



Infrastructuur binnen planetaire grenzen

Methodologie
rapport

**nibe**

Project	Paris Proof infra (PIF7_44 ROK CEperceel 1)
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat, mede namens het transitieteam Circulaire Bouweconomie Gemeente Amsterdam
Opdrachtnemer	NIBE B.V. Nijverheidsweg 16G 3534 AM Utrecht T +31(0)88 998 37 75 info@nibe.org www.nibe-sustainability-experts.com
Versie	definitief
Datum	30 mei 2024
Auteur(s)	Marvin Spitsbaard en Mantijn van Leeuwen
Projectteam	Claartje Vorstman (RWS) Esther Heijink (RWS) Jeroen van der Waal (Gemeente Amsterdam) Desiree Bernhardt (Gemeente Amsterdam) Marvin Spitsbaard (NIBE) Mantijn van Leeuwen (NIBE)

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 NIBE

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NIBE is het niet toegestaan om :

- a) een door NIBE uitgebracht rapport geheel of gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze openbaar te doen maken;
- b) een door NIBE uitgebracht rapport geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures en ten behoeve van reclame of vergelijkende reclame;
- c) de naam en/of het logo van NIBE, in welke verbinding dan ook, te gebruiken bij het openbaar maken van een deel of gedeelten van een door NIBE uitgebracht rapport en/of voor een of meer van de sub. b. genoemde doeleinden.

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

© 2024 NIBE

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Wegen	5
	Rijkswegen	5
	Provinciale wegen & Waterschapswegen	9
	Gemeentelijke wegen	12
	Fietspaden	16
	Voetpaden	17
3	Spoorwegen	18
4	Vliegvelden	18
5	Dijken 19	
6	Vaargeulonderhoud	20
7	Grondverzet (WDSM)	21
8	Kabels en leidingen	21
	Telecom kabels	22
	Elektrikabels	23
	Aardgasleidingen	25
	Rioolbuizen	26
	Waterleidingen	27
	CO2 transportleidingen	29
	Transportleidingen gevaarlijke stoffen	29
9	Bibliografie	30
	Bijlage 1: Vliegvelden	33
	Bijlage 2: Nieuwbouw elektriciteitskabels	40
	Bijlage 3: Gemiddelde toename infra per extra huishouden	43
	Bijlage 4: Berekening emissies in A4	45
	Bijlage 4: Berekening emissies in A5:	47
	Sloopset	47
	Aanlegset	49
	Brandstofomrekening	51
	Bijlage 5: Toelichting GWW maatregelen:	53

1 Inleiding

In dit document wordt voor het CO2 rekenmodel voor de GWW dat gemaakt is in het kader van dit onderzoeksproject de methodologie toegelicht. Voor de structuur van dit document is een onderverdeling gemaakt in verschillende soorten infrastructuur. Onder infrastructuur wordt gerekend alle mogelijke verbindingen. Dit kunnen verkeerstransportverbindingen zijn maar ook bijvoorbeeld netwerken voor het transport van energiedragers, vloeistoffen, afvalstoffen en gassen. Ook wordt het geheel aan verbindingen gerelateerd aan voor waternetwerken onder infrastructuur gerekend. Denk hierbij bijvoorbeeld aan dijken, (onderhoud aan) de kustlijn, vaargeulen en oevers.

Om wille van tijd en budget als ook beperkte beschikbaarheid van data of onduidelijke data op een aantal onderdelen zijn er keuzes gemaakt op wat wel niet meegenomen kon worden in dit onderzoek. Hierdoor zijn de volgende infrastructurele werken niet meegenomen in dit onderzoek:

- Geluidsschermen
- Helikopterhavens
- Havens
- RWZI installaties
- Transformatorhuisjes
- Masten (voor stroomkabels)

Wel meegenomen maar toch nog op een zeer beperkte manier gerepresenteerd in dit onderzoek zijn de volgende punten:

- Spoor
- Kleine bruggen

Voor toekomstig vervolgonderzoek is de aanbeveling om deze hiaten nader in te vullen met nieuw onderzoek waarbij deze ontbrekende data wordt aangevuld en de informatie die nu op beperkte manier is meegenomen (top-down op basis van andere studies in plaats van bottom-up op basis van statistische data en data uit onderzoeksrapporten) in de toekomst uitgebreider mee te nemen.

2 Wegen

In dit hoofdstuk wordt toegelicht hoe de wegen zijn geconstrueerd in het rekenmodel. Dit is bepaald voor autowegen bepaald per wegeigenaar (RWS, Provincies, Waterschappen en Gemeenten). Daarnaast wordt in afzonderlijke paragrafen in dit hoofdstuk ook nog verder ingegaan op fietspaden en voetpaden. Hierbij is gebruik gemaakt aan een scala aan informatiebronnen zoals aangeleverde data en rapporten van Rijkswaterstaat, CBS data en een eerdere studie van het EB & Metabolic.

Rijkswegen

In deze eerste paragraaf is bepaald hoe de arealen voor renovatie en nieuwbouw zijn bepaald voor Rijkswegen. Voor het bepalen van de arealen voor nieuwbouw en renovatie van Rijkswegen is er een profiel van één strekkende km Rijksweg opgezet. Dit profiel geeft inzicht in de materialisatie per strekkende kilometer Rijksweg. Om dit profiel op te stellen is een inschatting gemaakt van hoeveel m² wegoppervlak één strekkende km snelweg heeft. Daarnaast is de opbouw van het pakket onder deze weg bepaald. Door vervolgens deze twee inputs samen te combineren met dichtheden voor de verschillende materiaalsoorten in de wegopbouw kan per km¹ Rijksweg de totale hoeveelheid materiaal als massa (in kg) worden bepaald per materiaalsoort. Een detail uitwerking van hoe dit profiel is opgesteld is onderstaand verder uitgewerkt voor de Rijksweg.

Voor het bepalen van het gemiddelde aantal m² per strekkende km¹ weg is er gebruik gemaakt van een tweetal bronnen. Enerzijds is vanuit Rijkswaterstaat zelf het totaal areaal (84.400.000 m²) aan Rijkswegen in Nederland aangeleverd. Deze data is gecombineerd met CBS data (1) over het aantal strekkende km aan Rijkswegen in Nederland (5571 km¹) om het aantal m² per strekkende km Rijksweg te bepalen. Dit is onderstaand bepaald:

$$84.400.000 \text{ m}^2 \div 5.571 \text{ km}^1 = \mathbf{15.150 \text{ m}^2 \text{ per km}^1}$$

Vervolgens is er een wegopbouw bepaald van het wegdek. Hiervoor is eerst een onderverdeling gemaakt in de verschillende variëteiten aan wegopbouw die er zijn voor Rijkswegen. Dit zijn ZOAB, DZOAB, 2LZOAB, DGDG en AC. Omdat DGDG en AC beide maar een klein aandeel hebben zijn ze samen opgeteld bij het areaal DZOAB. In onderstaande tabel is het aandeel per variëteit wegopbouw gegeven:

Variëteit	Aandeel in %	Km ¹
ZOAB	24,4%	1359 km ¹
DZOAB	49,9%	2780 km ¹
2LZOAB	25,7%	1432 km ¹

Tabel 1: Variëteit wegopbouw Rijkswegen.

Voor deze variëteiten is vervolgens de gemiddelde opbouw van het wegdek bepaald. Hiervoor is gebruik gemaakt van een literatuurstudie (2) aangevuld met inschattingen. Hoe het asfaltpakket is opgebouwd (diktes en materialen) en welke eigenschappen deze hebben (de dichtheid en de RSL) is omschreven in Tabel 2 voor ZOAB, in Tabel 3 voor DZOAB en in Tabel 4 voor 2LZOAB.

	Materiaal	Dikte laag (mm)	Dichtheid	RSL	Bron:
Toplaag	ZOAB toplaag	50	2000 kg/m ³	12	(2) & (3) ^{*1}
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	80	2350 kg/m ³	45	(2) & (3) ^{*1}
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	170	2350 kg/m ³	100	(2) & (3) ^{*1}
Fundering	Menggranulaat	300	1850 kg/m ³	100	(2) & (3) ^{*1}

Tabel 2: Opbouw en eigenschappen van het asfaltpakket (ZOAB weg).

*1Bron (2) is gebruikt voor het bepalen van diktes en dichtheden, Bron (3) is bepaald voor het bepalen van de RSL

	Materiaal	Dikte laag (mm)	Dichtheid	RSL	Bron:
Toplaag	DZOAB toplaag	50	2000 kg/m ³	14	(2) & (3) ^{*1}
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	80	2350 kg/m ³	45	(2) & (3) ^{*1}
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	170	2350 kg/m ³	100	(2) & (3) ^{*1}
Fundering	Menggranulaat	300	1850 kg/m ³	100	(2) & (3) ^{*1}

Tabel 3: Opbouw en eigenschappen van het asfaltpakket (DZOAB weg).

*1Bron (2) is gebruikt voor het bepalen van diktes en dichtheden, Bron (3) is bepaald voor het bepalen van de RSL

	Materiaal	Dikte laag (mm)	Dichtheid	RSL	Bron:
Toplaag	2L- ZOAB toplaag	25	2000 kg/m ³	10	(2) & (3) ^{*1}
Onderlaag	2L- ZOAB onderlaag	45	2000 kg/m ³	13	(2) & (3) ^{*1}
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	80	2350 kg/m ³	45	(2) & (3) ^{*1}
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	170	2350 kg/m ³	100	(2) & (3) ^{*1}
Fundering	Menggranulaat	300	1850 kg/m ³	100	(2) & (3) ^{*1}

Tabel 4: Opbouw en eigenschappen van het asfaltpakket (2LZOAB weg).

*1Bron (2) is gebruikt voor het bepalen van diktes en dichtheden, Bron (3) is bepaald voor het bepalen van de RSL

Renovatie areaal:

Om de renovatiebehoefte in kilogrammen per grondstofsoort per jaar te bepalen is het areaal in km 1 aan Rijkswegen dat er nu ligt bepaald. Deze is vastgesteld op basis van CBS gegevens zoals omschreven in Tabel 5. Vervolgens is met behulp van de RSL per wegdeklaag bepaald hoeveel hiervan ieder jaar vervangen dient te worden (zie Tabel 6).

	Lengte:	Unit:	Bron:
Rijkswegen	5571	km 1	(1)

Tabel 5: Areaal Rijkswegen in Nederland.

	Materiaal	Areaal	RSL	Vervanging
Toplaag	ZOAB toplaag	1359 km 1	12	113 km 1
Toplaag	DZOAB toplaag	2780 km 1	14	199 km 1
Toplaag	2L- ZOAB toplaag	1432 km 1	10	143 km 1
Onderlaag	2L- ZOAB onderlaag	1432 km 1	13	110 km 1
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	5571km 1	30	186 km 1

Onderlaag	AC bin/base 50% PR	5571km 1	100	n.v.t.
Fundering	Menggranulaat	5571km 1	n.v.t.*1	n.v.t.*1

Tabel 6: Vervanging per wegdeklaag.

*1 Is voor dit rekenmodel op n.v.t. gezet voor renovatie omdat is aangenomen dat vanwege hun hoge levensduur de onderste 170mm van de onderlaag en de funderingslaag altijd blijven liggen en nooit vervangen hoeft te worden.

Met Vergelijking 1 kunnen de vervangingen in strekkende km 1 snelweg zoals bepaald in Tabel 6 omgerekend worden naar materiaalstromen voor renovaties (zie Tabel 7 voor ZOAB, Tabel 8 voor DZOAB & Tabel 9 voor 2LZOAB). Deze hoeveelheden worden in het rekenmodel vervolgens gekoppeld aan een CO₂ uitstoot per materiaalhoeveelheid om de totale CO₂ emissies voor renovatie van Rijkswegen te bepalen.

Vergelijking 1

$$m2 \text{ snelweg} \times \frac{\text{dikte laag (mm)}}{1000} \times \text{dichtheid in kg per m}^3$$

	Materiaal	Oppervlak per km 1	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Toplaag	ZOAB toplaag	15.150	50	2000 kg/m ³	1,72E+08
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	15.150	80	2350 kg/m ³	8,60E+07
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	15.150	170	2350 kg/m ³	n.v.t.
Fundering	Menggranulaat	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Tabel 7: Materiaalstromen per wegdeklaag ZOAB snelweg (renovatie).

	Materiaal	Oppervlak per km 1	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Toplaag	DZOAB toplaag	15.150	50	2000 kg/m ³	3,01E+08
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	15.150	80	2350 kg/m ³	1,76E+08
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	15.150	170	2350 kg/m ³	n.v.t.
Fundering	Menggranulaat	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Tabel 8: Materiaalstromen per wegdeklaag DZOAB snelweg (renovatie).

	Materiaal	Oppervlak per km 1	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Toplaag	2L-ZOAB toplaag	15.150	25	2000 kg/m ³	1,08E+08
Onderlaag	2L-ZOAB onderlaag	15.150	45	2000 kg/m ³	1,50E+08
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	15.150	80	2350 kg/m ³	9,06E+07
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	15.150	170	2350 kg/m ³	n.v.t.
Fundering	Menggranulaat	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Tabel 9: Materiaalstromen per wegdeklaag 2LZOAB snelweg (renovatie).

Nieuwbouw areaal:

Om de nieuwbouw te bepalen is gekeken naar het rapport "Materiaalstromen in de bouw en infra" van EB en Metabolic (4). De arealen voor nieuwbouw zijn in dit rapport gegeven in m². Met behulp van de eerder in dit hoofdstuk en onderliggende beschrijvingen bepaalde m² per km 1 weg is de nieuwbouwprojectie van EB en Metabolic omgerekend naar een nieuw

te bouwen areaal in km¹ per jaar. Uit deze omrekening is een constante waarde voor nieuwbouw van 5km¹ per jaar bepaald (zie ook Tabel 10).

	Lengte	Unit	Bron
Rijkswegen	5	km ¹	(4)

Tabel 10: Areaal nieuw te bouwen Rijkswegen in Nederland (per jaar).

Voor de dimensies van de wegbreedtes zijn dezelfde gegevens zoals beschreven eerder in deze paragraaf beschreven gehanteerd. Voor de opbouw en de eigenschappen zijn dezelfde waarde gehanteerd zoals omschreven in (2) & (3). Het materiaal volume per jaar is vervolgens bepaald met behulp van Vergelijking 1. Deze materiaalstromen in kg per jaar voor de nieuwbouw van 1 strekkende km Rijksweg zijn weergegeven in Tabel 11 t/m 13. Deze hoeveelheden worden in het rekenmodel vervolgens gekoppeld aan de nieuw te bouwen kilometers in het betreffende jaar en aan een CO₂ uitstoot per materiaalhoeveelheid om de totale CO₂ emissies voor nieuwbouw van Rijkswegen te bepalen.

	Materiaal	Oppervlak per km ¹	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Toplaag	ZOAB toplaag	15.150	50	2000 kg/m ³	2,52E+06
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	15.150	80	2350 kg/m ³	4,75E+06
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	15.150	170	2350 kg/m ³	1,01E+07
Toplaag	2L- ZOAB toplaag	15.150	25	2000 kg/m ³	1,40E+07

Tabel 11: Materiaalstromen per wegdeklaag ZOAB snelweg (nieuwbouw).

	Materiaal	Oppervlak per km ¹	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Toplaag	DZOAB toplaag	15.150	50	2000 kg/m ³	2,52E+06
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	15.150	80	2350 kg/m ³	4,75E+06
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	15.150	170	2350 kg/m ³	1,01E+07
Toplaag	2L- ZOAB toplaag	15.150	25	2000 kg/m ³	1,40E+07

Tabel 12: Materiaalstromen per wegdeklaag DZOAB snelweg (nieuwbouw).

	Materiaal	Oppervlak per km ¹	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Toplaag	2L- ZOAB toplaag	15.150	25	2000 kg/m ³	1,26E+06
Onderlaag	2L- ZOAB onderlaag	15.150	45	2000 kg/m ³	2,27E+06
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	15.150	80	2350 kg/m ³	4,75E+06
Onderlaag	AC bin/base 50% PR	15.150	170	2350 kg/m ³	1,01E+07
Toplaag	2L- ZOAB toplaag	15.150	25	2000 kg/m ³	1,40E+07

Tabel 13: Materiaalstromen per wegdeklaag 2LZOAB snelweg (nieuwbouw).

Provinciale wegen & Waterschapswegen

In deze paragraaf is bepaald hoe de arealen voor renovatie en nieuwbouw zijn bepaald voor de Provinciale wegen en de Waterschapswegen. Deze categorieën van wegen worden samen in één paragraaf beschouwt omdat voor de opbouw van de Waterschapswegen is aangenomen dat deze gelijk is aan een Provinciale weg.

Voor de wegbreedte van een N-weg is gekeken naar de detaillering van een N-weg 1x2 rijstroken zoals beschreven door het CROW (5). Hierbij is voor dit rekenmodel aangenomen dat het verharde deel van de weg gemeten is van redresseerstrook tot redresseerstrook. De breedtes van de rijbaan zijn beschreven in Tabel 14. De totale breedte van deze N-weg is 7,5 meter wat ook in lijn is met de gegeven breedte in het handboek ontwerpcriteria van de provincie Zuid Holland (6).

Rijbaan	Wegbreedte
Redresseerstrook	0,30m = 0,60m
Kantstreep	0,15m = 0,30m
Rijstrook	2,75m = 5,50m
Scheidingsstreep	0,15m = 0,30m
Rijrichtingscheiding	0,80m = 0,80m

Tabel 14: Wegbreedtes Provinciale wegen & Waterschapswegen..

Redresseerstrook:	$2 \times 0,30\text{m} = 0,60\text{m}$
Kantstreep:	$2 \times 0,15\text{m} = 0,30\text{m}$
Rijstrook	$2 \times 2,75\text{m} = 5,50\text{m}$
Scheidingsstreep	$2 \times 0,15\text{m} = 0,30\text{m}$
Rijrichtingscheiding	$1 \times 0,80\text{m} = 0,80\text{m} +$ 7,50m

Het gemiddelde oppervlak per strekkende kilometer is 7,5 meter \times 1000 meter = 7.500m².

Ten aanzien van de opbouw van het asfalt pakket is een gemiddelde opbouw van het wegdek bepaald op basis van een literatuurstudie (2). Hoe het asfaltpakket is opgebouwd (diktes en materialen) en welke eigenschappen deze heeft (dichtheid en RSL) is omschreven in Tabel 15.

	Materiaal	Dikte laag (mm)	Dichtheid	RSL	Bron
Deklaag	SMA- NL 11B 70/100	35	2200 kg/m ³	16	(2)* & (3)**
Tussenlaag	AC- 16 bind en AC- 22 bind	110	2000 kg/m ³	45	(2)
Onderlaag	AC- 22 base	90	2350 kg/m ³	45	(2)
Fundering	Menggranulaat	300	1850 kg/m ³	100	(2)

Tabel 15: Opbouw en eigenschappen van het asfaltpakket.

* Bron (2) Is gebruikt om de laagdikte te bepalen en **Bron (3) voor de RSL

Renovatie areaal:

Om de renovatiebehoefte in kilogrammen per grondstofsoort per jaar te bepalen is het areaal in km¹ dat er nu ligt voor Provinciale wegen en Waterschapswegen bepaald. Deze zijn vastgesteld op basis van CBSgegevens zoals omschreven in Tabel 16. Vervolgens is met behulp van de RSL per wegdeklaag bepaald hoeveel hiervan ieder jaar vervangen dient te worden (zie Tabel 17 voor Provinciale wegen en Tabel 18 voor Waterschapswegen).

	Lengte	Unit	Bron
Provinciale wegen	7934	km ¹	(1)
Waterschapswegen	6492	km ¹	(1)

Tabel 16: Areaal Provinciale wegen en Waterschapswegen in Nederland.

	Materiaal	Areaal	RSL	Vervanging
Deklaag	SMA- NL 11B 70/ 100	7.934 km ¹	16	496 km ¹
Tussenlaag	AC- 16 bind en AC- 22 bind	7.934 km ¹	45	176 km ¹
Onderlaag	AC- 22 base	7.934 km ¹	45	176 km ¹
Fundering	Menggranulaat	7.934 km ¹	n.v.t.* ¹	n.v.t.* ¹

Tabel 17: Vervanging per wegdeklaag voor Provinciale wegen.

*¹Is voor dit rekenmodel op n.v.t. gezet voor renovatie omdat is aangenomen dat zodra de funderingslaag ligt deze altijd blijft liggen en nooit vervangen hoeft te worden.

	Materiaal	Areaal	RSL	Vervanging
Deklaag	SMA- NL 11B 70/ 100	6492 km ¹	16	406 km ¹
Tussenlaag	AC- 16 bind en AC- 22 bind	6492 km ¹	45	144 km ¹
Onderlaag	AC- 22 base	6492 km ¹	45	144 km ¹
Fundering	Menggranulaat	6492 km ¹	n.v.t.* ¹	n.v.t.* ¹

Tabel 18: Vervanging per wegdeklaag voor Waterschapswegen.

*¹Is voor dit rekenmodel op n.v.t. gezet voor renovatie omdat is aangenomen dat zodra de funderingslaag ligt deze altijd blijft liggen en nooit vervangen hoeft te worden.

Met behulp van Vergelijking 2 Vergelijking 1 worden de vervangingen zoals bepaald in Tabel 17 en Tabel 18 omgerekend naar een materiaalstroom in kg per jaar voor renovaties (zie Tabel 19 voor Provinciale wegen en Tabel 20 voor Waterschapswegen). Deze hoeveelheden worden in het rekenmodel vervolgens gekoppeld aan een CO₂ uitstoot per materiaalhoeveelheid om de totale CO₂ emissies voor renovatie van Rijkswegen te bepalen.

Vergelijking 2

$$m^2 \text{ Provinciale weg of Waterschapsweg} \times \frac{\text{dikte laag (mm)}}{1000} \times \text{dichtheid in kg per m}^3$$

	Materiaal	Oppervlak per km 1	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Deklaag	SMA- NL 11B 70/100	7.500 m ²	35	2200 kg/m ³	2,86E+08
Tussenlaag	AC- 16 bind en AC- 22 bind	7.500 m ²	10	2000 kg/m ³	2,91E+08
Onderlaag	AC- 22 base	7.500 m ²	90	2350 kg/m ³	2,80E+08
Fundering	Menggranulaat	7.500 m ²	300	1850 kg/m ³	n.v.t.

Tabel 19: Materiaalstromen in kg per jaar voor renovatie van Provinciale wegen.

	Materiaal	Oppervlak per km 1	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Deklaag	SMA- NL 11B 70/100	7.500 m ²	35	2200 kg/m ³	2,34E+08
Tussenlaag	AC- 16 bind en AC- 22 bind	7.500 m ²	10	2000 kg/m ³	2,38E+08
Onderlaag	AC- 22 base	7.500 m ²	90	2350 kg/m ³	2,29E+08
Fundering	Menggranulaat	7.500 m ²	300	1850 kg/m ³	n.v.t.

Tabel 20: Materiaalstromen in kg per jaar voor renovatie van Waterschapswegen.

Nieuwbouw areaal:

Om de nieuwbouw te bepalen is gekeken naar het rapport "Materiaalstromen in de bouw en infra" van EIB en Metabolic (4). De arealen voor nieuwbouw zijn in dit rapport gegeven in m². Met behulp van de in Tabel 14 en onderliggende beschrijvingen bepaalde m² per km¹ weg is de nieuwbouwprojectie van EIB en Metabolic omgerekend naar een nieuw te bouwen areaal in km¹ per jaar voor Provinciale wegen en Waterschapswegen. Uit deze omrekening is een constante waarde voor nieuwbouw van 6km¹ per jaar bepaald (zie ook Tabel 21) voor zowel Provinciale wegen als Waterschapswegen.

	Lengte	Unit	Bron
Provinciale wegen	6	km 1	(4)
Waterschapswegen	6	km 1	(4)

Tabel 21: Areaal nieuw te bouwen Provinciale wegen en Waterschapswegen in Nederland (per jaar).

Voor de dimensies van de wegbreedtes zijn dezelfde gegevens zoals beschreven in Tabel 14 gehanteerd. Voor de opbouw en de eigenschappen zijn dezelfde waarde gehanteerd zoals omschreven in Tabel 15. Het materiaal volume per jaar is vervolgens bepaald met behulp van Vergelijking 2. Deze materiaalstromen in kg per jaar voor de nieuwbouw van Provinciale wegen en Waterschapswegen zijn vervolgens weergegeven in Tabel 22 (Provincies) en Tabel 23 (Waterschappen). Deze hoeveelheden worden in het rekenmodel vervolgens gekoppeld aan een CO₂ uitstoot per materiaalhoeveelheid om de totale CO₂ emissies voor nieuwbouw van Provinciale wegen en Waterschapswegen te bepalen.

	Materiaal	Oppervlak per km 1	Dikte laag (m m)	Dichtheid	kg materiaal
Deklaag	SMA- NL 11B 70/ 100	7.500 m 2	35	2200 kg/ m 3	3,47E+06
Tussenlaag	AC- 16 bind en AC- 22 bind	7.500 m 2	110	2000 kg/ m 3	9,90E+06
Onderlaag	AC- 22 base	7.500 m 2	90	2350 kg/ m 3	9,52E+06
Fundering	Menggranulaat	7.500 m 2	300	1850 kg/ m 3	2,50E+07

Tabel 22: Materiaalstromen in kg per jaar voor nieuwbouw van Provinciale wegen.

	Materiaal	Oppervlak per km 1	Dikte laag (m m)	Dichtheid	kg materiaal
Deklaag	SMA- NL 11B 70/ 100	7.500 m 2	35	2200 kg/ m 3	3,47E+06
Tussenlaag	AC- 16 bind en AC- 22 bind	7.500 m 2	110	2000 kg/ m 3	9,90E+06
Onderlaag	AC- 22 base	7.500 m 2	90	2350 kg/ m 3	9,52E+06
Fundering	Menggranulaat	7.500 m 2	300	1850 kg/ m 3	2,50E+07

Tabel 23: Materiaalstromen in kg per jaar voor nieuwbouw van Waterschapswegen.

Gemeentelijke wegen

In deze paragraaf is bepaald hoe de arealen voor renovatie en nieuwbouw zijn bepaald voor Gemeentelijke wegen. Voor de opbouw van een gemiddelde gemeenteweg zijn eerst een aantal basis referenties vastgesteld. Dit is gedaan op basis van een aantal bronnen en inschattingen.

Ten aanzien van de wegbreedte is hiervoor een aanname gedaan wat de gemiddelde wegbreedte van een gemeenteweg in Nederland is. Hiervoor is de minimumbreedte van een weg voor tweerichtingsverkeer genomen, dit is 5,5 meter (zie ook Tabel 24). Onder deze tabel is uitgerekend hoe breed de complete gemeenteweg is.

Rijbaan	Wegbreedte
Weg	5,5m

Tabel 24: Areaal nieuw te bouwen Gemeentewegen in Nederland (per jaar).

Linker rijbaan: $5,5 \text{ meter} \times 1 = \frac{5,5 \text{ meter}}{5,5 \text{ meter}} +$

Het gemiddelde oppervlak per strekkende kilometer is $5,5 \text{ meter} \times 1000 \text{ meter} = 5.500 \text{ m}^2$.

Ten aanzien van de opbouw van de weg is voor dit onderzoek een gemiddelde opbouw van het wegdek bepaald. De diktes per wegdeklaag zijn telkens bepaald op basis van een interview met iemand van de Gemeente Amsterdam. Deze diktes zijn samen met dichtheden en RSL waarden omschreven in Tabel 25, Tabel 26 en Tabel 27.

Asfalt	Materiaal	Dikte laag (m m)	Dichtheid	RSL	Bron
Deklaag	AC- Surf	35	2350 kg/ m 3	10	(3) & *

Tussen & onderlaag	AC- 16 bind en AC- 22 bind	165	2370 kg/m ³	45	(3)**
Fundering	Menggranulaat	300	1650 kg/m ³	100	(7) & (2)
Zandbed	Zand	500	1650 kg/m ³	999	(7) & ***

Tabel 25: Opbouw en eigenschappen van het asfaltpakket.

*Bron RSL: range gegeven van 8- 12 jaar door gemeente Amsterdam , hiervan is het gemiddelde aangehouden als RSL

** Zowel de dichtheid als RSL zijn op basis van dezelfde bron bepaald.

*** Voor zand is aangenomen dat het bij iedere renovatie weer op dezelfde locatie wordt gebruikt en dus eigenlijk een oneindige levensduur heeft. Om een klein beetje verlies in overweging te nemen tijdens de constructiefase is de RSL in het rekenmodel op 999 gezet.

Klinker	Materiaal	Dikte laag (m m)	Dichtheid	RSL	Bron
Deklaag	Klinker	80	1450 kg/m ³	100	(8)*
Zand	Zand	120	1650 kg/m ³	999	(7)**
Fundering	Menggranulaat	300	1650 kg/m ³	100	(7) & (2)
Zandbed	Zand	500	1650 kg/m ³	999	(7)**

Tabel 26: Opbouw en eigenschappen van de klinkerweg.

*Bron RSL: gegeven door Gemeente Amsterdam .

** Voor zand is aangenomen dat het bij iedere renovatie weer op dezelfde locatie wordt gebruikt en dus eigenlijk een oneindige levensduur heeft. Om een klein beetje verlies in overweging te nemen tijdens de constructiefase is de RSL in het rekenmodel op 999 gezet.

Betonsteen	Materiaal	Dikte laag (m m)	Dichtheid	RSL	Bron
Deklaag	Betonsteen	80m m	2400 kg/m ³	50	*
Zand	Zand	120m m	1650 kg/m ³	999	(7)**
Fundering	Menggranulaat	300m m	1650 kg/m ³	100	(7) & (2)
Zandbed	Zand	500m m	1650 kg/m ³	999	(7)**

Tabel 27: Opbouw en eigenschappen van de betonstenenweg.

*Bron RSL: gegeven door Gemeente Amsterdam , dichtheid is ingeschat.

** Voor zand is aangenomen dat het bij iedere renovatie weer op dezelfde locatie wordt gebruikt en dus eigenlijk een oneindige levensduur heeft. Om een klein beetje verlies in overweging te nemen tijdens de constructiefase is de RSL in het rekenmodel op 999 gezet.

Renovatie areaal:

Om de renovatiebehoefte in kilogrammen per grondstofsoort per jaar te bepalen is het areaal in km¹ dat er nu ligt voor Provinciale wegen en Waterschapswegen bepaald. Deze zijn vastgesteld op basis van CBSgegevens zoals om schreven in Tabel 28. Vervolgens is met behulp van de RSL per wegdeklaag bepaald hoeveel hiervan ieder jaar vervangen dient te worden (zie Tabel 29 voor asfaltwegen, Tabel 30 voor klinkerwegen en Tabel 31 voor betonstraatsteenwegen).

	Lengte	Unit	Bron
Gemeenteweg - asfalt	36.547	km 1	(1)
Gemeenteweg - klinker	12.182	km 1	(1)

Gemeenteweg - beton	73.094	km 1	(1)
---------------------	--------	------	-----

Tabel 28: Areaal Gemeentewegen in Nederland.

Asfalt	Materiaal	Areaal	RSL	Vervanging
Deklaag	AC- Surf	36.547 km 1	10	3655 km 1
Tussen & onderlaag	AC- 16 bind en AC- 22 bind	36.547 km 1	45	812 km 1
Fundering	Menggranulaat	36.547 km 1	100	365 km 1
Zandbed	Zand	36.547 km 1	999	37 km 1

Tabel 29: Vervanging per wegdeklaag (asfalt).

Klinker	Materiaal	Areaal	RSL	Vervanging
Deklaag	Klinker	12.182 km 1	100	122 km 1
Zand	Zand	12.182 km 1	999	12 km 1
Fundering	Menggranulaat	12.182 km 1	100	122 km 1
Zandbed	Zand	12.182 km 1	999	12 km 1

Tabel 30: Vervanging per wegdeklaag (klinker).

Betonsteen	Materiaal	Areaal	RSL	Vervanging
Deklaag	Betonsteen	73.094 km 1	50	1462 km 1
Zand	Zand	73.094 km 1	999	12 km 1
Fundering	Menggranulaat	73.094 km 1	100	122 km 1
Zandbed	Zand	73.094 km 1	999	12 km 1

Tabel 31: Vervanging per wegdeklaag (betonsteen).

Met behulp van Vergelijking 3 Vergelijking 1 worden de vervangingen zoals bepaald in Tabel 29, Tabel 30 en Tabel 31 omgerekend naar een materiaalstroom in kg per jaar voor renovaties (zie Tabel 32 voor asfaltwegen, Tabel 33 voor klinkerwegen en Tabel 34 betonstraatsteenwegen). Deze hoeveelheden worden in het rekenmodel vervolgens gekoppeld aan een CO₂ uitstoot per materiaalhoeveelheid om de totale CO₂ emissies voor renovatie van Rijkswegen te bepalen.

Vergelijking 3

$$m2\ weg \times \frac{dikte\ laag\ (mm)}{1000} \times dichtheid\ in\ kg\ per\ m3$$

Asfalt	Materiaal	Oppervlak per km 1	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Deklaag	AC- Surf	5.500 m 2	35	2350 kg/m ³	1,65E+09
Tussen & onderlaag	AC- 16 bind en AC- 22 bind	5.500 m 2	165	2370 kg/m ³	3,67E+08
Fundering	Menggranulaat	5.500 m 2	300	1650 kg/m ³	1,66E+09
Zandbed	Zand	5.500 m 2	500	1650 kg/m ³	1,66E+08

Tabel 32: Materiaalstromen in kg per jaar voor renovatie (gemeenteweg – asfalt).

Klinker	Materiaal	Oppervlak	Dikte laag	Dichtheid	Ton
---------	-----------	-----------	------------	-----------	-----

		per km 1	(mm)		materiaal
Deklaag	Klinker	5.500 m ²	80	1450 kg/m ³	7,77E+07
Zand	Zand	5.500 m ²	120	1650 kg/m ³	1,33E+07
Fundering	Menggranulaat	5.500 m ²	300	1650 kg/m ³	3,32E+08
Zandbed	Zand	5.500 m ²	500	1650 kg/m ³	5,53E+07

Tabel 33: Materiaalstromen in kg per jaar voor renovatie (gemeenteweg – klinker).

Betonsteen	Materiaal	Oppervlak per km 1	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Deklaag	Betonsteen	5.500 m ²	80mm	2400 kg/m ³	1,54E+09
Zand	Zand	5.500 m ²	120mm	1650 kg/m ³	7,97E+07
Fundering	Menggranulaat	5.500 m ²	300mm	1650 kg/m ³	1,99E+09
Zandbed	Zand	5.500 m ²	500mm	1650 kg/m ³	3,32E+08

Tabel 34: Materiaalstromen in kg per jaar voor renovatie (gemeenteweg – betonsteen).

Nieuwbouw areaal:

Om de nieuwbouw te bepalen is gekeken naar het rapport "Materiaalstromen in de bouw en infra" van EIB en Metabolic (4). De arealen voor nieuwbouw zijn in dit rapport gegeven in m². Met behulp van de in Tabel 24 en onderliggende beschrijvingen bepaalde m² per km¹ weg is de nieuwbouwprojectie van EIB en Metabolic omgerekend naar een nieuw te bouwen areaal in km¹ per jaar voor Gemeentewegen. Uit deze omrekening is een constante waarde voor nieuwbouw van gemeentewegen bepaald voor asfalt (300km¹), klinker (100km¹) en betonsteen (600km¹) (zie ook Tabel 35).

	Lengte	Unit
Gemeenteweg – asfalt	300	km ¹
Gemeenteweg – klinker	100	km ¹
Gemeenteweg - betonsteen	600	km ¹

Tabel 35: Areaal nieuw te bouwen Gemeentewegen in Nederland (per jaar).

Voor de dimensies van de wegbreedtes zijn dezelfde gegevens zoals beschreven in Tabel 24 gehanteerd. Voor de opbouw en de eigenschappen zijn dezelfde waarde gehanteerd zoals omschreven in Tabel 25, Tabel 26 en Tabel 27. Het materiaal volume per jaar is vervolgens bepaald met behulp van Vergelijking 3. Deze materiaalstromen in kg per jaar voor de nieuwbouw van gemeentewegen zijn vervolgens weergegeven in Tabel 36, Tabel 37 en Tabel 38. Deze hoeveelheden worden in het rekenmodel vervolgens gekoppeld aan een CO₂ uitstoot per materiaalhoeveelheid om de totale CO₂ emissies voor nieuwbouw van gemeentewegen te bepalen.

	Materiaal	Oppervlak per km 1	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Deklaag	AC- Surf	5.500 m ²	35	2350 kg/m ³	1,36E+08
Tussen & onderlaag	AC- 16 bind en AC- 22 bind	5.500 m ²	165	2370 kg/m ³	6,45E+08
Fundering	Menggranulaat	5.500 m ²	300	1650 kg/m ³	8,17E+08
Zandbed	Zand	5.500 m ²	500	1650 kg/m ³	1,36E+09

Tabel 36: Materiaalstromen in kg per jaar voor nieuwbouw van gemeentewegen (asfalt).

	Materiaal	Oppervlak per km ¹	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Deklaag	Klinker	5.500 m ²	80	1450 kg/m ³	6,38E+07
Zand	Zand	5.500 m ²	120	1650 kg/m ³	1,09E+08
Fundering	Menggranulaat	5.500 m ²	300	1650 kg/m ³	2,72E+08
Zandbed	Zand	5.500 m ²	500	1650 kg/m ³	4,54E+08

Tabel 37: Materiaalstromen in kg per jaar voor nieuwbouw van gemeentewegen (klinker).

	Materiaal	Oppervlak per km ¹	Dikte laag (mm)	Dichtheid	Ton materiaal
Deklaag	Betonsteen	5.500 m ²	80mm	2400 kg/m ³	6,34E+08
Zand	Zand	5.500 m ²	120mm	1650 kg/m ³	6,53E+08
Fundering	Menggranulaat	5.500 m ²	300mm	1650 kg/m ³	1,63E+09
Zandbed	Zand	5.500 m ²	500mm	1650 kg/m ³	2,72E+09

Tabel 38: Materiaalstromen in kg per jaar voor nieuwbouw van gemeentewegen (betonsteen).

Fietspaden

In deze paragraaf wordt ingegaan op de rekenkundige berekeningen die in het model zijn gedaan ten aanzien van de fietspaden. Hierbij wordt ingegaan op de opbouw van een fietspad, de RSL en het bestaande areaal en verwachte toekomstige nieuwbouw areaal aan fietspaden in Nederland.

Het bestaande areaal en toekomstige nieuwbouw:

Op basis van gegevens uit een studie van Metabolic en EIB (4) (7) is het bestaande areaal aan fietspaden in Nederland vastgesteld op 93.000.000m². Daarnaast wordt in deze zelfde studie ook een inschatting gegeven van de verwachte nieuwbouw van fietspaden. Voor de periode tot en met 2030 is door EIB & Metabolic ingeschat dat het areaal met de helft zal toenemen. Voor de periode 2030-2050 is volgens hen de verwachting dat het areaal met nog eens 20% zal toenemen. Een overzicht van alle arealen is gegeven in Tabel 39.

	Areaal (m ²)	Bron
Bestaand areaal	93.000.000 m ²	(4)
Nieuwbouw t/m 2030	46.500.000 m ²	(7)
Nieuwbouw 2030 – 2050	27.900.000 m ²	(7)

Tabel 39: Arealen aan fietspaden in Nederland (in m²) bestaande uit het huidige areaal fietspaden en de toekomstig te realiseren nieuwbouw van fietspaden voor de periode t/m 2030 en de periode 2030-2050.

Opbouw wegdek en de RSL per wegdeklaag:

In Tabel 40 is een overzicht gegeven van de opbouw van een fietspad waar vanuit is gegaan in dit rekenmodel. In deze tabel is een overzicht gegeven van de verschillende wegdekklagen die worden onderscheiden in het rekenmodel en hun diktes. Dit is gedaan op basis van de DuboCalc objectenbibliotheek (8). Verder is in deze tabel een inschatting van de

materialisatie en bijbehorende dichtheid gegeven en is op basis van de PCR asfalt of aannames de verwachte levensduur van de verschillende wegdekklagen gegeven.

Wegdeklaag	Dikte	Bron	Dichtheid Kg/ m ³	Bron	RSL	Bron
Toplaag - Rood asfalt	70m m	(8)	2500	(8)	14	(3)
Onderlaag - AC bin/base	180m m	(8)	2500	(8)	14	(3)
Fundering - Menggranulaat	250m m	(8)	1850	Aanname	100	Aanname
Zandbed - Zand	500m m	(8)	1650	Aanname	100	Aanname

Tabel 40: Opbouw van een fietspad.

Voetpaden

In deze paragraaf wordt ingegaan op de rekenkundige berekeningen die in het model zijn gedaan ten aanzien van voetpaden. Hierbij wordt ingegaan op de opbouw van een voetpad, de RSL en het bestaande areaal en verwachte toekomstige nieuwbouw areaal aan voetpaden in Nederland.

Het bestaande areaal en toekomstige nieuwbouw:

Op basis van gegevens uit een studie van Metabolic en EB (4) is het bestaande areaal aan voetpaden in Nederland vastgesteld op 308.200.000m². Daarnaast is op basis van data uit dezelfde studie in dit onderzoek ook inschatting gemaakt van de verwachte nieuwbouw van voetpaden in Nederland. Voor de periode tot 2030 is in deze studie aangenomen dat de jaarlijkse nieuwbouwproductie gelijk is aan de productie die in de studie van EB en Metabolic voor 2019 is aangenomen. Voor de periode 2030-2050 is in deze studie aangenomen dat de jaarlijkse nieuwbouwproductie gelijk is aan de productie die in de studie van EB en Metabolic voor 2019 is aangenomen. Een overzicht van alle arealen is gegeven in Tabel 41.

	Areaal (m ²)	Bron
Bestaand areaal	308.200.000 m ²	(4)
Nieuwbouw t/m 2030 per jaar	2.360.000 m ²	(4)
Nieuwbouw 2030 – 2050 per jaar	1910.000 m ²	(4)

Tabel 41: Arealen aan voetpaden in Nederland (in m²) bestaande uit het huidige areaal voetpaden en de toekomstig te realiseren nieuwbouw van voetpaden voor de periode t/m 2030 en de periode 2030-2050.

Opbouw wegdek en de RSL per wegdeklaag:

In Tabel 42 is een overzicht gegeven van de opbouw van een voetpad waar vanuit is gegaan in dit rekenmodel. In deze tabel is een overzicht gegeven van de verschillende wegdekklagen die worden onderscheiden in het rekenmodel en hun diktes. Dit is gedaan op basis van NMD categorie 3 rapportages (9) en aannames. Verder is in deze tabel een inschatting van de dichtheid van de materialisatie en RSL gegeven voor de verschillende wegdekklagen.

Wegdeklaag	Dikte	Bron	Dichtheid Kg/ m ³	Bron	RSL	Bron
Betontegel	45m m	(9)	2400	Aanname	25	(9)
Zandbed	100 m m	Aanname	1650	Aanname	100	Aanname

Tabel 42: Opbouw van een voetpad.

3 Spoorwegen

Voor Spoor is de totale CO₂ uitstoot voor het gehele areaal integraal overgenomen van het rapport van EIB en Metabolic (4), 340 kt in 2019 (in de bron terug te vinden op pagina 50, tabel 2.13). Deze waarde is opgenomen voor het jaar 2023 in ons model en in de opvolgende jaren is de reductie door industrie verbetering toegepast (2% per jaar in BAU-scenario en 5% per jaar in veranderscenario).

4 Vliegvelden

Nederland beschikt over meerdere luchthavens die gebruikt worden voor civiele toepassingen, door Defensie of gebruikt worden door een mix van beide. Voor dit onderzoek wordt enkel gekeken naar de luchthavens die worden gebruikt voor civiele toepassingen.

Voor dit onderzoek is onderzocht hoeveel luchthavens er zijn in Nederland die voor civiele of gemixt civiele/ defensie toepassingen worden gebruikt. Hierbij is aan de hand van gegevens van de Luchtverkeersleiding Nederland (10), bepaald hoeveel m² start en landingsbaan er in Nederland er ligt (zie ook "Bijlage 1: vliegvelden" voor de uitgebreidere data). Hiervan is uitgaande van een levensduur van de baan voor civiele vliegvelden van 20 jaar (11) bepaald wat de renovatiebehoefte is t/m 2050. Het areaal aan taxibanen en aprons (platforms) waren niet te achterhalen en zijn dus zodoende niet meegenomen. Luchthavengebouwen vallen onder de scope van B&U en zijn daarom niet meegenomen in dit onderzoek over GWW.

Vliegveld	Baan	Type verharding	Oppervlakte
Schiphol	2020m × 45m	Asfaltbetonverharding	90900 m ²
Schiphol	2020m × 45m	Asfaltbetonverharding	90900 m ²
Schiphol	3449m v 45m	Asfaltbetonverharding	155205 m ²
Schiphol	3449m × 45m	Asfaltbetonverharding	155205 m ²
Schiphol	3453m × 45m	Asfaltbetonverharding	155385 m ²
Schiphol	3453m × 45m	Asfaltbetonverharding	155385 m ²
Schiphol	3300m × 45m	Asfaltbetonverharding	148500 m ²
Schiphol	3300m × 45m	Asfaltbetonverharding	148500 m ²
Schiphol	3400m × 45m	Asfaltbetonverharding	153000 m ²
Schiphol	3400m × 45m	Asfaltbetonverharding	153000 m ²
Schiphol	3800m × 45m	Asfaltbetonverharding	228000 m ²
Schiphol	3800m × 45m	Asfaltbetonverharding	228000 m ²
Budel	1199m × 23m	Asfaltbetonverharding	27577 m ²
Budel	1199m × 23m	Asfaltbetonverharding	27577 m ²
Maastricht/ Aachen	2750m × 45m	Asfaltbetonverharding	123750 m ²
Maastricht/ Aachen	2750m × 45m	Asfaltbetonverharding	123750 m ²
Drachten	730m × 24m	Asfaltbetonverharding	17520 m ²
Drachten	730m × 24m	Asfaltbetonverharding	17520 m ²
Endhoven	3000m × 45m	Asfaltbetonverharding	135000 m ²
Endhaven	3000m × 45m	Asfaltbetonverharding	135000 m ²
Eelde	2500m v 45m	Asfaltbetonverharding	112500 m ²

Eelde	2500m × 45m	Asfaltbetonverharding	12500 m ²
De Kooy	1275m × 30m	Asfaltbetonverharding	38250 m ²
De Kooy	1275m × 30m	Asfaltbetonverharding	38250 m ²
Lelystad	2700m × 45m	Asfaltbetonverharding	121500 m ²
Lelystad	2700m × 45m	Asfaltbetonverharding	121500 m ²
Rotterdam	2200m × 45m	Asfaltbetonverharding	99000 m ²
Rotterdam	2200m v 45m	Asfaltbetonverharding	99000 m ²
Seppe	830m × 23m	Asfaltbetonverharding	19090 m ²
Seppe	830m × 23m	Asfaltbetonverharding	19090 m ²
Teuge	1199m × 27m	Asfaltbetonverharding	32373 m ²
Teuge	1199m × 27m	Asfaltbetonverharding	32373 m ²
Twente	2406m × 45m	Asfaltbetonverharding	108270 m ²
Twente	2406m × 45m	Asfaltbetonverharding	108270 m ²

Tabel 43: Areaal verhardingen per vliegveld.

5 Dijken

In deze paragraaf wordt ingegaan op de rekenkundige berekeningen die in het model zijn gedaan ten aanzien van dijken. In het rekenmodel is namelijk een inschatting gemaakt van de jaarlijkse renovatiebehoefte van de dijken in Nederland. Hierbij is gebruik gemaakt van de studie van Metabolic & EB (4), (7) & (12).

Het rapport van Metabolic & EB geeft renovatie behoeften voor dijken voor de jaren 2019 en 2030. Er werd geen per jaar gespecificeerde renovatiebehoefte gegeven voor de periode 2019-2050. Om toch voor ieder afzonderlijk jaar tot en met 2050 een renovatiebehoefte te krijgen is op basis van het rapport (4) en de Excel bijlage van het methodologisch rapport (12) en een ingeschatte RSL een gemiddelde renovatiebehoefte bepaald.

Type dijk	Amount	Bron	%
Primaire dijk Kust	13km 1	(12)	5,88%
Primaire dijk Rivier	13km 1	(12)	5,88%
Primaire dijk Meer	13km 1	(12)	5,88%
Regionaal Rijkswaterstaat	89km 1	(12)	40,27%
Regionaal Waterschap	93km 1	(12)	42,08%
Totaal	221km 1		

Tabel 44: Dijkrenovaties (in km 1) in 2019 en hun aandeel (in %) op basis van gegevens uit de Excel bijlage methodologisch rapport van EB & Metabolic (12).

Volgens het onderzoek van EB en Metabolic (4) omvat het totale areaal aan dijken in Nederland 18.900km 1. Door de aandelen in renovatie per categorie zoals benoemd in Tabel 44 te vermenigvuldigen met het totaal areaal aan dijken is een globale inschatting gemaakt van de dijkarealen in Nederland per categorie (zie Tabel 45). Door deze dijkarealen te delen door de ingeschatte RSL's per type dijk in deze zelfde tabel is er een inschatting van de jaarlijkse vervangingen gemaakt per type dijk.

Type dijk	Amount	RSL	Vervangingen
Primaire dijk Kust	1.112km 1	100	11km 1

Prim a ire dijk Rivier	1.112km 1	100	11km 1
Prim a ire dijk Meer	1.112km 1	100	11km 1
Regionaal Rijkswaterstaat	7.611km 1	100	76km 1
Regionaal Waterschap	7.953km 1	100	80km 1
Totaal	18.900km 1		

Tabel 45: Inschattingen dijkarealen per categorie dijk en vervangingen.

In het Excel bijlage van het methodologisch rapport van EB & Metabolic (12) staat een materiaal behoefte in m3 per m1 voor grond, zand, klei en zetsteen. Deze is voor dit onderzoek voor ieder type dijk omgerekend naar een grondbehoefte per km 1 (zie

	Prim a ire dijk Kust	Prim a ire dijk Rivier	Prim a ire dijk Meer	Regionaal RWS	Regionaal Waterschap	Unit
Grond	4.010	0	6.390	3.950	3.950	m 3/ km 1
Zand	62.830	8.940	17.900	490	490	m 3/ km 1
Klei	13.370	8.940	26.850	10.370	10.370	m 3/ km 1
Zetsteen	8.890	1.100	2.450	390	390	m 3/ km 1

Tabel 46: Materiaalbehoefte per type dijk per strekkende km 1.

Door het combineren van de gemiddelde vervangingen in km 1 per jaar per type dijk met de materiaalbehoefte per type dijk per km 1 kan de totale materiaalbehoefte per type dijk worden bepaald.

	Prim a ire dijk Kust	Prim a ire dijk Rivier	Prim a ire dijk Meer	Regionaal RWS	Regionaal Waterschap	Unit
Grond	44.582	0	71.042	300.647	314.159	m 3/ jaar
Zand	698.522	99.392	199.006	37.295	38.972	m 3/ jaar
Klei	148.643	99.392	298.509	789.293	824.767	m 3/ jaar
Zetsteen	98.836	12.229	27.238	29.684	31.018	m 3/ jaar

Tabel 47: Materiaalbehoefte per type dijk per jaar.

In het rekenmodel zijn op basis van de gegevens uit Tabel 47 de materiaalbehoefte per type dijk voor iedere grondstof vermenigvuldigd met de bekende CO₂ impacts voor de grondstof om de CO₂ impact per jaar te bepalen. Deze CO₂ impacts nemen ieder jaar een beetje af vanwege aangenomen industrieverbeteringen.

6 Vaargeulonderhoud

Nederland is als waterrijk land aan de kust een land met veel watergangen die geschikt zijn voor en gebruik worden als transportwegen welke daardoor ook regulier onderhoud behoeven. Daarnaast heeft ook de uitgestrekte Nederlandse kustlijn regulier onderhoud nodig. Hiervoor vinden ieder jaar veel baggerwerkzaamheden plaats.

TNO geeft in hun rapport (13) een overzicht van de jaarlijkse hoeveelheid gebaggerd materiaal in Nederland. Hierbij werd in hun rapport expliciet aangegeven dat deze jaarlijkse hoeveelheden relatief stabiel zijn en dat er tot 2030 geen grote veranderingen worden verwacht. Het rapport maakt een uitsplitsing van de hoeveelheden gebaggerd materiaal in

m³ per jaar voor de categorieën: kustlijnzorg (vooroever), kustlijnzorg (strand) en zoute vaargeulonderhoud. Een overzicht hiervan is weergegeven in Tabel 48.

Soort onderhoud	Volume
Kustlijnzorg (vooroever)	6600000 m ³
Kustlijnzorg (strand)	4400000 m ³
Zoute vaargeulonderhoud	13000000 m ³

Tabel 48: Volume onderhoud per jaar per onderhoudscategorie.

In hetzelfde rapport (13) zijn ook CO₂ impacts (in een bandbreedte) weergegeven voor het totale volume onderverdeeld per soort vaargeulonderhoud. Deze zijn voor dit onderzoek terugrekend naar kg CO₂ impacts per m³ (zie Tabel 49). In dit rekenmodel is uitgegaan van de worst case benadering (de hoogste impact) voor het startjaar 2023 van het rekenmodel.

Soort onderhoud	CO ₂ impact (laag)	CO ₂ impact (hoog)
Kustlijnzorg (vooroever)	1,52 kg CO ₂ / m ³	4,55 kg CO ₂ / m ³
Kustlijnzorg (strand)	2,27 kg CO ₂ / m ³	6,82 kg CO ₂ / m ³
Zoute vaargeulonderhoud	3,85 kg CO ₂ / m ³	7,69 kg CO ₂ / m ³

Tabel 49: Bandbreedte CO₂ impacts per onderhoudscategorie.

De CO₂ impacts (hoog) uit Tabel 49 zijn gebruikt als referentie impacts in 2023. Voor opvolgende jaren verbeterd deze referentie impact uit 2023 ieder jaar met het aangehouden percentage voor jaarlijkse industrieverbetering. De totale impact per jaar wordt per soort onderhoud berekend door het vermenigvuldigen van de hoeveelheid volume materiaal met de corresponderende CO₂ impact voor de betreffende categorie. Hierbij is voor de jaren na 2030 aangenomen dat het jaarlijkse volume onderhoud ook dan nog stabiel blijft t.o.v. van voorgaande jaren.

7 Grondverzet (WDSM)

Voor Grondverzet is de integrale CO₂ uitstoot van het KCI-transitiepad Weg-, dijk- en spoormaterieel (WDSM) overgenomen. Dit bedraagt 225 kt in 2021 en deze waarde is in ons model opgenomen voor 2023. Omdat voor wegen en dijken de aanlegprocessen in ons model zijn meegenomen in module A5, is de CO₂ uitstoot van deze van WDSM totaal afgetrokken om dubbeltelling te voorkomen.

8 Kabels en leidingen

In de ondergrond bevindt zich een grote verscheidenheid aan kabels en leidingen die voor diverse toepassingen worden gebruikt. In dit onderzoek is gekeken naar het bestaande areaal aan telecomkabels, elektrakabels, rioolbuizen, waterleidingen, transportleidingen voor CO₂ en transportleidingen voor gevaarlijke stoffen. Voor deze kabels en leidingen is hun renovatiebehoefte voor de periode 2023-2050 bepaald als ook mogelijke uitbreiding van het bestaande areaal in de periode 2023-2050.

Niet beschouwt in dit onderzoek zijn leidingen voor transport van warmte (niet voldoende data gevonden) en andere overige leidingen zoals NAVO-leidingen (areaal en ligging onbekend want deze zijn geheim). Ook wordt in dit onderzoek nog niet gekeken naar het

mogelijk toekomstig nog te ontwikkelen transportnet voor waterstof of de mogelijke potentie om het bestaand aardgasnet om te bouwen tot een transportnet voor waterstof.

Telecom kabels

In deze paragraaf wordt ingegaan op telecomkabel infrastructuur in de Nederlandse ondergrond. Voor dit onderzoek is het bestaande areaal bepaald. Verder wordt met behulp van de RSL gekeken naar de toekomstige vervangingen. Tot slot wordt er ook een inschatting gemaakt van de verwachte uitbreiding (nieuwbouw) van het bestaande areaal.

Het bestaande areaal aan telecomkabels is in een onderzoek uitgevoerd door Kwinkgroep ingeschat op 1.600.000 km¹ (14). Dit areaal bestaat uit koper en coaxkabels (400.000 km¹), mantelbuizen die leeg of in sommige gevallen gevuld zijn met glasvezel (300.000 km¹) en huisaansluitingen (c.a. 900.000 km¹). Voor dit onderzoek is gerekend met een areaal van 1.300.000 km¹. De lege mantelbuizen zijn niet meegerekend in het areaal (zie ook Tabel 50) en hebben zodoende ook geen effect op de vervangingen.

Voor nieuwbouw van telecomkabels ligt de grootste opgave voor telecomkabels bij de uitrol van het glasvezelnetwerk. Op basis van gesprekken met experts uit de glasvezelbranche werd duidelijk dat deze uitrol van het glasvezelnetwerk circa eind 2023 voltooid is. Zodoende is er voor dit onderzoek vanuit gegaan dat de toevoeging in de periode van het rapport van de Kwinkgroep in 2017 en eind 2023 het gehele areaal dat nog niet in glasvezel was uitgevoerd in deze periode is vervangen voor glasvezel. Vanaf 2023 wordt daarom voor vervangingen het gehele areaal als glasvezel beschouwt met een jaarlijks terugkerende vervanging gelijk aan het areaal gedeeld door de RSL. Als RSL voor de glasvezelkabels is 40 jaar aangehouden.

	Areaal	RSL	Vervanging
Telecom kabels	1.300.000 km ¹	40	32.500 km ¹

Tabel 50: Bestaand areaal telecomkabels in km¹, RSL en jaarlijkse vervangingen in km¹.

De enige daadwerkelijke nieuwbouw die voor telecomkabels in de komende jaren nog zal plaatsvinden is alle kabels die benodigd zijn voor het aansluiten van nieuwbouwwoningen. Hierbij is er vanuit gegaan dat dit 100% glasvezel is. Voor dit rekenmodel is de nieuwbouw van telecomkabels bepaald tot en met 2030. Hierbij is de volgende aanpak gehanteerd: voor 2022 is geïnventariseerd hoeveel woningen er zijn. Volgens het CBS waren er 8.045.580 woningen in 2022 (15). Voor de periode 2023-2030 is in het onderzoek van Copper8, Metabolic, NIBE en Alba Concepts (16) bepaald dat er 742.575 woningen bijkomen. Door vervolgens de gegevens uit 2022 over het bestaande areaal aan telecomkabels en woningen te combineren kan een areaal per woning worden berekend. Dit areaal per woning kan vervolgens worden vermenigvuldigd met het aantal woningen dat er 2030 in Nederland staan om het areaal telecomkabels voor 2030 te berekenen (zie ook Tabel 51). Trek je het areaal telecomkabels in 2023 af van het areaal telecomkabels in 2030 dan heb je de nieuwbouwproductie voor de periode 2023-2030. Deze is dan 147.674 km¹. Wordt de nieuwbouwproductie voor de periode 2023-2030 door het aantal jaren (8 jaar) in deze periode gedeeld dan krijg je de nieuwbouwproductie van telecomkabels per jaar. Deze bedraagt 18.459 km¹ per jaar (zie Tabel 52).

	Woningen	Areaal
Aantal woningen 2022	8.045.580	1300.000 km ¹
Aantal woningen 2030	8.788.155	14.19.985 km ¹

Tabel 51: Areaal woningen en telecom kabels in 2022 en 2030.

Periode	Nieuwbouw	Aantal jaren	Nieuwbouw per jaar
2023- 2030	119.985 km ¹	8	14.998 km ¹

Tabel 52: Nieuwbouw van telecom kabels per jaar voor de periode 2023- 2030.

Voor de periode na 2030 was het niet mogelijk om goede inschattingen te krijgen van het aantal nieuw te bouwen woningen. Zodoende is de periode na 2030 buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek en is er geen nieuwbouw meegenomen voor telecom kabels in de periode na 2030.

De berekende arealen nieuwbouw en renovatie worden in het rekenmodel vervuld met behorende CO₂ waarden uit het NMD cat. 3 rapport kabelwerk (17) om de totale CO₂ impacts van het kabelnetwerk te bepalen. Hierbij is de gebruikte CO₂ waarde per km¹ glasvezelkabel teruggebracht tot 40% van de waarde uit het NMD cat. 3 rapport. Dit is gedaan omdat graven in A5 een aanzienlijke impact heeft en indien het cat. 3 rapport hierin strikt wordt gevolgd dubbeltelling van de graafwerkzaamheden optreedt.

Elektrikabels

In deze paragraaf wordt ingegaan op infrastructuur gerelateerd aan de stroomvoorziening. Hierbij is de scope gelimiteerd tot de elektriciteitskabels. De masten waaraan deze stroomkabels hangen en de transformatorstations zijn niet meegenomen in dit onderzoek. Voor de stroomkabels is per kabelsoort in dit onderzoek het bestaande areaal bepaald, zijn de toekomstige vervangingen bepaald met behulp van de RSL en is de verwachte nieuwbouw van stroomkabels ingeschat.

De Nederlandse elektrische kabelinfrastructuur valt op te delen in vier hoofdstromen namelijk: I). Extra- hoogspanningsnet (EHS) welk alle grote energiecentrales van Nederland koppelt met het buitenland, II). Hoogspanningsnet welk de hoofdaders voor stroomlevering binnen Nederland zijn, III). Middenspanningsnet, welke de transformatorhuisjes van stroom voorzien en IV). Laagspanningsnet vanwaar de stroom naar de eindgebruiker gaat. Een overzicht van de arealen bestaande stroomnet in km¹ is te vinden in Tabel 53 samen met de levensduren. De levensduren voor stroomkabels zijn bepaald op basis van het NMD cat. 3 rapport Kabelwerken (17). In dit document zijn levensduren voor zowel koperen als aluminium stroomkabels gegeven maar deze zijn overal telkens gelijk aan elkaar. Zodoende wordt in Tabel 53 geen verdere specificatie van de levensduur van de stroomkabel per materiaalsoort gegeven.

Type kabel	Areaal elektrakabels (in km ¹)	Levensduur (in jaren)
Extra- hoogspanningsnet (EHS)	2.873 km¹	40 jaar
380 kV kabel	28 km ¹	40 jaar
380 kV lijn	2.137 km ¹	40 jaar
220 kV kabel	9 km ¹	40 jaar

220 kV lijn	699 km 1	40 jaar
Hoogspanningsnet	8.786 km 1	40 jaar
150 kV kabel	885 km 1	40 jaar
150 kV lijn	2.893 km 1	40 jaar
110 kV kabel	398 km 1	40 jaar
110 kV lijn	1.859 km 1	40 jaar
50 kV kabel	2.481 km 1	40 jaar
50 kV lijn	270 km 1	40 jaar
Middenspanningsnet	105.664 km 1	40 jaar
25- 30 kV	1.926 km 1	40 jaar
20 kV	1.947 km 1	40 jaar
6- 12,5 kV	100.071 km 1	40 jaar
3- 5 kV	1.720 km 1	40 jaar
Laagspanningsnet	220.629 km 1	40 jaar
Laagspanningsnet (ondergronds)	220.449 km 1	40 jaar
Laagspanningsnet (bovengronds)	180 km 1	40 jaar

Tabel 53: Bestaand areaal van elektrakabels in Nederland (2) en levensduren van stroom kabels (1).

Naast het in kaart brengen van het bestaande areaal aan elektriciteitskabels is voor dit onderzoek ook een ruwe inschatting gedaan van het toekomstig nieuw toe te voegen areaal aan elektrakabels. Hiervoor zijn websites en investeringsplannen van alle netbeheerders in Nederland doorgenomen. Voor het hoogspanningsnet is dit TenneT en voor het middenspannings en laagspanningsnet gaat dit om : Coteq, Enexis, Liander, Rendo, Stedin en Westland infra.

Netbeheerder	Volume nieuwbouw	Unit
Coteq	14	km 1/ jaar
Enexis	890	km 1/ jaar
Liander	456	km 1/ jaar
Rendo	4	km 1/ jaar
Stedin	438	km 1/ jaar
Westland infra	24	km 1/ jaar
Totaal	1827	km 1/ jaar

Tabel 54: Nieuwbouwvolume laagspanningsnet in Nederland in km 1 per jaar.

*De volumes zijn bepaald op basis van de investeringsagenda's van de netbeheerders Coteq (18), Enexis (19), Liander (20), Rendo (21), Stedin (22) en Westland infra (23). Een uitgebreidere uitleg over hoe de hoeveelheden zijn bepaald is gegeven in Bijlage 2: Nieuwbouw elektriciteitskabels.

Netbeheerder	Volume nieuwbouw	Unit
Coteq	6	km 1/ jaar
Enexis	580	km 1/ jaar
Liander	1386	km 1/ jaar
Rendo	3	km 1/ jaar
Stedin	245	km 1/ jaar
Westland infra	7	km 1/ jaar

Totaal	2227	km 1/ jaar
--------	------	------------

Tabel 55: Nieuwbouvvolume middenspanningsnet in Nederland in km 1 per jaar.

*De volumes zijn bepaald op basis van de investeringsagenda's van de netbeheerders Coteq (18), Enexis (19), Liander (20), Rendo (21), Stedin (22) en Westland infra (23). Een uitgebreidere uitleg over hoe de hoeveelheden zijn bepaald is gegeven in Bijlage 2: Nieuwbouw elektriciteitskabels.

Van oudsher viel de keuze bij elektriciteitskabels altijd op koper vanwege de goede geleidingseigenschappen van dit materiaal. Deze dominante positie qua aandeel in de nieuwbouw en vervanging wordt steeds meer overgenomen door aluminium. Aluminium heeft weliswaar het nadeel een slechtere geleiding te hebben als koper maar is wel veel lichter en goedkoper. Uit gesprekken met diverse elektriciteitskabelfabrikanten die opereren op de Nederlandse markt kwam naar voren dat inmiddels circa 80% van alles wat aangelegd wordt inmiddels wordt uitgevoerd als aluminium kabels. In Tabel 56 wordt de jaarlijkse vervanging als percentage gegeven en is op basis van het areaal en dit jaarlijkse vervangingspercentage de renovatiebehoefte bepaald. Voor nieuwbouw is een inschatting gemaakt op basis van informatie van de website van TenneT en de investeringsagenda's van de netbeheerders. Een uitgebreidere toelichting hiervoor is gegeven in Bijlage 2: Nieuwbouw elektriciteitskabels.

Type kabel	Jaarlijkse vervanging	Nieuwbouw (km 1)		Renovatie (km 1)	
	%	Koper	Aluminium	Koper	Aluminium
EHS	2,5%	25 km 1	99 km 1	14 km 1	57 km 1
Hoogspanningsnet	2,5%	75 km 1	301 km 1	44 km 1	176 km 1
Middenspanningsnet	2,5%	365 km 1	1461 km 1	528 km 1	2113 km 1
Laagspanningsnet	2,5%	445 km 1	1781 km 1	1103 km 1	4413 km 1

Tabel 56: Jaarlijkse vervangingen (in %) en jaarlijkse nieuwbouw en renovatie in km 1.

Aardgasleidingen

In deze paragraaf wordt ingegaan op de aardgasinfrastructuur in Nederland. Voor dit onderzoek is het bestaande areaal bepaald. Verder wordt met behulp van de RSLen enkele aannames een inschatting gemaakt van de toekomstige vervangingen. Daarnaast wordt er een uitspraak gedaan over hoe is omgegaan met nieuwbouw in dit rekenmodel.

Op basis van informatie van Netbeheer Nederland is het bestaande aardgasnetwerk (hoofdleidingen) in kaart gebracht (zie ook Tabel 57) (24). Er waren in de LCA categorie 3 studies geen exacte referenties beschikbaar voor aardgasleidingen. Daarom is er gekozen om als proxy voor een aardgasleiding een stalen buis met een diameter van 406,4 mm zoals beschreven in "LCA categorie 3 studie Hoofdstuk 25 Leidingwerken" (25) te gebruiken als referentie. Hierbij is een levensduur van 40 jaar aangehouden voor de buis. Op basis van deze RSL zijn in Tabel 57 de vervangingen per jaar bepaald. Voor deze vervangingen is aangenomen dat deze t/m 2030 blijven plaatsvinden. Vanaf 2030 is aangenomen dat er geen vervangingen meer plaatsvinden omdat de omslag richting volledig elektrische warmtepompen en warmtenetten dan het vervangen van aardgasleidingen nagenoeg niet meer nodig maken.

Bedrijf	Areaal	RSL	Vervangingen
Cogas Infra & Beheer B.V.	4.389 km ¹	40	110 km ¹
Enduris	4.793 km ¹	40	120 km ¹
Endinet	7.418 km ¹	40	185 km ¹
Enexis B.V.	44.734 km ¹	40	1.118 km ¹
Liander	35.303 km ¹	40	883 km ¹
N.V. Rendo	3.492 km ¹	40	87 km ¹
Stedin B.V.	23.464 km ¹	40	587 km ¹
Westland infra	1.039 km ¹	40	26 km ¹
GTS	12.000 km ¹	40	300 km ¹
Totaal	136.632 km¹	40	3416 km ¹

Tabel 57: Bestaand areaal van aardgasleidingen (hoofdleidingen).

Voor nieuwbouw is aangenomen dat deze niet meer plaatsvindt. Per 1 juli 2018 is de verplichte gasaansluiting voor nieuwbouw komen te vervallen (26). Dit komt er op neer dat er de facto (nagenoeg) geen nieuwe huizen meer zullen worden opgeleverd met een gasaansluiting en er dus geen uitbreiding (nieuwbouw) van het bestaande aardgasnet meer nodig zal zijn voor de woningsector. Daarnaast zijn er voor de industrie en landbouw ook diversen programma's in werking die het gebruik van aardgas zoveel mogelijk moeten terugdringen of overstap naar alternatieven mogelijk moeten maken. Daarom is er ook hiervoor aangenomen dat dit geen nieuwe vraag naar aardgasleidingen zal oproepen.

Rioolbuizen

In deze paragraaf wordt ingegaan op alle infrastructuur ten behoeve van het afvoeren van (afval)water. Voor dit onderzoek is het bestaande areaal bepaald, de toekomstige vervangingen (met behulp van de RSL) en de verwachte nieuwbouw van rioolinfrastructuur.

Het huidige areaal aan riolering omvat zowel het vrijerval rioleringsstelsels (circa 77,5% van het bestaand areaal) als het mechanische rioleringsstelsels (circa 22,5% van het bestaand areaal) (4). Een verder onderscheid wordt gemaakt ten aanzien van de materialisatie van de rioleringsbuizen. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen beton (70% van het Nederlandse areaal) en PVC (30% van het Nederlandse areaal) (4). Een overzicht van de arealen bestaande riolering in strekkende kilometers opgesplitst per type riool en materialisatie te samen met de levensduren van de verschillende typen riool zijn gegeven in Tabel 58. Voor de arealen is deze gebaseerd op informatie uit een rapport van EB en Metabolic (4). De levensduren voor rioleringen zijn bepaald op basis van een NMD categorie 3 studie (25). De auteurs zijn zich bewust dat de levensduren in de realiteit hiervan kunnen afwijken en langer of korter kunnen zijn. Factoren als de ondergrond waarop de riolering zich bevindt en hoe het riool gebruikt wordt (bijv. frequente lozingen met hoge temperatuur warmte) hebben allen bijvoorbeeld veel invloed op de daadwerkelijke levensduur.

Type kabel	Areaal (lengte)	Levensduur (jaren)
Vrijerval riolering (totaal)	104.500 km¹	
Vrijerval riolering (Beton)	73.150 km ¹	100 jaar
Vrijerval riolering (PVC)	31.150 km ¹	50 jaar
Mechanische riolering (totaal)	30.300 km¹	
Mechanische riolering (Beton)	21.210 km ¹	100 jaar

Mechanische riolering (PVC)	9.090 km 1	50 jaar
-----------------------------	------------	---------

Tabel 58: Bestaand areaal riolering in Nederland en levensduren riolering.

In Tabel 59 wordt in de tweede kolom de jaarlijkse vervanging (renovatie) weergegeven. Deze is bepaald door het bestaande areaal per type riolering te delen door de levensduur van dat type riolering. In de derde en laatste kolom van deze tabel wordt ingegaan op de nieuwbouwprojectie per jaar. Deze is bepaald op basis van het huidige areaal riolering (zie ook Tabel 59) gecombineerd met het areaal woningen in 2023 volgens het CBS (15) en het geschatte aantal woningen in 2030 na woningtoevoegingen voor de periode 2023-2030 zoals vastgesteld in een eerdere studie door Copper8, Metabolic en NIBE (16) (zie ook Tabel 60). De data uit de beide tabellen wordt met behulp van de formules onder Tabel 60 gebruikt om de gemiddelde nieuwbouw van rioleringen per jaar uit te rekenen in Tabel 59. Voor de periode na 2030 waren geen betrouwbare gegevens beschikbaar. In deze studie is daarom geen nieuwbouw na 2030 gemodelleerd voor rioleringssystemen.

Type kabel	Renovatie (km 1 per jaar)	Nieuwbouw (km 1 per jaar)
Vrijerval riolering (Beton)	731,5 km 1	844 km 1
Vrijerval riolering (PVC)	623 km 1	359 km 1
Mechanische riolering (Beton)	211,2 km 1	245 km 1
Mechanische riolering (PVC)	181,8 km 1	105 km 1

Tabel 59: Jaarlijkse vervangingen (%) en nieuwbouw en renovatie behoefte in km 1.

	2023	2030
Aantal woningen	8.045.580	8.788.155

Tabel 60: Areaal woningen in 2023 en 2030.

$$\text{Nieuwbouw riolering per jaar} = \left(\left(\frac{\text{areaal riolering 2023} \times \text{woningen 2030}}{\text{woningen 2023}} \right) - \text{areaal riolering 2023} \right) \div 8 \text{ jaar}$$

Waterleidingen

In deze paragraaf wordt ingegaan op alle infrastructuur ten behoeve van de distributie van water. Voor dit onderzoek is het bestaande areaal bepaald, de toekomstige vervangingen (met behulp van de RSL) en de verwachte nieuwbouw van waterinfrastructuur.

Volgens de Vereniging van drinkwaterbedrijven in Nederland (27) ligt er in Nederland in 2022 voor 1212,6 km 1 aan leidingen ten behoeve van de drinkwatervoorziening. Naast dit totaal voor Nederland geven zij ook nog een verdere opsplitsing van dit areaal per waterbedrijf, deze is weergegeven in Tabel 61.

Bedrijf	Netlengte	Eenheid
Brabant Water	18.359	Km 1
Dunea	4.999	Km 1
Evides Waterbedrijf	12.469	Km 1
Oasen	4.266	Km 1
PWN	10.177	Km 1

Vitens	48.005	Km 1
Waternet	3.202	Km 1
Waterbedrijf Groningen	5.683	Km 1
WMD Groningen	5.273	Km 1
WML	8.783	Km 1
Totaal	121.216	Km 1

Tabel 61: Areaal waterleidingen in 2022 voor Nederland per waterbedrijf.

Om met behulp van bovenstaande arealen de vervangingen te bepalen is een levensduurinschatting nodig van de waterleidingen. Voor dit onderzoek is uitgegaan van een levensduur van 70 jaar. Deze inschatting is een worst case benadering op basis van een gemiddelde levensduurinschatting van een levensduur van 70- 100 jaar door Evides (28). De jaarlijkse vervangingen zijn bepaald in Tabel 62.

Bedrijf	Netlengte	RSL	Vervanging	Eenheid
Brabant Water	18.359	70	212	Km 1
Dunea	4.999	70	58	Km 1
Evides Waterbedrijf	12.469	70	144	Km 1
Oasen	4.266	70	49	Km 1
PWN	10.177	70	117	Km 1
Vitens	48.005	70	554	Km 1
Waternet	3.202	70	37	Km 1
Waterbedrijf Groningen	5.683	70	66	Km 1
WMD Groningen	5.273	70	61	Km 1
WML	8.783	70	101	Km 1
Totaal	121.216	70	1398	Km 1

Tabel 62: Jaarlijkse vervangingen waterleidingen.

De nieuwbouw van waterleidingen is bepaald tot en met 2030. Hiervoor is de volgende aanpak gehanteerd: voor 2022 is geïnventariseerd hoeveel woningen er zijn. Volgens het CBS waren er 8.045.580 woningen in 2022 (15). Voor de periode 2023-2030 is in het onderzoek van Copper8, Metabolic, NIBE en Alba Concepts (16) bepaald dat er 742.575 woningen bijkomen. Door vervolgens de gegevens uit 2022 over het bestaande areaal aan waterleidingen en woningen te combineren kan een areaal per woning worden berekend. Dit areaal per woning kan vervolgens worden vermenigvuldigd met het aantal woningen dat er 2030 in Nederland staan om het areaal waterleidingen voor 2030 te berekenen (zie ook Tabel 63). Trek je het areaal waterleidingen in 2023 af van het areaal waterleidingen in 2030 dan heb je de nieuwbouwproductie in deze periode. Deze is dan 11.188 km 1. Deel je de nieuwbouwproductie voor de periode 2023-2030 door het aantal jaren (8 jaar) in deze periode dan krijg je de nieuwbouwproductie van waterleidingen per jaar. Deze bedraagt 1398 km 1 per jaar (zie Tabel 64).

	Woningen	Areaal
Aantal woningen 2022	8.045.580	121.216 km 1
Aantal woningen 2030	8.788.155	132.404 km 1

Tabel 63: Areaal woningen en waterleidingen in 2023 en 2030.

Periode	Nieuwbouw	Aantal jaren	Nieuwbouw per jaar
2023- 2030	11.188km 1	8	1398 km 1

Tabel 64: Nieuwbouw per jaar.

Voor de periode na 2030 was het niet mogelijk om goede inschattingen te krijgen van het aantal nieuw te bouwen woningen. Zodoende is de periode na 2030 buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek en is er geen nieuwbouw meegenomen voor waterleidingen in de periode na 2030.

CO₂ transportleidingen

In deze paragraaf wordt ingegaan op alle infrastructuur ten behoeve van CO₂ transport. Hiervoor is het bestaande areaal CO₂ buisleidingen bepaald. Met behulp van de RSL van deze buisleidingen is vervolgens een inschatting gemaakt van de jaarlijkse vervangingen. Tot slot is uitgezocht wat er voor de toekomst nog als nieuwbouw zal plaatsvinden.

In Nederland bevindt zich een beperkt areaal aan CO₂ transportleidingen. Het huidige bestaande stelsel aan CO₂ transportleidingen wordt gebruikt om CO₂ van de industrie in de Botlek (Shell) en Europoort (Alco) te transporteren naar 600 glastuinbouwbedrijven in het westen van Nederland (29). Dit netwerk omvat zowel stalen transportpijpleidingen als kunststof HDPE distributieleidingen. De bestaande arealen en hun jaarlijkse vervangingen gebaseerd op hun RSL zijn weergegeven in Tabel 65.

Type leidingen	Areaal	RSL	Vervangingen
Transportpijpleiding (staal)	97 km 1	40 jaar	2 km 1
Distributiepijpleiding (HDPE)	250 km 1	100 jaar	3 km 1

Tabel 65: Areaal CO₂ transportleidingen in Nederland, hun RSL en jaarlijkse vervangingen.

Naast vervanging kan er toekomstig ook uitbreiding van het bestaande areaal met nieuwe CO₂ transportleidingen plaatsvinden. Dit kan om twee redenen plaatsvinden namelijk voor uitbreiding van het CO₂ net dat aan de glastuinbouw levert. In 2023 wordt er bijvoorbeeld nog 1,5 km aan extra leidingen aangelegd (30). Uitgangspunt voor dit onderzoek is dat dit enkel distributieleidingen van HDPEbetreft. Daarnaast is er voor de toekomst toevoeging te verwachten door het aanleggen van CO₂ leidingen voor CO₂ opslag projecten. Hier speelt voor Nederland momenteel nu alleen het Porthos project waarbij het de bedoeling is om CO₂ van de industrie in haven op te slaan onder de zeebodem. Hiervoor dient een transportleiding aangelegd te worden die zowel over land (maximaal 33km) als zee (circa 21km) loopt (31). Voor dit onderzoek is er vanuit gegaan dat dit allemaal stalen transportleidingen zijn. Realisatie van het project is op 2024 geschat (32). Een overzicht van bekende uitbreidingen van het CO₂ transportnet zijn weergegeven in Tabel 66. Voor jaren verder in de toekomst zijn geen cijfers bekend voor toekomstige uitbreiding. Bij CO₂ transportleidingen zullen dit altijd (eenmalige) projecten zijn.

Type leiding	Nieuwbouw (eenmalig)	Unit	Jaar van realisatie
Transportpijpleiding (staal)	54	km 1	2024
Distributiepijpleiding (HDPE)	1,5	km 1	2023

Tabel 66: Nieuwbouw van CO2 transportleidingen.

Transportleidingen gevaarlijke stoffen

In deze paragraaf wordt ingegaan op alle infrastructuur ten behoeve van het vervoer van gevaarlijke stoffen. Hiervoor is het bestaande areaal buisleidingen voor het transport van gevaarlijke stoffen bepaald. Met behulp van de RSL van deze buisleidingen is vervolgens een inschatting gemaakt van de jaarlijkse vervangingen. Tot slot is uitgezocht wat er voor de toekomst is ingeschat wat er nog als nieuwbouw zal plaatsvinden.

Volgens de structuurvisie buisleidingen 2012- 2035 ligt er in Nederland in totaal 18.000 km¹ aan buisleidingen voor het transport van gevaarlijk stoffen (33). Van deze 18.000 km¹ bestaat 12.000km¹ uit buisleidingen die onderdeel zijn van de aardgasinfrastructuur (33). Deze zijn in 0 al behandeld en zijn dus niet meer meegenomen in deze paragraaf. Het bestaande areaal voor het transport van gevaarlijk stoffen (exclusief aardgasleidingen) wordt dus geschat op 6.000 km¹. In Tabel 67 is de jaarlijkse vervangingen voor transportleidingen van gevaarlijke stoffen bepaald. Hierbij is een stalen buis (diameter 406,4mm) zoals beschreven in de LCA categorie 3 hoofdstuk 25 buisleidingen als referentie genomen voor de materialisatie, RSL en de milieu impacts (25).

Type leiding	Areaal	RSL	Vervanging
Transportleidingen gevaarlijke stoffen	6000 km ¹	40	150 km ¹

Tabel 67: Jaarlijkse vervangingen van transportleidingen van gevaarlijke stoffen.

In de structuurvisie buisleidingen 2012- 2035 wordt gesteld dat de verwachting is dat er in totaal 4000km¹ aan transportleidingen voor gevaarlijke stoffen bijkomen in een tijdsbestek van circa 20- 25 jaar (zie Tabel 68) (33). Voor deze studie is aangenomen dat dit areaal de totale nieuwbouwbehoefte van transportleidingen voor gevaarlijke stoffen t/m 2050 is. Voor de materialisatie, RSL en milieu impacts is hierbij uitgegaan van een stalen buis (diameter 406,4mm) als referentie (25).

Type leiding	Areaal (lengte)	Eenheid
Transportleiding gevaarlijke stoffen	4.000	Km ¹

Tabel 68: Nieuwbouw transportleidingen gevaarlijke stoffen.

9 Bibliografie

1. CBS. Lengte van wegen, wegkenmerken, regio. *CBS StatLine*. [Online] 29 September 2023. <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/70806ned/table>.
2. NIBE Excel file: 28.039.180626 Rekensheet CE Innovaties v2.2.
3. van der Kruk, Tim, Overmars, Lisa en Keijzer, Elisabeth. *Product Category Rules voor bitumineuze materialen in verkeersdragende en waterwerken in Nederland ("PCR Asfalt")*. 2022.
4. Economisch Instituut voor de Bouw & Metabolic. *Materiaalstromen in de bouw en infra*. 2022.
5. CROW. Zijn 80 km/h-wegen te smal? *www.crow.nl*. [Online] 2016 Juli 20. <https://www.crow.nl/blog/juli-2016/zijn-80-km-wegen-te-smal>.

6. Provincie Zuid Holland. Handboek Ontwerpcriteria wegen versie 4.0. [Online] September 2012. https://www.publicspaceinfo.nl/media/uploads/files/PROVZUIDHO_2012_0004_1.pdf.
7. Economisch Instituut voor de Bouw & Metabolic. *Materiaalstromen in de bouw en infra: Methodologische bijlage*. 2022.
8. Witteveen+Bos. Achtergronddocument DuboCalc Objectenbibliotheek (Gedeelde Elementen Extern). versie 3.0 8 Oktober 2021. p. Tabblad Snelfietspad.
9. Stichting NMD. *LCA categorie 3 rapportage hoofdstuk 42 prefab betonitem s*. 2019. versie 5 (2021).
10. LVNL www.lvnl.nl. [Online] 1 December 2022. [Citaat van: 18 December 2022.] <https://eaip.lvnl.nl/2022-12-15-AIRAC/html/index-en-GB.html>.
11. FAA. Operational Life of Airport Pavements. [Online] December 2004. <https://www.tc.faa.gov/its/worldpac/techrpt/ar04-46.pdf>.
12. Economisch Instituut voor de Bouw & Metabolic. *Excelbestand: Materiaalstromen milieu-impact en CO2 in de bouw - Bijlage B (Metabolic & EB)*.
13. TNO. <https://cdn.opwegnaarseb.nl/media/TNO%202022%20R11048%20Inventarisatie%20en%20categorisatie%20huidige%20en%20toekomstige%20aanbod%20duurzame%20mobiele%20werktuigen%20bouwlogistieke%20voertuigen%20spoorwerktuigen%20en%20vaartuigen.pdf>. [Online] 10 Juni 2022. [Citaat van: 7 September 2023.] TNO 2022 R11048.
14. Kwinkgroep. 1,6 miljoen kilometer telecomkabel onder de grond. www.kwinkgroep.nl. [Online] 13 Februari 2017. <https://www.kwinkgroep.nl/2017/02/16-miljoen-kilometer-telecomkabel-onder-de-grond/>.
15. CBS. Voorraad woningen, eigendom, type verhuurder, bewoning, regio. www.cbs.nl. [Online] <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/82900NED/table>.
16. Copper8, Metabolic, NIBE en Alba Concepts. *Woningbouw binnen planetaire grenzen*. 2023.
17. Stichting NMD. Rapport categorie 3 data Nationale Milieudatabase Hoofdstuk 26 Kabelwerk. www.milieudatabase.nl. [Online] 6 Oktober 2022. https://milieudatabase.nl/media/filer_public/49/4c/494c2595-30de-4302-8b3d-8e047aa146c6/h26-kabelwerk-v10.pdf.
18. Coteq. *Investeringsplan 2022*. Almelo : Coteq, 2022.
19. Enexis. *Investeringsplan 2020-2030 Enexis Netbeheer Elektriciteit*. 's-Hertogenbosch : Enexis, 2020.
20. Liander. *Investeringsplan 2022 Elektriciteit en Gas*. sl : Liander, 2022.
21. Rendo. *Investeringsplan N.V. Rendo*. Meppel : Rendo, 2022.
22. Stedin. *Investeringsplan Stedin*. sl : Stedin, 2022.
23. Westland infra. *Investeringsplan 2022*. Poeldijk : Westland infra, 2022.
24. Netbeheer Nederland. Hoofdstuk 1: Kerngegevens energienetten. <https://energiecijfers.info/>. [Online] [Citaat van: 2022 december 22.] <https://energiecijfers.info/hoofdstuk-1/#:~:text=Het%20totale%20energienet%20in%20Nederland,en%20de%20leidingen%20ligt%20ondergronds..>
25. Stichting NMD. *LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Hoofdstuk 25 Leidingwerken*. Rijswijk : sn, 2020.
26. RVO. Factsheet wijziging gasaansluitplicht per 1 juli 2018. www.rvo.nl. [Online] <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/07/Factsheet-gasaansluitplicht-vanaf-1-juli-2018-02.pdf>.

27. Vereniging van waterbedrijven in Nederland. Kerngegevens drinkwater 2022. www.vewin.nl. [Online] [Citaat van: 5 mei 2023.] <https://www.vewin.nl/SiteCollectionDocuments/Publicaties/Cijfers/Vewin-Kerngegevens-drinkwater-2022.pdf>.
28. Evides. Mogelijke oorzaken lekkages. www.evides.nl. [Online] <https://www.evides.nl/storing-onderhoud/oorzaken-van-lekkages>.
29. OCAP. Zuivere CO2 voor de glastuinbouw. www.ocap.nl. [Online] [Citaat van: 22 december 2022.] https://www.ocap.nl/nl/images/OCAP_Factsheet_Nederlands_tcm978-561157.pdf.
30. Nieuwe Meerbode. Uitbreiding CO2- net OCAP voor glastuinbouw. www.meerbode.nl. [Online] 5 April 2023. [Citaat van: 15 Mei 2023.] <https://www.meerbode.nl/uitbreiding-co2-net-ocap-voor-glastuinbouw/>.
31. Royal HaskoningDHV. Concept - Notitie Reikwijdte en Detailniveau - Rotterdam CCUS Project (Porthos). www.rvo.nl. [Online] 31 Januari 2019. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/02/Porthos%20concept%20NRD%20-%20versie%20finaal.pdf>.
32. RVO. Porthos Transport en opslag van CO₂. www.rvo.nl. [Online] 29 Oktober 2019. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/porthos>.
33. Ministerie van infrastructuur en Milieu en het Ministerie van Economische zaken Landbouw en Innovatie. *Structuurvisie buisleidingen 2012-2035*. 2012.
34. TenneT. TenneT gunt megacontract voor hoogspanningskabels in Nederland en Duitsland aan 8 partners. www.tennet.eu. [Online] 10 Augustus 2023. <https://www.tennet.eu/nl/nieuws/tennet-gunt-megacontract-voor-hoogspanningskabels-nederland-en-duitsland-aan-8-partners>.
35. Departement Omgeving. Slimme verdichting. www.kenniscentrumvlaamsesteden.be. [Online] 2023. Figuur 1-2 op blz. 13. https://www.kenniscentrumvlaamsesteden.be/Gedeelde%20documenten/2023/Veranderend%20speelveld%202023/Vs_week%2042_SLIMME%20VERDICHTING%20ENDRAPPORT_300623.pdf.
36. NMD. *LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Brandstof-machinecombinaties Hoofdstuk 1000 t/m 8000 Processen*. sl : NMD, 2022.
37. Wirtgen. Cold Milling Machine W 220 Fi. www.wirtgen-group.com. [Online] https://www.wirtgen-group.com/binary/full/o229435v77_W220Fi_Brochure_Datasheet_enGB.pdf.
38. Volvo S80 FM330 Beam 00 wegdekreiniger 4x2 Diesel Euro 5. <https://www.europa-vrachtwagens.nl/>. [Online] <https://www.europa-vrachtwagens.nl/veegwagen-volvo/s80/4x2-euro-5-gelderland/ts-vi7826555/tweedehands.html>.
39. Stichting NMD. LCA Rapportage categorie 3 data nationale Milieudatabase Hoofdstuk 83 Elementverhardingen. www.milieudatabase.nl. [Online] https://milieudatabase.nl/media/filer_public/4a/03/4a034831-4adc-4dbc-8a92-34e82e971b9b/h83_elementverharding_-_v16.pdf.
40. Schäffer. Schäffer 5680 T. www.schaffer.nl. [Online] <https://www.schaffer.nl/machine/schaffer-5680-t/>.
41. VÖGLE VÖGLE MT 3000- 3(i). www.wirtgen-group.com. [Online] [https://www.wirtgen-group.com/binary/full/o205440v89_MT_30003\(i\)_Offset_mPW_enGB.pdf](https://www.wirtgen-group.com/binary/full/o205440v89_MT_30003(i)_Offset_mPW_enGB.pdf).
42. —. VÖGLEsuper 3000- 3i. www.wirtgen-group.com. [Online] [https://www.wirtgen-group.com/binary/full/o229653v89_SUPER_30003\(i\)_mPW_enGB.pdf](https://www.wirtgen-group.com/binary/full/o229653v89_SUPER_30003(i)_mPW_enGB.pdf).

43. Cat. Cat CD10 Drum Steer Vibratory Roller. *www.pon-cat.com*. [Online] https://www.pon-cat.com/application/files/5515/3537/8765/CM20170315-36412-00784.pdf?_gl=1*b99i2k*_up*MQ..*_ga*NTE0ODE5Mzg3LjE3MTEwMzE3Mzk.*_ga_PPR11NM64B*MTcxMTAzMTczNi4xLjAuMTcxMTAzMTczNi4wLjAuMA...
44. RL Thermoplastic marker. *https://en.machinerypark.com*. [Online] <https://en.machinerypark.com/road-marking-machines/rl-thermoplastic-marker-used-thlo4614ck>.
45. HBM. HBM 6,5 PK/ 196 CC Trilplaat Inclusief Wielenset en Bestrating Beschermplaat 13000N. *www.hbm-machines.com*. [Online] https://www.hbm-machines.com/nl/p/hbm-65-pk-196-cc-trilplaat-inclusief-wielenset-en-bestrating-beschermplaat-13000n?kb=ga_pm_18574139443_&gclid=EAlaIqobChMlzfSXs7aVgAMVEgGLCh3-swexEAQYAyABEgIw8vD_BwE
46. Stichting NMD. LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Dwarsliggers spoor. *www.milieudatabase.nl*. [Online] 28 December 2022. https://milieudatabase.nl/media/filer_public/512b/512b65c2-585b-4449-96b6-1e8ebae100c/h38_spoor_-_en_tramwerken_-_dwarsliggers_spoor_-_v13.pdf.
47. —. LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Nationale Milieudatabase. *www.milieudatabase.nl*. [Online] 28 Juli 2022. https://milieudatabase.nl/media/filer_public/fd/1d/fd1dc891-54f3-4bcc-9a44-05dedf13172/h38-spoor-en-tramwerken-bovenleiding-spoor-v13.pdf.
48. —. LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Geluidbeperkende constructies langs spoorwegen. *www.milieudatabase.nl*. [Online] 12 Oktober 2022. https://milieudatabase.nl/media/filer_public/53/77/53770363-a61e-4dfe-adbf-be60355a2226/h36-geluidbeperkende-constructies-langs-spoorwegen-v13.pdf.
49. —. LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase Spoorballast. *www.milieudatabase.nl*. [Online] 17 Februari 2021. https://milieudatabase.nl/media/filer_public/5c/76/5c760566-ce58-4e5b-814a-c16443059ee3/h38_spoor_-_en_tramwerken_-_spoorballast_-_v11.pdf.

Bijlage 1: Vliegvelden

De volgende gegevens zijn afkomstig van: Luchtverkeersleiding Nederland (10)

Ameland

EHAL AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
08	087°	860 x 30	6000 KG ¹⁾²⁾³⁾ ; grass	Not AVBL	NA
26	267°	860 x 30	6000 KG ¹⁾²⁾³⁾ ; grass	Not AVBL	NA

Amsterdam (Schiphol)

EHAM AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
04	041.25°	2020 x 45 ⁸⁾	79/F/C/W/T ASPH/PFC ¹⁾²⁾⁷⁾	521801.35N 0044700.55E 521850.51N 0044810.90E 142 FT	-13.1 FT NA
22	221.27°	2020 x 45 ⁸⁾	79/F/C/W/T ASPH/PFC ¹⁾²⁾⁷⁾	521850.51N 0044810.89E 521801.38N 0044700.60E 142 FT	-13.7 FT -12.1 FT
06	057.92°	3439 x 45	89/F/C/W/T ASPH/PFC ¹⁾³⁾⁴⁾⁷⁾	521720.78N 0044414.01E 521815.68N 0044636.93E 142 FT	-11.0 FT -11.6 FT
24	237.95°	3439 x 45	89/F/C/W/T ASPH/PFC ¹⁾³⁾⁵⁾⁷⁾	521815.65N 0044636.90E 521716.57N 0044403.07E 142 FT	-11.8 FT INFO not AVBL
09	086.78°	3453 x 45	89/F/C/W/T ASPH/PFC ¹⁾³⁾⁷⁾	521900.08N 0044451.58E 521906.16N 0044748.83E 142 FT	-12.0 FT NA
27	266.82°	3453 x 45	89/F/C/W/T ASPH/PFC ¹⁾³⁾⁷⁾	521906.15N 0044748.81E 521859.92N 0044446.83E 142 FT	-12.1 FT -12.2 FT
18C	183.22°	3300 x 45	89/F/C/W/T ASPH/PFC ¹⁾³⁾	521953.03N 0044424.11E 521806.42N 0044414.32E 142 FT	-12.0 FT -12.0 FT
36C	003.22°	3300 x 45	89/F/C/W/T ASPH/PFC ¹⁾³⁾	521820.99N 0044415.66E 521953.04N 0044424.11E 142 FT	-12.0 FT -12.0 FT
18L	183.25°	3400 x 45	89/F/C/W/T ASPH/PFC ¹⁾³⁾⁷⁾	521858.14N 0044646.89E 521726.96N 0044638.45E 142 FT	-12.0 FT NA
36R	003.25°	3400 x 45	89/F/C/W/T ASPH/PFC ¹⁾³⁾⁷⁾	521726.97N 0044638.45E 521858.19N 0044646.89E 142 FT	-11.1 FT -11.1 FT
18R	183.20°	3800 x 60	89/F/C/W/T ASPH ¹⁾²⁾	522136.93N 0044242.21E 521942.89N 0044231.81E 142 FT	-13.0 FT -13.2 FT
36L	003.20°	3800 x 60	89/F/C/W/T ASPH ¹⁾²⁾⁵⁾	521942.89N 0044231.81E 522145.65N 0044243.01E 142 FT	-11.9 FT NA

Budel

EHBUD AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
03	030.23°	1199 x 23	25/F/B/W/U ASPH	511506.88N 0053552.84E INFO not AVBL 146 FT	115 FT NA
21	210.23°	1199 x 23	25/F/B/W/U ASPH	511535.06N 0053619.01E INFO not AVBL 146 FT	111 FT NA
03	030°	600 x 30	MLA-strip grass	NA	NA
21	210°	600 x 30	MLA-strip grass	NA	NA

Maastricht/ Aachen

EHBK AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
03	032.62°	2750 x 45	59/F/A/W/T ASPH	505406.65N 0054536.21E 505514.79N 0054645.21E 150 FT	365.2 FT 370.0 FT
21	212.63°	2750 x 45	59/F/A/W/T ASPH	505507.97N 0054638.31E 505359.84N 0054529.31E 150 FT	370.5 FT 377.7 FT

Drachten

EHDR AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
07	077°	730 x 24	6000 KG ¹⁾²⁾ ASPH/CONC	Information not AVBL	NA
25	257°	730 x 24	6000 KG ¹⁾²⁾ ASPH/CONC	Information not AVBL	NA

Eindhoven

EHEH AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
03	034.99°	3000 x 45	PCN 62/F/A/W/T Tarmac 1)	512627.14N 0052150.90E 512740.23N 0052312.81E 144 FT	73.3 FT 73.0 FT
21	215.01°	3000 x 45	PCN 62/F/A/W/T Tarmac 1)	512733.79N 0052305.60E 512620.70N 0052143.69E 144 FT	66.6 FT 68.1 FT

Elde

EHGG AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
05	051.85°	2500 x 45	62/F/B/W/T ASPH	530639.90N 0063339.23E 530729.84N 0063524.96E 135 FT	13.4 FT NA
23	231.88°	2500 x 45	62/F/B/W/T ASPH	530729.84N 0063524.96E 530639.90N 0063339.23E 135 FT	12.5 FT 17.6 FT

Hoogeveen

EHHO AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
09	094°	1190 x 24	5000 KG 1 2 3 grass	Not AVBL	NA
27	274°	1190 x 24	5000 KG 1 2 3 grass	Not AVBL	NA

Hilversum

EHHV AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
07	069°	600 x 50 ¹⁾	6000 KG ²⁾³⁾ grass	Not AVBL	NA
25	249°	600 x 50 ¹⁾	6000 KG ²⁾³⁾ grass	Not AVBL	NA
12	123°	660 x 50 ¹⁾	6000 KG ²⁾³⁾ grass	Not AVBL	NA
30	303°	660 x 50 ¹⁾	6000 KG ²⁾³⁾ grass	Not AVBL	NA
18	179°	700 x 50 ¹⁾	6000 KG ²⁾³⁾ grass	Not AVBL	NA
36	359°	700 x 50 ¹⁾	6000 KG ²⁾³⁾ grass	Not AVBL	NA

De Kooy

EHKD AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
03	033.91°	1275 x 30 ²⁾	62/F/A/W/T CONC/ASPH ¹⁾	525511.17N 0044635.39E INFO not AVBL 138 FT	2.8 FT
21	213.92°	1275 x 30	62/F/A/W/T CONC/ASPH ¹⁾	525535.09N 0044701.98E INFO not AVBL 138 FT	2.4 FT

Lelystad

EHLE AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
05	047.54°	2700 x 45	55/F/B/W/T ASPH	522647.92N 0053010.10E ¹⁾ 522733.78N 0053132.16E ²⁾ 141 FT	-12.6 FT -12 FT
23	227.55°	2700 x 45	55/F/B/W/T ASPH	522733.78N 0053132.16E ¹⁾ 522647.92N 0053010.10E ²⁾ 141 FT	-12.3 FT -12 FT

Midden Zeeland

EHMZ AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
09	088°	1000 x 30	6000 KG ¹ ² grass	Not AVBL	NA
27	268°	1000 x 30	6000 KG ¹ ² grass	Not AVBL	NA

Oostwold

EHOW AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
06	067	800 x 30	6000 KG/grass ¹	Not AVBL	NA
24	247	800 x 30	6000 KG/grass ¹ ²	Not AVBL	NA

Rotterdam

EHRD AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
06	057.10°	2200 x 45	70/F/D/W/T ASPH ¹ ²	515711.03N 0042550.45E INFO not AVBL 143 FT	-14.4 FT INFO not AVBL
24	237.12°	2200 x 45	70/F/D/W/T ASPH ¹ ²	515742.69N 0042709.69E INFO not AVBL 143 FT	-14.6 FT INFO not AVBL

Seppe

EHSE AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
06	066°	830 x 23	5700 KG ¹ ² ASPH	513313.61N 0043256.33E*	NA
24	246°	830 x 23	5700 KG ¹ ² ASPH	513322.34N 0043328.44E*	NA

Stadskanaal

EHST AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
06	060°	500 x 30	5600 KG grass	Not <u>AVBL</u>	<u>NA</u>
24	240°	500 x 30	5600 KG grass	Not <u>AVBL</u>	<u>NA</u>

Teuge

EHT E AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
08	085.48°	1199 x 27	<u>1</u> /F/B/Y/U <u>ASPH, CONC</u>	52°14'32.82"N 006°02'30.19"E INFO not AVBL 142 ft	15.6 ft
26	265.49°	1199 x 27	<u>1</u> /F/B/Y/U <u>ASPH, CONC</u>	52°14'35.62"N 006°03'32.61"E INFO not AVBL 142 ft	15.3 ft

Twente

EH1W AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
05	055°	2406 x 45	62/F/A/W/T <u>ASPH</u>	521610.66N 0065228.79E Not <u>AVBL</u> 143 FT AMSL	99 FT NA
23	235°	2406 x 45	62/F/A/W/T <u>ASPH</u>	521655.32N 0065412.75E Not <u>AVBL</u> 143 FT AMSL	114 FT NA

Texel

EHTX AD 2.12 RUNWAY PHYSICAL CHARACTERISTICS

Designations RWY NR	True BRG	Dimensions of RWY (M)	Strength (PCN) and surface of RWY and SWY	THR co-ordinates RWY end co-ordinates THR GUND	THR elevation and highest elevation of TDZ of precision APCH RWY
1	2	3	4	5	6
03	036°	1109 x 40	6000 KG ¹²³ grass	Not AVBL	NA
21	216°	1109 x 40	6000 KG ¹²³ grass	Not AVBL	NA
12	126°	622 x 40	6000 KG ¹²³ grass	Not AVBL	NA
30	306°	622 x 40	6000 KG ¹²³ grass	Not AVBL	NA

Bijlage 2: Nieuwbouw elektriciteitskabels.

De Nederlandse elektrische kabelinfrastructuur valt te verdelen in vier soorten namelijk: het extra- hoogspanningsnet (EHS), het hoogspanningsnet, het middenspanningsnet en het laagspanningsnet. Voor de nabije toekomst zullen alle onderdelen van het energienet aanzienlijk worden uitgebreid vanwege de energietransitie. Voor het rekenmodel is daarom een inschatting gemaakt van de toekomstige toevoeging aan de bestaande netcapaciteit per kabelcategorie per jaar. Dit is zeer complex omdat het van vele factoren afhankelijk is. Om toch een indicatie te hebben hoe groot in de komende jaren de toevoeging van nieuwe elektriciteitskabels is er voor EHS/ hoogspanning gekeken naar publicaties van TenneT (34). Om een zelfde indicatie voor het middenspanningsnet en het laagspanningsnet te krijgen is er gekeken naar de investeringsplannen van de netbeheerders van het laagspanning en het middenspanningsnet in Nederland. Het gaat hierbij om de investeringsagenda's van: Coteq (18), Enexis (19), Liander (20), Rendo (21), Stedin (22) en Westland infra (23).

EHS en het hoogspanningsnet (periode 2023- 2030):

Om een inschatting van de toekomstige toevoegingen aan de bestaande netcapaciteit van EHS en het hoogspanningsnet is gekeken naar publiekelijk beschikbare informatie van TenneT over toekomstige uitbreidingen van de netcapaciteit. In een publicatie van TenneT uit 2023 (34) stond dat voor de komende jaren 4000km hoogspanningskabels voor Nederland ging worden aangekocht bij een achttal partijen. Er stond in deze publicatie geen verdere duiding of deze 4000km hoogspanning ook gelijk stond aan de totale behoefte voor de betreffende periode of dat er via een andere tender nog meer wordt ingekocht. Ook stond er geen exacte duiding van de exacte tijdsperiode waarbinnen dit geleverd ging worden. Tot slot was er ook geen verdeling gegeven tussen het aandeel EHS en hoogspanning binnen deze 4000km.

Voor dit onderzoek is aangenomen dat deze 4000km gelijk staat aan de totale behoefte aan hoogspanningsnetwerken voor de periode 2023-2030. Dit totale areaal is vervolgens teruggerekend naar een gemiddeld jaarlijks te bouwen areaal. Dit jaarlijks de bouwen areaal is vervolgens verhoudingsgewijs verdeeld tussen EHS en hoogspanning. Hierbij is als verhouding gekozen voor de verhouding van het bestaande areaal (zie Tabel 69).

Type kabel	Bestaand areaal	Verhouding (%)
EHS	2873 km ¹	24,6%
Hoogspanning	8786 km ¹	75,4%

Totaal	11.659 km 1	
--------	-------------	--

Tabel 69: Verhouding EHS vs. hoogspanning.

Op basis van de verhoudingen in Tabel 69 is een Tabel 70 de jaarlijkse nieuwbouw aan EHS en hoogspanningskabels gegeven. Deze is nader uitgesplitst in een aandeel dat als koper zal worden uitgevoerd (20%) en een aandeel dat als aluminium zal worden uitgevoerd (80%). Deze verdeling tussen koper en aluminium kabels is vastgesteld in overleg met marktpartijen (leveranciers van elektriciteitskabels).

Type kabel	Totaal areaal periode 2023- 2030	Jaren in periode 2023- 2030	Gemiddelde nieuwbouw per jaar	Aandeel koper (20%)	Aandeel aluminium (80%)
EHS	985,7	8 jaar	123km 1	24,6km 1	98,6km 1
Hoogspanning	3014,3	8 jaar	376km 1	75,3km 1	3014km 1

Tabel 70: Nieuwbouw EHS en hoogspanning per jaar voor de periode 2023-2030 verder opgesplitst met aandeel koper en aluminium.

Middenspanningsnet (periode 2023- 2030):

Om een inschatting van de toekomstige toevoegingen aan de bestaande netcapaciteit van het middenspanningsnet is gekeken naar de investeringsagenda's van de netbeheerders zoals eerder in deze bijlage al beschreven. In Tabel 71 staat voor de periode 2020- 2024 de hoeveelheid te realiseren nieuwbouw aan middenspanningskabels zoals omschreven in de investeringsplannen van de netbeheerders voor de jaren waarvoor zij dit opgaven in de investeringsplannen. Op basis hiervan is een gemiddelde toevoeging per jaar berekend welke is aangehouden voor de periode 2023- 2030.

	2020	2021	2022	2023	2024	Gemiddelde
Coteq			7 km 1	6 km 1	6 km 1	6,33 km 1/ jaar
Enexis			550 km 1	580 km 1	610 km 1	580 km 1/ jaar
Liander	673 km 1	1102 km 1	1479 km 1	1755 km 1	1921 km 1	1386 km 1/ jaar
Rendo			2,5 km 1	2,5 km 1	2,5 km 1	2,50 km 1/ jaar
Stedin			229 km 1	263 km 1	244 km 1	245,33 km 1/ jaar
Westland infra			8 km 1	6 km 1	6 km 1	6,67 km 1/ jaar
Totaal						2227 km/ jaar

Tabel 71: Nieuwbouw van middenspanningskabels zoals beschreven in investeringsplannen van de netbeheerders voor de periode 2020- 2024 en een gemiddelde toevoeging per jaar.

Laagspanningsnet (periode 2023- 2030):

Om een inschatting van de toekomstige toevoegingen aan de bestaande netcapaciteit van het laagspanningsnet is gekeken naar de investeringsagenda's van de netbeheerders zoals eerder in deze bijlage al beschreven. In Tabel 72 staat voor de periode 2020- 2024 de hoeveelheid te realiseren nieuwbouw aan laagspanningskabels zoals omschreven in de investeringsplannen van de netbeheerders voor de jaren waarvoor zij dit opgaven in de investeringsplannen. Op basis hiervan is een gemiddelde toevoeging per jaar berekend welke is aangehouden voor de periode 2023- 2030.

	2020	2021	2022	2023	2024	Gemiddelde
Coteq			11 km 1	16 km 1	16 km 1	14,33 km 1/ jaar
Enexis			850 km 1	890 km 1	930 km 1	890 km 1/ jaar
Liander	449 km 1	403 km 1	440 km 1	478 km 1	510 km 1	456 km 1/ jaar
Rendo			3,8 km 1	3,8 km 1	3,8 km 1	3,80 km 1/ jaar
Stedin			405 km 1	435 km 1	475 km 1	438,33 km 1/ jaar
Westland infra			20 km 1	25 km 1	28 km 1	24,33 km 1/ jaar
Totaal						1827 km 1/ jaar

Tabel 72: Nieuwbouw van laagspanningskabels zoals beschreven in investeringsplannen van de netbeheerders voor de periode 2020-2024 en een gemiddelde toevoeging per jaar.

Uitbreidingen in de periode na 2030

Voor de periode na 2030 is geen data beschikbaar over uitbreiding van het elektriciteitsnet. In de onderzoek is aangenomen dat de grootste uitbreidingsopgave tot en met 2030 zal plaatsvinden (o.a. doordat in deze periode meerdere grote windparken op zee zullen worden aangesloten, elektrisch autovervoer aanzienlijk zal groeien en de industrie in deze periode grote stappen ten aanzien van elektrificatie dient te zetten). Voor de periode na 2030 is aangenomen dat de uitbreiding dan aanzienlijk zal afnemen. Het is alleen onwaarschijnlijk dat deze nul zal worden. Daarom is een (ruwe) aanname gedaan die voor de periode 2031-2050 uitgaat van een jaarlijkse toevoeging van de netcapaciteit van 25% van de hoeveelheid die in het jaar 2030 aan de netcapaciteit was toegevoegd voor ieder type kabel.

Bijlage 3: Gemiddelde toename infra per extra huishouden.

Om de woningnood in Nederland te bestrijden ligt er voor Nederland in de komende jaren een zeer groot nieuwbouwwoningprogramma klaar om het areaal woningen in Nederland aanzienlijk uit te breiden. Voor de locaties waar deze nieuwe woningen dienen te vereisen kan gezocht worden op twee locaties. De eerste mogelijkheid is uitbreiding in binnenstedelijk gebied. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een situatie waarin een oud leegstaand winkelpand of industriegebouw in een bestaande stad wordt gesloopt en waarna op deze locatie nieuwbouw met woonbestemming terugkomt. Een tweede mogelijkheid is uitbreiding in buitenstedelijk gebied. Hierbij wordt buiten de al bestaande bebouwde gedeelten van de stad uitgebreid. Dit kan bijvoorbeeld door aan de randen van de bestaande stad grote uitleglocaties te realiseren (denk hierbij als voorbeeld aan bijvoorbeeld Leidsche Rijn in Utrecht). Een andere optie is om kleine omliggende kernen in de nabijheid van bestaande steden fors uit te laten breiden tot een soort satellietsteden (denk hierbij bijvoorbeeld aan Houten, Nieuwegein en IJsselstein in relatie tot Utrecht).

Kijken we naar de milieu impacts om de nieuwbouwwoningen te bouwen dan zullen deze aanzienlijk zijn. In eerdere studies is hier ook al veel aandacht voor geweest. Indien exact dezelfde soort woning gemaakt wordt maakt het hierbij dan ook niet uit of dit binnenstedelijk of buitenstedelijk gebeurt. Wat vaak alleen wordt vergeten is dat het bouwen van nieuwe woningen ook een extra infrastructuur vraag oproept. Hierbij gaat het dan wel uitmaken of deze nieuwe woningen binnenstedelijk of buitenstedelijk gebouwd gaan worden. Dit is omdat binnenstedelijk gebouwde nieuwbouwwoningen vaak aangesloten kunnen worden op de omliggende bestaande infrastructuur. De impacts van de extra infrastructuurvraag blijven daarom beperkt. Gaat men buitenstedelijk uitbreiden dan is dit een ander verhaal. In dat geval moet er zeer veel extra infrastructuur aangelegd gaan worden. Tot op heden zijn er alleen nog geen studies bekend die dit hebben onderzocht. Om in dit onderzoek wel een eerste inzicht te geven in welke infrastructuurvraag en bijbehorende CO₂ impacts de nieuwbouw van woningen oproept is een inschatting gemaakt. Hierbij is in dit onderzoek aangenomen dat de nieuwbouw van woningen in ieder geval een extra infrastructurale vraag oproepen voor de volgende soorten infrastructuur:

Kabels en leidingen:

- Telecomkabels
- Middenspanningskabels
- Laagspanningskabels
- Vrijvervalriolering (beton)
- Vrijvervalriolering (PVC)
- Mechanische riolering (beton)
- Mechanische riolering (PVC)
- Waterleidingen

Wegen:

- Gemeentewegen (asfalt)
- Gemeentewegen (klinker)
- Gemeentewegen (betonsteen)
- Fietspaden
- Voetpaden

Hierbij is voor deze infrastructurele werken op basis van het bestaande areaal infrastructuur (zie ook Tabel 73 & Tabel 74) in relatie tot het bestaande aantal woningen (8.045.580 woningen in 2022 (15)) afgeleid wat de infrastructuurvraag per woning is. Deze benodigde infrastructuur per woning is het extra te bouwen areaal bij nieuwbouw van woningen in buitenstedelijk gebied. Deze infrastructuurvraag per woning kan vervolgens worden vermenigvuldigd met het aantal nieuw te bouwen woningen. Vervolgens kunnen arealen die hieruit komen worden vermenigvuldigd met corresponderende CO₂ impacts per FE zoals beschreven in relevante LCA categorie 3 studies om de CO₂ impacts van de additionele infrastructuurvraag van buitenstedelijk uitbreiding te kunnen bepalen. Een overzicht van de benodigde arealen per woning is weergegeven voor kabels en leidingen in Tabel 73 en voor wegen in Tabel 74.

Type telecomkabel	Bestaand areaal	Aantal woning	Areaal per woning
Telecomkabels	1600.000 km ¹	8.045.580	0,199 km ¹
Type elektrakabel	Bestaand areaal	Aantal woning	Areaal per woning
Middenspanning	105.664 km ¹	8.045.580	0,013 km ¹
Laagspanning	220.629 km ¹	8.045.580	0,027 km ¹
Type riolering	Bestaand areaal	Aantal woning	Areaal per woning
Vrijvervalriolering (Beton)	73.150 km ¹	8.045.580	0,0091 km ¹
Vrijvervalriolering (PVC)	31.150 km ¹	8.045.580	0,0039 km ¹
Mechanische riolering (Beton)	21210 km ¹	8.045.580	0,0026 km ¹
Mechanische riolering (PVC)	9.090 km ¹	8.045.580	0,0011 km ¹
Type waterleiding	Bestaand areaal	Aantal woning	Areaal per woning
Waterleiding	121216 km ¹	8.045.580	0,015 km ¹

Tabel 73: Bestaand areaal kabels & leidingen, woningen en het areaal infra per woning.

Gemeentewegen	Bestaand areaal	Aantal woning	Areaal per woning
Asfaltwegen	36.547 km ¹	8.045.580	0,005 km ¹
Klinkerwegen	12.182 km ¹	8.045.580	0,002 km ¹
Betonsteenwegen	73.094 km ¹	8.045.580	0,009 km ¹
Langzaam verkeer	Bestaand areaal	Aantal woning	Areaal per woning
Fietspaden	93.000.000 m ²	8.045.580	11,55 m ²
Voetpaden	308.200.000 m ²	8.045.580	38,31 m ²

Tabel 74: Bestaand areaal wegen, woningen en het areaal infra per woning.

Ten aanzien van binnenstedelijk uitbreiden is er een inschatting gedaan wat de additionele infrastructuurvraag van het toevoegen van nieuwe woningen in binnenstedelijk gebied is. Deze inschatting is gedaan mede op basis van literatuur (35) die stelt dat de maatschappelijke kosten van infrastructuur bij buitenstedelijk uitbreiden 7 keer hoger liggen dan wanneer binnenstedelijk wordt uitgebreid. Daarom is de aanname gedaan voor dit onderzoek dat de additionele infrastructurele vraag voor binnenstedelijk uitbreiden 1/7^{de} deel bedraagt van de additionele infrastructuur vraag van uitbreiding in buitenstedelijk gebied.

Bijlage 4: Berekening emissies in A4

In het rekenmodel is de mogelijkheid ingebouwd om voor het A4 transport dat benodigd is voor de nieuwbouw of renovatie van autowegen, fietspaden, voetpaden als ook de start en landingsbanen op het vliegveld specifiek de CO₂ emissies te berekenen. De methodologie hiervoor is telkens hetzelfde en is onderstaand verder uitgewerkt.

Vanuit de NMD is het rapport "Brandstof- machinecombinaties Hoofdstuk 1000 t/m 8000 Processen" (36) beschikbaar waarin onder andere de milieueffecten van verschillende transportmiddelen die ook in A4 gebruikt worden staan omschreven. Deze milieueffecten zijn gegeven per ton/km. Daarom zijn om in het rekenmodel A4 te kunnen specificeren twee zaken nader uitgezocht namelijk massa en transportafstand. Hoe de massa die voor de nieuwbouw of renovatie van wegen benodigd is wordt berekend door het rekenmodel is in dit rapport al nader uitgewerkt in de paragrafen 0, 0, 0, 0 en 0. Uit deze paragrafen valt verder ook op te maken om wat voor een soort materiaalstromen het gaat. Dit laatste maakt het mogelijk om de materiaalstromen te categoriseren. Voor dit onderzoek is dat gedaan in drie groepen waarbij voor elk van deze groepen een forfaitaire afstand voor A4 is aangenomen. Een overzicht hiervan is gegeven in Tabel 75.

Categorie	Aangenomen forfaitaire afstand in A4	Toelichting
Asfalt	35 km	Ingeschat op 35km.
Cement	25 km	Conform afspraak binnen Nederland.
Overig	150 km	Conform NMD default afstand voor transport A4.

Tabel 75: Forfaitaire afstanden A4 per categorie.

In het rekenmodel zijn alle massa's in kilogrammen uitgerekend. De combinatie van de massa's per categorie is vermenigvuldigd met de bijbehorende forfaitaire afstand in km. Hieruit zijn per categorie hoeveelheden in kg/km bepaald voor transport in A4.

Om vervolgens de bijbehorende CO₂ emissies te bepalen voor deze A4 transportvolumes moet een vermenigvuldiging gemaakt worden met een CO₂ impact per kg/km. Hiervoor zijn de waarden uit eerder benoemd rapport "Brandstof- machinecombinaties Hoofdstuk 1000 t/m 8000 Processen" welke zijn uitgedrukt per ton/km omgerekend naar CO₂ emissies per kg/km. Hierbij gaf dit rapport emissies voor meerdere brandstofsoorten. Dit geeft de mogelijkheid om meerdere scenario's te bouwen gebaseerd op de verschillende brandstofsoorten. In het rekenmodel is dit voor de volgende brandstoffen mogelijk gemaakt:

- 1). Diesel
- 2). Waterstof - Elektrolyse grijs
- 3). Waterstof - Elektrolyse groen
- 4). Waterstof - SMR grijs
- 5). Waterstof - SMR groen
- 6). Elektriciteit - Grijs
- 7). Elektriciteit - Groen

Voor deze brandstofsoorten kan in het rekenmodel voor ieder jaar voor de periode 2023-2050 het aandeel per brandstofsoort in het totaal aan alle A4 transporten worden opgegeven. Op deze manier is er de mogelijkheid om in het rekenmodel scenario's voor verduurzaming van het transport in A4 in te laten groeien. Hiermee kunnen de emissies vervolgens als volgt worden berekend:

$$\sum Aandeel\ brandstof_y \times Gewicht_{cat\ y} \times CO_2\ impact\ brandstof_y$$

Legenda:

Aandeel brandstof_y = Aandeel van brandstofsoort y (in %) van totaal transport in A4.

Gewicht_{cat y} * = Gewicht (in kg) van alle te transporteren grondstoffen in A4 voor categorie y.

CO₂ impact brandstof_y = CO₂ impact brandstof y in kg CO₂ per kg/km.

*De categorieën zijn hierbij asphalt, cement (betonproducten) en overig.

Bijlage 4: Berekening emissies in A5:

In deze bijlage wordt beschreven hoe de emissies voor A5 zijn bepaald in het rekenmodel. Hiervoor is gebruik gemaakt van diverse bronnen zoals categorie 3 rapporten, de PCRasfalt, productbladen van diverse bouwmachines en gegevens over de energie-inhoud per brandstofsoort en de efficiëntie voor verschillende soorten motoren.

De uitleg wordt uitgesplitst over vier paragrafen. In de eerste paragraaf wordt de sloopset beschreven. Hierin wordt ingegaan op welke machines beschouwt worden, hoe het brandstofverbruik is bepaald per machine (uitgaande van dieselmachines). Hetzelfde wordt in de tweede paragraaf gedaan voor de aanlegset. In de derde paragraaf wordt vervolgens het brandstofverbruik voor iedere machine omgerekend naar een specifiek brandstofverbruik voor andere brandstofsoorten.

Sloopset

Er zijn voor het onderzoek en het rekenmodel twee sloopsets opgesteld op basis van de PCR Asfalt en het NMD categorie 3 rapport voor elementverhardingen. De eerste sloopset is een sloopset specifiek voor asfaltwegen. De tweede sloopset is een sloopset specifiek voor stenen (betonsteen of klinker).

Sloopset asfaltwegen

Om de emissies van de individuele bouwmachines van de sloopset te kunnen bepalen zijn als eerste de betrokken machines en hun brandstofverbruik bepaald. Voor de sloopset is ingeschat dat deze voor asfaltwegen bestaat uit een freesmachine en een veegwagen. Om het brandstofverbruik te kunnen bepalen is gebruik gemaakt van de data in Tabel 1 Tabel 76. Hierin staat voor een gegeven brandstofverbruik (in liters diesel) de hoeveelheid asfalt die gesloopt wordt (in ton per dag) bij een gegeven asfaltlaagdikte (in cm).

Brandstofsoort	Hoeveelheid	Unit
Verwerking (totaal sloop)	2000	Ton per dag
Brandstofverbruik	1000	Liter
Dikte asfaltlaag	8	cm
Dichtheid asfalt	2350	Kg per m ³

Tabel 76: Sloopset asfalt.

Op basis van bovenstaande gegevens kan bepaald worden hoeveel m² er op een dag gesloopt wordt door de combinatie van de asfaltfrees en veegwagen die gezamenlijk een brandstofverbruik hebben van 1000 liter diesel per dag. Dit is onderstaand berekend:

$$2000 \text{ ton per dag} \times 1000 \text{ kg per ton} = 2.000.000 \text{ kg per dag}$$

$$\frac{\text{Massa (kg)}}{\text{Dichtheid } (\rho) \times \text{Volume (m}^3)} \text{ ofwel } \frac{\text{Massa (kg)}}{\text{Dichtheid } (\rho)} = \text{Volume (m}^3)$$

$$\frac{2.000.000 \text{ kg}}{2350 \text{ kg per m}^3} = 851 \text{ m}^3$$

$$\frac{851 \text{ m}^3}{8 \text{ cm} \div 100 \text{ cm per meter}} = 10.638 \text{ m}^2 \text{ slopen per dag.}$$

Voor de gebruikte bouw machines is een inschatting gedaan wat een gemiddeld vermogen is voor de betreffende bouw machine. Hierbij zijn referenties zoals productbladen van fabrikanten van deze bouw machines of exemplaren die te koop werden aangeboden. Vervolgens kan met behulp van een vermogensinschattingen van de bouw machines het aandeel van het brandstofverbruik worden gealloceerd en worden berekend per type bouw machine. Een overzicht hiervan is gegeven in Tabel 77.

Machinetype	Vermogen	Bron referentie	Aandeel	Aandeel (liters)
Frees	597 kW	(37)	70,65%	707 liter per dag
Veegwagen	248 kW	(38)	29,35%	293 liter per dag

Tabel 77: Brandstofallocatie op basis van vermogen.

Wordt de brandstofallocatie per machine per dag gecombineerd met de eerder berekende hoeveelheid te slopen asfaltwegdek per dag dan kan het brandstofverbruik per machine in liters per m² worden berekend. Dit is uitgewerkt in Tabel 78.

Machinetype	Verbruik	Sloop per dag	Verbruik
Frees	707 liter per dag	10.638m ²	0,066 liter per m ²
Veegwagen	293 liter per dag	10.638m ²	0,028 liter per m ²

Tabel 78: Conversie brandstofverbruik per dag naar brandstofverbruik per m².

Sloopset stenenwegen

Voor het slopen van een stenenweg is aangenomen dat hiervoor alleen gebruik wordt gemaakt van een wiellaadschop. In het NMD categorie 3 rapport elementverhardingen (39) worden werktijden per m² benoemd voor bouw machines die gebruik worden bij de aanleg en sloop van klinker en betonstraatstenenwegen.

Voor het bepalen van de CO₂ emissies van de sloopset voor stenenwegen (klinker of betonsteen) was gedetailleerdere informatie beschikbaar dan voor de asfaltwegen. In het NMD categorie 3 rapport elementverhardingen (39) worden werktijden per m² benoemd per type bouw machine. Voor het slopen van een stenenweg is aangenomen dat men enkel een wiellaadschop nodig heeft. Een overzicht van relevante gegevens voor de sloopset is gegeven in Tabel 79.

Wiellaadschop	Tijd	Bron
Werktijd	0,0833 uur per m ²	(39)
Vermogen	55 kW (75PK)	(40)

Tabel 79: Gegevens wiellaadschop sloopset.

Door het vermogen van de wiellaadschop te vermenigvuldigen met het aantal seconden dat deze machine wordt gebruikt om 1m² te slopen en dit te delen door de energie-inhoud van diesel kan het brandstofverbruik per m² worden bepaald (zie Tabel 80).

$$\text{Vermogen} \times \text{sec. gebruik machine per m}^2 \div \text{Energieinhoud diesel in Joule per liter diesel} = \text{liter per m}^2$$

Wiellaadschop	Verbruik
---------------	----------

Wiellaadschop	0,4611 Liter per m ²
---------------	---------------------------------

Tabel 80: Brandstofverbruik per m².

Aanlegset

Er zijn voor het onderzoek en het rekenmodel twee aanlegsets opgesteld op basis van de PCR Asfalt en het NMD categorie 3 rapport voor elementverhardingen. De eerste aanlegset is een aanlegset specifiek voor asfaltwegen. De tweede aanlegset is een aanlegset specifiek voor stenen (betonsteen of klinker).

Aanlegset asfaltwegen

Om de emissies van de individuele bouwmachines van de aanlegset te kunnen bepalen zijn als eerste de betrokken machines en hun brandstofverbruik bepaald. Voor de aanlegset is ingeschat dat deze voor asfaltwegen bestaat uit een Power Feeder, asfalteermachine, wals en een belijningsmachine. Om het brandstofverbruik te kunnen bepalen is gebruik gemaakt van de data in Tabel 1 Tabel 81. Hierin staat voor een gegeven brandstofverbruik (in liters diesel) de hoeveelheid asfalt die verwerkt kan worden (in ton per dag) bij een gegeven asfaltlaagdikte (in cm).

Brandstofsoort	Hoeveelheid	Unit
Verwerking (totaal aanleg)	2000	Ton per dag
Brandstofverbruik	560	Liter
Dikte asfaltlaag	8	Cm
Dichtheid asfalt	2350	Kg/ m ³

Tabel 81: Data aanlegset asfalt.

Op basis van bovenstaande gegevens kan bepaald worden hoeveel m² er op een dag aangelegd wordt door de combinatie van de Shuttle Buggy/ Power Feeder, asfalteermachine, wals en belijningsmachine die gezamenlijk een brandstofverbruik hebben van 560 liter diesel per dag. Dit is onderstaand berekend:

2000 ton per dag × 1000 kg per ton = 2.000.000 kg per dag

$$\frac{\text{Massa (kg)}}{\text{Dichtheid } (\rho) \times \text{Volume (m}^3\text{)}} \text{ ofwel } \frac{\text{Massa (kg)}}{\text{Dichtheid } (\rho)} = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$\frac{2.000.000 \text{ kg}}{2350 \text{ kg per m}^3} = 851 \text{ m}^3$$

$$\frac{851 \text{ m}^3}{8 \text{ cm} \div 100 \text{ cm per meter}} = 10.638 \text{ m}^2 \text{ aanleggen per dag.}$$

Voor de gebruikte bouwmachines is een inschatting gedaan wat een gemiddeld vermogen is voor de betreffende bouwmaschine. Hierbij zijn referenties zoals productbladen van fabrikanten van deze bouwmachines of exemplaren die te koop werden aangeboden. Vervolgens kan met behulp van een vermogensinschattingen van de bouwmachines het aandeel van het brandstofverbruik worden gealloceerd en worden berekend per type bouwmaschine. Een overzicht hiervan is gegeven in Tabel 82.

Machinetype	Vermogen	Bron referentie	Aandeel (%)	Aandeel (liters)
Power Feeder	160 kW	(41)	25,32%	142 liter
Asfalteermachine	354 kW	(42)	56,01%	314 liter
Wals	75 kW	(43)	11,87%	66 liter
Belijningmachine	43 kW	(44)	6,80%	38 liter

Tabel 82: Brandstofallocatie op basis van vermogen.

Wordt de brandstofallocatie per machine per dag gecombineerd met de eerder berekende hoeveelheid aan te leggen asfaltwegdek per dag dan kan het brandstofverbruik per machine in liters per m² worden berekend. Dit is uitgewerkt in Tabel 83.

Machinetype	Verbruik (per dag)	Verbruik (per m ²)
Power Feeder	142 liter per dag	0,013 liter per m ²
Asfalteermachine	314 liter per dag	0,029 liter per m ²
Wals	66 liter per dag	0,006 liter per m ²
Belijningmachine	38 liter per dag	0,004 liter per m ²

Tabel 83: Conversie brandstofverbruik per dag naar brandstofverbruik per m².

Aanlegset stenenwegen

Voor het aanleggen van een stenenweg is aangenomen dat hiervoor alleen gebruik wordt gemaakt van een wiellaadschop. In het NMD categorie 3 rapport elementverhardingen (39) worden werktijden per m² benoemd voor bouwmachines die gebruik worden bij de aanleg en sloop van klinker en betonstraatstenenwegen.

Voor het bepalen van de CO₂ emissies van de aanlegset voor stenenwegen (klinker of betonsteen) was gedetailleerdere informatie beschikbaar dan voor de asfaltwegen. In het NMD categorie 3 rapport elementverhardingen (39) worden werktijden per m² benoemd per type bouwmachine. Voor het aanleggen van een stenenweg is aangenomen dat men een trilplaat en een wiellaadschop nodig heeft. Een overzicht van relevante gegevens voor de aanlegset is gegeven in Tabel 84.

	Tijd	Bron
Trilplaat	0,0189 uur per m ²	(39)
Trilplaat	4,8 kW (6,5PK)	(45)
Wiellaadschop	0,0833 uur per m ²	(39)
Wiellaadschop	55 kW (75PK)	(40)

Tabel 84: Gegevens aanlegset.

Vermogen × sec. gebruik machine per m² ÷ Energieinhoud diesel in Joule per liter diesel = liter per m²

Door de gegeven vermogens te vermenigvuldigen met het aantal seconden dat deze machines worden gebruikt om 1m² aan te leggen en dit te delen door de energie-inhoud van diesel kan het brandstofverbruik per m² worden bepaald (zie Tabel 85).

Verbruik	
Trilplaat	0,0091 Liter per m ²

Wiellaadschop	0,4611 Liter per m ²
---------------	---------------------------------

Tabel 85: Brandstofverbruik per m².

Brandstofomrekening

In de vorige twee paragrafen is het diesilverbruik per m² berekend voor sloop en aanleg. Door deze data te combineren met de energie-inhoud voor verschillende soorten brandstoffen en de efficiëntie van verschillende soorten motoren kan het brandstofverbruik per energiedrager worden berekend. In Tabel 86 is de energie-inhoud voor verschillende brandstofsoorten gegeven en in Tabel 87 is de efficiëntie (η) van verschillende soorten motoren gegeven.

Brandstofsoort	Energie-inhoud
1 liter diesel	35,8 MJ
1 kg waterstof	120 MJ
1 kWh stroom	3,6 MJ

Tabel 86: Energie-inhoud van verschillende energiedragers.

Motor type	Range		
	Laag	Gemiddeld	Hoog
η otto motor (diesel)	25	27,5	30
η brandstofcel (waterstof)	50	60	70
η elektromotor (elektriciteit)	n.v.t.	85,7	n.v.t.

Tabel 87: Efficiëntie (η) van verschillende soorten motoren.

Combineren we deze data met het diesilverbruik per m² voor sloop of aanleg dan kunnen we het brandstofverbruik berekenen voor de zelfde activiteiten uitgevoerd met andere energiedragers. Voor deze omrekening is in formulevorm stap voor stap uitgeschreven hoe dit is gedaan. Eerst is dit gedaan voor de omrekening van diesel naar waterstof, daarna is dit ook nog gedaan voor de omrekening van diesel naar elektriciteit.

Van diesel naar waterstof

Stap 1

$$VBR_{\text{diesel}} \cdot E_{\text{diesel}} \cdot \eta_{\text{diesel}} = E_{\text{aandrijving}}$$

$$\text{Liter diesel per uur} \cdot \text{MJ per Liter diesel} = \text{MJ per uur}$$

Stap 2

$$E_{\text{aandrijving}} / \eta_{\text{brandstofcel}} = E_{\text{input}}$$

$$\text{MJ per uur} / \eta = \text{MJ per uur}$$

Stap 3

$$E_{\text{input}} / E_{\text{waterstof}} = \text{kg waterstof in tank benodigd om machine 1 uur aan te drijven}$$

$$\text{MJ per uur} / \text{MJ per kg waterstof} = \text{kg waterstof}$$

Van diesel naar elektriciteit

Stap 1

$VBR_{\text{diesel-x}} \cdot E_{\text{diesel}} \cdot \eta_{\text{diesel}} = E_{\text{aandrijving}}$

Liter diesel per uur * MJ per Liter diesel = MJ per uur

Stap 2

$E_{\text{aandrijving}} / \eta_{\text{elektromotor}} = E_{\text{input}}$

MJ per uur / η = MJ per uur

Stap 3

$E_{\text{input}} / E_{\text{elektriciteit}} = \text{kWh stroom in batterij benodigd om machine 1uur aan te drijven}$

$\text{MJ per uur} / \text{MJ per kWh elektriciteit} = \text{kWh stroom}$

Legenda:

$VBR_{\text{diesel-x}}$ = Liters diesel verbruik per uur voor machine x

E_{diesel} = Energieinhoud diesel (in MJ per liter)

$E_{\text{waterstof}}$ = Energieinhoud waterstof (in MJ per kg)

$E_{\text{elektriciteit}}$ = Energieinhoud elektriciteit (in MJ per kWh)

$E_{\text{aandrijving}}$ = Energie (MJ) benodigd (op as) om machine X 1uur aan te drijven.

E_{input} = Energieinput (MJ) benodigd (in tank) om machine X 1uur aan te drijven.

η_x = Efficiëntie brandstofomzetting voor energieomzettingproces x (in %)

Met behulp van deze formules is het brandstofverbruik per m² per type bouwmaschine bepaald voor zowel waterstof als elektriciteit. Een overzicht van de resultaten is gegeven in Tabel 88.

	Diesel (liter)	Waterstof (kg)	Elektriciteit (kWh)
Frees	0,066 liter/ m ²	0,00908 kg/ m ²	0,2192 kWh/ m ²
Veegwagen	0,028 liter/ m ²	0,00307 kg/ m ²	0,08803 kWh/ m ²
Power Feeder	0,013 liter/ m ²	0,00182 kg/ m ²	0,04253 kWh/ m ²
Asfalteermachine	0,029 liter/ m ²	0,00403 kg/ m ²	0,09409 kWh/ m ²
Wals	0,006 liter/ m ²	0,00085 kg/ m ²	0,01993 kWh/ m ²
Belijningmaschine	0,004 liter/ m ²	0,00049 kg/ m ²	0,01143 kWh/ m ²
Trilplaat	0,009 liter/ m ²	0,00124 kg/ m ²	0,02894 kWh/ m ²
Wiellaadschop	0,461 liter/ m ²	0,06305 kg/ m ²	1,47137 kWh/ m ²

Tabel 88: Brandstofverbruik per type bouwmaschine per energiedrager per m².

Bijlage 5: Toelichting GWW maatregelen:

In het hoofdrapport worden de zeven meest impactvolle maatregelen voor de GWW beschreven. Deze maatregelen worden in het hoofdrapport al uitgebreid beschreven en toegelicht. Daarom richt deze bijlage zich zoveel mogelijk op het geven van nieuwe aanvullende informatie op wat al in het hoofdrapport staat en benodigd is voor de reproductie van de berekeningen die in het rekenmodel zijn gedaan (o.a. ingroeisnelheden scenario's en aangenomen levensduur verlengingen).

Maatregel 1: Om bouwen asfaltcentrales

Voor de asfaltcentrale zijn drie mogelijke scenario's ingebouwd in het rekenmodel, dit zijn de volgende scenario's:

- **BAU- scenario:** Asfaltproductie met een reguliere asfaltcentrale die gebruik maakt van hoge temperaturen om asfalt te produceren (met uitsluitend bitumen als bindmiddel) en die hiervoor fossiele brandstoffen gebruikt
- **Half warm asfalt productie (HWA):** Asfaltproductie met een asfaltcentrale die asfalt produceert op lagere temperaturen (c.a. 110 graden). Voor energie wordt gebruik gemaakt van fossiele energiebronnen.
- **Half warm asfalt productie duurzaam (HWA- duurzaam):** Asfaltproductie met een asfaltcentrale die asfalt produceert op lagere temperaturen (c.a. 110 graden). Voor energie wordt gebruik gemaakt van duurzame energiebronnen.

Voor de maatregel "ombouwen asfaltscenario's" is aangenomen dat momenteel het scenario BAU-scenario dominant is en dat de duurzamere scenario's HWA en HWA-duurzaam vanaf 2023 t/m 2035 ingroeien en het BAU-scenario uiteindelijk volledig vervangen. Deze ingroeiscenario's zijn gemaakt in samenspraak met marktpartijen en RWS. Een overzicht van de ingroeisnelheden per jaar per scenario zijn gegeven in Tabel 89.

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
BAU- scenario	95%	90%	80%	50%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
HWA	5%	10%	20%	40%	75%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
HWA- Duurzaam	0%	0%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%

Tabel 89: Ingroeisnelheden asfaltscenario's.

Maatregel 2: Versneld betonakkoord

De tweede maatregel die is uitgewerkt in het rapport is het versnelde betonakkoord. Uitgangspunt hierbij is dat alle maatregelen zoals omschreven in het betonakkoord worden uitgevoerd, maar dan wel in een versneld tempo. Een uitgebreidere omschrijving van de maatregelen van het betonakkoord omvatten is opgenomen in het hoofdrapport. Op basis van deze maatregelen wordt een zekere jaarlijkse verbetering behaald. Deze is voor dit onderzoek uitgewerkt voor betonstraatstenen en betontegels. Een overzicht van de jaarlijkse

verbeteringen is voor betonstenen gegeven in Tabel 90 (periode 2023- 2030), Tabel 91 (periode 2031-2040) en Tabel 92 (periode 2041-2050). Een overzicht van de jaarlijkse verbeteringen is voor betontegels gegeven in Tabel 93 (periode 2023- 2030), Tabel 94 (periode 2031-2040) en Tabel 95 (periode 2041-2050).

Betonsteen	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Betonakkoord	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	1,9%
Versneld betonakkoord	5,7%	5,7%	5,7%	5,7%	5,7%	5,7%	5,7%	6,5%

Tabel 90: Ingroeisnelheid betonakkoord vs. versneld betonakkoord scenario's voor betonstenen voor de periode 2023- 2030.

Betonsteen	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Betonakkoord	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	4,9%
Versneld betonakkoord	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%	2,0%

Tabel 91: Ingroeisnelheid betonakkoord vs. versneld betonakkoord scenario's voor betonstenen voor de periode 2031-2040.

Betonsteen	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Betonakkoord	4,9%	4,9%	4,9%	4,9%	4,9%	4,9%	4,9%	4,9%	4,9%	4,9%
Versneld betonakkoord	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%

Tabel 92: Ingroeisnelheid betonakkoord vs. versneld betonakkoord scenario's voor betonstenen voor de periode 2041-2050.

Betontegel	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Betonakkoord	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	1,8%
Versneld betonakkoord	5,4%	5,4%	5,4%	5,4%	5,4%	5,4%	5,4%	5,9%

Tabel 93: Ingroeisnelheid betonakkoord vs. versneld betonakkoord scenario's voor betontegels voor de periode 2023- 2030.

Betontegel	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Betonakkoord	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	4,6%
Versneld betonakkoord	5,9%	5,9%	5,9%	5,9%	5,9%	5,9%	5,9%	5,9%	5,9%	2,0%

Tabel 94: Ingroeisnelheid betonakkoord vs. versneld betonakkoord scenario's voor betontegels voor de periode 2031-2040.

Betontegel	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Betonakkoord	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%	4,6%
Versneld betonakkoord	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%

Tabel 95: Ingroeisnelheid betonakkoord vs. versneld betonakkoord scenario's voor betontegels voor de periode 2041-2050.

Maatregel 3: Schoon en emissieloos materieel

In het rekenmodel is voor het materieel in A5 een opdeling gemaakt in vijf soorten energiebronnen, namelijk: diesel, waterstof (grijs) waterstof (groen), elektriciteit (grijs) en elektriciteit (groen). Voor de scenario's waarin het materieel in A5 wordt verduurzaamt is enkel gebruik gemaakt van diesel, elektriciteit (grijs) en elektriciteit (groen). Voor deze brandstofvormen zijn twee ingroeiscenario's opgesteld. Hierbij is telkens aangenomen dat in startjaar 2023 het materieel nog 100% op diesel draait en vervolgens tot en met 2030 volledig elektrificeert waarbij alles in 2030 100% of groene stroom draait. Hierbij zijn twee verschillende ingroeiscenario's gemaakt. Het eerste ingroeiscenario is gegeven in Tabel 96 en is van toepassing op de machines: frees, asfaltermachine en wals. Het tweede ingroeiscenario is weergegeven in Tabel 97 en is van toepassing op de machines: veegwagen, Power Feeder, belijningsmachine, trilplaat en wiellaadschop.

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Diesel	100%	75%	50%	25%	0%	0%	0%	0%
E-grijs	0%	25%	50%	50%	50%	25%	0%	0%
E-groen	0%	0%	0%	25%	50%	75%	100%	100%

Tabel 96: Ingroeiscenario 1 voor materieel in A5.

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Diesel	100%	90%	80%	70%	60%	40%	20%	0%
E-grijs	0%	10%	20%	30%	30%	30%	10%	0%
E-groen	0%	0%	0%	0%	10%	30%	70%	100%

Tabel 97: Ingroeiscenario 2 voor materieel in A5.

Maatregel 4: Meer elementverharding, minder asfalt

Voor het BAU- scenario is ingeschat dat de verhouding tussen asfalt vs. elementverharding 30% vs. 70% is. Voor het scenario "meer elementverharding, minder asfalt" is uitgegaan dat het percentage asfalt wordt teruggebracht tot 15%. De overige 15% die eerst onderdeel van asfalt waren komt wordt in het scenario toegevoegd bij betonklinkers (zie Tabel 98).

	BAU	Scenario
Aandeel asfalt	30%	15%
Aandeel klinker	10%	10%
Aandeel beton	60%	75%

Tabel 98: Aandeel per verhardingstype.

Maatregel 5: levensduur verlengend onderhoud

In het hoofdrapport wordt aangegeven dat de levensduurverlenging voor de deklaag door toepassing van LVO technieken tussen de 3 en 4 jaar is. In Tabel 99 is een overzicht gegeven van de aangenomen levensduren na toepassing van LVO.

Type weg (asfalt)	RSL (PCR- asfalt)	RSL (PRC- asfalt + LVO)
Rijksweg (DZOAB)	14	17
Rijksweg (ZOAB)	12	15
Rijksweg (2LZOAB)	10	13
N- Weg (SMA- NL 11B 70/ 100)	16	20

Waterschapsweg (SMA- NL 11B 70/ 100)	16	20
Gemeenteweg (AC- Surf)	10	13

Tabel 99: Aangenomen levensduurverlengingen van de deklagen door toepassing LVO.

Maatregel 6: Hergebruik geleiderails, portalen en stalen damwanden

Geen extra aanvullingen op het hoofdrapport.

Maatregel 7: Verhoging van het recycling percentage in asfalt (PR)

Voor de zevende maatregel is gekeken naar de impact van het verhogen van het percentage PR in de asfalt mengsels. Hierbij is aangenomen dat in het startjaar 2023 het aandeel PR 0% bedraagt en vervolgens met 10% per jaar groeit tot een maximum van 60% in 2029. Per 10% verhoging van het aandeel PR in de asfaltmix is aangenomen dat de CO₂ uitstoot met 6 kg per ton asfalt wordt teruggedrongen (zie Tabel 100).

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Aandeel PR (%)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
CO2 reductie per ton asfalt t.o.v. 2023	n.v.t.	6 kg	12 kg	18 kg	24 kg	30 kg	36 kg

Tabel 100: Ingroeisnelheid PR en bijbehorende CO2 reductie.