

Schoon en Emissieloos Bouwen

**Inventarisatie
vlootsamenstelling en inzet
van mobiele werktuigen
buiten de bouwsector en
verkenning mogelijkheden
voor retrofit**

TNO 2023 R12052 – 30 oktober 2023

Inventarisatie vlootsamenstelling en inzet van
mobiele werktuigen buiten de bouwsector en
verkenning mogelijkheden voor retrofit

Schoon en Emissieloos Bouwen

Auteurs	Pim van Mensch, Annette Rondaij
Exemplaar nummer	2023-STL-RAP-100351015
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Projectnaam	SEB verlenging 2022
Projectnummer	060.53824

Alle rechten voorbehouden

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

© 2023 TNO

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
1 Inleiding	4
2 Verkenning verbeteren basisdata mobiele werktuigen buiten de bouwsector	5
2.1 Aanpak	6
2.2 Emissies mobiele werktuigen.....	6
2.3 Analyse steekproefdata eerder onderzoek.....	6
2.3.1 Sector activiteiten respondenten.....	10
2.4 Conclusies en aanbevelingen.....	10
3 Toepasbaarheid van retrofit oplossingen	12
3.1 Technische toepasbaarheid	12
3.2 Randvoorwaarden effectieve werking.....	14
4 Referenties	16

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de uitkomsten van twee afzonderlijke verkenningen die TNO binnen het programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft uitgevoerd, te weten:

1. Een verkenning naar het verbeteren van de basisdata (type machines, aantallen en draaiuren) voor mobiele werktuigen buiten de bouwsector, op basis van steekproefdata uit eerder TNO-onderzoek naar aantallen, typen en inzet van mobiele werktuigen in verschillende sectoren;
2. Beoordeling van vervangingsmogelijkheden en praktische toepasbaarheid van retrofit oplossingen bij specialistische mobiele werktuigen, zwaar spoormaterieel en varend bouwmaterieel.

De beschrijving en resultaten van elk van deze studies worden in aparte hoofdstukken uitgewerkt.

2 Verkenning verbeteren basisdata mobiele werktuigen buiten de bouwsector

In de notitie voor SEB getiteld ‘Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod mobiele werktuigen en bouwlogistieke voertuigen’ heeft TNO een overzicht opgesteld van de inzet, emissies en verschoningsopties voor mobiele werktuigen in de bouwsector (TNO, 2022). Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft TNO in navolging daarop gevraagd om een verkenning te doen van mobiele werktuigen die in andere sectoren dan de bouw worden ingezet met als uiteindelijke doel de basisdata die beschikbaar is vanuit die sectoren te verbeteren. De beschikbare basisdata over mobiele werktuigen is terug te vinden in het EMMA-model (Hulskotte & Verbeek, 2009). Dit model wordt gebruikt voor de landelijke emissiecijfers (zoals opgenomen in de Emissieregistratie) voor mobiele werktuigen.

De Emissieregistratie maakt, naast de bouwsector, onderscheid tussen de volgende sectoren:

- **Industrie** – mobiele werktuigen die gebruikt worden door industriële bedrijven, bijvoorbeeld in de petrochemische of metaalindustrie. Het gaat om machinetypen, zoals verreikers, generatoren en vorkheftrucks.
- **Consumenten** – gebruik van mobiele werktuigen door consumenten, bijvoorbeeld voor tuinonderhoud en klussen in huis. Het gaat om kleinere machinetypen, zoals grasmaaiers, bosmaaiers, bladblazers, kettingzagen en zitmaaiers.
- **Handel, Diensten en Overheid (HDO)** – inzet van mobiele werktuigen door bedrijven in de handel-, diensten- en overheidssector, bijvoorbeeld bij evenementen, professioneel groenaanleg en -onderhoud en afvalbeheer. Het gaat om machinetypen, zoals compact trekkers, vorkheftrucks, generatoren, kantenstekers, verticuteermachines en zitmaaiers.
- **Containeroverslag** – inzet van gespecialiseerde mobiele werktuigen in havens, zoals zeer zware heftrucks, terminal trekkers en reach-stackers.
- **Landbouw** – mobiele werktuigen te gebruiken op het land, bijvoorbeeld in de veehouderij, akkerbouw en tuinbouw, zoals landbouwtrekkers, spuitmachines en mestinjecteurs.

Het is in relatie met de doelstellingen van SEB relevant om ook beter zicht te krijgen op de inzet en emissies van mobiele werktuigen buiten de bouwsector. Als op machineniveau wordt gekeken, dan wordt een deel van de mobiele werktuigen niet louter in één sector gebruikt, maar worden er ook werkzaamheden in andere sectoren verricht. Dit treedt bijvoorbeeld op bij materieel van verhuurbedrijven, maar er is ook uitwisseling tussen verschillende sectoren (bijvoorbeeld bedrijven in groenvoorziening en -onderhoud die werkzaamheden op bouwplaatsen verrichten). De mate waarin deze uitwisseling van mobiele werktuigen tussen verschillende sectoren optreedt is niet bekend.

Wel biedt deze uitwisseling mogelijk kansen om synergie te behalen. Het is buiten de scope van dit onderzoek om de mate van uitwisseling van mobiele werktuigen tussen verschillende sectoren te onderzoeken. Wel gaat deze studie in op wat er nodig is om de basisdata van het gebruik van mobiele werktuigen voor andere sectoren dan bouw te verbeteren, ter voorbereiding op de verkenning voor het breder toepassen van de afspraken uit het Convenant Schoon en Emissieloos Bouwen voor mobiele werktuigen buiten de bouwsector.

De resultaten van de inventarisatie van mobiele werktuigen buiten de bouw zijn in de conclusie vergeleken met de basisdata in EMMA. Op basis hiervan zijn verbeterpunten geïdentificeerd.

2.1 Aanpak

In deze verkenning is met verschillende branchepartijen gesproken rondom de vlootsamenstelling en inzet van mobiele werktuigen in diverse sectoren, namelijk met Cumela, Bouwend Nederland en VHG. Voor deze verkenning is ook data geraadpleegd uit eerder onderzoek van TNO om een eerste inzicht te krijgen in de machinetypen, aantal machines en aantal draaiuren per sector.

2.2 Emissies mobiele werktuigen

Tabel 2.1 laat de bijdrage van verschillende sectoren zien aan de uitstoot van NO_x-, NH₃-, CO₂- en fijnstofemissies van mobiele werktuigen volgens de Emissieregistratie. Respectievelijk hebben de sectoren landbouw, HDO (handel, diensten en overheid), industrie en containeroverslag het grootste aandeel in de NO_x-uitstoot van mobiele werktuigen, na de bouwsector. De uitstoot als gevolg van het gebruik van mobiele werktuigen door consumenten is relatief laag (<1%) en daarom buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek.

Tabel 2.1: Emissies van mobiele werktuigen van verschillende sectoren in 2021. Bron: Emissieregistratie

Bron	NO _x [kton]	CO ₂ [Mton]	Fijnstof (PM _{2,5}) [ton]	NH ₃ [ton]
Mobiele werktuigen – industrie	2,1	0,2	65	4
Mobiele werktuigen – consumenten	0,2	0,1	32	0,1
Mobiele werktuigen – HDO	2,8	0,3	95	4
Mobiele werktuigen – containeroverslag	0,9	0,1	29	6
Mobiele werktuigen – landbouw	9,3	1,4	335	50
Mobiele werktuigen – bouwsector	10,7	1,5	484	53

2.3 Analyse steekproefdata eerder onderzoek

Deze paragraaf analyseert de resultaten van een steekproef die TNO eerder heeft uitgevoerd naar de samenstelling van de vloot van mobiele werktuigen in Nederland (TNO, 2021). Voor de steekproef is een enquête uitgezet en via verschillende kanalen verspreid, waaronder via 22 brancheorganisaties en via De Groene Koers. Het is belangrijk om hierbij te noemen dat het doel van deze enquête was om beter inzicht te krijgen in de vlootsamenstelling van het machinepark in Nederland en zich niet specifiek richtte op de sectortoewijzing van machines.

Een enquête waarbij betere sectortoewijzing van machines het hoofddoel heeft, vraagt om een ander ontwerp van de vragen die aan respondenten worden gesteld. Desondanks is wel een analyse gedaan op de data vanuit de studie uit 2021. De respondenten konden sectoren aangeven waarin zij actief zijn en dat geeft enig inzicht voor een eerste verkenning naar hoe de basisdata van mobiele werktuigen buiten de bouwsector kan worden verbeterd.

Voor deze analyse wordt alleen gekeken naar de enquêtedata van respondenten die machines in eigen gebruik hebben. Het is belangrijk om op te merken dat respondenten meerdere sectoren konden aangeven waarin zij actief zijn. Dit maakt de toewijzing van machines aan sectoren ingewikkeld, omdat het onbekend is hoe de machines (en hun inzet) van deze gebruikers verdeeld zijn over de aangevinkte sectoren (en wat de primaire activiteit is). Daarnaast geeft een groot gedeelte van de respondenten aan actief te zijn in de GWW-en/of B&U-sector¹. In sommige gevallen zijn daarbij ook andere sectoren aangevinkt.

Dat leidt tot twee belangrijke uitgangspunten op de enquête resultaten:

- Alle respondenten die aan hebben gegeven actief te zijn in de GWW- en/of B&U-sector zijn niet meegenomen in de analyse;
- Indien een respondent in de enquête heeft aangegeven in meerdere sectoren actief te zijn, dan worden de machines en hun inzet gelijkmatig verdeeld over de aangevinkte sectoren.

Op basis van bovenstaande uitgangspunten is voor elk van de sectoren die in de enquête zijn meegenomen een overzicht gemaakt van de machinetypen en een verdeling van het aantal machines, het totaal aantal jaarlijkse draaiuren en het totaal verrichte arbeid over de verschillende machinetypen die door de respondenten zijn opgegeven (indien voldoende data overblijven na toepassing van bovenstaand genoemde uitgangspunten). Deze verdelingen zijn gebaseerd op de aantallen uit de steekproef (en betreffen dus geen inschatting voor het totaal van de vloot in de betreffende sector). Na analyse van de uitkomsten uit de steekproef, worden de steekproefresultaten in de conclusie ter vergelijking naast de huidige basisdata uit EMMA gelegd.

In de enquête werd onderscheid gemaakt naar de volgende sectoren:

- **Groenvoorziening en hoveniers** (onderdeel van de sector HDO);
- **Handel, Diensten en Industrie** (uit de steekproef is niet direct te achterhalen in welk van de sectoren (HDO of Industrie) bedrijven actief zijn. Daarom worden deze sectoren hier gecombineerd in tegenstelling tot de Emissieregistratie waarin HDO en Industrie als aparte categorieën zijn opgenomen);
- **Land- en tuinbouw** (onderdeel van de sector Landbouw)
- **Evenementen** (onderdeel van de sector Handel, Diensten en Overheid)

Voor de sectoren *Handel, Diensten en Industrie* en *Evenementen* blijft er, nadat de antwoorden zijn weggelaten van respondenten die naast deze sectoren ook GWW of B&U hebben aangevinkt, te weinig antwoorden over om zinvolle conclusies te trekken. Voor deze sectoren zijn daarom geen overzichten opgenomen in dit rapport. In de steekproef zijn er ook een aantal respondenten actief in alléén de bouwsector (GWW en/of B&U), maar deze zullen eveneens niet worden opgenomen in dit rapport.

De reden is dat in eerder onderzoek voor SEB al een uitgebreide analyse is gedaan van de vlootsamenstelling en inzet van mobiele werktuigen in de bouwsector (zie (TNO, 2022)).

¹ GWW = Grond, Weg en Waterbouw, B&U = Burgelijke & Utiliteitsbouw.

Groenvoorziening en Hoveniers

Tabel 2.2 laat de verdeling zien van verrichte arbeid (vermogen x aantal draaiuren), aantal draaiuren en aantal machines over de verschillende machinetypen voor de sector *Groenvoorziening en Hoveniers*, op basis van de eerdergenoemde enquête. Als wordt gekeken naar de verdeling van het verrichte arbeid dan valt op dat tractoren/trekkers een relatief hoog aandeel hebben, net als shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden. Er zijn een aantal kleinere machinetypen, zoals bladblazers, bosmaaiers en kettingzagen die in het aantal machines wel relatief veel voorkomt, maar een beperkt aandeel heeft in het *vermogen x aantal draaiuren*.

Tabel 2.2: Overzicht inzet machines in sector Groenvoorziening en hoveniers op basis van steekproef uit (TNO, 2021).

Groenvoorziening en hoveniers – 7 respondenten ²			
Machinetype	Vermogen (kW) x aantal draaiuren	Totaal aantal draaiuren	Aantal machines
Tractoren/trekkers	42,0%	17,6%	4,0%
Shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden	19,9%	9,6%	2,8%
Onkruidbestrijdingsmachines	13,5%	24,9%	8,0%
Rupsgraafmachines	5,5%	3,5%	1,8%
Veeg-/zuigwagens (zelfrijdend)	3,3%	2,5%	1,7%
Versnipperaars (zelf aangedreven)	3,2%	0,6%	0,8%
Grasmaaiers	3,0%	6,9%	6,1%
Zitmaaiers	2,9%	4,8%	3,9%
Mobiele zeef- en scheidingsmachines	2,7%	2,1%	1,1%
Mobiele graafmachines	1,3%	0,8%	0,6%
Compacttrekkers	0,6%	0,6%	0,9%
Overig	0,6%	0,4%	0,9%
Kettingzagen	0,6%	11,9%	14,9%
Bosmaaiers	0,3%	6,9%	15,7%
Generatoren	0,2%	0,4%	1,9%
Bladblazers	0,1%	2,9%	16,2%
Trilplaten/stampers	0,1%	0,8%	2,5%
Vorkheftrucks	0,1%	0,1%	0,6%
Heggescharen	0,0%	2,5%	9,6%
Bandenzagen/motorslijpers (handgereedschap)	0,0%	0,2%	1,7%
Mobiele compressoren	0,0%	0,0%	0,6%
Spuitmachines (zelfrijdend)	0,0%	0,0%	0,1%
Kantenstekers	0,0%	0,1%	2,0%

² Respondenten die activiteiten verrichten in de GWW- en B&U-sector zijn hiervan uitgesloten. Respondenten kunnen wel in meerdere sectoren actief zijn; in dat geval zijn het aantal machines en draaiuren gelijkmatig verdeeld over de sectoren.

Land- en tuinbouw

Uit **Tabel 2.3** volgt dat op basis van de uitkomsten van de enquête bijna een derde van het aantal mobiele werktuigen van gebruikers die actief zijn in de land- en tuinbouwsector tractoren/trekkers zijn. In de verrichte arbeid (vermogen (kW) x aantal draaiuren) en aantal draaiuren is dit ongeveer 85%. Mestinjecteurs en shovels/laadschoppen/knikmoppen op banden dragen ongeveer 5% bij in het verrichte arbeid.

Tabel 2.3: Overzicht inzet machines in sector Land- en tuinbouw op basis van steekproef uit (TNO, 2021).

Land- en tuinbouw – 9 respondenten ³			
Machinetype	Vermogen (kW) x aantal draaiuren	Totaal aantal draaiuren	Aantal machines
Tractoren/trekkers	84,3%	85,6%	31,9%
Mestinjecteurs (zelfrijdend)	5,5%	2,5%	8,3%
Shovels/laadschoppen/knikmoppen op banden	4,6%	5,3%	8,8%
Mais-/veldhakselaars	1,3%	0,4%	2,8%
Mobiele zeef- en scheidingsmachines	1,3%	2,3%	5,6%
Versnipperaars (zelf aangedreven)	0,8%	0,3%	2,3%
Overig	0,8%	1,1%	6,5%
Spuitmachines (zelfrijdend)	0,5%	0,7%	4,2%
Mobiele graafmachines	0,3%	0,5%	2,3%
Rupsgraafmachines	0,3%	0,4%	3,2%
Vorkheftrucks	0,2%	0,5%	5,1%
Graaf-laadcombinaties	0,1%	0,1%	0,9%
Verreikers	0,1%	0,1%	1,4%
Maaidorsers	0,0%	0,0%	0,9%
Terminal trekkers	0,0%	0,0%	0,9%
Veeg-/zuidwagens (zelfrijdend)	0,0%	0,0%	1,9%
Generatoren	0,0%	0,0%	1,4%
Rupsoverslagmachines	0,0%	0,0%	0,9%
Ruw terrein heftrucks	0,0%	0,0%	0,9%
Mobiele compressoren	0,0%	0,0%	1,9%
Zitmaaiers	0,0%	0,0%	0,9%
Trilplaten/stampers	0,0%	0,0%	1,4%
Hogedrukspuiten (zelf aangedreven)	0,0%	0,0%	0,9%
Bosmaaiers	0,0%	0,0%	1,4%
Onkruidbestrijdingsmachines	0,0%	0,0%	0,5%
Kettingzagen	0,0%	0,0%	1,9%
Bladblazers	0,0%	0,0%	0,9%

³ Respondenten die activiteiten verrichten in de GWW- en B&U-sector zijn hiervan uitgesloten. Respondenten kunnen wel in meerdere sectoren actief zijn; in dat geval zijn het aantal machines en draaiuren gelijkmatig verdeeld over de sectoren.

2.3.1 Sector activiteiten respondenten

Bijna 50% van de respondenten heeft aangegeven in meerdere sectoren actief te zijn. Ruim 90% daarvan doet ook werkzaamheden in de GWW- en/of B&U-sector. Het is niet bekend wat de hoofdactiviteit is van gebruikers die in meerdere sectoren werken; dus de mate waarin machine-gebruikers voornamelijk bouwwerkzaamheden verrichten en af en toe in sectoren buiten de bouw actief zijn, of andersom. Wel geeft dit aan dat de inzet van een machine niet altijd volledig aan één sector is toe te wijzen, maar dat de inzet van een machine in meerdere sectoren kan plaatsvinden – er is dus een bepaalde mate van uitwisseling van machines tussen de sectoren.

2.4 Conclusies en aanbevelingen

Uit de geanalyseerde steekproefdata volgt dat er zowel in de sectoren *Groenvoorziening en hoveniers* en *Land- en tuinbouw* door de respondenten een relatief hoge inzet is opgegeven van met name tractoren/trekkers, shovels/laadschoppen/knikmopsen op banden en, in mindere mate, graafmachines (mobiele en rupsgraafmachines). Bij een eventuele uitbreiding van de Routekaart SEB naar niet-bouwsectoren ligt er bij deze machinetypen mogelijk een aanzienlijk emissiereductiepotentieel door hun grote aandeel in de totale verrichte arbeid (door mobiele werktuigen in sectoren buiten de bouw). Let wel, het gaat hier om conclusies op basis van een beperkt aantal respondenten. Er dient rekening mee te worden gehouden dat het aantal respondenten te laag is om te spreken over een goede representativiteit voor het gehele machinepark per sector.

De analyse van de steekproefdata is ook vergeleken met de basisdata in EMMA, het emissiemodel voor mobiele machines dat wordt gebruikt ter onderbouwing van de Emissieregistratie. Een één-op-één vergelijking tussen EMMA en de sector *Groenvoorziening en hoveniers* is lastig doordat EMMA uitgaat van de sectorindeling volgens de Emissieregistratie. De werkzaamheden in groenvoorziening vallen onder de sector *Handel, Diensten en Overheid (HDO)*. Wat wel opvalt is dat machinetypen die via de enquête bij *Groenvoorziening en Hoveniers* naar boven zijn gekomen nog niet altijd in EMMA zijn toegewezen aan de sector *HDO*. Dat geldt onder meer voor trekkers, shovels en graafmachines, maar bijvoorbeeld ook voor grasmaaiers. Voor de sector *Land- en tuinbouw* is het overeenkomstig met EMMA dat ongeveer 85% van het verrichte arbeid en het aantal draaiuren in deze sector is vanwege de inzet van trekkers. Wel geldt dat er een aantal machinetypen in EMMA, zoals shovels/laadschoppen/knipmopsen op banden en verschillende typen graafmachines, nog niet zijn toebedeeld aan deze sector, terwijl die op basis van de enquêteresultaten mogelijk wel worden ingezet. De Emissieregistratie-sectoren *Industrie*, *HDO* en *containeroverslag* zijn in deze analyse niet meegenomen vanwege gebrek aan beschikbaarheid van data. Het is in deze vergelijking met EMMA goed om op te merken dat het primaire doel van EMMA is om landelijke emissies in kaart brengen. Voor de emissiebron *mobiele werktuigen* hebben voorgaande onderzoeken zich daarom met name gericht op het verkrijgen van een beter beeld van het landelijke machinepark (machinetypen, aantallen en inzet) en minder op sectorallocatie. Daarom geeft EMMA een goed beeld van de emissies van het landelijke machinepark, maar bestaat er nog onzekerheid over hoe de machinetypen, aantallen en inzet zich verdelen over de sectoren. De afgelopen jaren zijn er meerdere inspanningen verricht om de basisdata in EMMA te verbeteren, waarbij met name voor de bouwsector verbeterlagen zijn doorgevoerd. Voor de andere sectoren bestaat er een minder goed beeld van de sectorallocatie van machinetypen, aantallen machines en inzet.

Uit bovenstaande conclusies volgt de aanbeveling om nader detailonderzoek te doen naar de sectorallocatie van mobiele werktuigen – bijvoorbeeld door verdere verwerking van data van mobiele werktuigen die met kenteken bij RDW geregistreerd staan met een koppeling met SBI-codes, om beter inzicht te krijgen in de toebedeling van machines aan sectoren. Naast sectorallocatie is ook meer zicht nodig op de inzet van verschillende typen mobiele werktuigen per sector. Via uitgebreide enquêtes zou kwantitatief beter grip kunnen worden verkregen op de inzet en verdeling van activiteiten per sector. De voorgestelde acties kunnen bijdragen aan het verbeteren van de basisdata in EMMA en zodoende ook de emissiegetallen in de Emissieregistratie. Daardoor kan een beter beeld worden verkregen bij de verschoningsopgave in de verschillende sectoren, zowel qua omvang van de verschillende emissies (CO₂, NO_x, PM en NH₃) als ook waar (welke machinetypen, welke sectoren) de emissies vandaan komen. Een nauwkeuriger beeld van de verschoningsopgave en het emissiereductiepotentieel kan leiden tot effectievere maatregelen en beleid om schadelijke emissies te reduceren.

Ten slotte is het belangrijk te noemen dat het merendeel van de respondenten heeft aangegeven werkzaamheden in meerdere sectoren te verrichten. Ondanks dat bij de enquête in de eerdere TNO-studie niet is uitgevraagd wat de primaire activiteit is en de mate waarin machines in andere sectoren worden ingezet, geeft dit wel aan dat machinegebruikers, en daarmee ook de machines zelf, niet altijd voor één sector werkzaam zijn. In gesprekken met verschillende partijen en brancheorganisatie is bevestigd dat er door bedrijven in niet-bouwsectoren bouw gerelateerde activiteiten worden verricht. Om die reden wordt aanbevolen om nader te onderzoeken wat de mate is waarin het voorkomt dat ondernemingen in andere sectoren dan de bouw activiteiten verrichten onder een bouwvergunning en als gevolg van de Routekaart SEB aan emissieloze eisen moeten voldoen. Dat inzicht helpt om in te kunnen schatten wat de effectiviteit is van mogelijke maatregelen/beleid op het verschonen van mobiele werktuigen buiten de bouwsector. Daarnaast zou beter inzicht hierin mogelijk reden zijn om de lijst van SBI-codes die in aanmerking komen voor SSEB (Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel) te herzien als blijkt dat bedrijven in niet-bouwsectoren in bepaalde mate bouwwerkzaamheden verrichten.

3 Toepasbaarheid van retrofit oplossingen

In de Routekaart SEB⁴ is voor sommige categorieën de emissie-eis “SCR⁵ katalysator en roetfilter” opgenomen, om daarmee respectievelijk NO_x en fijnstofemissies te reduceren. Aan deze eis kan voldaan worden wanneer een motor fabriek-af een SCR en roetfilter heeft, maar een fabriek-af systeem is niet voor elke machine of vaartuig een mogelijkheid. Daarom mogen de SCR en roetfilter bij deze emissie-eis ook achteraf worden ingebouwd. Dat wordt ook wel “retrofit-nabehandeling” genoemd.

Zo geldt deze eis voor specialistische mobiele werktuigen⁶, funderingsmachines vallen bijvoorbeeld onder deze categorie. Voor zwaar spoormaterieel geldt de eis ook, dit zijn bijvoorbeeld wisselstopmachines en diesellocs. Tot slot is er ook de mogelijkheid om te voldoen aan de emissie-eisen middels een retrofit oplossing bij varend bouwmaterieel, zoals een kraanschip.

In deze beknopte studie is onderzocht tot in welke mate retrofit nabehandelingstechnieken in de praktijk technisch toepasbaar zijn bij specialistische mobiele werktuigen, zwaar spoormaterieel en varend bouwmaterieel. Daarnaast wordt kort beschreven waar rekening mee moet worden gehouden bij retrofit-nabehandelingssystemen om een goede werking te waarborgen. Diverse materieelbeheerders en leveranciers van retrofit nabehandelingssystemen zijn ten behoeve van deze studie geïnterviewd. Daarnaast zijn enkele machines en vaartuigen bezocht.

3.1 Technische toepasbaarheid

Zwaar spoormaterieel

Zoals eerder genoemd gaat zwaar spoormaterieel bijvoorbeeld om diesellocs en stopmachines, dit zijn machines met een hoog motorvermogen, tot wel 1500 kW. Niet voor al dit soort machines zijn motoren beschikbaar waarbij fabriek-af een SCR en roetfilter is geïnstalleerd, dit komt omdat de wettelijke emissie-eisen daar niet voor alle categorieën streng genoeg voor zijn. Daarnaast is de leeftijd van de machines in het algemeen vrij hoog, gemiddeld zo tussen de 15 en 20 jaar. Als in dergelijke machines de motor wordt vervangen, dan wordt bij de geïnterviewde materieelbeheerder vaak hetzelfde type motor geplaatst als degene die er van origine in zat. Een nieuwe motor zorgt daarmee dus vaak niet tot een verlaging van emissies. Dit wordt op deze manier gedaan omdat voor een nieuwe motor opnieuw toelating gevraagd moet worden bij de Inspectie van Leefomgeving en Transport (IL&T). Dit toelatingstraject duurt relatief lang en brengt ook hoge kosten met zich mee. Onderdeel van het toelatingstraject is bijvoorbeeld een nieuwe certificering, waarvoor een rapportage van een certificeringsbureau benodigd is.

⁴ www.opwegnaarseb.nl/convenant

⁵ Selective Catalytic Reduction, ofwel een katalysator die NO_x reduceert.

⁶ Criteria voor specialistisch materieel: motorvermogen >130 kW, levensduur >15 jaar, kleine afzet

Spoormaterieel is gebonden aan strenge regelgeving, dit heeft te maken met veiligheidsaspecten, maar bijv. ook geluidseisen. Het plaatsen van nieuwe motor, die aan strengere emissie-eisen voldoet (zoals een Stage V motor), is daarmee momenteel een uitzondering. De exacte details rondom certificering zijn in deze beknopte studie niet besproken met IL&T.

Het plaatsen van een retrofit nabehandelingssysteem zal naar verwachting vaak wel mogelijk zijn. Het meest kritische aspect is de fysieke ruimte. Dit aspect kwam duidelijk naar voren uit de interviews, en was ook geobserveerd tijdens het bezoek. Er zijn momenteel enkele voorbeelden waar een roetfilter is geïnstalleerd, maar geen SCR. De ruimte die nog over is om de SCR in zo'n geval toe te voegen, is heel beperkt. Wanneer de installatie buiten de huidige contouren van de constructie komt (ook wel profieloverschrijdingen genoemd), is er mogelijk ook een nieuwe certificering nodig. De verwachting is dat het technisch wel haalbaar is, maar dat elke machine waar de retrofit nabehandelingssystemen geïnstalleerd moet worden, maatwerk zal zijn. Mogelijk zullen de kosten hierdoor stijgen.

Uiteindelijk zal voor elke machine worden besloten of een retrofit nabehandelingssysteem geplaatst wordt, of alsnog een nieuwe motor met fabriek af SCR en roetfilter. Als een motor bijvoorbeeld relatief nieuw is, of net gereviseerd, dan ligt een retrofit nabehandelingssysteem voor de hand. Maar sommige motoren zijn al zo oud, dat een nieuwe motor alsnog de voorkeur heeft, ondanks het toelatingstraject. Zoals eerder genoemd zijn er echter niet voor alle machines nieuwe motoren met SCR en roetfilter beschikbaar. Bijvoorbeeld voor een dieselloc, heeft een Stage V motor geen SCR en waarschijnlijk ook geen roetfilter, zie TNO-rapport "TNO 2022 R11048 (paragraaf 3.5.3)" (TNO, 2022) voor meer informatie rondom schone dieselmotoren voor spoormaterieel. Hierbij zou dan alsnog een retrofit nabehandelingssysteem geplaatst moeten worden op de nieuwe motor. Een andere optie is om een nieuwe motor met SCR en roetfilter vanuit een andere toepassing te installeren (zoals een Euro VI vrachtwagenmotor). Het wordt aanbevolen om in samenspraak met materieelbeheerders en IL&T dergelijke opties te verkennen.

Specialistische mobiele werktuigen en varende bouwmaterieel

Er zijn verschillende voorbeelden waarbij een retrofit nabehandelingssysteem is geïnstalleerd bij zowel specialistische mobiele werktuigen als varende bouwmaterieel. De fysieke ruimte is ook bij deze machines en vaartuigen een aspect waar rekening mee moet worden gehouden, maar is minder kritisch dan bij spoormaterieel. Dit komt enerzijds omdat het bij mobiele werktuigen ook mogelijk is om de installatie eventueel buiten de motorruimte te installeren (profieloverschrijdingen zijn daarmee geen probleem), en anderzijds omdat er bij vaartuigen in machinekamer in het algemeen meer ruimte beschikbaar is. Een andere optie is om het een en ander aan plaatmaterieel aan te passen bij toepassingen waar te weinig ruimte is.

Voor het varende bouwmaterieel zal bij medium-speed motoren de uitdaging groter zijn vanwege de lage tegendruk bij dit type motoren. Vanwege de lage tegendruk is meer ruimte nodig.

Qua technische toepasbaarheid is een retrofit nabehandelingssysteem in het algemeen goed toepasbaar voor specialistische mobiele werktuigen en varende bouwmaterieel, de configuratie zal echter altijd maatwerk blijven. Tijdens het onderzoek is voor deze categorieën niet naar voren gekomen dat het niet toepasbaar zou zijn.

Korte samenvatting

Het vervangen van de motor bij zwaar spoormaterieel, zoals diesellocomotieven en stopmachines door een nieuw exemplaar met betere emissieprestaties is vaak niet de standaardkeuze, vanwege het langdurige en kostbare toelatingstraject, inclusief certificeringseisen. Het plaatsen van retrofit nabehandelingssystemen om de emissies te verminderen lijkt een haalbare optie. De beschikbare fysieke ruimte kan echter wel een uitdaging zijn. Vaak zal het maatwerk vereisen, wat mogelijk de kosten verhoogt. De uiteindelijke beslissing om een retrofit nabehandelingssysteem te installeren, of een nieuwe motor met fabrieks-SCR en roetfilter, is afhankelijk van verschillende factoren, zoals de leeftijd van de motor en de beschikbaarheid van geschikte motoren.

Over het algemeen lijkt de technische toepasbaarheid van retrofit nabehandelingssystemen goed te zijn voor specialistische mobiele werktuigen en varend bouw materieel, maar de configuratie blijft maatwerk. Er zijn geen onoverkomelijke belemmeringen gevonden voor het gebruik van retrofit-systemen in deze categorieën tijdens het onderzoek.

3.2 Randvoorwaarden effectieve werking

Voor een effectieve werking van de SCR zijn diverse randvoorwaarden van belang. De belangrijkste randvoorwaarde is om voldoende uitlaatgastemperatuur te hebben. Als de SCR niet op bedrijfstemperatuur is, dan zal de NO_x-uitstoot niet of slechts beperkt gereduceerd worden. Oorzaken waardoor de bedrijfstemperatuur niet bereikt wordt zijn veel stationair draaien, of inzet op een lage motorbelasting (groveweg onder de 20% motorbelasting). Een lage motorbelasting is in diverse meetprogramma's geconstateerd, waaronder bij funderingsmachines (TNO, 2023).

Diverse maatregelen kunnen helpen om de SCR zoveel mogelijk op bedrijfstemperatuur te houden:

- De installatie zo dicht mogelijk bij de motor plaatsen.
- Een goede isolatie van het uitlaatkanaal inclusief SCR, waarmee zo min mogelijk warmte verloren gaat en langer wordt vastgehouden.
- De SCR actief verwarmen. Dit zal echter vrij veel vermogen vragen, en is daarmee energie intensief. Indien dit via een generator gebeurt zal dit ook nieuwe emissies opleveren.
- Gedrag: motor uitzetten bij stationair draaien. Bij stationair draaien koelt de SCR immers sneller af dan bij motor-uit (vanwege koel uitlaatgas wat anders door de SCR heen blaast).

Daarnaast is het belangrijk dat het uitlaatgas goed mengt met de ammoniak uit ureum (AdBlue) dat wordt ingespoten. Een goede menging is belangrijk voor een homogene werking van de katalysator. Bij een systeem dat bijvoorbeeld te compact is, is het mogelijk dat er geen homogene werking is, en daarmee slechte gedeeltelijke reductie.

Ook is er een risico op verhoogde NH₃-emissies. Dit kan voorkomen worden met een goede afstellingen, en ook een zogenaamde "Ammonia Slip Catalyst" kan daarbij helpen.

Kortom, de effectiviteit kan verschillen per leverancier, en zal ook afhangen van de inzet van de machine. Ook is er een risico dat het systeem uitgeschakeld wordt door de gebruiker, wat doorgaans eenvoudiger is dan bij een fabriek-af systeem (al is dat daar ook een risico). Een goede praktijktest op NO_x- en NH₃-emissies wordt daarom aanbevolen.

Het wordt aanbevolen om tijdens de praktijktest lage motorlast en stationair draaien in voldoende mate mee te nemen. Een nauwkeurige methode zou zijn om NO_x- en NH₃-emissies in de praktijk te monitoren, zie daarvoor TNO 2023 R10553 (TNO, 2023). Aanvullend wordt aanbevolen om het brandstofverbruik, draaiuren en AdBlue te registreren, zie TNO 2021 R12305 (TNO, 2021a). Hiermee kan worden beoordeeld tot in welke mate de SCR NO_x- emissies reduceert.

Samenvattend, voor een effectieve werking van een SCR zijn diverse voorwaarden van belang. De belangrijkste is het handhaven van voldoende uitlaatgastemperatuur. Stationair draaien en lage motorbelasting belemmeren de SCR-werking. Er bestaat een risico op verhoogde NH₃-emissies. Deze zijn te vermijden door een goede kalibratie en gebruik van een "Ammonia Slip Catalyst." De effectiviteit kan variëren per fabrikant. Praktijktests voor emissie monitoring worden aanbevolen, met aandacht voor lage belasting en stationair draaien.

4 Referenties

- Hulskotte, J., & Verbeek, R. (2009). *Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkoop in combinatie met brandstof Afzet (EMMA)*. Utrecht: TNO-034-UT-2009-01782_RPT-ML.
- TNO. (2021). *Eindrapport data onderzoek mobiele machines in Nederland*. TNO 2021 R11086.
- TNO. (2021a). *AUB (AdBlue verbruik, Uren, en Brandstofverbruik): een robuuste schatting van NOx en NH3 uitstoot van mobiele werktuigen*. TNO 2021 R12305.
- TNO. (2022). *Inventarisatie en categorisatie huidige en toekomstige aanbod duurzame mobiele werktuigen, bouwlogistieke voertuigen, spoorwerktuigen en vaartuigen die worden ingezet voor de waterbouw*. TNO 2022 R11048.
- TNO. (2023). *Pilot project Emissie Monitoring en Periodieke Keuring (EMPK) van bouwmachines*. TNO 2023 R10553.

Mobility & Built Environment

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