123	193	332
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	28.061,00	11.580,00	16.970,00	60.584,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	898,48	1.310,50	1.175,75	85,40
		Aantal	-	17,00	37,00	125,00	5.229,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	232,87	304,86	583,51	889,79
		NH ₃	g/km	0,01	0,06	0,07	0,11
		NO _x	g/km	0,29	1,87	2,90	4,17
		PM	g/km	0,02	0,05	0,12	0,16
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	7.210,00	8.610,00	13.510,00	23.240,00
		NH ₃	g/uur	0,46	0,55	0,87	1,49
		NO _x	g/uur	24,72	29,52	46,32	79,68
		PM	g/uur	0,07	0,08	0,13	0,22

Bijlage E

Tabel H – Voertuigen (Euro 6/VI)

Tabel 4.14: Emissiefactoren als gevolg van wegkilometers en inzet van hulpfuncties van Euro 6/VI-voertuigen die worden ingezet in de bouw.

				Bestelauto	Lichte vrachtauto	Middelzware vrachtauto	Zware vrachtauto
C1. betonmixer (carrosseriecode 15)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	N/A	N/A	N/A	313
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	N/A	N/A	N/A	33.811,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	N/A	N/A	N/A	754,73
		Aantal	-	N/A	N/A	N/A	962,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	N/A	N/A	N/A	890,77
		NH ₃	g/km	N/A	N/A	N/A	0,12
		NO _x	g/km	N/A	N/A	N/A	4,05
		PM	g/km	N/A	N/A	N/A	0,16
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	N/A	N/A	N/A	21.910,00
		NH ₃	g/uur	N/A	N/A	N/A	1,41
		NO _x	g/uur	N/A	N/A	N/A	75,12
		PM	g/uur	N/A	N/A	N/A	0,01
C2. betonpompvoertuig (carrosseriecode 16)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	N/A	139	253	316
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	N/A	11.982,00	10.763,00	28.829,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	N/A	1.300,45	1.330,93	879,28
		Aantal	-	N/A	3,00	8,00	248,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	N/A	304,10	580,63	890,77
		NH ₃	g/km	N/A	0,08	0,08	0,12

		NO _x	g/km	N/A	0,95	2,10	4,05
		PM	g/km	N/A	0,05	0,10	0,16
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	N/A	9.730,00	17.710,00	22.120,00
		NH ₃	g/uur	N/A	0,63	1,14	1,42
		NO _x	g/uur	N/A	33,36	60,72	75,84
		PM	g/uur	N/A	0,00	0,01	0,01
C3. Boorwagen (carrosseriecode 28)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	N/A	N/A	240	286
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	N/A	N/A	10.763,00	49.646,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	N/A	N/A	1.330,93	358,85
		Aantal	-	N/A	N/A	3,00	24,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	N/A	N/A	580,63	890,77
		NH ₃	g/km	N/A	N/A	0,08	0,12
		NO _x	g/km	N/A	N/A	2,10	4,05
		PM	g/km	N/A	N/A	0,10	0,16
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	N/A	N/A	16.800,00	20.020,00
		NH ₃	g/uur	N/A	N/A	1,08	1,29
		NO _x	g/uur	N/A	N/A	57,60	68,64
		PM	g/uur	N/A	N/A	0,01	0,01
C4. Hoogwerker (carrosseriecode 27)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	100	123	193	300
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	21.518,00	15.716,00	17.927,00	16.127,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	1.062,05	1.207,10	1.151,83	1.196,83
		Aantal	-	998,00	143,00	53,00	80,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	232,53	303,49	580,63	890,77
		NH ₃	g/km	0,01	0,08	0,08	0,12
		NO _x	g/km	0,13	0,95	2,10	4,05
		PM	g/km	0,02	0,05	0,10	0,16
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	7.000,00	8.610,00	13.510,00	21.000,00
		NH ₃	g/uur	0,45	0,55	0,87	1,35
		NO _x	g/uur	24,00	29,52	46,32	72,00
		PM	g/uur	0,00	0,00	0,01	0,01
C5. Kieptruck (carrosseriecode 10)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	99	120	184	331
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	20.163,00	13.470,00	24.065,00	58.030,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	1.095,93	1.263,25	998,38	149,25

		Aantal	-	2.663,00	324,00	76,00	2.573,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	229,46	294,34	580,10	890,72
		NH ₃	g/km	0,01	0,09	0,08	0,12
		NO _x	g/km	0,15	0,91	2,09	4,05
		PM	g/km	0,02	0,05	0,10	0,16
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	6.930,00	8.400,00	12.880,00	23.170,00
		NH ₃	g/uur	0,45	0,54	0,83	1,49
		NO _x	g/uur	23,76	28,80	44,16	79,44
		PM	g/uur	0,00	0,00	0,01	0,01
C6. Kraanwagen (carrosseriecode 26 of aanduiding SF)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	103	120	184	331
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	28.306,00	11.982,00	10.763,00	43.621,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	892,35	1.300,45	1.330,93	509,48
		Aantal	-	3,00	22,00	35,00	340,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	236,03	304,10	580,63	890,77
		NH ₃	g/km	-	0,08	0,08	0,12
		NO _x	g/km	0,29	0,95	2,10	4,05
		PM	g/km	0,02	0,05	0,10	0,16
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	7.210,00	8.400,00	12.880,00	23.170,00
		NH ₃	g/uur	0,46	0,54	0,83	1,49
		NO _x	g/uur	24,72	28,80	44,16	79,44
		PM	g/uur	0,00	0,00	0,01	0,01
C7. Voertuig met haakarm (carrosseriecode 9)	Karakteristieken	Gemiddeld maximaal motorvermogen	kW	105	128	197	335
		Gemiddelde kilometers per jaar	km/jaar	29.467,00	11.982,00	24.245,00	62.394,00
		Gemiddelde hulpfunctie uren per jaar	u/jaar	863,33	1.300,45	993,88	40,15
		Aantal	-	14,00	23,00	71,00	4.762,00
	Per gereden kilometer	CO ₂	g/km	232,65	304,10	580,63	890,45
		NH ₃	g/km	0,01	0,08	0,08	0,12
		NO _x	g/km	0,14	0,95	2,10	4,04
		PM	g/km	0,02	0,05	0,10	0,16
	Hulpfunctie inzet	CO ₂	g/uur	7.350,00	8.960,00	13.790,00	23.450,00
		NH ₃	g/uur	0,47	0,58	0,89	1,51
		NO _x	g/uur	25,20	30,72	47,28	80,40
		PM	g/uur	0,00	0,00	0,01	0,01

Bijlage F

Tabel J – Inschatting zero-emissie werktuigen

Tabel 4.15: Inschatting aantallen zero-emissie mobiele werktuigen in het jaar 2025.

	Mobiel of stationair of handheld	Specialistisch	<19 kW (incl. benzine)	19 ≤ kW < 56	56 ≤ kW < 130	130 ≤ kW
asfalt afwerkinstallaties	Mobiel	Ja				
asfaltfreemachines	Mobiel	Ja				
autolaadkranen	Mobiel	Nee	3			
bandenzagen/motorslijpers	Handheld	Nee	1,240			
betonmixers	Mobiel	Nee		3	7	
bulldozers	Mobiel	Nee			2	2
draadkranen/draglines	Mobiel	Nee				
dumpers	Mobiel	Nee	10	2		
emulsiespuitwagens	Mobiel	Ja	1			
generatoren, bouw	Stationair	Nee	683	72	22	4
gietasfaltketels	Mobiel	Ja				
graaf-laadcombinaties	Mobiel	Ja				
graafmachines	Mobiel	Nee	249	171	118	10
graders	Mobiel	Ja				
heiblokken/palenrammers	Mobiel	Ja				
heimachines/funderingsmachines	Mobiel	Ja			1	1
hoogwerkers	Mobiel	Nee		4	7	
hydrauliek powerpacks	Stationair	Nee			5	22
laadschoppen op banden	Mobiel	Nee	68	142	12	6
laadschoppen op rupsen	Mobiel	Ja				
landbouwtrekkers	Mobiel	Nee	12	7	34	3
lasaggregaten	Stationair	Nee				
lichtmasten	Stationair	Nee	122			
mobiele boorinstallaties	Mobiel	Nee				
mobiele compressoren	Mobiel	Nee	22	42	7	
mobiele kranen	Mobiel	Nee			5	2
mobiele pompen	Stationair	Nee	393	10	10	4
mobiele zeef- en scheidingsmachines	Mobiel	Nee				
overslagmachines	Mobiel	Nee			5	2

ruw terrein heftrucks	Mobiel	Nee		11		
schrانkladers	Mobiel	Nee		2	7	
torenkranen (mobiel)	Mobiel	Nee				
trilplaten/stampers	Handheld	Nee	157			
vorkheftrucks	Mobiel	Nee		39	8	1
walsen	Mobiel	Nee				

Tabel 4.16: Inschatting aantallen zero-emissie mobiele werktuigen in het jaar 2030.

	Mobiel of stationair of handheld	Specialistisch	<19 kW (incl. benzine)	19 ≤ kW < 56	56 ≤ kW < 130	130 ≤ kW
asfalt afwerkinstallaties	Mobiel	Ja				
asfaltfreemachines	Mobiel	Ja				
autolaadkranen	Mobiel	Nee	9	1		
bandenzagen/motorslijpers	Handheld	Nee	3,048			
betonmixers	Mobiel	Nee		9	20	
bulldozers	Mobiel	Nee			5	4
draadkranen/draglines	Mobiel	Nee				
dumpers	Mobiel	Nee	36	9	2	
emulsiespuitwagens	Mobiel	Ja	7			
generatoren, bouw	Stationair	Nee	1,940	204	61	12
gietasfaltketels	Mobiel	Ja				
graaf-laadcombinaties	Mobiel	Ja				
graafmachines	Mobiel	Nee	775	571	323	21
graders	Mobiel	Ja				
heiblokken/palenrammers	Mobiel	Ja				
heimachines/funderingsmachines	Mobiel	Ja			5	5
hoogwerkers	Mobiel	Nee		13	22	
hydrauliek powerpacks	Stationair	Nee	2	1	17	64
laadschoppen op banden	Mobiel	Nee	288	551	39	15
laadschoppen op rupsen	Mobiel	Ja				
landbouwtrekkers	Mobiel	Nee	51	23	128	10
lasaggregaten	Stationair	Nee				
lichtmasten	Stationair	Nee	284			
mobiele boorinstallaties	Mobiel	Nee			3	5
mobiele compressoren	Mobiel	Nee	67	126	22	
mobiele kranen	Mobiel	Nee			13	6
mobiele pompen	Stationair	Nee	1,148	29	29	12
mobiele zeef- en scheidingsmachines	Mobiel	Nee				
overslagmachines	Mobiel	Nee			15	4
ruw terrein heftrucks	Mobiel	Nee		35		
schrانkladers	Mobiel	Nee		8	20	
torenkranen (mobiel)	Mobiel	Nee				

trilplaten/stampers	Handheld	Nee	793			
vorkheftrucks	Mobiel	Nee		99	22	1
walsen	Mobiel	Nee		2	5	

Tabel 4.17: Inschatting aantallen zero-emissie mobiele werktuigen in het jaar 2035.

	Mobiel of stationair of handheld	Specialistisch	<19 kW (incl. benzine)	19 <= kW < 56	56 <= kW < 130	130 <= kW
asfalt afwerkinstallaties	Mobiel	Ja				
asfaltfreemachines	Mobiel	Ja				
autolaadkranen	Mobiel	Nee	16	4		
bandenzagen/motorslijpers	Handheld	Nee	4,541			
betonmixers	Mobiel	Nee		12	33	
bulldozers	Mobiel	Nee			7	5
draadkranen/draglines	Mobiel	Nee				
dumpers	Mobiel	Nee	72	20	4	2
emulsiespuitwagens	Mobiel	Ja	20		3	
generatoren, bouw	Stationair	Nee	3,313	354	100	20
gietasfaltketels	Mobiel	Ja				
graaf-laadcombinaties	Mobiel	Ja				
graafmachines	Mobiel	Nee	1,471	1,153	530	33
graders	Mobiel	Ja				
heiblokken/palenrammers	Mobiel	Ja			6	2
heimachines/funderingsmachines	Mobiel	Ja			15	12
hoogwerkers	Mobiel	Nee		27	40	
hydrauliek powerpacks	Stationair	Nee	5	3	31	116
laadschoppen op banden	Mobiel	Nee	638	1,228	69	24
laadschoppen op rupsen	Mobiel	Ja				
landbouwtrekkers	Mobiel	Nee	118	49	276	21
lasaggregaten	Stationair	Nee	2	9		
lichtmasten	Stationair	Nee	421			
mobiele boorinstallaties	Mobiel	Nee			12	13
mobiele compressoren	Mobiel	Nee	123	246	40	
mobiele kranen	Mobiel	Nee			24	12
mobiele pompen	Stationair	Nee	1,979	54	51	23
mobiele zeef- en scheidingsmachines	Mobiel	Nee			7	5
overslagmachines	Mobiel	Nee			33	7
ruw terrein heftrucks	Mobiel	Nee		61		
schrانkladere	Mobiel	Nee		16	38	
torenkranen (mobiel)	Mobiel	Nee				
trilplaten/stampers	Handheld	Nee	1,916			
vorkheftrucks	Mobiel	Nee		160	35	2
walsen	Mobiel	Nee		7	12	

Bijlage G

Scenario invoerparameters voor MEPHISTO

Tabel 4.18 :Inputparameters MEPHISTO monitoring en groei elektrisch – scenario V

Jaar	Inzetdagen break-even	Accu capaciteit break-even	Thuisladen break-even	Aandeel accu bij bekabeling	Groei EV beschikbaarheid	Acceptatie
1991 – 2000	60	200	5	5%	0%	0%
2001 – 2010	60	200	5	10%	0%	0%
2011 – 2016	60	200	5	15%	0%	0%
2017 – 2021	60	200	5	20%	0%	0%
2022	Jaarlijkse ontwikkeling -4%	Jaarlijkse ontwikkeling +4%	Jaarlijkse ontwikkeling +15%	Jaarlijkse ontwikkeling +3%	Jaarlijkse ontwikkeling +5%-punt	55%
2023	Jaarlijkse ontwikkeling -4%	Jaarlijkse ontwikkeling +4%	Jaarlijkse ontwikkeling +15%	Jaarlijkse ontwikkeling +3%	Jaarlijkse ontwikkeling +5%-punt	35%
2024 – 2026	Jaarlijkse ontwikkeling -4%	Jaarlijkse ontwikkeling +4%	Jaarlijkse ontwikkeling +15%	Jaarlijkse ontwikkeling +3%	Jaarlijkse ontwikkeling +5%-punt	Jaarlijkse ontwikkeling +10%-punt
2027	Jaarlijkse ontwikkeling -4%	Jaarlijkse ontwikkeling +4%	Jaarlijkse ontwikkeling +15%	Jaarlijkse ontwikkeling +3%	Jaarlijkse ontwikkeling +5%-punt	25%
2028 – 2030	Jaarlijkse ontwikkeling -4%	Jaarlijkse ontwikkeling +4%	Jaarlijkse ontwikkeling +15%	Jaarlijkse ontwikkeling +3%	Jaarlijkse ontwikkeling +5%-punt	Jaarlijkse ontwikkeling +10%-punt
2031 – 2035	42	285	18	26%	45%	Jaarlijkse ontwikkeling +10%-punt

Tabel 4.19: Inputparameters MEPHISTO monitoring en groei elektrisch – scenario VV

jaar	inzetdagen breakeven	accucapaciteit breakeven	thuisladen breakeven	aandeel accu bij bekabeling	groei EV beschikbaarheid	acceptatie
1990 – 2000	60	200	5	5%	0%	0%
2001 – 2010	60	200	5	10%	0%	0%
2011 – 2016	60	200	5	15%	0%	0%
2017 – 2021	60	200	5	20%	0%	0%
2022	Jaarlijkse ontwikkeling -4%	Jaarlijkse ontwikkeling +4%	Jaarlijkse ontwikkeling +15%	Jaarlijkse ontwikkeling +3%	Jaarlijkse ontwikkeling +5%-punt	55%
2023	Jaarlijkse ontwikkeling -4%	Jaarlijkse ontwikkeling +4%	Jaarlijkse ontwikkeling +15%	Jaarlijkse ontwikkeling +3%	Jaarlijkse ontwikkeling +5%-punt	35%
2024 – 2027	Jaarlijkse ontwikkeling -4%	Jaarlijkse ontwikkeling +4%	Jaarlijkse ontwikkeling +15%	Jaarlijkse ontwikkeling +3%	Jaarlijkse ontwikkeling +5%-punt	Jaarlijkse ontwikkeling +10%
2028 - 2030	Jaarlijkse ontwikkeling -4%	Jaarlijkse ontwikkeling +4%	Jaarlijkse ontwikkeling +15%	Jaarlijkse ontwikkeling +3%	Jaarlijkse ontwikkeling +5%-punt	Jaarlijkse ontwikkeling +5%
2031	Jaarlijkse ontwikkeling -4%	Jaarlijkse ontwikkeling +4%	Jaarlijkse ontwikkeling +15%	Jaarlijkse ontwikkeling +3%	Jaarlijkse ontwikkeling +5%-punt	Jaarlijkse ontwikkeling +1%-punt
2032 – 2035	40	296	20	27%	50%	60%

Mobility & Built Environment

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