

MEMO

KENMERK	D81-DRH-HS-MEMO-22004994
PROJECTNUMMER	MN004106
STATUS	Vrijgegeven
VERSIE	1.0
ONDERWERP	Uitgangspunten en emissiefactoren voor berekening CO ₂ en NO _x
DATUM	17 juni 2022

Uitgangspunten en emissiefactoren voor berekening CO₂ en NO_x

Om de berekening van CO₂-eq.-emissies¹ en NO_x-emissies correct uit te kunnen voeren zijn verschillende invoergegevens nodig. Op basis van de invoergegevens en emissiefactoren komt de berekening tot stand die leidt tot het resultaat (zie Figuur 1). Leidend voor de emissiefactoren en berekening zijn AERIUS en CO₂emissiefactoren.nl². Dit document biedt uniforme handvatten om beide emissieberekeningen uit te voeren en te vergelijken. De emissiefactoren worden met enige regelmaat (voor NO_x jaarlijks) bijgewerkt op basis van nieuwe inzichten. Daarom blijft de meest recente informatie van AERIUS en CO₂emissiefactoren.nl leidend en kan het zijn dat de opgenomen getallen in dit document op den duur niet meer de meest recente getallen zijn.



Figuur 1 Methodiek berekening CO₂ en NO_x

De uitgangspunten en emissiefactoren voor de berekening van CO₂- en NO_x-emissie kunnen worden gebruikt voor:

- Het bieden van inzicht in emissies van een project om de uitvoering te optimaliseren wat betreft emissies (doorrekenen van alle voertuigbewegingen);
- Het doorrekenen van scenario's om verschillen te duiden (hierbij worden voor de invoergegevens alleen de ritten gebruikt waarop de scenario's verschillen).

Ten slotte wordt met twee rekenvoorbeelden weergegeven hoe deze uitgangspunten kunnen worden toegepast in een emissieberekening.

¹ In het vervolg van dit document wordt CO₂-eq.-emissies geschreven als CO₂-emissies. Dit is representatief voor de broeikasemissies CO₂, CH₄ en N₂O.

² De CO₂-emissiefactoren zijn kengetallen die gebruikt kunnen worden voor carbon footprinting: het toerekenen van CO₂ aan (bedrijfs-)activiteiten.

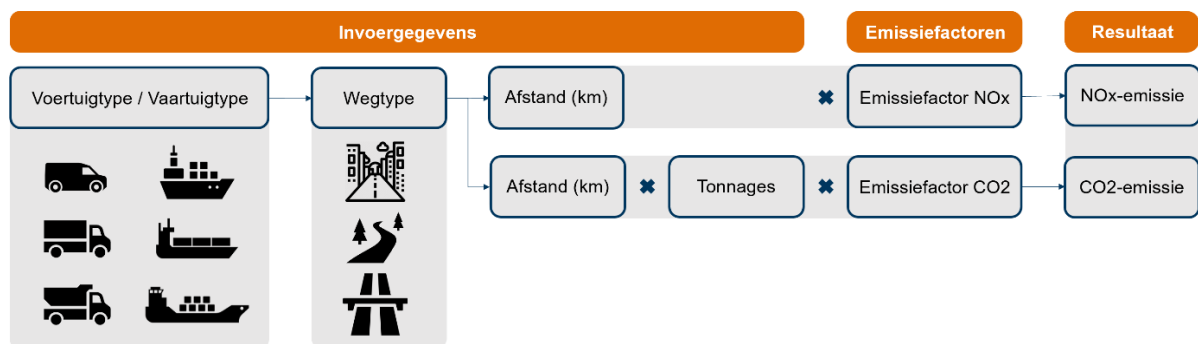
MEMO

Invoergegevens

Voor elke berekening zijn invoergegevens en keuzes nodig die effect hebben op de emissie. Dit zijn:

- Voertuig- of vaartuigtype (bestelauto, vrachtauto licht, vrachtauto midden, vrachtauto groot, trekker-oplegger, klein binnenvaartschip, middel binnenvaartschip, groot binnenvaartschip);
- Wegtype (stad / binnen bebouwde kom, buitenweg / provinciale weg, snelweg);
- Afstand in kilometers en tonnages (tonnages zijn alleen nodig voor de CO₂ berekening en niet voor NO_x).

De voertuig- en vaartuigtypes zijn te kiezen door middel van het laadvermogen. Voor het gebruik van voertuigen is het van belang om ook het wegtype op te geven. Afhankelijk van het voertuig- of vaartuigtype en het wegtype is er een emissiefactor aangegeven. De emissiefactor dient te worden vermenigvuldigd met de afstand en tonnages (voor CO₂) om tot een emissie te komen (zie Figuur 2). De emissiefactoren die hieronder zijn weergegeven zijn gebaseerd op het brandstofverbruik fossiele diesel. De emissiefactoren bij gebruik van alternatieve brandstoffen kunnen afwijken van gegeven emissiefactoren.



Figuur 22 Methode berekening emissie, met aangegeven de stappen behorende bij de invoergegevens, emissiefactoren en resultaten.

Wegverkeer

Voertuigtype

In onderstaande tabel zijn de verschillende voertuigtypes voor wegverkeer weergegeven. Hierbij is het laadvermogen en de maximum massa van het voertuig inzichtelijk gemaakt. De bijbehorende verkeerscategorie voor NO_x-emissiefactoren is in de rechter kolom te zien.

MEMO

Tabel 1 Verschillende voertuigtypes

Voertuigtype	Laadvermogen	Maximum massa voertuig	Verkeerscategorie NO _x -emissiefactoren
Bestelauto	≤ 1,2 ton	< 3,5 ton	Licht wegverkeer
Vrachtauto licht	≤ 3 ton	< 10 ton	Middelzwaar wegverkeer
Vrachtauto midden	≤ 7,5 ton	≤ 20 ton	Middelzwaar wegverkeer
Vrachtauto groot	≤ 28 ton	> 20 ton	Zwaar wegverkeer
Trekker-oplegger	≤ 29,2 ton	≥ 3,5 ton	Zwaar wegverkeer

Wegtype

Voor het wegverkeer is het, naast het bepalen van het voertuigtype, ook van belang om de wegtypes mee te nemen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de wegtypes: stad (binnen bebouwde kom), provinciale weg / buitenweg, en snelweg. Afhankelijk van het type voertuig en het type weg is in onderstaande tabel de emissiefactor voor NO_x te vinden in g/km.

Voor NO_x-emissies wordt gekeken naar de onderliggende data van de AERIUS Factsheet Wegverkeer – emissiefactoren standaard³. In dit document worden emissiefactoren gegeven van verschillende voertuigtypen en wegtypen voor verschillende componenten (stoffen, waaronder NO_x en PM), doorstromingstypen en jaren. Hierbij is uitgegaan van een verkeerscategorie (licht wegverkeer, middelzwaar wegverkeer of zwaar wegverkeer), een wegtype (stad / binnen bebouwde kom, provinciale weg / buitenweg of snelweg), de component NO_x en handhavingstypen (enkel voor snelweg). Per type is het gemiddelde genomen van de emissiefactoren over alle beschikbare jaren (2018-2030), voor alle doorstromingstypen en handhavingstypen (enkel voor snelweg).

Tabel 2 Verschillende wegtypen inclusief NO_x-emissiefactoren

Type wegverkeer	Emissiefactor Stad in gNO _x /km	Emissiefactor Provinciale weg in gNO _x /km	Emissiefactor Snelweg in gNO _x /km
Licht wegverkeer (bestelauto)	0,265591026	0,188280769	0,224097253
Middelzwaar wegverkeer (vrachtauto licht, vrachtauto midden)	4,080002564	1,992842308	2,119363736
Zwaar wegverkeer (vrachtauto groot, trekker-oplegger)	5,440239744	3,442096154	2,54425989

³ <https://www.aerius.nl/nl/factsheets/wegverkeer-emissiefactoren-standaard/13-01-2022>

MEMO

Voor de CO₂-emissies wordt gekeken naar de achterliggende data van CO₂emissiefactoren.nl, STREAM 2020⁴. Hier is data beschikbaar voor verschillende voertuigen, verschillende wegtypes en lading. Onderstaande tabel geeft de emissiefactoren voor CO₂ weer in g/tonkm voor verschillende groottes voertuigen in de stad, buitenwegen of de snelweg. De uitgangspunten van CO₂-emissiefactoren zijn hierbij leidend, dat uitgaat van middelzware lading als meest gangbare situatie.

Tabel 3 Verschillende wegtypen inclusief CO₂-emissiefactoren

Voertuigtype	Emissiefactor Stad in gCO ₂ /tonkm	Emissiefactor Buitenweg in gCO ₂ /tonkm	Emissiefactor Snelweg in gCO ₂ /tonkm	Gemiddelde emissiefactor over de verschillende wegtypen ⁵
Bestelauto	721,2	537,5	679,1	649,7
Vrachtauto licht (<10 ton)	376,3	254,9	231,5	275,1
Vrachtauto midden (10-20 ton)	279,0	186,1	156,4	194,2
Vrachtauto + aanhanger groot (>20 ton)	137,6	83,1	68,1	80,0
Trekker-oplegger	135,6	85,1	57,1	67,2

Vaarverkeer

Vaartuigtype

Voor vaarverkeer is in onderstaande tabel een uitsplitsing gemaakt van vaartuigtypes op basis van laadvermogen. Daarbij is de gemiddelde emissiefactor voor CO₂ en NO_x weergegeven.

Voor NO_x-emissies wordt gekeken naar de onderliggende data van de AERIUS Factsheet Binnenvaart - emissiefactoren varend⁶. In deze data worden emissiefactoren gegeven van verschillende vaartuigtypen op verschillende vaarweg categorieën, verschillende componenten (stoffen, waaronder NO_x en PM), bewegingstypen (stilliggend of varend), beladingstoestanden en jaren. Hierbij is uitgegaan van een varend bewegingstype, de stof NO_x en de vaarwegcategorie Waal zoals het uitgangspunt van de CO₂-emissies (zie hieronder). Voor de vaartuigtype is de bijbehorende scheepcategorie bepaald op basis van Richtlijnen Vaarwegen 2020⁷. Voor lichte vaartuigen wordt het gemiddelde genomen van de NO_x-emissiefactor van schepen Spits (M1) en Kempenaar (M2), voor middelgrote

⁴ CE_Delft_190325_STREAM_Goedervervoer_2020_DEF_Versie2

⁵ Voor de weegfactor per wegtype heeft CO₂-emissiefactoren een aanname gedaan, welke in dit document is overgenomen.

⁶ <https://www.aerius.nl/nl/factsheets/binnenvaart-emissiefactoren-varend/13-01-2022>

⁷ Rijkswaterstaat. (2020). Richtlijnen Vaarwegen 2020, 2e druk (pp. 22-27)

MEMO

vaartuigen het gemiddelde van schepen RHS (M6) en Groot Rijnschip (M8), en voor grote vaartuigen het gemiddelde van de drie schepen Europa II-bak breed (BII-2b), 4 baksduwstel (BII-4) en 6 baksduwstel breed (BII-6b); in lijn met de methode van CO₂-emissiefactoren (zie hieronder). Per type is het gemiddelde genomen van de emissiefactoren over alle beschikbare jaren (2018-2030), voor alle stroomrichtingen en alle beladingstoestanden.

Voor CO₂-emissies wordt gekeken naar de onderliggende data van CO₂emissiefactoren.nl, STREAM 2020⁸. In deze data worden emissiefactoren gegeven van verschillende vaartuigen op verschillende vaarwegen voor verscheidene ladingen. De uitgangspunten van CO₂-emissiefactoren zijn hierbij leidend, dat uitgaat van een middelzware lading bij kleine vaartuigen en zware lading bij middel en grote vaartuigen. Verder gaat CO₂-emissiefactoren.nl uit van vaarweg Waal. Voor lichte vaartuigen wordt het gemiddelde genomen van de emissiefactor van schiptypes Spits en Kempenaar, voor middelgrote vaartuigen het gemiddelde van schepen RHS en Groot Rijnschip, en voor grote vaartuigen het gemiddelde van de drie schepen Europa II-bak breed, 4 baksduwstel en 6 baksduwstel breed; in lijn met de methode van CO₂-emissiefactoren.

Voor CO₂ moet de emissiefactor worden vermenigvuldigd met de tonnages en afstand om tot een emissie te komen, terwijl voor NO_x dit enkel vermenigvuldigd hoeft te worden met de afstand. De afstand wordt in kilometers gerekend.

Tabel 4 Verschillende vaartuigtypes

Vaartuigtype	Laadvermogen	NO _x -emissiefactor in g/km	CO ₂ -emissiefactor in g/tonkm ⁹
Klein (Spits en Kempenaar)	<1000 ton	96,21436538	30,73
Middel (Rhijn-Herne en Groot Rijnschip)	1001 – 4000 ton	319,7242596	23,345
Groot (Europa II-bak breed, 4 baksduwstel en 6 baksduwstel breed)	> 4000 ton	1229,065397	16,0166667

Afstand

Voor projectberekeningen van NO_x-emissie in AERIUS wordt gerekend tot "daar waar het verkeer opgaat in het heersende verkeersbeeld". Dit is echter specifiek voor in AERIUS, en geeft niet de grotere impact en het verkeersbeeld in Nederland weer. Om het effect van een innovatie door te rekenen, is het noodzakelijk om de impact breder inzichtelijk te hebben. Daarom is gekozen om de gehele afstand mee te nemen. Dit is ook het geval bij het berekenen van de CO₂-emissies.

⁸ CE_Delft_190325_STREAM_Goedervervoer_2020_DEF_Versie2

⁹ De CO₂-emissiefactoren zijn gemiddelden, waardoor het aantal decimalen verschilt en mogelijke afrondingsverschillen ontstaan.

MEMO

Bij de afstanden dient gerekend worden met te rijden kilometers van een retourrit, en niet een enkele rit. In de CO₂-emissiefactoren wordt rekening gehouden met een gemiddelde lege retourrit (daar zijn de emissiefactoren op ingericht – bij een volle retourrit kan hier onderbouwd van afgeweken worden). Bij NO_x gaat het om de afgelegde voertuigkilometer voor een gemiddelde verkeersstroom. Voor de berekening van NO_x- en CO₂-emissies is het van belang om de afstanden in kilometers mee te nemen, gezien de emissiefactoren in g/km en g/tonkm zijn weergegeven.

Tonnages

De tonnages waar mee gerekend dient te worden, geeft het te transporteren gewicht weer in duizenden kilogrammen.

De NO_x-emissiefactoren zijn weergegeven in g/km. De tonnages zijn derhalve niet van belang voor de NO_x-berekening. Voor de CO₂-emissie is het van belang afstanden in kilometers en de tonnages mee te nemen, gezien de emissiefactoren in g/tonkm zijn weergegeven.

Emissiefactoren

De NO_x- en CO₂-emissies zijn de Tank-to-Wheel (TtW) kengetallen. Tank-to-Wheel (TtW) zijn de directe emissies van de activiteit, bijvoorbeeld gebruik van brandstof in een voertuig. Er is gekozen om de TtW emissies te gebruiken, omdat dit de emissies zijn waar de gebruiker direct invloed op heeft.¹⁰

De NO_x-emissiefactoren geven de gemiddelde uitstoot van NO_x per afgelegde voertuigkilometer voor een gemiddelde verkeersstroom¹¹.

Op CO₂-emissiefactoren is ook de emissie van andere type brandstoffen te raadplegen, echter staan deze kengetallen vermeld per liter brandstof dat wordt verbruikt in plaats van de hoeveelheid ton per kilometer dat wordt vervoerd.

De emissiefactoren zijn weergegeven met alle beschikbare decimalen die ook in de bronbestanden worden gehanteerd. Hierdoor zijn er verschillen in hoeveelheid decimalen van verschillende type emissiefactoren.

Leidend voor de berekeningen van CO₂-emissies is CO2emissiefactoren.nl. De kengetallen van de CO₂-emissies in dit document kennen een publicatiedatum van januari 2021 en komen uit het brondocument STREAM 2020 Goederenvervoer, gepubliceerd door CE Delft in opdracht van Connekt. Leidend voor de berekeningen van NO_x-emissies is AERIUS.nl. De kengetallen van de NO_x-emissies in dit document kennen een publicatiedatum van januari 2022 en komen uit de Factsheet Wegverkeer – emissiefactoren standaard¹² en de Factsheet Binnenvaart – emissiefactoren varend¹³. Indien onderzoek tot nieuwe inzichten leidt kunnen deze kengetallen aangepast worden. In dat geval zijn de nieuwe kengetallen van CO₂ en NO_x leidend.

¹⁰ [Hoe werkt het | CO2 emissiefactoren](#)

¹¹ <http://resolver.tudelft.nl/uuid:500f483a-e92a-453c-b5ce-e87a1ef2e3e2>

¹² <https://www.aerius.nl/nl/factsheets/wegverkeer-emissiefactoren-standaard/13-01-2022>

¹³ <https://www.aerius.nl/nl/factsheets/binnenvaart-emissiefactoren-varend/13-01-2022>

MEMO

Indien bij een berekening meer gegevens beschikbaar zijn over het jaartal van emissie, voertuig-, vaartuig- of wegtype kan in de bronbestanden van AERIUS en CO2emissiefactoren.nl de specifieke emissiefactoren van dat type worden gebruikt. Hierbij is het noodzakelijk om de afwijking te onderbouwen en te verwijzen naar de gebruikte bronnen.

Resultaat

Uit de berekening van de emissies komt een resultaat in g NO_x en g CO₂. Dit kan worden gebruikt om inzicht te krijgen in emissies van een project om de uitvoering te optimaliseren wat betreft emissies (doorrekenen van alle voertuigbewegingen) of om verschillen te duiden in scenario's.

Rekenvoorbeelden

Met behulp van onderstaande rekenvoorbeelden worden handvatten geboden hoe bovenstaande uitgangspunten en bijbehorende emissiefactoren toegepast kunnen worden. Er wordt één rekenvoorbeeld (toepassing andere bouwmethode) gegeven waarbij de reductie van NO_x-emissies inzichtelijk wordt gemaakt en er wordt één rekenvoorbeeld (modal shift) gegeven waarbij de reductie van CO₂-emissies inzichtelijk wordt gemaakt. Deze rekenvoorbeelden zijn gebaseerd op echte data en dienen hier als voorbeeld om de impact op NO_x- en CO₂-emissies in kaart te brengen.

Rekenvoorbeeld 1: Toepassing andere bouwmethode– impact op NO_x

Het geheel of gedeeltelijk produceren van woningen in fabrieken onder geconditioneerde omstandigheden is een vorm van industrieel bouwen. Alle essentiële elementen van de woning worden in de fabriek geproduceerd als plug-and-play bouwstenen. De industriële wijze van bouwen heeft daarmee specifieke voordelen ten opzichte van het bouwen als maatwerk, waarbij het gros van de werkzaamheden door vakmensen op de bouwplaats wordt verricht.

Effect van gebruik industrieel bouwen op NO_x -emissies transport wegverkeer

Door het vertalen van de bouwvolgorde naar een optimale logistieke volgorde en het brengen van de materialen van alle leveranciers just-in-time naar de bouwplaats wordt er een reductie gerealiseerd op de emissie. Zo bestaat een hoekwoning met de nieuwe manier van bouwen uit bijv. zes vrachten en een tussenwoning uit bijv. vijf vrachten. Ten opzichte van de traditionele manier van werken worden drie vrachten per woning bespaard.

Op basis van bovenstaande input kan een NO_x-emissie berekening worden uitgevoerd. Voor het vervoer over de weg is uitgegaan van een besparing van drie vrachten / zes vervoersbewegingen van 150 km per beweging op basis van afstand voor niet-bulk materiaal.¹⁴ Er is uitgegaan van zwaar wegverkeer. Daarbij is geen verdere uitwerking over welke type weg (binnen bebouwde kom, provinciale weg of snelweg) noch over de doorstroming daarvan. Het is lastig om eenduidig te zeggen wat de verdeling van het wegverkeer zou zijn over de wegtypes, gezien de route en daarmee de verdeling afhangt van veel factoren. Om dit te middelen is op basis van expert-judgement voor al het wegverkeer het uitgangspunt genomen dat:

- 20% van het wegverkeer over wegtype binnen bebouwde kom rijdt;

¹⁴ Rijkswaterstaat (2022), [Dubo Calc WebApp](#)

MEMO

- 20% van het wegverkeer over wegtype provinciale weg rijdt;
- En 60% van het wegverkeer over wegtype snelweg rijdt.

In Tabel 2 zijn de gemiddelde emissiefactoren per type wegverkeer per type weg te zien. Met de verdeling van 20/20/60 voor de drie types wegverkeer komt dit uit op 3,303023114 gNO_x/km voor zwaar wegverkeer.

Er worden drie vrachten / zes vervoersbewegingen van 150 km per beweging bespaard. $6 \times 150 = 900$ km. $900 \times 3,303023114 = 2.973$ gNO_x-emissie besparing. Hierbij is geen rekening gehouden met het wegverkeer voor het vervoer van het bouw personeel. Deze zal logischerwijs minder zijn dan een gemiddelde bouwplaats gezien de kortere bouw tijd.

Rekenvoorbeeld 2: Modal shift – impact op CO₂

Het verplaatsen van lading van de weg naar het water kan op het gebied van duurzaamheid een enorme impact hebben. In dit voorbeeld gaan we uit van het vervoer van bodemas (materiaal dat overblijft na verbranding van afval in een afvalenergiecentrale) per water naar een organisatie die actief is op het gebied van productie en verkoop van secundaire grondstoffen. De organisatie waar het bodemas naartoe gaat, ligt aan het water en beschikt over een loswal. Hierdoor is er geen vervoer meer nodig over de (openbare) weg voor de last-mile. Voor de first-mile, van de organisatie die het bodemas produceert tot aan de waterweg, wordt gebruik gemaakt van vrachtauto's klasse 5 of 6. De afstand bedraagt ongeveer 1 km enkele rit. De uitgangspunten zijn opgenomen in Tabel 5.

Tabel 55 Uitgangspunten modal shift

Vervoer over water				Vervoer over weg		
Afstand binnenvaart [km]	First mile: Afstand per as [km]	Type vaar- en voertuig	Tonnage [ton]	Afstand per as [km]	Type voertuig	Tonnage
200	1	Vrachtauto + aanhanger groot (>20 ton) en binnenvaartschip middel	60.000	200	Vrachtauto + aanhanger groot (>20 ton)	60.000

In het scenario dat al het bodemas per as vervoerd zou worden, komt dat neer op: 200 kilometer x 2 (heen en terug) x 60.000 ton x 80,0 gram/tonkm (emissiefactor vrachtwagen >20 ton plus aanhanger, zie Tabel 3) = 1.920 ton CO₂-emissie.

In het scenario dat al het bodemas over het water vervoer zou worden en de first mile per as, komt dat neer op:

- 1 km x 2 (heen en terug) x 60.000 ton x 80,0 gCO₂/tonkm (emissiefactor vrachtwagen > 20 ton plus aanhanger, zie Tabel 3) = 9,6 ton CO₂-emissie.
- 200 km x 2 (heen en terug) x 60.000 ton x 23,345 gCO₂/tonkm (emissiefactor binnenvaartschip middel, zie Tabel 4) = 560,28 ton CO₂-emissie.
- Totaal: 9,6 + 560,28 = 569.88 ton CO₂-emissie.

MEMO

Door de modal shift wordt er een reductie in CO₂-emissie gerealiseerd van 1.359,72 ton CO₂-emissie. Dit staat gelijk aan ongeveer 70% CO₂-reductie.