

Tegenhouderstraat

Ketenanalyse betontegels
2018090 – NO21
22-09-2021
Gemeente Amsterdam
AI-2018-0194-P1-021



INHOUD

1	INLEIDING	3
2	METHODIEK	4
2.1	Scope en uitgangpunten	4
2.2	Ketensomschrijving en systeemgrenzen	4
	2.2.1 Ontwerpfase	4
	2.2.2 Productiefase	4
	2.2.3 Bouwfase	5
	2.2.4 Gebruiksfase	5
	2.2.5 Sloop- en verwerkingsfase	5
2.3	CO ₂ -berekeningen en validatie	5
	2.3.1 Dataverzameling	5
	2.3.2 Methode CO ₂ -emissieberekening	6
	2.3.3 Datavalidatie	6
2.4	Ketenpartners	6
3	RESULTATEN	7
3.1	Ketenanalyse – Traditioneel	7
3.2	Ketenanalyse – 2021	8
3.3	Ketenanalyse – 2022	9
3.4	Onzekerheden	10
4	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	11
4.1	Conclusie	11
4.2	Aanbeveling	11
5	BIJLAGE	13

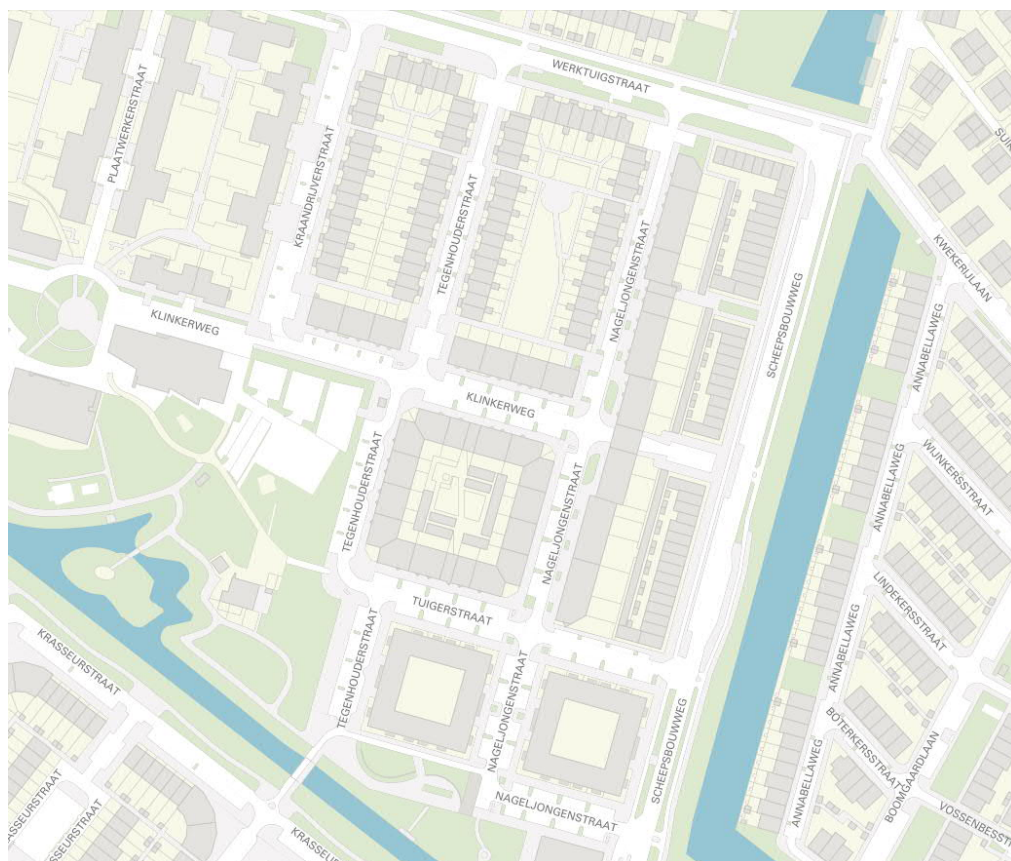
Versie	Opgesteld door	Datum
0.1	Rick Hollenberg (Combinatie Markus-Veebens) en Paul Mooij (gemeente Amsterdam)	22 September 2021

1 INLEIDING

De Combinatie Markus-Veebens (verder te noemen "MV") heeft samen met Ingenieursbureau van gemeente Amsterdam (verder te noemen "IB") de ketenanalyse 'vervangen betontegels' opgesteld in kader van de voorbereiding van de werkzaamheden voor het project Tegenhouderstraat te Amsterdam (AI 2018-0194-P1-021). Dit project wordt uitgevoerd op basis van de samenwerkingsovereenkomst elementenverharding (SOK EV) contract die is afgesloten met de gemeente Amsterdam voor perceel 1 en zal medio 2022 in uitvoering gaan.

Een ketenanalyse houdt in dat van een bepaald product of dienst de CO₂-uitstoot wordt berekend van de gehele keten. Met de gehele keten wordt de gehele levenscyclus van het product bedoeld: van winning van de grondstof tot en met het einde van de levensduur, vergelijkbaar met een Life Cycle Analyse (LCA). In deze ketenanalyse wordt de wijze van vervangen van 8.000 m² betontegels in drie varianten uitgewerkt op basis van absolute uitstoot CO₂ en de kostprijs in euro's.

De uitkomsten van deze ketenanalyse zullen worden gebruikt in de nadere uitwerking van het ontwerp van het project en de te hanteren werkwijze. Verder worden de uitkomsten binnen het Ingenieursbureau (IB) van de gemeente Amsterdam verder verspreid.



Afbeelding 1. Projectgebied Tegenhouderstraat en omgeving te Amsterdam-Noord

2 METHODIEK

2.1 Scope en uitgangpunten

De scope waarvan CO₂-emissie wordt berekend en de bijbehorende uitgangpunten zijn de volgende:

- Vervangen van 8.000 m² betontegels afmeting 30x30x4,5 cm;
- Gewicht betontegels 30x30x4,5 cm = 9.5 kg;
- Aantal betontegels per m² = 11 stuks;
- Levensduur betontegels = 30 jaar;
- Producties werkzaamheden op basis van open begroting SOK-project Krasseurstraat;
- Onderhoudswerkzaamheden aan betontegels na 15 jaar 100% herbestraten;
- Indexatie eenheidsprijzen à 2,5% per jaar;
- Productielocaties betontegels = Amsterdam Westhaven (Struyk Verwo Infra B.V.);
- Verwerkingslocatie erkend verwerker = Zaandam (Smart Circulair Products B.V.);
- Voor de nieuw aangeschafte tegels wordt bij het moment van herstarten een restwaarde in euro's berekend op basis van de aanschafwaarde en het transport gedeeld door de totale verwachte levensduur van 30 jaar;
- Er binnen de werkgrenzen van het project niet voldoende mogelijkheden zijn om de her te gebruiken materialen lokaal op te slaan. Hiervoor wordt het algemene depot De Heining ingezet van de gemeente Amsterdam.

Buiten de scope vallen:

- Leverantie van straatzand ten behoeve van straatlaag (deze is voor alle varianten gelijk);
- Werkzaamheden aan betonbanden (deze is voor alle varianten gelijk);
- Woon-werkverkeer personeel (om de focus te houden op de materialen is dit onderdeel buiten beschouwing gelaten, binnen dit onderdeel zijn zeer veel verschillende mogelijkheden die wellicht separaat kunnen worden beschouwd);
- Verrekening opslagen algemene kosten, winst en risico en SOK/HUB-kosten bij kostprijsberekening;
- Er is geen rekening gehouden met een restlevensduur in tonnen CO₂ voor de betontegels bij de momenten van herstraten;
- De esthetische waarde van hergebruik van tegels versus nieuwe tegels.

In de analyse wordt zowel de leverantie van materialen als de inzet van materieel tijdens de werkzaamheden beschouwd.

2.2 Ketenomschrijving en systeemgrenzen

Binnen een standaard LCA worden de volgende fasen onderscheiden:

- Ontwerpfase;
- Productiefase;
- Bouwfase;
- Gebruiksfase;
- Sloop- en verwerkingsfase.

2.2.1 Ontwerpfase

De ontwerpfase is buiten beschouwing gelaten, omdat de CO₂-emissies van deze fase als zeer gering beschouwd kunnen worden ten opzichte van de hierboven genoemde fasen.

2.2.2 Productiefase

In deze fase worden de emissies gerekend voor productie van de betontegels inclusief winning en leverantie van de benodigde grondstoffen door Struyk Verwo Infra B.V..

2.2.3 Bouwfase

In deze fase worden de emissies gerekend voor:

- Aanvoer van de door Struyk Verwo Infra B.V. geproduceerde betontegels vanaf de productielocatie in Amsterdam-Westhaven;
- Palletteren van bestaande betontegels (optioneel);
- Transport gepalleteerde betontegels naar depot MD (Heining 50 (optioneel));
- Transport gepalleteerde betontegels van depot MD (Heining 50 (optioneel));
- Inzet ten behoeve van het opbreken van de bestaande betontegels;
- Transport van opgebroken betontegels naar erkend verwerker;
- Verwerken van opgebroken betontegels door erkend verwerker;
- Inzet ten behoeve van aanbrengen en verwerken straatlaag;
- Inzet ten behoeve van aanbrengen betontegels.

2.2.4 Gebruiksfase

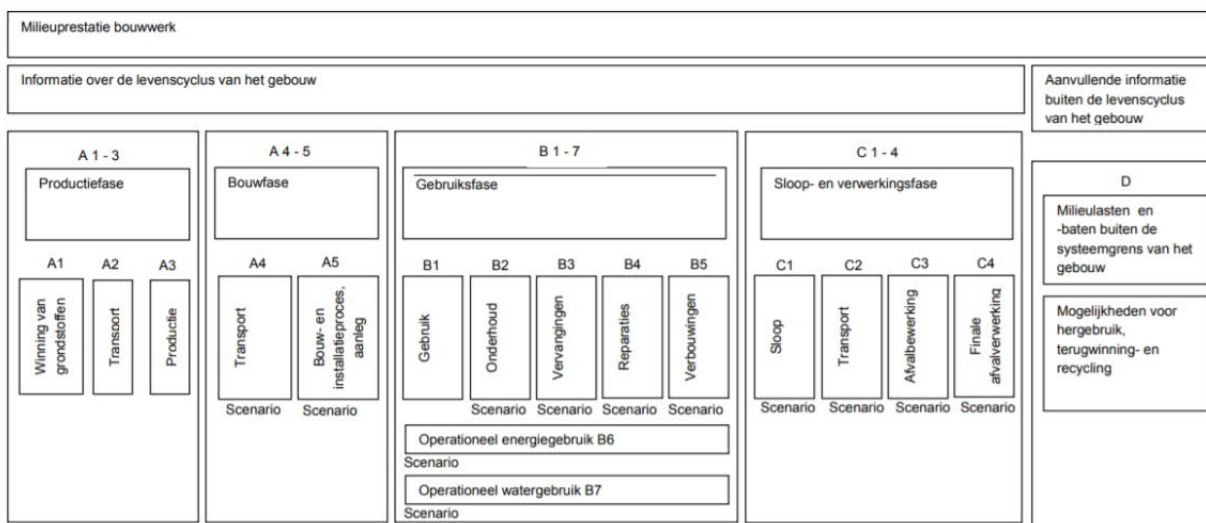
In deze fase worden de emissies gerekend voor:

- Inzet ten behoeve van het herstraten van betontegels (100%);
- Productie en aanvoer van de door Struyk Verwo Infra B.V. geproduceerde betontegels vanaf de productielocatie in Amsterdam-Westhaven (10% breuk);
- Transport van opgebroken betontegels naar erkend verwerker (10% breuk);
- Verwerken van opgebroken betontegels door erkend verwerker (10% breuk).

2.2.5 Sloop- en verwerkingsfase

In deze fase worden de emissies gerekend voor:

- Inzet ten behoeve van het opbreken van de bestaande betontegels (100%);
- Transport van opgebroken betontegels naar erkend verwerker;
- Verwerken van opgebroken betontegels door erkend verwerker.



Afbeelding 2. Levenscyclusanalyse fases

2.3 CO₂-berekeningen en validatie

Voor de berekening van de CO₂-emissies in deze ketenanalyse zijn de volgende stappen doorlopen:

- Dataverzameling;
- Methode CO₂-emissieberekening;
- Datavalidatie.

2.3.1 Dataverzameling

Voor de bepaling van hoeveelheden te vervangen betontegels is uitgegaan van de door het IB aangeleverde tekeningen van het VO-ontwerp met kenmerk 1906330-T07 versie A d.d. 23-11-2021.

Naar aanleiding van onze vraag heeft Struyk Verwo Infra B.V. d.d. 01-04-2021 de CO₂-footprint voor de productie van één vierkante meter betontegels 30x30x4,5 cm verstrekt.

Smart Circulair Products B.V. heeft op d.d. 12-05-2021 de CO₂-footprint voor de verwerking van betonpuin verstrekt voor de methode van Urban Mining en breken tot menggranulaat.

Voor de bepaling van de inzet en producties van materieel is gebruik gemaakt van eerdere begrotingen van projecten binnen het SOK-contract.

2.3.2 Methode CO₂-emissieberekening

De CO₂-emissieberekening is in drie varianten uitgewerkt te weten:

- Ketenanalyse – Traditioneel;
- Ketenanalyse – 2021;
- Ketenanalyse – 2022.

In alle drie de berekeningen is de inzet van materieel en transport omgerekend naar CO₂-emissie per m².

- Voor het materieel is het brandstof verbruik vermenigvuldigd met de conversiefactor, zoals vermeld in de lijst brandstoffen voertuigen op <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/>.
- Voor het transport is uitgegaan van de lijst goederenvervoer op <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/> vermenigvuldigd met de massa van de lading en de rijafstand.

2.3.3 Datavalidatie

De gebruikte kengetallen en ervaringscijfers voor de CO₂-uitstoot zijn vergeleken met de algemene kengetallen die bekend zijn bij CO₂-emissiefactoren. De gehanteerde eenheidsprijzen zijn vergeleken met de SSK raming en het algemene prijzenboek van de gemeente Amsterdam. Daarnaast zijn de gebruikte eenheidsprijzen vergeleken met de marktconforme prijzen zoals die binnen het SOK contract elementenverharding bekend zijn. Hieruit zijn geen afwijkende zaken naar voren gekomen.

Een extra controleslag kan worden gemaakt door deze scenario's ook in DuboCalc te berekenen. Dit wordt als aanbeveling meegegeven.

2.4 Ketenpartners

De Combinatie Markus-Veebens komt in de gehele keten een aantal partners tegen. Hieronder zijn per fase de partners benoemd:

Ketenonderdeel	Partner
Ontwerpfase	Gemeente Amsterdam (opdrachtgever)
Productiefase	Struyk Verwo Infra B.V. (producent)
Bouwfase	Transporteurs (aan- en afvoer materialen per as) Smart Circulair Products B.V. (erkend verwerker)
Gebruiksfase	Struyk Verwo Infra B.V. (producent) Transporteurs (aan- en afvoer materialen per as) Smart Circulair Products B.V. (erkend verwerker)
Sloop- en verwerkingsfase	Transporteurs (aan- en afvoer materialen per as) Smart Circulair Products B.V. (erkend verwerker)

Tabel 1. Overzicht partners

3 RESULTATEN

Hieronder worden de resultaten gepresenteerd van de berekening van CO₂-emissie en kostprijs in de verdeling zoals benoemd in paragraaf 2.3.2. Per variant wordt een nadere toelichting gegeven met betrekking tot de werkzaamheden.

3.1 Ketenanalyse – Traditioneel

In dit scenario berekenen we de variant waarin de tegelverharding op het project Tegenhouderstraat compleet wordt vervangen door nieuwe materialen. Bestaande materialen worden afgevoerd naar een erkend verwerker die deze verwerkt tot menggranulaat. Werkzaamheden worden uitgevoerd met machines die gebruik maken van diesel als brandstof (is traditionele werkwijze). Gerekend wordt met een levensduur van 30 jaar met na 15 jaar 100% herbestrating in verband met onderhoud als gevolg van rijschade en of verzakkingen als gevolg van bodemdaling.

Onder-deel	Omschrijving	Hoeveelheid	Eenheid	kg/CO ₂ / m ²	kg/CO ₂
(A1-A3)	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	8.000,00	m ²	13,29	106.320
(A4)	Logistiek distributeur naar project	8.000,00	m ²	0,22	1.756
(A5)	Opbreken bestaande tegelverharding	8.000,00	m ²	0,78	6.224
(A5)	Afvoeren naar erkend verwerker	8.000,00	m ²	0,28	2.212
(A5)	Aanbrengen straatlaag	8.000,00	m ²	0,46	3.705
(A5)	Aanbrengen betontegels 30x30x4,5 cm	8.000,00	m ²	1,82	14.530
(A5)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	8.000,00	m ²	1,02	8.193
(B2)	Herbestraten betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud na 15 jaar / 10% breuk)	8.000,00	m ²	0,67	5.398
(B2)	Productie van elementen incl. transport (Struyk Verwo Infra B.V.) (10% breuk)	800,00	m ²	13,29	10.632
(B2)	Logistiek distributeur naar project (aanvoer 10% breuk)	800,00	m ²	0,22	176
(B2)	Afvoeren naar erkend verwerker (afvoer 10% breuk)	800,00	m ²	0,28	221
(B2)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker (10% breuk)	800,00	m ²	1,02	819
(C1)	Verwijderen van verharding in toekomst (t.b.v. vervanging na 30 jaar)	8.000,00	m ²	0,78	6.224
(C2)	Afvoeren naar erkend verwerker	8.000,00	m ²	0,28	2.212
(C3)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	8.000,00	m ²	1,02	8.193
Subtotaal (in kg CO ₂)					176812,37
Totaal uitstoot (in ton CO ₂)					176,81

Tabel 2. Overzicht CO₂-emissie – traditioneel

Onder-deel	Omschrijving	Jaar	Hoeveelheid	Eenheid	€/m ²	Totaal
A1-A4	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	0	8.000,00	m ²	€ 7,37	€ 58.960,00
A5	Opbreken betontegels 30x30x4,5 cm	0	8.000,00	m ²	€ 1,22	€ 9.760,00
A5	Afvoeren betontegels naar verwerker	0	8.000,00	m ²	€ 0,89	€ 7.120,00
A5	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	0	8.000,00	m ²	€ 0,40	€ 3.200,00
A5	Aanbrengen straatlaag	0	8.000,00	m ²	€ 1,00	€ 8.000,00
A5	Aanbrengen betontegels 30x30x4,5 cm	0	8.000,00	m ²	€ 3,86	€ 30.880,00
B2	Herbestraten betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud / 10% breuk)	+15	8.000,00	m ²	€ 15,00	€ 120.000,00
B2	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.) (10% breuk) incl. transport	+15	800,00	m ²	€ 7,37	€ 5.896,00
B2	Afvoeren betontegels naar verwerker (afvoer 10% breuk)	+15	800,00	m ²	€ 0,89	€ 712,00
B2	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	+15	800,00	m ²	€ 0,40	€ 320,00
C1	Opbreken betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. vervanging)	+30	8.000,00	m ²	€ 1,22	€ 9.760,00
C2	Afvoeren betontegels naar verwerker (t.b.v. vervanging)	+30	8.000,00	m ²	€ 0,89	€ 7.120,00
C3	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	+30	8.000,00	m ²	€ 0,40	€ 3.200,00
D	Restwaarde geleverde betontegels na cyclus van 30 jaar	>30	800,00	m ²	€ -4,33	€ -3.464,00
Totaal exclusief algemene kosten, SOK-kosten en winst (in euro's)						€ 334.893,80

Tabel 3. Overzicht kostprijs - traditioneel

3.2 Ketenanalyse – 2021

In dit scenario berekenen we de variant waarin de tegelverharding op het project Tegenhouderstraat compleet wordt vervangen door nieuwe materialen. Bestaande materialen worden afgevoerd naar een erkend verwerker waar deze worden verwerkt tot grondstoffen voor de productie van beton volgens het concept van urban mining op de locatie van Smart Circulair Products B.V. Werkzaamheden worden uitgevoerd met machines die gebruik maken van HVO als brandstof of indien mogelijk elektrisch aangedreven. Dit is de wijze waarop de Combinatie Markus-Veekens in 2021 de projecten uitvoert. Op dit punt kijkt deze variant dus af van het scenario 'traditioneel'.

Gerekend wordt met een levensduur van 30 jaar met na 15 jaar 100% her bestrating in verband met onderhoud als gevolg van rijschade en/of verzakkingen als gevolg van bodemdaling.

Onder-deel	Omschrijving	Hoeveelheid	Eenheid	kg/CO ₂ /m ²	kg/CO ₂
(A1-A3)	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	8.000,00	m2	13,29	106.320
(A4)	Logistiek distributeur naar project	8.000,00	m2	0,22	1.756
(A5)	Opbreken bestaande tegelverharding	8.000,00	m2	0,07	563
(A5)	Afvoeren naar erkend verwerker	8.000,00	m2	0,28	2.212
(A5)	Aanbrengen straatlaag	8.000,00	m2	0,04	335
(A5)	Aanbrengen betontegels 30x30x4,5 cm	8.000,00	m2	0,16	1.314
(A5)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	8.000,00	m2		
(B2)	Herbestraten betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud na 15 jaar / 10% breuk)	8.000,00	m2	0,06	488
(B2)	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.) (10% breuk)	800,00	m2	13,29	10.632
(B2)	Logistiek distributeur naar project (aanvoer 10% breuk)	800,00	m2	0,22	176
(B2)	Afvoeren naar erkend verwerker (afvoer 10% breuk)	800,00	m2	0,28	221
(B2)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker (10% breuk)	800,00	m2		
(C1)	Verwijderen van verharding in toekomst	8.000,00	m2	0,07	563
(C2)	Afvoeren naar erkend verwerker	8.000,00	m2	0,28	2.212
(C3)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	8.000,00	m2		
Subtotaal (in kg CO ₂)					126790,03
Totaal uitstoot (in ton CO ₂)					126,79

Tabel 4. Overzicht CO₂-emissie - 2021

Onder-deel	Omschrijving	Jaar	Hoeveelheid	Eenheid	€/m ²	Totaal
A1-A4	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	0	8.000,00	m2	€ 7,37	€ 58.960,00
A5	Opbreken betontegels 30x30x4,5 cm	0	8.000,00	m2	€ 1,33	€ 10.640,00
A5	Afvoeren betontegels naar verwerker	0	8.000,00	m2	€ 0,95	€ 7.600,00
A5	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	0	8.000,00	m2	€ -	€ -
A5	Aanbrengen straatlaag	0	8.000,00	m2	€ 1,03	€ 8.240,00
A5	Aanbrengen betontegels 30x30x4,5 cm	0	8.000,00	m2	€ 3,99	€ 31.920,00
B2	Herbestraten betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud / 10% breuk)	+15	8.000,00	m2	€ 15,00	€ 120.000,00
B2	Productie van elementen incl. transport (Struyk Verwo Infra B.V.) (10% breuk)	+15	800,00	m2	€ 7,37	€ 5.896,00
B2	Afvoeren betontegels naar verwerker (afvoer 10% breuk)	+15	800,00	m2	€ 0,95	€ 760,00
B2	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	+15	800,00	m2	€ -	€ -
C1	Opbreken betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. vervanging)	+30	8.000,00	m2	€ 1,33	€ 10.640,00
C2	Afvoeren betontegels naar verwerker (t.b.v. vervanging)	+30	8.000,00	m2	€ 0,95	€ 7.600,00
C3	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	+30	8.000,00	m2	€ -	€ -
D	Restwaarde geleverde betontegels na cyclus van 30 jaar	>30	800,00	m2	€ -4,16	€ -3.328,00
Totaal exclusief algemene kosten, SOK-kosten en winst (in euro's)						€ 330.320,08

Tabel 5. Overzicht kostprijs - 2021

3.3 Ketenanalyse – 2022

In dit scenario berekenen we de variant waarin de tegelverharding op het project Tegenhouderstraat compleet wordt opgenomen en opnieuw wordt aangebracht. We gaan er hierbij vanuit dat 20% breuk optreedt en wordt aangevuld met nieuwe materialen. Gebroken materialen worden afgevoerd naar een erkend verwerker waar deze worden verwerkt tot grondstoffen voor de productie van beton volgens het concept van urban mining op de locatie van Smart Circulair Products B.V. De gepacketeerde materialen worden tijdelijk opgeslagen in een depot van de MD (Heining 50). Werkzaamheden worden uitgevoerd door machines die gebruik maken van HVO als brandstof of indien mogelijk elektrisch aangedreven zijn (= werkwijze gelijk aan werkwijze scenario 2021). Dit geldt tevens voor het transport dat door de Combinatie Markus-Veevens wordt uitgevoerd. Voor het overige transport worden de algemene kengetallen gehanteerd. Er is nog geen rekening gehouden met extra schoonmaak of behandeling van bestaande her te gebruiken tegels.

Onder-deel	Omschrijving	Hoeveelheid	Eenheid	kg/CO ₂ /m ²	kg/CO ₂
(A1-A3)	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	1.600,00	m2	13,29	21.264
(A4)	Logistiek distributeur naar project	1.600,00	m2	0,22	351
(A5)	Palletteren bestaande tegelverharding incl. uitsorteren 20% breuk	8.000,00	m2	0	0
(A5)	Afvoeren naar erkend verwerker (20% breuk)	1.600,00	m2	0,28	442
(A5)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker (20% breuk)	1.600,00	m2		
(A5)	Vervoeren gepalleteerde materialen naar depot en later weer retour project	8.000,00	m2	0,19	1.507
(A5)	Aanbrengen straatlaag	8.000,00	m2	0,04	335
(A5)	Aanbrengen betontegels 30x30x4,5 cm	8.000,00	m2	0,16	1.314
(B2)	Herbestraten betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud na 15 jaar / 82% breuk)	8.000,00	m2	0,06	488
(B2)	Productie van elementen incl. transport (Struyk Verwo Infra B.V.) (82% breuk)	6.560,00	m2	13,29	87.182
(B2)	Logistiek distributeur naar project (aanvoer 82% breuk)	6.560,00	m2	0,28	1.814
(B2)	Afvoeren naar erkend verwerker (afvoer 82% breuk)	6.560,00	m2	0,28	1.814
(B2)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker (82% breuk)	6.560,00	m2		
(C1)	Verwijderen van verharding in toekomst	8.000,00	m2	0,07	563
(C2)	Afvoeren naar erkend verwerker	8.000,00	m2	0,28	2.212
(C3)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	8.000,00	m2		
Subtotaal (in kg CO ₂)					119285,67
Totaal uitstoot (in ton CO ₂)					119,29

Tabel 6. Overzicht CO₂-emissie – 2022

Onder-deel	Omschrijving	Jaar	Hoeveelheid	Eenheid	€/m ²	Totaal
A1-A4	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	0	1.600,00	m2	€ 7,37	€ 11.792,00
A5	Palletteren betontegels	0	6.400,00	m2	€ 5,00	€ 32.000,00
A5	Opbreken betontegels	0	1.600,00	m2	€ 1,33	€ 2.128,00
A5	Transport gepalleteerde betontegels naar depot (Heining 50)	0	6.400,00	m2	€ 0,93	€ 5.952,00
A5	Transport gepalleteerde betontegels van depot (Heining 50)	0	6.400,00	m2	€ 0,93	€ 5.952,00
A5	Afvoeren betontegels naar verwerker	0	1.600,00	m2	€ 0,95	€ 1.520,00
A5	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	0	1.600,00	m2	€ -	€ -
A5	Aanbrengen straatlaag	0	8.000,00	m2	€ 1,03	€ 8.240,00
A5	Aanbrengen betontegels 30x30x4,5 cm	0	8.000,00	m2	€ 3,99	€ 31.920,00
B2	Herbestraten betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud / 82% breuk)	+15	8.000,00	m2	€ 15,00	€ 120.000,00
B2	Productie van elementen incl. transport (Struyk Verwo Infra B.V.) (10% breuk)	+15	6.560,00	m2	€ 7,37	€ 48.347,20
B2	Afvoeren betontegels naar verwerker (afvoer 10% breuk)	+15	6.560,00	m2	€ 0,95	€ 6.232,00
B2	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	+15	6.560,00	m2	€ -	€ -
C1	Opbreken betontegels (t.b.v. vervanging)	+30	8.000,00	m2	€ 1,33	€ 10.640,00
C2	Afvoeren betontegels naar verwerker (t.b.v. vervanging)	+30	8.000,00	m2	€ 0,95	€ 7.600,00
C3	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	+30	8.000,00	m2	€ -	€ -
D	Restwaarde geleverde betontegels na cyclus van 30 jaar	>30	6.560,00	m2	€ -4,16	€ -27.289,60
Totaal exclusief algemene kosten, SOK-kosten en winst (in euro's)						€ 356.216,71

Tabel 7. Overzicht kostprijs – 2022

3.4 Onzekerheden

De onzekerheden voor de berekeningen in de ketenanalyse bestaan uit:

- De conversiefactoren en CO₂-cijfers afkomstig uit co2emissiefactoren.nl zijn gebaseerd op gemiddelden;
- De aanname van de dagproducties van de uit te voeren werkzaamheden en het brandstofverbruik van de gekozen materieelstukken zijn op basis van de huidige ervaringen vanuit de Combinatie Markus-Veevens;
- De levering van de materialen die afgenomen moeten worden via de afdeling logistiek van de gemeente Amsterdam, kan niet direct bij Struyk Verwo Infra B.V. bij de vestiging Amsterdam worden afgenomen;
- De levensduur en restwaarde van de bestaande, maar ook nieuwe betontegels in een wijk zoals hier in deze casus omschreven.

4 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

4.1 Conclusie

Het doel van deze ketenanalyse is om van de diverse uitvoeringsmethode voor het vervangen van de bestaande betontegels op het nog uit voeren project Tegenhouderstraat de CO₂-emissie en kostprijs vast te stellen. Op basis van de onderstaande uitkomsten kan een keuze worden gemaakt voor de te hanteren uitvoeringsmethode.

Fase levenscyclus	Jaar	Beschouwing kostprijs werkzaamheden			Beschouwing uitstoot CO ₂ werkzaamheden		
		Traditioneel	2021	2022	Traditioneel	2021	2022
A1-A4 Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	0	€ 58.960,00	€ 58.960,00	€ 11.792,00	108,076	108,076	21,615
A5 Palletteren betontegels	0		€ -	€ 32.000,00	n.v.t.	n.v.t.	0,00
A5 Opbreken betontegels 30x30x4,5 cm	0	€ 9.760,00	€ 10.640,00	€ 2.128,00	6,224	562,69	n.v.t.
A5 Transport gepalleteerde betontegels naar depot (Heining 50)	0		€ -	€ 5.952,00	n.v.t.	n.v.t.	753,60
A5 Transport gepalleteerde betontegels van depot (Heining 50)	0		€ -	€ 5.952,00	n.v.t.	n.v.t.	753,60
A5 Afvoeren betontegels naar verwerker	0	€ 7.120,00	€ 7.600,00	€ 1.520,00	2,212	2.211,84	442,37
A5 Verwerken van elementen verharding door erkend verwerker	0	€ 3.200,00	€ -	€ -	8,193	0	0,00
A5 Aanbrengen straatlaag	0	€ 8.000,00	€ 8.240,00	€ 8.240,00	3,704,53	334,93	334,93
A5 Aanbrengen betontegels 30x30x4,5 cm	0	€ 30.880,00	€ 31.920,00	€ 31.920,00	14,529,67	1.313,65	1.313,65
B2 Herbestraten betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud / 10% breuk)	+15	€ 120.000,00	€ 120.000,00	€ 120.000,00	5,398,03	488,05	488,05
B2 Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.) (10% breuk)	+15	€ 5.896,00	€ 5.896,00	€ 48.347,20	10,807,56	10,807,56	88.996,11
B2 Afvoeren betontegels naar verwerker (afvoer 10% breuk)	+15	€ 712,00	€ 760,00	€ 6.232,00	221,18	221,18	1.813,71
B2 Verwerken van elementen verharding door erkend verwerker (10% breuk)	+15	€ 320,00			819,28	0,00	0,00
C1 Opbreken betontegels (t.b.v. vervanging)	+30	€ 9.760,00	€ 10.640,00	€ 10.640,00	6,224	563	563
C2 Afvoeren betontegels naar verwerker (t.b.v. vervanging)	+30	€ 7.120,00	€ 7.600,00	€ 7.600,00	2,212	2.212	2.212
C3 Verwerken van elementen verharding door erkend verwerker	+30	€ 3.200,00	€ -	€ -	8,193	0	0
D Restwaarde geleverde betontegels na cyclus van 30 jaar	>30	€ -3.464,00	€ -3.328,00	€ -27.289,60			
Subtotaal		€ 261.464,00	€ 258.928,00	€ 265.033,60	176,812	126,790	119,286 kg/CO₂
<i>Verrekening indexatie werkzaamheden +15 jaar á 2,5% jaar</i>		<i>€ 52.417,94</i>	<i>€ 52.305,61</i>	<i>€ 72.096,64</i>			
<i>Verrekening indexatie werkzaamheden +30 jaar á 2,5% jaar</i>		<i>€ 21.011,86</i>	<i>€ 19.086,47</i>	<i>€ 19.086,47</i>			
Totaal kostprijs excl. AK/WR/SOK/uitvoering		€ 334.893,80	€ 330.320,08	€ 356.216,71			
Totaal uitstoot (in ton CO₂)		176,81	126,79	119,29	176,81	126,79	119,29 ton/CO₂
<i>Totaal uitstoot (in kg CO₂/m²)</i>		<i>22,10</i>	<i>15,85</i>	<i>14,91</i>			

Tabel 8. Samenvatting beschouwing kostprijs en CO₂-emissie

Uit de berekening van scenario's blijkt dat de 2022 variant circa 7% duurder is dan de 2021 variant. Hierbij krijg je dan wel een verlaging van de CO₂-emissie met circa 6%. De vergelijking tussen de 2022 variant met de traditionele werkwijze geeft een mogelijke reductie van 33% CO₂-emissie bij een extra uitgave van circa 6%.

4.2 Aanbeveling

De volgende aanbeveling worden gedaan:

- Er kan in DuboCalc een controleberekening worden gemaakt op de gehanteerde kengetallen en berekeningswaarde;
- Binnen de gemeente is geen duidelijk protocol waarmee de bestaande tegels gekeurd kunnen worden op de hergebruikswaarde voor de komende circa 15 jaar. Projectteam stelt voor dit protocol op te stellen en bruikbaar te maken voor de andere stadsbrede projectteams binnen de gemeente, zodat vooraf in de projecten al bekend is welke wegvakken voor hergebruik in aanmerking komen;
- Te onderzoeken welke mogelijkheden er zijn om de bestaande tegels te upgraden voor esthetische waarde. Daarnaast zijn er mogelijkheden om behandelingen toe te passen die de jaarlijkse beheerkosten verlagen, bijvoorbeeld het toepassen van nanocoatings.
- Bij het hergebruik van tegels wordt het wel aanbevolen om de her te gebruiken tegels aan één vlak te leggen en de opvulling met breuk samen te voegen om hiermee esthetisch een eenduidig beeld te geven.

- Voor het hergebruik van tegels is het nog beter om te kijken of er zeer dichtbij het werk een depot aanwezig is, in plaats van tijdelijk opslaan op de locatie Heining 50. Hiermee wordt de transportafstand flink gereduceerd wat de CO₂ impact verkleint.
- Bij het kiezen van het concept van maximaal hergebruik van materialen (=scenario 2022) dient richting de omgeving en overige stakeholders een juiste informatieverstrekking te komen waarom voor deze variant is gekozen. Ook omdat in omliggende straten/wijken het kan zijn dat toch voor nieuwe materialen is gekozen.
- Bij een nieuwe aanbesteding van betonmaterialen door de gemeente Amsterdam te laten onderzoeken of er duurzamere varianten zijn die een lagere CO₂-uitstoot bij de productie hebben. Er zijn al biobased producten op de markt welke inmiddels voor massa productie in aanmerking komen.

5 BIJLAGE

OPSTELLING KETENANAYSE - Traditioneel



Project	: Tegenhoudersstraat	Nr	:	
Projectnummer	: 2018090.021	Datum	:	22-sep-21
Opdrachtgever	: Gemeente Amsterdam	Opgesteld door	:	R. Hollenberg

Toelichting keten analyse betontegels:

In dit scenario berekenen we de variant waarin de tegelverharding op het project Tegenhouderstraat compleet wordt vervangen voor nieuwe materialen. Bestaande materialen worden afgevoerd naar een erkend verwerker waar deze wordt verwerkt tot menggranulaat. Werkzaamheden worden uitgevoerd met machines die gebruik maken van diesel als brandstof (is traditionele werkwijze). Gerekend word met een levensduur van 30 jaar met na 15 jaar 100% herbestrating i.v.m. onderhoud als gevolg van rijshade en of verzakkingen als gevolg van bodemdaling.

Onder-deel	Omschrijving	Hoeveelheid	Eenheid	kg/CO ₂ /m ²	kg/CO ₂
(A1-A3)	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	8.000,00	m2	13,29	106.320
(A4)	Logistiek distributeur naar project	8.000,00	m2	0,22	1.756
(A5)	Opbreken bestaande tegelverharding	8.000,00	m2	0,78	6.224
(A5)	Afvoeren naar erkend verwerker	8.000,00	m2	0,28	2.212
(A5)	Aanbrengen straatlaag	8.000,00	m2	0,46	3.705
(A5)	Aanbrengen betontegels 30x30x4,5 cm	8.000,00	m2	1,82	14.530
(A5)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	8.000,00	m2	1,02	8.193
(B2)	Herbestraten betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud na 15 jaar / 10% breuk)	8.000,00	m2	0,67	5.398
(B2)	Productie van elementen incl. transport (Struyk Verwo Infra B.V.) (10% breuk)	800,00	m2	13,29	10.632
(B2)	Logistiek distributeur naar project (aanvoer 10% breuk)	800,00	m2	0,22	176
(B2)	Afvoeren naar erkend verwerker (afvoer 10% breuk)	800,00	m2	0,28	221
(B2)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker (10% breuk)	800,00	m2	1,02	819
(C1)	Verwijderen van verharding in toekomst (t.b.v. vervanging na 30 jaar)	8.000,00	m2	0,78	6.224
(C2)	Afvoeren naar erkend verwerker	8.000,00	m2	0,28	2.212
(C3)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	8.000,00	m2	1,02	8.193
Uitgangspunten:					
A1-A3	Productie van betontegels 30x30x4,5cm conform opgave leverancier (Struyk Verwo Infra B.V.)			13,29	
A4+B2	Logistiek distributeur naar project			0,22	
	Gewicht lading	30,93	ton		
	Rijafstand fabriek Amerikehavenweg -> project Tegenhouderstraat	20,00	km		
	Factor lading x rijafstand	618,64	tonkm		
	Emissie factor vrachtwagen > 20 ton plus aanhanger	0,11	kgCO ₂ /tonkm		
	Betontegels 30x30x4,5cm per vracht	296,00	m2		
	Gewicht betontegels 30x30x4,5cm	9,50	kg		
	Betontegels 30x30x4,5cm per m2	11,00	st/m2		
A5+C1	Opbreken bestaande tegelverharding			0,78	
	Productie opbreken betontegels 30x30x4,5 cm	500,00	m2dag		
	Inzet opbreken met HGM wielbasis 1.000L (diesel)	8,00	uur		
	Brandstofverbruik HGM wielbasis 1.000L (diesel) (opbreken) (per uur)	14,00	L/uur		
	Brandstofverbruik HGM wielbasis 1.000L (diesel) (opbreken) (per dagproductie)	112,00	L		
A5+B2+C2	Afvoeren naar erkend verwerker			0,28	
	Gewicht lading van dagproductie opbreken (500m2 x 0,045cm x 2,4Tm3)	54,00	ton		
	Rijafstand project Tegenhouderstraat -> erkend verwerker	10,00	km		
	Factor lading x rijafstand	540,00	tonkm		
	Emissie factor vrachtwagen 10-20 ton	0,26	kgCO ₂ /tonkm		
A5	Aanbrengen straatlaag			0,46	
	Productie aanbrengen straatlaag	600,00	m2dag		
	Inzet aanbrengen straatlaag HGM rups 600L Mecalac (diesel)	8,00	uur		
	Brandstof HGM rups 600L Mecalac (diesel) (straatlaag) (per uur)	10,00	L/uur		
	Brandstof HGM rups 600L Mecalac (diesel) (straatlaag) (per dagproductie)	80,00	L		
A5	Aanbrengen betontegels 30x30x4,5cm			1,82	
	Productie aanbrengen betontegels 30x30x4,5cm	200,00	m2dag		
	Inzet aanbrengen betontegels HGM rups 600L Mecalac (diesel)	8,00	uur		
	Inzet bijrijden betontegels wiellader 1.200L (diesel)	2,5	uur		
	Brandstof HGM rups 600L Mecalac (diesel) (aanbrengen) (per uur)	10,00	L/uur		
	Brandstof HGM rups 600L Mecalac (diesel) (aanbrengen) (per dagproductie)	80,00	L		
	Brandstof wiellader 1.200L (diesel) (bijrijden) (per uur)	10,00	L/uur		
	Brandstof wiellader 1.200L (diesel) (bijrijden) (per dagproductie)	24,59	L		
B2	Herbestraten betontegels 30x30x4,5cm (t.b.v. onderhoud na 15 jaar)			0,67	
	Productie herstraten betontegels 30x30x4,5cm	70,00	m2dag		
	Inzet herbestraten betontegels koppelp straatmakers	8,00	uur		
	Inzet herbestraten betontegels knikmops 130 (diesel)	1,00	dag		
	Brandstofverbruik knikmops 130 (diesel) (per dagproductie)	13,60	L/dag		
C3	Verwerken van elementen verharding door erkend verwerker			1,02	
	CO ₂ -uitstoot verwerken betonpuin per ton conform opgave verwerker Smart Circulair Products (conventioneel tot menggranulaat)	9,80	kgCO ₂ /ton		
	Gewicht betontegels 30x30x4,5cm per m2	0,10	ton/m2		
	Conversiefactor diesel brandstof per liter	3,47	kgCO ₂ /L		
Subtotaal (in kg CO₂)					176812,37
Totaal uitstoot (in ton CO₂)					176,81

OPSTELLING KETENANAYSE - Traditioneel



Project : Tegenhoudersstraat			Nr :			
Projectnummer : 2018090.021			Datum : 22-sep-21			
Opdrachtgever : Gemeente Amsterdam			Opgesteld door : R. Hollenberg			
Toelichting keten analyse betontegels:						
In dit scenario berekenen we de variant waarin de tegelverharding op het project Tegenhouderstraat compleet wordt vervangen voor nieuwe materialen. Bestaande materialen worden afgevoerd naar een erkend verwerker waar deze wordt verwerkt tot menggranulaat. Werkzaamheden worden uitgevoerd met machines die gebruik maken van diesel als brandstof (is traditionele werkwijze). Gerekend word met een levensduur van 30 jaar met na 15 jaar 100% herbestrating i.v.m. onderhoud als gevolg van rijschade en of verzakkingen als gevolg van bodemdaling.						
Onder-deel	Omschrijving	Jaar	Hoeveelheid	Eenheid	€/m2	Totaal
A1-A4	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	0	8.000,00	m2	€ 7,37	€ 58.960,00
A5	Opbreken betontegels 30x30x4,5 cm	0	8.000,00	m2	€ 1,22	€ 9.760,00
A5	Afvoeren betontegels naar verwerker	0	8.000,00	m2	€ 0,89	€ 7.120,00
A5	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	0	8.000,00	m2	€ 0,40	€ 3.200,00
A5	Aanbrengen straatlaag	0	8.000,00	m2	€ 1,00	€ 8.000,00
A5	Aanbrengen betontegels 30x30x4,5 cm	0	8.000,00	m2	€ 3,86	€ 30.880,00
B2	Herbestraten betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud / 10% breuk)	+15	8.000,00	m2	€ 15,00	€ 120.000,00
B2	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.) (10% breuk) incl. transport	+15	800,00	m2	€ 7,37	€ 5.896,00
B2	Afvoeren betontegels naar verwerker (afvoer 10% breuk)	+15	800,00	m2	€ 0,89	€ 712,00
B2	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	+15	800,00	m2	€ 0,40	€ 320,00
C1	Opbreken betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. vervanging)	+30	8.000,00	m2	€ 1,22	€ 9.760,00
C2	Afvoeren betonegels naar verwerker (t.b.v. vervanging)	+30	8.000,00	m2	€ 0,89	€ 7.120,00
C3	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	+30	8.000,00	m2	€ 0,40	€ 3.200,00
D	Restwaarde geleverde betontegels na cyclus van 30 jaar	>30	800,00	m2	€ -4,33	€ -3.464,00
Productie van elementen (Struyk Verwo)						
	<i>Inkoop betontegel 30x30x4,5cm</i>		1,00	st	€ 0,67	
	<i>Betontegels 30x30x4,5cm per m2</i>		11,00	st/m2	€ 7,37	
Verwerken van elementen verharding door erkend verwerker						
	<i>Hoeveelheid te storten betonverharding</i>		800,00	ton	€ 4,00	
	<i>Hoeveelheid te storten betonverharding</i>		1,00	m2	€ 0,40	
Verrekening indexatie werkzaamheden +15 jaar						
	<i>Indexatie eenheidsprijzen</i>		126.928,00	eur		
	<i>Indexatie eenheidsprijzen</i>		2,50	%/jaar		
	<i>Looptijd indexatie</i>		15,00	jaar		€ 52.417,94
Verrekening indexatie werkzaamheden +30 jaar						
	<i>Indexatie eenheidsprijzen</i>		20.080,00	eur		€ 21.011,86
	<i>Indexatie eenheidsprijzen</i>		2,50	%/jaar		
	<i>Looptijd indexatie</i>		30,00	jaar		
Verrekening restwaarde geleverde betontegels na cyclus van 30 jaar						
	<i>Percentage</i>				€ 4,33	
	<i>Nieuw waarde leverantie betontegels</i>		50,00	%		
	<i>Nieuw waarde afvoeren betontegels naar verwerker</i>		7,37	eur/m2		
	<i>Nieuw waarde verwerken van elementen verharding door erkend verwerker</i>		0,89	eur/m2		
	<i>Nieuw waarde verwerken van elementen verharding door erkend verwerker</i>		0,40	eur/m2		
Totaal exclusief algemene kosten, SOK-kosten en winst (in euro's)						
						€ 334.893,80

OPSTELLING KETENANAYSE - 2021



Project : Tegenhoudersstraat	Nr :
Projectnummer : 2018090.021	Datum : 22-sep-21
Opdrachtgever : Gemeente Amsterdam	Opgesteld door : R. Hollenberg

Toelichting keten analyse betegels:

In dit scenario berekenen we de variant waarin de tegelverharding op het project Tegenhouderstraat compleet wordt vervangen voor nieuwe materialen. Bestaande materialen worden afgevoerd naar een erkend verwerker waar deze worden verwerkt tot grondstoffen voor de productie van beton volgens het concept van Urban Mining. Werkzaamheden worden uitgevoerd met machines die gebruik maken van HVO als brandstof of indien mogelijk elektrisch aangedreven. Dit is de wijze waarop de Combinatie Markus-Veekeens in 2021 de projecten uitvoert. Op dit punt wijkt deze variant dus af van het scenario 'traditioneel'.

Gerekend word met een levensduur van 30 jaar met na 15 jaar 100% her bestrating i.v.m. onderhoud a.g.v. rijschade en of verzakkingen a.g.v. bodemdaling.

Onder-deel	Omschrijving	Hoeveelheid	Eenheid	kg/CO ₂ /m ²	kg/CO ₂
(A1-A3)	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	8.000,00	m2	13,29	106.320
(A4)	Logistiek distributeur naar project	8.000,00	m2	0,22	1.756
(A5)	Opbreken bestaande tegelverharding	8.000,00	m2	0,07	563
(A5)	Afvoeren naar erkend verwerker	8.000,00	m2	0,28	2.212
(A5)	Aanbrengen straatlaag	8.000,00	m2	0,04	335
(A5)	Aanbrengen betegels 30x30x4,5 cm	8.000,00	m2	0,16	1.314
(A5)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	8.000,00	m2		
(B2)	Herbestraten betegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud na 15 jaar / 10% breuk)	8.000,00	m2	0,06	488
(B2)	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.) (10% breuk)	800,00	m2	13,29	10.632
(B2)	Logistiek distributeur naar project (aanvoer 10% breuk)	800,00	m2	0,22	176
(B2)	Afvoeren naar erkend verwerker (afvoer 10% breuk)	800,00	m2	0,28	221
(B2)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker (10% breuk)	800,00	m2		
(C1)	Verwijderen van verharding in toekomst	8.000,00	m2	0,07	563
(C2)	Afvoeren naar erkend verwerker	8.000,00	m2	0,28	2.212
(C3)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	8.000,00	m2		
Uitgangspunten:					
A1-A3	Productie van betegels 30x30x4,5cm conform opgave leverancier (Struyk Verwo Infra B.V.)			13,29	
A4+B2	Logistiek distributeur naar project			0,22	
	Gewicht lading	30,93	ton		
	Rijafstand fabriek Amerikehavenweg -> project Tegenhouderstraat	20,00	km		
	Factor lading x rijafstand	618,64	tonkm		
	Emissie factor vrachtwagen > 20 ton plus aanhanger	0,11	kgCO ₂ /tonkm		
	Betontegels 30x30x4,5cm per vracht	296,00	m2		
	Gewicht betegels 30x30x4,5cm	9,50	kg		
	Betontegels 30x30x4,5cm per m2	11,00	st/m2		
A5+C1	Opbreken bestaande tegelverharding			0,07	
	Productie opbreken betegels 30x30x4,5cm	500,00	m2dag		
	Inzet opbreken met HGM wielbasis 1.000L (HVO)	8,00	uur		
	Brandstofverbruik HGM wielbasis 1.000L (HVO) (opbreken) (per uur)	14,00	L/uur		
	Brandstofverbruik HGM wielbasis 1.000L (HVO) (opbreken) (per dagproductie)	112,00	L		
A5+C2	Afvoeren naar erkend verwerker			0,28	
	Gewicht lading van dagproductie opbreken (500m2 x 0,045cm x 2,4Tm3)	54,00	ton		
	Rijafstand project Tegenhouderstraat -> erkend verwerker	10,00	km		
	Factor lading x rijafstand	540,00	tonkm		
	Emissie factor vrachtwagen 10-20 ton	0,26	kgCO ₂ /tonkm		
A5	Aanbrengen straatlaag			0,04	
	Productie aanbrengen straatlaag	600,00	m2dag		
	Inzet aanbrengen straatlaag HGM rups 600L Mecalac (HVO)	8,00	uur		
	Brandstof HGM rups 600L Mecalac (HVO) (straatlaag) (per uur)	10,00	L/uur		
	Brandstof HGM rups 600L Mecalac (HVO) (straatlaag) (per dagproductie)	80,00	L		
A5	Aanbrengen betegels 30x30x4,5cm			0,16	
	Productie aanbrengen betegels 30x30x4,5cm	200,00	m2dag		
	Inzet aanbrengen betegels HGM rups 600L Mecalac (HVO)	8,00	uur		
	Inzet bijrijden betegels wiellader Giant G2200 X-tra (elektrisch / groene stroom)	2,5	uur		
	Brandstof HGM rups 600L Mecalac (HVO) (aanbrengen) (per uur)	10,00	L/uur		
	Brandstof HGM rups 600L Mecalac (HVO) (aanbrengen) (per dagproductie)	80,00	L		
	Brandstof wiellader 1.200L (HVO) (bijrijden) (per uur)	10,00	L/uur		
	Brandstof wiellader 1.200L (HVO) (bijrijden) (per dagproductie)	24,59	L		
B2	Herbestraten betegels 30x30x4,5cm (t.b.v. onderhoud na 15 jaar)			0,06	
	Productie herstraten betegels 30x30x4,5cm	70,00	m2dag		
	Inzet herbestraten betegels koppelp straatmakers	8,00	uur		
	Inzet herbestraten betegels knikmops 130 (diesel)	1,00	dag		
	Brandstofverbruik knikmops 130 (diesel) (per dagproductie)	13,60	L/dag		
C3	Verwerken van elementen verharding door erkend verwerker			0,21	
	CO ₂ -uitstoot verwerken betonpuin per ton conform opgave verwerker Smart Circulair Products (Urban Mining)	1,99	kgCO ₂ /ton		
	Gewicht betegels 30x30x4,5cm per m2	0,10	ton/m2		
	CO ₂ -uitstoot productie beton door Smart Circulair (Urban Mining)		kgCO ₂ /m2		
	Conversiefactor HVO brandstof per liter	0,314	kgCO ₂ /L		
	Conversiefactor elektra groene stroom	0	kgCO ₂ /kWh		
Subtotaal (in kg CO₂)					126790,03
Totaal uitstoot (in ton CO₂)					126,79

OPSTELLING KETENANAYSE - 2022



Project : Tegenhousersstraat	Nr :
Projectnummer : 2018090.021	Datum : 22-sep-21
Opdrachtgever : Gemeente Amsterdam	Opgesteld door : R. Hollenberg

Toelichting keten analyse betontegels:
 In dit scenario berekenen we de variant waarin de tegelverharding op het project Tegenhouderstraat compleet wordt opgenomen en opnieuw wordt aangebracht. We gaan er hierbij vanuit dat 20% breuk optreedt en wordt aangevuld met nieuwe materialen. Gebroken materialen worden afgevoerd naar een erkend verwerker waar deze worden verwerkt tot grondstoffen voor de productie van beton volgens het concept van Urban Mining. De gepakketteerde materialen worden tijdelijk opgeslagen op een depot van de MD (Heining 50). Werkzaamheden worden uitgevoerd machines welke gebruik maken van HVO als brandstof of indien mogelijk elektrisch aangedreven (= werkwijze gelijk aan werkwijze scenario 2021). Dit geldt tevens voor transport dat door de Combinatie Markus Veekeens wordt uitgevoerd. Voor het overige transport worden de algemene kengetallen gehanteerd. Er is nog geen rekening gehouden met extra schoonmaak of behandeling van bestaande her te gebruiken tegels.

Onder-deel	Omschrijving	Hoeveelheid	Eenheid	kg/CO ₂ /m ²	kg/CO ₂
(A1-A3)	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	1.600,00	m ²	13,29	21.264
(A4)	Logistiek distributeur naar project	1.600,00	m ²	0,22	351
(A5)	Palleteren bestaande tegelverharding incl. uitsorteren 20% breuk	8.000,00	m ²	0	0
(A5)	Afvoeren naar erkend verwerker (20% breuk)	1.600,00	m ²	0,28	442
(A5)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker (20% breuk)	1.600,00	m ²		
(A5)	Vervoeren gepalleteerde materialen naar depot en later weer retour project	8.000,00	m ²	0,19	1.507
(A5)	Aanbrengen straatlaag	8.000,00	m ²	0,04	335
(A5)	Aanbrengen betontegels 30x30x4,5 cm	8.000,00	m ²	0,16	1.314
(B2)	Herbestraten betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud na 15 jaar / 82% breuk)	8.000,00	m ²	0,06	488
(B2)	Productie van elementen incl. transport (Struyk Verwo Infra B.V.) (82% breuk)	6.560,00	m ²	13,29	87.182
(B2)	Logistiek distributeur naar project (aanvoer 82% breuk)	6.560,00	m ²	0,28	1.814
(B2)	Afvoeren naar erkend verwerker (afvoer 82% breuk)	6.560,00	m ²	0,28	1.814
(B2)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker (82% breuk)	6.560,00	m ²		
(C1)	Verwijderen van verharding in toekomst	8.000,00	m ²	0,07	563
(C2)	Afvoeren naar erkend verwerker	8.000,00	m ²	0,28	2.212
(C3)	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	8.000,00	m ²		
Uitgangspunten:					
A1-A3	Productie van betontegels 30x30x4,5cm conform opgave leverancier (Struyk Verwo Infra B.V.)			13,29	
A4+B2	Logistiek distributeur naar project			0,22	
	Gewicht lading	30,93	ton		
	Rijafstand fabriek Amerikahavenweg -> project Tegenhouderstraat	20,00	km		
	Factor lading x rijafstand	618,64	tonkm		
	Emissie factor vrachtwagen > 20 ton plus aanhanger	0,11	kgCO ₂ /tonkm		
	Betontegels 30x30x4,5cm per vracht	296,00	m ²		
	Gewicht betontegels 30x30x4,5cm	9,50	kg		
	Betontegels 30x30x4,5cm per m ²	11,00	st/m ²		
A5	Palleteren bestaande tegelverharding (80%)			-	
	Productie palleteren betontegels 30x30x4,5cm	500,00	m ² dag		
	Werkzaamheden worden handmatig uitgevoerd en/of met elektrisch materieel				
A5	Afvoeren naar erkend verwerker			0,28	
	Gewicht totaal breuk (20%) palleteren (1600m ² x 0,045cm x 2,4Tm ³)	172,80	ton		
	Rijafstand project Tegenhouderstraat -> erkend verwerker	10,00	km		
	Factor lading x rijafstand	1.728,00	tonkm		
	Emissie factor vrachtwagen 10-20 ton	0,26	kgCO ₂ /tonkm		
A5	Verwerken van elementen verharding door erkend verwerker (20% breuk)			0,04	
	CO ₂ -uitstoot productie beton door Smart Circulair (Urban Mining)	1,99	kgCO ₂ /ton		
	Gewicht totaal breuk (20%) palleteren (1600m ² x 0,045cm x 2,4Tm ³)	172,80	ton		
6. (A5)	Vervoeren gepalleteerde materialen naar depot (Heining 50) en retour naar project				
	Gewicht totaal gepalleteerd (80%) palleteren (6.400m ² x 0,045cm x 2,4Tm ³)	691,20	ton	0,27	
	Rijafstand project Tegenhouderstraat -> depot Heining 50	15,00	km		
	Factor lading x rijafstand	20.736,00	tonkm		
	Emissie factor vrachtwagen > 20 ton plus aanhanger	0,11	kgCO ₂ /tonkm		
A5	Vervoeren gepalleteerde materialen naar depot en later weer retour project			0,19	
	Lading (8 pallets á 192st = 1536st / 11 = 140m ²)	140,00	m ²		
	Inzet vrachtwagen 8x4ws+kr t.b.v. transport materialen naar depot (incl. laden en lossen en retour)	6,00	uur		
	Brandstof vrachtwagen 8x4ws+kr (per uur) (HVO)	14,00	L		
	Brandstof vrachtwagen 8x4ws+kr (totaal) (HVO)	84,00	L		
A5	Aanbrengen straatlaag			0,04	
	Productie aanbrengen straatlaag	600,00	m ² dag		
	Inzet aanbrengen straatlaag HGM rups 600L Mecalac (HVO)	8,00	uur		
	Brandstof HGM rups 600L Mecalac (HVO) (straatlaag) (per uur)	10,00	L/uur		
	Brandstof HGM rups 600L Mecalac (HVO) (straatlaag) (per dagproductie)	80,00	L		
A5	Aanbrengen betontegels 30x30x4,5cm			0,16	
	Productie aanbrengen betontegels 30x30x4,5cm	200,00	m ² dag		
	Inzet aanbrengen betontegels HGM rups 600L Mecalac (HVO)	8,00	uur		
	Inzet bijrijden betontegels wiellader Giant G2200 X-tra (elektrisch / groene stroom)	2,5	uur		
	Brandstof HGM rups 600L Mecalac (HVO) (aanbrengen) (per uur)	10,00	L/uur		
	Brandstof HGM rups 600L Mecalac (HVO) (aanbrengen) (per dagproductie)	80,00	L		
	Brandstof wiellader 1.200L (HVO) (bijrijden) (per uur)	10,00	L/uur		
	Brandstof wiellader 1.200L (HVO) (bijrijden) (per dagproductie)	24,59	L		
B2	Herbestraten betontegels 30x30x4,5cm (t.b.v. onderhoud na 15 jaar)			0,06	
	Productie herstraten betontegels 30x30x4,5cm	70,00	m ² dag		
	Inzet herbestraten betontegels koppelp straatmakers	8,00	uur		
	Inzet herbestraten betontegels knikmops 130 (diesel)	1,00	dag		
	Brandstofverbruik knikmops 130 (HVO) (per dagproductie)	13,60	L/dag		
B2	Afvoeren naar erkend verwerker			0,28	
	Gewicht totaal breuk (82%) palleteren (6560m ² x 0,045cm x 2,4Tm ³)	708,48	ton		
	Rijafstand project Tegenhouderstraat -> erkend verwerker	10,00	km		
	Factor lading x rijafstand	7.084,80	tonkm		
	Emissie factor vrachtwagen 10-20 ton	0,26	kgCO ₂ /tonkm		
C1	Opbreken bestaande tegelverharding			0,07	
	Productie opbreken betontegels 30x30x4,5cm	500,00	m ² dag		
	Inzet opbreken met HGM wielbasis 1.000L (HVO)	8,00	uur		
	Brandstofverbruik HGM wielbasis 1.000L (HVO) (opbreken) (per uur)	14,00	L/uur		
	Brandstofverbruik HGM wielbasis 1.000L (HVO) (opbreken) (per dagproductie)	112,00	L		
C2	Afvoeren naar erkend verwerker			0,28	
	Gewicht lading van dagproductie opbreken (500m ² x 0,045cm x 2,4Tm ³)	54,00	ton		
	Rijafstand project Tegenhouderstraat -> erkend verwerker	10,00	km		
	Factor lading x rijafstand	540,00	tonkm		
	Emissie factor vrachtwagen 10-20 ton	0,26	kgCO ₂ /tonkm		
C3	Verwerken van elementen verharding door erkend verwerker			0,21	
	CO ₂ -uitstoot verwerken betonpuin per ton conform opgave verwerker Smart Circulair Products (Urban Mining)	1,99	kgCO ₂ /ton		
	Gewicht betontegels 30x30x4,5cm per m ²	0,10	ton/m ²		
	CO ₂ -uitstoot productie beton door Smart Circulair (Urban Mining)		kgCO ₂ /m ²		
	Conversiefactor HVO brandstof per liter	0,314	kgCO ₂ /L		
	Conversiefactor elektra groene stroom	0	kgCO ₂ /kWh		
Subtotaal (in kg CO₂)					119285,67
Totaal uitstoot (in ton CO₂)					119,29

OPSTELLING KETENANAYSE - 2022



Project	: Tegenhoudersstraat	Nr	:			
Projectnummer	: 2018090.021	Datum	:	22-sep-21		
Opdrachtgever	: Gemeente Amsterdam	Opgesteld door	:	R. Hollenberg		
Toelichting keten analyse betontegels:						
<p>In dit scenario berekenen we de variant waarin de tegelverharding op het project Tegenhouderstraat compleet wordt opgenomen en opnieuw wordt aangebracht. We gaan er hierbij vanuit dat 20% breuk optreedt en wordt aangevuld met nieuwe materialen. Gebroken materialen worden afgevoerd naar een erkend verwerker waar deze worden verwerkt tot grondstoffen voor de productie van beton volgens het concept van Urban Mining. De gepakketeerde materialen worden tijdelijk opgeslagen op een depot van de MD (Heining 50). Werkzaamheden worden uitgevoerd met machines welke gebruik maken van HVO als brandstof of indien mogelijk elektrisch aangedreven (= werkwijze gelijk aan werkwijze scenario 2021). Dit geldt tevens voor transport dat door de Combinatie Markus Veekens wordt uitgevoerd. Voor het overige transport worden de algemene kengetallen gehanteerd. Er is nog geen rekening gehouden met extra schoonmaak of behandeling van bestaande her te gebruiken tegels.</p>						
Onder-deel	Omschrijving	Jaar	Hoeveelheid	Eenheid	€/m2	Totaal
A1-A4	Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	0	1.600,00	m2	€ 7,37	€ 11.792,00
A5	Palletteren betontegels	0	6.400,00	m2	€ 5,00	€ 32.000,00
A5	Opbreken betontegels	0	1.600,00	m2	€ 1,33	€ 2.128,00
A5	Transport gepalleteerde betontegels naar depot (Heining 50)	0	6.400,00	m2	€ 0,93	€ 5.952,00
A5	Transport gepalleteerde betontegels van depot (Heining 50)	0	6.400,00	m2	€ 0,93	€ 5.952,00
A5	Afvoeren betontegels naar verwerker	0	1.600,00	m2	€ 0,95	€ 1.520,00
A5	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	0	1.600,00	m2	€ -	€ -
A5	Aanbrengen straatlaag	0	8.000,00	m2	€ 1,03	€ 8.240,00
A5	Aanbrengen betontegels 30x30x4,5 cm	0	8.000,00	m2	€ 3,99	€ 31.920,00
B2	Herbestraten betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud / 82% breuk)	+15	8.000,00	m2	€ 15,00	€ 120.000,00
B2	Productie van elementen incl. transport (Struyk Verwo Infra B.V.) (10% breuk)	+15	6.560,00	m2	€ 7,37	€ 48.347,20
B2	Afvoeren betontegels naar verwerker (afvoer 10% breuk)	+15	6.560,00	m2	€ 0,95	€ 6.232,00
B2	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	+15	6.560,00	m2	€ -	€ -
C1	Opbreken betontegels (t.b.v. vervanging)	+30	8.000,00	m2	€ 1,33	€ 10.640,00
C2	Afvoeren betontegels naar verwerker (t.b.v. vervanging)	+30	8.000,00	m2	€ 0,95	€ 7.600,00
C3	Verwerken van elementenverharding door erkend verwerker	+30	8.000,00	m2	€ -	€ -
D	Restwaarde geleverde betontegels na cyclus van 30 jaar	>30	6.560,00	m2	€ -4,16	€ -27.289,60
Productie van elementen (Struyk Verwo)						
	Inkoop betontegel 30x30x4,5cm		1,00	st	€ 0,67	
	Betontegels 30x30x4,5cm per m2		11,00	st/m2	€ 7,37	
Verwerken van elementen verharding door erkend verwerker						
	Hoeveelheid te storten betonverharding		800,00	ton	€ 4,00	
	Hoeveelheid te storten betonverharding		1,00	m2	€ 0,40	
Verrekening indexatie werkzaamheden +15 jaar						
	Indexatie eenheidsprijzen		2,50	%/jaar		
	Looptijd indexatie		15,00	jaar		€ 72.096,64
Verrekening indexatie werkzaamheden +30 jaar						
	Indexatie eenheidsprijzen		2,50	%/jaar		
	Looptijd indexatie		30,00	jaar		€ 19.086,47
Verrekening restwaarde geleverde betontegels na cyclus van 30 jaar						
	Percentage		50,00	%	€ 4,16	
	Nieuw waarde leverantie betontegels		7,37	eur/m2		
	Nieuw waarde afvoeren betontegels naar verwerker		0,95	eur/m2		
	Nieuw waarde verwerken van elementen verharding door erkend verwerker			eur/m2		
Verrekening restwaarde geleverde betontegels na cyclus van 30 jaar						
	Percentage		50,00	%		
	Nieuw waarde leverantie betontegels		7,37	eur/m2		
	Nieuw waarde afvoeren betontegels naar verwerker		0,95	eur/m2		
	Nieuw waarde verwerken van elementen verharding door erkend verwerker			eur/m2		
Totaal exclusief algemene kosten, SOK-kosten en winst (in euro's)						€ 356.216,71

Betreft: Variantenstudie ketenanalyse toepassing betontegels
Project: Groot onderhoud Tegenhouderstraat e.o.
Opgesteld door: P. Mooij & R. Hollenberg (IB&Combinatie Markus-Veebens)
Datum: 22-09-2021



Toelichting werkzaamheden: dit betreft een beschouwing van het vervangen van 8000m2 tegelwerk
Methode Traditioneel betreft oude methode voor 2021 voor alles eruit en nieuw erin
Methode 2021 betreft alles eruit en nieuw erin maar dan duurzaam uitgevoerd
Methode 2022 betreft groot deel hergebruik van bestaand materiaal aangevuld met nieuw, duurzaam uitgevoerd.

Beschouwing uitstoot CO2

Fase levenscyclus	Jaar	Beschouwing kostprijs werkzaamheden			werkzaamheden		
		Traditioneel	2021	2022	Traditioneel	2021	2022
A1-A4 Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.)	0	€ 58.960,00	€ 58.960,00	€ 11.792,00	108.076	108.076	21.615
A5 Palletteren betontegels	0		€ -	€ 32.000,00	n.v.t.	n.v.t.	0,00
A5 Opbreken betontegels 30x30x4,5 cm	0	€ 9.760,00	€ 10.640,00	€ 2.128,00	6.224	562,69	n.v.t.
A5 Transport gepalleteerde betontegels naar depot (Heining 50)	0		€ -	€ 5.952,00	n.v.t.	n.v.t.	753,60
A5 Transport gepalleteerde betontegels van depot (Heining 50)	0		€ -	€ 5.952,00	n.v.t.	n.v.t.	753,60
A5 Afvoeren betontegels naar verwerker	0	€ 7.120,00	€ 7.600,00	€ 1.520,00	2.212	2.211,84	442,37
A5 Verwerken van elementen verharding door erkend verwerker	0	€ 3.200,00	€ -	€ -	8.193	0	0,00
A5 Aanbrengen straatlaag	0	€ 8.000,00	€ 8.240,00	€ 8.240,00	3.704,53	334,93	334,93
A5 Aanbrengen betontegels 30x30x4,5 cm	0	€ 30.880,00	€ 31.920,00	€ 31.920,00	14.529,67	1.313,65	1.313,65
B2 Herbestraten betontegels 30x30x4,5 cm (t.b.v. onderhoud / 10% breuk)	+15	€ 120.000,00	€ 120.000,00	€ 120.000,00	5.398,03	488,05	488,05
B2 Productie van elementen (Struyk Verwo Infra B.V.) (10% breuk)	+15	€ 5.896,00	€ 5.896,00	€ 48.347,20	10.807,56	10.807,56	88.996,11
B2 Afvoeren betontegels naar verwerker (afvoer 10% breuk)	+15	€ 712,00	€ 760,00	€ 6.232,00	221,18	221,18	1.813,71
B2 Verwerken van elementen verharding door erkend verwerker (10% breuk)	+15	€ 320,00			819,28	0,00	0,00
C1 Opbreken betontegels (t.b.v. vervanging)	+30	€ 9.760,00	€ 10.640,00	€ 10.640,00	6.224	563	563
C2 Afvoeren betonegels naar verwerker (t.b.v. vervanging)	+30	€ 7.120,00	€ 7.600,00	€ 7.600,00	2.212	2.212	2.212
C3 Verwerken van elementen verharding door erkend verwerker	+30	€ 3.200,00	€ -	€ -	8.193	0	0
D Restwaarde geleverde betontegels na cyclus van 30 jaar	>30	€ -3.464,00	€ -3.328,00	€ -27.289,60			
<i>Subtotaal</i>		€ 261.464,00	€ 258.928,00	€ 265.033,60	176.812	126.790	119.286 kg/CO2
<i>Verrekening indexatie werkzaamheden +15 jaar á 2,5% jaar</i>		€ 52.417,94	€ 52.305,61	€ 72.096,64			
<i>Verrekening indexatie werkzaamheden +30 jaar á 2,5% jaar</i>		€ 21.011,86	€ 19.086,47	€ 19.086,47			
Totaal kostprijs excl. AKWR/SOK/uitvoering		€ 334.893,80	€ 330.320,08	€ 356.216,71			
Totaal uitstoot (in ton CO2)		176,81	126,79	119,29	176,81	126,79	119,29 ton/CO2
<i>Totaal uitstoot (in kg CO2/m2)</i>		<i>22,10</i>	<i>15,85</i>	<i>14,91</i>			