



**CO₂-besparing door
recycling van in Nederland
verhandeld ferro- en non-
ferroschroot**



CE Delft

Committed to the Environment

CO₂-besparing door recycling van in Nederland verhandeld ferro- en non-ferroschroot

Dit rapport is geschreven door:
Jessica de Koning, Marijn Bijleveld

Delft, CE Delft, oktober 2021

Publicatienummer: 21.210150.128

Metalen / Recycling / Kooldioxide / Emissies / Milieudruk / LCA / Voetafdruk

Opdrachtgever: Metaal Recycling Federatie (MRF)

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider [Marijn Bijleveld](#) (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	3
1	Introductie	5
2	Methode	6
	2.1 CO ₂ -scan op basis van LCA-methodiek	6
	2.2 Het onderwerp van analyse	6
	2.3 Afbakening	7
3	Gebruikte Data	9
	3.1 Statistische gegevens/hoeveelheden metaal	9
	3.2 Milieugegevens/achtergronddata	12
4	Resultaten	15
	4.1 Totaal vermeden CO ₂ -emissies door metaalrecycling via Nederlandse metaalhandel	15
	4.2 Per metaal: vermeden CO ₂ -emissies	17
	4.3 Resultaten gekoppeld aan geografisch cluster van metaalverwerking	18
	4.4 Totaal vermeden CO ₂ -emissies door recycling van metaal dat is vrijgekomen en ingezameld op Nederlandse bodem	20
5	Literatuur	22
A	Milieudata primaire en secundaire metaalproductie, sortering en transport	23
	A.1 Default-inputs sortering	23
	A.2 Energiedragers	23
	A.3 Transport	24
	A.4 Metaalproductie	25
B	Onderbouwing vergelijking autokilometers	28



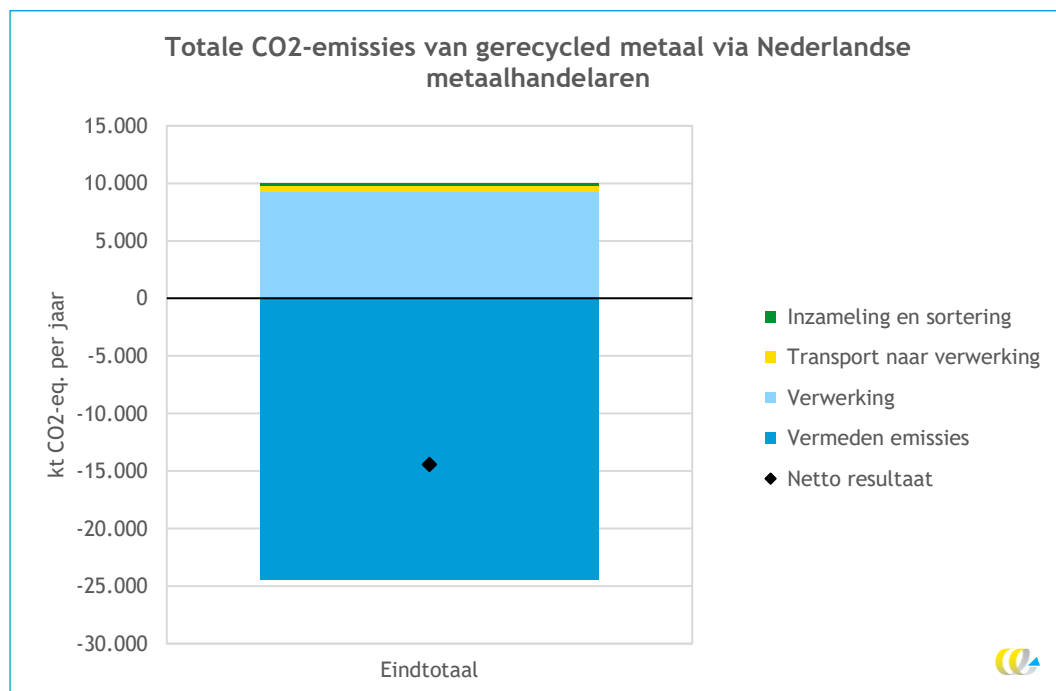
Samenvatting

Recycling van metalen vermijdt ten dele de productie van metalen uit primaire grondstoffen (ertsen). Dit leidt tot een besparing in CO₂-emissies ten opzichte van productie van primaire metalen. Het is in het kader van klimaatbeleid dus zinvol om ervoor te zorgen dat metaal gerecycled wordt, omdat daarmee productie van metalen uit primaire grondstoffen wordt vermeden.

CE Delft heeft voor de Metaal Recycling Federatie (MRF) een rekentool ontworpen waarmee de klimaatimpact van metaalrecycling snel in beeld kan worden gebracht, de 'MRF-CO₂-scan'. Hiermee zijn voor dit rapport de totale CO₂-emissies en de vermeden CO₂-emissies berekend die worden gerealiseerd door het recyclen van metaal via de Nederlandse metaalrecyclingsector.

Figuur 1 toont het resultaat, uitgesplitst naar de verschillende stappen in de recycleketen. Het nettoresultaat (zwart ruitje in de grafiek) representeert de vermeden broeikasgasemissies door het recyclen van al het schroot dat in Nederland wordt verhandeld: -14.444 kton per jaar, ofwel -14,4 miljoen ton (Mton) CO₂-eq. Als er helemaal niet gerecycled zou worden dan zou de uitstoot van CO₂ 14,4 Mton hoger zijn. Het getal geeft dus het nut van recycling weer. Dit resultaat wordt gerealiseerd door meerdere spelers in de keten, in verschillende delen van de wereld, door aanbieders van ferro- en non-ferroschroot, handelaren en sorteerdere en de smelterijen die het metaalschroot inzetten voor hun productie.

Figuur 1 - Totale CO₂-emissies van gerecycled metaal via Nederlandse metaalhandelaren; CO₂-emissies recycling en vermeden emissies door vermeden primair metaal

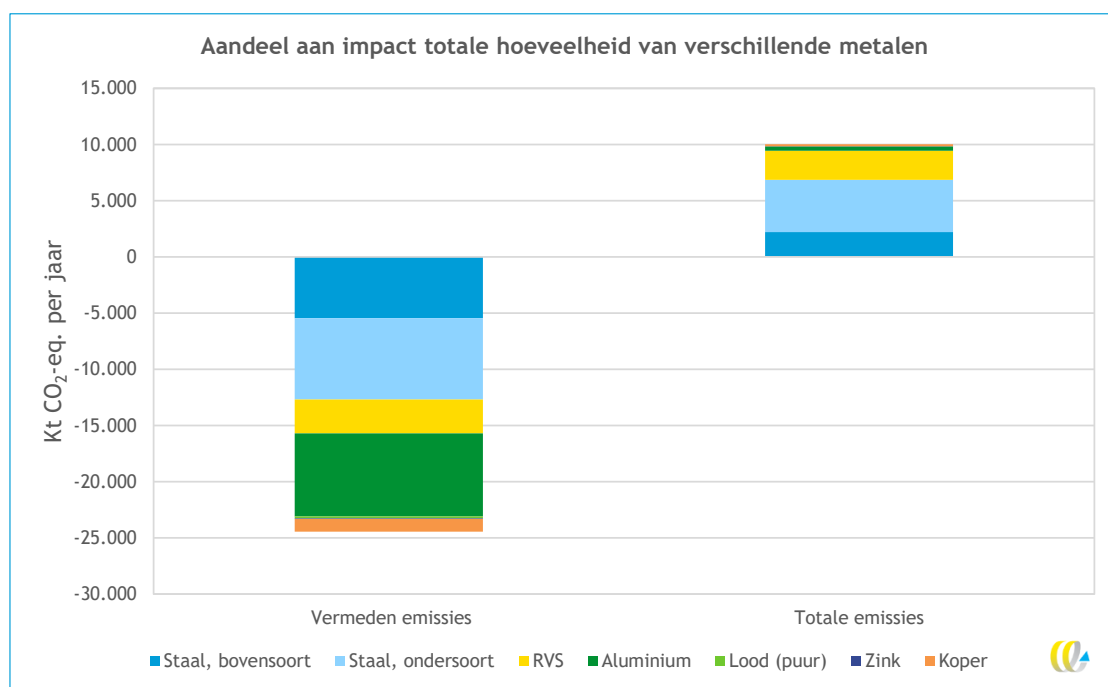


Om het getal 14,4 Mton CO₂-eq. in perspectief te plaatsen:

- De totale CO₂-emissies van Nederland bedragen rond de 200 Mton CO₂-eq./jaar (CE Delft, 2019). De vermeden CO₂-emissies door metaalrecycling (14,4 Mton CO₂-eq./jaar) zijn dus zo groot als 7% van de totale CO₂-voetafdruk van Nederland. Let wel: dit dient slechts ter vergelijking. De vermeden emissies zijn fictief¹ en vinden voor een groot deel in het buitenland plaats, en mogen dus niet worden gezien als compensatie van de Nederlandse CO₂-voetafdruk.
- In autokilometers uitgedrukt: Een uitstoot van 14,4 Mton CO₂-eq. staat gelijk aan de uitstoot van 71 miljard kilometer, gereden met een middelgrote benzineauto. Dit is net zo veel als wanneer alle huishoudens in Nederland (8 miljoen (CBS, 2020c)) vier keer op vakantie gaan (heen en weer) naar een plaats die 1.000 km ver weg is, bijvoorbeeld naar Bordeaux of Noord-Italië. Voor deze berekening is de emissiefactor voor een middelgrote benzineauto gebruikt van 0,202 kg CO₂-eq./km (CO₂emissiefactoren.nl, 2020).

Uit Figuur 2 blijkt dat staal de grootste bijdrage heeft aan zowel emissies als vermeden emissies. Dit is te verklaren doordat staal met 6.000 kton ook het grootste massa-aandeel aan het totaal verhandelde metaal heeft (ongeveer 80% van de totale hoeveelheid metaal).

Figuur 2 - Aandeel aan impact van verschillende metalen



Als alleen de hoeveelheid schroot wordt meegerekend die vrijkomt en wordt ingezameld op Nederlandse bodem, is het nettoresultaat een CO₂-besparing van 7,5 Mton CO₂-eq./jaar. Het verhandelen van geïmporteerd schroot wordt dan uitgesloten van de analyse.

¹ Fictief, want het representeert emissies die zouden plaatsvinden als er *niet* gerecycled zou worden. En er wordt gerecycled.



1 Introductie

Inzameling van ferro- en non-ferroschroot maakt het mogelijk om metalen te recycelen. Gesorteerd schroot wordt bij metaalfabrieken (smelterijen) ingezet om secundair metaal van te maken. Recycling van metalen vermijdt ten dele de productie van metalen uit primaire grondstoffen (ertsen). Voor de inzameling, verwerking en transport van het schroot zijn energie en brandstoffen nodig. Voor het ontginnen en de productie van primaire metalen zijn over het algemeen meer energie en brandstoffen nodig dan voor secundaire metalen. Zolang energie en brandstoffen van fossiele oorsprong zijn, zal het recycelen van metalen leiden tot een besparing in CO₂-emissies ten opzichte van productie van primaire metalen. Professionele Nederlandse inzamelaars en sorteerdere van secundaire metalen zijn verenigd in de Metaal Recycling Federatie (MRF). MRF heeft behoefte aan beter inzicht in de CO₂-besparing die gerealiseerd wordt door metaalrecycling. Dit maakt een goede beleidsdiscussie mogelijk. Daarnaast worden MRF-leden door hun klanten gevraagd om inzicht te geven in CO₂-besparing die door metaalrecycling wordt behaald.

Hieruit volgen twee concrete vragen:

1. Wat is het jaarlijks totaal vermeden tonnage aan CO₂-emissies door de inzet van in Nederland ingezameld en verhandeld metaal in de productie van secundair metaal, ten opzichte van primaire productie uit ertsen.
2. Een rekentool voor de leden van MRF die per metaaltype de CO₂-besparing bepaalt van een bepaalde hoeveelheid ingezameld schroot.

Daarbij is het belangrijk om onderscheid te maken tussen schroot verwerkt in Nederland, de EU en buiten de EU. Het gaat om de volgende metaaltypen: ferrometalen, rvs, aluminium, koper, lood en zink.

Dit rapport bevat de methode, resultaten en conclusies van Vraag 1. Daarnaast heeft CE Delft de rekentool 'MRF-CO₂-scan' ontwikkeld. Dit is een Excel-tool die beschikbaar is voor MRF-leden om CO₂-berekeningen van hun eigen operatie te kunnen maken. De MRF-CO₂-scan is ook gebruikt voor de analyse van de totale CO₂-besparing door de Nederlandse metaalrecyclingsector, zoals beschreven in Vraag 1. Hoofdstuk 2 gaat nader in op de methodologie achter de tool. Voor de opbouw van de berekeningen verwijzen we naar de toelichting in de Excel-tool.

2 Methode

2.1 CO₂-scan op basis van LCA-methodiek

Om de CO₂-besparing te bepalen die de Nederlandse metaalrecyclingsector jaarlijks realiseert, is de MRF-CO₂-scan gebruikt. Deze Excel-tool bepaalt de (netto) CO₂-besparing die wordt behaald door het recyclen van metalen. De tool is gebaseerd op de principes van levenscyclusanalyse (LCA). Dit is een methode waarbij de milieu-impact van de levenscyclus van een materiaal of product in kaart gebracht wordt. In dit geval gaat het om de CO₂-voetafdruk van de 'einde-levenscyclusfase' van metalen. De CO₂-voetafdruk wordt uitgedrukt in CO₂-equivalenten (CO₂-eq.) en bestaat uit emissies van verschillende broeikasgassen, zoals CO₂, methaan en stikstofoxide.

Bij een LCA worden voorgronddata (data over hoeveelheden en transportafstanden) gecombineerd met de impact van de processen in iedere fase van de levenscyclus (achtergrond-data). In dit geval gaat dit bijvoorbeeld over transportmiddelen, energieverbruik bij de sorteerdere, verwerkingsprocessen van gerecyclede metalen bij smelterijen, van primaire metaalproductie en van diverse energiedragers.

De MRF-CO₂-scan is gebouwd voor MRF-leden. Deze voeren enkele gegevens in over de metalen die verhandeld worden en energieverbruik voor de bedrijfsvoering. Voor energieverbruik en voor transportafstanden kunnen ook default-waarden worden gebruikt. Voor de berekening van de CO₂-besparing van de gehele metaalrecyclingsector in Nederland hebben we de tool gebruikt voor een macro-analyse, met als input hoeveelheden metaal uit landelijke data over export binnen en buiten de EU en verwerking in Nederlandse smelterijen. Voor alle andere zaken (bijvoorbeeld transport en energieverbruik voor sortering) zijn default-waarden gebruikt. Voor meer informatie over de opzet van de MRF-CO₂-scan verwijzen we naar de Excel-tool, die beschikbaar is voor MRF-leden, en de daarin gegeven toelichting.

2.2 Het onderwerp van analyse

Doel van deze analyse is het berekenen van de CO₂-besparing die jaarlijks bereikt wordt door:

1. Het recyclen van al het schroot dat via Nederlandse metaalhandelaren verkocht wordt aan metaalproducenten in Nederland en het buitenland - dus inclusief import.
2. Het recyclen van al het schroot dat op Nederlandse bodem vrijkomt en wordt ingezameld - dus exclusief import.

De CO₂-besparing ontstaat doordat het recyclen van 1 ton metaal voorkomt dat er 1 ton primair metaal geproduceerd wordt. De productie van primair metaal heeft over het algemeen een hogere CO₂-voetafdruk dan het recyclingproces van hetzelfde metaal. Voor de analyse worden dan ook de CO₂-voetafdruk (klimaatimpact) van de productie van secundair en primair metaal met elkaar vergeleken. De zes metalen waarvoor de analyse wordt gedaan zijn ferro/staal, rvs, aluminium, lood, koper en zink.

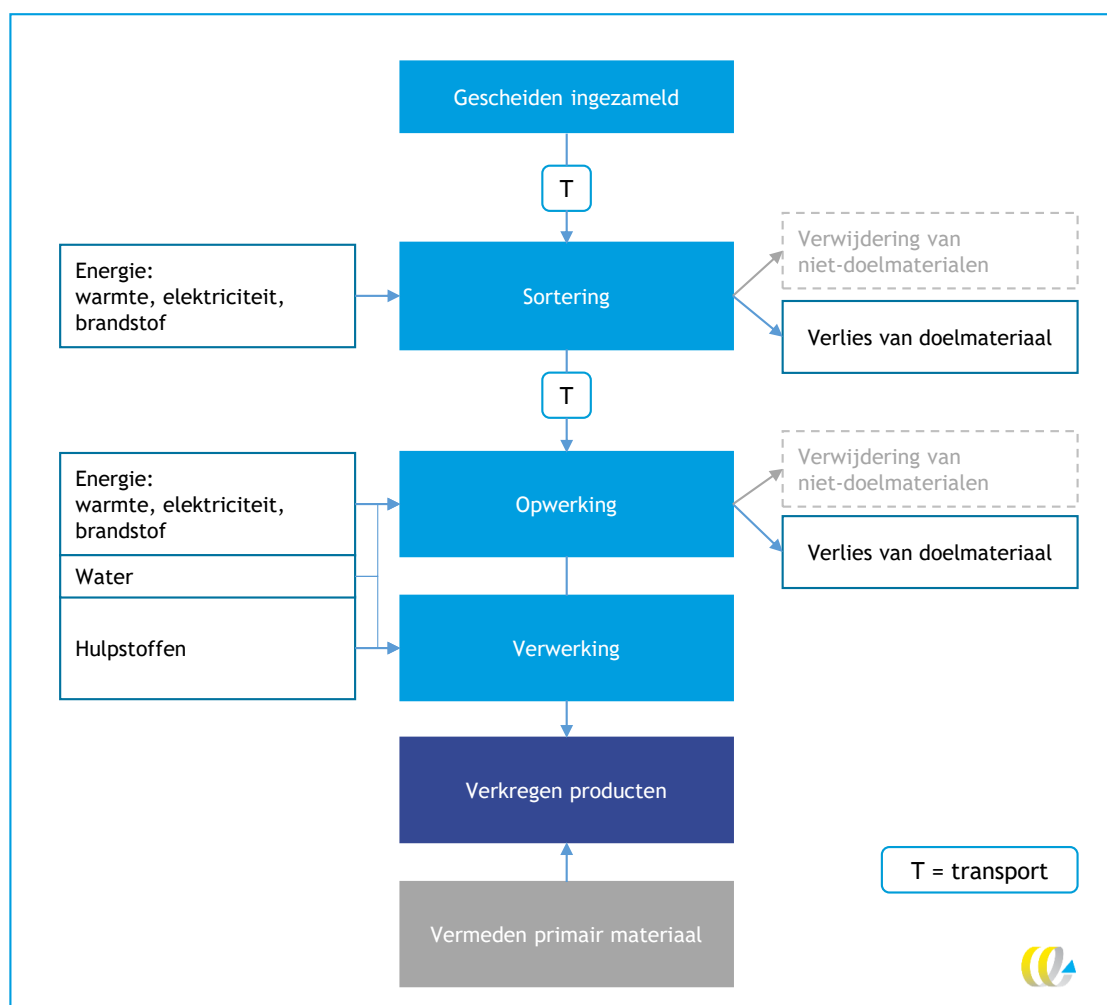


2.3 Afbakening

CO₂-winst per ton gerecycled metaal

Figuur 3 toont de stappen in de recycleketen. Deze stappen zijn inbegrepen in de CO₂-scan.

Figuur 3 - Schematische weergave van de stappen in de recycleketen per ton gerecycled materiaal



Sortering, verwerking bij een smelterij en transportbewegingen leveren CO₂-uitstoot op: de CO₂-voetafdruk van gerecycled metaal. Dit vergelijken we met de CO₂-voetafdruk van het primair metaal dat door recycling wordt vermeden. Het nettoresultaat is dan de impact van recycling min de impact van de vermeden primaire productie.

De CO₂-scan houdt rekening met vervuiling van afvalstromen: niet al het ingezamelde metaal wordt ook daadwerkelijk gerecycled. Stoorstoffen en vervuiling, die nog bij het verkochte metaal zitten, leidt niet tot vermeden primair metaal. Denk aan loodaccu's, die maar een deel lood bevatten. Ook kunnen smeltverliezen optreden, of kan bij sortering metaal verloren gaan.

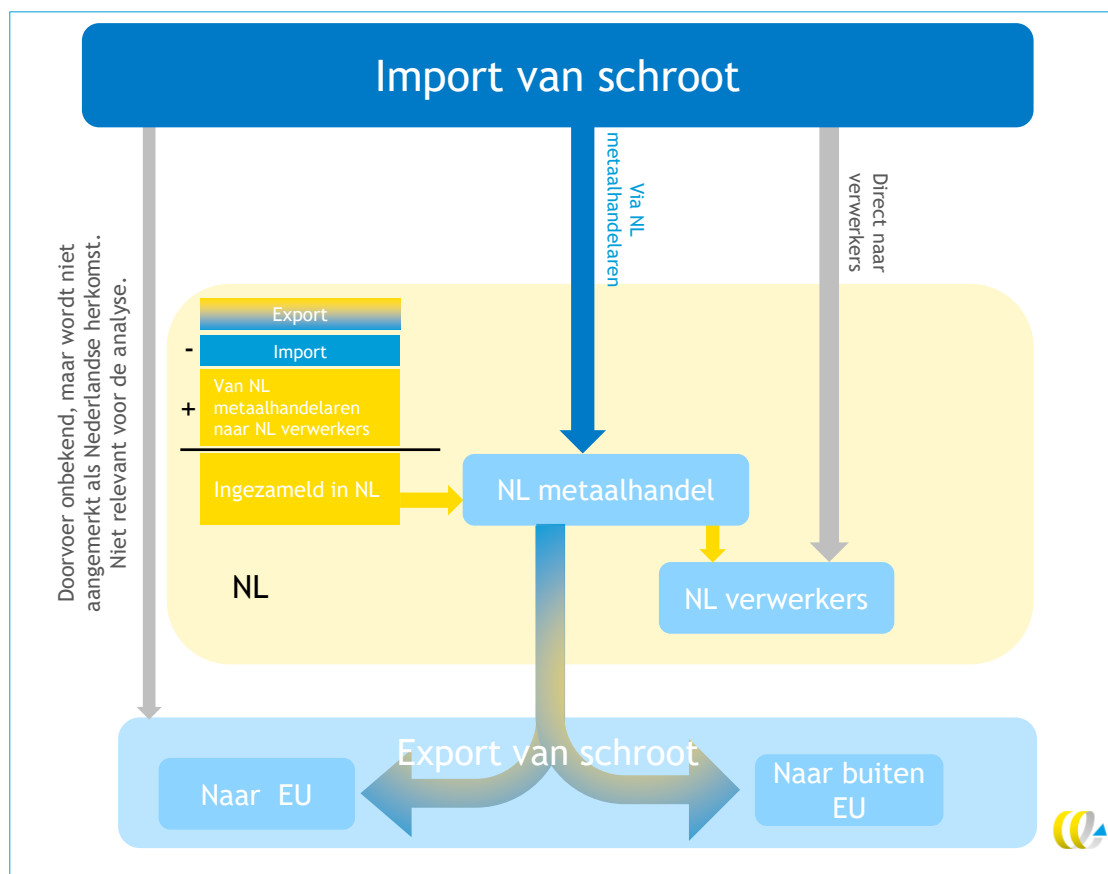
CO₂-winst van de Nederlandse metaalrecyclingsector

Het doel van deze analyse is om de klimaatimpact van de Nederlandse metaalrecyclingsector te bepalen. Daarom gaat het in deze analyse om al het metaal dat via Nederlandse metaalhandelaren de weg vindt naar een verwerker in Nederland of het buitenland (blauw-gele pijlen in Figuur 4). Dit metaal kan geïmporteerd zijn uit het buitenland of in Nederland zijn vrijgekomen en ingezameld (blauw en geel in Figuur 4). Metaal dat direct door Nederlandse verwerkers van buitenlandse handelaren wordt ingekocht, wordt dus niet meegerekend (grijze pijl rechts in Figuur 4). Ook metaal dat bijvoorbeeld via Nederlandse havens direct naar een ander land wordt doorgevoerd wordt niet meegerekend (grijze pijl links in Figuur 4).

CO₂-winst door recycling van schroot dat is vrijgekomen en ingezameld op Nederlandse bodem

Deze analyse gaat over een kleinere hoeveelheid, namelijk alleen het schroot dat vrijkomt op Nederlandse bodem en dan wordt ingezameld door Nederlandse metaalhandelaren (geel in Figuur 4). Hier wordt import dus niet meegerekend.

Figuur 4 - Schematische weergave van metaalstromen; grijze stromen vallen buiten scope



3 Gebruikte data

3.1 Statistische gegevens/hoeveelheden metaal

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de CO₂-voetafdruk van de verwerking in drie geografische clusters:

- in Nederland;
- buiten Nederland maar binnen de EU (in het vervolg aan gerefereerd als ‘binnen EU’);
- buiten de EU.

Daarom zijn gegevens nodig over hoeveelheden metaal die worden verwerkt in deze clusters. Deze hoeveelheden worden dan gebruikt in de CO₂-analyse.

Er worden twee analyses gemaakt: één waarbij geïmporteerd schroot wél wordt meegenomen en één waarbij import niet wordt meegenomen. Bij die laatste gaat het namelijk alleen om schroot dat op Nederlandse bodem is vrijgekomen en ingezameld. Tabel 1 toont de hoeveelheden per metaal en geografisch cluster zoals die zijn gebruikt voor de analyse inclusief import. Tabel 2 toont de hoeveelheden zoals die zijn gebruikt voor de analyse exclusief import.

Verwerking binnen EU en buiten EU

Inclusief import: Schroot verhandeld door Nederlandse metaalhandelaren

Voor de hoeveelheden afkomstig uit Nederland die verwerkt worden in het buitenland, is gebruik gemaakt van gegevens van de StatLine database van het CBS over het jaar 2019. Dit zijn gegevens die via registratie van internationale handel zijn verzameld (CBS, 2021)². Hier is geen doorvoer van goederen in opgenomen, dus al het metaal in deze statistieken is ook daadwerkelijk in Nederland verhandeld. Dit is van belang omdat de analyse moet gaan over de impact van metaal dat ‘door de handen van’ Nederlandse metaalhandelaren is gegaan. Doorvoer is buiten scope (zie Paragraaf 2.3).

Exclusief import: Schroot vrijgekomen en ingezameld op Nederlandse bodem

Er zijn geen sluitende gegevens beschikbaar over de hoeveelheden in Nederland vrijgekomen en ingezameld schroot. Het is wél mogelijk om per metaal een getal te berekenen voor de totale hoeveelheid schroot die is vrijgekomen en ingezameld op Nederlandse bodem met:

$$\text{Inzameling} = \text{Export} - \text{Import} + \text{Verwerking in Nederland (zie Figuur 4, links in het gele kader)}$$

² Meer over de totstandkoming van StatLine:

www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/onderzoeksomschrijvingen/korte-onderzoeksbeschrijvingen/statistiek-internationale-handel-in-goederen



Hierbij nemen we aan:

1. Alles wat er meer aan export is dan import bestaat uit schroot dat is ingezameld in Nederland.
2. Het schroot dat Nederlandse recyclers aan Nederlandse smelterijen verkopen is ook in Nederland ingezameld.

Van deze hoeveelheid wordt ook een gedeelte geëxporteerd. Er zijn geen gegevens beschikbaar over de bestemmingen van deze hoeveelheid. We nemen daarom aan dat dit gedeelte met dezelfde verhoudingen gaat naar landen binnen en buiten de EU als de totale export (zie Tabel 3).

Verwerking binnen Nederland

In totaal wordt in Nederland jaarlijks 1.075.550 ton aan ferro- en non-ferrometaalschroot ingezet als grondstof door smelterijen/gieterijen, waarvan 640.150 ton afkomstig is uit Nederland. In Nederland wordt jaarlijks ca. 3.455.280 ton aan ferro- en non-ferrometaalschroot ingezameld. Voor de hoeveelheden metaal die verwerkt worden in Nederland zijn gegevens opgevraagd direct bij 29 Nederlandse smelterijen en gieterijen. Aan hen is de vraag gesteld hoeveel schroot zij verwerken dat zij van Nederlandse handelaren inkopen. Volgens MRF zijn ten minste de grootste partijen die in Nederland schroot verwerken in de metaalproductie afgedekt. Vermoedelijk blijft er nog een onnauwkeurigheid van enkele honderden tonnen over (enkele honderdsten procent). Deze zullen het totale resultaat niet significant vertekenen.

Voor ferro-/staalschroot wordt onderscheid gemaakt tussen boven- en ondersoorten. Ondersoorten bevatten ook elementen van andere materialen en legeringen, en zijn dus minder zuiver en homogeen van samenstelling. Bovensoorten zijn verregaand zuiver en schoon. Voor definities van boven- en ondersoorten in deze studie, zie Tabel 5).

Voor informatie over de samenstelling uit ondersoorten en bovensoorten van exportstromen van ferro-/staalschroot zou een splitsing van de StatLine-data in boven- en ondersoorten nodig zijn. Echter er worden in de sector verschillende definities van boven- en ondersoorten gehanteerd. Hierdoor zouden er onzekerheden ontstaan bij het toewijzen van de diverse schrootstromen aan onder- of bovensoorten. Het alternatief - aannames op basis van kennis van experts in de sector - schatten we daarom even bruikbaar als uitgangspunt voor de samenstelling van de exportstromen van ferro-/staalschroot.

Deze experts geven aan dat Nederlandse staalsmelterijen uitsluitend gebruik maken van bovensoorten. Dit heeft te maken met kwaliteitseisen. Ook in andere EU-landen worden vooral bovensoorten verwerkt. Omdat er wel enige export van ondersoorten plaatsvindt naar landen binnen de EU, wordt voor de analyse aangenomen dat de exportstroom van ferro-/staalschroot naar deze landen bestaat uit 95% bovensoorten en 5% ondersoorten (MRF, 2021). De experts in de sector zien ook de kwaliteitseisen buiten de EU toenemen, en een lage kwaliteit van schroot zal steeds minder vaak geaccepteerd worden (MRF, 2021). De experts zien het als reële aanname dat de verhouding 90% ondersoorten en 10% bovensoorten is voor ferro-/staalschroot dat naar landen buiten de EU wordt geëxporteerd.



Tabel 1 - Hoeveelheden metaal verwerkt in Nederland, EU, en buiten EU in het jaar 2019; zwart: getallen gebruikt in hoofdanalyse, grijs: totale exportstroom maal percentage dat onder- of bovensoort is in deze exportstroom

Metaal	Export naar EU (kt) ¹	Export buiten EU (kt) ¹	Verwerking in NL uit Nederlandse inzameling (kt) ²	Totale hoeveelheid schroot door Nederlandse handelaren verhandeld (kt)
Ferro-/Staal-bovensoorten	1.807 * 0,95 = 1.717	3.698 * 0,1 = 370	581	2.389
Ferro-/Staal-onderoorten	1.807 * 0,05 = 90	3.698 * 0,9 = 3.328	0	3.698
Rvs	555	117		671
Aluminium	234	113	36	383
Lood	48	1	16	66
Zink	14	3	2	19
Koper	171	70	5	247
Totale hoeveelheid metaal				7.471

¹ Bron: CBS, (2021).

² Bron: Directe communicatie met 29 Nederlandse smelterijen en gieterijen.

Tabel 2 - Hoeveelheid metaal vrijkomend en ingezameld op Nederlandse bodem in het jaar 2019 (berekend)

Metaal	Import totaal (kt) ¹	Export totaal (kt) ¹	Verwerking in NL uit Nederlandse inzameling (kt) ²	Vrijgekomen en ingezameld op Nederlandse bodem (kt) ³
Ferro-/Staalbovensoorten	2.990	5.505	581	3.097
Ferro-/Staalonderoorten				
Rvs	373	671		
Aluminium	208	346	36	174
Lood	15	50	16	51
Zink	5	17	2	14
Koper	126	242	5	120
Totale hoeveelheid metaal				3.456

¹ Bron: CBS, (2021).

² Bron: Directe communicatie met 29 Nederlandse smelterijen en gieterijen.

³ Berekend met: Ingezameld op Nederlandse bodem = (Totale Export) - (Totale Import) + (Verwerking Nederland uit Nederlandse inzameling).

Tabel 3 - Aannames voor bestemmingen van geëxporteerd schroot, vrijgekomen en ingezameld op Nederlandse bodem in het jaar 2019 (gebaseerd op data van CBS¹); de verhouding binnen EU/buiten EU is hetzelfde als voor de totale export

Metaal	Aandeel export binnen EU van totale export (%)	Aandeel export buiten EU van totale export (%)	Hieruit volgende hoeveelheden export binnen EU uit inzameling op Nederlandse bodem (kt)	Hieruit volgende hoeveelheden export buiten EU uit inzameling op Nederlandse bodem (kt)	Totaal vrijgekomen en ingezameld op Nederlandse bodem (kt) ³
Ferro/Staal	33%	67%	1.017	2.080	3.097
Ferro-/Staal-bovensoorten	95% ²	10% ²	$1.017 * 0,95 = 966$	$2.080 * 0,1 = 208$	
Ferro-/Staal-ondersoorten	5% ²	90% ²	$1.017 * 0,05 = 51$	$2.080 * 0,9 = 1.827$	
Rvs	83%	17%	0	0	
Aluminium	67%	33%	117	57	174
Lood	97%	3%	50	1	51
Zink	81%	19%	11	3	14
Koper	71%	29%	85	35	120
Totaal					3.456

¹ Bron: CBS, (2021).

² Aanname gebaseerd op overleg met begeleidingscommissie (MRF Begeleidingscommissie).

³ Berekend met: Ingezameld op Nederlandse bodem = (Totale Export) - (Totale Import) + (Verwerking Nederland uit Nederlandse inzameling).

3.2 Milieugegevens/achtergronddata

Achtergronddata zijn voor deze studie verzameld uit vakliteratuur, LCA-data van brancheorganisaties en bestaande databases. Tabel 4 toont de bronnen voor milieugegevens voor verschillende stappen in de recycleketen.

Tabel 4 - Databronnen milieugegevens

Deel van de keten	Databron
Default-hoeveelheden elektriciteit en diesel voor sortering	Ecoinvent, sortering van staalschroot Procesnaam: Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap (zie Bijlage A.1.)
Elektriciteit en Energiedragers voor sortering	CO ₂ -emissiefactoren.nl
Transport	Ecoinvent database
Productie secundaire metalen	Ecoinvent, data van brancheverenigingen, literatuuronderzoek
Productie primaire metalen	Ecoinvent, data van brancheverenigingen, literatuuronderzoek

Voor verwerking van ingezameld metaal maakt de tool milieukundig onderscheid in verwerking in Nederland, Europa en buiten EU. Azië is vaak gebruikt als representatieve regio voor het geografische cluster 'buiten EU' omdat hier het grootste deel van het ferro- en non-ferroschroot wordt verwerkt. Ferro (ijzer en staalschroot) wordt met name in Turkije verwerkt; non-ferrometalen voornamelijk in het Verre Oosten. De tool maakt zo veel mogelijk gebruik van informatie die aansluit op deze regio's, maar er zit altijd onzekerheid in de gegevens. Het type energieverbruik is aangepast naar geografisch cluster (Nederlandse, Europese en Aziatische gemiddelde elektriciteitsmix). In werkelijkheid zullen er tussen landen en tussen smelterijen grote verschillen bestaan in energieverbruik.



Bijvoorbeeld zitten er voor productie van sommige secundaire metalen grote verschillen in de resultaten van onderzoeken in de vakliteratuur. Vaak ligt dit er (naast het verschil in energiemix) aan dat verschillende technologieën worden bekeken. Als informatie ontbreekt om te onderbouwen welke waarde het meest representatief is, worden aannames gedaan. Dit is bijvoorbeeld voor secundair zink het geval (zie Bijlage A.4 voor nadere toelichting).

In de CO₂-scan zijn de metaalcategorieën vereenvoudigd. Soms zijn opwerkstappen nodig, die nu wellicht niet zijn inbegrepen in de CO₂-gegevens van verwerking. Dit levert een lichte onderschatting op in de resultaten voor de opwerking van het secundaire metaal. Op het nettoresultaat zal deze onderschatting klein zijn omdat de vermeden impact van het primaire metaal aanzienlijk hoger is dan de impact van de opwerking van secundair metaal.

Bij staal en lood onderscheidt de CO₂-scan twee varianten. Voor staal zijn dit boven- en ondersoorten. In de CO₂-tool wordt dit zo vertaald dat ondersoorten meer vervuiling en stoffen bevatten (aanname: 5%) dan bovensoorten (aanname: 2%). Voor lood wordt er onderscheid gemaakt tussen loodschroot en loodaccu's.

Voor de vermeden CO₂-emissie door vermeden primair materiaal gaan we uit van gemiddelde globale productie van primair metaal (per metaalsoort). Immers, de metaalmarkt is een wereldwijde markt: recycling in Azië wil niet per se zeggen dat dit ook Aziatisch primair staal vermijdt.

Voor de verantwoording en bronvermelding van de gebruikte milieugegevens, zie Bijlage A.4.

Tabel 5 toont aannames en verantwoording voor transportmiddelen en -afstanden voor inzameling en transport naar verwerkers en de verandering in massa bij sortering en verwerking.

Tabel 5 - Aannames voor transport, sortering en verwerking

Inzameling	Transportafstand voor inzameling (km)	Transportmiddel voor inzameling
Staal, bovensoort	100 km, afgestemd met MRF-begeleidingscommissie	Vrachtwagen middelgroot (16-32t), aanname afgestemd met MRF-begeleidingscommissie
Staal, ondersoort		
Rvs		
Aluminium		
Lood (puur)		
Loodaccu's		
Sortering, voorbereiding bij sorteerder	Aandeel niet-doelmateriaal (vuil, etc.) bij input sortering (%)	Verlies van doelmateriaal (metaal) tijdens sortering (%)
Staal, bovensoort	2% niet-doelmateriaal, in overleg met MRF-begeleidingscommissie	Gesprek MRF-begeleidings-commissie: 0%, want uiteindelijk gaan knipverliezen en dergelijke nooit verloren uit de keten omdat ze via andere processen weer worden teruggebracht
Staal, ondersoort	5% niet-doelmateriaal, in overleg met MRF-begeleidingscommissie	
Rvs	2%, afgestemd met MRF	
Aluminium		
Lood (puur)		
Loodaccu's	Gesprek MRF-begeleidingscommissie: 58% is lood, de rest van een loodaccu is ander materiaal	
Transport naar verwerker	Transportafstand naar verwerking (km)	Transportmiddel naar verwerking
In Nederland	100 km, aanname afgestemd met MRF	
Binnen EU (buiten NL)	Gesprek met MRF-begeleidings-commissie. Meestal gaat transport niet verder dan Duitsland, Noord-Frankrijk, Denemarken, Noord Italië, Polen. We hebben 400 km afgesproken.	Vrachtwagentransport. Verdere afstanden dan ~400 km zijn niet economisch voor de recyclers omdat er dan een overnachting voor de chauffeur bij komt.
Buiten EU	15.000 km lijkt een goede middenweg tussen mogelijke transportafstanden. Voorbeelden van afstanden havens: Rotterdam - Hong Kong 18.000 km Rotterdam - Mumbai 12.000 km Rotterdam - Calcutta 14.000 km Rotterdam - Istanbul 6.000 km	Gesprek met MRF-begeleidingscommissie: transport buiten Europa gaat altijd per schip. Non-ferro gaat met containerschip.
Verwerking (inzet in smelterij)	Smeltverliezen van metaal bij verwerking (%)	
Overall	Met MRF afgesproken de default op 0% te zetten en dat het alleen ingevuld wordt als het bekend is. We hadden voorbeelden besproken van lood (puur) 6% en loodaccu's 3-4%.	

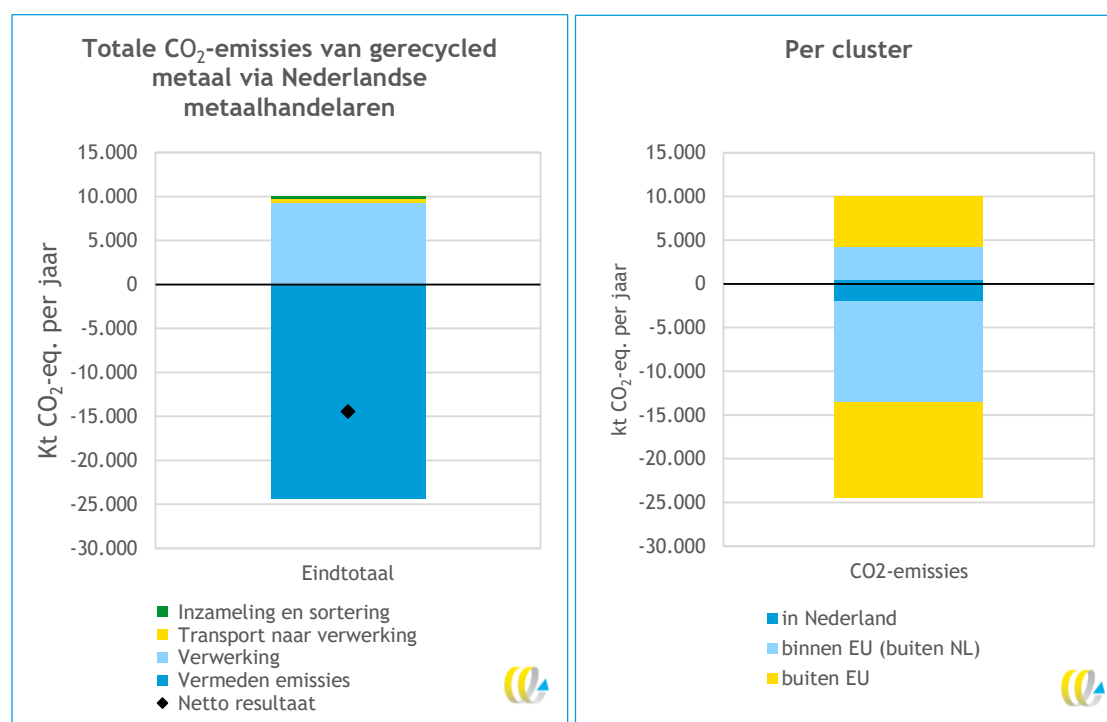


4 Resultaten

4.1 Totaal vermeden CO₂-emissies door metaalrecycling via Nederlandse metaalhandel

In totaal werd in 2019 via Nederlandse metaalhandelaren bijna 7.500 kton metaalschroot aan smelterijen en gieterijen in binnen- en buitenland verkocht. Figuur 5 (links) toont de in totaal vermeden CO₂-emissies door de inzet van dit metaal in de productie van secundair metaal, ten opzichte van primaire productie uit ertsen. De balk in het negatieve gedeelte van de grafiek representeert de vermeden emissies; de balk in het positieve gedeelte representeert de impact van de recyclingprocessen. Het nettoresultaat (zwart ruitje in de grafiek) representeert de vermeden broeikasgasemissies: -14.444 kton per jaar, ofwel -14,4 miljoen ton CO₂-eq.

Figuur 5 - Links: Totale CO₂-emissies van gerecycled metaal via Nederlandse metaalhandelaren; CO₂-emissies recycling en vermeden emissies door vermeden primair metaal. Rechts: Uitgesplitst in geografische clusters



Deze analyse op basis van generieke data komt op een negatieve CO₂-emissie als nettoresultaat omdat de vermeden emissies groter zijn dan de CO₂-emissies die gemoeid zijn met het verzamelen, sorteren, transporteren en verwerken van schroot tot secundair metaal. Bij deze emissies speelt de verwerking in de smelterij of gieterij de grootste rol; inzameling, sortering, bewerking (knippen, snijden, shredderen) en transport dragen relatief weinig bij aan de CO₂-emissies van het in totaal geproduceerde secundair metaal.

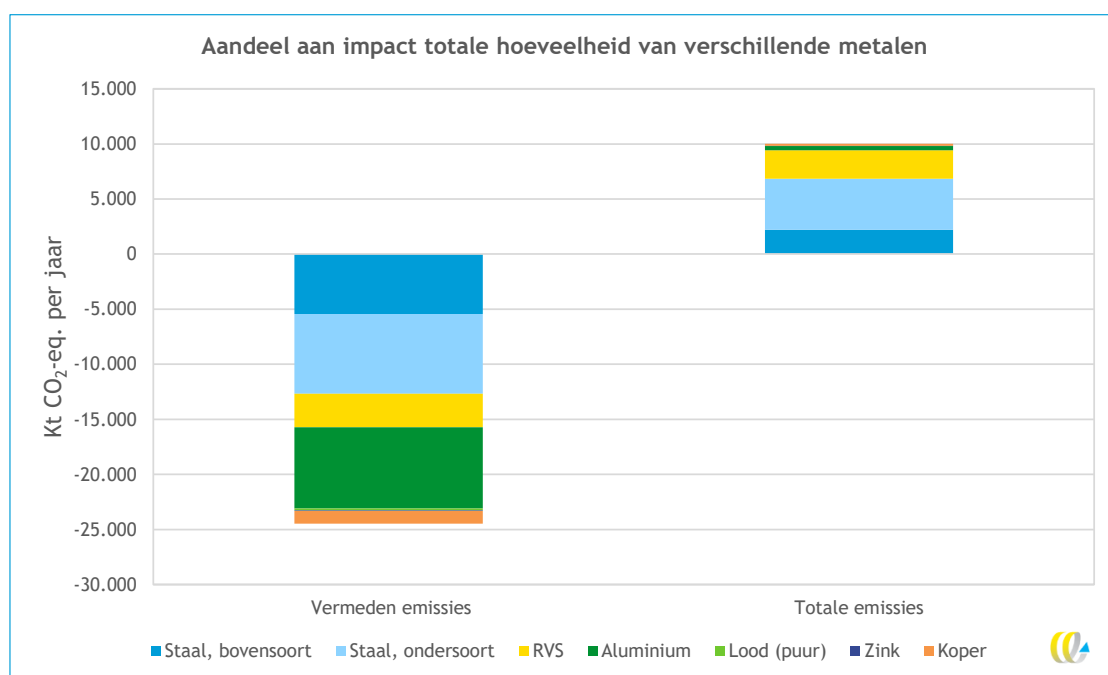
De rechter grafiek in Figuur 5 toont een onderverdeling van de emissies in de drie geografische clusters. Hierbij is te zien dat er buiten de EU iets meer emissies van het



recyclen van metaal plaatsvinden dan binnen de EU. De onderverdeling in geografische clusters van de vermeden emissies laat zien hoeveel emissies er *wereldwijd* zijn vermeden door de *hoeveelheid* metaal dat in die regio is gerecycled. Deze vermijding van deze emissies vinden dus niet per sé daadwerkelijk in deze clusters plaats. Dit heeft ermee te maken dat de milieugegevens voor secundaire metaalproductie gaan over processen die specifiek secundair metaal maken. Het secundaire metaal vervangt dus niet ter plekke (in de fabriek of de plaats) het primaire metaal. Het secundaire metaal vervangt primair metaal op de markt, en dat kan overal geproduceerd zijn.

Om een beeld te krijgen hoe de verschillende metalen bijdragen aan CO₂-emissies en vermeden emissies zijn deze in Figuur 6 uitgesplitst voor de zes metalen.

Figuur 6 - Aandeel aan impact van verschillende metalen



Hierbij valt op dat staal de grootste bijdrage heeft aan zowel emissies als vermeden emissies. Dit is te verklaren doordat staal met 6.000 kton ook het grootste massa aandeel aan het totaal verhandelde metaal heeft (ongeveer 80% van de totale hoeveelheid metaal). De emissies en vermeden CO₂-uitstoot zijn anders verdeeld tussen de metalen dan de massa: elk metaal heeft een andere CO₂-voetafdruk per ton. Bijvoorbeeld: primair aluminium heeft een hogere CO₂-voetafdruk per ton dan staal. Daarom heeft aluminium-recycling relatief meer vermeden emissies tot gevolg dan recycling van staalbovensoorten, terwijl er aan massa zo'n zes keer meer staalbovensoorten worden gerecycled dan aluminium. De CO₂-emissies van het verwerken tot secundair metaal zijn voor staal en aluminium vergelijkbaar. Daarom is het aandeel van aluminium aan de totale CO₂-emissies relatief klein.

De bijdrage aan emissies en vermeden emissies van zink, koper en lood is relatief klein. Dit hangt samen met de relatief kleine hoeveelheden die van deze metalen worden ingezameld en gerecycled. Wel scoren deze materialen per kg recycling heel goed (zie Bijlage A.4 voor milieugegevens).

Het resultaat in perspectief

Deze besparing wordt gerealiseerd verdeeld over verschillende delen van de wereld, en over de hele keten - aanbieders van metaalafval, handelaren en sorteerdere en de smelterijen die het metaalafval inzetten voor hun productie.

Om het getal 14,4 Mton CO₂-eq. in perspectief te plaatsen volgen enkele vergelijkingen.

De totale CO₂-emissies van Nederland bedragen rond de 200 Mton CO₂-eq./jaar (CE Delft, 2019). De vermeden CO₂-emissies door metaalrecycling (14,4 Mton CO₂-eq./jaar) zijn dus zo groot als 7% van de totale CO₂-voetafdruk van Nederland. Een andere vergelijking is mogelijk met de jaarlijkse CO₂-voetafdruk van Rotterdam. Deze bedraagt rond de 29 Mton CO₂-eq./jaar (Verheij, 2020). De vermeden CO₂-emissies door metaalrecycling zijn zo groot als 50% van de CO₂-voetafdruk van de regio Rotterdam. Dat is bijna gelijk aan de CO₂-emissies van de hele energiesector van deze regio (51%, 14,9 Mton CO₂-eq./jaar) (Verheij, 2020). Let wel: dit dient slechts ter vergelijking. De vermeden emissies zijn fictief³ en vinden voor een groot deel in het buitenland plaats, en mogen dus niet worden gezien als compensatie van de Nederlandse CO₂-voetafdruk.

De bespaarde uitstoot kan ook worden uitgedrukt in autokilometers. Bijvoorbeeld:

- Een uitstoot van 14,4 Mton CO₂-eq. staat gelijk aan de uitstoot van 71 miljard kilometer, gereden met een middelgrote benzineauto. Dat is net zo veel als wanneer alle huishoudens in Nederland (8 miljoen (CBS, 2020c)) vier keer op vakantie gaan (heen en weer) naar een plaats die 1.000 km ver weg is, bijvoorbeeld naar Bordeaux of Noord-Italië. Voor deze berekening is de emissiefactor voor een middelgrote benzineauto gebruikt van 0,202 kg CO₂-eq./km (CO₂emissiefactoren.nl, 2020).
- 14,4 Mton CO₂-eq. is meer dan de helft van de CO₂-uitstoot van alle kilometers die in 2019 in Nederlandse personenauto's werden gereden binnen de grenzen van Nederland. Zie Bijlage B voor de berekeningen en bronnen.

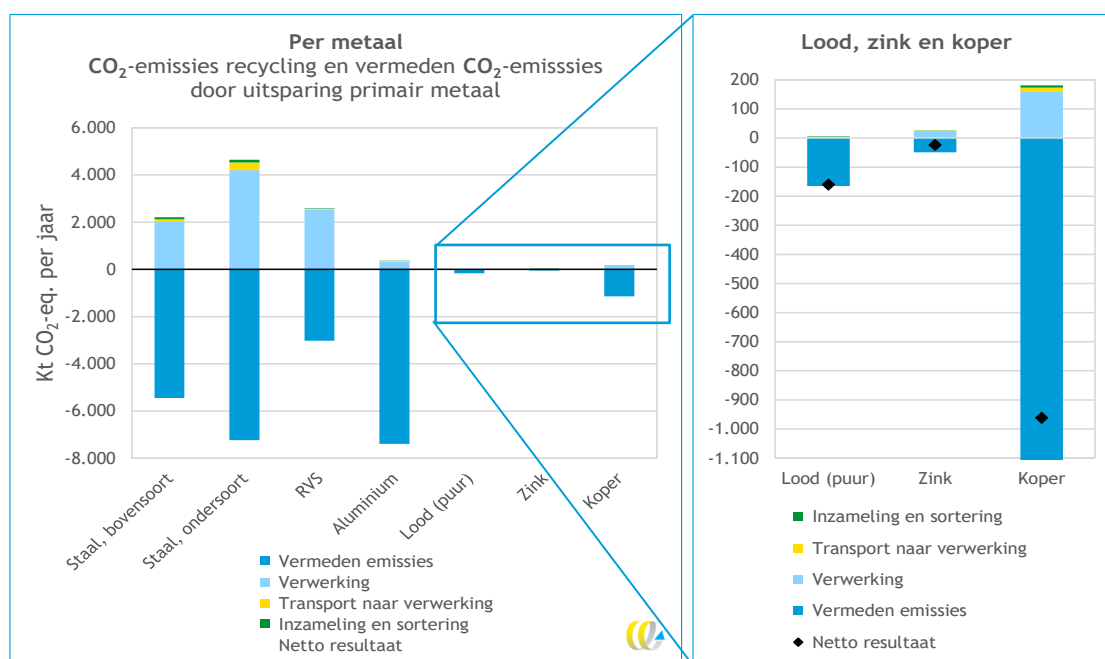
4.2 Per metaal: vermeden CO₂-emissies

Figuur 7 toont de resultaten uitgesplitst naar metaaltype. Eén balk in de grafiek staat voor de totale hoeveelheid van dit metaal dat via Nederlandse metaalhandelaren bij smelterijen in binnen- en buitenland wordt ingezet voor productie van secundair metaal.

³ Fictief, want het representeert emissies die zouden plaatsvinden als er *niet* gerecycled zou worden. En er wordt gerecycled.



Figuur 7 - Per metaal: vermeden CO₂-emissies, emissies van recycling en vermeden emissies door vermeden primair metaal

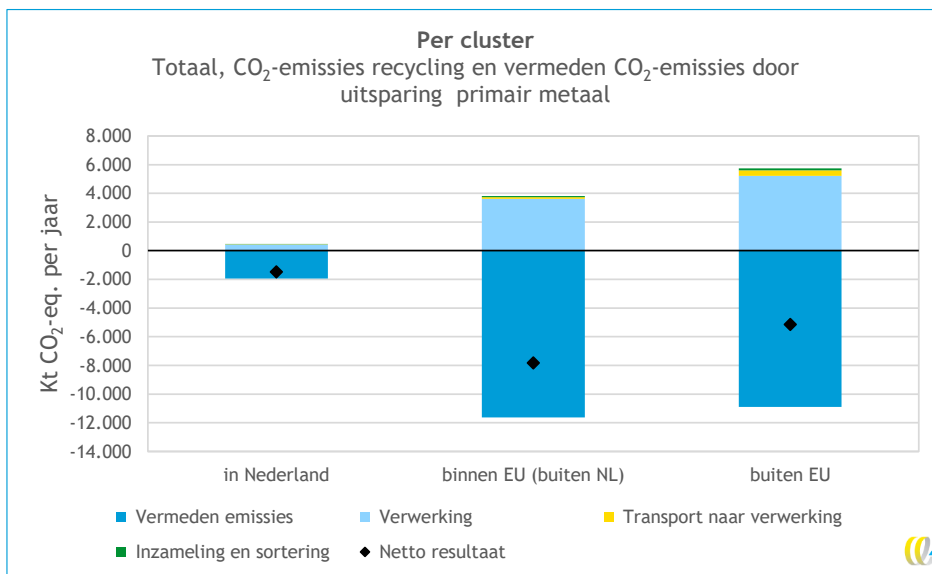


De nettovermindering van CO₂-emissies is weergegeven met een zwart ruitje. Net als in Figuur 6 valt op dat de non-ferrometalen relatief weinig CO₂-emissies veroorzaken, vergeleken met staal en rvs. Zoals beschreven in Paragraaf 4.1 heeft dit te maken met relatief kleine hoeveelheden die van deze metalen worden ingezameld en gerecycled ten opzichte van de hoeveelheden ingezameld en gerecycled ferroschroot. In Figuur 7 is goed te zien dat het grote verschil in CO₂-emissies van primair en secundair aluminium een hoge nettovermindering van CO₂-emissies oplevert. Dit voordeel van aluminiumrecycling zal - net als de afgelopen jaren - steeds kleiner worden naar mate er meer duurzame energie gebruikt wordt voor het smeltproces bij de productie van primair aluminium. Hoe meer het secundaire aluminium primair aluminium kan vervangen (geproduceerd met fossiele energie), hoe groter het voordeel. In deze studie gaat het om een mix van aluminiumproductie, waarbij deels fossiele en deels duurzame energie wordt gebruikt.

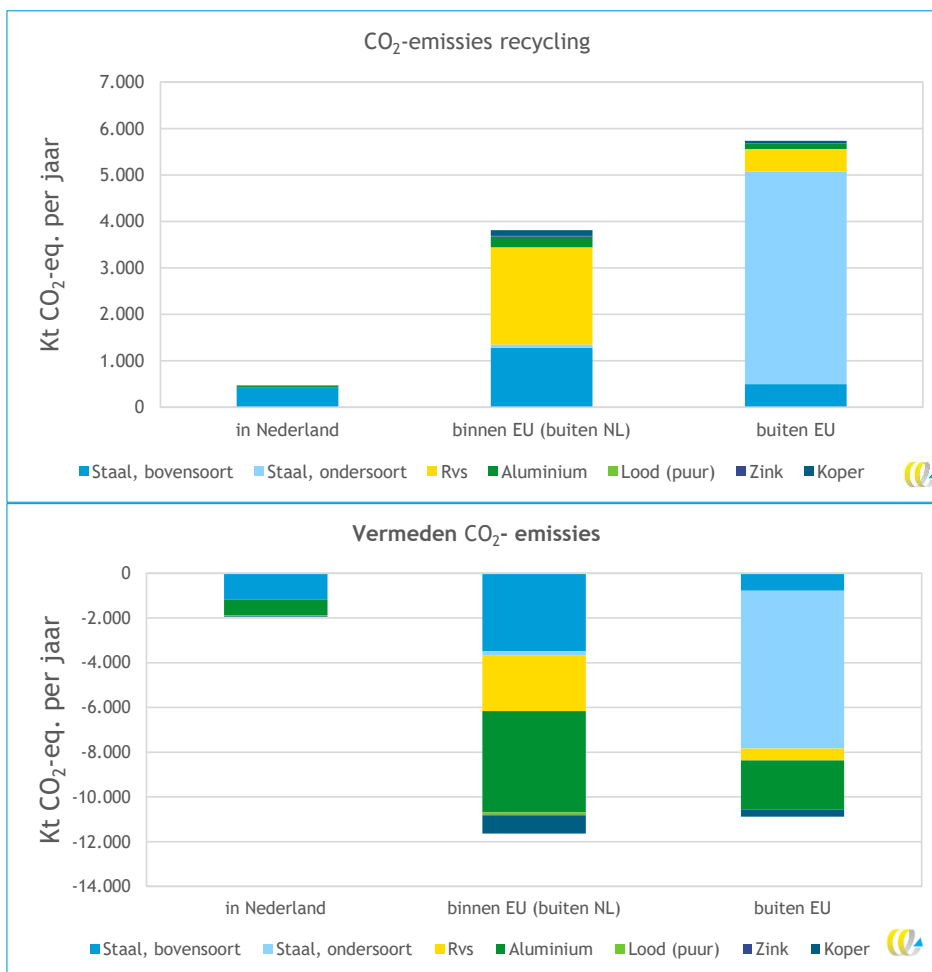
4.3 Resultaten gekoppeld aan geografisch cluster van metaalverwerking

Figuur 8 toont per cluster het effect op CO₂-emissies door de inzet van dit metaal in de productie van secundair metaal, ten opzichte van primaire productie uit erts. Te zien is dat het grootste nettoverminderende effect plaatsvindt door verwerking binnen de EU. Hoewel buiten de EU 15% meer metaal verwerkt wordt dan binnen de EU, is de netto-CO₂-besparing minder groot. Dit komt met name door de grotere hoeveelheid aluminium die binnen de EU wordt gerecycled (zie Figuur 9). Figuur 9 laat ook zien dat ondersorten van staalschroot het grootste gedeelte van de CO₂-emissies uitmaken van metaal dat buiten de EU verwerkt wordt. Dit is het gevolg van de aanname dat al het ferro-/staalschroot dat buiten de EU wordt verwerkt uit 90% ondersorten bestaat.

Figuur 8 - Per geografisch cluster: vermeden CO₂-emissies, emissies van recycling en vermeden emissies door vermeden primair metaal



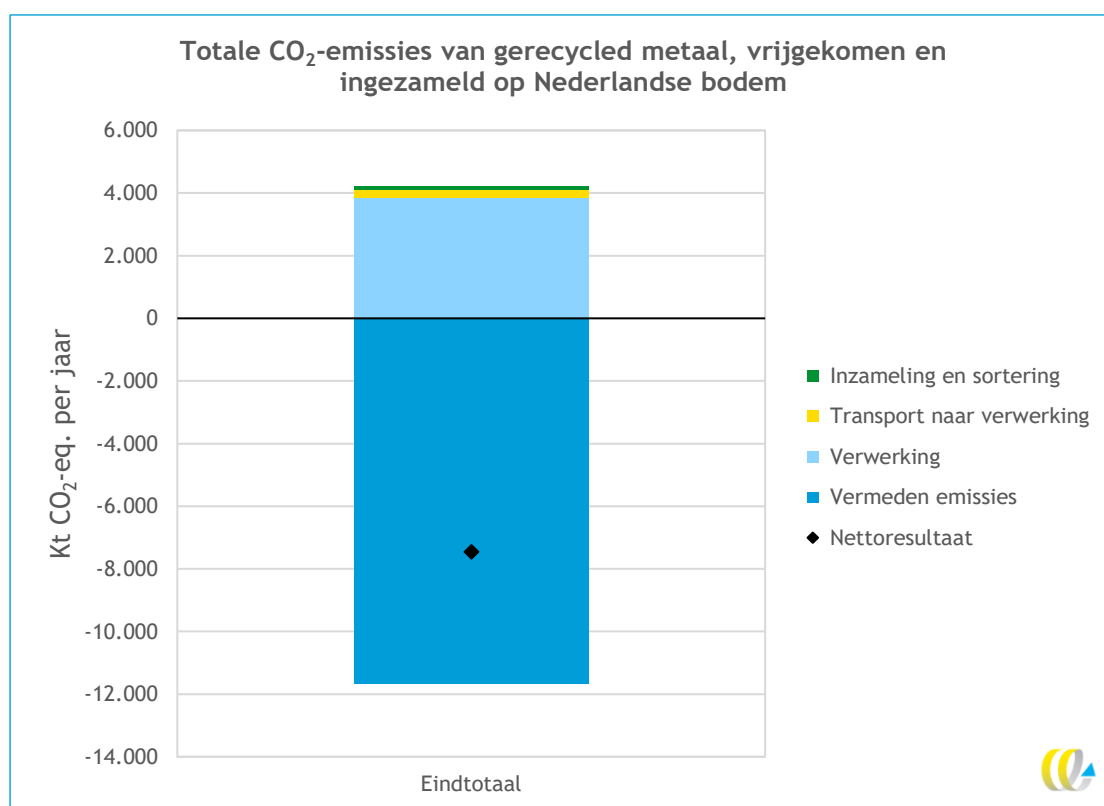
Figuur 9 - Per cluster: aandeel aan impact van verschillende metalen



4.4 Totaal vermeden CO₂-emissies door recycling van metaal dat is vrijgekomen en ingezameld op Nederlandse bodem

De CO₂-analyse is ook uitgevoerd voor de hoeveelheid schroot die per jaar op Nederlandse bodem vrijkomt en wordt ingezameld bij de Nederlandse metaalrecyclers. Hier zit schroot uit import dus niet bij inbegrepen. Dit is het verschil met de analyse die wordt besproken in Paragraaf 4.1-4.3. Het nettoresultaat bedraagt -7,5 Mton CO₂-eq. /jaar. Figuur 10, Figuur 11 en Figuur 12 tonen de resultaten. De figuren hebben dezelfde opbouw als de figuren in Paragraaf 4.1 en 4.2. De CO₂-emissies bewegen met de kleinere hoeveelheden metaal mee. Voor meer uitleg over de figuren verwijzen we naar Paragraaf 4.1 en 4.2. Tabel 6 toont de bijbehorende cijfers.

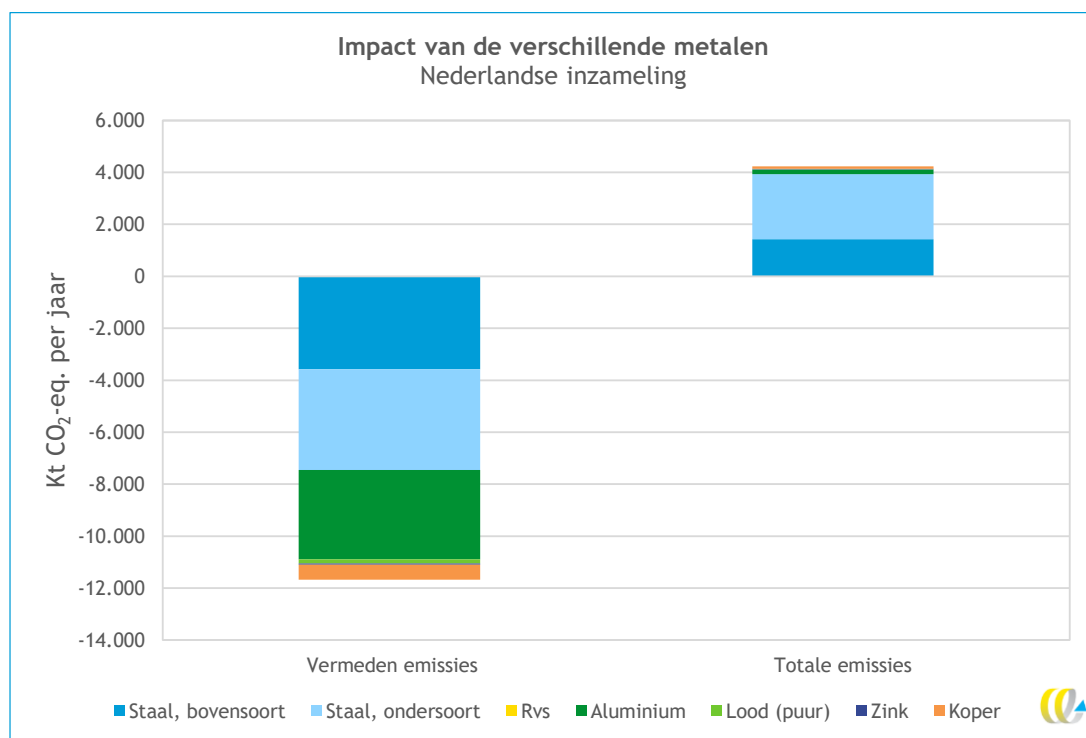
Figuur 10 - Totale CO₂-emissies van gerecycled metaal, vrijgekomen en ingezameld op Nederlandse bodem



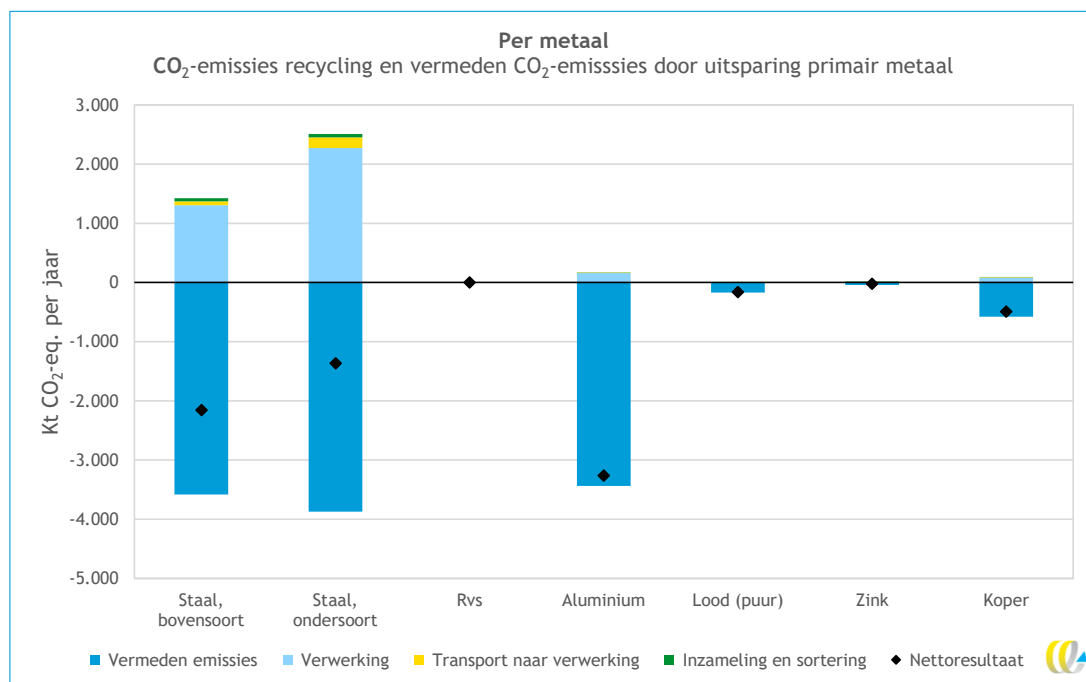
Tabel 6 - CO₂-emissies van gerecycled metaal, vrijgekomen en ingezameld op Nederlandse bodem

(kton CO ₂ -eq./jaar)	Vermeden emissies	Verwerking	Transport naar verwerking	Inzameling en sortering	Nettoresultaat
Staal, bovensoort	-3.581	1.306	65	54	-2.157
Staal, ondersoort	-3.873	2.275	178	57	-1.363
Rvs	0	0	0	0	0
Aluminium	-3.435	159	9	5	-2.693
Lood (puur)	-168	1	2	2	-163
Zink	-43	21	1	0	-21
Koper	-580	81	7	4	-488
Eindtotaal	-11.618	3.843	261	123	-7.454

Figuur 11 - Aandeel aan impact totale hoeveelheid van verschillende metalen, vrijgekomen en ingezameld op Nederlandse bodem



Figuur 12 - Per metaal, vrijgekomen en ingezameld op Nederlandse bodem: vermeden CO₂-emissies, emissies van recycling en vermeden emissies door vermeden primair metaal



5 Literatuur

CBS. 2020a. *Hoeveel personenauto's zijn er in Nederland?* [Online]. CBS. Available at: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/37975/table?dl=42DD6> [Accessed 26 8 2021].

CBS. 2020b. *Opnieuw record personenautokilometers in 2019* [Online]. CBS. Available at: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/40/opnieuw-record-personenautokilometers-in-2019> [Accessed 26 8 2021].

CBS. 2020c. *Statline: Particuliere huishoudens naar samenstelling en grootte, 1 januari* [Online]. Available at: <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/vervoermiddelen-en-infrastructuur/personenautos> [Accessed 26 8 2021].

CE Delft, 2020. Emissiekentallen elektriciteit. Delft: CE Delft.

CO2emissiefactoren.nl. 2020. Lijst emissiefactoren [Online]. Available: <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijs-emissiefactoren/> [Accessed 26-08- 2021].

Ekman Nilsson, A., Marcias Aragonés, M. & Arroyo, F., 2017. A Review of the Carbon Footprint of Cu and Zn Production from Primary and Secondary Sources. *Minerals*, Issue 7(9):168.

Grimes, S., Donaldson, J. & Cebrian Gomez, G., 2008. *Report on the Environmental Benefits of Recycling*, sl: Bureau of international Recycling (BIR).

International Zinc Association, 2016. *Zinc Environmental Profile - 2015 Update*. International Zinc Association (IZA).

MRF Begeleidingscommissie, Directe communicatie met Begeleidingscommissie MRF. Den Haag: Metaal Recycling Federatie (MRF).

Verheij, K., 2020. *CO2 monitor Rotterdam Trend 2010-2019*, Schiedam, DCMR Milieudienst Rijnmond.

World Steel, 2021. *LCI Data For Steel Products*. World Steel.



A Milieudata primaire en secundaire metaalproductie, sortering en transport

A.1 Default-inputs sortering

Hiervoor is gebruikgemaakt van een proceskaart voor sortering van staalschroot uit Ecoinvent:

“Iron scrap, sorted, pressed {RER}| sorting and pressing of iron scrap.”

Jaarlijks verbruik		
Dieserverbruik	2,788	liter
Aandeel biodiesel	0%	%
Gasverbruik	0	m ³
Ingekochte elektriciteit	10	kWh
Zelf opgewekte groene elektriciteit (bijvoorbeeld met zonnepanelen)	0	kWh
Waarvan zelf gebruikt	0	kWh
Waarvan terug geleverd aan het elektriciteitsnet*	0	kWh

A.2 Energiedragers

Energiedrager	Waarde	Eenheid	Bron
Diesel, fossiel	3,473	kg CO ₂ -eq./liter	www.co2emissiefactoren.nl
Diesel, bio	0,382	kg CO ₂ -eq./liter	www.co2emissiefactoren.nl Gemiddelde biodiesel uit HVO en uit FAME
NL Elektriciteit - gemiddeld NL	0,467	kg CO ₂ -eq./kWh	www.co2emissiefactoren.nl
NL Elektriciteit - groen	0,093	kg CO ₂ -eq./kWh	www.co2emissiefactoren.nl Emissiekentallen elektriciteit (CE Delft, 2020) Zon-pv
Aardgas	2,633	kg CO ₂ -eq./m ³	www.co2emissiefactoren.nl

A.3 Transport

Type	Waarde	Eenheid	Bron
Vrachtwagen klein (7,5-16 t)	0,22	kg CO ₂ -eq./ton km	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, euro4 {RoW} market for transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO4 Cut-off, U
Vrachtwagen middel (16-32 t)	0,16	kg CO ₂ -eq./ton km	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RER} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, U
Vrachtwagen groot (> 32 t)	0,09	kg CO ₂ -eq./ton km	Transport, freight, lorry > 32 metric ton, EURO4 {RER} transport, freight, lorry > 32 metric ton, EURO4 Cut-off, U
Binnenvaartschip	0,46	kg CO ₂ -eq./ton km	Transport, freight, inland waterways, barge {RER} market for transport, freight, inland waterways, barge Cut-off, U
Vrachtschip, oceaan	0,01	kg CO ₂ -eq./ton km	Transport, freight, sea, bulk carrier for dry goods {GLO} market for transport, freight, sea, bulk carrier for dry goods Cut-off, U
Goederentrein	0,05	kg CO ₂ -eq./ton km	Transport, freight train {GLO} market group for Cut-off, U



A.4 Metaalproductie

Type metaal	Locatie van verwerking	Samenvoeging	Secundair metaal			Primair metaal		
			Waarde (kg CO ₂ -eq./ton metaal)	Bron	Overige relevante informatie	Waarde (kg CO ₂ -eq./ton metaal)	Bron	Overige relevante informatie
Staal, bovensoort	In NL	Staal, bovensoort; in NL	680	(World Steel, 2021)	Rapport voor CE Delft geproduceerd. De impact van schroot zit hier niet bij in. Dit is gunstig, want deze wordt via de tool meegerekend. De gebruikte LCA-methode is CML 2001.	2.030	(World Steel Association, 2021)	Rapport voor CE Delft geproduceerd. De gebruikte LCA methode is CML 2001. Er zit een klein percentage schroot in het primaire staal. Deze onzuiverheid is acceptabel omdat dit de beste databron blijft. Er hoeft voor boven- en ondersoorten geen onderscheid te worden gemaakt in het primaire materiaal dat het vangt. Bij ondersoorten is een extra opwerkstap toegevoegd voor het prepareren van het staal. Hiervoor is de Ecoinvent-proceskaart geselecteerd 'Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap' als indicatie (proxy) van de opwerkstap.
Staal, bovensoort	Binnen EU (buiten NL)	Staal, bovensoort; binnen EU (buiten NL)	680			2.030		
Staal, bovensoort	Buiten EU	Staal, bovensoort; buiten EU	1.220			2.120		
Staal, ondersoort	In NL	Staal, ondersoort; in NL	680	(World Steel, 2021)	Rapport voor CE Delft geproduceerd. De impact van schroot zit hier niet bij in. Dit is gunstig, want deze wordt via de tool meegerekend. De gebruikte LCA-methode is CML 2001. Bij ondersoorten is een extra opwerkstap toegevoegd voor het prepareren van het staal. Hiervoor is de Ecoinvent-proceskaart geselecteerd 'Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap' als indicatie (proxy) van de opwerkstap.	2.030		
Staal, ondersoort	Binnen EU (buiten NL)	Staal, ondersoort; binnen EU (buiten NL)	680			2.030		
Staal, ondersoort	Buiten EU	Staal, ondersoort; buiten EU	1.220			2.120		
Rvs	In NL	Rvs; in NL	3.700	Ecoinvent	Ecoinvent electric arc furnace 'Region Europe' (RER)	4.500	Ecoinvent	Converter chromium steel
Rvs	Binnen EU (buiten NL)	Rvs; binnen EU (buiten NL)	3.700					
Rvs	Buiten EU	Rvs; buiten EU	4.100					
Koper	In NL	Koper; in NL	650	BIR (Grimes, et al., 2008)/ (Ekman	Deze CO ₂ -footprint is van toepassing op koperschroot dat geen WEEE is of uit as van afvalverbranding wordt gewonnen. 440 kg CO ₂ -eq./ton is de benchmark van BIR, bij gebruik van 'high grade scrap'.	4.640	Ecoinvent	<i>Copper {RoW} production, primary</i> Dit is het meest generieke koperproductieproces in Ecoinvent. Data uit 1994-2019. Processen met globale data zijn er alleen voor specifieke processen. Een LCA-
Koper	Binnen EU (buiten NL)	Koper; binnen EU (buiten NL)	650					
Koper	Buiten EU	Koper; buiten EU	650					

Type metaal	Locatie van verwerking	Samenvoeging	Secundair metaal			Primair metaal		
			Waarde (kg CO ₂ -eq./ton metaal)	Bron	Overige relevante informatie	Waarde (kg CO ₂ -eq./ton metaal)	Bron	Overige relevante informatie
				Nilsson, et al., 2017)	Transport en sorteren zijn niet meegenomen. 1.800 kg CO ₂ -eq./ton is de hoogste waarde gevonden in de literatuur door Ekman Nilsson et al. (2017). Voor de tool is gekozen voor 650 kg CO ₂ -eq./ton. Dat is namelijk de waarde voor een mix van: 25% hoge kwaliteit schroot (99% Cu), 37.5% midden-kwaliteit schroot (95% Cu), en 37.5% lage kwaliteit schroot (30% Cu).			studie van ICA (2019) komt op 4.100 kg CO ₂ -eq./ton, echter is hier ook secundair koper bijgemengd (15-20% naar schatting). De waarheid zal dus tussen de 4.100 en 4.600 kg CO ₂ -eq./ton liggen.
Zink	In NL	Zink; in NL	1.300	BIR (Grimes, et al., 2008)/ (Ekman Nilsson, et al., 2017)	Van toepassing op Zn alloy scrap in het EZINEX proces. Het metaal wordt opgelost in zwavelzuur en met electrowinning teruggewonnen. In de literatuur zijn waarden te vinden tussen 0.7-1.4 kg CO ₂ -eq./kg. Hier is het gemiddelde van deze waarden gekozen omdat er geen informatie beschikbaar was over welke waarde het meest representatief zou zijn.		"Zinc Environmental Profile - 2015 Update". (International Zinc Association, 2016)	Dit getal komt uit een LCA uit 2015. Een studie (2016) die is verschenen in het International Journal of LCA komt op hetzelfde getal uit. Ecoinvent heeft geen actuele dataset met globale data. De oude dataset wijkt met 5.040 kg CO ₂ -eq./ton ook erg af van deze actuelere studie.
Zink	Binnen EU (buiten NL)	Zink; binnen EU (buiten NL)	1.300					
Zink	Buiten EU	Zink; buiten EU	1.300					
Aluminium	In NL	Aluminium; in NL	900	Ecoinvent	<i>Aluminium, cast alloy {RER} treatment of aluminium scrap, new, at refiner</i> Van toepassing op alle soorten aluminium schroot. Dit is een representatieve mix van gebruikte technieken in Europa. Achtergronddata zijn gemodelleerd voor rest of world (RoW). Voor sorteren en verzamelen van schroot maakt het proces gebruik van een dataset voor ijzerschroot. Dit onderdeel is voor het doeleinde van de MRF-tool verwijderd aangezien gegevens voor verzamelen en sorteren van schroot al via de tool wordt meegerekend. Dit proces houdt geen rekening met behandeling van salt cake en ander afval.	19.300	Ecoinvent	<i>Aluminium, primary, ingot {RoW} market for</i> Ecoinvent heeft data van International Aluminium Institute (IAI) gebruikt. Hier zit transport niet bij in. Dit is gunstig omdat transport via de tool wordt meegerekend.
Aluminium	Binnen EU (buiten NL)	Aluminium; binnen EU (buiten NL)	900					

Type metaal	Locatie van verwerking	Samenvoeging	Secundair metaal			Primair metaal		
			Waarde (kg CO ₂ -eq./ton metaal)	Bron	Overige relevante informatie	Waarde (kg CO ₂ -eq./ton metaal)	Bron	Overige relevante informatie
Aluminium	Buiten EU	Aluminium; buiten EU	880	Ecoinvent	<i>Aluminium, cast alloy {RoW} treatment of aluminium scrap, new, at refiner</i> Van toepassing op alle soorten aluminium schroot. Dit is een representatieve mix van gebruikte technieken in Europa. Voor sorteren en verzamelen van schroot maakt het proces gebruik van een dataset voor ijzerschroot. Dit onderdeel is voor het doeleinde van de MRF-tool verwijderd aangezien gegevens voor verzamelen en sorteren van schroot al via de tool wordt meegerekend. Dit proces houdt geen rekening met behandeling van salt cake en ander afval.			
Lood (puur)	In NL	Lood (puur); in NL	19	Ecoinvent	<i>Lead {RoW} treatment of electronics scrap, metals recovery in copper smelter</i> Aangepast met Europese stroommix: <i>Electricity, high voltage {RER} market group for</i>	2.510	Ecoinvent	<i>Lead {GLO} primary lead production from concentrate</i>
Lood (puur)	Binnen EU (buiten NL)	Lood (puur); binnen EU (buiten NL)	19					
Lood (puur)	Buiten EU	Lood (puur); buiten EU	20					
Loodaccu's	In NL	Loodaccu's; in NL	500	Ecoinvent	<i>Lead {RER} treatment of scrap lead acid battery, remelting RER</i> Van toepassing op loodaccu's.			
Loodaccu's	Binnen EU (buiten NL)	Loodaccu's; binnen EU (buiten NL)	500					
Loodaccu's	Buiten EU	Loodaccu's; buiten EU	510					

B Onderbouwing vergelijking autokilometers

“Een uitstoot van 14,4 Mton CO₂-eq. staat gelijk aan meer dan de helft van de CO₂-uitstoot van alle kilometers die in 2019 in Nederlandse personenauto's werden gereden binnen de grenzen van Nederland”:

- 14,4 Mton CO₂-eq. omrekenend naar autokilometers, gereden in een middelgrote benzineauto, staat gelijk aan 71 miljard kilometer. Voor deze berekening is de emissiefactor voor een middelgrote benzineauto gebruikt van 0,202 kg CO₂-eq/km (CO₂emissiefactoren.nl, 2020).
- Dat is 85% van alle benzineautokilometers (84 miljard km) en meer dan de helft van het totaal gereden kilometers in personenauto's binnen Nederland in 2019 (123 miljard km (CBS, 2020b)).
- De resterende kilometers werden gereden door auto's die reden op diesel, lpg, plug-in hybride op elektriciteit en volledig op elektriciteit. Deze vervoersmiddelen hebben allemaal een lagere uitstoot per kilometer dan een middelgrote benzineauto (behalve grote diesels) (co₂emissiefactoren.nl, 2020). Dus:
 - Ook de CO₂-emissies van 71 miljard benzineautokilometers moeten meer dan de helft van de totale emissies van alle gereden personenautokilometers zijn.
 - Anders geformuleerd: Als er in 2019 in Nederland 85% minder kilometers was gereden met benzineauto's, komt dat neer op dezelfde vermeden emissies als voor metaalrecycling via Nederlandse metaalhandel. (80% van alle personenauto's was op 1 januari 2020 benzineauto's (CBS, 2020a).

