

TNO-rapport**TNO 2022 R11734****Update Emissiekaracteristieken GCN/GDN
2022**

Circular, Economy &
Environment
Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Datum	31 oktober 2022
Auteur(s)	ir. R. Dröge. ing. W.W.R. Koch,
Aantal pagina's	56
Aantal bijlagen	-
Opdrachtgever	RIVM
Projectnaam	Emissiekaracteristieken GCN
Projectnummer	060.52594

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.

© 2022 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Overzicht emissiekenmerken.....	4
3	Emissiekenmerken per sector	8
3.1	GCN 2210 Energie: winning en distributie energiedragers: op land	8
3.2	GCN 2220 Energie: winning en distributie energiedragers: op zee	9
3.3	GCN 3111-3463 Verkeer: wegverkeer	10
3.4	GCN 3521 Verkeer: mobiele bronnen: bouw	11
3.5	GCN 3522 Verkeer: mobiele bronnen: industrie	12
3.6	GCN 3523 Verkeer: mobiele bronnen: HDO	13
3.7	GCN 3611-3617 Verkeer: luchtvaart: Verbrandingsemissies Vluchtfases	14
3.8	GCN 3621-3627 Verkeer: luchtvaart: Verbranding platform	16
3.9	GCN 3631-3647 Verkeer: luchtvaart: Banden- & Remslijtage	18
3.10	GCN 3811-3865 Verkeer: Scheepvaart sectorenscheepvaart: Varend op NCP, Binnengaats varend & Binnengaats Stilliggend	20
3.11	GCN 3850-3866 Verkeer: Visserij op NCP & binnenwateren, Binnenscheepvaart	22
3.12	GCN 4310 Landbouw: vuurhaarden: Overig	24
3.13	GCN 4320 Landbouw: vuurhaarden: Glastuinbouw	25
3.14	GCN 4401, Landbouw: landbouwgewassen: afrijping.....	26
3.15	GCN 4402, Landbouw: landbouwgewassen: gewasresten.....	27
3.16	GCN 4711-4716, 4718 Landbouw: veehouderij: Stallen (exclusief paarden, pony's en ezels).	28
3.17	GCN 4721-4726, 4728 Landbouw: veehouderij: mest opslag (exclusief paarden, pony's en ezels).....	30
3.18	GCN 4751-4759 Landbouw: veehouderij: Mest be(ver)werking (exclusief paarden, pony's en ezels).....	32
3.19	GCN 4717, Landbouw: veehouderij: Stallen Paarden, pony's en ezels.....	33
3.20	GCN 4727, Landbouw: veehouderij: mest opslag Paarden, pony's en ezels.	34
3.21	GCN 4737, 4747, Landbouw: veehouderij: Beweiding & Mestaanwending Paarden, pony's en ezels	36
3.22	GCN 5000, Afvalverwerking: Vergisting, compostering en stortplaatsen.....	37
3.23	GCN 6100, Handel, diensten en overheid: RWZI's	39
3.24	GCN 6200, Handel, diensten en overheid: winning en distributie drinkwater	40
3.25	GCN 6400, Handel, diensten en overheid: overig	40
3.26	GCN 8110, Consumenten: vuurhaarden: Hoofdverwarming/koken/warmwater	43
3.27	GCN 8120, Consumenten: vuurhaarden: Sfeerverwarming	44
3.28	GCN 8210, Consumenten: overig: vuurwerk.....	45
3.29	GCN 8220, Consumenten: overig: vreugdevuren	47
3.30	GCN 8230, Consumenten: overig: woningbranden.....	50
3.31	GCN 8240, Consumenten: overig: autobranden	51
3.32	GCN 8250, Consumenten: overig: Afzet op natuurterreinen en bij particulieren	52
3.33	GCN 8260, Consumenten: overig	53
4	Conclusie.....	55
5	Ondertekening	56

1 Inleiding

In opdracht van RIVM is een update uitgevoerd aan de representatieve emissiekaracteristieken van een aantal collectief geregistreerde emissiebronnen binnen de thans gehanteerde GCN-sectoren (in het verleden LED-sectoren genoemd).

De laatste inventarisatie van emissiekaracteristieken dateert van 2010 (TNO-034-UT-2010-0118_RPT-ML) en inmiddels is een deel van de toenmalige LED-sectoren (deels) opgedeeld/opgesplitst in meerdere GCN-sectoren waardoor er een update noodzakelijk is.

In het kader van deze update zijn de nieuwste wetenschappelijke inzichten gebruikt en zijn de experts die verantwoordelijk zijn voor de emissieschattingen in het betreffende werkveld bevroegd.

De uitgevoerde aanpassingen tussen 2010 en 2022 betreffen met name de sectoren binnen de doelgroepen wegverkeer en landbouw.

Binnen de doelgroep verkeer zijn de verschillende voertuigtypen binnen wegverkeer nu apart benoemd en emissiekaracteristieken specifiek voor de mobiele werktuigen en containeroverslag opgesteld. Dit geldt ook voor de opgesplitste GCN-sectoren voor binnenvaart.

Bij de emissiekaracteristieken van de bronnen binnen de sector verkeer en mobiele werktuigen is het van belang dat de opgegeven warmte-inhoud van de afgassen geldt voor de niet bewegende bron. Deze kan niet zondermeer in de gebruikelijke pluimstijgingsformules voor stationaire bronnen worden gebruikt, immers door beweging van de mobiele bronnen zal al een initiële verdunning van de pluim plaatsvinden. Deze snelheidsafhankelijke verlaging van de effectieve warmte-inhoud zal in het te hanteren verspreidingsmodel apart moeten worden geïmplementeerd.

In de doelgroep landbouw is een opsplitsing naar diertype gemaakt voor zowel stallen als beweiding en zijn de emissiekaracteristieken voor de vergisting van dierlijke mest vastgesteld.

Voor de doelgroep consumenten is nu onderscheid gemaakt in de emissiekaracteristieken specifiek voor sfeer- en hoofdverwarming. Daarnaast is onderscheid gemaakt naar vuurwerk, vreugdevuren en auto- en woningbranden.

De nadruk ligt hierbij met name op de emissies van NO_x, NH₃ en PM₁₀ en in mindere mate op de emissies van SO₂, PM_{2.5}, CO en C₆H₆.

2 Overzicht emissiekaracteristieken

De hoofdindeling van de sectoren over de doelgroepen is met de overgang van de LED- naar de GCN-sectoren niet veranderd. In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de GCN-sectoren per doelgroep.

Tabel 1: GCN-sectoren per doelgroep.

Nummering	Omschrijving doelgroep
1000-1999	Industrie
2000-2999	Energie
3000-3999	Verkeer
4000-4999	Landbouw
5000-5999	Afval
6000-6999	Handel/diensten en overheid
7000-7999	Bouw
8000-8999	Consumenten

Iedere doelgroep is opgebouwd uit een aantal GCN-sectoren welke weer zijn opgebouwd uit een aantal emissieoorzaken.

Voor het bepalen van de emissiekaracteristieken per GCN-sector zijn de achterliggende emissieoorzaken zo goed mogelijk beschouwd. In die gevallen waar meerdere bronnen binnen een GCN-sector een vergelijkbare bijdrage aan de emissie leveren is een gewogen gemiddelde bepaald, indien één emissiebron domineert zijn betreffende emissiekaracteristieken van die bepalende bron overgenomen.

Als basis voor deze rapportage is gebruik gemaakt van de collectief geregistreerde emissies in de ER2020 dataset met de emissiecijfers over het jaar 2020.

Voor de emissies van NO_x, NH₃ en PM₁₀ en in mindere mate ook de emissies van SO₂, PM_{2.5}, CO en C₆H₆ is per GCN-sector bepaald welke emissieoorzaak een significante bijdrage leveren aan betreffende emissie.

In Tabel 2 is een overzicht opgenomen van de GCN-sectoren en de bijbehorende emissiekaracteristieken. In de laatste kolom van deze tabel is aangegeven of er sprake is van nieuwe inzichten door een nieuwe referentie te noemen. Ongewijzigde sectoren zijn voorzien van de voorgaande referentie (Dröge et al, 2010).

De in de tabellen voorkomende lege cellen geven aan dat betreffende broncategorie, stofcombinatie niet voorkomt.

Tabel 2: Overzicht van de emissiekaracteristieken per GCN-sector. Per sector wordt de hoogte (H, in meter boven maaiveld) en warmte inhoud (W, in MW) weergegeven.

GCN	SO ₂		NO _x		NH ₃		PM ₁₀		PM _{2,5}		CO		C ₆ H ₆		Nieuwe inzichten #
	H	W	H	W	H	W	H	W	H	W	H	W	H	W	
1100	15	0,34	15	0,34	50	1,22	22	0,92	22	0,92	15	0,34	15	0,34	Dröge et al, 2010
1300	12	0,13	12	0,13	12	0,13	11	0,10	11	0,10	12	0,13	12	0,175	Dröge et al, 2010
1400	24	0,59	17	0,44	24	0,59	10	0	10	0	24	0,59	10	0,28	Dröge et al, 2010
1500	12	0,04	13	0,05	13	0,05	15	0	15	0	13	0,05	14	0,06	Dröge et al, 2010
1700	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	Dröge et al, 2010
1800	22	0,28	22	0,28	22	0,28	10	0	10	0	22	0,28	22	0,28	Dröge et al, 2010
2100	40	0,22	40	0,22	40	0,22	40	0,22	40	0,22	40	0,22	40	0,22	Dröge et al, 2010
2210	5	0,15	5	0,15									5	0,15	Dröge et al, 2010
2220	50	0,15	50	0,15									50	0,15	Dröge et al, 2010
3111-3463	2,5	0,05	2,5	0,05	2,5	0,05	2,5	0,05	2,5	0,05	2,5	0,05	2,5	0,05	Dröge et al, 2010
3510	3,5	0,02	3,5	0,02	3,5	0,02	3,5	0,02	3,5	0,02	3,5	0,02	3,5	0,02	Dröge et al, 2010
3521	4	0,035	4	0,035	4	0,035	4	0,035	4	0,035	4	0,035	4	0,035	Dröge et al, 2010
3522	3	0,08	3	0,08	3	0,08	3	0,08	3	0,08	3	0,08	3	0,08	Geilenkirchen et al, 2022
3523	3	0,035	3	0,035	3	0,035	3	0,035	3	0,035	3	0,035	3	0,035	Geilenkirchen et al, 2022
3530	0,3	0	0,3	0	0,3	0	0,3	0	0,3	0	0,3	0	0,3	0	Dröge et al, 2010
3540	3	0,035	3	0,035	3	0,035	3	0,035	3	0,035	3	0,035	3	0,035	Geilenkirchen et al, 2022
3611 – 3617	6	##	6	##			6	##	6	##	6	##	6	##	Take-off Dröge et al, 2010
3611 – 3617	450	##	450	##			450	##	450	##	450	##	450	##	Climb-out Dröge et al, 2010
3611 – 3617	450	##	450	##			450	##	450	##	450	##	450	##	Approach Dröge et al, 2010

[illegible]

GCN	SO ₂		NO _x		NH ₃		PM ₁₀		PM _{2,5}		CO		C ₆ H ₆		Nieuwe inzichten #
4761 & 4762			5	0	5	0	5	0	5	0					Dröge et al, 2010
5000	6	0,1	6	0,1	11	0	6	0,1	6	0,1	6	0,1	6	0,1	NVDE Groen Gas
6100	10	0,15	10	0,15			10	0,15	10	0,15	10	0,15	10	0,15	Dröge et al, 2010
6200	8	0,014	8	0,014			8	0,014	8	0,014	8	0,014	8	0,014	Dröge et al, 2010
6400	11	0,014	11	0,014	6	0	11	0,014	11	0,014	11	0,014	3	0	NVM Business 2021
7000	4,5	0	4,5	0	4,5	0	4,5	0	4,5	0	4,5	0	4,5	0	Dröge et al, 2010
8110	11	0,005	11	0,005	11	0,005	11	0,005	11	0,005	11	0,005	11	0,005	CBS
8120	9	0,005	9	0,005	9	0,005	9	0,005	9	0,005	9	0,005	9	0,005	WoON 2019
8210	21	0,01	21	0,01	21	0,01	21	0,01	21	0,01	21	0,01	21	0,01	Yin et al 2014
8220	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	5	10	Dröge et al, 2022
8230	9	0,5	9	0,5	9	0,5	9	0,5	9	0,5	9	0,5	9	0,5	IFV 2013
8240	1	4	1	4	1	5	1	4	1	4	1	4	1	4	ANWB
8250	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	Dröge et al, 2010
8260	1	0,002	1	0,002	1	0,002	1	0,002	1	0,002	1	0,002	1	0,002	Dröge et al, 2010

:

In deze kolom is het onderscheid gemaakt tussen sectoren met nieuwe inzichten en ongewijzigde sectoren, door bij de ongewijzigde sectoren de referentie te tonen naar het voorgaande rapport Dröge, 2010. Voor de gewijzigde sectoren bleek het niet mogelijk om hier alle nieuwe referenties op te nemen, daarom is ervoor gekozen om in deze tabel alleen de belangrijkste referentie op te nemen. In de betreffende paragraaf staan alle gebruikte referenties vermeld.

:

Zie omschrijving van de betreffende GCN 3611-3617 Verkeer: luchtvaart: Verbrandingsemissies Vluchtfases, voor meer details over het gebruik van de warmte-inhoud.

:

In 2021 zijn de emissiekaracteristieken voor de scheepvaart zoals eerder gepubliceerd in: Coenen, P.W.H.G., Hulskotte, J.H.J., 2011. *Nadere specificatie en aanpassing van emissiekaracteristieken van binnenvaart- en zeeschepen aan recente inzichten.*, TNO rapport TNO-060-UT-2011-00533 geupdate op basis van de meest recente data voor de scheepvaart. Op basis van deze nieuwe informatie zijn per individuele GCN sector scheepstype-specifieke emissiekaracteristieken afgeleid.

3 Emissiekaracteristieken per sector

3.1 GCN 2210 Energie: winning en distributie energiedragers: op land

3.1.1 Emissiebronnen

Onder GCN 2210 valt een aantal emissieoorzaken die zijn weergegeven in Tabel 3. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 3: Bijdrages per stof van de onder GCN 2210 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
SBI 06/09.1: Aardolie- en gaswinning en dienstverlening voor de aardolie- en aardgaswinning, onshore (PBL)	0,01	0,05					1,43
Gastransport		0,01					

3.1.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissiekaracteristieken van LED 2200 opgesplitst in winning op land (GCN 2210) en winning op zee (GCN 2220). Verder zijn er geen nieuwe inzichten in hoogte en warmte inhoud.

De warmte inhoud en hoogte van winning en distributie energiedragers op land is uitgewerkt in Dröge et al (2010). In dit document wordt de gemiddelde hoogte ingeschat op 5 meter, en de gemiddelde warmte inhoud op 0,15 MW.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 2 meter (putafsluiter) en 30 meter (boortoren welke korte tijd wordt gebruikt). De warmte inhoud is onzekerder en kan zeker een factor 2 variëren (0,07 – 0,30 MW).

3.1.3 Samenvatting emissiekaracteristieken

In Tabel 4 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 4: Aanbevolen verspreidingsparameters voor winning en distributie energiedragers op land.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	5	0,15

3.1.4 Referenties

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.2 GCN 2220 Energie: winning en distributie energiedragers: op zee

3.2.1 Emissiebronnen

Onder GCN 2220 valt een aantal emissieoorzaken die zijn weergegeven in Tabel 5. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 5: Bijdrages per stof van de onder GCN 2220 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
SBI 06/09.1: Aardolie- en gaswinning en dienstverlening voor de aardolie- en aardgaswinning, booractiviteiten	0,04	0,08					
SBI 06/09.1: Aardolie- en gaswinning en dienstverlening voor de aardolie- en aardgaswinning, offshore (PBL)	0,18	0,62					5,12

3.2.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissiekaracteristieken van LED 2200 opgesplitst in winning op land (GCN 2210) en winning op zee (GCN 2220). Verder zijn er geen nieuwe inzichten in hoogte en warmte inhoud.

De warmte inhoud en hoogte van winning en distributie energiedragers op land is uitgewerkt in Dröge et al (2010). In dit document wordt de gemiddelde hoogte ingeschat op 50 meter, en de gemiddelde warmte inhoud op 0,15 MW.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 40 meter (productieplatform in NOGEPA, 2001) en 100 meter (hefeiland). De warmte inhoud is onzekerder en kan zeker een factor 2 variëren (0,07 – 0,30 MW).

3.2.3 Samenvatting emissiekaracteristieken

In Tabel 6 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 6: Aanbevolen verspreidingsparameters voor winning en distributie energiedragers op zee.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	50	0,15

3.2.4 Referenties

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- NOGEPA (2001). Generiek document m.e.r. offshore. Basisdocument voor de milieueffectrapportage bij olie- en gaswinning op het Nederlands Continentaal Plat. Documentnr. 48954-002R01. Augustus 2001.

3.3 GCN 3111-3463 Verkeer: wegverkeer

3.3.1 Emissiebronnen

Onder GCN 3111-3463 valt een aantal emissieoorzaken die gegroepeerd zijn weergegeven in Tabel 7. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke bron is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 7: Bijdrages per stof van de onder GCN 3113-3463 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Uitlaatgassen	0,73	17,72	3,07	2,94	5,18	45,01	47,88
Verdamping							0,26
Bandenslijtage				2,86%	1,01		
Remslijtage				1,74%	0,46		
Wegdekslijtage				3,75%	0,99		
Koelaggregaten	0,02	1,37	0,00	0,40	0,70	0,20	1,86

3.3.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

In Dröge et al (2010) wordt een effectieve uitworphoogte van 2,5 meter aangehouden, omdat door de snelheid van het verkeer de lucht in beweging wordt gebracht en er menging van de vrijgekomen emissies plaatsvindt. Door deze turbulentie is de effectieve uitworphoogte hoger dan de uitlaat van de voertuigen,. Er wordt dus geen aparte uitworphoogte aangehouden voor lage of hoge voertuigen, omdat de turbulentie zorgt voor een menging van de emissies. De turbulentie is afhankelijk van de hoeveelheid voertuigen en de snelheid van de voertuigen, en dit kan invloed hebben op de effectieve uitworphoogte. De turbulentie, en daarmee de uitworphoogte, kan verschillen voor verschillende typen wegen, snelheden, aantallen voertuigen en omgevingsfactoren. Dit kan dus ook in de loop van de dag bij een weg veranderen. Voor de OPS berekeningen wordt voorgesteld om de gemiddelde hoogte van 2,5 meter aan te blijven houden.

Hiermee wordt dus niet afgeweken van de uitworphoogte en de warmte-inhoud zoals beschreven in Dröge et al (2010). Belangrijke toevoeging hierbij is wel dat door de hoeveelheid auto's de snelheid (stagnerend verkeer) van invloed kan zijn op de emissiehoogte.

De warmte inhoud van de weg als geheel werd in Dröge et al (2010) geschat op 20 kW, gebaseerd op de warmte uit de uitlaat (20-40 kW voor een personenauto en een factor 4-5 hoger voor een vrachtwagen) en de warmte door zoninstraling op de weg (1,5 kW per strekkende meter van 10 meter breed).

Voor de snelweg worden de hoogste NO_x en PM₁₀ emissies berekend. Verkeersintensiteiten op snelwegen kunnen oplopen tot meer dan 200.000 voertuigen per dag. Bij 200.000 voertuigen per 12 uur (omdat de meeste voertuigen overdag rijden), passeert 4,6 auto per seconde. Hiermee is de warmte inhoud van de weg 4,6 keer zo groot als die van een individuele auto.

Dat zou bij alleen personenauto's neerkomen op $30 * 4,6 = 138$ kW. Op veel snelwegen is het echter rustiger dan 200.000 voertuigen per dag.

Gezien de warmte inhoud van individuele voertuigen, wordt voorgesteld om de warmte inhoud van het wegvak naar boven bij te stellen naar 50 kW. Het is echter niet aan te raden om deze gegevens te gebruiken voor berekeningen aan de pluimstijging aangezien de uitlaat van een voertuig niet met een schoorsteen vergeleken kan worden

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 0,5 meter (hoogte van de uitlaat in geval van weinig turbulentie) en 4 meter (vrachtwagen). De warmte inhoud kan variëren tussen 20kW (voor 1 enkele personenauto) en 150kW (drukke weg met personenauto's en vrachtwagens).

3.3.3 *Samenvatting emissiekaracteristieken*

In Tabel 8 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 8: Aanbevolen verspreidingsparameters voor verkeer: wegverkeer.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	2,5	0,05

3.3.4 *Referenties*

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.4 **GCN 3521 Verkeer: mobiele bronnen: bouw**

3.4.1 *Emissiebronnen*

Onder GCN 3521 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 9. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 9: Bijdrages per stof van de onder GCN 3521 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Mobiele werktuigen, bouwsector	0,04	3,15	0,04	1,37	2,29	1,36	1,26

3.4.2 *Uitworphoogte en warmte inhoud*

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissiekaracteristieken van LED 3220 opgesplitst in mobiele werktuigen bouw (GCN 3521), mobiele werktuigen industrie (GCN 3522) en mobiele werktuigen HDO (GCN 3523). Verder zijn er geen nieuwe inzichten in de hoogte en warmte inhoud van mobiele werktuigen in de bouw.

De warmte inhoud en hoogte van mobiele werktuigen in de bouwsector is uitgewerkt in Dröge et al (2010). De meeste emissies van mobiele werktuigen in de bouwsector komen vrij uit graafmachines (gemiddeld 2 meter hoog) en laadschoppen (gemiddeld 3 meter hoog). Daarnaast vindt een pluimstijging als gevolg van impuls plaats, welke in Dröge et al (2010) wordt ingeschat op 1,5 meter.

Tezamen wordt voor deze bron een gemiddelde emissiehoogte van 4 meter afgeleid. De gemiddelde warmte inhoud wordt in Dröge et al (2010) ingeschat op basis van het gemiddeld vermogen van graafmachines en laadschoppen. Dit resulteert in een warmte inhoud van 35 kW.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 2 en 5 meter (afhankelijk van de werktuigen en de onzekerheid in de pluimstijging als gevolg van impuls). De warmte inhoud hangt af van het gemiddeld vermogen van de mobiele werktuigen en de efficiency, en zou ongeveer een factor 2 kunnen afwijken (17,5 – 70 kW).

3.4.3 *Samenvatting emissiekaracteristieken*

In Tabel 10 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 10: Aanbevolen verspreidingsparameters voor verkeer: mobiele bronnen, bouw.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	4	0,035

3.4.4 *Referenties*

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.5 GCN 3522 Verkeer: mobiele bronnen: industrie

3.5.1 *Emissiebronnen*

Onder GCN 3522 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 11. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 11: Bijdrages per stof van de onder GCN 3522 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Mobiele werktuigen industrie	0,01	0,82	0,01	0,24	0,41	0,12	0,09

3.5.2 *Uitworphoogte en warmte inhoud*

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissiekaracteristieken van LED 3220 opgesplitst in mobiele werktuigen bouw (GCN 3521), mobiele werktuigen industrie (GCN 3522) en mobiele werktuigen HDO (GCN 3523). Verder zijn de hoogte en warmte inhoud van de mobiele werktuigen in de industrie bijgewerkt op basis van nieuwe inzichten.

De warmte inhoud en hoogte van mobiele werktuigen in de industrie is gebaseerd op de samenstelling van het machinepark en de bijdrage aan de emissie van deze machines. De samenstelling, het brandstofverbruik en de emissies van het werktuigenpark worden gemodelleerd met het EMMA emissiemodel (zie hoofdstuk 9 in Geilenkirchen et al, 2022), en deze gegevens zijn gebruikt voor de afleiding van de emissiehoogte en warmte inhoud.

In de industrie worden vooral generatoren, vorkheftrucks en verreikers gebruikt. Generatoren hebben een hoogte tot 2,5 meter, terwijl bij vorkheftrucks en verreikers de emissiehoogte kan variëren. Gemiddeld komt de hoogte van vorkheftrucks en verreikers uit op 1,5 meter. Daarnaast zal bij deze machines ook een extra pluimstijging door impuls plaatsvinden, welke wordt geschat op 1 meter. Tezamen wordt voor deze bron een gemiddelde hoogte van 3 meter ingeschat. De warmte inhoud is berekend op basis van het brandstofverbruik en het aantal draaiuren (uit het EMMA model) en de aanname dat 25% van de energie uit de brandstof verantwoordelijk is voor de warmte inhoud van de pluim. Hiermee komen we uit op een warmte inhoud van 80 kW.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 2 en 4 meter (afhankelijk van de werktuigen en de onzekerheid in de pluimstijging als gevolg van impuls). De warmte inhoud hangt af van het gemiddeld vermogen van de mobiele werktuigen en de efficiency, en zou ongeveer een factor 2 kunnen afwijken (40 – 160 kW).

3.5.3 *Samenvatting emissiekaracteristieken*

In Tabel 12 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 12: Aanbevolen verspreidingsparameters voor verkeer: mobiele bronnen, industrie.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	3	0,08

3.5.4 *Referenties*

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- Geilenkirchen, G., Bolech, M., Hulskotte, J., Dellaert, S., Ligterink, N., Sijstermans, M., Felter, K., 't Hoen, M., 2022. Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands. PBL, Den Haag.

3.6 **GCN 3523 Verkeer: mobiele bronnen: HDO**

3.6.1 *Emissiebronnen*

Onder GCN 3523 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 13. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 13: Bijdrages per stof van de onder GCN 3523 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Mobiele werktuigen HDO	0,00	0,88	0,00	0,26	0,44	1,81	0,36

3.6.2 *Uitworphoogte en warmte inhoud*

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissiekaracteristieken van LED 3220 opgesplitst in mobiele werktuigen bouw (GCN 3521), mobiele werktuigen industrie (GCN 3522) en mobiele werktuigen HDO

(GCN 3523). Verder zijn de hoogte en warmte inhoud van de mobiele werktuigen in de doelgroep HDO bijgewerkt op basis van nieuwe inzichten.

De warmte inhoud en hoogte van mobiele werktuigen in de HDO is gebaseerd op de samenstelling van het machinepark en de bijdrage aan de emissie van deze machines. De samenstelling, het brandstofverbruik en de emissies van het werktuigenpark worden gemodelleerd met het EMMA emissiemodel (zie hoofdstuk 9 in Geilenkirchen et al, 2022), en deze gegevens zijn gebruikt voor de afleiding van de emissiehoogte en warmte inhoud.

In de HDO worden vooral generatoren, compacttrekkers en vorkheftrucks gebruikt. Generatoren en compacttrekkers hebben een hoogte tot 2,5 meter, terwijl bij vorkheftrucks de emissiehoogte kan variëren. Gemiddeld komt de hoogte van vorkheftrucks uit op 1,5 meter. Daarnaast zal bij deze machines ook een extra pluimstijging door impuls plaatsvinden, welke wordt geschat op 1 meter. Tezamen wordt voor deze bron een gemiddelde hoogte van 3 meter ingeschat. De warmte inhoud is berekend op basis van het aantal het brandstofverbruik en het aantal draaiuren (uit het EMMA model) en de aanname dat 25% van de energie uit de brandstof verantwoordelijk is voor de warmte inhoud van de pluim. Hiermee komen we uit op een warmte inhoud van 35 kW.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 2 en 5 meter (afhankelijk van de werktuigen en de onzekerheid in de pluimstijging als gevolg van impuls). De warmte inhoud hangt af van het gemiddeld vermogen van de mobiele werktuigen en de efficiency, en zou ongeveer een factor 2 kunnen afwijken (17,5 – 70 kW).

3.6.3 *Samenvatting emissiekaracteristieken*

In Tabel 14 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 14: Aanbevolen verspreidingsparameters voor verkeer: mobiele bronnen, HDO.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	3	0,035

3.6.4 *Referenties*

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- Geilenkirchen, G., Bolech, M., Hulskotte, J., Dellaert, S., Ligterink, N., Sijtermans, M., Felter, K., 't Hoen, M., 2022. Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands. PBL, Den Haag.

3.7 **GCN 3611-3617 Verkeer: luchtvaart: Verbrandingsemissies Vluchtfases**

3.7.1 *Emissiebronnen*

Onder GCN 3611-3617 valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 18.

Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 15: Bijdrages per stof van de onder GCN 3611-3617 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Vliegverkeer, LTO, internationaal, Take Off	0,08%	0,21%		0,01%	0,01%	0,00%	0,00%
Vliegverkeer, LTO, nationaal, Take Off	0,00%	0,00%		0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
Vliegverkeer, LTO, internationaal, Climb Out	0,16%	0,29%		0,01%	0,02%	0,01%	0,00%
Vliegverkeer, LTO, nationaal, Climb Out	0,00%	0,00%		0,00%	0,00%	0,08%	0,01%
Vliegverkeer, LTO, internationaal, Approach	0,12%	0,09%		0,01%	0,01%	0,02%	0,00%
Vliegverkeer, LTO, nationaal, Approach	0,00%	0,00%		0,00%	0,00%	0,04%	0,01%
Vliegverkeer, LTO, internationaal, Idle	0,22%	0,07%		0,01%	0,02%	0,30%	0,12%
Vliegverkeer, LTO, nationaal, Idle	0,00%	0,00%		0,00%	0,00%	0,03%	0,02%

De emissies die in deze paragraaf besproken worden komen vrij bij de Take-off (opstijgen van startbaan), Climb out (klimmen naar de kruishoogte, na opstijgen), approach (dalen) en idle (landen). Hiermee bestaat een LTO-cyclus (Landing en Take-off) in feite uit 2 vliegbewegingen.

De hoogte van de LTO-cyclus is beperkt tot 3.000 voet (circa 900 meter) ten opzichte van het maaiveld.

3.7.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissiekenmerken van LED 3600 opgesplitst in verbrandingsemissies vluchtfase LTO (GCN 3611-3617), verbranding platform (GCN 3621-3627) en bandenslijtage en remslijtage (GCN 3631-3647).

Take off & idle

De hoogte waarop de emissies tijdens de LTO-cyclus vrijkomen varieert per genoemde vliegfase. De fasen Take-off en idle vinden plaats op grondniveau. Zie hiervoor paragraaf 3.8 verderop in deze rapportage. Hier kan nog aan worden toegevoegd dat in de publicatie Phase Of Flight van de NTSB van april 2013 voor de hoogte van de TakeOff fase als een richtlijn maximaal 35 voet (= 10,5 meter) aangehouden, of, in geval dit eerder gebeurt, de hoogte waarop het landingsgestel wordt ingetrokken. Aangezien het hier richtlijnen betreft wordt voorgesteld om de in paragraaf 3.8 genoemde 6 meter als hoogte voor deze vliegfasen aan te houden.

Climb-out & Approach

De vliegfasen Climb-out en Approach verdelen de emissies tussen de in paragraaf 3.8 genoemde 6 meter en 3.000 voet hoogte (900 meter). Het doen van een aanbeveling voor de beste representatieve emissiehoogte hiervoor is niet mogelijk zonder aanvullend modelleerwerk.

Het thans meest gebruikte toestel door KLM-Air France (stand 30-9-2017) betreft de Boeing 737-800, welke is uitgerust met 2 CFM56-7B turbofan motoren. In Tabel 16 staan de belangrijkste kenmerken van een gebruikelijke uitvoering van dit type vliegtuigmotor (CFM56-7B26) opgenomen.

Het is echter niet aan te raden om deze gegevens te gebruiken voor berekeningen aan de pluimstijging aangezien de uitlaat van een vliegtuig niet met een schoorsteen vergeleken kan worden

Tabel 16 Brandstofverbruik en geschatte warmte inhoud van een CFM56-7B26 turbofan motor zoals toegepast in Boeing 737-800 toestellen.

Vliegfase	Brandstofverbruik (kg/s)	Warmte inhoud (MW)*
Take off	1,221	24
Climb out	0,999	20
Approach	0,334	7
Idle	0,113	2

*) Uitgaande van mechanisch rendement van ongeveer 40% van de modernste gasturbinemotoren mag aangenomen worden dat de warmte inhoud van 1 motor ligt tussen 2 en 25 MW afhankelijk van de vliegfase.

3.7.3 Samenvatting emissiekaracteristieken

In Tabel 17 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 17: Aanbevolen verspreidingsparameters voor verkeer: luchtvaart: verbrandingsemissies vluchtfase.

Alle stoffen tijdens vliegfase	Hoogte (m)	Warmte (MW)*
Take off	6	24
Climb out	450 (gemiddeld)	20
Approach	450 (gemiddeld)	7
Idle	6	2

*) Het is niet aan te raden om deze theoretische gegevens te gebruiken voor berekeningen aan de pluimstijging aangezien de uitlaat van een vliegtuig niet direct met een schoorsteen vergeleken kan worden.

3.7.4 Referenties

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- Technische informatie van verschillende vliegtuigbouwers; Boeing, Airbus & Embraer (www.boeing.com, www.airbus.com & www.flyembraer.com).
- NTSB, Phase of Flight Definitions and usage notes, April 2013 (1.3)

3.8 GCN 3621-3627 Verkeer: luchtvaart: Verbranding platform

3.8.1 Emissiebronnen

Onder GCN 3621-3627 valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 18. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 18: Bijdrages per stof van de onder GCN 3621-3627 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Vliegverkeer, APU	0,03	0,02		0,01	0,02	0,01	0,00
Vliegverkeer, GSE	0,00	0,04	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01

Vrijwel alle grotere vliegtuigen hebben een APU (Auxiliary Power Unit) aan boord. Dit zijn compacte gasturbine die worden gebruikt om vliegtuigmotoren op te starten en elektriciteit te leveren aan de boordsystemen tijdens stilstand. Deze units bevinden zich doorgaans in het staartgedeelte van een vliegtuig.

Vliegtuigen die niet zijn uitgerust met een APU moeten voor dit doel gebruik maken van een GPU (Ground Power Unit), ook wel GSE (Ground Support Equipment) of kunnen gebruik maken van een zogenaamd walstroomsysteem. Hierbij kan het toestel via de gate, indien uitgerust, aangesloten worden op het elektriciteitsnet van de luchthaven.

3.8.2 *Uitworphoogte en warmte inhoud*

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissieoorzaken van verbranding platform (GCN 3621-3627) nieuw toegevoegd, en hiervoor zijn bijbehorende emissiekenmerken bepaald.

De emissies van de APU's en de GSE vinden plaats op grondniveau, waarbij APU's zich typisch aan boord van vliegtuigen bevinden en de GSE units grondgebonden zijn.

In Dröge et al (2010) is beschreven dat voor een gemiddeld vliegtuig (van ongeveer 100 ton Maximum Take-off Weight (MTOW) bijvoorbeeld een Boeing 757), de emissie van de APU plaatsvindt op ongeveer de hoogte van de romp. Dit komt overeen met ongeveer 6 meter (zie het document van Boeing 757 Airplane description 2.0).

Uit de inventarisatie van de romphoogtes voor de banden- & remslijtage is gebleken dat de gewogen gemiddelde romphoogte van de top 8 van de meest gebruikte (passagiers) vliegtuigen door KLM-Air-France 6,6 meter hoogte bedraagt. Daarmee wordt de eerder aangenomen 6 meter hoogte bevestigd.

APU's emitteren horizontaal met een zeer hoge uittrede snelheid waardoor de rookgassen heel snel afkoelen en de effectieve warmte inhoud beperkt is. Volgens het Thermotechnisch Instituut van de Katholieke Universiteit te Leuven hebben APU's een nominaal vermogen van 37kW. Dit betekent dus een afgeronde warmte-inhoud van 0,04 MW. In de praktijk zal dit nominale vermogen afhankelijk zijn van het type vliegtuig en de systemen die hiermee gevoed moeten worden en zal waarschijnlijk een factor 2 kunnen afwijken.

3.8.3 *Samenvatting emissiekenmerken*

In Tabel 19 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 19: Aanbevolen verspreidingsparameters voor verkeer: luchtvaart: verbranding platform.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	6	0,04

3.8.4 Referenties

- Boeing, Boeing 757 Airplane description 2.0 (753sec2.pdf), URL: www.boeing.com
- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- [APU \(Auxiliary Power Unit\) – Het Thermotechnisch Instituut \(kuleuven.be\)](http://www.kuleuven.be)
- Milieueffectrapportage 2020 Deel 4 – Deelonderzoeken Nieuw Normen- en Handhavingstelsel Schiphol, Schiphol Group, november 2020
- Technische informatie van verschillende vliegtuigbouwers; Boeing, Airbus & Embraer (www.boeing.com, www.airbus.com & www.flyembraer.com).

3.9 GCN 3631-3647 Verkeer: luchtvaart: Banden- & Remslijtage

3.9.1 Emissiebronnen

Onder GCN 3631-3647 valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 20. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 20: Bijdrages per stof van de onder GCN 3631-3647 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Vliegverkeer, Bandenslijtage				0,01	0,00		
Vliegverkeer, Remslijtage				0,01	0,00		

3.9.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissieoorzaken van GCN 3631-3647 (bandenslijtage en remslijtage) nieuw toegevoegd, en hiervoor zijn bijbehorende emissiekaracteristieken bepaald.

Banden- en remslijtage (schijfremmen) van vliegtuigen treedt op bij het landen (touch down), het starten/opstijgen en het taxiën vanaf de gate naar de start-landingsbaan en vice versa. De slijtage zal met name optreden bij het landen.

Het aantal wielen/banden dat een vliegtuig heeft is afhankelijk van de afmetingen en het gewicht en kan variëren van 6 wielen voor een Boeing 737 tot meer dan 30 stuks voor grote vrachttoestellen. Vrijwel alle grote commerciële vliegtuigen zijn uitgerust met keramische schijfremmen.

De wielen van een vliegtuig zijn ongeveer 1,5 meter hoog waardoor de emissies bij de inzet van schijfremmen initieel vrijkomen op ongeveer de helft hiervan (0,75 meter hoogte). Echter, door de hoge snelheid bij het landen en opstijgen vindt er door de turbulentie menging van de vrijgekomen emissies plaats.

Doordat de meeste bandenslijtage en remslijtage optreedt tijdens het remmen bij de touch down wordt voor de gemiddelde uitworphoogte de zog hoogte van een gemiddeld landend vliegtuig aangehouden.

Het zog van een landend vliegtuig wordt bepaald door de romphoogte zonder de staart. De romphoogte (en daarmee de zog hoogte) varieert per vliegtuig, de effectieve uitworphoogte varieert daarmee per type vliegtuig.

Op basis van de top 8 van de meest gebruikte (passagiers) vliegtuigen door KLM-Air-France is over een totaal 356 toestellen een gewogen romphoogte berekend van 6,6 meter hoogte, gemeten vanaf het maaiveld. Als uitworphoogte wordt de helft van deze afgeleide romphoogte aangehouden; 3,3 meter hoogte.

De warmte die vrijkomt bij het remmen en als gevolg van bandenslijtage zal het hoogst zijn bij de touch down van het vliegtuig en is lastig in te schatten. Naast de schijfremmen op de wielen maakt een (straal)vliegtuig tijdens het remmen namelijk altijd gebruik van zogenaamde straalomkering gecombineerd met aerodynamische remmen (liftdumpers/spoilers). Bij de inzet van straalomkering wordt de uitlaatstraal van de motor van achter naar voren gericht. Door de inzet van de straalomkering word de remweg met een circa 1/3 verkort waardoor de remmen minder belast hoeven te worden, minder heet zullen worden en dus minder slijten.

De daadwerkelijke warmte-inhoud van de schijfremmen hangt dus af van de inzet van straalomkering in combinatie met het gebruik van de schijfremmen. De inzet van deze remmogelijkheden wordt bepaald door de piloot en wordt ingegeven door ondermeer de lengte van landingsbaan, oppervlakteruwheid van de landingsbaan, vochtigheid en temperatuur. Daarnaast kunnen luchthavens uit het oogpunt van geluidsoverlast verzoeken om het gebruik van straalomkering te beperken waardoor een groter deel van de remenergie moet komen van de remmen zelf.

De hoeveelheid warmte die vrijkomt tijdens het remmen hebben door al deze factoren een flinke onzekerheid.

De verspreiding van fijn stof dat vrijkomt door het daadwerkelijke remmen wordt compleet gedomineerd door het vrijkomende fijn stof door de inzet van straalomkering op de (turbo)jetmotoren van het toestel zelf. Deze worden gevangen in het zog van het vliegtuig.

Daarom wordt er als warmte-inhoud 0 MW gehanteerd.

3.9.3 *Samenvatting emissiekaracteristieken*

In Tabel 21 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 21: Aanbevolen verspreidingsparameters voor verkeer: luchtvaart: Banden- en remslijtage.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	3,3	0

3.9.4 Referenties

- Technische informatie van verschillende vliegtuigbouwers; Boeing, Airbus & Embraer (www.boeing.com, www.airbus.com & www.flyembraer.com).

3.10 GCN 3811-3865 Verkeer: Scheepvaart sectorenscheepvaart: Varend op NCP, Binnengaats varend & Binnengaats Stilliggend

3.10.1 Emissiebronnen

Onder GCN 3811-3839 valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 22. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 22: Bijdrages per stof van de onder GCN 3811-3839 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Zeescheepvaart Varend op NCP, Olie tankers	0,71	2,06	0	0,43	0,72	0,06	0,14
Zeescheepvaart Varend op NCP, Chemie/Gastankers	1,58	3,71	0	1,12	1,87	0,16	0,27
Zeescheepvaart Varend op NCP, Bulkcarrier	0,77	2,2	0	0,43	0,71	0,06	0,14
Zeescheepvaart Varend op NCP, Containerschepen	3,12	8,65	0	2,02	3,38	0,33	0,76
Zeescheepvaart Varend op NCP, Conventioneel stukgoed	1,1	2,22	0	0,81	1,36	0,07	0,19
Zeescheepvaart Varend op NCP, Roro lading/autoschepen	1,52	3,67	0	1,13	1,89	0,11	0,28
Zeescheepvaart Varend op NCP, Koelschepen	0,08	0,23	0	0,06	0,1	0,01	0,02
Zeescheepvaart Varend op NCP, Passagierschepen	0,06	0,12	0	0,05	0,09	0,01	0,01
Zeescheepvaart Varend op NCP, Overige schepen	0,55	1,03	0	0,41	0,68	0,05	0,12
Zeescheepvaart-binnengaats varend, Olie tankers	0,06	0,17	0	0,04	0,07	0,01	0,01
Zeescheepvaart-binnengaats varend, Chemie/Gastankers	0,34	0,77	0	0,24	0,4	0,03	0,06
Zeescheepvaart-binnengaats varend, Bulkcarrier	0,06	0,17	0	0,04	0,06	0,01	0,02
Zeescheepvaart-binnengaats varend, Containerschepen	0,71	1,88	0	0,48	0,8	0,08	0,19
Zeescheepvaart-binnengaats varend, Conventioneel stukgoed	0,17	0,35	0	0,12	0,21	0,01	0,03
Zeescheepvaart-binnengaats varend, Roro lading/autoschepen	0,26	0,59	0	0,18	0,3	0,03	0,06

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Zeescheepvaart-binnengaats varend, Koelschepen	0,01	0,04	0	0,01	0,02	0	0
Zeescheepvaart-binnengaats varend, Passagierschepen	0,02	0,04	0	0,01	0,02	0	0
Zeescheepvaart-binnengaats varend, Overige schepen	0,35	0,64	0	0,24	0,39	0,03	0,08
Zeescheepvaart-binnengaats voor anker, Olie-tankers	0,29	0,42	0	0,16	0,27	0,04	0,09
Zeescheepvaart-binnengaats voor anker, Chemie/Gastankers	0,38	0,57	0	0,14	0,23	0,03	0,08
Zeescheepvaart-binnengaats voor anker, Bulkcarrier	0,16	0,23	0	0,05	0,08	0,01	0,02
Zeescheepvaart-binnengaats voor anker, Containerschepen	0,7	0,76	0	0,19	0,32	0,04	0,09
Zeescheepvaart-binnengaats voor anker, Conventioneel stukgoed	0,12	0,18	0	0,03	0,06	0,01	0,02
Zeescheepvaart-binnengaats voor anker, Roro lading/autoschepen	0,2	0,25	0	0,06	0,1	0,01	0,03
Zeescheepvaart-binnengaats voor anker, Koelschepen	0,05	0,09	0	0,02	0,03	0	0,01
Zeescheepvaart-binnengaats voor anker, Passagierschepen	0,29	0,34	0	0,08	0,14	0,01	0,04
Zeescheepvaart-binnengaats voor anker, Overige schepen	0,89	1,37	0	0,26	0,44	0,05	0,14

3.10.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de uitworphoogte en warmte inhoud voor de sectoren GCN 3811-3839 (Zeescheepvaart: Varend op NCP, Binnengaats varend & Binnengaats Stilliggend) opnieuw bepaald op basis van de meest recente AIS data (2020) voor de scheepvaart. Hierdoor kunnen de emissiekenmerken per individuele GCN sector in de GCN berekeningen worden gehanteerd.

3.10.3 Samenvatting emissiekenmerken

In Tabel 23 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per GCN sector samengevat.

Tabel 23: Aanbevolen verspreidingsparameters voor alle stoffen uit zeescheepvaart op NCP, binnengaats varend en binnengaats stilliggend.

GCN-code	Omschrijving	Hoogte (m)	Warmte (MW)
3811	Varend NCP, Olie-tankers	41	3,06
3812	Varend NCP, Chemie/Gastankers	26	1,74
3813	Varend NCP, Bulkcarrier	28	2,18

3814	Varend NCP, Containerschepen	43	4,84
3815	Varend NCP, Conventioneel stukgoed	20	0,82
3816	Varend NCP, Roro lading/autoschepen	41	3,97
3817	Varend NCP, Koelschepen	27	2,58
3818	Varend NCP, Passagierschepen	52	4,08
3819	Varend NCP, Overige schepen	18	0,68
3821	Varend NL, Olie tankers	35	1,78
3822	Varend NL, Chemie/Gastankers	23	1,39
3823	Varend NL, Bulkcarrier	27	1,41
3824	Varend NL, Containerschepen	40	3,67
3825	Varend NL, Conventioneel stukgoed	19	0,74
3826	Varend NL, Roro lading/autoschepen	33	1,82
3827	Varend NL, Koelschepen	28	1,93
3828	Varend NL, Passagierschepen	19	0,69
3829	Varend NL, Overige schepen	13	0,51
3831	Stilliggend NL, Olie tankers	32	1,46
3832	Stilliggend NL, Chemie/Gastankers	22	0,45
3833	Stilliggend NL, Bulkcarrier	21	0,27
3834	Stilliggend NL, Containerschepen	42	0,68
3835	Stilliggend NL, Conventioneel stukgoed	17	0,09
3836	Stilliggend NL, Roro lading/autoschepen	27	0,34
3837	Stilliggend NL, Koelschepen	21	0,41
3838	Stilliggend NL, Passagierschepen	29	0,64
3839	Stilliggend NL, Overige schepen	22	0,15

3.10.4 Referenties

- Coenen, P.W.H.G., Hulskotte, J.H.J., 2011. Nadere specificatie en aanpassing van emissiekenmerken van binnenvaart- en zeeschepen aan recente inzichten. TNO rapport TNO-060-UT-2011-00533.
- Hulskotte, J.H.J., 2019. Kentallen zeeschepen ten behoeve van emissie- en verspreidingsberekeningen in AERIUS, actualisatie 2018. TNO rapport 2019 R11040

3.11 GCN 3850-3866 Verkeer: Visserij op NCP & binnenwateren, Binnenscheepvaart

3.11.1 Emissiebronnen

Onder GCN 3850-3866 valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 24. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 24: Bijdrages per stof van de onder GCN 3811-3839 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Visserij (op NCP en binnenwateren)	0,06	0,09	0,00	0,03	0,05	0,00	0,01
Visserij (op NCP en binnenwateren)	0,10	0,20	0,00	0,08	0,13	0,01	0,02
Visserij (op NCP en binnenwateren)	0,41	0,66	0,00	0,25	0,41	0,02	0,08
Binnenscheepvaart-Internationaal Vrachtervoer	0,03	3,78	0,00	1,17	1,93	0,55	0,53
Binnenscheepvaart-Internationaal Vrachtervoer-Duwvaart	0,00	0,75	0,00	0,23	0,38	0,12	0,11
Binnenscheepvaart-Nationaal Vrachtervoer	0,01	1,81	0,00	0,56	0,93	0,27	0,26
Binnenscheepvaart-Nationaal Vrachtervoer-Duwvaart	0,00	0,31	0,00	0,10	0,16	0,05	0,05
Binnenscheepvaart-Passagiersboten	0,00	0,57	0,00	0,47	0,79	0,07	0,19
Binnenscheepvaart-Ontgassing laadruim							0,76

3.11.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de uitworphoogte en warmte inhoud voor de sectoren GCN 3850-3866 (Visserij op NCP & binnenwateren, Binnenscheepvaart) verder opnieuw bepaald op basis van de meest recente data (2020) voor de scheepvaart. Hierdoor kunnen de emissiekenarakteristieken nu per individuele GCN sector in de GCN berekeningen worden gehanteerd.

3.11.3 Samenvatting emissiekenarakteristieken

In Tabel 25 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 25: Aanbevolen verspreidingsparameters voor alle stoffen uit visserij (op NCP en binnenwateren) en Binnenscheepvaart.

GCN-code	Omschrijving	Hoogte (m)	Warmte (MW)
3850	Visserij (op NCP en binnenwateren)	7,0	0,38
3861	Binnenscheepvaart-Internationaal Vrachtervoer	2,8	0,45
3862	Binnenscheepvaart-Internationaal Vrachtervoer-Duwvaart	2,8	0,87
3863	Binnenscheepvaart-Nationaal Vrachtervoer	3,0	0,33
3864	Binnenscheepvaart-Nationaal Vrachtervoer-Duwvaart	2,8	0,76
3865	Binnenscheepvaart-Passagiersboten	12,0	0,90
3866	Binnenscheepvaart-Ontgassing laadruim	2,8	0

3.11.4 Referenties

- Coenen, P.W.H.G., Hulskotte, J.H.J., 2011. Nadere specificatie en aanpassing van emissiekenarakteristieken van binnenvaart- en zeeschepen aan recente inzichten. TNO rapport TNO-060-UT-2011-00533.

3.12 GCN 4310 Landbouw: vuurhaarden: Overig

3.12.1 Emissiebronnen

Onder GCN 4310 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 26. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 26: Bijdrages per stof van de onder GCN 4310 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Aardgasverbruik landbouw (niet WKK)	0,48	0,71	0,17	0,38	0,64	0,32	0,76

3.12.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissiekaracteristieken van LED 4300 opgesplitst in GCN 4310 (overige vuurhaarden landbouw) en GCN 4320 (vuurhaarden glastuinbouw). Echter, de emissiekaracteristieken van voorheen LED 4600 in Dröge et al (2010) passen beter bij deze emissiebron, en daarom wordt voorgesteld om de emissiekaracteristieken bij te werken.

Binnen deze GCN sector vallen de verbrandingsemissies van met name (stal)verwarming van allerlei soorten landbouwbedrijven. Ondanks dat de naam van de emissieoorzaak refereert aan aardgasverbranding, worden ook emissies van andere brandstoffen (o.a. LPG en biomassa) in deze emissieoorzaak berekend. De emissie van SO₂ komt vooral voort uit het stoken van biomassa. Rookgassen van dit soort installaties/brandstoffen moeten vanwege mogelijke hinder op enige hoogte worden geloosd.

Net als bij de voormalige LED sector 4600 (in Dröge et al, 2010) wordt daarom voorgesteld om een uitworphoogte te gebruiken die 4 meter hoger is (t.g.v. schoorsteen) dan die voor de voorheen LED sector 4110 (veehouderij – stallen) is gebruikt.

Er is vanwege het geringe vermogen geen reden om warmte inhoud toe te kennen aan GCN sector 4310.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 6 en 12 meter.

3.12.3 Samenvatting emissiekaracteristieken

In Tabel 27 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 27: Aanbevolen verspreidingsparameters voor landbouw vuurhaarden, overig.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	9	0

3.12.4 Referenties

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.13 GCN 4320 Landbouw: vuurhaarden: Glastuinbouw

3.13.1 Emissiebronnen

Onder GCN 4320 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 28. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 28: Bijdrages per stof van de onder GCN 4320 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Aardgasverbruik landbouw (WKK)	0,09	1,01		0,08	0,15	1,03	2,68

Volgens CBS (Statline) stonden in 1998 circa 2100 WKK systemen opgesteld met een elektrisch vermogen van 919 MW, hetgeen neerkomt op 0,4 MW gemiddeld. In 2010 is het aantal toegenomen tot ruim 2.800 WKK systemen met een totaal elektrisch vermogen van 3.068 MW (1,1 MW gemiddeld). In 2020 bedroeg het aantal WKK systemen 2.333 stuks met een totaal elektrisch vermogen van 2.890 MW elektrisch vermogen (1,2 MW gemiddeld). Het totale areaal glastuinbouw waar WKK in gebruik is, ligt al jaren op een niveau van ruim 60%.

3.13.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissiekenmerken van LED 4300 opgesplitst in GCN 4310 (overige vuurhaarden landbouw) en GCN 4320 (vuurhaarden glastuinbouw). Daarnaast zijn nieuwe inzichten in de emissiekenmerken van deze bron meegenomen.

Nieuwbouwkassen worden gemiddeld elk jaar circa 10cm hoger. Een 'poothoogte' van 5,5 meter lijkt gebruikelijk, maar voor tomaat en komkommer lijkt een hoogte van 6 meter de nieuwe standaard, terwijl zelfs hoogten van 7 meter worden genoemd (Wageningen UR Glastuinbouw, 2007). Net als in Dröge et al (2010), wordt aangenomen dat er nog 1 meter hoogte bij komt voor de nok van de kas, en dat de schoorstenen van de WKK installaties vaak nog ongeveer 2-3 meter hoger zijn. De gemiddelde schoorsteenhoogte is daarmee ongeveer 10 meter. Een deel van de rookgassen zal echter uit de kas ontwijken (in Dröge et al (2010) is dit geschat op 30%), dus voorgesteld wordt om een gemiddelde hoogte van 9 meter aan te houden.

De warmte inhoud kan geschat worden op basis van het thermisch vermogen van een gemiddelde installatie. Bij een gemiddelde installatie van 1,2 MW en een rendement van 80%, zal de warmte inhoud uitkomen op 0,24 MW.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 7 en 12 meter (afhankelijk van de hoogte van de kas, de schoorsteen en het aandeel dat in de kas wordt toegepast). De warmte inhoud is onzekerder en kan zeker een factor 2 afwijken (0,1 – 0,5 MW).

3.13.3 *Samenvatting emissiekenmerken*

In Tabel 29 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 29: Aanbevolen verspreidingsparameters voor vuurhaarden, glastuinbouw.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	9	0,24

3.13.4 *Referenties*

- Campen, J.B., Bontsema J., Ruijs M. Relatie tussen toenemende kashoogte en het energieverbruik in de glastuinbouw, Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen 2007.
- CBS Statline
- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- Smit, Pepijn; van der Velden, Nico. /Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2020. Wageningen: Wageningen Economic Research, 2021. 59 p. (Rapport / Wageningen Economic Research; 2021-127)

3.14 **GCN 4401, Landbouw: landbouwgewassen: afrijping**

3.14.1 *Emissiebronnen*

Onder GCN 4401 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 30. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 30: Bijdrages per stof van de onder GCN 4401 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Emissies t.g.v. afrijpende gewassen			1,46				

Afrijping betreft de laatste fase van rijping van cultuurgewassen waarbij een herverdeling plaatsvindt van suikers en nutriënten naar de vrucht. Voorbeelden van gewassen waarbij dit speelt zijn granen, aardappelen, suikerbieten en snijmaïs.

3.14.2 *Uitworphoogte en warmte inhoud*

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is de emissieoorzaak van GCN 4401 nieuw toegevoegd, en hiervoor zijn bijbehorende emissiekenmerken bepaald.

De uitworp hoogte van ammoniak is afhankelijk van het gewas. In Tabel 31 is een overzicht opgenomen van de hoogte waarop de afrijping plaatsvindt.

De emissiehoogte varieert van enkele decimeters boven maaiveld voor aardappelen tot meerdere meters voor mais. Op basis van het aandeel van deze gewassen in het totaal aan akkerbouwgewassen in Nederland is een gewogen gemiddelde emissiehoogte van 1,5 meter afgeleid.

Tabel 31: Emissiehoogtes verschillende gewassen bij afrijping.

Type gewas	Hoogte (m)	% aandeel in totaal
Mais	4	26,6
Bieten & granen	1	31,6
Aardappelen	0,3	41,7

Er is geen reden om een warmte inhoud toe te kennen aan de emissieoorzaken binnen de GCN 4401.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 0 meter en 4 meter.

3.14.3 Samenvatting emissiekenmerken

In Tabel 32 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 32: Aanbevolen verspreidingsparameters voor landbouwgewassen, afrijping.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	1,5	0

3.14.4 Referenties

- CBS Statline productie akkerbouwgewassen 2020
- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.15 GCN 4402, Landbouw: landbouwgewassen: gewasresten

3.15.1 Emissiebronnen

Onder GCN 4402 valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 33. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 33: Bijdrages per stof van de onder GCN 4402 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Emissies t.g.v. gewasresten		0,80					
Ammoniak-emissies t.g.v. Gewasresten			1,79				

3.15.2 *Uitworphoogte en warmte inhoud*

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissieoorzaken van GCN 4402 nieuw toegevoegd, en hiervoor zijn bijbehorende emissiekaracteristieken bepaald.

De emissiehoogtes van de emissies t.g.v. gewasresten bevinden zich allen op grondniveau of iets daarboven. De emissiehoogte wordt om die reden op 0,5 meter gesteld.

Er is geen reden om een warmte inhoud toe te kennen aan de emissieoorzaken binnen de GCN 4402.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 0 meter en 1 meter.

3.15.3 *Samenvatting emissiekaracteristieken*

In Tabel 34 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 34: Aanbevolen verspreidingsparameters voor landbouwgewassen, gewasresten.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	0,5	0

3.15.4 *Referenties*

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.16 **GCN 4711-4716, 4718 Landbouw: veehouderij: Stallen (exclusief paarden, pony's en ezels).**

3.16.1 *Emissiebronnen*

Onder de GCN nummer voor Stallen (exclusief paarden, pony's en ezels) valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 35. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 35: Bijdrages per stof van de onder GCN Stallen vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Veestapel, melkkoeien, mest in stallen + opslag excl. NH ₃		0,43		0,67	0,32		
Veestapel, melkkoeien, mest in stallen NH ₃			18,33				
Veestapel, jongvee fokkerij, mest in stallen + opslag excl. NH ₃		0,10		0,16	0,08		
Veestapel, jongvee fokkerij, mest in stallen NH ₃			3,61				

Veestapel, jongvee mesterij, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,03		0,07	0,03		
Veestapel, zoog- en weidekoeien, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,01		0,02	0,01		
Veestapel, jongvee mesterij, mest in stallen NH3			0,57				
Veestapel, zoog- en weidekoeien, mest in stallen NH3			0,18				
Veestapel, vleeskalveren, mest in stallen NH3			2,89				
Veestapel, vleeskalveren, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,03		0,11	0,05		
Veestapel, vleesvarkens, mest in stallen NH3			7,09				
Veestapel, fokvarkens, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,04		0,93	0,08		
Veestapel, vleesvarkens, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,06		1,82	0,15		
Veestapel, fokvarkens, mest in stallen NH3			2,70				
Veestapel, vleeskuikens, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,02		3,61	0,48		
Veestapel, leghennen, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,04		7,65	0,82		
Veestapel, leghennen, mest in stallen NH3			5,87				
Veestapel, vlees eenden, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,00		0,24	0,02		
Veestapel, kalkoenen, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,00		0,18	0,15		
Veestapel, vleeskuikens, mest in stallen NH3			1,93				
Veestapel, vlees eenden, mest in stallen NH3			0,09				
Veestapel, kalkoenen, mest in stallen NH3			0,37				
Veestapel, schapen, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,00		0,01	0,00		
Veestapel, schapen, mest in stallen NH3			0,09				
Veestapel, geiten, mest in stallen NH3			0,66				
Veestapel, geiten, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,09		0,04	0,02		
Veestapel, konijnen, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,00		0,00	0,00		
Veestapel, pelsdieren, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,00		0,01	0,01		
Veestapel, konijnen, mest in stallen NH3			0,09				
Veestapel, pelsdieren, mest in stallen NH3			0,05				

3.16.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissiekenmerken van LED 4110 opgesplitst in GCN 4712-4718 (stallen voor verschillende diercategorieën) en GCN 4721-4728 (opslag voor verschillende diercategorieën). Voor de verschillende diercategorieën zijn aparte GCN sectoren gedefinieerd.

In dit hoofdstuk worden alle diercategorieën (met uitzondering van paarden) samen besproken. De emissiekaracteristieken zijn niet gewijzigd ten opzichte van Dröge et al (2010).

In Dröge et al (2010) worden de volgende emissiehoogten en warmte inhoud voor verschillende diercategorieën besproken:

- Voor rundvee zijn de natuurlijk geventileerde stallen het meest voorkomend. De hoogte van de nok van dit type stallen ligt meestal op 6 tot 7 meter. Met 60 koeien van elk rond 400 W warmte komt de warmte inhoud uit op 24 kW.
- Bij pluimvee en varkens wordt meestal geforceerd geventileerd, en de uitgang van de ventilatiekanalen van de meeste stallen zullen zich tussen 3 meter en 6 meter bevinden, gemiddeld ongeveer 4 meter. Met 600 varkens van elk rond 100 W warmte komt de warmte inhoud uit op 60 kW.

In Dröge et al (2010) is voorgesteld om 5 meter als gemiddelde emissiehoogte te nemen zonder compensatie voor warmte inhoud. Eventuele verschillen in warmte inhoud als gevolg van koeling of verwarming van stallen zijn buiten beschouwing gelaten en daarmee dus op 0 gezet..

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 3 en 7 meter (afhankelijk van het type stal en de hoogte van de ventilatieopeningen).

3.16.3 *Samenvatting emissiekaracteristieken*

In Tabel 36 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 36: Aanbevolen verspreidingsparameters voor landbouw: veehouderij stallen.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	5	0

3.16.4 *Referenties*

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.17 **GCN 4721-4726, 4728 Landbouw: veehouderij: mest opslag (exclusief paarden, pony's en ezels).**

3.17.1 *Emissiebronnen*

Onder de GCN nummer voor mest opslag (exclusief paarden, pony en ezels) valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 37. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 37: Bijdrages per stof van de onder GCN mest opslag vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Veestapel, melkkoeien, mest in opslag NH3			0,43				
Veestapel, jongvee fokkerij, mest in opslag NH3			0,15				
Veestapel, jongvee mesterij, mest in opslag NH3			0,07				
Veestapel, zoog- en weidekoeien, mest in opslag NH3			0,02				
Veestapel, vleesvarkens, mest in opslag NH3			0,17				
Veestapel, fokvarkens, mest in opslag NH3			0,09				
Veestapel, leghennen, mest in opslag NH3			0,89				
Veestapel, vleeskuikens, mest in opslag NH3			0,03				
Veestapel, vlees eenden, mest in opslag NH3			0,01				
Veestapel, kalkoenen, mest in opslag NH3							
Veestapel, schapen, mest in opslag NH3			0,01				
Veestapel, geiten, mest in opslag NH3			0,13				
Veestapel, konijnen, mest in opslag NH3			0,00				
Veestapel, pelsdieren, mest in opslag NH3			0,01				

3.17.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissiekenmerken van LED 4110 opgesplitst in GCN 4712-4718 (stallen) en GCN 4721-4728 (opslag).

Voor de verschillende diercategorieën zijn aparte GCN sectoren gedefinieerd. In dit hoofdstuk worden alle diercategorieën (met uitzondering van paarden) samen besproken. Voor opslag zijn ook nieuwe inzichten in hoogte en warmte inhoud verwerkt.

Mest kan onderverdeeld worden in drijfmest, digestaat en vaste mest. Drijfmest bestaat uit dierlijke meststoffen die verpompbaar zijn. Digestaat is het stabiele restproduct (uitgegist) dat overblijft na mestvergisting.

Voor deze mesttypen zijn ondergrondse en bovengrondse mestbassins mogelijk. Ondergrondse mestbassins hebben een afdekking die een vloer is, bijvoorbeeld een mestbassin onder een werktuigenberging, opslagplaats of het erf. Lig een mestbassin onder een (voormalig) dierenverblijf, dan is het een mestkelder. De andere mestbassins zijn bovengrondse mestbassins, ook als ze half onder de grond liggen. De hoogte van de bovengrondse mestopslagen kan oplopen tot 6 meter hoog.

De opslag van vaste mest bij veehouderijen vindt plaats op een vaste mestplaats. Dit is vaak een verharding (met eventueel opstaande randen) of absorberende laag stro of turf, waarop de mest wordt opgeslagen (website InfoMil)

De emissiehoogtes van deze mestopslagen bevinden zich doorgaans op grondniveau of iets daarboven, de bovengrondse opslag van mest komt echter steeds meer voor. In de huidige berekeningen is hieraan een (gemiddelde) emissiehoogte van 1,5 meter toegekend.

Er is geen reden om een warmte inhoud toe te kennen aan de emissieoorzaken.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 0 en 6 meter (wisselend voor ondergrondse en bovengrondse opslag).

3.17.3 *Samenvatting emissiekenmerken*

In Tabel 38 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 38: Aanbevolen verspreidingsparameters voor landbouw: veehouderij, opslag.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	1,5	0

3.17.4 *Referenties*

- <https://www.infomil.nl/onderwerpen/ruimte/functies/mest/opslag-vaste-mest/>
- <https://pasmestoplag.nl>
- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.18 GCN 4751-4759 Landbouw: veehouderij: Mest be(ver)werking (exclusief paarden, pony's en ezels).

3.18.1 *Emissiebronnen*

Onder de GCN nummers voor Mest be(ver)werking (exclusief paarden, pony's en ezels) valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 39. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 39: Bijdrages per stof van de onder GCN Mest be(ver)werking vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Veestapel, melkkoeien, mest be(ver)werking		0,01	0,04				
Veestapel, jongvee fokkerij, mest be(ver)werking		0,00	0,01				
Veestapel, vleeskalveren, mest be(ver)werking		0,16	0,04				
Veestapel, vleesvarkens, mest be(ver)werking		0,08	0,50				
Veestapel, fokvarkens, mest be(ver)werking		0,04	0,23				
Veestapel, vleeskuikens, mest be(ver)werking			0,01				
Veestapel, leghennen, mest be(ver)werking			0,06				
Veestapel, kalkoenen, mest be(ver)werking			0,00				

3.18.2 *Uitworphoogte en warmte inhoud*

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissieoorzaken van GCN 4751-4759 nieuw toegevoegd, en hiervoor zijn bijbehorende emissiekenmerken bepaald.

Bewerking en verwerking van mest omvat scheiden, nitrificatie/denitrificatie, productie van minerale concentraties, verbranding, drogen en vergisten van dierlijke mest (van der Zee et al, 2022). Emissies komen vrij tijdens de be(ver)werking en tijdens opslag van de be(ver)werkte mest. De opslag van de be(ver)werkte mest vindt plaats in mestopslagen zoals beschreven onder GCN 4721-4728 Landbouw: veehouderij: mest opslag. Voor GCN 4751-4759 worden daarom dezelfde emissiekenmerken voorgesteld als voor GCN 4721-4728 (1,5 meter hoogte en 0 MW warmte inhoud).

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 0 en 6 meter (wisselend voor ondergrondse en bovengrondse opslag).

3.18.3 Samenvatting emissiekenmerken

In Tabel 40 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 40: Aanbevolen verspreidingsparameters voor landbouw: veehouderij Mest be(ver)verwerking (excl. NH₃).

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	1,5	0

3.18.4 Referenties

- www.pasmestoplag.nl
- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- van der Zee, T.C., Bannink, A., van Bruggen, C., Groenestein, C.M., Huijsmans, J.F.M., Lagerwerf, L.A., Luesink, H.H., Velthof, G.L., 2022. Methodology for the calculation of emissions from agriculture. Calculations for methane, ammonia, nitrous oxide, nitrogen oxides, non-methane volatile organic compounds, fine particles and carbon dioxide emissions using the National Emission Model for Agriculture (NEMA). RIVM rapport 2022-0002

3.19 GCN 4717, Landbouw: veehouderij: Stallen Paarden, pony's en ezels.

3.19.1 Emissiebronnen

Onder het GCN nummer voor stallen Paarden, pony's en ezels valt een aantal emissiebronnen welke zijn weergegeven in Tabel 41. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissiebron is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdragen (bijdragen groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 41: Bijdragen per stof van de onder GCN Stallen Paarden, pony's en ezels vallende emissiebronnen aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Veestapel, paarden, mest in stallen + opslag excl. NH ₃		0,07		0,31	0,34		
Veestapel, paarden en pony's, mest in stallen NH ₃			1,42				

Veestapel, (muilt-)ezels, mest in stallen + opslag excl. NH3		0,00		0,00	0,00		
Veestapel, ezels, mest in stallen NH3			0,00				

3.19.2 *Uitworphoogte en warmte inhoud*

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is de emissieoorzaak van GCN 4717 nieuw toegevoegd, en hiervoor zijn bijbehorende emissiekenmerken bepaald.

In Nederland bestaan er voor bedrijfsmatige paardenhouderijen (nog) geen eisen aan de minimale stalhoogte voor paarden/pony's. Per 2012 zijn er wel eisen gesteld aan de minimale boxmaten welke in 2027 wettelijk verplicht zullen gaan worden. In België is wel een verplichting van kracht op de stalhoogte van paarden en pony's. Deze is gesteld op minimaal 1,5x de stokmaat (schofhoogte) van een paard en minimaal 1,8x de stokmaat van kleinere pony's. De bouwhoogte is hiermee gekoppeld aan de hoogte van de te stallen paarden, echter mede gezien het feit dat hogere stallen een betere luchtcirculatie hebben dan lagere stallen wordt in de praktijk geadviseerd om paardenstallen niet lager dan 3 meter hoogte te bouwen. De ventilatieopeningen bevinden zich evenals bij rundvee stallen lager en wordt geschat op 2-2,5 meter hoogte. Stallen bij particulieren worden vaak natuurlijk geventileerd en hiervoor kan de helft van de stalhoogte gebruikt worden als emissiehoogte. Voor particuliere stallen wordt uitgegaan van een ventilatiehoogte van 2 meter hoogte.

Op basis van bovenstaande informatie, komen we uit op een gemiddelde emissiehoogte van 2 meter. De warmte inhoud van deze emissies is 0 MW.

3.19.3 *Samenvatting emissiekenmerken*

In Tabel 42 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 42: Aanbevolen verspreidingsparameters voor landbouw, stallen paarden, pony's en ezels.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	2	0

3.19.4 *Referenties*

- Boxmaten per 2027 wettelijk vastgesteld – LLTB (<https://www.lltb.nl/nieuwsberichten/website/2020/06/boxmaten-per-2027-wettelijk-vastgelegd>)
- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.20 **GCN 4727, Landbouw: veehouderij: mest opslag Paarden, pony's en ezels.**

3.20.1 *Emissiebronnen*

Onder het GCN nummer voor mest opslag Paarden, pony's en ezels valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 43.

Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 43: Bijdrages per stof van de onder GCN mest opslag Paarden, pony's en ezels vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Veestapel, paarden en pony's, mest in opslag NH ₃			0,21				
Veestapel, ezels, mest in opslag NH ₃			0,00				

3.20.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is de emissieoorzaak van GCN 4727 nieuw toegevoegd, en hiervoor zijn bijbehorende emissiekenmerken bepaald.

Bij paardenmest kan onderscheid worden gemaakt naar stromest, vlamst of mest vermengd met stalstrooisel. Deze mest wordt doorgaans bovengronds opgeslagen op een vaste mestplaat of een mestcontainer op grondniveau.

In het Activiteitenbesluit Milieu en de Activiteitenregeling Milieu worden maximale eisen gesteld aan het volume van de mesthoop (particulier en professioneel), er worden geen specifieke eisen gesteld aan de maximale hoogte. Doorgaans is de hoogte van de bovengrondse (paarden)mestopslagen niet hoger dan 2 tot 3 meter hoog.

In de huidige berekeningen is hieraan een (gemiddelde) emissiehoogte van 1,5 meter toegekend.

Er is geen reden om een warmte inhoud toe te kennen aan deze emissieoorzaak.

3.20.3 Samenvatting emissiekenmerken

In Tabel 44 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 44: Aanbevolen verspreidingsparameters voor landbouw, mest opslag paarden, pony's en ezels.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	1,5	0

3.20.4 Referenties

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- Mestcontainer.nl
- [wetten.nl - Regeling - Activiteitenbesluit milieubeheer - BWBR0022762 \(overheid.nl\)](#)
- [wetten.nl - Regeling - Activiteitenregeling milieubeheer - BWBR0022830 \(overheid.nl\)](#)

3.21 GCN 4737, 4747, Landbouw: veehouderij: Beweiding & Mestaanwending Paarden, pony's en ezels

3.21.1 Emissiebronnen

Onder het GCN nummer Beweiding & mestaanwending van Paarden, pony's en ezels valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 45. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 45: Bijdrages per stof van de onder GCN beweiding & mestaanwending Paarden, pony's en ezels vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Veestapel, paarden, pony's weidemest NH ₃			0,07				
Veestapel, ezels, weidemest NH ₃			0,00				
Veestapel, paarden, pony's aanwending mest NH ₃			0,50				
Veestapel, ezels aanwending mest NH ₃			0,00				

3.21.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissieoorzaken van GCN 4737 en 4747 nieuw toegevoegd, en hiervoor zijn bijbehorende emissiekenmerken bepaald.

De emissiehoogtes van de onder de GCN categorieën 4737 en 4747 bevinden zich alle op grondniveau of iets daarboven, zie hiervoor ook de LED categorieën 4130, 4140 en 4200 in Dröge et al. 2010.

Evenals in genoemde LED categorieën is aan deze GCN categorieën een emissiehoogte van 0,5 meter toegekend

Evenals in de genoemde LED categorieën in Dröge et al. 2010, is er geen reden om warmte-inhoud toe te kennen aan deze emissieoorzaken.

3.21.3 Samenvatting emissiekenmerken

In Tabel 46 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 46: Aanbevolen verspreidingsparameters voor landbouw, beweiding & mestaanwending paarden, pony's en ezels.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	0,5	0

3.21.4 Referenties

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.22 GCN 5000, Afvalverwerking: Vergisting, compostering en stortplaatsen

3.22.1 Emissiebronnen

Onder GCN 5000 valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 47. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 47: Bijdrages per stof van de onder GCN 5000 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Veestapel, melkkoeien, mest vergisting			0,03				
Veestapel, jongvee fokkerij, mest vergisting			0,01				
Veestapel, vleesvarkens, mest vergisting			0,11				
Veestapel, fokvarkens, mest vergisting			0,05				
SBI 38.3: Voorbereiding tot recycling	0,00	0,02		0,00	0,00	0,02	0,01
GFT-afval vergisting	0,02	0,03	0,00				
GFT-afval compostering			0,20				
Groenafval vergisting	0,00	0,00	0,00				
Groenafval compostering			0,02				
Stortplaatsen - onttrokken stortgas - benut	0,02	0,02				0,02	
Stortplaatsen - onttrokken stortgas - gefakkeld	0,03	0,00		0,02	0,03	0,18	
Emissies vanuit stortplaatsen				0,00	0,00		0,09

De meest relevante emissieoorzaken binnen deze GCN zijn:

- Vergisting van voornamelijk varkensmest
- Compostering van GFT-afval
- Fakkelen van onttrokken stortgas op stortplaatsen.

3.22.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is LED sector 5000 gewijzigd naar GCN sector 5100, en zijn emissieoorzaken voor vergisting aan deze sector toegevoegd. De bijbehorende emissiekenmerken zijn opnieuw bepaald (deels op basis van de informatie uit Dröge et al (2010)).

Vergisting

In vergisting installaties wordt in de meeste gevallen een natte verpompbare biomassa (droogstofgehalte 15-20%) verwerkt. Meer recent is de zogenaamde droogvergisting meer in opkomst, waarbij organische materiaal met een hoger droge stofgehalte (20-40%) wordt verwerkt.

De afgelopen jaren is het aantal vergistingsinstallaties gegroeid waarbij steeds meer laagwaardige reststromen worden gebruikt. Er zijn verschillende manieren van vergisten waarbij mono vergisting (het vergisten van een enkel product) en co-vergisting (het vergisten van ten minste 50% mest aangevuld met plantaardige biomassa) zijn de meest voorkomende technieken. (www.rvo.nl).

Voor vergisting komen alleen additionele emissies vrij tijdens de opslag van de mest (van der Zee, et al, 2022). Daarom wordt verwacht dat de emissiekaracteristieken voor vergisting vergelijkbaar zijn met GCN 4721-4726, 4728, namelijk 1,5 meter hoogte en 0 MW warmte inhoud.

Compostering

In Dröge et al (2010) zijn de emissiekaracteristieken van composteringsinstallaties afgeleid op 20 meter hoogte en een warmte inhoud van 0 MW.

Stortplaatsen

In Dröge et al (2010) zijn de emissiekaracteristieken van verbrandingsinstallaties op stortplaatsen afgeleid op 3-4 meter hoogte en een warmte inhoud van 0,5 MW. Emissiekaracteristieken van fakkels worden gerapporteerd in het eMJV van verschillende stortplaatsen, met een hoogte van 4-8 meter en een warmte inhoud van 0,01 – 0,2 MW.

Gecombineerde emissiekaracteristieken

NH₃ emissies komen vooral vrij uit vergisting en compostering. Hiervoor kunnen gemiddelde emissiekaracteristieken worden afgeleid van 11 meter hoogte en 0 MW warmte inhoud. De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 0 en 20 meter.

CO emissies komen vooral vrij uit fakkelen bij stortplaatsen, en hiervoor kunnen gemiddelde emissiekaracteristieken worden afgeleid van 6 meter hoogte en 0,1 MW warmte inhoud. De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 4 en 8 meter. De warmte inhoud is onzekerder en kan variëren tussen 0 en 0,2 MW.

Overige stoffen worden beperkt uitgestoten, en voorgesteld wordt om hierbij dezelfde emissiekaracteristieken aan te houden als voor CO (6 meter hoogte en 0,1 MW warmte inhoud).

3.22.3 *Samenvatting emissiekaracteristieken*

In Tabel 48 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 48: Aanbevolen verspreidingsparameters voor afvalverwerking, vergisting, compostering en stortplaatsen.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
NH ₃	11	0
CO	6	0,1
Overige stoffen	6	0,1

3.22.4 *Referenties*

- <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bio-energie/vergisting-en-vergassing>
- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- van der Zee, T.C., Bannink, A., van Bruggen, C., Groenestein, C.M., Huijsmans, J.F.M., Lagerwerf, L.A., Luesink, H.H., Velthof, G.L., 2022.

Methodology for the calculation of emissions from agriculture. Calculations for methane, ammonia, nitrous oxide, nitrogen oxides, non-methane volatile organic compounds, fine particles and carbon dioxide emissions using the National Emission Model for Agriculture (NEMA). RIVM rapport 2022-0002

3.23 GCN 6100, Handel, diensten en overheid: RWZI's

3.23.1 Emissiebronnen

Onder GCN 6100 valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 49. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 49: Bijdrages per stof van de onder GCN 6100 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
RWZI emissies water- en sliblijn, individueel							0,01
SBI 37: Afvalwaterinzameling en -behandeling	0,10	0,11		0,02	0,03	0,01	0,00

3.23.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is van GCN sector 6100 alleen de warmte inhoud opnieuw ingeschat.

De hoogte van RWZIs is uitgewerkt in Dröge et al (2010). In dit document wordt de gemiddelde hoogte ingeschat op 10 meter (met een variatie van 5-30 meter). Het gemiddelde mechanische vermogen is in Dröge et al (2010) ingeschat op 500 kW. Er wordt aangenomen dat hiervan 40% nuttig gebruikt wordt, 30% wordt gebruikt voor motorkoeling en 30% als warmte via de uitlaat naar buiten gaat. Dit levert een warmte inhoud op van $500 \text{ kW} \times 60\% \times 50\% = 150 \text{ kW}$.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 5 meter en 30 meter, en de warmte inhoud kan variëren tussen 0,1 en 0,5 MW.

3.23.3 Samenvatting emissiekenmerken

In Tabel 50 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 50: Aanbevolen verspreidingsparameters voor HDO, RWZI's.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	10	0,150

3.23.4 Referenties

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.24 GCN 6200, Handel, diensten en overheid: winning en distributie drinkwater

3.24.1 Emissiebronnen

Onder GCN 6200 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 51. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 51: Bijdrages per stof van de onder GCN 6200 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
SBI 36: Winning en distributie van water	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00

3.24.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is GCN sector 6200 ongewijzigd.

De hoogte en warmte inhoud van drinkwaterbedrijven is uitgewerkt in Dröge et al (2010). In dit document wordt de gemiddelde hoogte ingeschat op 8 meter en een warmte inhoud van 14 kW.

De emissiekaracteristieken van deze emissiebron zijn erg onzeker. Hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 5 meter en 20 meter. De warmte inhoud bij deze stoffen kan variëren tussen 0,4 en 90 kW

3.24.3 Samenvatting emissiekaracteristieken

In Tabel 52 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 52: Aanbevolen verspreidingsparameters voor HDO, winning en distributie drinkwater.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Default	8	0,014

3.24.4 Referenties

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.25 GCN 6400, Handel, diensten en overheid: overig

3.25.1 Emissiebronnen

Onder GCN 6400 valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 53. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 53: Bijdrages per stof van de onder GCN 6400 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Handel, diensten, overheid	0,28	0,75	0,04	0,27	0,47	0,36	0,40
Oplosmiddel- en ander productgebruik: Autoproducten, HDO							0,00
Oplosmiddel- en ander productgebruik: Schoonmaakmiddelen, HDO			0,43				0,03
Reinigen van tankauto's							0,14
Oplosmiddel- en ander productgebruik: NMVOS niet landbouw bestrijdingsmiddelen							0,00
Oplosmiddel- en ander productgebruik: kantoorartikelen, HDO							0,00
SBI 45.1: Garagebedrijven, antiroest beh.							0,01
SBI 47.3: Benzinestations, lekverliezen vullen autotank							0,31
SBI 47.3: Benzinestations, verdrijvingsverliezen - autotanks							0,57
SBI 46.71: Groothandel in brandstoffen en overige minerale olieproducten							0,46
SBI 96.032: Crematoria, mortuaria en begraafplaatsen				0,00	0,01		

De verbranding van fossiele brandstoffen binnen de sector HDO geeft emissies met een behoorlijke bijdrage aan het nationaal totaal, met uitzondering van ammoniak. Emissieoorzaken gerelateerd aan benzinestations en groothandel in brandstoffen resulteren in significante emissies van benzeen. Ammoniak komt binnen de sector HDO in significante hoeveelheden vrij bij schoonmaakmiddelen.

3.25.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) zijn de emissiekaracteristieken van GCN sector 6400 opnieuw onderzocht.

Verbrandingsemissies Handel, diensten en overheid

Binnen GCN 6400 is de verbrandingsemissie in de HDO sector de belangrijkste emissieoorzaak. Voor alle stoffen behalve NH₃ wordt een significante bijdrage gerapporteerd.

Net als in Dröge et al (2010) is een indicatie nodig van de gemiddelde hoogte van een gebouw, om in te schatten wat de gemiddelde emissiehoogte is. Hiervoor is het aantal werknemers per bedrijfsgrootteklasse (volgens CBS) als indicatie genomen (Tabel 54). Voor elk van deze grootteklassen is een hoogte ingeschat (vergelijkbaar met de waarden in Dröge et al, 2010). De gemiddelde gewogen bronhoogte komt uit op 11 meter, net als in Dröge et al (2010).

Tabel 54: Grootteverdeling volgens LISA bestand van bedrijven binnen de sector HDO, het aantal bouwlagen per klasse en de gemiddelde bronhoogte per klasse.

Grootteklasse (aantal werknemers per bedrijf)	Percentage werknemers werkzaam in betreffende klasse	Geschat aantal bouwlagen boven maaiveld	Gemiddelde bronhoogte (m)
0 - 10	15	1,5	4,25
10 - 50	15	2,5	6,75
50 - 100	7	3	8
100 - 500	18	4	10,5
> 500	45	6	15,5

De gemiddelde gebouwgrootte lijkt ook beperkt gewijzigd te zijn ten opzichte van 2010. In NVM Business (2021) wordt de grootte van kantoorruimte in 2011 en 2021 met elkaar vergeleken. Hieruit blijkt dat de grootste categorie 1% is toegenomen (van 30 naar 31%). Gezien de beperkte wijziging in grootteverdeling van kantoorruimten, stellen we voor om voor de verbrandingsemissies dezelfde hoogte te gebruiken als in Dröge et al (2010).

Voor de verbrandingsemissies in HDO is in Dröge et al. (2010) een warmte inhoud van 0,36 - 90 kW afgeleid (wisselend per type gebouw en grootte van de verwarmingsinstallatie). Er is een gewogen gemiddelde van 14 kW afgeleid. Het totale aardgasverbruik in de sector HDO is gedaald van 141.7 PJ in 2009 naar 109,4 PJ in 2021 (CBS StatLine), dus mogelijk is de warmte inhoud van de rookgassen ook afgenomen. Dit hangt echter af van de grootte van de installaties en op welke percentage van de capaciteit meestal wordt gestookt.

Als er veel grote bedrijven met grote verwarmingsinstallaties bij zijn gekomen, dan zou de warmte inhoud juist wat kunnen zijn gestegen. Omdat de grootte van de installaties onbekend is, wordt voorgesteld om de warmte inhoud van 14 kW te blijven gebruiken.

Schoonmaakmiddelen

NH₃ emissies komen voornamelijk vrij bij het gebruik van schoonmaakmiddelen. In Dröge et al. (2010) is aangenomen dat het gebruik van schoonmaakmiddelen homogeen verdeeld is over bouwlagen genoemd in Tabel 54. Als er van hetzelfde gewogen gemiddelde uit wordt gegaan komt hiermee de emissiehoogte op 6 meter uit. Er komt hierbij geen warmte vrij.

Benzinestations en groothandel in brandstoffen

Benzeen emissies komen voornamelijk vrij bij benzinestations en bij groothandels in brandstoffen. Voor benzinestations en groothandels in brandstoffen wordt in Dröge et al. (2010) een hoogte van 1 meter voor benzinestations en 3-20 meter voor benzinedistributiedepots. Er is een gewogen gemiddelde van 3 meter afgeleid. Er komt hier geen warmte bij vrij.

De hoogte van de emissies van NO_x, SO_x, PM₁₀, PM_{2.5} en CO kan variëren tussen 4 meter en 20 meter. De warmte inhoud bij deze stoffen kan variëren tussen 0,4 en 90 kW

De hoogte van de NH₃ emissies kan variëren tussen 1 en 20 meter (afhankelijk van de verdieping waarop de schoonmaakmiddelen gebruikt worden), en de hoogte van de benzeen emissies kan variëren tussen 1 en 20 meter.

3.25.3 Samenvatting emissiekaracteristieken

In Tabel 55 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 55: Aanbevolen verspreidingsparameters voor HDO, overig.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
NO _x , SO _x , PM ₁₀ , PM _{2,5} en CO	11	0,014
NH ₃	6	0
Benzeen	3	0

3.25.4 Referenties

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- NVM Business, 2021. Kantoren in cijfers 2021 Statistieken van de Nederlandse kantorenmarkt.
<https://www.nvm.nl/media/dnin504s/20210630-web-spread-nvm-kantoren-in-cijfers-2021.pdf>

3.26 GCN 8110, Consumenten: vuurhaarden: Hoofdverwarming/koken/warmwater

3.26.1 Emissiebronnen

Onder GCN 8110 valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 56. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 56: Bijdrages per stof van de onder GCN 8110 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Vuurhaarden consumenten, hoofdverwarming woningen	0,46	0,97		0,21	0,38	0,94	0,49
Vuurhaarden consumenten, koken	0,01	0,10		0,04	0,07	0,03	0,01
Vuurhaarden consumenten, warm water voorziening	0,06	0,20		0,04	0,07	0,19	0,10

Het verbranden van aardgas in woningen als hoofdverwarming, warm water en koken is vooral belangrijk voor NO_x en in mindere mate ook voor de andere stoffen (behalve NH₃).

3.26.2 *Uitworphoogte en warmte inhoud*

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is LED sector 8100 opgesplitst in GCN 8110 (consumenten hoofdverwarming/koken/warmwater) en GCN 8120 (consumenten sfeerverwarming). Verder zijn er geen nieuwe inzichten in hoogte en warmte inhoud.

De warmte inhoud en hoogte van consumenten hoofdverwarming/koken/warmwater is uitgewerkt in Dröge et al (2010). In dit document wordt de gemiddelde hoogte ingeschat op 11 meter, en de gemiddelde warmte inhoud op 0,005 MW.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 4 en 20 meter, afhankelijk van de hoogte van het gebouw. De warmte inhoud kan variëren tussen 0,003 en 0,008 MW.

3.26.3 *Samenvatting emissiekenmerken*

In Tabel 57 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 57: Aanbevolen verspreidingsparameters voor vuurhaarden, hoofdverwarming/koken/warmwater.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	11	0,005

3.26.4 *Referenties*

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.27 **GCN 8120, Consumenten: vuurhaarden: Sfeerverwarming**

3.27.1 *Emissiebronnen*

Onder GCN 8120 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 58. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 58: Bijdrages per stof van de onder GCN 8120 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Vuurhaarden consumenten, sfeerverwarming woning	0,90	0,59	0,11	13,85	23,20	10,55	22,13

De emissies van ten gevolge van sfeerverwarming zijn zeer belangrijk, met bijdragen van alle stoffen boven de 0,1%. Met name de emissies van PM₁₀, PM_{2,5} en benzeen bevinden zich ruim boven de 10%.

3.27.2 *Uitworphoogte en warmte inhoud*

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is LED sector 8100 opgesplitst in GCN 8110 (consumenten hoofdverwarming/koken/warmwater) en GCN 8120 (consumenten sfeerverwarming). Verder zijn er geen nieuwe inzichten in hoogte en warmte inhoud.

De warmte inhoud en hoogte van sfeerverwarming is uitgewerkt in Dröge et al (2010). In dit document wordt de gemiddelde hoogte ingeschat op 9 meter, en de gemiddelde warmte inhoud op 0,005 MW.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 4 en 13 meter, afhankelijk van de hoogte van het gebouw. De warmte inhoud kan variëren tussen 0,001 en 0,01 MW.

3.27.3 *Samenvatting emissiekaracteristieken*

In Tabel 59 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 59: Aanbevolen verspreidingsparameters voor vuurhaarden, sfeerverwarming.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (kW)
Alle stoffen	9	0,005

3.27.4 *Referenties*

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.28 **GCN 8210, Consumenten: overig: vuurwerk**

3.28.1 *Emissiebronnen*

Onder GCN 8210 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 60. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 60: Bijdrages per stof van de onder GCN 8210 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Afsteken vuurwerk	0,27	0,00		6,94	6,35	0,03	

Het afsteken van vuurwerk draagt significant bij aan de emissie van met name PM₁₀ & PM_{2.5}. Onder het afsteken van vuurwerk valt naast consumentenvuurwerk het professionele/evenementen vuurwerk.

3.28.2 *Uitworphoogte en warmte inhoud*

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is LED sector 8200 opgesplitst in GCN 8210 (vuurwerk) en GCN 8260 (overig). Verder zijn er geen nieuwe inzichten in hoogte en warmte inhoud.

De hoogte van vuurwerk is uitgewerkt in Dröge et al (2010). In dit document wordt de gemiddelde hoogte ingeschat op 21 meter (met een range van 0-200 meter).

De warmte inhoud is afhankelijk van de hoeveelheid pyrotechnisch mengsel. Voor fonteinen is maximaal 100 gram pyrotechnisch mengsel toegestaan en voor vuurpijlen is 1,5 tot 40 gram pyrotechnische stoffen toegestaan. Voor andere typen vuurwerk ligt de maximale hoeveelheid pyrotechnisch mengsel per compartiment lager. (<https://wetten.overheid.nl/BWBR0027932/2018-11-16>).

In geval van een fontein met 100 gram pyrotechnisch mengsel, met een geschatte energie inhoud van 10 MJ/kg, en een ontstekingsduur van 1 minuut, komt de warmte inhoud uit op $10 * 0,1 / 60 = 0,017$ MW. Voor grote vuurpijlen zal dit mogelijk nog wat hoger zijn (minder pyrotechnisch mengsel, maar kortere ontstekingsduur). Voor kleiner vuurwerk en andere soorten vuurwerk zal de warmte inhoud lager zijn. Naar schatting zal het vuurwerk gemiddeld een warmte inhoud van ongeveer 0,01 MW hebben.

In YIN et al, 2014 is studie gedaan naar de warmte-inhoud van pyrotechnische mengsels. Op basis van de daarin vermelde waarden wordt in combinatie met de hoeveelheid pyrotechnisch mengsel in knal- en siervuurwerk, de verdeling tussen de hoeveelheid afgestoken knal- en siervuurwerk en de geschatte brandduur per type vuurwerk een vergelijkbare gewogen gemiddelde warmte-inhoud afgeleid.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 1 meter en 200 meter, en de warmte inhoud kan variëren tussen 0 en 0,02 MW.

3.28.3 Samenvatting emissiekaracteristieken

In Tabel 61 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 61: Aanbevolen verspreidingsparameters voor consumenten, vuurwerk.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	21	0,01

3.28.4 Referenties

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- [wetten.nl - Regeling - Regeling aanwijzing consumenten- en theatervuurwerk - BWBR0027932 \(overheid.nl\)](https://wetten.nl/Regeling-Regeling-aanwijzing-consumenten-en-theatervuurwerk-BWBR0027932-overheid.nl)
- YIN et al; Study on combustion heat of pyrotechnics; 2014 International Symposium on Safety Science and Technology; Procedia Engineering 84 (2014) 849 – 853
- Fritz Keller, Christian Schragen; Determination of Particulate Matter Emission Factors of Common Pyrotechnic Articles; Verband der pyrotechnischen Industrie (VPI); Propellants, Explosives, Pyrotechnics; 2021

3.29 GCN 8220, Consumenten: overig: vreugdevuren

3.29.1 Emissiebronnen

Onder GCN 8220 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 62. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 62: Bijdrages per stof van de onder GCN 8220 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Vreugdevuren	0,00	0,00		0,01	0,02	0,01	

3.29.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is de emissieoorzaak van GCN 8220 nieuw toegevoegd, en hiervoor zijn bijbehorende emissiekenmerken bepaald.

Emissies van vreugdevuren worden jaarlijks berekend door de Emissieregistratie op basis van een inschatting van het aantal vreugdevuren en de gemiddelde grootte. Deze inschatting is gemaakt voor nieuwjaarsvuren, paasvuren, Meierbliss, Luilak en Sint Maarten. Van de grootste vuren zijn werkelijke groottes bekend (via berichten in de media), terwijl voor de kleinere vreugdevuren een inschatting is gemaakt.

De grootte van de vreugdevuren varieert tussen 10.000 m³ voor de nieuwjaarsvuren tot 16 m² voor de Luilakvuren. Voor Sint Maarten en voor kerstboomverbrandingen is de grootte van de vuren niet bekend, en is ten behoeve van de emissieberekening alleen een schatting gemaakt van het totaal.

Voor de emissiehoogte wordt de gemiddelde hoogte van het betreffende vreugdevuur genomen. Deze varieert van 1,5 meter voor kleine vuren tot 42 meter voor de grootste nieuwjaarsvuren. De gewogen gemiddelde hoogte in 2018 is 9 meter. Vanaf 2019 zijn er geen grote nieuwjaarsvuren meer geweest, en komen we op een gewogen gemiddelde hoogte uit van 5 meter.

De warmte inhoud van de pluim kan berekend worden op basis van de hoeveelheid verbrand hout.

Formule voor de berekening van de sensible heat flux (Mandel, et al., 2011):

$$\phi_h = \frac{F(t) - F(t + \Delta t)}{\Delta t} \frac{1}{1 + M_f} w_\ell h, \quad (\text{W m}^{-2})$$

F(t) Fractie hout dat nog niet verbrand is op tijdstip t

F(t+Δt) Fractie hout dat nog niet verbrand is op tijdstip t+Δt

Δt Tijd dat het vuur brand (sec)

M_f Vochtgehalte van het hout

w_l Totale hoeveelheid hout op het vuur (kg/m²)

h Stookwaarde van droog hout (J/kg)

Bovenstaande formule is bedoeld om de sensible heat flux bij natuurbranden te berekenen. Omdat we in dit geval een gecontroleerd groot vuur willen berekenen, waarvan slechts een deel van de warmte in de pluim komt, willen we 3 punten aanpassen in de formule:

- We willen de warmte inhoud van het vuur als geheel berekenen. Dus we rekenen niet per m², maar voor het totaal.
- We willen de gemiddelde warmte inhoud van de gehele tijd dat het vuur brandt berekenen. Daarom is $F(t)$ gelijk aan 1, $F(t+\Delta t)$ gelijk aan 0 en Δt gelijk aan de duur van vuur.
- Een deel van de warmte gaat niet mee in de pluim, maar wordt via straling afgegeven aan de omgeving. In een rapport van de brandweeracademie (2018) wordt aangegeven dat 70% van de warmte vrijkomt als convectief vermogen (opwarming van gassen die vervolgens opstijgen). In dit rapport wordt ook gerefereerd aan Oleszkiewics (1989) die berekent dat 60% vrijkomt via straling, en dus 40% via convectief vermogen. Gegeven deze waarden, zal ongeveer 50% van de warmte vrijkomen als straling, en ongeveer 50% als convectief vermogen. Om de warmte inhoud van de pluim te berekenen, vermenigvuldigen we de sensible heat flux met een factor 0.5.

De aangepaste formule wordt:

$$\text{Warmte inhoud} = \frac{1}{\Delta t \times 3600} \times \frac{1}{1 + M_f} \times V \times \rho \times h \times f_{\text{pluim}}$$

Waar:

Δt	Tijdsduur van het vuur (uur)
M_f	Vochtgehalte van het hout
V	Totale hoeveelheid hout op het vuur (m ³)
ρ	Dichtheid van het hout (kg/m ³)
h	Stookwaarde van droog hout (J/kg)
f_{pluim}	Fractie convectief vermogen

Doordat de grootte van de vreugdevuren in de afgelopen jaren veel verschilden, verschillen ook de bijbehorende emissiekenmerken. Onderstaande tabel geeft de variabelen weer die zijn gebruikt om de warmte inhoud te berekenen. De grote nieuwjaarsvuren in Scheveningen en Duindorp bestaan uit pallets, terwijl de andere vuren grotendeels bestaan uit snoeiafval.

	Δt	M_f	V (2018)	V (2019)	V (2020)	ρ	h	f_{pluim}
Grote nieuwjaarsvuren	8	0.15	10.000	0	0	181	15.6	0.5
Grote paasvuren	8	0.4	4.000	500	0	150	6	0.5
Kleine paasvuren	6	0.4	250	250	0	150	6	0.5
Meierbliss	6	0.4	250	250	0	150	6	0.5
Luilakvuren	3	0.4	16	16	0	150	6	0.5

- Δt : Tijdsduur van het vuur (uur). De tijdsduur van het vreugdevuur is geschat. Het nieuwjaarsvuur in de nacht van 2018/2019 is na ongeveer 4 uur geblust (OVV, 2019). Om het nasmeulen ook mee te tellen, zijn we uitgegaan van 8 uur. Voor de kleinere vuren zijn kortere tijden aangehouden.

- M_r : Vochtgehalte van het hout. Vers snoeihout heeft een vochtgehalte tussen 40% en 60%. Hiervan hebben we de ondergrens aangehouden. Pallets zijn beter gedroogd, en hiervoor is een vochtpercentage van 15% ingeschat.
- V : Totale hoeveelheid hout op het vuur (m³). De grootte van de vuren is gebaseerd op berichten in de media (voornamelijk grote vuren) en een schatting voor de kleinere vuren (zie vorig hoofdstuk)
- ρ : Dichtheid van het hout (kg/m³). De dichtheid van snoeihout is gebaseerd op de “overzichtstabel soortelijk gewicht afvalstromen” op de website van www.lne.be. De dichtheid van pallets is gebaseerd op het gewicht (25 kg) en het formaat (0.138 m³) van pallets.
- h : Stookwaarde van droog hout (J/kg). De stookwaarde van snoeihout ligt aan de ondergrens van ‘Other primary solid biomass’ in de 2006 IPCC Guidelines. De stookwaarde van pallets is gelijk aan de gemiddelde stookwaarde van ‘wood/wood waste’ in de 2006 IPCC Guidelines.
- f_{pluim} : Fractie convectief vermogen. Dit is gebaseerd op 2 rapporten over brandoverslag (zie vorig hoofdstuk).

De warmte inhoud varieert van 0,5 MW voor kleine vuren tot 400 MW voor de grootste nieuwjaarsvuren. De gewogen gemiddelde warmte inhoud in 2018 is 60 MW. Vanaf 2019 zijn er geen grote nieuwjaarsvuren meer geweest, en komen we op een gewogen gemiddelde hoogte uit van 10 MW.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 1 meter en 40 meter. De warmte inhoud bij deze stoffen kan variëren tussen 0,5 en 400 MW.

3.29.3 Samenvatting emissiekenmerken

In Tabel 63 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 63: Aanbevolen verspreidingsparameters voor consumenten, vreugdevuren.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	5	10

3.29.4 Referenties

- Brandweeracademie (2018). Brandoverslag. Handelingsperspectief en literatuuronderzoek. Arnhem: Instituut Fysieke Veiligheid.
- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Volume 2, chapter 1.
- Mandel, J., Beezley, J.D., Kochanski, A.K., 2011. Coupled atmosphere-wildland fire modeling with WRF 3.3 and SFIRE 2011. Geosci. Model Dev., 4, 591-610. doi:10.5194/gmd-4-591-2011.
- Oleszkiewicz, I. (1989). Heat transfer from a window fire plume to a building facade. American Society of Mechanical Engineers, 123, 163–170.
- OVV, 2019. Vlieg vuur op Scheveningen. Onderzoeksraad voor Veiligheid.
- Dröge R., Koch R., Emissiekenmerken vreugdevuren, Notitie aan RIVM, 2022.

3.30 GCN 8230, Consumenten: overig: woningbranden

3.30.1 Emissiebronnen

Onder GCN 8230 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 64. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 64: Bijdrages per stof van de onder GCN 8230 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Woningbranden	0,08	0,03	0,10	1,48	2,40	1,38	

3.30.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is de emissieoorzaak van GCN 8230 nieuw toegevoegd, en hiervoor zijn bijbehorende emissiekenmerken bepaald.

Voor de uitworphoogte wordt gebruik gemaakt van dezelfde emissiehoogte als bij consumenten sfeerverwarming (GCN 8120), zijnde 9 meter hoogte.

In Visschedijk et al (2022) is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid verbrand materiaal tijdens een woningbrand, op basis van de grootte van een brand (1 kamer of gehele woning) en de hoeveelheid brandbaar materiaal in een woning. Dit resulteert in een gemiddelde hoeveelheid verbrand materiaal van 5,8 ton.

Uitgaande van een woningbrand temperatuur van ruim 600°C en een brand duur van 2 uur bedraagt de hoeveelheid warmte die vrijkomt bij de verbranding van 5,8 ton brandbaar materiaal ongeveer 0,5 MW.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 1 meter en 40 meter. De warmte inhoud is erg onzeker en kan zeker een factor 2 variëren.

3.30.3 Samenvatting emissiekenmerken

In Tabel 65 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 65: Aanbevolen verspreidingsparameters voor consumenten, woningbranden.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	9	0,5

3.30.4 Referenties

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenmerken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- Visschedijk, A., Meesters, J.A.J., Nijkamp, M.M., Koch, W.W.R., Jansen, B.I., Dröge, R., 2022. Methodology for the calculation of emissions from product usage by consumers, construction and services. RIVM report 2022-0003.

3.31 GCN 8240, Consumenten: overig: autobranden

3.31.1 Emissiebronnen

Onder GCN 8240 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 66. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 66: Bijdrages per stof van de onder GCN 8240 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Autobranden				0,06	0,11		

3.31.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is de emissieoorzaak van GCN 8240 nieuw toegevoegd, en hiervoor zijn bijbehorende emissiekenmerken bepaald.

De maximale hoogte van een auto is in Nederland wettelijk vastgesteld op 4 meter. Uit de statistieken van de BOVAG RAI (Mobiliteit in cijfers 2018-2019) blijkt dat de gemiddelde hoogte van de top 50 best verkochte personenauto's vanaf 1980 langzaam is toegenomen tot 1,5 meter hoogte.

De meeste brandbare delen van een auto bevinden zich echter niet op dakhoogte, maar eerder in het motorruim (benzine & motor), leefgedeelte (interieur) en kofferbak (bagage en benzinetank). De uitworp hoogte van een autobrand bevindt zich daarmee eerder op 1 meter hoogte.

De warmte inhoud van een autobrand wordt bepaald door de beschikbaarheid van brandbare stoffen als brandstof, (brandbare) interieurdelen en eventuele bagage. Uit Lönnermark en Blomqvist (2006) blijkt dat de warmte die vrijkomt bij een autobrand varieert tussen de 1,5 MW tot 8 MW, waarbij de meeste tests een waarde onder de 5 MW lieten zien.

In dit document wordt de gemiddelde hoogte ingeschat op 1 meter, en de gemiddelde warmte op 4 MW.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 1 meter en 4 meter. De warmte inhoud kan variëren tussen 1,5 en 8 MW.

3.31.3 Samenvatting emissiekenmerken

In Tabel 67 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 67: Aanbevolen verspreidingsparameters voor consumenten, autobranden.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	1	4

3.31.4 Referenties

- ANWB: <https://www.anwb.nl/juridisch-advies/in-het-verkeer/verkeersregels/afmetingen-van-autos-en-aanhangers#:~:text=De%20maximale%20hoogte%20van%20een%20persoonauto%20is%204%2C00%20meter.&text=De%20maximale%20lengte%20van%20een,achter%20is%20dit%2018%20meter.>
- BOVGRAI: Mobiliteit in cijfers Auto's 2018-2019
- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekenarakteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.
- A. Lönnemark, P. Blomqvist, 2006. Chemosphere 62 (2006) 1043–1056

3.32 GCN 8250, Consumenten: overig: Afzet op natuurterreinen en bij particulieren

3.32.1 Emissiebronnen

Onder GCN 8250 valt een emissieoorzaak die is weergegeven in Tabel 68. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 68: Bijdrages per stof van de onder GCN 8250 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Afzet op natuurterreinen en bij particulieren - emissie NH ₃		0,55	1,98				

3.32.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is de emissieoorzaak van GCN 8250 nieuw toegevoegd, en hiervoor zijn bijbehorende emissiekenarakteristieken bepaald.

Deze emissieoorzaak kan gezien worden als een vorm van mestaanwending/beweidings is en daarmee zijn de emissiekenarakteristieken vergelijkbaar met die van GCN 4741-4749 Landbouw: veehouderij: Mestaanwending.

De emissiehoogte van de afzet op natuurterreinen en bij particulieren bevinden zich in de basis op grondniveau of iets daarboven. Evenals bij de aanwending van kunstmest in Dröge, 2010 is er geen reden om een warmte-inhoud toe te kennen aan GCN 8250.

3.32.3 Samenvatting emissiekenarakteristieken

In Tabel 69 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 69: Aanbevolen verspreidingsparameters voor afzet op natuurterreinen en bij particulieren.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	0,5	0

3.32.4 Referenties

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

3.33 GCN 8260, Consumenten: overig

3.33.1 Emissiebronnen

Onder GCN 8260 valt een aantal emissieoorzaken welke zijn weergegeven in Tabel 70. Tevens is in deze tabel per stof aangegeven wat de bijdrage van elke emissieoorzaak is aan het totaal van de bronnen in 2020. Relevant geachte bijdrages (bijdrages groter dan 0,1%) zijn vet gedrukt.

Tabel 70: Bijdrages per stof van de onder GCN 8260 vallende emissieoorzaken aan het nationaal totaal (%).

Procesomschrijving	SO ₂	NO _x	NH ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆
Branden van kaarsen				0,00	0,00		0,06
Roken van sigaren		0,00	0,01	0,16	0,29	0,02	0,02
Roken van sigaretten		0,01	0,05	1,35	2,38	0,17	0,20
Transpiratie en ademen			1,40				
Vleesbereiden: Bakken, braden en barbecuen				0,92	1,22		
Houtskoolverbruik door consumenten: barbecuen	0,01	0,00		0,07	0,12	0,34	0,21
Huisdieren mest			1,26				
Oplosmiddel- en ander productgebruik: Autoprodukten, consumenten							0,00
Oplosmiddel- en ander productgebruik: Leer- en meubelonderhoud							0,01
Oplosmiddel- en ander productgebruik: Schoonmaakmiddelen, consumenten			0,43				0,14
Oplosmiddel- en ander productgebruik: kantoorartikelen, consumenten							0,00

3.33.2 Uitworphoogte en warmte inhoud

Ten opzichte van de rapportage uit 2010 (Dröge et al, 2010) is LED sector 8200 opgesplitst in GCN 8210 (vuurwerk) en GCN 8260 (overig). Verder zijn er geen nieuwe inzichten in hoogte en warmte inhoud.

De hoogte van overige consumenten emissies is uitgewerkt in Dröge et al (2010). In dit document wordt de gemiddelde hoogte ingeschat op 1 meter, en een warmte inhoud van 0-0.005 MW. In Dröge et al (2010) is een warmte inhoud van 0 MW voorgesteld, maar deze kunnen we nu bijwerken naar 0,002 MW.

De hoogte van deze emissiebron kan variëren tussen 1 meter en 20 meter, afhankelijk van de verdieping waar de emissies vrijkomen, en de warmte inhoud kan variëren tussen 0 en 0,005 MW.

3.33.3 *Samenvatting emissiekaracteristieken*

In Tabel 71 zijn de aan te nemen emissiehoogtes en warmteproducties per stof samengevat.

Tabel 71: Aanbevolen verspreidingsparameters consumenten overig.

Stof	Hoogte (m)	Warmte (MW)
Alle stoffen	1	0,002

3.33.4 *Referenties*

- Dröge, R., Hulskotte, J.H.J., Visschedijk, A.J.H., Jansen, B.I., Heslinga, D.C., 2010. Verbetering en onderbouwing van de emissiekaracteristieken van individueel en collectief geregistreerde bronnen. TNO rapport TNO-034-UT-2010-01108_RPT-ML.

4 Conclusie

De laatste inventarisatie van emissiekaracteristieken dateert van 2010 (TNO-034-UT-2010-0118_RPT-ML) en inmiddels is een deel van de toenmalige LED-sectoren (deels) opgedeeld/opgesplitst in meerdere GCN sectoren waardoor er een update noodzakelijk is.

De emissiekaracteristieken afgeleid in deze studie en in een eerdere studie uit 2010 (Dröge et al (2010): TNO-034-UT-2010-0118_RPT-ML) worden door het RIVM gebruikt in luchtkwaliteitsberekeningen met OPS. Met name op lokale schaal hebben de gebruikte emissiekaracteristieken effect op de berekende concentratie. Tegelijkertijd zijn sommige van de emissiekaracteristieken onzeker, of zijn verschillende hoogtes mogelijk, terwijl met een gemiddelde hoogte wordt gerekend. Bij het gebruik van de informatie in deze rapportage en in Dröge et al (2010) moet rekening gehouden worden met de onzekerheden als gevolg hiervan.

Vergeleken met de emissiekaracteristieken uit Dröge et al (2010) zijn de emissiekaracteristieken van verschillende GCN sectoren bijgewerkt. Voor veel GCN sectoren was een kleine update nodig vanwege herallocatie van emissieoorzaken naar nieuwe GCN sectoren. Hierbij zijn de emissiekaracteristieken zelf ongewijzigd. Voor enkele GCN sectoren zijn echter wel de emissiekaracteristieken opnieuw onderzocht en bijgesteld. Daarnaast zijn voor enkele nieuwe emissiebronnen geheel nieuwe emissiekaracteristieken afgeleid. Een compleet overzicht van de emissiehoogte en warmte inhoud van alle GCN sectoren wordt getoond in hoofdstuk 2.

5 Ondertekening

Naam van de opdrachtgever:

RIVM

Postbus 1

3720 BA Bilthoven

Tijdsbestek waarin het onderzoek heeft plaatsgehad:

December 2021 – Oktober 2022

Naam en functies van medewerkers:

Rianne Dröge

René Koch

Naam en paraaf tweede lezer:

Peter Coenen

Ondertekening: Autorisatie vrijgave:



Bart Jansen
Projectleider

Sam van Goethem
Deputy Research Manager