

TNO-rapport**TNO 2021 R11086****Eindrapport data onderzoek mobiele
machines in Nederland****Traffic & Transport**Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

Datum	18 juni 2021
Auteur(s)	S.N.C Dellaert, P. van Mensch, A. Bhoraskar, P. van der Mark
Exemplaarnummer	2021-STL-RAP-100340230
Aantal pagina's	86 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	1
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Projectnaam	Enquête bouwmaterieel Groene Koers
Projectnummer	060.45865

Alle rechten voorbehouden.

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

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 TNO

Samenvatting

In 2020 heeft TNO van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) opdracht gekregen om een onderzoek uit te voeren naar de samenstelling van het mobiele machinepark in Nederland. Dit rapport geeft de resultaten van dat onderzoek.

Aanleiding en doelstelling van het onderzoek

Aanleiding voor het onderzoek was dat uit overleg tussen TNO, het Rijk en verschillende brancheorganisaties bleek dat het bestaande beeld van het mobiele machinepark onvolledig was en deels verouderd. Er was onvoldoende betrouwbare informatie beschikbaar over de omvang van het machinepark en de kenmerken en inzet van de betreffende machines. Een beter inzicht in het mobiele machinepark zou voor betrokken partijen kunnen bijdragen aan het inzicht in, en het oplossen van, vraagstukken rondom de milieu-impact van mobiele machines. Dit onderwerp krijgt momenteel veel aandacht, o.a. vanwege de huidige stikstofcrisis.

Samenwerking en opzet van het onderzoek

Om een beeld te krijgen van het huidige mobiele machinepark is door TNO, in afstemming met het Ministerie van IenW en een stuurgroep, een enquête opgezet gericht op machine-eigenaren, -huurders, -verhuurders en -leveranciers. Daaraan voorafgaand is een definitie opgesteld die aangeeft welke machines en voertuigen binnen het onderzoek als mobiele machine worden gekenmerkt. Tevens is een machinelijst opgesteld om de meest voorkomende machines bij type te benoemen. Vier brancheorganisaties (de stuurgroep vormende) zijn gedurende het project betrokken geweest bij het definiëren van de vraagstelling en aanpak van de enquête om deze zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de wensen van beoogde doelgroepen.

Het onderzoek was o.a. gericht op het type (en aantallen per type) machine, het motorvermogen, de leeftijdsverdeling van machines, het gebruik van verschillende brandstoffen, de emissienormering van machines, de draaiuren, het onderhoud en gedragsmaatregelen bedoeld voor het beperken van de milieu-impact van mobiele machines.

Naast een anoniem in te vullen digitale enquête heeft TNO ook een beperkt aantal individuele bedrijven benaderd voor een interview, waarbij in meer detail gevraagd is naar de inzet van mobiele machines.

Betrokken sectoren

Het onderzoek heeft zich gericht op bedrijven in de volgende sectoren: grond-, wegen-, en waterbouw (GWW), burgerlijke en utiliteitsbouw (B&U), land- en tuinbouw, groenvoorziening en hovenierswerk, handel, diensten en industrie, en evenementen. Er is een lijst opgesteld van 22 brancheorganisaties die het merendeel van de bedrijven vertegenwoordigen in deze sectoren. Het onderzoek richtte zich niet op particulieren.

Resultaten en conclusies

Dit rapport presenteert de bevindingen vanuit de gehouden enquête en interviews per thema. In totaal hebben 93 bedrijven de enquête ingevuld en zijn met acht bedrijven interviews gehouden.

De respons is uitgebreid geanalyseerd en deze is ook vergeleken met het machinepark in het EMMA model, dat wordt gebruikt voor het bepalen van de emissies van mobiele machines in Nederland, en dat ook de basis vormt voor verschillende emissieberekeningen in AERIUS. Dit heeft een groot aantal interessante inzichten opgeleverd. Een inventarisatie van de respons toont evenwel aan dat deze niet voldoende is om van een goede representativiteit ten opzichte van het gehele machinepark te spreken.

Geconstateerd wordt dat in Nederland een breed scala aan mobiele machines wordt ingezet. Naast de machinelijst die voorafgaand aan de enquête is opgesteld, zijn door respondenten ook nog aanvullende machinetypen aangedragen. De enquête geeft hiermee zicht op verschillende soorten machines die eerder nog niet in beeld waren en biedt ook een eerste aanzet aangaande de kenmerken en inzet van deze machines. Voor enkele machinetypen, zoals de mobiele pompen en generatoren, geeft de enquêterespons voldoende aanleiding om aan te nemen dat het machinepark fors groter is dan tot nu toe gedacht.

De resultaten met betrekking tot machinekenmerken als vermogen, motortype, bouwjaar en emissieklasse laten voor verschillende machinetypen opvallende verschillen zien met het machinepark uit het EMMA model. Een aantal voorbeelden hiervan zijn het gemiddeld hogere motorvermogen van graafmachines, laadschoppen en tractoren/trekkers in de enquêterespons. Daarnaast lijken machinetypen zoals trilplaten/stampers alsook graafmachines een langere levensduur te hebben dan in het EMMA model. Verschillen in gemiddelde levensduur leiden vaak ook tot verschillen in de emissieclassificatie van machines. Met betrekking tot de inzet van machines zijn de ingevoerde jaarlijkse draaiuren voor o.a. graafmachines, mobiele (telescoop)kranen en tractoren/trekkers gemiddeld hoger dan in het EMMA model. Daarnaast is voor verschillende machines een duidelijk effect van de leeftijd op de jaarlijkse inzet aangetoond, met (veel) minder draaiuren naarmate machines ouder zijn. Voor zes veelvoorkomende machinetypen is de vergelijking met het EMMA model in meer detail uitgewerkt om de verschillen nauwkeuriger in beeld te brengen. Hoewel de representativiteit van de enquêterespons te beperkt is om bij deze verschillen zonder meer de enquêteresultaten over te nemen in het EMMA model, zal de Emissieregistratie de inzichten nader analyseren en besluiten over de implementatie in het EMMA model.

Een beknopte analyse van de in de RDW database geregistreerde nieuwe en bestaande (land)bouwvoertuigen die op de openbare weg rijden, toonde aan dat er een behoorlijk aantal oude tractoren zijn, welke niet worden meegenomen in het EMMA model, en waarover weinig bekend is over de daadwerkelijke inzet.

Aanvullende analyse van machinedata (telematica) liet zien dat het aandeel stationair draaien voor veel machines hoog ligt, ondanks dat het beperken van stationair draaien de aandacht heeft van vrijwel alle respondenten in de enquête. Ook kwam uit de analyse naar voren dat de gemiddelde motorbelasting van de geanalyseerde machines in het algemeen laag is (ca. tussen de 20 en 35%).

Verder zijn de gegevens omtrent het AdBlue verbruik uit telematica systemen zeer relevant, deze kunnen worden gebruikt voor de inschatting van de NO_x emissies en de impact van tampering. Gegevens uit telematica systemen kunnen verder zeer nuttige bijdragen leveren aan de inventarisatie van inzet, brandstofverbruik, en machine-specifieke emissiereducerende maatregelen (bijvoorbeeld rondom langdurig stationair draaien). Detailinzichten vragen nog wel om nauwkeurige analyses, systeemkennis en inzet van statistische technieken. Bovendien is er nog geen standaardisatie van dergelijke systemen.

Discussie en aanbevelingen

Met betrekking tot de methode van dit onderzoek kan worden gesteld dat de uitvraag van detailgegevens op machineniveau veel interessante inzichten heeft opgeleverd in de kenmerken en inzet van machines. Tegelijkertijd vergden de detailvragen wel behoorlijk wat uitzoek- en invultijd van respondenten. Dit was vermoedelijk de belangrijkste oorzaak van de relatief lagere respons.

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 verder te verbeteren. Hiervoor zouden verschillende aanpakken moeten worden gecombineerd.

Te denken valt o.a. aan:

- Een uitbreiding van de landelijke registratie van voertuigen naar alle (gemotoriseerde) mobiele machines, inclusief belangrijke machinekenmerken;
- Een vorm van centrale registratie van inzet, bijvoorbeeld het registeren van machinetype en totale draaiuren bij onderhoud of keuring;
- Een registratie van machines, inzet en brandstofverbruik bij bouwprojecten of belastende omstandigheden;
- Samenwerking met machinefabrikanten en verhuurders om op grote schaal (geanonimiseerde) inzichten vanuit telematica systemen te verzamelen;
- Betere registratie van machineverkoop op landelijk niveau;
- Registratie van machines door brancheverenigingen.

Vervolg

- In het najaar van 2021 zal de Emissieregistratie de resultaten van dit onderzoek nader analyseren en bepalen op welke punten het EMMA model zal worden aangepast en verbeterd op basis van de opgedane inzichten. Bevindingen die aanvullend onderzoek behoeven kunnen prioriteit krijgen als verbeterpunt bij toekomstige modelaanpassingen.
- Binnen de routekaart 'Schoon en Emissieloos Bouwen' (SEB) wordt toegewerkt naar één gezamenlijk gedragen routekaart en uitvoeringsagenda voor de verduurzaming van mobiele machines en bouwlogistiek. De uitkomsten van dit onderzoek dienen samen met de bestaande informatie als input voor de vlootsamenstelling van mobiele machines.

Dankwoord

Wij zijn veel dank verschuldigd aan de leden van de stuurgroep; Nico Willemsen (Cumela), Albert Lusseveld (BMWT), Anne Fokke de Vries (Bouwend Nederland) en Theo Vulink (Fedecom) voor hun bijdrage en kritische blik bij het opzetten van het onderzoek, en hun inzet bij het onder de aandacht brengen van de enquête bij zoveel mogelijk potentiële respondenten. Daarnaast willen we alle respondenten en geïnterviewden hartelijk danken voor hun bijdrage en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat voor de opdrachtverlening en begeleiding.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
	Dankwoord	5
1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Doel en aanpak op hoofdlijnen	7
1.3	Milieu-impact mobiele machines	8
1.4	Resultaat	9
2	Methode	10
2.1	Definitie mobiele machines	10
2.2	Sectoren en subsectoren	11
2.3	Machinelijst	11
2.4	Onderzoeksthema's	11
2.5	Opzetten en uitzetten van de enquête	12
2.6	Opzetten en uitvoeren van interviews	13
2.7	Verwerking van resultaten	14
3	Resultaten	16
3.1	Respons en representativiteit	16
3.2	Indicatoren	20
3.3	Interviews	45
3.4	Vergelijking EMMA	56
3.5	Vergelijking met RDW registratie	75
3.6	Interpretatie enquêterespons in licht van huidige inzichten	77
4	Conclusie en discussie	80
4.1	Conclusie	80
4.2	Discussie	81
5	Ondertekening	84
	Bijlage(n)	
	A Lijst mobiele machines	

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Uit overleg met de branche, het Rijk en TNO is gebleken dat het bestaande inzicht in de omvang, kenmerken en inzet van het mobiele machinepark in Nederland toe was aan actualisering. Het bestaande beeld was gebaseerd op onderzoek naar emissies van mobiele machines voor de nationale emissietotalen, waarin de bijdrage van deze bron relatief beperkt is. Voor de overheid spelen met name het Klimaatakkoord, het Schone Lucht Akkoord, het Stikstofdossier en de onderbouwing voor diverse andere beleidsdossiers. Voor de branche zijn daarnaast de doelstellingen van verschillende initiatieven vanuit de branche, zoals de Groene Koers voor Bouw & Infra, Emissieloos Netwerk Infra en de Green Deal Duurzaam GWW van belang. De routekaart 'Schoon en Emissieloos bouwen' (SEB) sluit aan bij deze initiatieven om toe te werken naar één gezamenlijk gedragen routekaart en uitvoeringsagenda voor de verduurzaming van mobiele machines en bouwlogistiek. De uitkomsten van dit onderzoek dienen samen met de bestaande informatie als input voor de vlootsamenstelling van mobiele machines. Voor de Nederlandse Emissieregistratie (waarin ook TNO is vertegenwoordigd), speelt de wens om te komen tot betere emissiemodellering van het Nederlandse mobiele machinepark, ook ter ondersteuning van beleid en andere initiatieven. Voor al deze partijen is het noodzakelijk om een goed en actueel inzicht te hebben in de omvang, kenmerken (type materieel en bijbehorende kenmerken zoals leeftijd en motorvermogen) en inzet van het Nederlandse mobiele machinepark. Dit onderzoek is opgezet om in die behoefte te voorzien.

Alleen met inzicht in het totale machinepark en de inzet kan er een goede inschatting gemaakt worden van de schadelijke emissies en de impact van deze mobiele machines op het milieu. Doelgericht beleid voor het reduceren van emissies begint bij het identificeren van de problemen en kansen.

1.2 Doel en aanpak op hoofdlijnen

Doel van het onderzoek was om te komen tot een beter inzicht in de omvang, samenstelling en inzet van het Nederlandse mobiele machinepark. Hiertoe diende actuele informatie over het machinepark te worden opgehaald bij bedrijven uit de betrokken sectoren. Het project is ook wel aangeduid als de 'nulmeting' met als achterliggend idee dat verdere actualisatie blijvend aandacht vraagt, bijvoorbeeld door het uitvoeren van herhaalonderzoeken. De nulmeting bevat geen fysieke metingen, maar is vooral een inventarisatie van het machinepark en de inzet. In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft TNO een digitale enquête opgezet en zijn een aantal interviews met bedrijven gehouden. Daarnaast is een stuurgroep intensief bij het project betrokken geweest via overleg, het bieden van input en adviezen bij de samenstelling van de definitie van het begrip mobiele machine, de machinelijst en bij de inhoud en het testen van de digitale enquête.

Deze stuurgroep bestond – naast TNO en het Ministerie - uit vertegenwoordigers van de volgende partijen:

- Cumela;
- BMWT;
- Bouwend Nederland;
- Fedecom.

De uitkomsten van de enquête en de mondelinge interviews dienen o.a. ter ondersteuning van beleidsvoering (bijvoorbeeld: verschoning van het machinepark en het definiëren van voorwaarden, zoals emissienormen, die bij aanbestedingen aan mobiele machines gesteld kunnen worden). Daarnaast vormen de resultaten ook input voor een update van het EMMA¹ model, gebruikt door de Nederlandse Emissieregistratie² om jaarlijks het energiegebruik en de emissies van het Nederlandse mobiele machinepark te bepalen. Het EMMA model vormt ook de basis voor verschillende emissieberekeningen in AERIUS. De daadwerkelijke update van het EMMA model vindt niet plaats binnen deze opdracht.

1.3 Milieu-impact mobiele machines

Het is relevant om bij de uitvraag van machinekenmerken de emissienorm en vermogensklasse mee te nemen, omdat er grote verschillen zitten in de milieubelasting van deze verschillende categorieën. De praktijkemissies liggen over het algemeen ongeveer 50% tot 100% hoger dan de normstelling, dit is met name van toepassing op de NO_x emissies. Dat verschil zal naar verwachting toenemen naarmate de limieten strenger worden.

De emissielimieten voor fijnstofemissies zijn in de loop van de jaren met ongeveer een factor 50 gedaald (zie Tabel 1).

Tabel 1: Emissielimieten voor fijnstof in gram/kWh, waarbij de PN (deeltjesaantallen) eisen er voor zorgt dat de massa uitstoot van fijnstof ver onder de limiet ligt.

Vermogensklasse (kW)	<19	19-37	37-56	56-75	75-130	130-560	>560
STAGE I			0,85	0,85	0,7	0,54	
STAGE II		0,8	0,4	0,4	0,3	0,2	
STAGE IIIA		0,6	0,4	0,4	0,3	0,2	
STAGE IIIB			0,025	0,025	0,025	0,025	
STAGE IV				0,025	0,025		
STAGE V	0,4	0,015*	0,015*	0,015*	0,015*	0,015*	0,045

* voor deze motoren geldt ook een limiet op de deeltjesaantallen (PN)

Voor emissies van stikstofoxiden (NO_x) zijn de limieten met een factor 20 gedaald tussen STAGE I en STAGE V (zie Tabel 2). Om aan NO_x emissielimieten van rond de 7 g/kWh te voldoen, zijn nauwelijks aanvullende maatregelen of emissiereductietechnologie nodig.

¹ Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkoop in combinatie met brandstof Afzet.

² De Emissieregistratie is een samenwerking, o.a. met het CBS, PBL, RWS en TNO, onder leiding van het RIVM. Hier worden op een eenduidige manier emissiegegevens verzameld en gerapporteerd naar de beste beschikbare inzichten.

Tabel 2: De emissielimieten voor NO_x in gram/kWh. De toepassing van een SCR katalysator is standaard bij limieten van 2 g/kWh en lager.

Vermogensklasse (kW)	<19	19-37	37-56	56-75	75-130	130-560	>560
STAGE I			9,2	9,2	9,2	9,2	
STAGE II		8,0	7,0	7,0	6,0	6,0	
STAGE IIIA		7,5	4,7	4,7	4,0	4,0	
STAGE IIIB			4,7	3,3	3,3	2,0	
STAGE IV				0,4	0,4	0,4	
STAGE V	7,5	4,7	4,7	0,4	0,4	0,4	3,5

De aanscherping van de STAGE limieten vindt ongeveer elke vijf jaar plaats. De daling van emissies hangt grotendeels samen met de inzet en onderhoud van nieuwere machines.

1.4 Resultaat

De enquête- en interviewresultaten zijn verwerkt in deze eindrapportage waarin bevindingen per thema worden gepresenteerd. De representativiteit van de nu uitgevoerde nulmeting wordt grotendeels bepaald door het aantal bedrijven dat heeft gereageerd op de oproep om medewerking aan dit onderzoek. Hoe meer bedrijven de enquête invullen, hoe nauwkeuriger het beeld zal aansluiten bij de werkelijkheid en des te beter de eerder genoemde doelen kunnen worden ingevuld. In paragraaf 2.5.3 wordt hier verder op in gegaan.

2 Methode

Het onderzoek is langs de volgende stappen uitgevoerd:

- Opstellen definitie mobiele machines;
- Opstellen lijst van sectoren waarin met mobiele machines wordt gewerkt;
- Opstellen lijst van typen mobiele machines;
- Bepalen onderzoeksthema's;
- Opzetten en uitzetten van enquête;
- Opzetten en uitvoeren van interviews;
- Verwerking van resultaten van de enquête en de interviews;
- Rapportage.

2.1 Definitie mobiele machines

Ten behoeve van het onderzoek is een definitie opgesteld van het type materieel dat onder de noemer "mobiele machine" valt in het kader van dit onderzoek.

In dit onderzoek gaat het dan over machines met de volgende kenmerken:

- Gemotoriseerde machines met eigen aandrijving door middel van een:
 - Verbrandingsmotor.
 - Elektrische motor in combinatie met waterstof en brandstofcel.
 - Elektrische motor in combinatie met accu of voedingskabel, maar alleen wanneer vergelijkbare machinetypes ook regelmatig met een verbrandingsmotor zijn uitgerust (bijv. geen elektrische boormachines, maar wel elektrische graafmachines).
- Machines te gebruiken op het land.
- Machines die mobiel inzetbaar zijn, dat wil zeggen: draagbaar, verrijdbaar of anderszits regelmatig op verschillende plaatsen ingezet.
- Machines die niet (hoofdzakelijk) bedoeld zijn voor transport van mensen of goederen over de openbare weg.
- Machines zonder kenteken óf machines/voertuigen op kenteken die het grootste deel van hun werk uitvoeren buiten de openbare weg.

In principe zijn dit de machines die onder Verordening 2016/1628/EU³ (Stage V) vallen in de Europese regelgeving. Dit heeft betrekking op: "niet voor de weg bestemde mobiele machines gemonteerde interne verbrandingsmotoren". Voorheen waren dat 2004/26/EG⁴: "inwendige verbrandingsmotoren die worden gemonteerd in niet voor de weg bestemde mobiele machines" en 2005/13/EG⁵ "motoren bestemd voor het aandrijven van landbouw- of bosbouwtrekkers".

Drijvend materieel (bijv. maaiboten en baggerschepen) is niet meegenomen in deze definitie. Deze vaartuigen vallen onder de binnenvaartwetgeving en worden derhalve al in andere onderzoeken en beleidsinitiatieven meegenomen.

³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R1628>

⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0026>

⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R0013>

2.2 Sectoren en subsectoren

Mobiele machines worden in allerlei sectoren toegepast. Een overzicht van deze sectoren en activiteiten helpt bij het opstellen van een zo compleet en representatief mogelijke machinelijst en vragenlijst.

Voor dit onderzoek zijn de volgende hoofdsectoren onderscheiden:

- Grond-, wegen- en waterbouw (GWW);
- Burgerlijke & utiliteitsbouw (B&U);
- Land- & tuinbouw;
- Groenvoorziening & Hovenierswerk;
- Handel, Diensten & Industrie;
- Evenementen.

Een lijst met subsectoren/activiteiten is te vinden in paragraaf 3.1. Particulieren zijn als doelgroep niet meegenomen in dit onderzoek. Het is de verwachting dat deze groep een groot aantal met name kleinere, benzine-aangedreven machines bezit, zoals grasmaaiers en kettingzagen.

2.3 Machinelijst

Op basis van de opgestelde definitie van mobiele machines en de sectoren en activiteiten waar deze toegepast worden, is een zo compleet mogelijke lijst opgesteld van typen mobiele machines die in Nederland worden gebruikt. Daarbij is in eerste instantie uitgegaan van de machinelijst zoals gebruikt voor het EMMA emissiemodel van de Nederlandse Emissieregistratie. Deze lijst is vervolgens uitgebreid in samenspraak met de verschillende brancheorganisaties, die het beste beeld hebben van machinetypen die in de praktijk worden toegepast. De finale lijst omvat 87 machinetypen variërend van handmaterieel als kettingzagen tot aan graafmachines, hijskranen⁶, tractoren en dumpers. De finale machinelijst is opgenomen in bijlage A.

2.4 Onderzoeksthema's

Dit onderzoek richt zich op een aantal specifieke thema's voor wat betreft het mobiele machinepark in Nederland. Het uitvragen van informatie over deze thema's draagt bij aan het vernieuwen en verbeteren van het inzicht in het mobiele machinepark en dan specifiek de informatie die relevant is voor de milieu- en emissieprestaties. Het gaat om de volgende thema's en onderwerpen:

Omvang machinepark:

- Aantallen machines per type en vermogensklasse;
- Aantallen machines verkocht in 2020 per type en vermogensklasse.

Kenmerken machines:

- Motortype (bijv. diesel, benzine 4-takt, elektrisch in combinatie met accu/batterij);
- Motorvermogen;

⁶ De term 'kraan' verwijst in dit rapport altijd naar een hijskraan, welke we onderscheiden van een 'graafmachine'.

- Bouwjaar;
- Emissienormering;
- Verwachte economische levensduur/afschrijvingstermijn;
- Aanwezigheid kenteken;
- Aanwezigheid emissiereductietechnologie;
- Mogelijkheid tot uitlezen machinedata zoals motorbelasting en brandstofverbruik.

Inzet machines:

- Draaiuren per jaar en per werkdag;
- Brandstofverbruik per werkdag;
- Telleruren (totale draaiuren van machine);
- Totaal brandstofverbruik machinepark;
- Motorbelasting.

Extra:

- Onderhoud en keuring van machines;
- Gedragsmaatregelen voor milieubewust gebruik van machines.

2.5 Opzetten en uitzetten van de enquête

2.5.1 *Vorm*

Als vorm van de enquête is gekozen voor een Microsoft Excelbestand met daarin één tabblad met introductie en instructies, 5 tabbladen met vragen over mobiele machines en één dashboard met daarop een inschatting van de emissieprestaties van de machines waarvan de informatie is ingevoerd.

Deze vorm gaf flexibiliteit in de opzet, en maakte het mogelijk om het invullen te onderbreken of het invoeren over meerdere mensen binnen één bedrijf te verdelen. Bovendien konden middels het dashboard ook direct interessante inzichten worden geboden aan respondenten, o.a. over geschatte machine emissies, zodat het invoeren voor hen ook directe meerwaarde had.

De enquêtevragen werden ingedeeld in essentiële- en optionele vragen, waarbij de essentiële vragen direct aansloten bij de belangrijkste onderzoeksthema's. Een compleet antwoord op alle vragen kon binnen het enquêteformat echter niet worden afgedwongen, en de verwachting was dat niet alle respondenten alle essentiële vragen zouden kunnen beantwoorden.

Voor partijen met grote aantallen machines is de mogelijkheid geboden om een eigen databestand met machine-informatie te uploaden zodat de invultijd kon worden beperkt en de drempel voor deelname werd verlaagd.

Deelnemers konden hun ingevulde enquête anoniem en veilig toesturen naar TNO.

2.5.2 *Validatie enquête*

Tijdens het opstellen van de enquête is verschillende keren overlegd met de stuurgroep van brancheorganisaties en het ministerie van I&W om de inhoud en vorm zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de doelgroep. Een vrijwel finale versie is ter commentaar voorgelegd aan alle betrokken brancheorganisaties.

2.5.3 *Doelstelling respons (representativiteit)*

Vooraf is vastgesteld dat voor een representatieve respons ten minste voldaan moest worden aan de volgende voorwaarden:

- Een goede verdeling van respondenten vanuit de verschillende sectoren en branches;
- Een goede mix van grote, middelgrote en kleine bedrijven;
- Ten minste 400 respondenten.

2.5.4 *Verspreiding*

De enquête is middels verschillende kanalen verspreid om zoveel mogelijk potentiële respondenten te bereiken:

- De verschillende brancheorganisaties hebben hun leden middels nieuwsbrieven en directe e-mails opgeroepen de enquête in te vullen.
- Op de website van de Groene Koers is een aparte pagina ingericht met informatie, een video-oproep en een link naar de enquête.
- Een nieuwsartikel op de website bouwmaschinen.nl met link naar de enquête.
- Het Ministerie van I&W heeft o.a. ProRail en Rijkswaterstaat gevraagd om aannemers op te roepen de enquête in te vullen.

2.5.5 *Monitoring en maximalisering van respons*

Gedurende de periode dat de enquête openstond, is wekelijks de balans opgemaakt van de respons en is vanuit de brancheverenigingen verschillende keren een herinnering uitgegaan richting hun leden om de respons te verhogen. Daarnaast is de enquêteperiode enkele malen verlengd om potentiële respondenten meer tijd te geven om de enquête in te vullen. Respondenten konden met vragen bij TNO terecht en deze vragen zijn steeds zo snel mogelijk beantwoord.

2.6 **Opzetten en uitvoeren van interviews**

Het uitgangspunt is geweest dat de enquête informatie opleverde over kenmerken en inzet op machineniveau. De interviews zijn uitgevoerd om voor een beperkte selectie van bedrijven meer specifieke gegevens op te vragen. Deze specifieke gegevens hadden een focus op detailinformatie rondom inzet per machine, zoals motorbelasting, stationair draaien, brandstofverbruik per uur.

Indien in de enquête was aangegeven dat het betreffende bedrijf aanvullende detailinformatie (waaronder monitoringsdata) ter beschikking had, en men open stond voor een interview, is hen gevraagd om contactgegevens te delen. Met diverse bedrijven is vervolgens contact opgenomen voor een interview.

Zoals hiervoor genoemd, was de focus voor de interviews: detailinformatie. Daarnaast zijn er nog aanvullende vragen gesteld.

De onderstaande thema's zijn per interview behandeld:

1. **Inzetgegevens**; op welk detailniveau is er inzicht in: Aandeel stationair draaien, inschatting van motorbelasting, brandstofverbruik, AdBlue verbruik?

2. **Emissiegegevens;** kan online worden gecontroleerd of emissiebeersystemen goed werken (storingen / defecten) en is er een indicatie van de NO_x emissies?
3. **Beschikbaarheid en detailniveau;** inzetgegevens en emissiegegevens; welke gegevens zijn beschikbaar, waar en voor wie? Zijn deze gegevens op afstand uit te lezen?
4. **Levensduur;** wat is de verwachte levensduur van de machines?

In totaal zijn acht bedrijven geïnterviewd. Deze varieerden van grote tot kleinere bedrijven in de sectoren GWW, woning- en utiliteitsbouw en landbouw. Alle bedrijven vallen in de categorie gebruikers van machines.

2.7 Verwerking van resultaten

In dit onderzoek zijn verschillende databronnen verzameld:

- Inge vulde enquêtebestanden;
- Interviews;
- Eventuele extra informatie/eigen databestanden van respondenten.

Daarnaast zijn verschillende andere databronnen geraadpleegd voor vergelijking en validatie:

- Resultaten uit het EMMA model van de Nederlandse Emissieregistratie;
- Voertuigregistraties in de nationale RDW database.

2.7.1 Verwerking

De informatie uit de geretourneerde enquêteformulieren is automatisch uitgelezen en voorzien van een uniek identificatienummer. In een aantal gevallen is evident incorrecte invoer verwijderd. Wanneer wel een merk en model van een machine was opgegeven, maar geen andere technische informatie, is geprobeerd de technische informatie aan te vullen op basis van 'online' beschikbare technische informatie.

De door respondenten aangeleverde extra informatie is verwerkt om de informatie op te lijnen bij de onderzoeksthema's van deze enquête.

De interviews zijn verwerkt in een verslag, daarnaast is de ontvangen detaildata geanalyseerd, met name op brandstofverbruik per dag en motorbelasting.

Vanuit het EMMA model is een uitgebreid overzicht gemaakt van de parkomvang, kenmerken en inzet zoals die ten tijde van het onderzoek werden aangenomen voor landelijke emissieberekeningen aan mobiele machines.

Vanuit openbaar beschikbare RDW data zijn de volgende kenmerken verzameld:

- Voertuigcategorie;
- Bouwjaar;
- Brandstof;
- Emissienorm.

2.7.2 *Representativiteit*

Er is gekeken naar het totaal aantal respondenten en de verdeling van respondenten over kleinere/grotere bedrijven en de verdeling over verschillende sectoren om een inschatting te maken van de representativiteit van de respons.

2.7.3 *Indicatoren*

Vervolgens zijn de volgende zaken geanalyseerd:

- Aantal respondenten per type (eigenaar, verhuurder, etc.), sector en subsector.
- Aantal machines per type in het park (eigendom, verhuur).
- Aantal verkochte machines per type.
- Nieuwe machinetypen (die missen in de opgestelde machinelijst of in EMMA).
- Samenvatting verdelingen of 'ranges' machinepark (eigendom, verhuur):
 - o Vermogen en motortype;
 - o Bouwjaar;
 - o Emissienorm;
 - o Typische afschrijvingstermijn;
 - o Draaiuren per jaar;
 - o Brandstofverbruik.
- Samenvatting bevindingen verkochte machines:
 - o Bouwjaar, motortype, vermogen en emissienorm.
- Beschikbaarheid en resultaten machinedata (ook uit interviews).
- Resultaten extra informatie: onderhoud en keuring machines.
- Resultaten extra informatie: gedragsmaatregelen.

2.7.4 *Interpretatie*

Na een overzicht van de belangrijkste resultaten en de vergelijking van de enquêterespons met het EMMA model, zijn de meest opvallende zaken op een rij gezet. Hieruit volgt voor welke thema's of machines het beeld dient te worden bijgesteld naar aanleiding van de enquête en welke punten van voortschrijdend inzicht kunnen worden benoemd.

3 Resultaten

3.1 Respons en representativiteit

In totaal hebben 93 respondenten een ingevuld enquêtebestand geretourneerd. Drie daarvan hebben daarnaast een bestand met machine-informatie opgestuurd als alternatief voor het invullen van een reeks machine-specifieke vragen in het enquêtebestand.

Tabel 3 laat zien dat de respondenten goed verdeeld zijn over de verschillende sectoren, met een kleiner aandeel respondenten voor de sectoren Evenementen en Handel, Diensten & Industrie, welke naar verwachting ook minder bedrijven met mobiele machines omvatten dan de andere sectoren.

Tabel 3: Aantal respondenten per sector.

Sector	Aantal respondenten*	Percentage respondenten*
Burgerlijke & utiliteitsbouw (B&U)	14	15%
Evenementen	3	3%
Groenvoorziening & Hovenierswerk	33	36%
Grond-, wegen- en waterbouw (GWW)	75	80%
Handel, Diensten & Industrie	12	13%
Land- & tuinbouw	27	29%

* Eén respondent kan in meerdere sectoren werkzaam zijn, hierdoor tellen de aantallen en percentages op tot meer dan 100%.

De respondenten zijn ook gevraagd om aan te geven in welke subsectoren zij actief zijn c.q. met welke activiteiten zij zich bezighouden. Dit geeft een gedetailleerder beeld dan de indeling in (hoofd)sectoren en laat goed de grote diversiteit aan activiteiten zien waarin mobiele machines een rol spelen. Zie Tabel 4 voor een overzicht van de respons per subsector. Er is overlap mogelijk tussen de subsectoren. Zo kan bijvoorbeeld de subsector 'bouwrijp maken' en 'kabels en leidingen' ook grondverzet behelzen.

Tabel 4: Aantal respondenten per subsector

Subsector/activiteiten	Aantal respondenten*	Percentage respondenten*
Afvalverwerking	5	5%
Agrarisch loonwerk	24	26%
Akkerbouw	3	3%
Baggeren	25	27%
Berm- & slootonderhoud	25	27%
Bestrating	37	39%
Bloembollenteelt	0	0%
Bomenteelt	0	0%
Bosbouw	3	3%
Bouwrijp maken	38	40%
Funderingstechniek	16	17%
Glastuinbouw	1	1%
Groen in de openbare ruimte	26	28%
Groen in de particuliere ruimte	11	12%
Groen op gebouwen	2	2%
Groenrecycling	8	9%
Grondgebonden woningbouw (laagbouw)	6	6%
Grondverzet	60	64%
Industriebouw	4	4%
Intern Transport	8	9%
Kabels & Leidingen	17	18%
Kadewerken & waterkeringen	20	21%
Kunstwerken	14	15%
Multifunctionele bouw	3	3%
Natuurterreinen	15	16%
Op- en overslag	7	7%
Pluimveehouderij	0	0%
Railbouw	7	7%
Riolering	37	39%
Sloopwerk	20	21%
Sportterreinen	8	9%
Stroomvoorziening	2	2%
Transport & logistiek	17	18%
Utiliteitsbouw	5	5%
Varkenshouderij	0	0%
Veehouderij	0	0%
Verticaal transport	1	1%
Vollegroondsgroenteteelt	0	0%
Wegenbouw	44	47%
Woningbouw/appartementen (hoogbouw)	3	3%
Anders, nl:	6	7%
Verhuur machines	2	2%
Import machines	1	1%
Wegonderhoud	1	1%
Opleidingsbedrijf GWW sector	1	1%
Opsporing explosieven	1	1%

* Eén respondent kan in meerdere subsectoren werkzaam zijn, hierdoor tellen de aantallen en percentages op tot meer dan 100%.

In Tabel 5 staat de verdeling van respondenten over de verschillende brancheorganisaties. Sommige brancheorganisaties hebben – om verschillende redenen - al aan het begin van het onderzoek aangegeven niet te zullen deelnemen. Uit de tabel blijkt dat veel respondenten leden waren van partijen die deel uitmaakten van de stuurgroep van het project. Omdat de leden van deze branches alsnog actief zijn in verschillende (sub)sectoren, is dit geen direct probleem voor de representativiteit van de respons.

Tabel 5: Aantal respondenten per brancheorganisatie.

Brancheorganisatie	Aantal respondenten*	Aandeel	
		Binnen totale respons	T.o.v. aantal leden
AFNL	1	1%	0,1%
AVAG	0	0%	0,0%
BMWT	7	7%	7,1%
Bouwend Nederland (KOMAT)	20	21%	4,0%
Branche-organisatie Akkerbouw	0	0%	0,0%
Cumela Nederland	56	60%	2,8%
Fedecom	0	0%	0,0%
Glastuinbouw NL	0	0%	0,0%
KAVB	0	0%	0,0%
LTO Nederland	5	5%	0,0%
MKB Infra	2	2%	2,5%
NOA	0	0%	0,0%
NVAF	11	12%	15,5%
NZO	0	0%	0,0%
OnderhoudNL	0	0%	0,0%
Techniek Nederland	1	1%	0,0%
Transport en Logistiek Nederland (TLN)	6	6%	0,1%
VERAS	3	3%	3,0%
VHG	4	4%	0,4%
VVT	2	2%	1,2%
Vereniging van Waterbouwers (VBKO)	6	6%	6,6%
Verhurend Nederland	0	0%	0,0%
Overig	5	5%	

* Eén respondent kan bij meerdere brancheorganisaties aangesloten zijn, hierdoor tellen de aantallen en percentages op tot meer dan 100%.

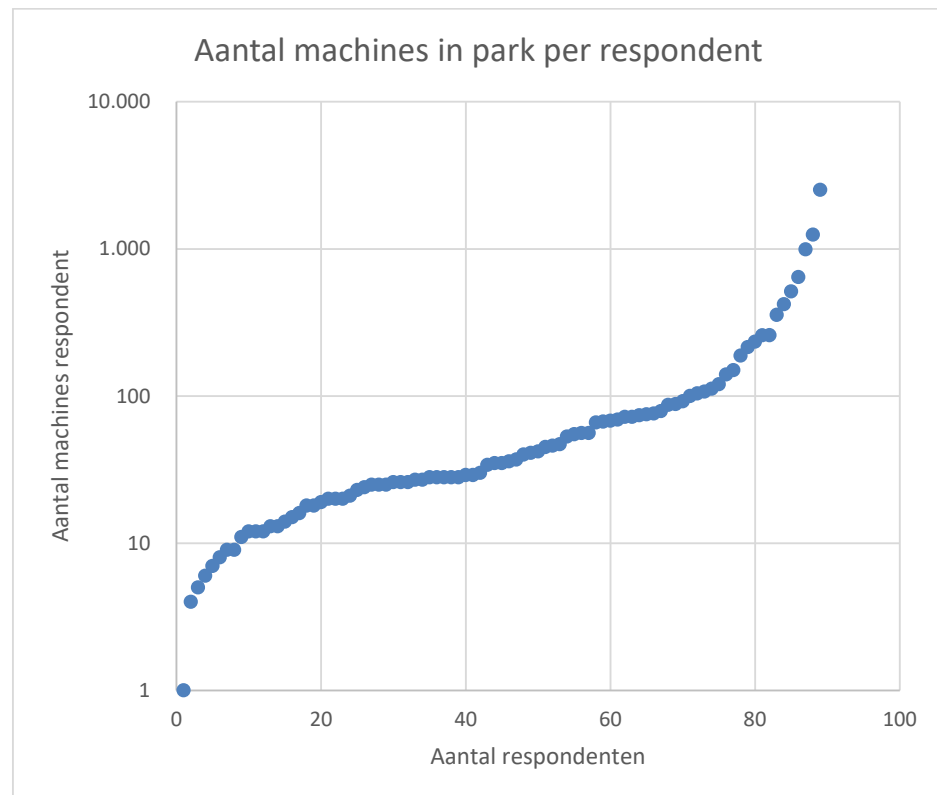
Tabel 6 laat zien dat het grootste deel van de respondenten uit gebruikers van mobiele machines bestaat (met mobiele machines in eigendom of langdurige lease). Vanuit verhuurders en dealers van mobiele machines zijn minder respondenten aangehaakt, wat mede verklaard kan worden door het kleinere aantal partijen dat zich met verhuur en verkoop bezig houdt.

Tabel 6: Aantal respondenten per type.

Type respondent	Aantal respondenten*	Percentage respondenten*
Aanbieder: Lease en verhuur van onbemande machines	3	3%
Aanbieder: Leverancier van machines (fabrikant/dealer)	5	5%
Gebruiker: Gebruik van eigen machines (via aankoop of lease)	87	93%
Gebruiker: Huurder van onbemande machines	11	12%

* Eén respondent kan meerdere rollen vervullen, hierdoor tellen de aantallen en percentages op tot meer dan 100%.

Figuur 1 hieronder laat zien dat bijna 80% van de respondenten met hun eigen machinepark, minder dan 100 machines in het park heeft (gemiddeld 125, mediaan 35 machines). Deze verdeling is volgens verwachting en laat zien dat de respons goed verdeeld is over grotere en kleinere bedrijven.



Figuur 1: Aantal machines in park per respondent (let op: logaritmische schaal y-as).

Het totaal aantal machines dat in de enquête is opgegeven staat in Tabel 7. Gemiddeld hebben de leveranciers bijna 700 machines per respondent ingevoerd.

Tabel 7: Totaal aantal ingevoerde machines

Rol	Aantal machines in park/verkocht
Gebruiker - eigen machines	10.837
Aanbieder - verhuur, lease	268
Aanbieder - leverancier	3.413
Totaal	14.518

Samenvattend is de respons lager dan gehoopt. Hoewel de respons goed verdeeld is over de verschillende sectoren en bedrijven van verschillende grootte, is het totale aantal respondenten onvoldoende om van een goede representativiteit over het gehele machinepark te spreken. Dat de bijdrage van verhuurders en leveranciers met 3 en 5 respondenten respectievelijk, in absolute termen laag is, zorgt er ook voor dat deze respondenten maar een beperkt deel van de machinelijst afdekken, zoals te zien is in Tabel 8.

Dit heeft gevolgen voor de betrouwbaarheid van de resultaten. Deze kunnen een degelijke inschatting en update geven van de samenstelling en inzet van het mobiele machinepark, maar kunnen niet zonder meer worden overgenomen ter vervanging van de huidige inschattingen. Daarnaast is het niet verantwoord om de resultaten te extrapoleren om zo een inschatting te geven van de totale omvang van het machinepark.

3.2 Indicatoren

3.2.1 *Aantal respondenten per sector, subsector en rol*
Deze indicatoren zijn besproken in paragraaf 3.1.

3.2.2 *Aantal machines per type*
In Tabel 8 staat per machinetype het aantal dat door de respondenten in de enquête is opgegeven. De volgende groepen respondenten zijn hier onderscheiden: gebruiker met eigen machines, aanbieder van machines (huur of lease), aanbieder van machines (leverancier). Het is mogelijk (doch onwaarschijnlijk) dat een individuele machine is ingevoerd door zowel een leverancier als een gebruiker of verhuurder. De resultaten van respondenten met een eigen machinepark (gebruikers en verhuurders) en leveranciers worden in het verdere onderzoek apart behandeld om een mogelijke dubbeltelling te voorkomen.

Het sluit aan bij de verwachting dat er grote aantallen kleine (met name handheld) machines (bijv. bosmaaiers, bandenzagen/motorslijpers, kettingzagen en bladblazers) zijn opgegeven, en dat bij de grotere machines de trilplaten/stampers, generatoren, tractoren en graafmachines de lijst aanvoeren. Doordat aanbieders (verhuurders/leveranciers) vaak gespecialiseerd zijn in bepaalde (sub)sectoren en machinetypen, dekt de enquêterespons van deze deelnemers maar een beperkt deel van de machinelijst af.

Onder de meest opgegeven machines zitten ook een aantal machinetypen die op dit moment nog niet in het EMMA model (gebruikt voor berekening van de emissies van mobiele machines in Nederland) worden meegenomen. Het gaat dan o.a. om de lichtmasten, mobiele compressoren, funderingsmachines en hydrauliek powerpacks. Dit wordt verder besproken in paragraaf 3.6.1.

Tabel 8: Aantal ingevoerde machines per type

Machinetype	Gebruiker - eigen machines	Aanbieder - verhuur, lease	Aanbieder - leverancier
Trilplaten/stampers	1.709	0	1.509
Rupsgraafmachines	562	0	1.423
Generatoren	1.238	0	5
Overig	880	24	53
Bandenzagen/motorslijpers (handgereedschap)	585	0	59
Mobiele pompen	465	0	167
Lichtmasten (zelf aangedreven)	630	0	0
Tractoren/trekkers	494	0	0
Vorkheftrucks	168	242	11
Mobiele compressoren	402	0	0
Shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden	329	0	61
Bosmaaiers	379	0	0
Kettingzagen	377	0	0
Mobiele graafmachines	277	0	58
Bladblazers	315	0	0
Heggescharen	200	0	0
Walsen	191	0	2
Grasmaaiers	158	0	0
Hydrauliek powerpack	130	0	0
Heimachines/funderingsmachines	128	0	0
Dumpers/kiep trucks	82	0	38
Veeg-/zuigwagens (zelfrijdend)	77	0	0
Heiblokken/palenrammers	63	0	0
Asfalt spreidmachines	62	0	0
Autolaadkranen	60	0	0
Onkruidbestrijdingsmachines	55	0	0
Mobiele boorinstallaties	53	0	0
Lasaggregaten	49	0	0
Draadkranen/draglines	48	0	0
Hogedrukspuiten (zelf aangedreven)	44	0	0
Compacttrekkers	41	0	0
Zitmaaiers	39	0	0
Mobiele (telescoop)kranen	37	0	0
Mobiele zeef- en scheidingsmachines	33	0	0
Emulsiespuitwagens	31	0	0
Rupshijskranen	30	0	0
Betonmixers	28	0	0
Kantenstekers	27	0	0
Hoogwerkers	22	1	2
Mobiele overslagmachines	24	0	0
Verreikers	23	0	0
Torenkranen (mobiel)	22	0	0
Lieren	21	0	0
Asfalt-/betonzagen (rijdend)	6	0	13

Mestinjecteurs (zelfrijdend)	19	0	0
Schrankladers	19	0	0
Bodemfrezen	18	0	0
Betonpompen	17	0	0
Mais-/veldhakselaars	15	0	0
Maaidorsers	14	0	0
Hefplatformen/schaarliften	2	0	11
Twee-wiel tractoren	13	0	0
Torenkranen (vast)	12	0	0
Bulldozers	11	0	0
Versnipperaars (zelf aangedreven)	11	0	0
Decontaminatiewagens	9	0	0
Spuitmachines (zelfrijdend)	9	0	0
Asfaltfreesmachines	7	0	0
Bietenrooiers (zelfrijdend)	6	0	0
Markeringsmachines	6	0	0
Shovels/laadschoppen op rupsen	6	0	0
Sloopkranen	6	0	0
Teer-/asfaltsproeiers	6	0	0
Verticuteermachines	6	0	0
Aardappelrooiers (zelfrijdend)	5	0	0
Vlindermachines	5	0	0
Ruw terrein heftrucks	4	0	0
Mobiele brekers	3	0	0
Graaf-laadcombinaties	2	0	0
Meeneemheftrucks	2	0	0
Oogstmachines bloembollen, groenten en fruit (zelfrijdend)	2	0	0
Reach stackers	0	1	1
Rupsoverslagmachines	2	0	0
Statische overslagmachines	2	0	0
Bandharkmachines	1	0	0
Bestratingsmachine (zelfrijdend)	1	0	0
Houtklovers (zelf aangedreven)	1	0	0
Terminal trekkers	1	0	0
Totaal	10.837	268	3.413

Voor enkele machinetypen in de machinelijst is geen enkele machine opgegeven. Daarnaast is door sommige respondenten gebruik gemaakt van de mogelijkheid om andere machinetypen op te geven die niet in de machinelijst waren opgenomen. Een aantal van de overige machinetypen valt niet onder de definitie van mobiele machine zoals eerder toegelicht. Machinetypen binnen de scope komen in aanmerking om te worden toegevoegd aan de machinelijst. Een overzicht is opgenomen in Tabel 9.

Tabel 9: Overige ingevoerde machinetypen

Mobiele machines	Typen
Binnen scope	Intern transport: rupsdumpers, telestacks, magazijntrucks (pallettrucks/stapelaars)
	Wegenbouw: asfaltvoorladers, gietasfaltketels
	Railbouw: rekapparatuur, wissel slijpmachines, tracklayers
	Handgereedschap: slagmoersleutels, boorfreesmachines, boutmachines, slag/breekhamers, motorboren
	Landbouw: voermengwagens, compostomzetmachines, zaaimachines
	Overig: maalmolens, vacuüm/drukwagens, (verf)sputmachines
Buiten scope	Watervoertuigen: maaiboten, amfibievoertuigen, duwbotten
	Transport mensen en goederen: vrachtwagens, quads
	Stationair: stationaire mestpompen

3.2.3 *Machinepark gebruikers en verhuurders*

Om te komen tot onderstaande resultaten is de uitgebreide respons op machineniveau van zowel gebruikers als verhuurders samengevoegd en geanalyseerd. Omdat voor de meeste machines niet alle gevraagde velden in de enquête zijn ingevuld, verschilt het aantal machines waarop het resultaat is gebaseerd per onderwerp.

3.2.3.1 *Motortype en vermogen*

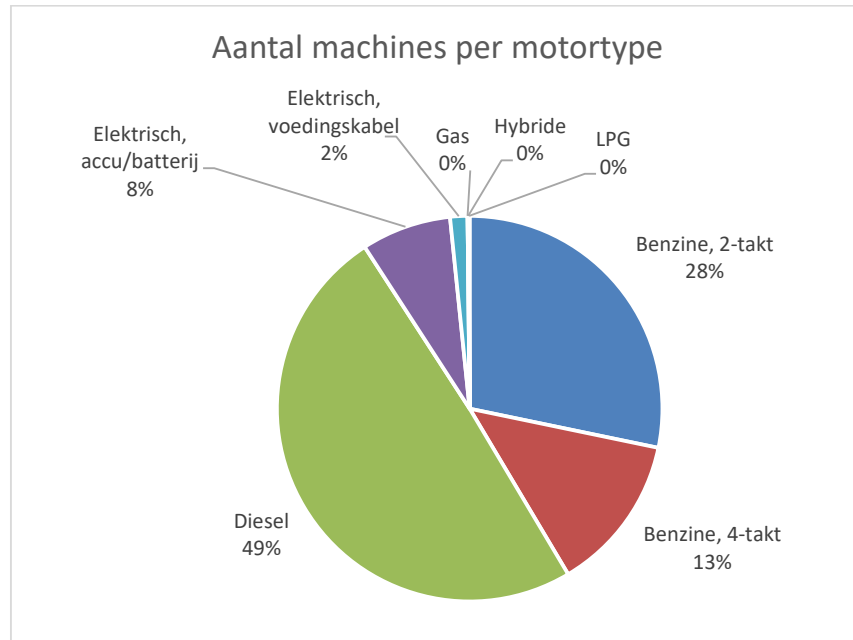
Figuur 2 laat de verdeling van motortypen zien. Ongeveer 10% van de ingevoerde machines wordt elektrisch aangedreven⁷, in de meeste gevallen middels een accu. Elektrische machines komen veel voor in de vorm van handgereedschap⁸ of relatief statische machines (bijv. vaste torenkranen), maar er zijn inmiddels ook al wat grotere mobiele machines volledig elektrisch, zoals een aantal rupsgraafmachines, shovels, vorkheftrucks met accu (motorvermogens tussen 20 – 35 kW) en ook elektrische rupsgraafmachines en vorkheftrucks in de variant met voedingskabel (7 – 15 kW).

Van de machines met benzinemotor heeft ca. 70% een 2-takt⁹ benzinemotor en 30% een 4-takt benzinemotor. Veel voorkomende machines met een benzinemotor zijn bandenzagen, trilplaten, bladblazers, bosmaaiers, kettingzagen, mobiele pompen en generatoren. Bij mobiele machines met dieselmotoren ligt het gemiddelde vermogen rond de 110 kW. Er zijn slechts twee machinetypen ingevuld die op LPG draaien, namelijk veeg-/zuigwagens en vorkheftrucks.

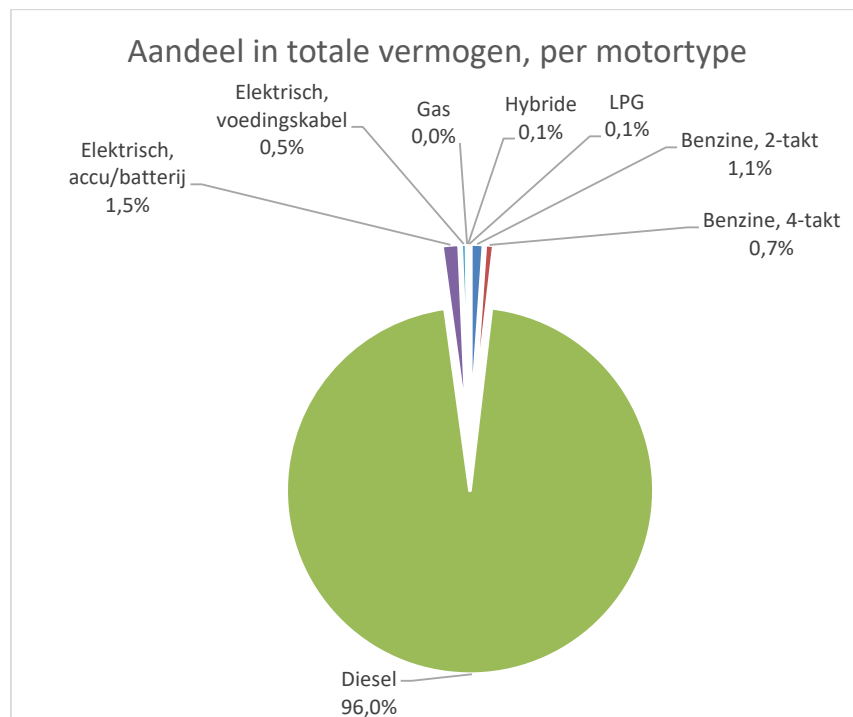
⁷ De enquête vroeg alleen naar elektrische machines die in principe ook in uitvoering met een verbrandingsmotor beschikbaar zijn.

⁸ Elektrische machines vallen alleen binnen de scope van dit onderzoek wanneer vergelijkbare machine(type)s ook regelmatig met een verbrandingsmotor zijn uitgerust

⁹ 2-takt motoren zijn relatief eenvoudig en vragen minder onderhoud, maar stoten vaak wel fors meer onverbrande koolwaterstoffen, koolmonoxide en fijnstof uit. Ze produceren ook meer geluid.



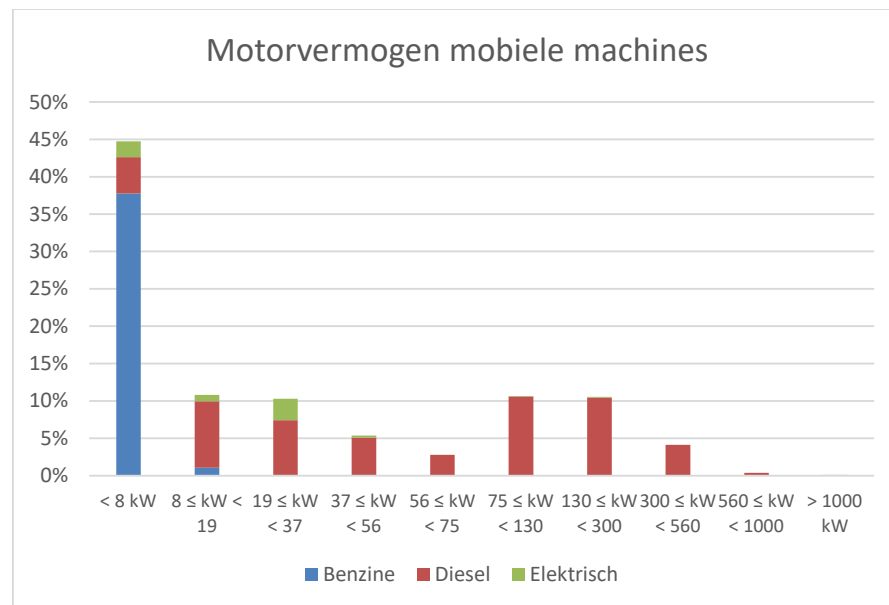
Figuur 2: Verdeling van het aantal opgegeven machines per type motor.



Figuur 3: Verdeling van het totaal opgegeven motorvermogen per type motor.

Wanneer niet naar het aantal machines, maar naar het totale motorvermogen per motortype wordt gekeken, wordt duidelijk dat mobiele machines met dieselmotoren een hoofdrol innemen in het machinepark (zie Figuur 3).

Dit wordt ook geïllustreerd in Figuur 4, waar de aantallen machines per motortype zijn gecategoriseerd naar motorvermogen. Bijna 45% van het aantal opgegeven machines bestaat uit kleine machines met een motorvermogen onder de 8 kW, hoofdzakelijk met een benzinemotor. Van de diesel aangedreven machines (zie rode balkjes) heeft een kwart een motorvermogen onder de 19 kW, en ongeveer de helft heeft een motorvermogen onder de 56 kW. Dit is relevant omdat voor de kleinere machines minder strenge emissie-eisen gelden dan voor de grotere machines. Sinds STAGE V zijn er relevante fijnstofeisen voor machines boven 19 kW en NO_x eisen voor machines boven 56 kW. Zoals verwacht vallen vrijwel alle elektrische machines in de kleinste vermogenscategorieën. Bijna alle machines met een motorvermogen boven de 37 kW zijn diesel aangedreven.



Figuur 4: Aandeel van het motorvermogen van mobiele machines uit de enquête, per vermogenscategorie.

Tabel 10 laat nogmaals zien dat machines met benzinemotoren, met een gemiddeld motorvermogen van ca. 2-4 kW, vaak veel kleiner zijn dan diesel-aangedreven machines.

Tabel 10: Gemiddeld motorvermogen opgegeven machines, per motortype

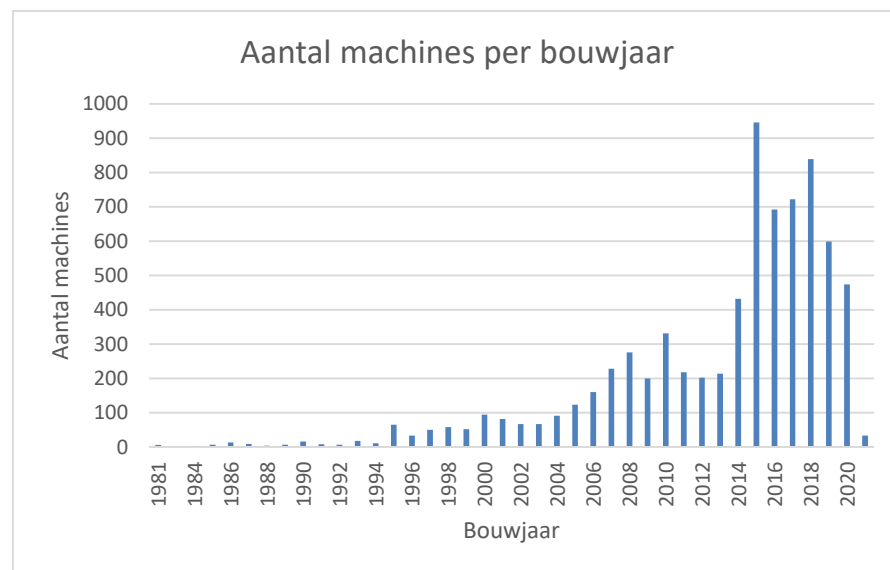
Motortype	Gemiddeld vermogen (kW)
Benzine, 2-takt	2,5
Benzine, 4-takt	3,5
Diesel	108
Elektrisch, accu/batterij	16,3
Elektrisch, voedingskabel	42
Hybride	80
LPG	37

3.2.3.2 *Bouwjaar*

De leeftijdsverdeling van het mobiele machinepark geeft inzicht in de emissieprestaties van het park. Zo moeten machines van een later bouwjaar vaak voldoen aan strengere emissienormen terwijl bij oudere machines slijtage of gebrekkig onderhoud mogelijk kan leiden tot hoger brandstofverbruik en hogere emissieniveaus.

Het bouwjaar van de machine is niet noodzakelijk het bouwjaar van de verbrandingsmotor. In sommige machines worden oudere, eerder geproduceerde motoren toegepast. Deze oudere motoren hoeven niet aan de nieuwe emissie-eisen te voldoen.

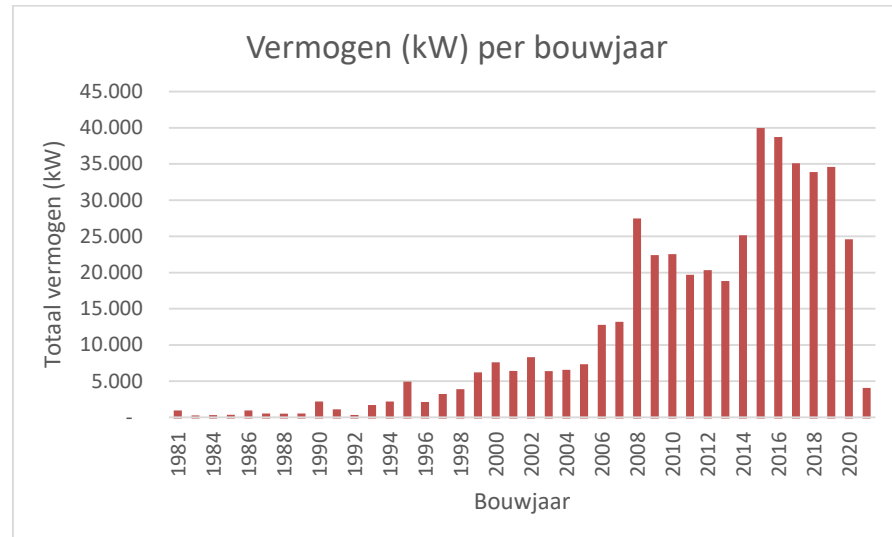
De gemiddelde leeftijd van de machines die door gebruikers zijn ingevoerd is acht jaar. Dit gemiddelde wordt wat sterk beïnvloed door een klein aantal zeer oude machines van voor 1970. De mediane leeftijd is met 6 jaar dan ook iets lager. In Figuur 5 wordt de leeftijdsverdeling getoond. Opvallend is de piek bij machines van bouwjaar 2015, wat duidt op een groter aantal verkochte machines in 2015/2016. Ook is te zien dat in de eerste jaren na de economische recessie in 2008, de verkoop vermoedelijk lager lag (met uitzondering van 2010).



Figuur 5: Leeftijdsverdeling opgegeven machines, per bouwjaar.

Het beeld gebaseerd op aantallen machines kan wel vertekenen als in een bepaald jaar veel kleine machines worden geïntroduceerd.

Figuur 6 geeft daarom nogmaals de leeftijdsverdeling maar dan op basis van gesommeerd motorvermogen.



Figuur 6: Leeftijdsverdeling opgegeven machines, gebaseerd op gesommeerd motorvermogen.

Dit leidt tot een iets ander beeld. De reductie na 2008 is nog steeds duidelijk zichtbaar, maar de piek in 2015 is weg.

De laagste gemiddelde leeftijd hebben een aantal kleine handwerktuigen zoals kettingzagen (vijf jaar), bosmaaiers en heggescharen (allebei vier jaar), maar ook de rupsgraafmachines en vorkheftrucks (beiden zes jaar). De hoogste gemiddelde leeftijd hebben draadkranen en rupshijskranen (17-19 jaar), maaidorsers (19 jaar) en heiblokken/palenrammers (20 jaar).

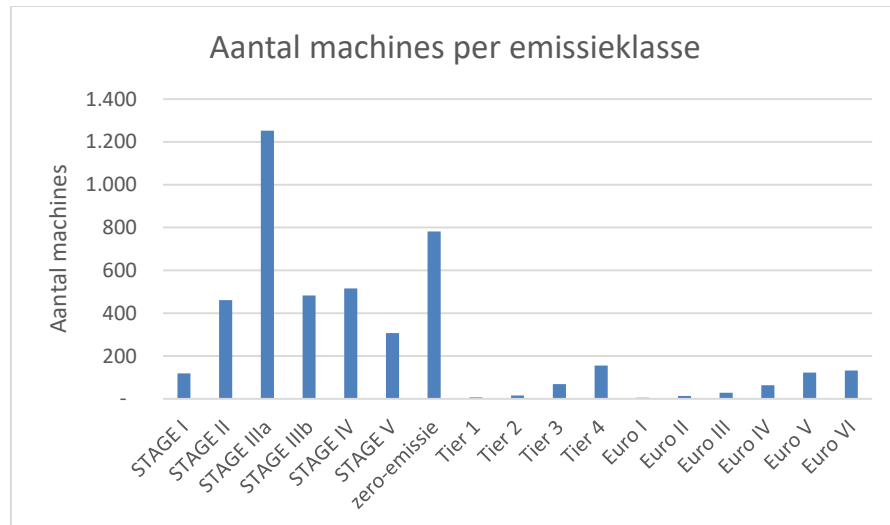
3.2.3.3 Emissieclassificatie

De Europese emissieclassificatie van verbrandingsmotoren van mobiele machines loopt van STAGE I (introductie ca. 1999) tot STAGE V (introductie 2019-2020). Figuur 7 laat zien dat STAGE IIIa (introductie 2006-2008) het grootste deel van de opgegeven machines (~40%) met STAGE-classificatie omvat. Ongeveer 26% van de STAGE genormeerde machines heeft STAGE IV of V als opgegeven klasse, welke in veel gevallen zijn uitgerust met SCR katalysator en roetfilter om NOx en fijnstofemissies te verminderen. Het is niet altijd duidelijk of de juiste STAGE klasse is opgegeven. In sommige gevallen is de emissienormering door de respondent mogelijk afgeleid van het bouwjaar van de machine.

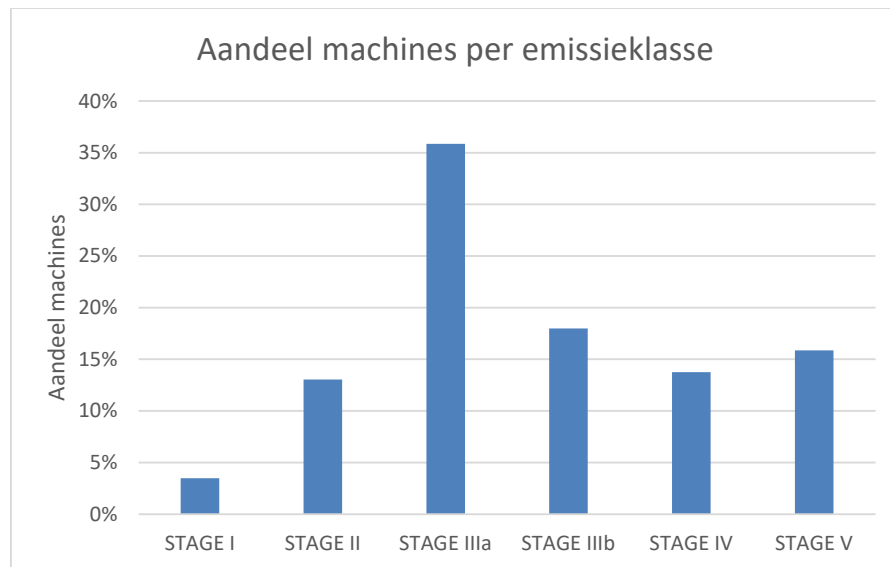
Voor 52% van de machines (16% naar motorvermogen) is door respondenten als emissieklasse "onbekend/overig" ingevuld (niet getoond in grafiek). Dit laat zien dat het voor veel respondenten lastig was om de emissieclassificatie van alle machines te achterhalen.

Ook is te zien dat naast de STAGE-classificatie een deel van de machines volgens een Amerikaanse classificatie (TIER) of een wegvoertuigenclassificatie (EURO) is genormeerd. De laatste groep bestaat vooral uit mobiele- en autolaadkranen, kieptrucks en veeg/zuigwagens.

Wanneer machines met TIER of EURO classificatie bij een STAGE klasse worden ingedeeld op basis van vergelijkbare emissie-eisen, ontstaat het beeld in Figuur 8. De bijdrage van STAGE IV en V machines is dan ongeveer 30%.

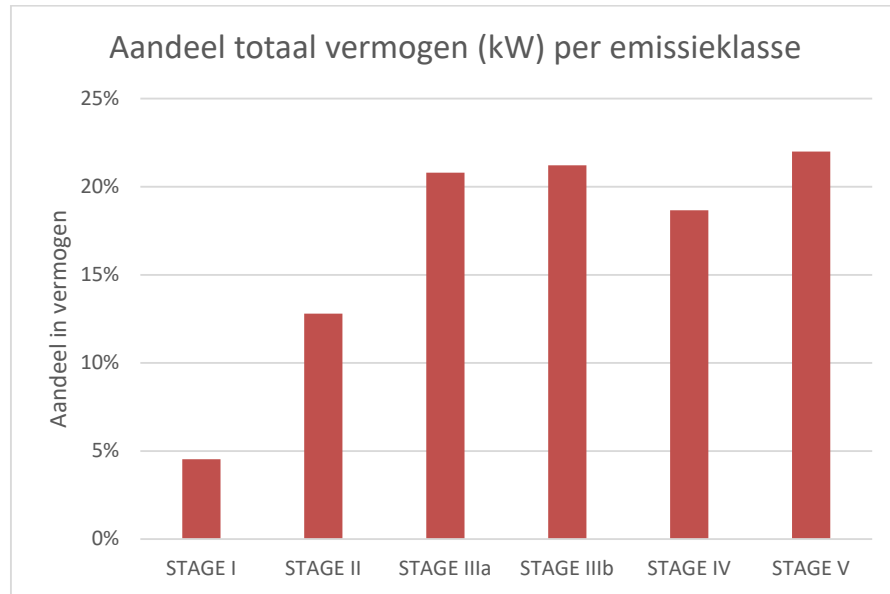


Figuur 7: Aantal opgegeven machines per opgegeven emissieklasse (emissieklasse 'onbekend/overig' wordt niet getoond).



Figuur 8: Aandeel van machines per emissieklasse (emissieklasse 'onbekend/overig' en 'zero emissie' worden niet getoond).

Figuur 9 toont aan dat het beeld verandert wanneer naar het cumulatieve motorvermogen per emissieklasse wordt gekeken. Machines met STAGE IIIa t/m STAGE V emissienormering hebben allen een vergelijkbaar aandeel in het totale vermogen. Het aandeel van STAGE IV en STAGE V machines is dan 41%.



Figuur 9: Aandeel in totaal motorvermogen van de opgegeven machines, per emissieklasse (emissieklasse 'onbekend/overig' en 'zero emissie' worden niet getoond).

De verdeling in emissieklassen verschilt sterk tussen verschillende machinetypen, wat onder andere wordt veroorzaakt door een verschillende levensduur van machines.

In Tabel 11 is de verdeling in emissieclassificatie te zien voor de verschillende machinetypen. Hierbij is zero-emissie ook meegenomen, maar 'onbekend/overig' niet. Let op dat deze verdeling voor sommige machinetypen maar op een handvol machines is gebaseerd, en dus wellicht niet representatief is voor de machines in het volledige Nederlandse machinepark.

Tabel 11: Verdeling emissieclassificaties per machinetype.

Machinetype	STAGE I	STAGE II	STAGE IIIa	STAGE IIIb	STAGE IV	STAGE V	zero-emissie	aantal ingevuld
aardappelrooiers (zelfrijdend)	0%	0%	40%	60%	0%	0%	0%	5
asfalt spreidmachines	0%	0%	20%	45%	16%	20%	0%	56
asfalt-/betonzagen (rijdend)	0%	0%	50%	0%	0%	50%	0%	4
asfaltreesmachines	0%	17%	50%	0%	33%	0%	0%	6
autolaadkranen	0%	2%	18%	27%	7%	45%	0%	44
bandenzagen/motorslijpers (handgereedschap)	0%	0%	89%	5%	0%	0%	6%	136
bestratingmachine (zelfrijdend)	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	1
betonmixers	0%	36%	21%	7%	21%	0%	14%	14
betonpompen	0%	12%	12%	0%	0%	12%	65%	17
bietenrooiers (zelfrijdend)	0%	25%	0%	25%	25%	25%	0%	4
bladblazers	0%	10%	0%	0%	3%	0%	88%	40
bodemfrenen	20%	0%	0%	0%	20%	0%	60%	5
bosmaaiers	0%	10%	0%	25%	1%	0%	64%	81
bulldozers	0%	10%	10%	10%	60%	10%	0%	10
compacttrekkers	7%	20%	30%	13%	10%	20%	0%	30
draadkranen/draglines	45%	13%	11%	11%	16%	3%	3%	38
dumpers/kiptrucks	0%	15%	35%	12%	32%	6%	0%	68
emulsiespuitwagens	13%	7%	33%	23%	0%	23%	0%	30
generatoren	3%	31%	50%	7%	2%	7%	0%	218
graaf-laadcombinaties	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	1
grasmaaiers	0%	7%	2%	5%	2%	41%	44%	61
heggescharen	0%	8%	0%	0%	0%	0%	92%	50
heiblokken/palenrammers	36%	57%	0%	7%	0%	0%	0%	14
heimachines/funderingsmachines	25%	9%	11%	11%	11%	20%	11%	88
hogedrukspuiten (zelf aangedreven)	0%	0%	13%	0%	0%	0%	88%	8
hoogwerkers	0%	0%	38%	13%	0%	25%	25%	8
hydrauliek powerpack	17%	25%	23%	7%	10%	7%	12%	84
kantenstekers	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	1
kettingzagen	0%	11%	0%	0%	2%	0%	87%	47
lasaggregaten	0%	0%	21%	7%	0%	0%	71%	14
lichtmasten (zelf aangedreven)	0%	4%	3%	0%	28%	0%	64%	174
lieren	0%	33%	33%	33%	0%	0%	0%	3
maaidorsers	25%	0%	0%	0%	0%	75%	0%	4
mais-/veldhakselaars	0%	8%	8%	15%	23%	46%	0%	13
markeringsmachines	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	6
mestinjecteurs (zelfrijdend)	0%	20%	7%	20%	27%	27%	0%	15
mobiele (telescoop)kranen	0%	3%	31%	16%	6%	44%	0%	32
mobiele boorinstallaties	0%	14%	63%	6%	11%	6%	0%	35
mobiele brekers	0%	50%	0%	50%	0%	0%	0%	2
mobiele compressoren	3%	14%	66%	4%	1%	3%	10%	155
mobiele graafmachines	0%	4%	22%	28%	28%	18%	0%	232
mobiele overslagmachines	0%	14%	24%	5%	19%	38%	0%	21
mobiele pompen	0%	56%	24%	6%	6%	1%	7%	166
mobiele zeef- en	7%	37%	23%	30%	3%	0%	0%	30
onkruidbestrijdingsmachines	14%	8%	19%	35%	3%	19%	3%	37
overig	0%	9%	13%	37%	1%	27%	13%	281
rupsgraafmachines	0%	4%	25%	21%	26%	22%	2%	419
rupshijskranen	33%	6%	17%	17%	28%	0%	0%	18
rupsoverslagmachines	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	1
ruw terrein heftrucks	0%	33%	33%	0%	33%	0%	0%	3
schranskladers	0%	42%	33%	25%	0%	0%	0%	12
shovels/laadschoppen op rupsen	0%	33%	33%	0%	0%	33%	0%	3
shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden	2%	8%	30%	20%	22%	16%	2%	255
sloopkranen	0%	0%	0%	33%	17%	50%	0%	6
spuitmachines (zelfrijdend)	0%	0%	50%	0%	0%	50%	0%	4
statische overslagmachines	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	2
teer-/asfaltsproeiers	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	4
terminal trekkers	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	1
torenkranen (mobiel)	0%	5%	32%	41%	0%	23%	0%	22
torenkranen (vast)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	11
tractoren/trekkers	5%	12%	15%	22%	22%	24%	0%	372
trilplaten/stampers	0%	2%	86%	4%	0%	3%	6%	422
twee-wiel tractoren	22%	78%	0%	0%	0%	0%	0%	9
veeg-/zuigwagens (zelfrijdend)	2%	2%	16%	47%	0%	31%	2%	51
verreikers	13%	0%	44%	6%	38%	0%	0%	16
versnipperaars (zelf aangedreven)	0%	0%	29%	14%	43%	14%	0%	7
verticuteermachines	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	1
vorkheftrucks	2%	2%	5%	1%	0%	0%	89%	326
walsen	4%	17%	34%	24%	6%	15%	0%	157
zitmaaiers	0%	12%	6%	0%	6%	76%	0%	17
Totaal	3%	11%	30%	15%	11%	13%	17%	4,528

3.2.3.4 Brandstofverbruik

In totaal hebben 70 respondenten met gezamenlijk 5.450 machines hun totale jaarlijkse brandstofverbruik opgegeven. Tabel 12 laat zien dat het brandstofverbruik hoofdzakelijk diesel betreft, maar dat de dieselalternatieven GTL (gas-to-liquids) en HVO (hydrotreated vegetable oil) een behoorlijke bijdrage leveren, voor deze bedrijven zelfs meer dan benzine en LPG. Gebruik van BTL of waterstof is door geen van de respondenten ingevoerd. Machines met dieselmotoren gebruiken gemiddeld zo'n 7.800 liter diesel, GTL of HVO per jaar, terwijl machines met een benzinemotor gemiddeld 107 liter benzine per jaar verbruiken.

Tabel 12: Jaarlijks brandstofgebruik machinepark respondenten

Brandstof	Hoeveelheid	Eenheid
Benzine	403.575	liter
Diesel	19.611.290	liter
GTL	645.289	liter
HVO	676.554	liter
LPG	3.549	liter
Elektriciteit	504.053	kWh

Respondenten is daarnaast gevraagd om zowel het aantal draaiuren per dag, als het aantal liter brandstof per dag per machine op te geven. Hieruit is het brandstofverbruik per uur per kilowatt motorvermogen bepaald. Het is belangrijk hierbij op te merken dat het niet om geverifieerde verbruiken gaat, maar om een inschatting door de respondenten, en dat voor een nauwkeurige inschatting detailgegevens uit machinedata/telematica systemen nodig is.

Tabel 13 laat zien dat het brandstofverbruik voor machines met een benzinemotor gemiddeld ongeveer 3 keer hoger is dan voor machines met een dieselmotor. Echter, Tabel 14 toont aan dat dit wellicht vooral te maken heeft met het gemiddelde motorvermogen. Ook voor dieselmotoren loopt het gemiddelde brandstofverbruik van 0,3 liter per kW per uur voor kleine machines (< 8 kW) tot minder dan 0,1 liter per kW per uur voor de grootste machines.

Tabel 13: Gemiddeld brandstofverbruik per uur en kW motorvermogen voor verschillende motortypen.

Motortype	Aantal	Brandstofverbruik (liter/kW/uur)
Benzine, 2-takt	733	0,33
Benzine, 4-takt	368	0,31
Diesel	1.856	0,11

Tabel 14: Gemiddeld brandstofverbruik per uur en kW motorvermogen voor verschillende vermogenscategorieën dieselmotoren.

Vermogenscategorie	Aantal	Brandstofverbruik (liter/kW/uur)
< 8 kW	132	0,27
8 ≤ kW < 19	267	0,19
19 ≤ kW < 37	183	0,20
37 ≤ kW < 56	181	0,13
56 ≤ kW < 75	81	0,13
75 ≤ kW < 130	425	0,11
130 ≤ kW < 300	425	0,11
300 ≤ kW < 560	153	0,09
560 ≤ kW < 1000	7	0,07

Het zal dan ook niet verbazen dat de machinetypen met het hoogste gemiddelde brandstofverbruik de kleine (handheld)machines zijn, zoals bandenzagen/motorslijpers (0,48 l/kW/u), heggescharen (0,6 l/kW/u) en kettingzagen (0,43 l/kW/u). Graafmachines en laadschoppen liggen met 0,12 l/kW/u rond het gemiddelde niveau voor dieselmachines. Generatoren verbruiken gemiddeld wat meer (0,19 l/kW/u) maar met gemiddeld 6,5 kW motorvermogen in deze selectie, zal dit vooral met de grootte van de machines te maken hebben.

Een brandstofverbruik van 0,11 liter/(kW*uur) zou grofweg overeenkomen met een gemiddelde motorbelasting van 35% à 40%. Voor kleinere motoren betekent een brandstofverbruik van 0,25 liter/(kW*uur) typisch een gemiddelde motorbelasting van 45% à 50%.

3.2.3.5 Draaiuren per jaar

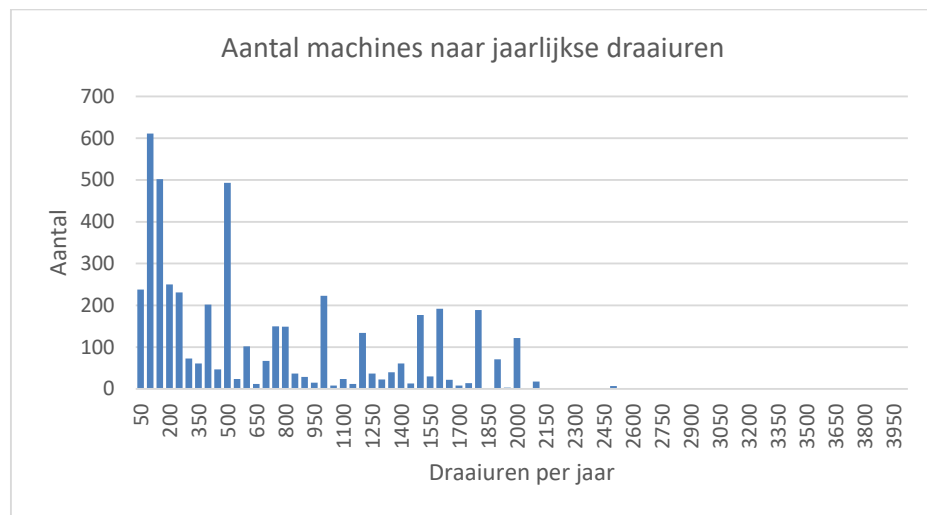
Tabel 15 laat het geschatte aantal draaiuren per jaar zien zoals opgegeven door de respondenten. Er is maar een klein aandeel van de machines dat per jaar meer dan 2500 draaiuren maakt. Figuur 10 toont de volledige verdeling van jaarlijkse draaiuren naar aantal machines, waarin ongeveer 50% van de machines minder dan 500 draaiuren per jaar heeft.

Tabel 15: Draaiuren per jaar, in vijf categorieën.

Draaiuren per jaar	Aantal machines
<150 draaiuren	897
150 - 500 draaiuren	1.359
500 - 1.000 draaiuren	1.048
1.000 - 2.500 draaiuren	1.422
2.500 - 5.000 draaiuren	18

Machinetypen met een laag gemiddeld aantal draaiuren zijn o.a. maaidorsers (145 uur), bandenzagen (165 uur), mobiele compressoren en trilplaten/stampers (beide 230 uur). Ook generatoren (385 uur) hebben jaarlijks gemiddeld maar een beperkt aantal draaiuren. Sloopkranen (2000 uur), torenkranen (1800 uur) en mobiele (telescoop)kranen (1740 uur) zijn machinetypen die blijkens de opgave van respondenten juist vrijwel iedere werkdag 8 uur in gebruik zijn.

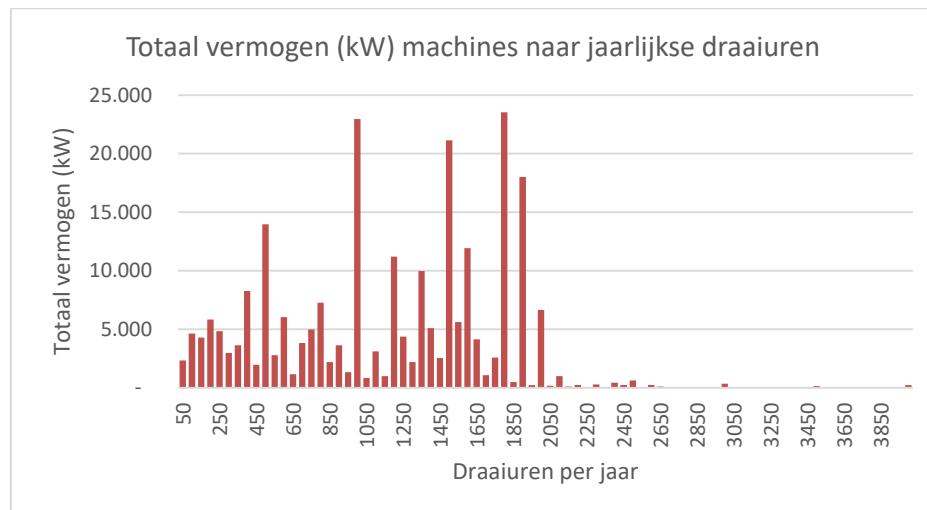
Tractoren/trekkers (840 uur), laadschoppen (1040 uur) en graafmachines (1260 uur) zitten in de middenmoot.



Figuur 10: Het aantal machines op basis van hun draaiuren per jaar.

3.2.3.5.1 Draaiuren naar motorvermogen

In Figuur 11 is te zien dat wanneer wordt gewogen naar totaal vermogen, er veel meer spreiding zit in de jaarlijkse draaiuren.



Figuur 11: Het totale motorvermogen van machines op basis van hun draaiuren per jaar.

Tabel 16 laat zien dat het aantal draaiuren per jaar typisch toeneemt met het vermogen van de machine, wat verklaart dat het patroon in Figuur 11 meer spreiding kent dan wanneer slechts naar het aantal machines wordt gekeken (Figuur 10).

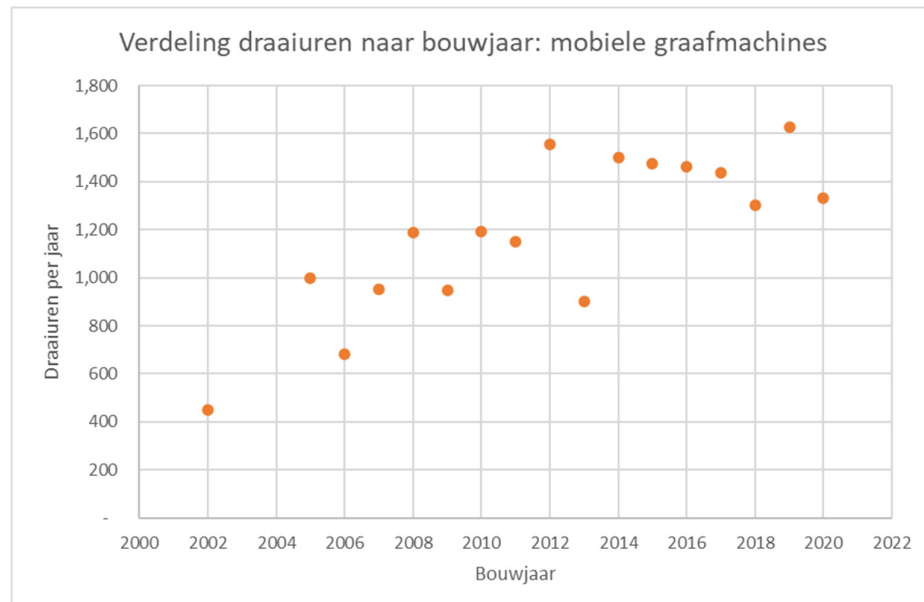
Tabel 16: Gemiddeld aantal draaiuren per vermogensklasse.

Vermogenscategorie	Gemiddeld aantal draaiuren
< 8 kW	260
8 ≤ kW < 19	412
19 ≤ kW < 37	537
37 ≤ kW < 56	727
56 ≤ kW < 75	804
75 ≤ kW < 130	1.096
130 ≤ kW < 300	1.237
300 ≤ kW < 560	1.400
560 ≤ kW < 1000	1.371
> 1000 kW	640
onbekend	1.300
Gemiddelde (gewogen)	686
Mediaan	500

3.2.3.5.2 Draaiuren naar leeftijd

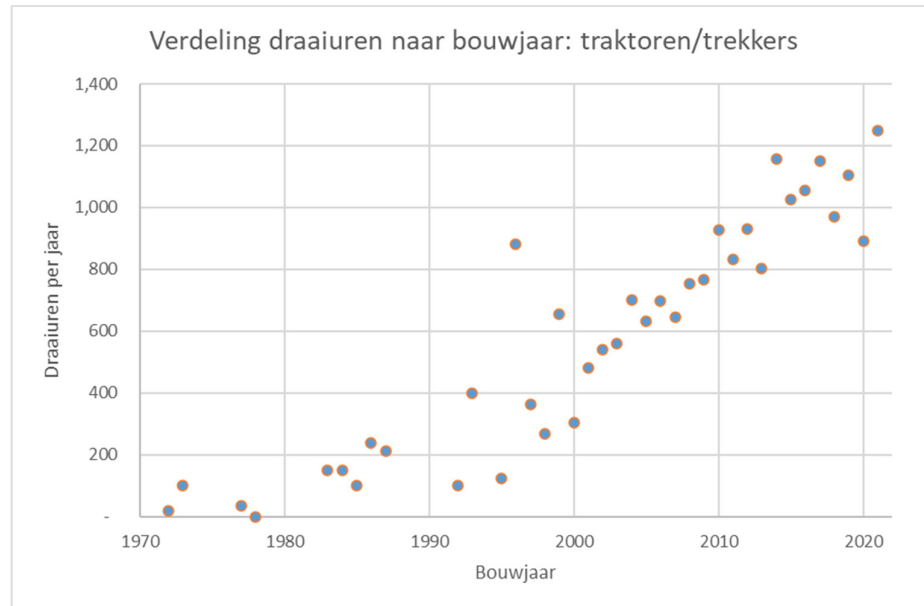
De verwachting is dat naast het motorvermogen, ook de leeftijd van de machines invloed heeft op de inzet (jaarlijkse draaiuren) van mobiele machines. In de volgende figuren is per machinetype en bouwjaar het gemiddeld aantal draaiuren per jaar uitgezet¹⁰.

Figuur 12 laat zien dat graafmachines tussen de 0-6 jaar oud gemiddeld tussen de 1300 en 1600 uur per jaar worden ingezet. Voor oudere machines neemt de inzet af tot minder dan 1000 draaiuren per jaar.



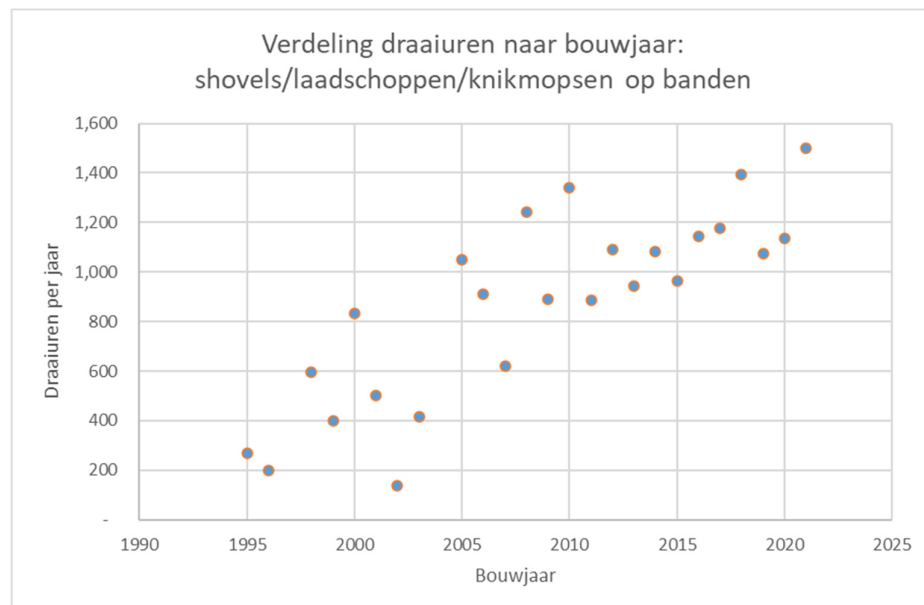
Figuur 12: Verdeling van jaarlijkse draaiuren naar bouwjaar: mobiele graafmachines (N=228).

¹⁰ Het aantal machines per bouwjaar waarop het gemiddelde is gebaseerd verschilt.



Figuur 13: Verdeling van jaarlijkse draaiuren naar bouwjaar: tractoren/trekkers (N=402).

Bij tractoren/trekkers is het effect nog duidelijker (zie Figuur 13). Oude tractoren blijven nog lang in gebruik, maar de jaarlijkse inzet neemt sterk af met de leeftijd. Bij laadschoppen op banden (Figuur 14) is het beeld vergelijkbaar met de mobiele graafmachines.

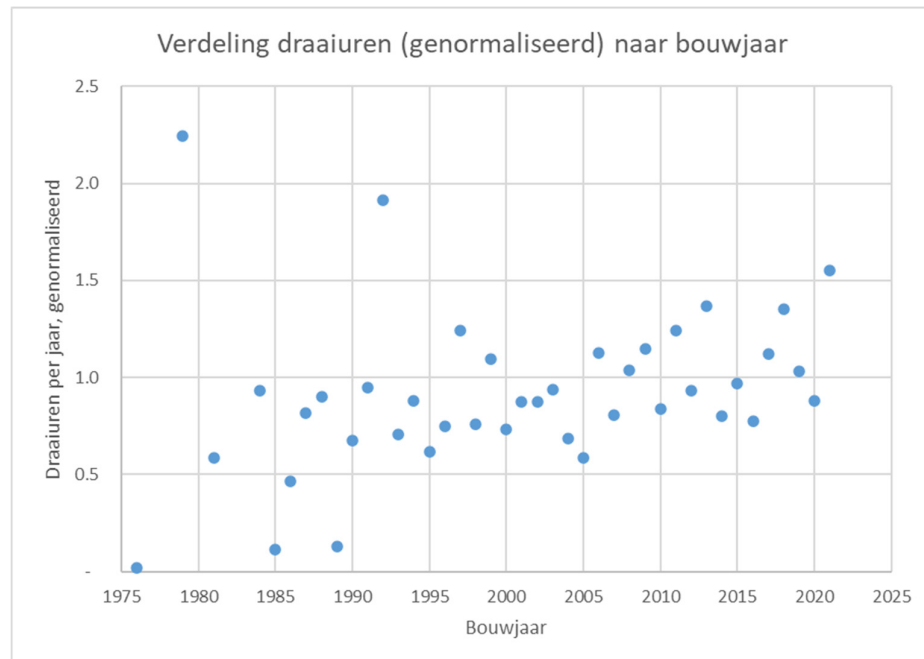


Figuur 14: Verdeling van jaarlijkse draaiuren naar bouwjaar: laadschoppen op banden (N=268).

Voor deze machinetypen laten voorgaande figuren goed zien dat de inzet van machines afneemt naarmate deze ouder zijn. Voor veel andere machinetypen is dit verband minder goed zichtbaar.

Dit kan te maken hebben met het beperkte aantal machines waarvoor de gegevens compleet zijn ingevuld, of door een verschillende inzet van machines door verschillende respondenten.

Wanneer de jaarlijkse draaiuren voor alle machinetypen behalve de eerder getoonde mobiele graafmachines, tractoren en laadschoppen, worden genormaliseerd naar het gemiddelde voor het machinetype, en daarna gemiddeld per bouwjaar, lijkt alsnog een effect van de leeftijd op de inzet zichtbaar (zie Figuur 15).



Figuur 15: Verdeling van jaarlijkse draaiuren naar bouwjaar, genormaliseerd (N=3740).

3.2.3.6 Afschrijvingstermijn

Tabel 17 toont de economische levensduur¹¹ of afschrijvingstermijn van de machines, naar inschatting van de gebruikers. Zo'n 10% van de machines, vooral kleine (gemiddeld 7 kW motorvermogen), hebben een economische levensduur van minder dan 1.000 draaiuren. Ruim 60% van de machines heeft een economische levensduur tussen de 1.000 en 10.000 draaiuren en zo'n 25% veelal grotere machines (gemiddeld 167 kW motorvermogen) zit daar boven.

¹¹ In de enquête is gevraagd naar de economische levensduur. Dat is de maximale termijn waarin een machine economisch verantwoord kan worden gebruikt. Omdat de technische levensduur langer is dan de economische levensduur, worden afgeschreven machines in sommige gevallen nog steeds ingezet, maar vaak ligt het aantal draaiuren een stuk lager.

Tabel 17: Aandeel machines (in aantal en gesommeerd vermogen) op basis van hun typische afschrijvingstermijn.

Economische levensduur / afschrijvingstermijn	Vermogen	Aantal	Gemiddeld vermogen (kW)
<150 draaiuren	0%	1%	7
150 - 500 draaiuren	0%	2%	
500 - 1.000 draaiuren	1%	7%	
1.000 - 2.500 draaiuren	2%	24%	42
2.500 - 5.000 draaiuren	4%	11%	
5.000 - 7.500 draaiuren	7%	8%	
7.500 - 10.000 draaiuren	27%	21%	
10.000 - 15.000 draaiuren	37%	18%	167
15.000 - 20.000 draaiuren	18%	6%	
> 20.000 draaiuren	4%	2%	

In Tabel 18 wordt de afschrijvingstermijn (in draaiuren) vergeleken met het aantal draaiuren per jaar, waaruit een gemiddelde economische levensduur in jaren kan worden berekend. Voor veel machinetypen ziet het resultaat er plausibel uit. Voor een aantal machinetypen, zoals grasmaaiers, maaidorsers, compressoren en vorkheftrucks, is het resultaat hoger dan zou worden verwacht. Een oorzaak kan zijn dat het inschatten van de levensduur in termen van draaiuren wellicht niet zo intuïtief is voor machine-eigenaren. Voor de vorkheftrucks lijkt het gemiddeld aantal draaiuren per jaar van 280 erg laag.

Tabel 18: Gemiddelde afschrijvingstermijn, jaarlijks draaiuren en resulterende levensduur van machines (alleen machinetypen waarvoor N >10).

Machinetype	Gemiddelde afschrijvings- termijn (draaiuren)	Gemiddelde jaarlijkse draaiuren	Gemiddelde levensduur in jaren
Asfalt spreidmachines	8.519	878	10
Autolaadkranen	14.259	1.352	11
Bandenzagen/motorslijpers (handgereedschap)	1.525	166	9
Betonmixers	10.975	1.203	9
Bladblazers	1.290	283	5
Bosmaaiers	1.578	425	4
Compacttrekkers	4.855	402	12
Draadkranen/draglines	14.233	1.468	10
Dumpers/kieptrucks	9.362	1.119	8
Emulsiespuitwagens	11.731	1.358	9
Generatoren	4.811	314	15
Grasmaaiers	4.616	246	19
Heggescharen	1.573	327	5
Heiblokken/palenrammers	10.211	1.474	7
Heimachines/funderingsmachines	16.724	1.434	12
Hydrauliek powerpack	9.167	590	16
Kettingzagen	1.659	302	5
Lichtmasten (zelf aangedreven)	10.336	1.474	7
Maaidorsers	4.746	140	34
Mais-/veldhakselaars	5.808	438	13
Mestinjecteurs (zelfrijdend)	8.793	687	13
Mobiele (telescoop)kranen	15.786	1.754	9

Mobiele compressoren	6.060	214	28
Mobiele graafmachines	9.743	1.345	7
Mobiele overslagmachines	9.455	664	14
Mobiele pompen	5.287	449	12
Mobiele zeef- en scheidingsmachines	11.154	1.096	10
Onkruidbestrijdingsmachines	6.207	443	14
Overig	9.285	511	18
Rupsgraafmachines	9.918	1.202	8
Rupshijskranen	14.273	1.273	11
Shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden	9.534	1.076	9
Torenkranen (mobiel)	15.841	1.881	8
Torenkranen (vast)	12.000	1.760	7
Tractoren/trekkers	10.054	835	12
Trilplaten/stampers	3.657	232	16
Veeg-/zuigwagens (zelfrijdend)	10.206	1.404	7
Verreikers	8.821	947	9
Vorkheftrucks	9.910	279	35
Walsen	8.187	619	13
Zitmaaiers	4.614	555	8

Een vergelijking van de economische levensduur met de huidige gemiddelde leeftijd van machines in het park geeft het beeld zoals in Tabel 19.

Voor veel machinetypen ligt de huidige gemiddelde leeftijd van machines in het park iets lager dan de inschatting van de economische levensduur van de machines. Voor een paar machinetypen ligt de gemiddelde leeftijd echter hoger (bijvoorbeeld bij draadkranen, heiblokken/palenrammers, rupshijskranen en verreikers). Dit kan te maken hebben met het feit dat de technische levensduur van mobiele machines langer is dan de economische levensduur en dat machines worden ingezet die economische al zijn afgeschreven. Voor vorkheftrucks wijst de gemiddelde leeftijd van zes jaar er op dat de inschatting van de economische levensduur van 35 jaar waarschijnlijk fors te hoog is.

Tabel 19: Vergelijking economische levensduur en huidige gemiddelde leeftijd in park per machinetype¹².

Machinetype	Gemiddelde economische levensduur in jaren	Gemiddelde leeftijd in park (jaren)
Asfalt spreidmachines	10	6
Autolaadkranen	11	9
Bandenzagen/motorslijpers (handgereedschap)	9	6
Betonmixers	9	8
Bladblazers	5	4
Bosmaaiers	4	4
Compacttrekkers	12	11
Draadkranen/draglines	10	17
Dumpers/kieptrucks	8	9
Emulsiespuitwagens	9	9
Generatoren	15	9
Grasmaaiers	19	9

¹² De gemiddelde leeftijd is afgeleid van het opgegeven bouwjaar. De economische levensduur in jaren is afgeleid van de opgegeven economische levensduur in draaiuren, gedeeld door de jaarlijkse draaiuren.

Heggescharen	5	4
Heiblokken/palenrammers	7	20
Heimachines/funderingsmachines	12	14
Hydrauliek powerpack	16	12
Kettingzagen	5	5
Lichtmasten (zelf aangedreven)	7	6
Maaidorsers	34	19
Mais-/veldhakselaars	13	8
Mestinjecteurs (zelfrijdend)	13	7
Mobiele (telescoop)kranen	9	8
Mobiele compressoren	28	12
Mobiele graafmachines	7	7
Mobiele overslagmachines	14	8
Mobiele pompen	12	9
Mobiele zeef- en scheidingsmachines	10	12
Onkruidbestrijdingsmachines	14	7
Overig	18	10
Rupsgraafmachines	8	6
Rupshijskranen	11	19
Shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden	9	8
Torenkranen (mobiel)	8	9
Torenkranen (vast)	7	2
tractoren/trekkers	12	11
Trilplaten/stampers	16	8
Veeg-/zuigwagens (zelfrijdend)	7	8
Verreikers	9	12
Vorkheftrucks	35	6
Walsen	13	10
Zitmaaiers	8	9

3.2.4 Machines verkocht in 2020

Met vijf respondenten actief als leveranciers van mobiele machines, is maar een beperkt deel van de machinelijst afgedekt door de enquêterespons (zie Tabel 8). Hierdoor zijn de volgende resultaten maar beperkt representatief voor de verkoop van machines in 2020. De resultaten worden daarom beknopt besproken.

3.2.4.1 Motorvermogen

De respondenten hebben hoofdzakelijk kleinere mobiele machines verkocht tot 37 kW motorvermogen (zie Tabel 20).

Tabel 20: Verdeling motorvermogens verkochte machines.

Vermogenscategorie	Aantal	Vermogen
< 8 kW	15%	6%
8 ≤ kW < 19	64%	45%
19 ≤ kW < 37	11%	18%
37 ≤ kW < 56	7%	18%
56 ≤ kW < 75	0,1%	0,2%
75 ≤ kW < 130	3%	14%

3.2.4.2 *Bouwjaar, motortype en emissieclassificatie*

Alle opgegeven machines op twee na, hebben als bouwjaar 2020. De respondenten zijn dus vooral actief in de verkoop van nieuwe machines. Ruim 90 van de 1590 machines hebben echter de emissieclassificatie STAGE IIIa, wat doet vermoeden dat het om nieuwe machines met oude (gereviseerd, of een nieuwe motor met oudere emissieklasse) motoren gaat, of dat het bouwjaar voor deze machines niet klopt. Verder betreft de verkoop hoofdzakelijk machines met een STAGE V emissienormering of elektrische machines (zie Tabel 21). De laatste groep bestaat uit vorkheftrucks, hefplatformen, hoogwerkers, magazijntrucks en ook een aantal elektrische laadschoppen.

Tabel 21: Motortype en emissieclassificatie verkochte machines/

Motortype	Emissienorm	Aantal	Vermogen	Gemiddeld vermogen (kW)
Diesel	STAGE IIIa	6%	5%	22
Diesel	STAGE IV	0,1%	0,2%	60
Diesel	STAGE V	89%	94%	19
Elektrisch, accu/batterij	zero-emissie	5%	1%	10

3.2.4.3 *Afschrijvingstermijn*

Het grootste deel van de machines heeft een afschrijvingstermijn tussen de 5.000 en 7.500 draaiuren (zie Tabel 22). Net als bij de machines in het huidige park (zie paragraaf 3.2.3.6), lijken grotere machines typisch een langere economische levensduur te hebben.

Tabel 22: Afschrijvingstermijn verkochte machines.

Economische levensduur / afschrijvingstermijn	Vermogen	Aantal	Gemiddeld vermogen (kW)
1.000 - 2.500 draaiuren	7%	18%	8
2.500 - 5.000 draaiuren	8%	4%	39
5.000 - 7.500 draaiuren	42%	59%	13
7.500 - 10.000 draaiuren	23%	12%	35
10.000 - 15.000 draaiuren	19%	6%	57

3.2.5 *Additionele vragen*

In de enquête zijn ook een aantal (optionele) vragen gesteld over de inzet van emissiereducerende maatregelen en over het onderhoud en de keuring van machines, allemaal zaken die de milieuprestatie van mobiele machines positief kunnen beïnvloeden. De respons van eigenaren/gebruikers en verhuurders is in onderstaande analyse samengenomen als 'machinepark'. De respons van leveranciers is meegenomen als 'machines verkocht'. Daarbij moet worden vermeld dat 5 leveranciers de enquête hebben ingevuld.

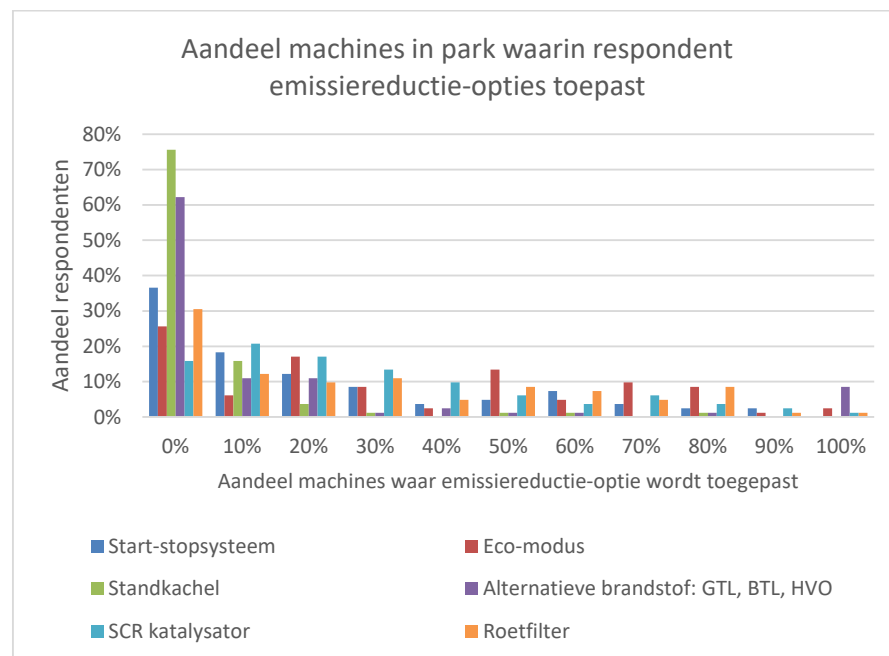
3.2.5.1 *Emissiereducerende maatregelen*

De meeste respondenten letten op verschillende gedragsaspecten die brandstofverbruik en emissies kunnen beperken. Opvallend is dat een groot deel van de respondenten zegt bewust bezig te zijn met het beperken van stationair draaien van machines. Ongeveer 40% van de respondenten past coaching of training toe over 'best practises' uit "Het Nieuwe Draaien".

Onderstaande Tabel 23 laat uit een groep van 87 respondenten zien welk percentage een bepaalde maatregel toepast.

Tabel 23: Het aantal respondenten dat een bepaalde gedragsmaatregel toepast (N=87).

Gedragsmaatregel	Aandeel dat maatregel toepast
Jaarlijkse training "Het Nieuwe Draaien"	18%
Coaching "Het Nieuwe Draaien"	25%
Onderlinge competitie op efficiency	10%
Draaien in de eco-modus	53%
Beperken stationair draaien	80%
Regelmatig bandenspanning controleren	66%
Slimme opstelling van machine op het werk	62%
Toepassing rijplaten	46%
Geen maatregelen	6%



Figuur 16: Het aandeel in het totaal aantal machines per respondent (N=82) waarin bepaalde emissiereductietechnieken worden toegepast.

In Figuur 16 hierboven is te zien in welk aandeel van de machines een respondent een bepaalde emissiereductietechniek toepast (voorbeeld: 35% van de respondenten geeft aan dat in geen enkele (0%) van hun machines een start-stopsysteem aanwezig is). Duidelijk wordt dat sommige technische emissiereductie-opties vaker worden toegepast dan anderen. Met betrekking tot alternatieve brandstoffen valt op dat de meeste bedrijven deze brandstoffen niet toepassen, maar dat van de bedrijven die dit wel doen, een groot deel deze brandstoffen in al hun machines gebruiken. Een standkachel is maar voor een deel van de machinetypen van toepassing en het is daarom niet vreemd dat de meeste respondenten deze niet gebruiken.

Wanneer een gewogen gemiddelde wordt genomen (rekening houdend met het aantal machines dat de verschillende respondenten in hun park hebben) ontstaat het beeld zoals in Tabel 24 hieronder. Opvallend hier is het lage aandeel van in 2020 verkochte machines waarin een roetfilter of start-stopsysteem worden toegepast. Ook het aandeel machines met een SCR katalysator is nauwelijks hoger dan in het machinepark van de gebruikers. Dit kan te maken hebben met het feit dat bijna de helft van de door leveranciers opgegeven machines trilplaten/stampers en (ander) handgereedschap behelzen. Voor deze machines zijn andere emissienormen van toepassing en worden roetfilters of SCR katalysatoren typisch niet toegepast. Dit voorbehouden geldt in mindere mate ook voor de machines in het machinepark van gebruikers en verhuurders.

Roetfilters en SCR katalysatoren worden ongeveer even vaak toegepast in het machinepark volgens respondenten, vergelijkbaar met de aanwezigheid van een eco-modus. Het percentage machines met een SCR katalysator en/of roetfilter ligt tevens dicht in de buurt van het percentage van 24% van de machines die een STAGE IV of STAGE V emissienormering hebben (zie Tabel 11).

Tabel 24: Het gewogen gemiddelde aandeel van de machines waarin emissiereductietechnieken worden toegepast (N=82).

Emissiereductie-opties	Machinepark	Machines verkocht
Start-stopsysteem	17%	12%
Eco-modus	25%	49%
Standkachel	4%	0%
Alternatieve brandstof: GTL, BTL, HVO	18%	0%
SCR katalysator	23%	25%
Roetfilter	21%	9%

Bij sommige machines kunnen uitgebreide gegevens over inzet en onderhoud worden uitgelezen. Inzicht in deze gegevens kan helpen bij het optimaliseren van het gebruik van de machine en daarmee de milieu-impact beperken. Tabel 25 laat het gewogen gemiddelde zien van het aandeel machines waarbij verschillende gegevens kunnen worden uitgelezen. Het valt op dat nieuw verkochte machines vaker zijn uitgerust met gegevensmogelijkheden met betrekking tot GPS, onderhoudsberichten en operationele uren. Echter het lage aandeel van machines waarbij data over brandstofgebruik en motorbelasting volgens leveranciers beschikbaar is, is niet goed te verklaren. Mogelijk wordt deze data wel geregistreerd maar is deze niet altijd opvraagbaar door gebruikers.

Tabel 25: Het gewogen gemiddelde aandeel machines waarvan machinegegevens over inzet en onderhoud uitleesbaar zijn (N=85).

Machinegegevens uitleesbaar	Machinepark	Machines verkocht
GPS	32%	58%
Onderhoudsberichten	18%	61%
Operationele uren per dag/maand	26%	61%
Brandstofgebruik en CO ₂	29%	10%
Motorbelasting/aandeel stationair draaien	21%	9%
NO _x emissie-monitoring	4%	4%

Respondenten is ook gevraagd welke eisen zij stellen indien zij nu een nieuwe mobiele machine zouden kopen (zie Tabel 26). Hieruit blijkt de brede wens om machines te kopen die voldoen aan moderne emissienormen en over technieken beschikken die emissies en brandstofverbruik kunnen beperken. Bijna de helft van de respondenten geeft aan een zero-emissie machine (op waterstof of elektrisch) te willen kopen indien een dergelijke machine beschikbaar is. Bij de interviews is echter aangegeven dat de investering vaak nog erg hoog is.

Tabel 26: Het percentage respondenten dat bepaalde emissie-gekoppelde eisen stelt bij aanschaf/huur van nieuwe machines (N=85).

Eisen aan nieuwe machines	Stelt eis aan nieuwe machines
Start-stopsysteem	53%
Eco-modus	48%
Standkachel	13%
SCR katalysator	44%
roetfilter	38%
Hybride machine	25%
Minimaal STAGE IV	16%
Minimaal STAGE V	74%
Elektrisch / op waterstof indien beschikbaar	48%
Geen van bovenstaande eisen	2%

Niet alle respondenten hebben deze vragen beantwoord. Het is aannemelijk dat bedrijven die meer bezig zijn met emissiereductie deze vragen eerder compleet beantwoorden dan partijen die hier minder op zijn gericht.

3.2.5.2 Keuring en onderhoud

Volgens het Arbeidsomstandighedenbesluit¹³ dienen mobiele machines (“arbeidsmiddelen”) in goede staat te verkeren voor veilig gebruik en periodiek te worden gekeurd “zo dikwijls dit ter waarborging van de goede staat noodzakelijk is” (art. 7.4.a). Periodieke keuring van machines draagt bij aan veilig gebruik van machines en kan tevens bijdragen aan het optimaal en efficiënt draaien van machines. Tabel 27 laat zien dat ruim 60% van de machines in eigen beheer wordt gekeurd.

Tabel 27: Hoe machines worden gekeurd (N=86).

Hoe worden uw machines gekeurd?	Machinepark	Machines verkocht
In eigen beheer	63%	99%
Door derden	36%	1%
Niet gekeurd	1%	0%

Echter, niet alle machines worden gekeurd. De opgegeven redenen om een machine niet te laten keuren worden hieronder getoond in Tabel 28.

¹³ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0008498/2020-07-01>.

Tabel 28: Redenen van respondenten (N=13) om machines niet te laten keuren.

Wat is de reden dat sommige machines niet worden gekeurd?	Aandeel respondenten
De machine(s) worden weinig ingezet	54%
De machine(s) zijn afgeschreven	38%
Geen keuringsplicht	62%

Tabel 29: Hoe het onderhoud aan machines wordt verricht (N=83).

Verricht u zelf het onderhoud aan uw machines?	Machinepark	Machines verkocht
Onderhoud deels in eigen beheer, deels door derden	78%	0%
Onderhoud door derden	1%	89%
Onderhoud in eigen beheer	21%	11%

Respondenten is ook gevraagd aan te geven hoe zij onderhoud laten verrichten (Tabel 29). Bij ongeveer 80% van de machines van gebruikers wordt het onderhoud deels zelf, deels door derden uitgevoerd. Leveranciers verrichten maar in beperkte mate onderhoud in eigen beheer.

Roetfilters en SCR katalysatoren zijn belangrijke technieken die de emissies van respectievelijk fijnstof en stikstofoxiden (NO_x) fors kunnen reduceren. Uit de praktijk is bekend dat deze technieken in sommige gevallen tot problemen met de machines kunnen leiden, bijvoorbeeld verstopping van de katalysator en roetfilter, waardoor extra onderhoud nodig is.

Tabel 30: Optredende problemen met roetfilters of SCR katalysatoren (N=81).

Treden er problemen op met roetfilters of SCR katalysatoren?	Aandeel respondenten
Verstopping van SCR katalysator door ureum kristallen of HC/diesel vervuiling	32%
Verstopte roetfilters	26%
Andere problemen	54%
Nee, geen problemen	16%

Uit de resultaten in Tabel 30 blijkt dat veel respondenten te maken krijgen met problemen bij het gebruik van machines met roetfilters en SCR katalysatoren. Een deel (~15%) van de respondenten die kampen met deze problemen, geven aan dat zij als gevolg van deze problemen de emissiereducerende technieken uitschakelen of verwijderen (tampering), wat tot veel hogere emissies kan leiden (zie Tabel 31). Nieuwere machines kunnen in dit geval zelfs fors meer NO_x en/of fijnstof uitstoten dan machines die al jaren in gebruik zijn en die nog wel in originele staat zijn.

Tabel 31: Aanpassingen aan machines vanwege problemen met emissiereducerende technieken (N=39).

Hebben deze problemen geleid tot aanpassing door chiptuning of (tijdelijke) demontage van roetfilter en/of SCR katalysator?	Aandeel respondenten
Chiptuning	5%
Demontage van roetfilter(s)	10%
Demontage van SCR katalysator(en)	3%
Geen van deze opties	85%

3.3 Interviews

In totaal zijn acht bedrijven geïnterviewd. Deze varieerden van grote tot kleinere bedrijven in de sectoren GWW, woning- en utiliteitsbouw en landbouw. Alle geïnterviewde bedrijven vielen in de categorie gebruikers van machines.

3.3.1 *Inzetgegevens*

De geïnterviewde partijen hadden bijna allemaal een goed inzicht en een goede registratie van het totale brandstofverbruik van hun machinepark, bijvoorbeeld op basis van facturatie van de brandstofleverancier. Voor het wegverkeer wordt vaak gebruik gemaakt van een tankpas. Het AdBlue verbruik is meestal niet direct paraat, maar zou bijvoorbeeld achterhaald kunnen worden middels factureringsgegevens. Het brandstofverbruik op machineniveau is voor de meeste geïnterviewde partijen niet direct inzichtelijk. Vanuit telematica systemen is voor een deel van materieel wel het brandstofverbruik per machine uit te lezen, maar dat wordt niet per definitie gebruikt voor brandstofregistratie. Het is soms ook nodig om dan per merk in een apart systeem in te loggen, wat tijdrovend kan zijn.

Op basis van tankgegevens of telematica systemen wordt geregeld ook data aangeleverd voor initiatieven zoals de CO₂ prestatieladder of de milieubarometer. Ook komen verbruiksgegevens (al dan niet als CO₂ uitstoot) soms terug in jaarrapportages. Dit zijn geen gegevens op machineniveau, maar op een geaggregeerd niveau.

3.3.2 *Online-Monitoringsdata / telematica systemen*

Tijdens de interviews is door meerdere geïnterviewde partijen aangegeven dat online monitoringsdata op basis van telematica systemen voor veel moderne machines beschikbaar zijn. De machines die veel verkocht worden, zoals graafmachines en laadschoppen, hebben dit in sommige gevallen al tien jaar of meer. Bij specialistisch materieel, kleiner, en ouder materieel is het minder gebruikelijk. Het is overigens goed mogelijk dat telematica systemen niet direct voor iedereen toegankelijk zijn, er kunnen extra kosten voor deze service gevraagd worden. De hoeveelheid en type data die uit te lezen zijn, worden steeds uitgebreider. Momenteel zijn gegevens uit te lezen zoals: draaiuren, brandstofverbruik, AdBlue verbruik, aandeel stationair draaien, gebruikscondities, locatie, onderhoudsgegevens en soms nog meer. Dergelijke data is bij meerdere systemen op werkdagniveau beschikbaar en ook als totalen. In sommige gevallen is ook data per uur beschikbaar, bijvoorbeeld of de motor aan/uit stond en/of de motor operationeel was. Bij sommige systemen kan jaren worden teruggekeken, en bij sommige systeem zijn details tot 3 maanden terug op te vragen. Tijdens de interviews is inzicht gekregen in systemen van vijf verschillende merken.

Er zijn ook universele systemen op de markt voor online-monitoring, de mogelijkheden verschillen vaak per systeem. Er zijn online systemen die bijvoorbeeld gebruik maken van tankregistraties, maar ook systemen die op de machine zijn geplaatst. De systemen die op de machine zijn geplaatst kunnen vaak de positie van de machine weergeven, maar soms ook aanvullende detailgegevens zoals het brandstofverbruik laten zien. Voor zover bekend bij de geïnterviewde partijen zijn er nog geen systemen die ook inzicht bieden in de schadelijke emissies van de machines, of de werking van de emissiecontrole technologie.

Bij diverse bedrijven was er bereidheid om detailinformatie te delen. De meeste bedrijven gaven echter aan dat zij het teveel werk vonden om uitgebreide detailinformatie op te zoeken en te delen, vooral omdat het invullen van de enquête ook al veel tijd van hen vroeg. De bedrijven gaven aan dit wel te willen doen, maar dan meer in een samenwerkingsvorm, waarbij de bedrijven uitgebreide data delen, als daar bijvoorbeeld een emissiemeting tegenover zou staan.

Uitgebreide detaildata is uiteindelijk gedeeld voor ca. 40 machines. Het gaat daarbij vooral om graafmachines (zowel op rupsen als op banden) en laadschoppen. Daarnaast zijn voorbeelden getoond van data van veegwagens, een heimachine en enkele hijskranen. Hieronder volgt een korte analyse van de verkregen telematica data, waarbij wordt ingegaan op het brandstofverbruik, AdBlue verbruik en machine inzet.

Overzicht van machines waarvan detaildata beschikbaar is

Tabel 32 geeft een overzicht van de specificaties van een deel van machines waarvan detaildata beschikbaar is gekomen. De eerste kolom geeft de machine aanduiding weer. Hierbij staat 'graaf' voor graafmachines en staat 'laad' voor laadschop, en 'R' voor rups en 'W' voor wielen en 't' voor tonnage van het voertuig. In het algemeen gaat het om relatief grote en redelijke jonge machines, met een paar uitschieters uit bouwjaar 2012. Van deze machines is data beschikbaar gekomen op dagniveau, over meerdere jaren (vanaf 2017). Dit gaat om data zoals het brandstofverbruik, AdBlue verbruik, inzetgegevens en draaiuren.

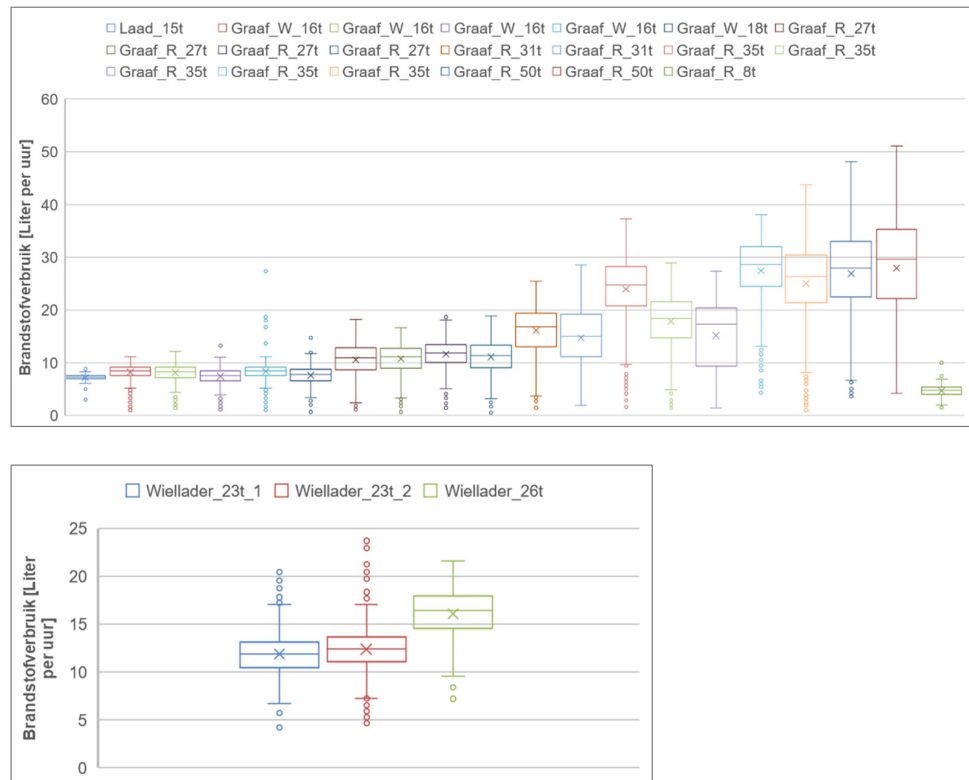
Tabel 32: Specificaties van een selectie van machines waar detaildata van beschikbaar is.

Machine aanduiding	Bouwjaar	Urenmeter (u)	Afstand (km)	Motorvermogen (kW)	Gewicht (ton)
Graaf_R_8t	jun-19	1.054	-	± 40	8,5
Laad_15t	feb-21	355	879	± 130	15
Graaf_W_16t	apr-17	6.490	13.018	± 100	16
Graaf_W_16t	mrt-17	7.113	11.638	± 100	16
Graaf_W_16t	mei-17	6.311	8.589	± 100	16
Graaf_W_16t	sep-19	2.339	3.739	± 100	16
Graaf_W_18t	apr-17	5.996	6.239	± 130	18
Graaf_R_27t	okt-16	7.786	-	± 140	27
Graaf_R_27t	sep-16	7.821	-	± 140	27
Graaf_R_27t	okt-16	7.161	-	± 140	27
Graaf_R_27t	nov-16	6.941	-	± 140	27
Graaf_R_31t	nov-16	6.945	-	± 200	31
Graaf_R_31t	jun-18	2.937	-	± 200	31
Graaf_R_35t	nov-18	4.288	-	± 210	35
Graaf_R_35t	sep-16	8.283	-	± 210	35
Graaf_R_35t	feb-18	2.936	-	± 210	35
Graaf_R_35t	mrt-12	15.134	-	± 210	35
Graaf_R_35t	nov-12	11.148	-	± 210	35
Graaf_R_50t	apr-17	6.970	-	± 270	50
Graaf_R_50t	aug-17	4.909	-	± 270	50

Wiellader_23t_1	jul-17	6.646	-	± 200	23
Wiellader_23t_2	jul-19	3.040	-	± 200	23
Wiellader_26t	jul-19	2.703	-	± 220	26

Brandstofverbruik

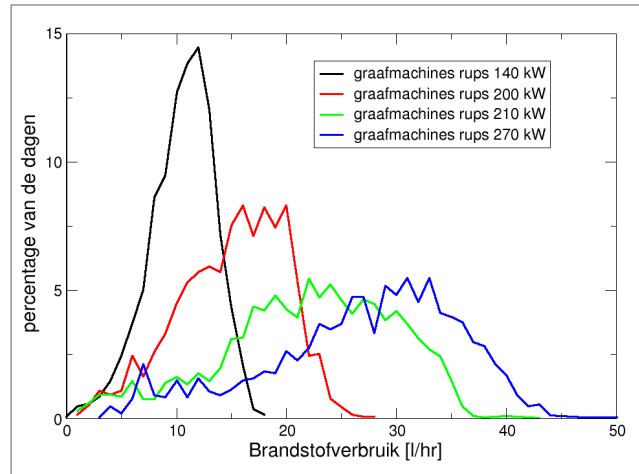
Figuur 17 geeft het brandstofverbruik (gemiddelden per dag over de gehele periode die beschikbaar is) van de machines uit Tabel 32 weer in een zogenaamde boxplot. Een boxplot¹⁴ geeft de spreiding in de data weer, alsook de mediaan en het gemiddelde. In Figuur 17 is duidelijk te zien dat de spreiding in het gemiddelde brandstofverbruik per dag groot is voor de individuele machines. Het onderlinge verschil tussen de machines die qua eigenschappen vergelijkbaar zijn, is in het algemeen klein. Bijvoorbeeld, het gemiddelde brandstofverbruik over de gehele periode voor de 16 ton graafmachines op wielen ligt rond de 8 liter per uur (tussen de 7.5 en 8.3 liter per uur). Voor de 27, 31 en 50 ton graafmachines en de wielladers is deze spreiding ook klein. Alleen de 35 ton graafmachines laten een groot onderling verschil zien.



Figuur 17: Spreiding, mediaan (streep in de 'box') en gemiddelde (kruisje) van gemiddelde brandstofverbruiken per dag, weergegeven per machine over de gehele periode waarvan data beschikbaar is.

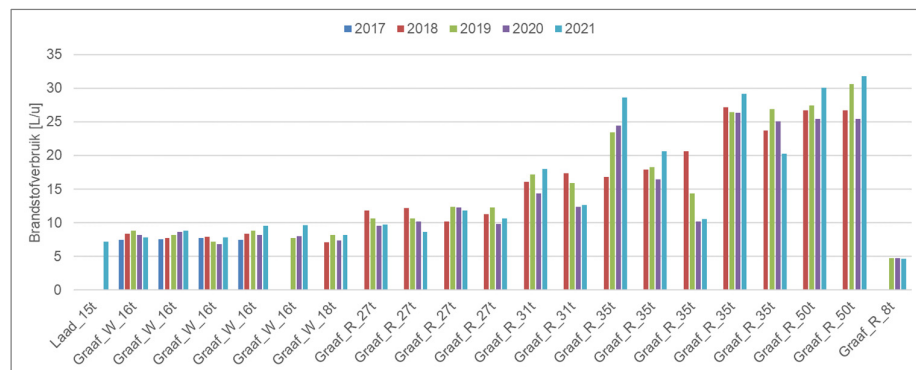
¹⁴ De 'box' bestaat uit de mediaan van het eerste kwartiel (onderkant box) en de mediaan van het derde kwartiel (bovenkant box). In het midden is de mediaan van de hele dataset weergegeven, daarnaast geeft het kruisje de gemiddelde waarde in de dataset weer. De verticale lijnen geven de minimum en maximum waarden in de dataset weer, op de uitschieters na. De uitschieters worden weergegeven als bolletjes.

Figuur 18 laat de frequentieverdeling van het gemiddelde brandstofverbruik per dag zien voor de graafmachines op rupsen van 27 ton en groter, hierbij zijn de vergelijkbare graafmachines samengenomen. Zoals in Tabel 32 te zien is, gaat dit om de 27, 31, 35 en 50 ton graafmachines (bij respectievelijk de 140, 200, 210 en 270 kW graafmachines). Figuur 18 bevestigt het beeld dat de spreiding over dagen groot kan zijn, vooral bij de 35t (210 kW) en 50t (270 kW) graafmachines.



Figuur 18: Frequentieverdeling van het (gemiddelde) brandstofverbruik per dag voor de graafmachines op rupsen.

Figuur 19 laat het gemiddelde brandstofverbruik per jaar, per machine zien. De verschillen jaar op jaar zijn bij de meeste machines beperkt. Bij enkele grotere machines (vooral de 35 ton graafmachines) is jaar op jaar grotere variatie zichtbaar.

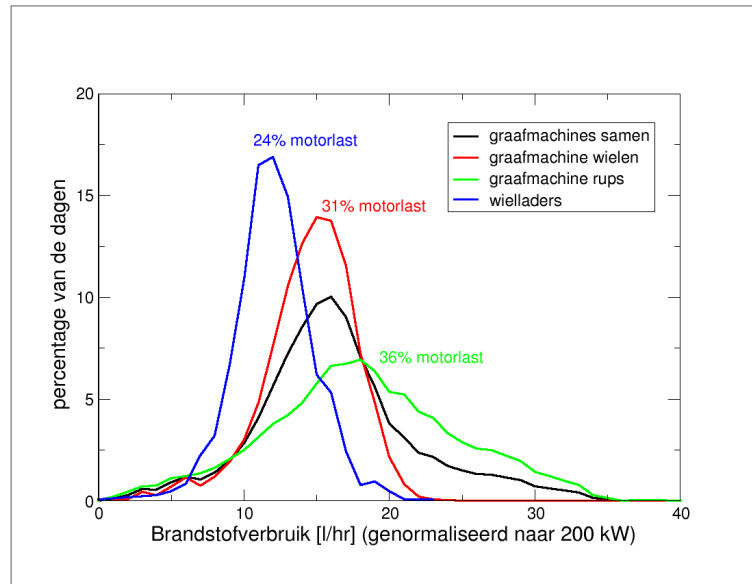


Figuur 19: Gemiddeld brandstofverbruik per jaar, per machine.

Op basis van het gemiddelde brandstofverbruik en het opgegeven maximale motorvermogen kan een ruwe inschatting gemaakt worden van de gemiddelde motorbelasting. In het algemeen is zichtbaar in de data dat grotere graafmachines een hogere gemiddelde motorbelasting hebben dan de kleinere graafmachines en de wielladers. Figuur 20 geeft de frequentieverdeling van het (gemiddelde) brandstofverbruik per dag voor de graafmachines en wielladers, genormaliseerd naar een motorvermogen van 200 kW.

In het figuur is bij het brandstofverbruik wat het meest voorkomt een inschatting gegeven van de motorbelasting die daarbij hoort (bij benadering). In dit figuur is zichtbaar dat de gemiddelde motorbelasting in het algemeen laag is. Het figuur bevestigt ook de lagere motorbelasting bij de wielladers en de kleinere graafmachines (op wielen).

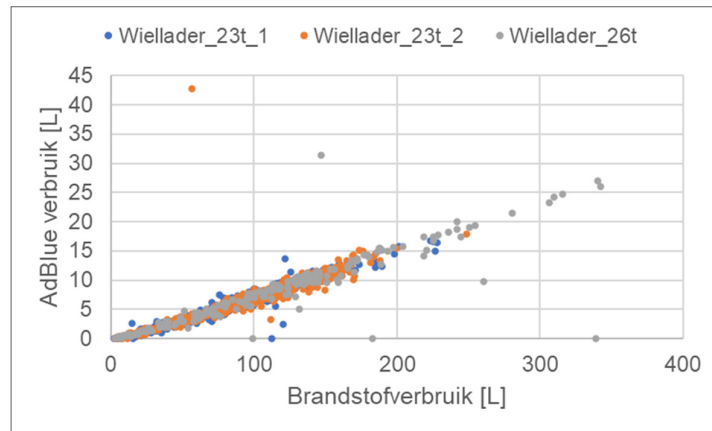
Ook andere data die beschikbaar is gekomen – van een heimachine - liet zien dat het gemiddelde gevraagde vermogen over de gehele levensduur 25% van het nominale motorvermogen was, en dat de motorinzet maar zelden 100% was.



Figuur 20: Frequentieverdeling van het (gemiddelde) brandstofverbruik per dag voor de graafmachines en wielladers, genormaliseerd naar een motorvermogen van 200 kW, inclusief een inschatting van de motorbelasting die vaak voorkomt.

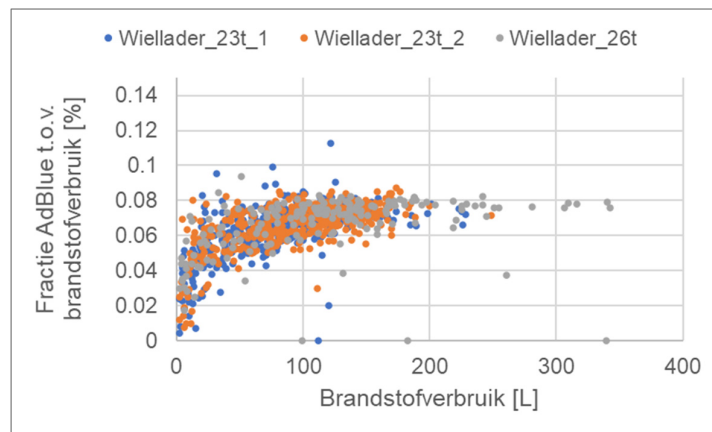
AdBlue verbruik

In sommige telematica systemen is naast het brandstofverbruik ook het AdBlue verbruik zichtbaar. Vooral het AdBlue verbruik ten opzichte van het dieselvebruik is relevant. Figuur 21 geeft het gemiddelde AdBlue verbruik per dag als functie van het gemiddelde brandstofverbruik per dag per machine. Figuur 21 laat zien dat de verhouding tussen het AdBlue- en brandstofverbruik in eerste instantie redelijk lineair lijkt te zijn, maar dat er ook wat uitschieters in de data zijn.



Figuur 21: Gemiddelde AdBlue verbruik per dag als functie van het gemiddelde brandstofverbruik per dag per machine.

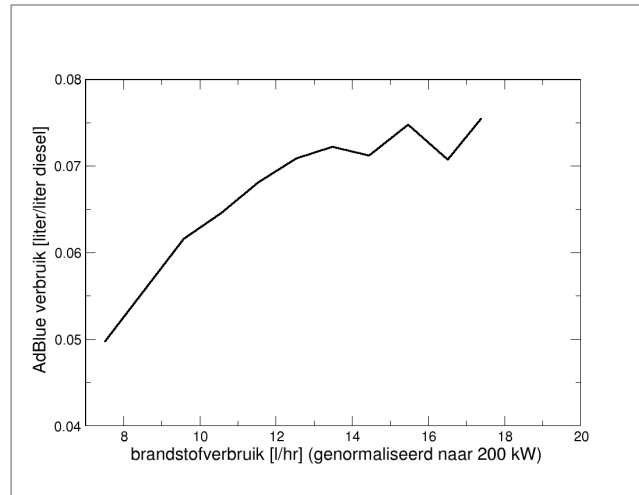
Figuur 22 laat eenzelfde figuur zien, maar dan de gemiddelde fractie AdBlue ten opzichte van het brandstofverbruik per dag, als functie van het gemiddelde brandstofverbruik per dag, per machine. Figuur 22 laat zien dat die fractie lager is bij een laag brandstofverbruik per dag. Dit zou verklaard kunnen worden doordat AdBlue pas toegepast wordt als de SCR katalysator warm is, dus bij een kortere inzet (laag brandstofverbruik per dag), speelt de opwarming een grotere rol, waardoor het aandeel AdBlue ten opzichte van het dieselverbruik lager is. De gemiddelde fractie van AdBlue voor deze drie wielladers is 6,3, 6,6 en 6,8%.



Figuur 22: Gemiddelde fractie AdBlue ten opzichte van het brandstofverbruik per dag als functie van het gemiddelde brandstofverbruik per dag, per machine.

Figuur 23 laat het AdBlue verbruik als functie van het genormaliseerde brandstofverbruik zien. Dit genormaliseerde brandstofverbruik geeft een indicatie van de motorbelasting (laag brandstofverbruik duidt op een lage motorbelasting). Figuur 23 laat zien dat het AdBlue verbruik lager is bij een lage motorbelasting (laag brandstofverbruik), de SCR katalysator lijkt daar dus minder effectief te zijn bij deze machines.

De gegevens over het AdBlue verbruik zijn zeer relevant, deze kunnen gebruikt worden voor de inschatting van de NOx emissies en de impact van tampering. Als vuistregel daarvoor kan gebruikt worden dat er ca. 460 gram NOx reductie per 1 liter AdBlue gerealiseerd wordt. Uitgaande van de fractie van ca. 7% AdBlue, kan dan ook worden uitgerekend hoeveel extra NOx wordt uitgestoten als de SCR wordt afgeschakeld.

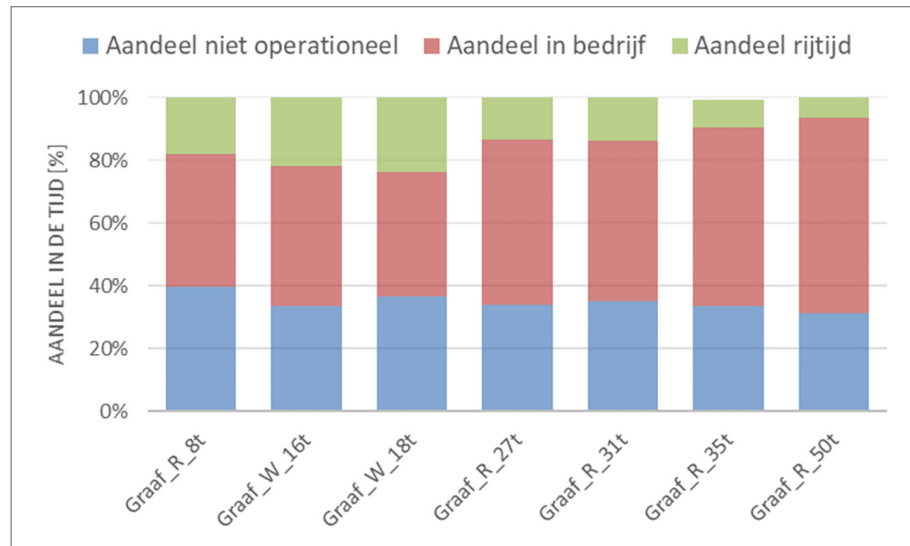


Figuur 23: AdBlue verbruik als functie van het genormaliseerde brandstofverbruik.

Detail inzet gegevens

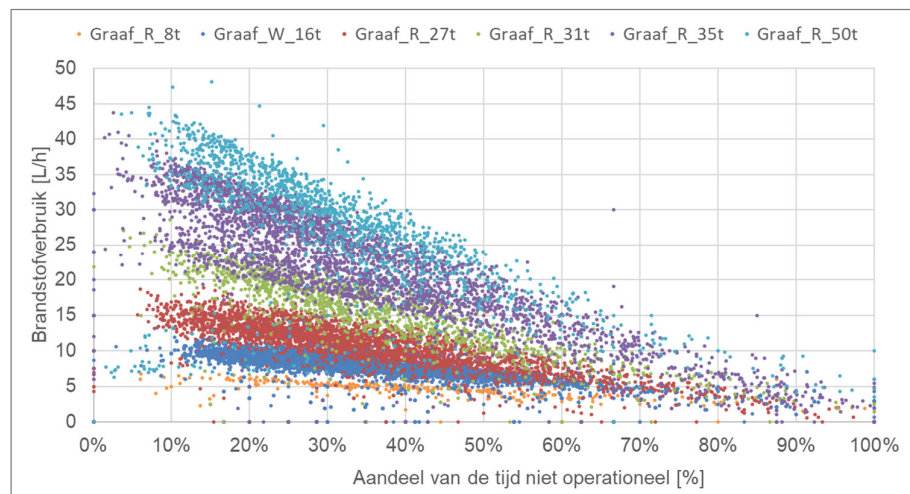
In diverse telematica systemen zijn ook gegevens rondom de inzet van machines beschikbaar. De aanduiding van 'inzet' verschilt per systeem. Figuur 24 laat een voorbeeld zien waarbij de inzet (motor aan) van de graafmachines is verdeeld in drie categorieën: 'niet operationeel', 'in bedrijf' en 'rijtijd'. Om de exacte definities te weten van deze categorieën is navraag nodig bij de machinefabrikant, er is op dit vlak geen standaardisatie.

In figuur 24 is een gemiddelde genomen over de gehele periode waarvan data beschikbaar is, en is geaggregeerd naar machinetype (bijvoorbeeld het gemiddelde over alle graafmachines van 16 ton op wielen). De aandelen 'niet operationeel' variëren tussen ca. 30 en 40% van de tijd. Voor bouwbedrijven zou het interessant kunnen zijn te onderzoeken hoe het aandeel 'niet operationeel' verminderd kan worden (nadat de exacte definitie bekend is). Het aandeel rijtijd is bij de graafmachines op wielen logischerwijs groter dan bij de graafmachines op rupsen.



Figuur 24: Detail inzetgegevens graafmachines, geaggregeerd per machinecategorie.

Figuur 25 laat het gemiddelde brandstofverbruik per dag zien als functie van het aandeel in de tijd dat gemarkeerd is als 'niet operationeel'. De data laat een duidelijke relatie zien: hoe groter het aandeel van de tijd 'niet operationeel', hoe lager het brandstofverbruik (logischerwijs) is.

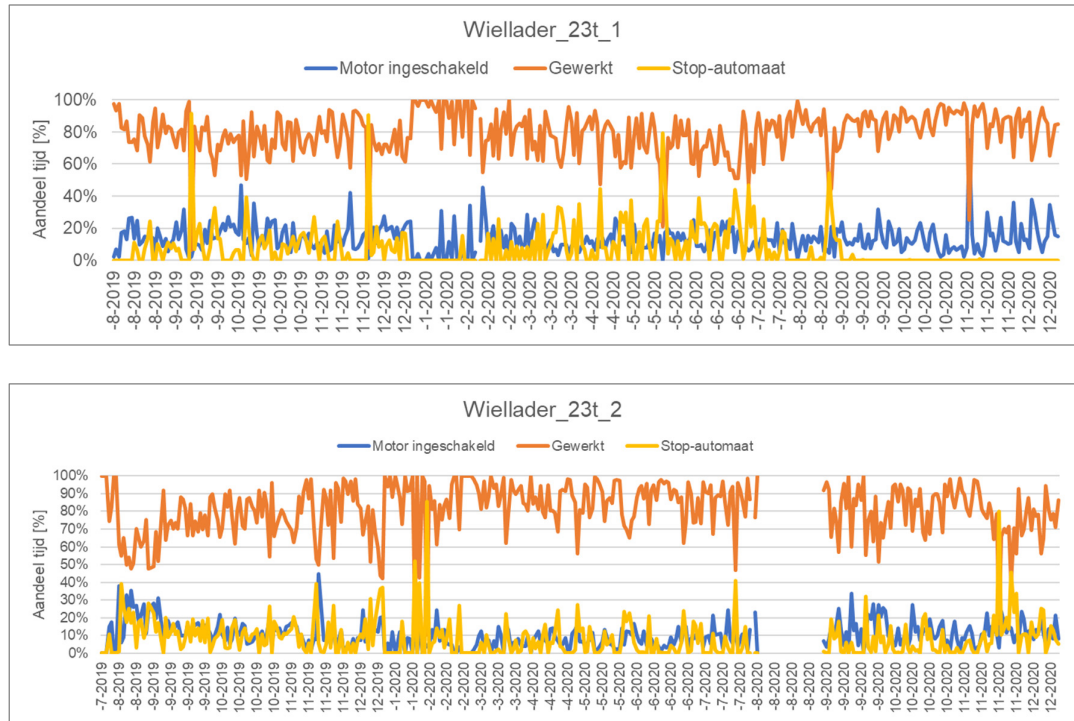


Figuur 25: Gemiddelde brandstofverbruik per dag als functie van de tijd 'niet operationeel'.

Figuur 26 laat een voorbeeld zien van een ander telematica systeem waarbij de inzet (contact aan) van de wielladers is verdeeld in drie andere categorieën: 'Motor ingeschakeld', 'Gewerkt' en 'Stop-automaat'. Ook hiervoor geldt dat navraag nodig is bij de machinefabrikant om de exacte definities te weten van deze categorieën.

Het aandeel 'gewerkt' uit Figuur 26 is met gemiddeld ca. 80% wat hoger dan het aandeel 'in bedrijf' en 'rijtijd' bij elkaar zoals hiervoor weergegeven in Figuur 25.

Dit aandeel gewerkt varieert wel sterk per dag, met een bandbreedte van ruwweg tussen de 50% en 100%. Deze machines hebben ook een stop-automaat, vermoedelijk treedt deze in werking om onnodig stationair draaien te voorkomen. Gemiddeld genomen is deze 8% van de tijd ingeschakeld, maar er is ook een grote variatie. Opvallend is dat de stop-automaat bij het bovenste figuur vanaf september 2020 niet meer lijkt te werken.

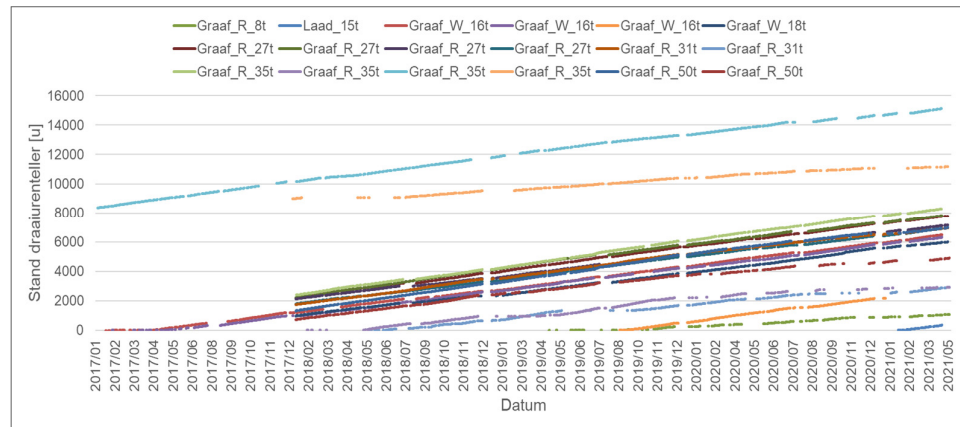


Figuur 26: Detail inzetgegevens wielladers.

Ook in andere telematica data die beschikbaar is gekomen, was duidelijk zichtbaar dat het aandeel stationair draaien vaak hoog is, soms wel de helft van de tijd, en van dag tot dag flink kan variëren. Stationair draaien is echter niet altijd zonder functie en kan daardoor niet altijd voorkomen worden. Als bijvoorbeeld een hijskraan iets vasthoudt, is het nodig dat de motor draait. Data voor een mobiele hijskraan liet zien dan over meerdere maanden, gemiddeld 40-50% van de tijd stationair werd gedraaid. Hier zaten dagen bij waarbij het aandeel stationair draaien opliep tot 90% van de tijd, maar ook dagen waarbij het aandeel stationair draaien 15% was.

Detail gegevens draaiuren

In sommige telematica systemen worden ook dagelijks de draaiurenstanden geregistreerd. Figuur 27 geeft de draaiuren weer over de gehele periode waarin data is opgehaald van de verschillende machines. De machines laten grofweg dezelfde trend zien. De twee machines uit 2012 vallen op in de grafiek (Graaf_R_35t (lichtblauw en oranje)) omdat deze al starten met een hogere tellerstand. Met name de oranje lijn loopt ook vlakker (ofwel, minder draaiuren) dan de meeste andere lijnen.

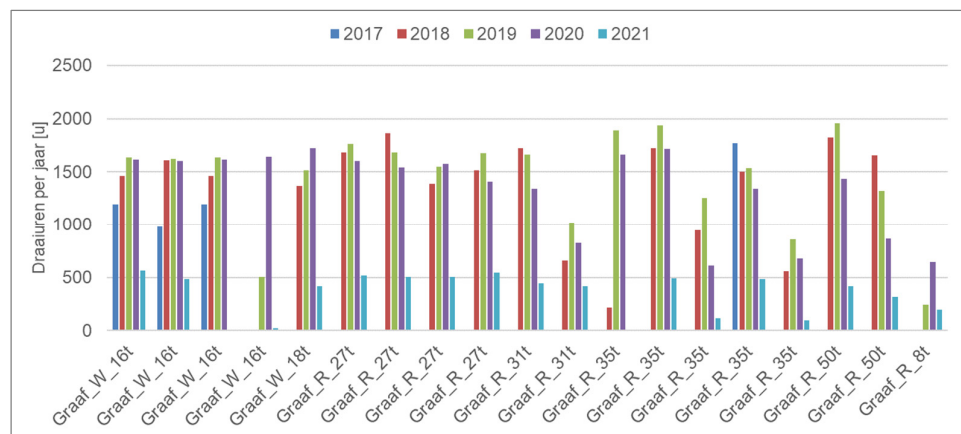


Figuur 27: Draaiuren over tijd per machine.

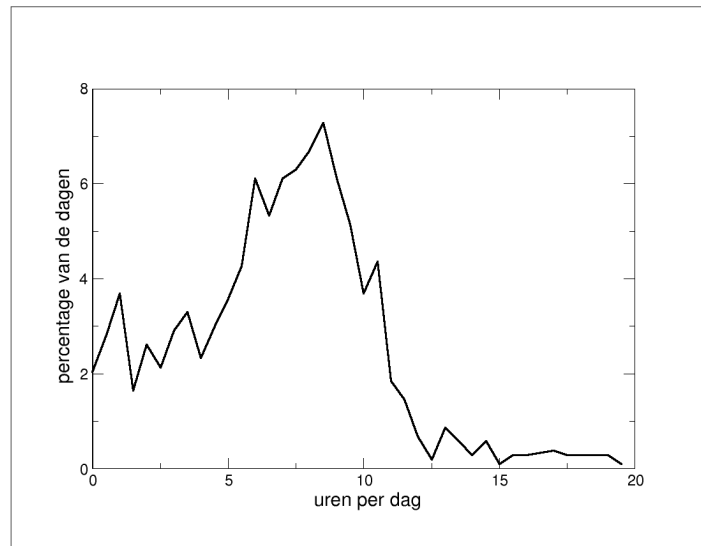
In Figuur 28 worden de totale draaiuren per jaar weergegeven per machine. Niet elk jaar is volledig voor elke machine. Er zijn bijvoorbeeld machines met een bouwjaar van midden 2017, 2018 of 2019, die jaren zullen daardoor qua totale draaiuren lager uitvallen. Figuur 28 laat zien dat er voor volledige jaren in het algemeen geen grote verschillen zijn in de totale draaiuren. In de meeste gevallen is dit tussen de 1400 en 1700 uur per jaar.

Een paar machines vallen op. Bijvoorbeeld de 31 ton graafmachine zit met 800 tot 1000 draaiuren per jaar aan de lage kant, met name ten opzichte van de andere 31 tons graafmachine. Een andere is de machine uit 2012 (de hiervoor genoemde oranje lijn uit Figuur 27), deze wordt met 500 tot 900 uur per jaar ook minder ingezet. De andere machine uit 2012 zit wel in range tussen de 1300 en 1500 uur per jaar. Tot slot is 8 tons graafmachine op rupsen opvallend, deze is in 2020 (het eerste volledige jaar), slechts 650 uur ingezet.

Figuur 29 laat de frequentieverdeling van draaiuren per dag voor de wielladers zien. Op basis van de dagen en maanden actief heeft deze wiellader een inzet van 61%.



Figuur 28: Totale draaiuren per jaar.



Figuur 29: Frequentieverdeling van draaiuren per dag voor de wielladers.

Conclusie rondom telematica data

De beschikbaarheid van telematica data is in opkomst, maar is nog niet gestandaardiseerd. Gegevens uit telematica systemen kunnen onder andere een zeer nuttige bijdragen leveren aan de inventarisatie van machine inzet, brandstofverbruiken, de effectiviteit van NOx reductie (door inzichten in AdBlue verbruik in combinatie met het brandstofverbruik) en machine-specifieke emissiereducerende maatregelen (bijvoorbeeld rondom langdurig stationair draaien). Detailinzichten vragen nog wel om nauwkeurige analyses, systeemkennis en inzet van statistische technieken.

Vanuit de analyse die is uitgevoerd op de beschikbare telematica data komt onder andere naar voren dat de gemiddelde motorbelasting (ca. tussen de 20 en 35%) van deze machines in het algemeen laag is en dat het aandeel stationair draaien hoog kan zijn. Verder zijn de gegevens omtrent het AdBlue verbruik zeer relevant, deze kunnen gebruikt worden voor de inschatting van de NOx emissies en de impact van tampering.

De aanwezigheid van telematica systemen biedt geen zekerheid dat de machine met een onafhankelijk systeem op locatie is uit te lezen. Ofwel, data die middels het telematica systeem beschikbaar komen, zijn niet per se direct uit te lezen met een onafhankelijk systeem, ook hiervoor is er geen standaardisatie.

3.3.3 *Levensduur van de machines*

In de enquête is de levensduur al besproken. Tijdens de interviews is het beeld vanuit de enquêterespons rondom levensduur grotendeels bevestigd. Door meerdere partijen is bijvoorbeeld voor de levensduur van graafmachines tussen de 7 en de 12 jaar genoemd. Voor tractoren is een typische levensduur van 10-15 jaar genoemd. Opvallend is nog wel het verschil voor funderingsmachines, deze komt vanuit de enquête op ca. 12 jaar uit (waar de gemiddelde leeftijd van deze machines in de enquêterespons al 14 jaar bedroeg). Tijdens de interviews werd een levensduur van 20 jaar genoemd.

Dit vanwege het specialistische karakter en de hoge investering voor dergelijk materieel. Voor dit soort specialistisch materieel, wordt ook wel de motor vervangen, in plaats van de aanschaf van een volledig nieuwe machine. Voor diverse landbouwmachines werd hetzelfde beeld geschetst, waarbij ook is aangegeven dat de motor soms gereviseerd wordt, om vervolgens weer tien jaar mee te gaan.

3.3.4 *Overig*

Overige interessante punten uit de interviews waren dat gebruikers melden dat de SCR katalysatoren en de roetfilters van STAGE V motoren minder storingsgevoelig zijn dan bij oudere modellen. Ook wordt genoemd dat STAGE V qua brandstofverbruik efficiënter is dan de voorgangers, en daarmee ook voordeliger in gebruik, zelfs nadat de kosten voor AdBlue meegenomen zijn. Enkele bedrijven gaven aan dat chiptuning in de markt ook gebeurt, met name om meer vermogen te krijgen. De schaal waarop is niet goed bekend, maar in deze enquête gaf 5% van de respondenten aan chiptuning toe te passen (zie Tabel 31). Daarnaast bestaat ook het risico op verwijdering van roetfilters of katalysatoren. Meerdere keren is genoemd dat economische voordelen vaak leidend zijn. Het achteraf inbouwen van katalysatoren en roetfilters (retrofit) is daarom niet populair. Dit levert namelijk geen winst in operationele kosten. Men staat in het algemeen open voor uitstootvrije machines, maar deze zijn vaak nog ca. drie keer zo duur, wat een drempel voor investering vormt. Ook zijn grotere machines vaak nog niet beschikbaar als uitstootvrije (bijv. batterij-elektrisch of op waterstof-brandstofcel) variant.

3.4 **Vergelijking EMMA**

Een vergelijking op hoofdlijnen wordt voor alle machinetypen uitgevoerd die reeds in het EMMA model aanwezig zijn. Hierbij wordt steeds getoond voor hoeveel machines in de enquête de betreffende detailinformatie is ingevoerd en hoe dit aantal zich verhoudt tot het aantal machines in het EMMA model.

Voor de meer gedetailleerde vergelijkingen zijn een aantal machinetypen geselecteerd die qua aantal, totaal vermogen of emissies een significant aandeel lijken te hebben in het totale mobiele machinepark.

Het gaan dan om generatoren/aggregaten, graafmachines, laadschoppen op banden, tractoren/trekkers, vorkheftrucks en trilplaten/stampers.

3.4.1 *Vergelijking machinepark op hoofdlijnen*

3.4.1.1 *Aantallen*

Allereerst is een vergelijking gemaakt tussen het aantal machines per type in het machinepark van EMMA (jaar 2020) en het aantal opgegeven machines door gebruikers en verhuurders. Aangezien niet alle machinetypen uit de enquête zijn opgenomen in EMMA, is de vergelijking in Tabel 33 alleen uitgevoerd voor machinetypen die in beide bronnen aanwezig zijn.

Voor de meeste machines ligt het totaal uit de enquête op minder dan 3% van het aantal in EMMA. Gezien de beperkte representativiteit, kunnen hier geen conclusies aan worden verbonden. Wel zijn er een aantal opvallende uitschieters zichtbaar, zoals de asfaltfreesmachines, mobiele pompen en generatoren, waarbij het aantal machines in de enquête optelt tot meer dan 20% van het park in EMMA.

Voor mobiele pompen en generatoren geldt daarbij dat deze in alle sectoren worden ingezet, en dat deze uitkomst waarschijnlijk niet slechts veroorzaakt wordt door een gebrek aan diversiteit in de respondenten qua branches. Voor deze machinetypen geeft dit een duidelijke aanwijzing dat het aantal machines in het EMMA model waarschijnlijk wordt onderschat.

Tabel 33: Vergelijking met EMMA: aantallen machines.

Machinetype	Aantal		Aandeel t.o.v. EMMA
	EMMA	Enquête	
Asfaltfreesmachines	19	7	36,8%
Bietenrooiers	475	6	1,3%
Bladblazers	150.000	315	0,2%
Bosmaaiers	172.043	379	0,2%
Bulldozers	299	11	3,7%
Compacttrekkers	13.686	41	0,3%
Dumpers	469	82	17,5%
Generatoren	3.169	1.238	39,1%
Graaf-laadcombinaties	63	2	3,2%
Graafmachines	41.870	839	2,0%
Grasmaaiers	679.319	158	0,0%
Heggescharen	114.695	200	0,2%
Hoogwerkers	1.670	23	1,4%
Kantenstekers	22.800	27	0,1%
Kettingzagen	2.811	377	13,4%
Maaidorsers	3.274	14	0,4%
Mais-/veldhakselaars	1.187	15	1,3%
Mestinjecteur	506	19	3,8%
Mobiele (telescoop)kranen	1.525	37	2,4%
Mobiele pompen	702	465	66,2%
Overslagmachines	920	26	2,8%
Ruw terrein heftrucks	955	4	0,4%
Schrankladers	718	19	2,6%
Shovels/laadschoppen op rupsen	70	6	8,6%
Shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden	9.542	329	3,4%
Spuitmachines	760	9	1,2%
Tractoren/trekkers	71.290	494	0,7%
Trilplaten/stampers	10.897	1.709	15,7%
Verreikers	5.468	23	0,4%
Verticuteermachines	15.653	6	0,0%
Vorkheftrucks	7.898	410	5,2%
Walsen	1.011	191	18,9%
Zitmaaiers	2.275	39	1,7%
Overig (niet in EMMA)		2.681	
Overig (niet in machinelijst)		904	
Totaal	1.338.039	11.105	0,8%

3.4.1.2 Motorvermogen

Tabel 34 geeft de vergelijking op totaal motorvermogen per machinetype. Let op dat niet voor iedere machine in de enquête het vermogen is ingevuld. Ook hier zijn de asfaltfreesmachines en mobiele pompen duidelijke uitschieters. Opvallend genoeg ligt het totale vermogen aan generatoren op slechts 2% van het totaal in EMMA (terwijl het aandeel in aantal 39% is). Dit suggereert dat de generatoren in de enquête veelal een laag vermogen hebben en dat in EMMA dus met name het aantal kleine generatoren wordt onderschat.

Een andere opvallende constatering is dat bijna 45% van het opgegeven motorvermogen in de enquête toebehoort aan machines die niet in het EMMA model zijn opgenomen. Van deze machines was 30% ook niet in de machinelijst van de enquête opgenomen. Een deel van deze machines valt echter buiten de definitie van mobiele machines (bijv. trucks of drijvende werktuigen).

Tabel 34: Vergelijking met EMMA: totaal vermogen.

Machinetype	Totaal vermogen (kW)		Aandeel t.o.v. EMMA
	EMMA	Enquête	
Asfaltfreesmachines	3.430	1.562	45,5%
Bietenrooiers	114.000	2.111	1,9%
Bladblazers	300.000	607	0,2%
Bosmaaiers	344.086	702	0,2%
Bulldozers	49.305	1.685	3,4%
Compacttrekkers	332.097	1.496	0,5%
Dumpers	54.993	13.049	23,7%
Generatoren	687.255	14.858	2,2%
Graaf-laadcombinaties	3.760	216	5,7%
Graafmachines	2.264.413	77.691	3,4%
Grasmaaiers	2.026.864	1.468	0,1%
Heggescharen	68.817	132	0,2%
Hoogwerkers	79.516	1.074	1,4%
Kantenstekers	68.400	23	0,0%
Kettingzagen	12.650	656	5,2%
Maaidorsers	261.920	2.771	1,1%
Mais-/veldhakselaars	267.075	5.791	2,2%
Mestinjecteur	131.560	5.305	4,0%
Mobiele (telescoop)kranen	435.320	8.936	2,1%
Mobiele pompen	12.636	10.445	82,7%
Overslagmachines	146.971	5.326	3,6%
Ruw terrein heftrucks	47.750	224	0,5%
Schrankladers	54.125	968	1,8%
Shovels/laadschoppen op rupsen	6.057	222	3,7%
Shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden	837.503	30.730	3,7%
Spuitmachines	68.400	1.086	1,6%
Tractoren/trekkers	6.202.035	55.267	0,9%
Trilplaten/stampers	47.052	6.279	13,3%
Verreikers	426.330	1.988	0,5%
Verticuteermachines	46.959	16	0,0%
Vorkheftrucks	412.398	10.960	2,7%
Walsen	63.001	9.181	14,6%
Zitmaaiers	22.750	968	4,3%
Overig (niet in EMMA)		157.344	
Overig (niet in machinelijst)		61.431	
Totaal	15.899.427	492.566	3,1%

In het EMMA model wordt voor ieder machinetype gerekend met één of enkele kenmerkende vermogensgetallen. Tabel 35 laat zien dat dit voor veel machines afwijkt van het gemiddelde vermogen van de machines zoals opgegeven in de enquête. Voor de meeste landbouwmachines (o.a. bietenrooiers, maaidorsers, mais-/veldhakselaars, tractoren/trekkers) hebben de machines in EMMA gemiddeld een lager vermogen dan die uit de enquête. Voor generatoren is goed te zien dat er veelal kleinere machines zijn opgegeven in de enquête.

Bij grasmaaiers en zitmaaiers is ook een groot verschil te zien, maar hier moet de kanttekening worden gemaakt dat EMMA ook groenmaterieel van particulieren omvat, dat veelal kleiner is dan het materieel dat professioneel wordt ingezet. Daarnaast laat een analyse van de opgegeven merken en modellen zien dat de ingevoerde grasmaaiers grotendeels zitmaaiers betreffen, wat het vergelijkbare motorvermogen van grasmaaiers (27 kW) en zitmaaiers (29 kW) in de enquêterespons verklaart. Gezien het grote belang van graafmachines en tractoren/trekkers in het totale machinepark, verdienen de hier zichtbare verschillen in gemiddeld motorvermogen nader onderzoek.

Tabel 35: Vergelijking met EMMA: gemiddeld motorvermogen.

Machinetype	Gemiddeld vermogen (kW)		Machines incl. detail enquête*	
	EMMA	Enquête	Aantal	Aandeel t.o.v. EMMA
Asfaltfreesmachines	181	223	7	36,8%
Bietenrooiers	240	352	6	1,3%
Bladblazers	2	2	243	0,2%
Bosmaaiers	2	2	304	0,2%
Bulldozers	165	153	11	3,7%
Compacttrekkers	24	40	37	0,3%
Dumpers	117	174	75	16,0%
Generatoren	217	18	818	25,8%
Graaf-laadcombinaties	60	108	2	3,2%
Graafmachines	54	96	811	1,9%
Grasmaaiers	3	27	54	0,0%
Heggescharen	1	1	137	0,1%
Hoogwerkers	48	67	16	1,0%
Kantenstekers	3	2	12	0,1%
Kettingzagen	5	2	287	10,2%
Maaidorsers	80	198	14	0,4%
Mais-/veldhakselaars	225	386	15	1,3%
Mestinjecteur	260	279	19	3,8%
Mobiele kranen	285	263	34	2,2%
Mobiele pompen	18	27	391	55,7%
Overslagmachines	160	205	26	2,8%
Ruw terrein heftreucks	50	56	4	0,4%
Schrankladers	75	51	19	2,6%
Shovels/laadschoppen op rupsen	87	44	5	7,1%
Shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden	88	97	316	3,3%
Spuitmachines	90	121	9	1,2%
Tractoren/trekkers	87	118	470	0,7%
Trilplaten/stampers	4	4	1.451	13,3%
Verreikers	78	95	21	0,4%
Verticuteermachines	3	4	4	0,0%
Vorkheftreucks	52	31	355	4,5%

Walsen	62	51	180	17,8%
Zitmaaiers	10	29	33	1,5%
Overig (niet in EMMA)		102	1.540	
Overig (niet in machinelijst)		200	307	
Totaal	12	61	8.033	

*Machines waarvoor in de enquête het motorvermogen is ingevoerd

3.4.1.3 Leeftijd

In Tabel 36 is een vergelijking te zien tussen de gemiddelde leeftijd van de machines in het EMMA model en in de enquête. Let op dat maar voor een deel van de machines het bouwjaar is ingevuld in de enquête. Over alle machinetypen heen liggen de gemiddelde leeftijden in EMMA en die van de enquêterespons dicht bij elkaar, maar op machineniveau zijn er duidelijke verschillen.

De enquête bevestigt dat maaidorsers, compacttrekkers, en tractoren/trekkers een gemiddelde leeftijd hebben van meer dan tien jaar. De enquêterespons suggereert daarnaast dat de gemiddelde leeftijd van o.a. graafmachines, laadschoppen (op banden) en overslagmachines hoger ligt dan aangenomen in het EMMA model. Andersom is de gemiddelde leeftijd van generatoren en mobiele pompen in het EMMA model wellicht te hoog.

Tabel 36: Vergelijking met EMMA: gemiddelde leeftijd.

Machinetype	Gemiddelde leeftijd (jaar)		Machines incl. detail enquête*	
	EMMA	Enquête	Aantal	Aandeel t.o.v. EMMA
Asfaltfreesmachines	5	7	6	31,6%
Bietenrooiers	7	14	6	1,3%
Bladblazers	9	4	246	0,2%
Bosmaaiers	6	4	323	0,2%
Bulldozers	6	6	11	3,7%
Compacttrekkers	12	11	37	0,3%
Dumpers	7	9	75	16,0%
Generatoren	15	9	639	20,2%
Graaf-laadcombinaties	6	5	2	3,2%
Graafmachines	5	6	812	1,9%
Grasmaaiers	7	9	130	0,0%
Heggescharen	6	4	168	0,1%
Hoogwerkers	7	12	21	1,3%
Kantenstekers	7	7	12	0,1%
Kettingzagen	2	5	295	10,5%
Maaidorsers	20	19	14	0,4%
Mais-/veldhakselaars	7	8	15	1,3%
Mestinjecteur	7	7	19	3,8%
Mobiele kranen	8	8	35	2,3%
Mobiele pompen	13	9	339	48,3%
Overslagmachines	5	8	26	2,8%

Ruw terrein heftrucks	5	15	4	0,4%
Schrankladers	6	10	19	2,6%
Shovels/laadschoppen op rupsen	6	5	5	7,1%
Shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden	5	8	322	3,4%
Spuitmachines	7	13	9	1,2%
Tractoren/trekkers	14	11	456	0,6%
Trilplaten/stampers	6	8	1.081	9,9%
Verreikers	6	12	19	0,3%
Verticuteermachines	7	9	4	0,0%
Vorkheftrucks	6	6	346	4,4%
Walsen	12	10	181	17,9%
Zitmaaiers	5	9	33	1,5%
Totaal	7,0	7,5	5.710	

*Machines waarvoor in de enquête het bouwjaar is ingevoerd

3.4.1.4 Draaiuren per jaar

Net zo belangrijk als de aantallen machines is de inzet van de machines. In Tabel 37 worden de jaarlijkse draaiuren voor ieder machinetype vergeleken met de respons in de enquête. Er zijn grote verschillen zichtbaar voor machines ingezet in de groenvoorziening, maar deze zijn wellicht grotendeels te wijten aan het feit dat het EMMA model ook machines voor particulier gebruik meeneemt. Opvallende afwijkingen zijn te zien bij mobiele pompen, generatoren, laadschoppen, tractoren/trekkers, mobiele (telescoop)kranen, trilplaten/stampers en vorkheftrucks.

Voor tractoren/trekkers zou een mogelijke verklaring van de onderschatting van het aantal draaiuren in EMMA wellicht kunnen zitten in het feit dat deze kengetallen oorspronkelijk zijn gebaseerd op een inschatting voor tractoren/trekkers ingezet in de landbouw, terwijl een deel van de tractoren/trekkers wordt ingezet in de GWW en de groenvoorziening en daar mogelijk gemiddeld meer draaiuren maken dan in de landbouw. Echter, Tabel 38 laat zien dat de enquêterespons dit niet ondersteunt: ook in de landbouw worden tractoren/trekkers gemiddeld meer dan 800 uur per jaar ingezet, zelfs meer dan in de andere sectoren.

Tabel 37: Vergelijking met EMMA: jaarlijkse draaiuren.

Machinetype	Jaarlijkse draaiuren		Machines incl. detail enquête*	
	EMMA	Enquête	Aantal	Aandeel t.o.v. EMMA
Asfaltfreesmachines	1.220	475	2	10,5%
Bietenrooiers	500	426	6	1,3%
Bladblazers	10	277	184	0,1%
Bosmaaiers	10	470	245	0,1%
Bulldozers	1.350	1.457	10	3,3%
Compacttrekkers	267	340	32	0,2%
Dumpers	778	1.036	60	12,8%
Generatoren	1.076	385	348	11,0%

Graaf-laadcombinaties	1.000	1.250	1	1,6%
Graafmachines	1.004	1.238	611	1,5%
Grasmaaiers	20	246	46	0,0%
Heggescharen	10	327	107	0,1%
Hoogwerkers	400	942	6	0,4%
Kantenstekers	100	65	5	0,0%
Kettingzagen	400	295	220	7,8%
Maaidorsers	100	144	14	0,4%
Mais-/veldhakselaars	500	435	14	1,2%
Mestinjecteur	750	708	19	3,8%
Mobiele kranen	990	1.740	29	1,9%
Mobiele pompen	4.000	449	143	20,4%
Overslagmachines	1.080	911	23	2,5%
Ruw terrein heftrucks	800	488	4	0,4%
Schrankladers	1.200	490	17	2,4%
Shovels/laadschoppen op rupsen	1.200	842	5	7,1%
Shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden	1.313	1.066	265	2,8%
Spuitmachines	700	396	9	1,2%
Tractoren/trekkers	476	843	417	0,6%
Trilplaten/stampers	500	232	599	5,5%
Verreikers	975	901	16	0,3%
Verticuteermachines	300	37	2	0,0%
Vorkheftrucks	831	280	65	0,8%
Walsen	500	613	97	9,6%
Zitmaaiers	500	500	25	1,1%

*Machines waarvoor in de enquête het aantal draaiuren per jaar is ingevoerd.

Tabel 38: Gemiddeld aantal draaiuren per jaar voor tractoren/trekkers voor de verschillende sectoren.

Sector*	Gemiddeld aantal draaiuren per jaar tractoren/trekkers
Grond-, wegen- en waterbouw (GWW)	826
Burgerlijke & utiliteitsbouw (B&U)	812
Land- & tuinbouw	983
Groenvoorziening & Hovenierswerk	758
Handel, Diensten & Industrie	828
Evenementen	270

* veel respondenten zijn in meerdere sectoren werkzaam en hun respons wordt dan verdeeld over de sectoren.

3.4.1.5 Afschrijvingstermijn

Omdat het EMMA model werkt met een functie die de uitval van machines beschrijft op basis van de (economische) levensduur, heeft deze parameter grote invloed op de omvang en leeftijdsverdeling van het machinepark. Tabel 39 laat een vergelijking zien tussen de afschrijvingstermijn in jaren zoals gehanteerd in het EMMA model, en volgens de enquêterespons.

Voor mobiele pompen en generatoren suggereert de enquêterespons een kortere afschrijvingstermijn dan in het EMMA model, wat aansluit bij de lagere gemiddelde leeftijd van deze machines in de enquête.

Voor tractoren/trekkers en compacttrekkers valt op dat de afschrijvingstermijn in EMMA veel langer is dan in de enquêterespons. Toch blijkt uit de registratie bij de RDW (zie paragraaf 3.5) dat er nog grote aantallen oudere tractoren/trekkers actief zijn (maar veelal reeds afgeschreven). Een ander aandachtspunt is de fors langere afschrijvingstermijn voor trilplaten/stampers en vorkheftrucks in de enquêterespons.

Tabel 39: Vergelijking met EMMA: afschrijvingstermijn.

Machinetype	Afschrijvingstermijn (jaren)		Machines incl. detail enquête*	
	EMMA	Enquête	Aantal	Aandeel t.o.v. EMMA
Asfaltfreemachines	7	7	2	10,5%
Bietenrooiers	10	16	6	1,3%
Bladblazers	13	5	177	0,1%
Bosmaaiers	8	4	224	0,1%
Bulldozers	8	7	10	3,3%
Compacttrekkers	23	12	22	0,2%
Dumpers	9	8	55	11,7%
Generatoren	26	15	320	10,1%
Graaf-laadcombinaties	10	10	1	1,6%
Graafmachines	7	8	528	1,3%
Grasmaaiers	9	19	46	0,0%
Heggescharen	8	5	107	0,1%
Hoogwerkers	16	9	6	0,4%
Kantenstekers	10	27	5	0,0%
Kettingzagen	2	5	208	7,4%
Maaidorsers	33	34	13	0,4%
Mais-/veldhakselaars	10	13	13	1,1%
Mestinjecteur	11	13	14	2,8%
Mobiele kranen	13	9	28	1,8%
Mobiele pompen	20	12	143	20,4%
Overslagmachines	7	15	12	1,3%
Ruw terrein heftrucks	7	19	4	0,4%
Schrankladers	8	14	6	0,8%
Shovels/laadschoppen op rupsen	8	6	5	7,1%
Shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden	8	9	245	2,6%
Spuitmachines	10	14	9	1,2%
Tractoren/trekkers	19	12	340	0,5%
Trilplaten/stampers	8	16	594	5,5%
Verreikers	9	9	14	0,3%
Verticuteermachines	10	128	2	0,0%

Vorkheftrucks	9	35	61	0,8%
Walsen	18	13	96	9,5%
Zitmaaiers	7	8	22	1,0%

*Machines waarvoor in de enquête de afschrijvingstermijn en het aantal draaiuren per jaar is ingevoerd

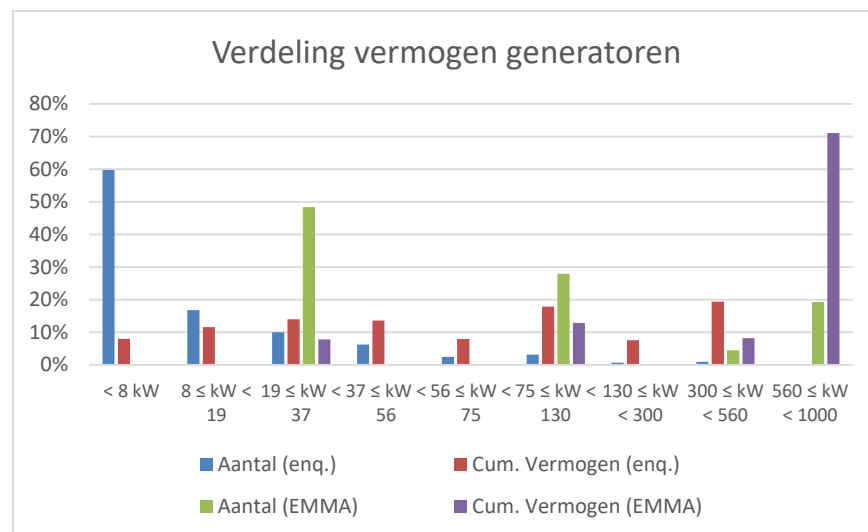
3.4.2 *Vergelijking eigenschappen specifieke machinetypen*

In de volgende paragrafen wordt in meer detail een vergelijking gemaakt tussen het 'actieve machinepark' in het EMMA model en de enquêterespons (het machinepark van gebruikers en verhuurders).

De verdeling van motorvermogens, bouwjaar en emissieclassen wordt voor een aantal belangrijke machinetypen vergeleken. Omdat in de enquête niet altijd alle gevraagde velden zijn ingevoerd, varieert het aantal machines waarop de inzichten zijn gebaseerd. Met betrekking tot de bouwjaar worden machines met bouwjaar tussen 2000 en 2020 vergeleken. Het EMMA machinepark voor 2020 bevat door de manier van modelleren geen machines met bouwjaar 2020. Met betrekking tot de emissieclassen zijn ingevoerde TIER en EURO normeringen omgezet naar de meest gelijkende STAGE klasse. Machines met onbekende of overige emissieclassificatie worden niet getoond.

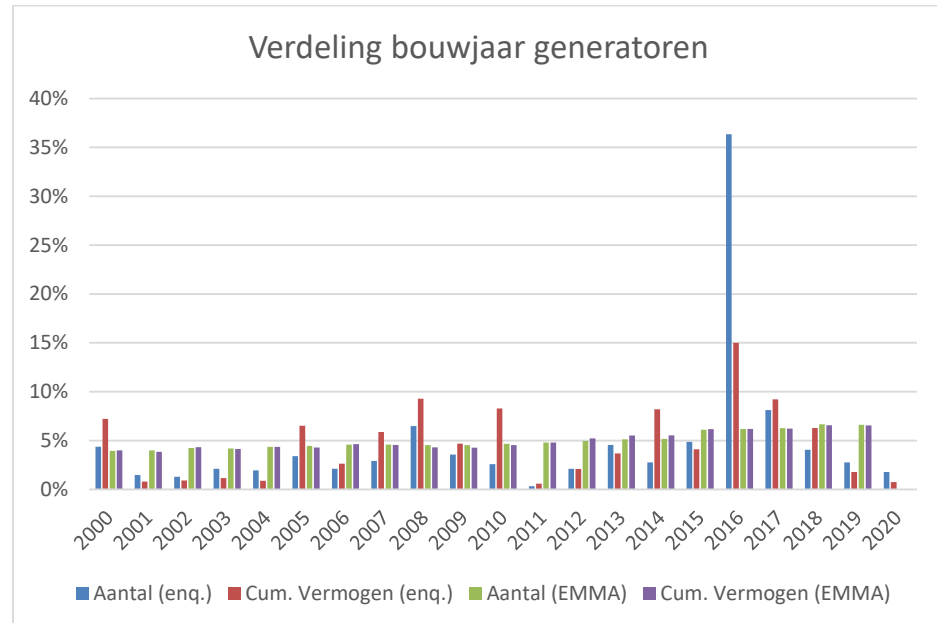
3.4.2.1 *Generatoren*

Generatoren worden in alle sectoren breed ingezet voor stroomvoorziening op locatie. Zoals Figuur 30 laat zien, hebben generatoren geen karakteristiek motorvermogen, maar worden generatoren van minder dan 8 kW tot generatoren van meer dan 300 kW ingezet. In de enquêterespons is te zien dat het aantal generatoren per categorie van de laagste tot de hoogste vermogenscategorie afneemt. Zoals in paragraaf 3.4.2 ook werd geconstateerd, mist het EMMA model een groot aantal vooral kleine generatoren onder de 19 kW. Waar het EMMA model een groot aandeel zeer grote generatoren heeft (> 560 kW), ingezet voor evenementen, komen deze in de enquêterespons nauwelijks voor. Dit zou echter deels verklaard kunnen worden door het kleine aantal respondenten (3) dat aangeeft actief te zijn in de evenementensector.



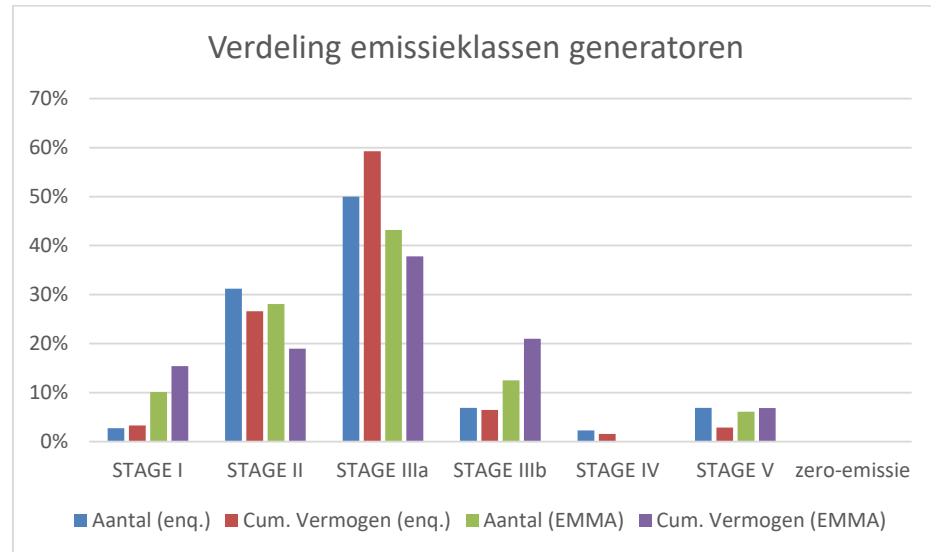
Figuur 30: Verdeling categorieën motorvermogen: generatoren (N=738).

Door de modelmatige benadering van EMMA is er een zeer geleidelijke verdeling in het aantal generatoren per bouwjaar, dat langzaam afneemt richting vroegere jaren door toenemende uitval van machines (zie Figuur 31). De enquêterespons laat een opvallende piek zien rond 2016, welke grotendeels wordt veroorzaakt door één respondent en waaraan dus geen conclusies kunnen worden verbonden in relatie tot het gehele park. Er kan wel geconcludeerd worden dat de generatoren typisch jonger zijn dan in het machinepark van EMMA.



Figuur 31: Verdeling bouwjaren: generatoren (N=592).

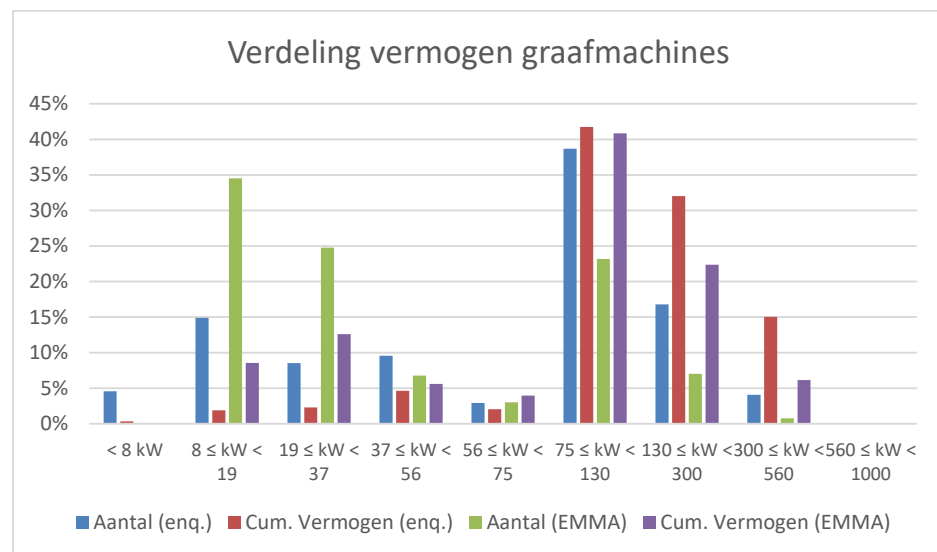
De emissieclassen van de generatoren hangen deels samen met het bouwjaar en de vergelijking tussen EMMA en de enquêterespons wordt getoond in Figuur 32. Het EMMA model lijkt met name een groter aandeel machines met STAGE I en IIIb motoren te bevatten, ten opzichte van een groter aandeel STAGE IIIa machines in de enquêterespons. Voor het overgrote deel van de machines is de emissieklasse onbekend of overig ingevuld, deze worden niet in de figuur getoond. Het aandeel STAGE V machines is in beide datasets vergelijkbaar.



Figuur 32: Verdeling emissieclassen: generatoren (N=206)

3.4.2.2 Graafmachines

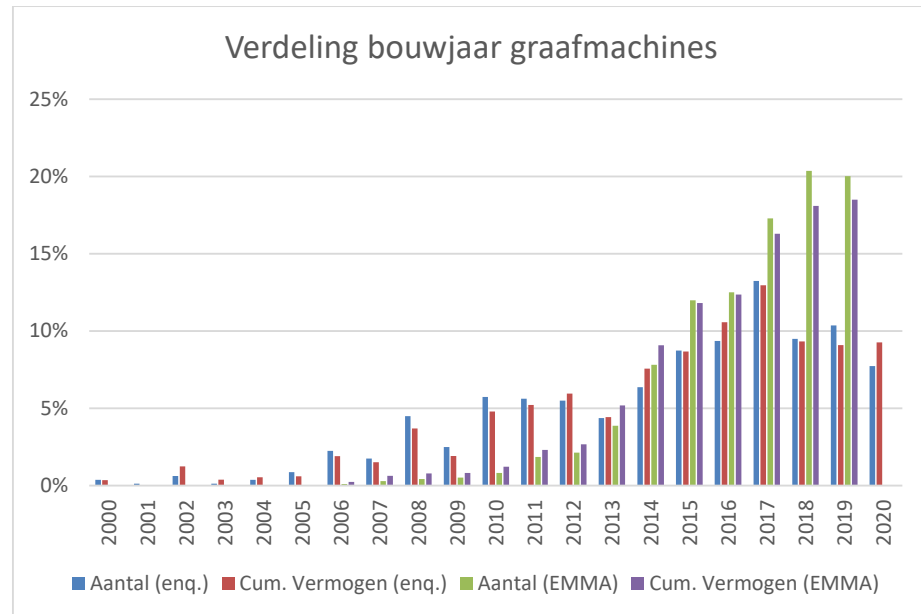
Ook graafmachines zijn er in veel verschillende maten. Zowel in EMMA als in de enquêterespons zitten machines van 8 tot 560 kW motorvermogen. Wel is de verdeling van de vermogens behoorlijk verschillend. Waar EMMA uitgaat van een significant aandeel machines tussen de 8 en 37 kW, legt de enquêterespons het zwaartepunt bij grotere graafmachines met vermogens tussen de 75 en 560 kW (Figuur 33). Deze bevinding verdient nader onderzoek om de oorzaak van de afwijking te achterhalen. Deze zou kunnen liggen in een overschatting van de verkoop van kleine graafmachines, een onderschatting van de verkoop van grote graafmachines, maar ook in de levensduur van de machines (of een combinatie van deze factoren).



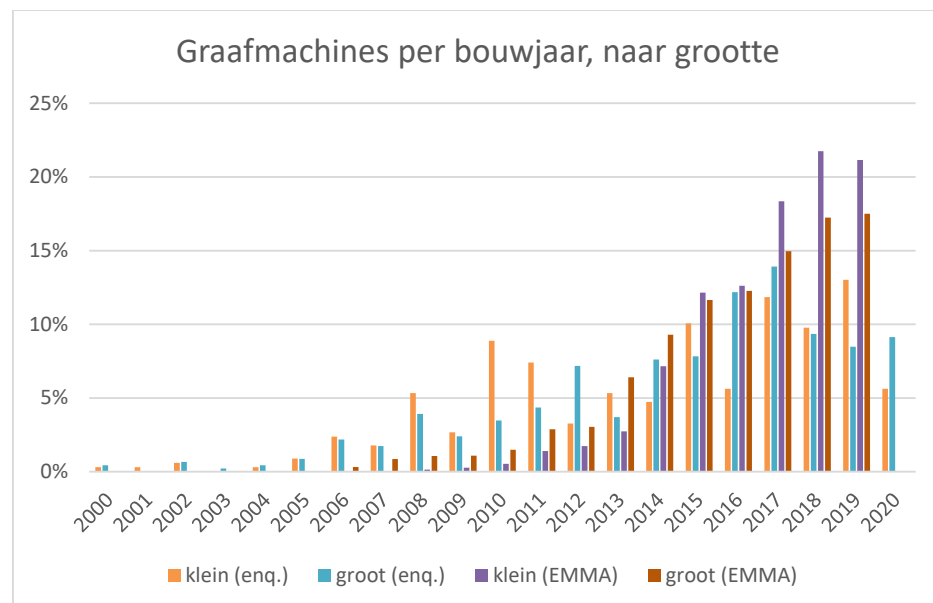
Figuur 33: Verdeling categorieën motorvermogen: graafmachines (N=786).

Figuur 34 laat zien dat de graafmachines in het EMMA model gemiddeld jonger zijn, en een steilere uitvalcurve lijken te hebben dan de enquêterespons suggereert. Het EMMA model hanteert een kortere levensduur voor kleinere graafmachines, wat deze afwijking deels zou kunnen verklaren (in combinatie met het grotere aandeel kleine graafmachines uit Figuur 14).

Figuur 35 echter, laat zien dat de kleinere graafmachines (< 75 kW) in de enquêterespons niet jonger zijn dan de grotere graafmachines (> 75 kW), iets dat voor het machinepark in EMMA wel duidelijk het geval is.

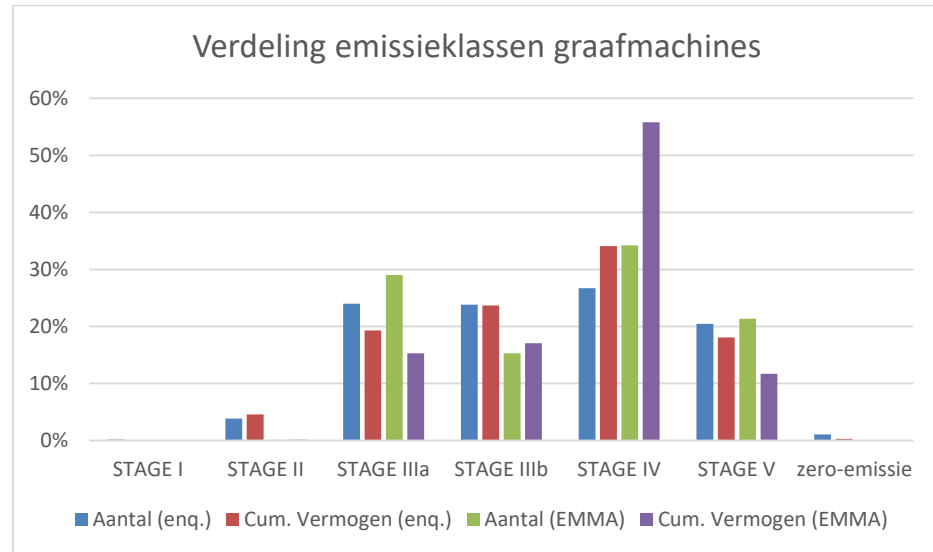


Figuur 34: Verdeling bouwjaren: graafmachines (N=798).



Figuur 35: Verdeling bouwjaren: grote en kleine graafmachines (N=798).

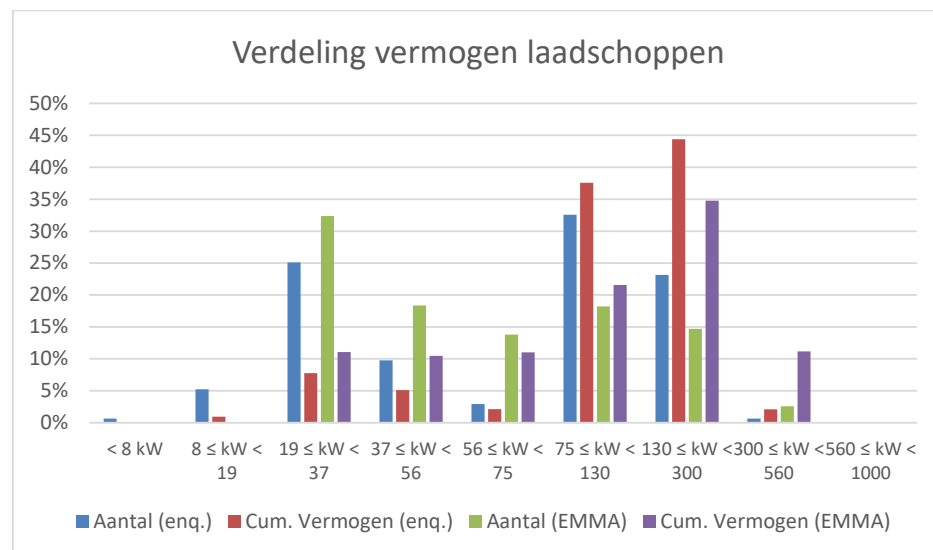
Figuur 36 laat zien dat het EMMA model, in vergelijking met de enquêterespons, een groter aandeel graafmachines in de STAGE IV en V klassen heeft, wat volgt uit een gemiddeld jonger park. Ook blijken er nog een klein aandeel STAGE II graafmachines actief te zijn, welke in het EMMA model niet meer voorkomen in het machinepark van 2020.



Figuur 36: Verdeling emissieclassen: graafmachines (N=650).

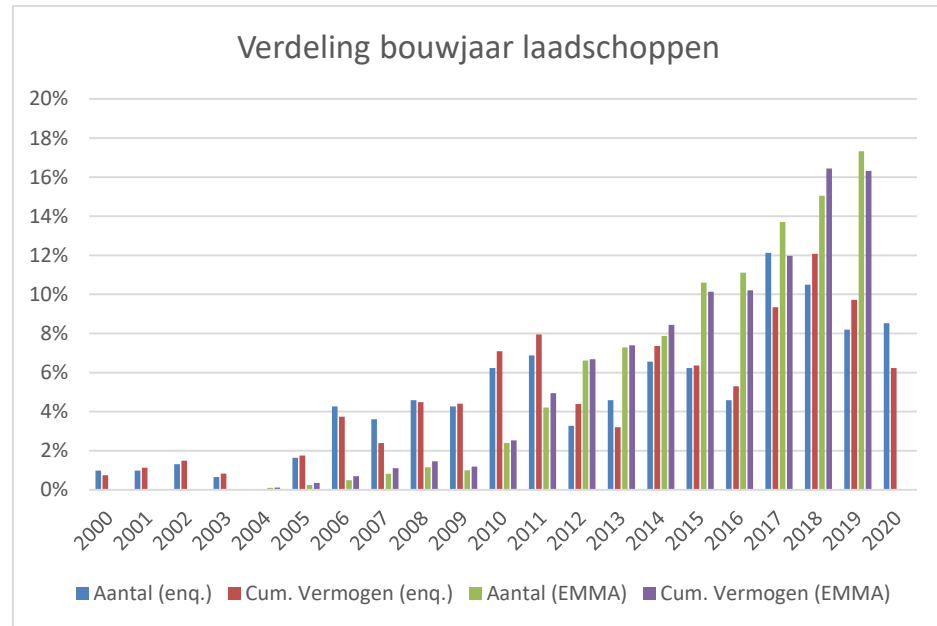
3.4.2.3 Laadschoppen op banden

In de enquêterespons ligt het zwaartepunt voor de laadschoppen op machines met een vermogen tussen de 19 en 37 kW en tussen de 75 en 300 kW (zie Figuur 37). In het EMMA model is de verdeling iets minder scherp, maar zijn deze categorieën gezamenlijk ook dominant. Het gemiddelde vermogen wijkt dan ook weinig van elkaar af (88 kW in EMMA, 98 kW in enquêterespons).

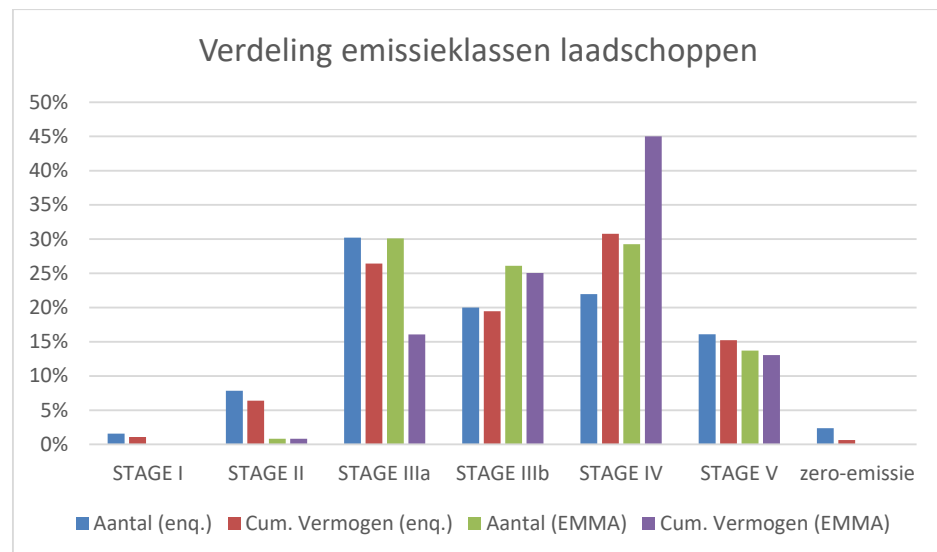


Figuur 37: Verdeling categorieën motorvermogen: laadschoppen op banden (N=307).

Zoals eerder al geconstateerd (zie paragraaf 3.4.1.3) is de gemiddelde leeftijd van de laadschoppen in de enquêterespons hoger dan in het machinepark van het EMMA model (zie Figuur 38). Het EMMA model heeft daarom een overschatting van het aandeel STAGE IIIb en STAGE IV machines, en nauwelijks machines met STAGE II of STAGE I emissienormering, die nog zo'n 10% van het park uit lijken te maken (zie Figuur 39).



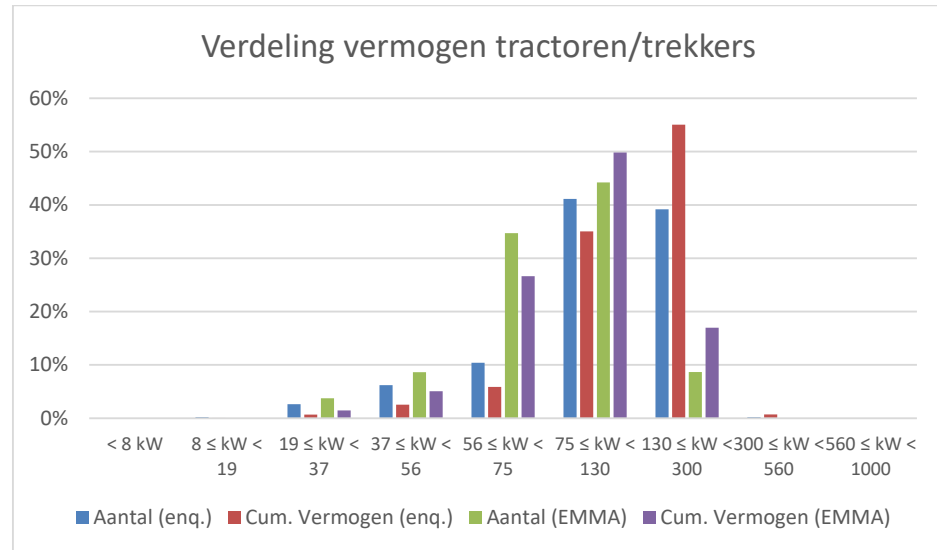
Figuur 38: Verdeling bouwjaar: laadschoppen op banden (N=298).



Figuur 39: Verdeling emissieclassen: laadschoppen op banden (N=255).

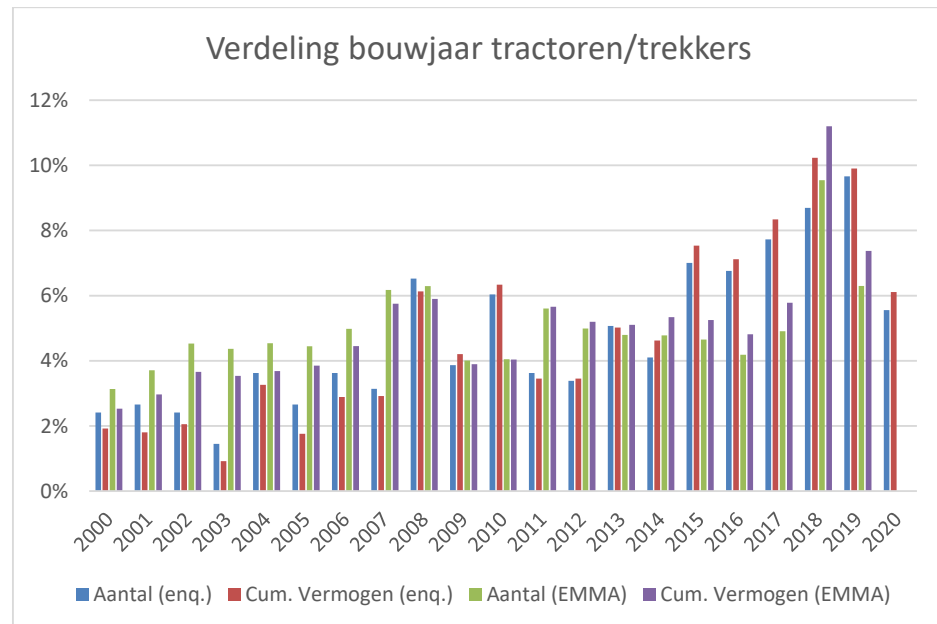
3.4.2.4 Tractoren/trekkers

Het lagere gemiddelde motorvermogen van tractoren/trekkers in het EMMA model komt volgens Figuur 40 door een onderschatting van het aandeel grotere tractoren/trekkers (130-300 kW) en een overschatting van het aandeel middelgrote tractoren/trekkers (56-75 kW).

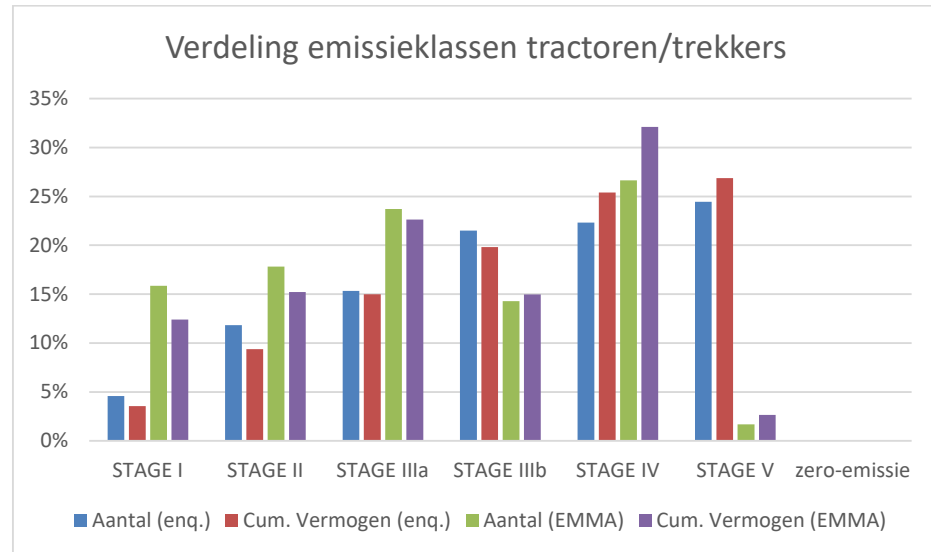


Figuur 40: Verdeling categorieën motorvermogen: tractoren/trekkers (N=452).

In de verdeling van bouwjaar zit geen opvallende afwijking (zie Figuur 41). De machines in het EMMA model zijn gemiddeld iets ouder dan in de enquêterespons.



Figuur 41: Verdeling bouwjaar: tractoren/trekkers (N=409).

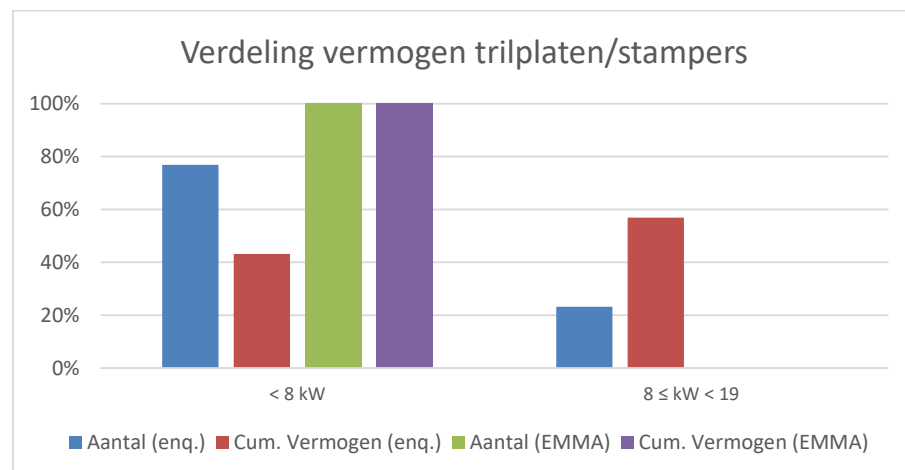


Figuur 42: Verdeling emissieclassen: tractoren/trekkers (N=358).

Bij de emissieclassen is wel een behoorlijk verschil zichtbaar. Figuur 42 laat zien dat het EMMA model het aandeel tractoren/trekkers met STAGE I, STAGE II en STAGE IIIa motoren overschat, en nog maar een klein aantal STAGE V tractoren/trekkers kent. Het grote aandeel tractoren/trekkers met een emissieklasse STAGE V of vergelijkbaar is dan ook gerelateerd aan een significante bijdrage van tractoren/trekkers met EURO VI of TIER 4 normering, welke in deze analyse ook onder STAGE V worden geschaard (en die aan vergelijkbare emissie-eisen moeten voldoen), en welke al eerder op de markt kwamen dan daadwerkelijke STAGE V machines.

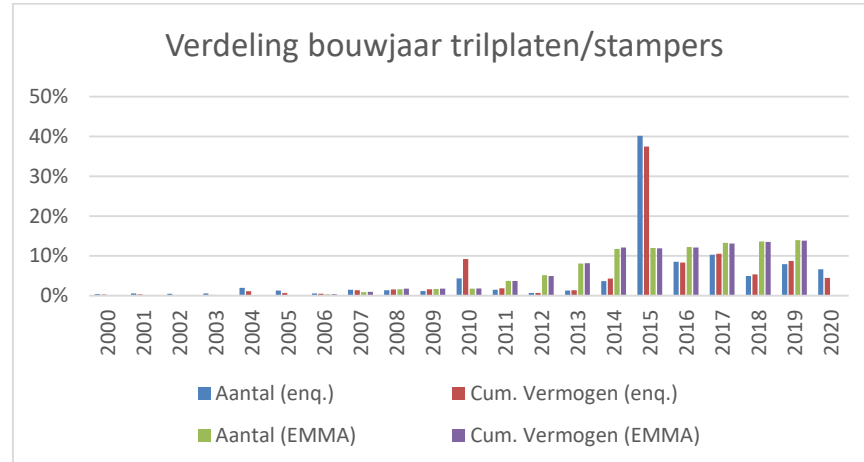
3.4.2.5 Trilplaten/stampers

Waar het EMMA model alleen trilplaten/stampers kent in de categorie tot 8 kW, blijkt bijna 25% van de machines een slag groter te zijn: tussen de 8 en 19 kW (zie Figuur 43).



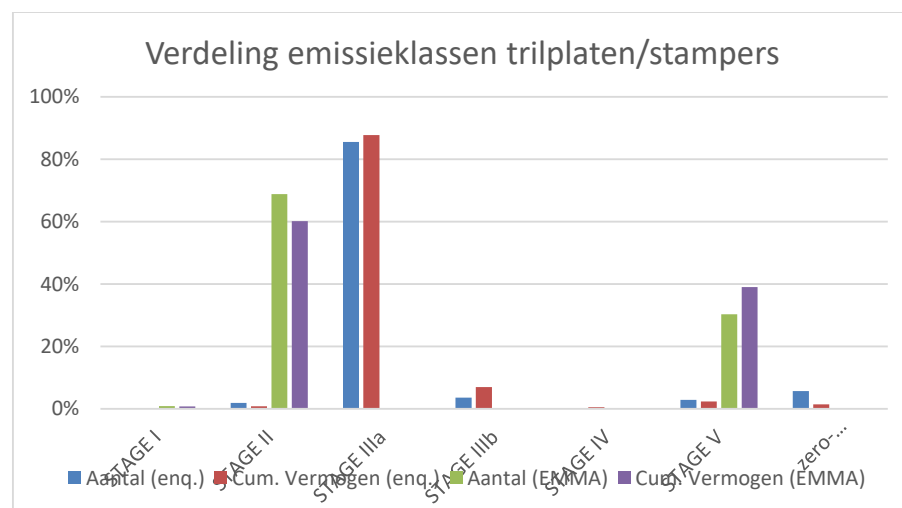
Figuur 43: Verdeling categorieën motorvermogen: trilplaten/stampers (N=1214).

In de vergelijking van de bouwjaren in Figuur 44 valt op dat ongeveer 40% van de trilplaten/stampers in de enquêterespons uit 2015 stamt. Omdat dit voor een groot deel wordt veroorzaakt door de invoer van één respondent, kan dit niet gezien worden als een algemeen patroon.



Figuur 44: Verdeling bouwjaren: trilplaten/stampers (N=980).

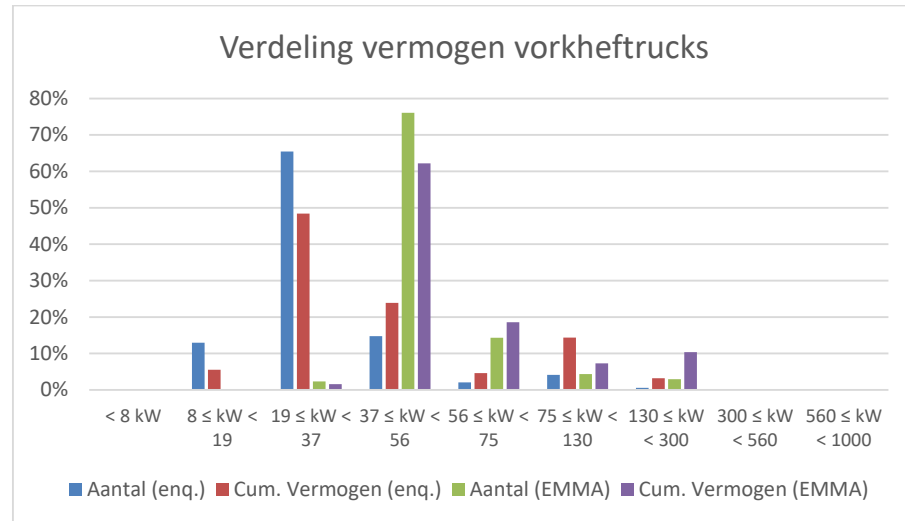
In de verdeling van emissieclassen in Figuur 45 is te zien dat het overgrote deel van de trilplaten/stampers volgens respondenten een STAGE IIIa emissienormering heeft. Dit is vreemd omdat STAGE IIIa, STAGE IIIb en STAGE IV nooit zijn gedefinieerd voor machines onder de 19 kW. Een zoekopdracht op internet levert ook geen relevante resultaten op “trilplaat STAGE IIIa”. Het is voor nu onduidelijk waarom meerdere respondenten alsnog STAGE IIIa en STAGE IIIb emissieclassen hebben ingevoerd voor deze machines. Mogelijk heeft de respondent geen informatie kunnen vinden over de emissieklasse en deze ingeschat op basis van het bouwjaar.



Figuur 45: Verdeling emissieclassen: trilplaten/stampers (N=416).

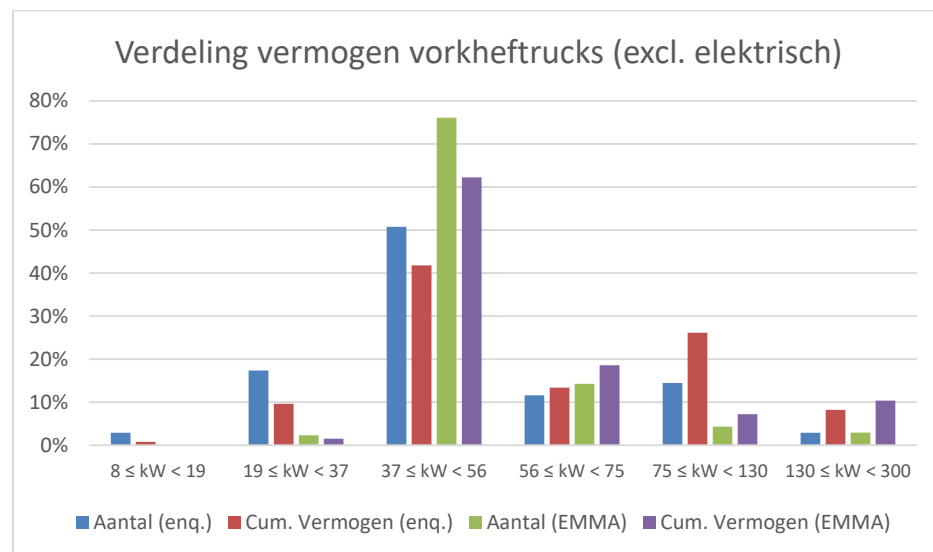
3.4.2.6 Vorkheftrucks

Ook bij de vorkheftrucks komt het typische vermogen in het EMMA model niet overeen met de enquêterespons, waar een meerderheid van de machines een vermogen tussen de 19 en 37 kW heeft (zie Figuur 46). Een groot deel van de vorkheftrucks in de enquêterespons betreft echter elektrische machines, die niet in het EMMA model zijn opgenomen, en die typisch een lager vermogen hebben dan de diesel of LPG aangedreven machines.



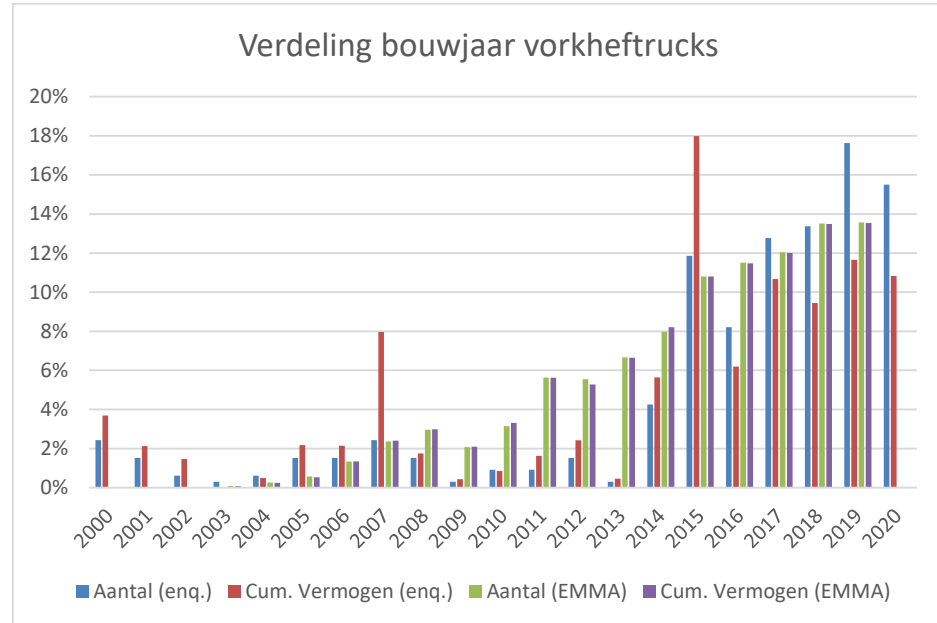
Figuur 46: Verdeling categorieën motorvermogen: vorkheftrucks (N=339).

Wanneer de elektrische vorkheftrucks uit de vergelijking worden weggelaten (zie Figuur 47), liggen de verdelingen al veel dichter bij elkaar, al blijft de spreiding in de enquêterespons groter dan in het EMMA model.



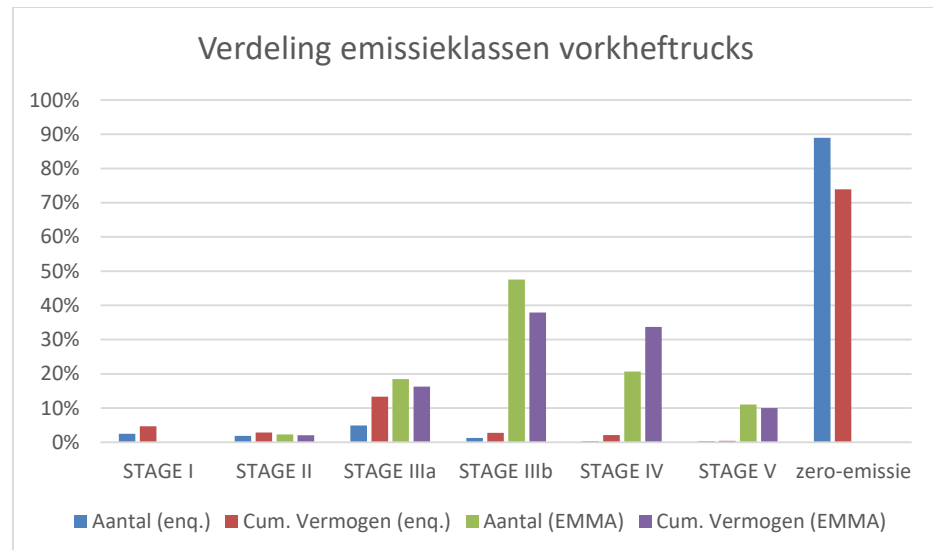
Figuur 47: Verdeling categorieën motorvermogen: vorkheftrucks, excl. elektrisch (N=69).

In de verdeling van bouwjaren in Figuur 48 is net als voor de graafmachines, laadschoppen en trilplaten/stampers een langere staart van oudere machines zichtbaar, wat erop kan duiden dat de machines in het EMMA model te vroeg uitvallen.



Figuur 48: Verdeling bouwjaren: vorkheftrucks (N=324).

Dat het EMMA model geen elektrische (zero-emissie) machines bevat was bekend, maar in de vergelijking op emissieclassen (zie Figuur 49) blijkt ook dat het EMMA model de meeste machines in de emissieklasse STAGE IIIb en STAGE IV heeft, terwijl de enquêterespons het zwaartepunt bij machines met STAGE IIIa motoren heeft liggen.



Figuur 49: Verdeling emissieclassen: vorkheftrucks (N=311)

3.5 Vergelijking met RDW registratie

Vanaf 1 januari 2021 geldt er een registratie- en kentekenplicht voor bestaande en nieuwe (land)bouwovertuigen die op de openbare weg rijden. Nog niet alle registratie-plichtige voertuigen zijn reeds geregistreerd (voor januari 2022 dienen de bestaande voertuigen geregistreerd te zijn). De registratiegegevens worden verzameld bij de RDW. Diverse voertuiggegevens (o.a. kenteken, merk, handelsbenaming, brandstof, DET (datum eerste toelating), Europese voertuigcategorie) zijn via de publiek toegankelijke database (RDW Open Data) beschikbaar. In het geval van een motorrijtuig met beperkte snelheid (MMBS) wordt bij de registratie ook om de voertuigomschrijving gevraagd. MMBS voertuigen zijn allerlei machines die op de openbare weg kunnen rijden, met een snelheid boven de 6 km/h en een maximum snelheid van 25 km/h of 45 km/h. Dit zijn onder andere mobiele machines zoals graafmachines en laadschoppen op banden, maar het kan bijvoorbeeld ook een rijdende winkel of een wegtrein zijn. De hiervoor genoemde voertuigomschrijving is beschikbaar wanneer een kenteken wordt opgezocht middels de publieke RDW OVI website. Deze informatie is momenteel echter nog niet beschikbaar via de RDW Open Data (via RDW Open Data kunnen diverse datasets worden geëxporteerd). Navraag bij de RDW heeft geleerd dat deze data later in 2021 waarschijnlijk beschikbaar komen in de RDW Open Data. Deze data is wellicht zeer bruikbaar voor validatie van de input voor het EMMA model.

Deze registratie- en kentekenplicht betekent echter niet dat er een complete registratie van alle mobiele machines is. Machines die niet op de openbare weg rijden (bijvoorbeeld een pomp of een aggregaat, of een landbouwtrekker die niet op de openbare weg komt), of een maximum snelheid hebben die lager is dan 6 km/u (bijvoorbeeld een graafmachine op rupsen), zijn niet registratie-plichtig. Daarnaast bevat de database geen gegevens over de emissieklasse of vermogenscategorie. De emissieklasse kan ingeschat worden op basis van DET, maar dat is niet waterdicht. Het motorvermogen zou kunnen worden bepaald op basis van merk en handelsbenaming, maar dat vergt flink wat handmatig zoekwerk. Desalniettemin zorgt deze registratieplicht voor een verbetering van de inzichten in de omvang en samenstelling van het voertuigenpark.

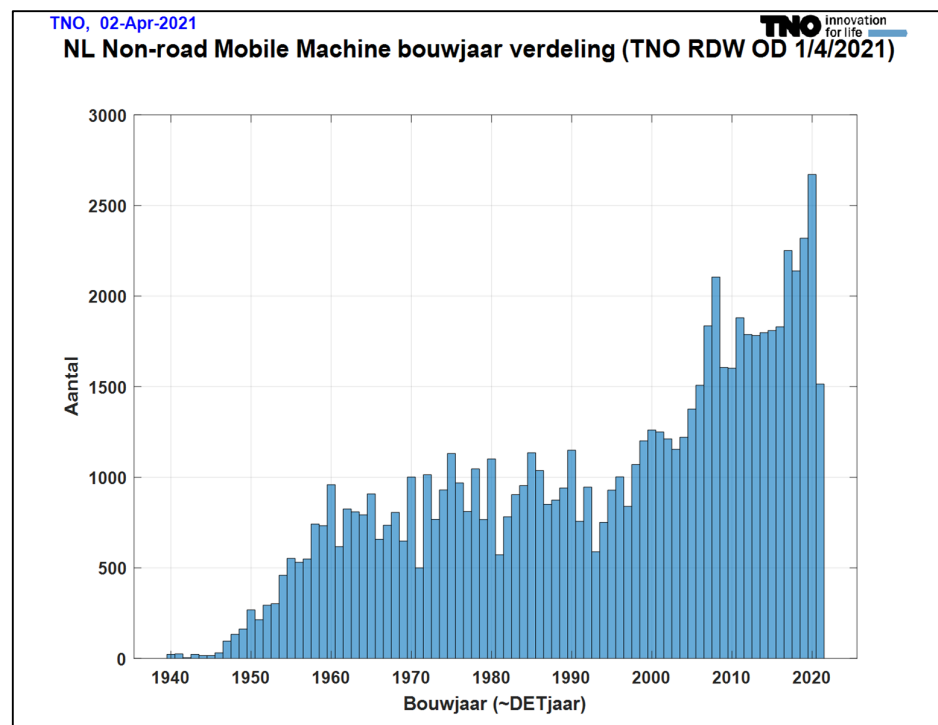
In het licht van deze studie is een uitdraai gemaakt van RDW database (RDW Open Data), zie Tabel 40. Hier is duidelijk zichtbaar dat de land- en bosbouwtrekkers momenteel het grootste deel van de RDW database vullen. In het EMMA model zijn momenteel ca. 70.000 land- en bosbouwtrekkers opgenomen. Zoals eerder genoemd zijn niet alle land- en bosbouwtrekkers geregistreerd. De 'aanhangwagens en getrokken machines' vormen daarna de grootste categorie. In deze groep zitten zowel voertuigen met als zonder verbrandingsmotor. Het kan bijvoorbeeld een aanhangwagen zijn om ladingen te vervoeren, maar ook een getrokken uitrustingsstuk met een vast gemonteerd werktuig¹⁵, zoals een mobiele compressor. Gegevens van de eventueel aanwezige motor zijn niet opgenomen in de publieke database. Van de MMBS voertuigen waren er op het moment van de uitdraai ca. 9.100 geregistreerd. Zoals hiervoor genoemd bevat de RDW Open Data op dit moment nog geen gegevens over het type voertuig/machine.

¹⁵ <https://www.rdw.nl/zakelijk/branches/bedrijven/individuele-goedkeuring-aanvragen/goedkeuringsplicht-landbouwvoertuig-bouwvoertuig/landbouw--of-bosbouwaanhangwagen-of-verwisselbaar-getrokken-uitrustingsstuk>.

Tabel 40: Output RDW database mobiele machines.

Voertuigsoort (RDW OD)	Europese voertuigcategorie (RDW OD) ¹⁶	Aantal
Land- of bosbouwtrekker	C, T, T4	53.418 (68%)
Aanhangwagen t.b.v. land-of bosbouw & Verwisselbare getrokken machines	R, R2, R3, R4, S, S2	15.774 (20%)
Motorrijtuig met beperkte snelheid	Z	9.106 (12%)

Figuur 50 geeft een overzicht van alle machines zoals opgenomen in Tabel 40, per bouwjaar. Deze figuur laat duidelijk zien dat een fors deel van de machines ouder is dan 20 jaar. Specifiek voor land- en bosbouwtrekkers is een vergelijking gemaakt tussen leeftijdsverdeling in het EMMA model en in de RDW dataset. Het aantal oude land- en bosbouwtrekkers in de RDW-dataset is vele malen hoger dan opgenomen in het EMMA model. Het ontbreekt echter nog aan inzicht in de daadwerkelijke inzet van oudere land- en bosbouwtrekkers ten opzichte van de nieuwere machines.



Figuur 50: Output RDW database mobiele machines per 1 april 2021 (bevat alle categorieën zoals genoemd in Tabel 40).

¹⁶ <https://www.rdw.nl/zakelijk/branches/fabrikanten-en-importeurs/typegoedkeuring-aanvragen/typegoedkeuren-voertuigen/voertuigcategorieen>

3.6 Interpretatie enquêterespons in licht van huidige inzichten

Hieronder worden een aantal zaken besproken waar de enquêterespons tot een aanvulling of bijstelling van de huidige inzichten (grotendeels bestaande uit gegevens uit het EMMA model) kan leiden. De Emissieregistratie zal de resultaten verder analyseren en beslissen over de implementatie van de inzichten in het EMMA model.

3.6.1 *Machinetypen die missen in het EMMA model*

Al tijdens het opstellen van de machinelijst werd duidelijk dat er verschillende machinetypen missen in het EMMA model. Tabel 41 laat zien dat een aantal machinetypen die zijn toegevoegd, zeer prominent zijn in het mobiele machinepark in Nederland. Het belang van de 'missende' machines werd ook al geïllustreerd door hun aandeel van ruim 20% in het totale aantal machines in de enquêterespons, en ruim 30% in het totale motorvermogen in de enquêterespons (zie Tabel 33 en Tabel 34). Tabel 41 laat ook zien voor hoeveel machines details over vermogen, bouwjaar, draaiuren en afschrijvingstermijn volledig zijn ingevoerd. Deze gegevens kunnen een eerste aanzet geven voor de kenmerken en inzetparameters wanneer deze machines worden toegevoegd aan het EMMA model. Het inschatten van het totale aantal machines van deze typen in Nederland zal ook aanvullend onderzoek vragen.

Tabel 41: Overzicht enquête invoer voor machinetypen die niet in het EMMA model voorkomen

Machinetype	Aantal in enquête	Details kenmerken en inzet beschikbaar	Gemiddeld vermogen (kW)
Bandenzagen/motorslijpers (handgereedschap)	644	197	4
Lichtmasten (zelf aangedreven)	630	8	8
Mobiele compressoren	402	67	33
Hydrauliek powerpack	130	44	342
Heimachines/funderingsmachines	128	85	202
Veeg-/zuigwagens (zelfrijdend)	77	37	157
Heiblokken/palenrammers	63	18	249
Autolaadkranen	60	41	288
Onkruidbestrijdingsmachines	55	48	28
Mobiele boorinstallaties	53	4	210
Lasaggregaten	49	5	16
Draadkranen/draglines	48	15	257
Hogedrukspuiten (zelf aangedreven)	44	2	12
Mobiele zeef- en scheidingsmachines	33	26	114
Emulsiespuitwagens	31	13	164
Betonmixers	28	12	64
Torenkranen (mobiel)	22	22	288
Lieren	21	3	17
Asfalt-/betonzagen (rijdend)	19	4	46
Bodemfreen	18	2	9
Betonpompen	17	9	112
Hefplatformen/schaarliften	13	0	

Twee-wiel tractoren	13	4	4
Torenkranen (vast)	12	0	
Versnipperaars (zelf aangedreven)	11	7	282
Decontaminatiewagens	9	0	
Teer-/asfaltsproeiers	6	4	27
Markeringsmachines	6	6	44
Sloopkranen	6	6	133
Vlindermachines	5	2	4
Mobiele brekers	3	2	336

Naast de machinetypen in de machinelijst van deze enquête, hebben sommige respondenten nog aanvullende machinetypen ingevoerd die binnen de definitie van mobiele machines vallen. Het gaat dan om de machinetypen in Tabel 42.

Tabel 42: Machinetypen toe te voegen aan machinelijst.

Categorie	Machinetypen
Intern transport	Rupsdumpers, telestacks, magazijntrucks (pallettrucks/stapelaars)
Wegenbouw	Asfaltvoorladere, gietasfaltketels
Railbouw	Rekapparatuur, wissel slijpmachines, tracklayers
Handgereedschap	Slagmoersleutels, boorfreesmachines, boutmachines, slag/breekhamers, motorboren
Land- en tuinbouw	Voermengwagens, compostomzetmachines, zaaimachines
Overig	Maalmolens, vacuum/druk wagens, (verf)spuitmachines

Voor deze machines is vanuit de enquête weliswaar beperkte informatie over enkele (typische) specificaties beschikbaar, maar zal waarschijnlijk alsnog nader onderzoek nodig zijn om ook een inschatting te geven van de typische inzet en de totale aantallen machines alvorens deze kunnen worden opgenomen in het EMMA model.

3.6.2 *Machinetypen met sterk afwijkende aantallen, kenmerken of inzet*

De analyses in paragraaf 3.4 hebben voor veel machinetypen aanwijzingen opgeleverd dat de huidige inzichten wellicht bijstelling behoeven. Door de beperkte representativiteit van de enquêterespons is het evenwel niet verantwoord om de inzichten 1-op-1 over te nemen in de huidige modellen.

Wat betreft de omvang van het park valt op dat voor de generatoren, mobiele pompen, asfalt freesmachines, en wellicht ook voor dumpers, de aantallen machines die in de enquête zijn ingevoerd wijzen op een fors groter park in Nederland dan tot nu toe aangenomen. Voor de generatoren kan hier aan worden toegevoegd dat er bijzonder veel kleine generatoren (< 8 kW) zijn genoteerd, welke tot op heden grotendeels buiten beeld waren in de emissieberekeningen.

Voor tractoren/trekkers en graafmachines is het gemiddelde vermogen van de machines in de enquêterespons opvallend hoger dan in het EMMA model. Gezien het belang van deze machines zal in meer detail moeten worden uitgezocht wat de oorzaak is van deze verschillen.

Ook de gemiddelde leeftijd en afschrijvingstermijn wijzen voor meerdere machinetypen op een mogelijk onjuiste inschatting van de uitval van machines, wat gevolgen heeft voor de samenstelling van het machinepark, bijvoorbeeld de verdeling van STAGE-normeringen. Daarnaast zijn de jaarlijkse draaiuren erg belangrijk, welke in het EMMA model voor veel machinetypen aan de hoge kant zijn, maar voor graafmachines, mobiele (telescoop)kranen en tractoren/trekkers juist opvallend lager dan de enquêterespons. Bij de generatoren en mobiele pompen is zeker bijstelling nodig, omdat de jaarlijkse inzet in EMMA een aantal factoren hoger is dan in de enquêterespons. Wel zou hierbij goed moeten worden gekeken naar de verschillen in de inzet van kleine en grote generatoren en pompen.

In de detailvergelijking voor zes belangrijke machinetypen kwamen voor ieder machinetype een aantal opvallende verschillen tussen het EMMA model en de enquêterespons naar voren. Omdat de enquêterespons voor deze machinetypen enkele honderden machines omvat, moeten deze verschillen als een serieuze aanwijzing worden gezien dat het huidige beeld bijstelling behoeft. Zo geldt voor graafmachines, laadschoppen, trilplaten/stampers en vorkheftrucks allemaal dat oudere machines langer actief blijven dan verwacht. De verdeling van machines naar vermogensklassen kent ook afwijkingen, waarbij de graafmachines, laadschoppen en tractoren/trekkers in het Nederlandse park typisch groter blijken dan gedacht.

In aandeel STAGE V machines is bij de generatoren, graafmachines en laadschoppen is er goede overeenstemming tussen de enquêterespons en het EMMA model. Dit geldt alleen niet voor de andere STAGE klassen en machinetypen. Bij tractoren/trekkers is voor een groot deel van de machines een EURO of TIER normering opgegeven, welke andere specifieke emissie-eisen en introductiejaren kennen, en welke niet in het EMMA model voorkomen.

3.6.3 *Modellering van inzet machines*

In het EMMA model wordt nu per machinetype een typische inzet in draaiuren per jaar aangehouden over de gehele leeftijd van de machine. Zoals besproken in paragraaf 3.2.3.5.2, is voor verschillende machinetypen duidelijk dat de jaarlijkse inzet over de leeftijd van de machine afneemt. Het meenemen van dit effect zou de modellering van de emissies in het EMMA model kunnen verbeteren.

4 Conclusie en discussie

4.1 Conclusie

Het doel van dit onderzoek was om te komen tot een beter inzicht in de omvang, samenstelling en inzet van het Nederlandse mobiele machinepark op basis van informatie vanuit de branche. Door middel van een digitale enquête en verschillende interviews is veel interessante en bruikbare informatie opgehaald waarmee het huidige beeld van het Nederlandse mobiele machinepark op diverse vlakken kan worden bijgesteld. Voorafgaand aan de inhoudelijk conclusies moet genoemd worden dat de respons op de enquête te laag was om te spreken van een goede representativiteit voor het gehele machinepark. Wat betreft de respons vanuit verhuurders en leveranciers valt op dat deze maar een deel van de machinetypen afdekt. Het is aan de Emissieregistratie om te besluiten over de implementatie van inzichten uit dit onderzoek. Hierbij zal de prioriteit liggen bij specifieke veelvoorkomende machinetypen en machinekenmerken waar de afwijkingen tussen de enquêterespons en de huidige inzichten significant zijn en leiden tot mogelijk grote verschillen tussen de daadwerkelijke en gemodelleerde milieuprestaties.

De enquêterespons geeft voldoende aanleiding om een substantieel aantal missende machinetypen in beeld te brengen voor opname in het EMMA model en voor een aantal reeds opgenomen machinetypen (generatoren, mobiele pompen en asfaltreesmachines) de omvang van het park te herzien. Voor de andere machinetypen biedt dit onderzoek niet voldoende informatie om de omvang van het machinepark te valideren of aan te passen.

Het uitvragen van gedetailleerde machinekenmerken en inzet van machines vroeg van de respondenten een forse tijdsinvestering, maar leverde ook de meest bruikbare inzichten op binnen dit onderzoek. Voor verschillende machinetypen zijn van enkele honderden individuele machines de kenmerken en inzet gespecificeerd. Een vergelijking met het machinepark in het huidige EMMA model geeft in veel gevallen aanleiding om typische kenmerken, inzet of de parksamenstelling te herzien. Een aantal voorbeelden hiervan zijn het gemiddeld hogere motorvermogen van graafmachines, laadschoppen en tractoren/trekkers in de enquêterespons. Daarnaast lijken machinetypen zoals trilplaten/stampers alsook graafmachines een langere levensduur te hebben dan in het EMMA model. Verschillen in gemiddelde levensduur leiden vaak ook tot verschillen in de emissieclassificatie van machines.

Met betrekking tot de inzet van machines zijn de ingevoerde jaarlijkse draaiuren voor graafmachines, mobiele (telescoop)kranen en tractoren/trekkers gemiddeld hoger dan in het EMMA model. Daarnaast is voor verschillende machines een duidelijk effect van de leeftijd op de jaarlijkse inzet aangetoond, met (veel) minder draaiuren naarmate machines ouder zijn. Machinedata (machines uitleesbaar middels telematica) kan tevens veel inzichten verschaffen in o.a. de draaiuren, brandstofverbruik en motorbelasting (incl. stationair draaien). Een eerste analyse van beschikbaar gemaakte machinedata liet zien dat het aandeel stationair draaien voor veel machines hoog ligt, ondanks dat het beperken van stationair draaien toch de aandacht heeft van vrijwel alle respondenten in de enquête.

Ook kwam uit de analyse naar voren dat de gemiddelde motorbelasting van de geanalyseerde machines in het algemeen laag is (ca. tussen de 20 en 35%). Verder zijn de gegevens omtrent het AdBlue verbruik uit telematica systemen zeer relevant, deze kunnen gebruikt worden voor de inschatting van de NO_x emissies en de impact van tampering. Gegevens uit telematica systemen kunnen verder zeer nuttige bijdragen leveren aan de inventarisatie van inzet, brandstofverbruik, en machine-specifieke emissiereducerende maatregelen (bijvoorbeeld rondom langdurig stationair draaien). Detailinzichten vragen nog wel om nauwkeurige analyses, systeemkennis en inzet van statistische technieken. Bovendien is er nog geen standaardisatie van dergelijke systemen.

Tot slot is een beknopte analyse uitgevoerd van de in de RDW database geregistreerde nieuwe en bestaande (land)bouwoertuigen die op de openbare weg rijden. Voor de tractoren/trekkers is een directe vergelijking gemaakt tussen de parkomvang in het EMMA model en de geregistreerde machines. Hieruit bleek dat er in de praktijk een behoorlijk aantal oude tractoren zijn, welke niet worden meegenomen in het EMMA model, en waarvoor ook weinig bekend is over de daadwerkelijke inzet.

4.2 Discussie

De milieu-impact van mobiele machines heeft lange tijd relatief weinig aandacht gekregen. Hierdoor is er slechts beperkt inzicht in de samenstelling en de omvang van het machinepark, de daadwerkelijke emissies van de machines, en de daadwerkelijk haalbare verbeteringen. Belangrijke oorzaken hiervoor zijn het gebrek aan registratie van machines, beperkte informatie rondom praktijkinzet en beperkte data rondom praktijkemissies. Met dit onderzoek is getracht om te komen tot een beter inzicht in de omvang, samenstelling en inzet van het Nederlandse mobiele machinepark teneinde tot een nauwkeuriger beeld van de milieu-impact van deze machines te komen.

4.2.1 Methode

Zoals besproken in de conclusie, heeft dit onderzoek veel interessante inzichten opgeleverd, maar kon dit onderzoek niet in alle doelstellingen voorzien. Het is bijvoorbeeld niet gelukt om voldoende gegevens te verzamelen voor het maken van een nauwkeurige schatting van de omvang van het Nederlandse machinepark. Daarnaast is de respons van verhuurders en leveranciers van machines te beperkt in diversiteit om algemene conclusies te trekken. Particulieren zijn in dit onderzoek niet benaderd, hoewel deze doelgroep een groot aantal met name kleinere, benzine-aangedreven machines bezit.

Op basis van de respons en ontvangen feedback kunnen een aantal lessen getrokken worden over het format en de vraagstelling van de enquête in dit onderzoek:

- Het Excelformat was voor de meeste respondenten goed hanteerbaar en gaf de mogelijkheid om binnen de enquête automatisch berekeningen uit te voeren en via het dashboard direct relevante inzichten te bieden aan respondenten, die hier positief op reageerden.

- Detailvragen op machineniveau vergden veel uitzoek- en invultijd voor respondenten en dit is vermoedelijk de belangrijkste oorzaak van de lagere respons. Tegelijkertijd leverden de ingevoerde detailgegevens vaak wel de meest interessante inzichten. Het aantal detailvragen zou echter alsnog kritisch tegen het licht moeten worden gehouden bij een eventueel vervolgonderzoek.
- Met name voor leveranciers en verhuurders van machines speelt vaak mee dat gegevens gevoelig zijn, en dat data invoeren voor een groot aantal machines tijdrovend is. Een meer directe en persoonlijke benadering van enkele grote partijen, waarbij niet alleen sprake is van ophalen van informatie maar ook van samenwerking, biedt meer perspectief op het verzamelen van gegevens uit deze branches.

4.2.2 *Aanbevelingen*

Het gebrek aan registratie van mobiele machines heeft ervoor gezorgd dat een inschatting van de omvang van het mobiele machinepark in Nederland tot nu toe afhankelijk was van een modelmatige benadering op basis van verkoopcijfers en verwachte uitval van machines, zoals in het EMMA model. Zoals eerder vermeld, is de enquêterespons voor veel machinetypen niet geschikt om de totale omvang van het machinepark af te leiden. In aanvulling op de enquête en de interviews is in dit onderzoek daarom ook kort gekeken naar de gegevens die beschikbaar zijn vanuit de RDW registratieplicht voor mobiele machines die ook op de weg rijden. Het is de verwachting dat deze gegevens een belangrijke aanvulling en validatie kunnen bieden voor de parkomvang en leeftijdsverdeling voor een aantal machinetypen. Naarmate de registratie verder wordt aangevuld, zullen aanvullende analyses moeten worden uitgevoerd en nagegaan in hoeverre meer gedetailleerde informatie over de voertuigomschrijving kan worden verzameld.

Wellicht zal deze registratieplicht bij de RDW dus meer inzicht verschaffen in de omvang van het park voor sommige machinetypen. Desondanks is het de verwachting dat een modelmatige benadering voor veel machinetypen voorlopig de meest betrouwbare methode blijft om de omvang en samenstelling van het machinepark in te schatten. Om deze modelmatige benadering te verbeteren moeten de resultaten uit dit onderzoek aangaande de kenmerken en inzet van het machinepark nader worden geanalyseerd en waar mogelijk geïmplementeerd door de Emissieregistratie. In aanvulling daarop kunnen verschillende lopende, afgeronde en geplande (TNO) onderzoeksprojecten, waaronder meetprogramma's, het inzicht verbeteren in de inzet en emissies van mobiele machines in de praktijk.

Zonder een actuele en complete registratie van mobiele machines en hun kenmerken en inzicht zullen er blinde vlekken en belangrijke onzekerheden in de milieu-impact van machines blijven bestaan. Voor een compleet en betrouwbaar inzicht in het mobiele machinepark en een betere inschatting en onderbouwing van de effectiviteit van maatregelen is een verder verbeterd inzicht nodig in de daadwerkelijke emissies en de haalbare reducties in emissies. Een complete registratie van mobiele machines, het monitoren van inzet, en boekhouden van draaiuren, dieselverbruik, en AdBlue-verbruik zijn daarom cruciaal voor het bepalen van de effectiviteit van mogelijke maatregelen.

In de route hiernaartoe kunnen verschillende benaderingen een bijdrage leveren:

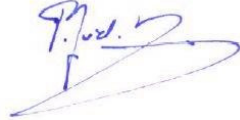
- Een uitbreiding van de landelijke registratie van voertuigen naar alle (gemotoriseerde) mobiele machines inclusief een aantal belangrijke kenmerken zoals motorvermogen en emissienormering, door een organisatie zoals de RDW die momenteel ook al een deel van de mobiele machines registreert;
- Een vorm van centrale registratie van inzet, bijvoorbeeld het registreren van machinetype en totale draaiuren bij onderhoud/keuring, zoals dat ook voor gereden voertuigkilometers wordt gedaan bij het wegverkeer;
- In de aanbestedingscriteria voor bouwprojecten kan meer aandacht gevraagd worden voor deze zaken. Door voor elk project deze gegevens op te vragen, bijvoorbeeld middels het verzamelen van invoergegevens vanuit AERIUS, kan een beter beeld gevormd worden van daadwerkelijk gebruikte machines en hun inzet;
- In samenwerking met machinefabrikanten en verhuurders kan geprobeerd worden om op grote schaal (geanonimiseerde) inzichten vanuit fleet management/telematica systemen te verzamelen;
- Betere registratie van machineverkoop op landelijk niveau;
- Registratie van machines van leden door brancheverenigingen. Dit wordt door sommige brancheverenigingen al toegepast;
- Onderhouds- en verhuurbedrijven zien grote aantallen machines langskomen, zij kunnen bedragen aan een beter inzicht in de samenstelling van het machinepark;
- Monitoringsprogramma's, waarbij machines worden uitgerust met dataloggers om real-time inzet (en eventueel emissies) continu te monitoren.

4.2.3 *Vervolgonderzoek*

Dit onderzoek heeft voor verschillende machinetypen en thema's kunnen voorzien in een validatie van het EMMA model of juist een signalering van zaken die mogelijk een aanvulling of update behoeven en daarmee ons inzicht in het Nederlandse mobiele machinepark kunnen vergroten. Het is aan de Nederlandse Emissieregistratie om de verschillende resultaten uit dit onderzoek nader te analyseren en aanpassing van het EMMA model te overwegen en te implementeren. In het najaar van 2021 zal hier een eerste stap in worden gezet voor de berekening voor de nieuwe emissiereeks die 1990-2020 zal omvatten. Als inzichten uit dit onderzoek niet direct kunnen worden toegepast, kunnen deze als verbeterpunt voor een volgend jaar worden gepland, waarbij mogelijk vervolgonderzoek nodig is om specifieke bevindingen nader te bekijken.

5 Ondertekening

Den Haag, 18 juni 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'P. van der Mark', with a long horizontal stroke extending to the right.

P. van der Mark
Projectleider

TNO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'S.N.C. Dellaert', with a long horizontal stroke extending to the right.

S.N.C. Dellaert
Auteur

A Lijst mobiele machines

- Generatoren
- Lichtmasten (zelf aangedreven)
- Mobiele compressoren
- Betonmixers
- Betonpompen
- Bulldozers
- Dumpers/kieptrucks
- Graaf-laadcombinaties
- Graders
- Lasaggregaten
- Lieren
- Mobiele graafmachines
- Rupsgraafmachines
- Schrankladers
- Shovels/laadschoppen op rupsen
- Shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden
- Draineermachines (zelfrijdend)
- Mobiele pompen
- Hydrauliek powerpack
- Heiblokken/palenrammers
- Heimachines/funderingsmachines
- Mobiele boorinstallaties
- Draadkranen/draglines
- Ruw terrein heftrucks
- Mobiele brekers
- Mobiele zeef- en scheidingsmachines
- Sloopkranen
- Hoogwerkers
- Hefplatformen/schaarliften
- Autolaadkranen
- Mobiele (telescoop)kranen
- Rupshijskranen
- Torenkranen (mobiel)
- Torenkranen (vast)
- Verreikers
- Bestratingsmachine (zelfrijdend)
- Asfalt spreidmachines
- Asfalt-/betonzagen (rijdend)
- Asfaltfreesmachines
- Bandenzagen/motorslijpers (handgereedschap)
- Betonmachines/pavers
- Emulsiespuitwagens
- Glijbekistingsmachines
- Markeringsmachines
- Teer-/asfaltsproeiers
- Trilplaten/stampers
- Vlindermachines
- Walsen

- Oogstmachines bloembollen, groenten en fruit (zelfrijdend)
- Aardappelrooiers (zelfrijdend)
- Bandharkmachines
- Bietenlaadmachines
- Bietenrooiers (zelfrijdend)
- Bodemfrezen
- Maaidorsers
- Mais-/veldhakselaars
- Mestinjecteurs (zelfrijdend)
- Sproeimachines (zelfrijdend)
- Twee-wiel tractoren
- Compacttrekkers
- Tractoren/trekkers
- Feller bunchers
- Skidders
- Kettingzagen
- Houtklovers (zelf aangedreven)
- Versnipperaars (zelf aangedreven)
- Bladblazers
- Bosmaaiers
- Grasmaaiers
- Heggescharen
- Kantensteekers
- Onkruidbestrijdingsmachines
- Strimmers
- Verticuteermachines
- Zitmaaiers
- Decontaminatiewagens
- Hogedrukspuiten (zelf aangedreven)
- Veeg-/zuigwagens (zelfrijdend)
- Mobiele overslagmachines
- Rupsoverslagmachines
- Statische overslagmachines
- Automated guided vehicles
- Reach stackers
- Straddle carriers
- Terminal trekkers
- Meeneemheftrucks
- Vorkheftrucks