

Ketenanalyse

**Duurzaamste keuze voor levensduur
staalconstructie in de waterbouw**



Hakkers

CONSTRUCTIEF IN WATERBOUW

Colofon

Titel	Ketenanalyse Hakkers B.V
Status	Concept
Versie	1.0
Datum	21-8-2015
Auteurs	Gerda de Raad en Mariëlle van Rijbroek

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Wat is een ketenanalyse	1
1.2	Activiteiten Hakkers B.V.	1
1.3	Doel van de ketenanalyse	1
1.4	Leeswijzer	1
2	Scope 3 emissies & keuze ketenanalyses	2
2.1	Selectie ketens voor analyse	2
2.2	Scope ketenanalyse	2
3	De keten en stappen in de keten	4
3.1	Afbakening ketenanalyse	4
3.2	Ketenstappen	6
3.2.1	Afroesten	6
3.2.2	Conserveren	8
3.2.3	Kathodische bescherming	12
3.3	Uitsluitingen	16
4	Partners in de keten	16
5	Kwantificeren van de (scope 3) emissies	17
5.1	Kwantificeren van emissies	17
5.1.1	Afroesten	17
5.1.2	Conserveren	17
5.1.3	Kathodische bescherming	19
5.2	Onzekerheden	21
6	Conclusie	22
7	Reductieactieplan	23
7.1	Reductiemogelijkheden	23
7.2	Reductiedoelstellingen	23
7.3	Plan van Aanpak	24
8	Bronvermelding	24

1. Inleiding

Teneinde niveau 5 op de CO₂ Prestatieladder te behouden voert Hakkers B.V. (Hakkers) twee analyses uit van Green House Gas (GHG) genererende ketens. Deze twee ketens zijn vastgesteld op basis van de analyse van de scope 3 emissies.

Dit document beschrijft de ketenanalyse 'Duurzaamste keuze voor levensduur staalconstructie in de waterbouw' en is opgesteld door Hakkers B.V. met behulp het adviesbureau in duurzaam ondernemen Will2Sustain (W2S).

1.1 Wat is een ketenanalyse

Een ketenanalyse berekent van een bepaald product of dienst de CO₂ uitstoot van de gehele keten, oftewel van de gehele levenscyclus van het product: van winning van de grondstof tot en met de verwerking van het afval.

1.2 Activiteiten Hakkers B.V.

De activiteiten van Hakkers zijn het ontwerpen, uitvoeren en onderhouden van funderings-, beton-, en staalbouwkundige constructiewerken, conserverings-, bagger-, grond-, (water)bouwsanerings-, kust, en oeverwerken, inclusief turn-key projecten en aanverwante elektrotechnische en werktuigkundige componenten.

1.3 Doel van de ketenanalyse

De belangrijkste doelstelling voor het uitvoeren van de ketenanalyse is het identificeren van CO₂-reductiekansen om vandaar uit reductiedoelstellingen vast te stellen en de voortgang binnen de doelstellingen beter te kunnen monitoren. Op basis van het inzicht in de scope 3 emissies en vanuit de resultaten van de twee ketenanalyses wordt er een reductiedoelstelling geformuleerd. Binnen het energiemanagementsysteem dat is ingevoerd wordt er actief gestuurd op het reduceren van de scope 3 emissies.

Dit onderzoek helpt partners binnen de eigen keten en sectorgenoten die onderdeel zijn van een vergelijkbare keten van activiteiten en Hakkers zal op basis van deze ketenanalyse stappen ondernemen om partners binnen de eigen keten te betrekken bij het behalen van de reductiedoelstellingen.

1.4 Leeswijzer

In dit rapport presenteert Hakkers B.V. de *ketenanalyse 'Duurzaamste keuze levensduur staalconstructie in de waterbouw'*. De opbouw van het rapport is als volgt:

- Hoofdstuk 2: Scope 3 emissies & keuze ketenanalyses
- Hoofdstuk 3: De keten en stappen in de keten
- Hoofdstuk 4: Partners in de keten
- Hoofdstuk 5: Kwantificeren van de scope 3 emissies
- Hoofdstuk 6: Conclusie
- Hoofdstuk 7: Reductiedoelstellingen en -maatregelen
- Hoofdstuk 8: Bronvermelding

2. Scope 3 emissies & keuze ketenanalyses

De bedrijfsactiviteiten van Hakkers zijn onderdeel van een keten van activiteiten. Zo moeten materialen die worden ingekocht eerst geproduceerd worden (upstream) en gaat het transporteren, gebruiken en verwerken van opgeleverde “producten” of “werken” ook gepaard met energiegebruik en emissies (downstream).

Hakkers heeft de totale scope 3 emissies voor het jaar 2014 geschat met het uitgangspunt dat minimaal 80% van de uitstoot is meegenomen. Op basis van deze scope 3 analyse is de top 6 van de grootste (meest materiële) scope 3 emissies omschreven. De grootste scope 3 emissies zijn gerangschikt in het document: *Scope 3 analyse Hakkers B.V. (4.A.1)*.

2.1 Selectie ketens voor analyse

Hakkers B.V. heeft conform de voorschriften van de CO₂-Prestatieladder handboek 3.0 uit de top 6 van meest materiële emissies twee ketenanalyses gekozen, waarvan één uit de top 2. De top 6 van de scope 3 analyse betreft:

1. Inkoop van staal, GHG categorie 1 ‘Aangekochte goederen en diensten’;
2. Inkopen van staalbewerkingen en toebehoren project, GHG categorie 1 ‘Aangekochte goederen en diensten’;
3. Inkopen diensten (onderaanneming grondverzet), GHG categorie 1 ‘Aangekochte goederen en diensten’;
4. Transport materiaal naar project (en van project), GHG categorie 4 ‘Upstream transport en distributie’ en 9. ‘Downstream transport en distributie’;
5. Inkoop en onderhoud materieel, GHG categorie 2 ‘Kapitaalgoederen’; en
6. Inkopen advies en/of vooronderzoek, zoals bijvoorbeeld duikbedrijf, GHG categorie 1 ‘Aangekochte goederen en diensten’.

De inkoop van staal is de top 1 materiële emissie van scope 3. Hakkers heeft uit deze categorie een ketenanalyse gemaakt op de inkoop van stalen damwanden en heeft daarin onderzocht wat de verschillen in energieverbruik en bijbehorende CO₂ uitstoot is tussen damwanden die warm gewalst of koud gezet zijn. De uitkomsten van deze analyse staan beschreven in het document *‘Ketenanalyse Stalen Damwanden’*.

De ketenanalyse die beschreven wordt in dit rapport gaat over het inkopen van staalbewerkingen en toebehoren project in de GHG categorie ‘Aangekochte goederen en diensten’. Dit is de nummer 2 van meest materiële scope 3 emissies van Hakkers. Het bewerken van staal is ook relevant omdat er bij de bewerking van staal veel uitstoot is en deze bewerkingen ook een rol spelen bij de levensduur van de waterbouwconstructie.

2.2 Scope ketenanalyse

Staal wordt geproduceerd vanuit een bepaalde legering ijzer en koolstof. Damwanden die bij Hakkers worden gebruikt worden uit staal geproduceerd. Onbehandeld staal dat blootgesteld wordt aan het (buiten)klimaat gaat condenseren dit is afhankelijk van de omgevingsfactoren en dit doet op de langere termijn afbreuk aan de sterkte en veiligheid van de constructie. Staal bewerken wordt ook wel conserveren genoemd en hiermee wordt de levensduur van de staalconstructie verlengd.

Er zijn meerdere manieren om met het staal voor damwanden om te gaan, namelijk:

- Staal niet bewerken: staal af laten roesten;
- Staal bewerken: conserveren door middel van het coaten van staal; en
- Staal beschermen door het aanbrengen van anode: kathodische bescherming.

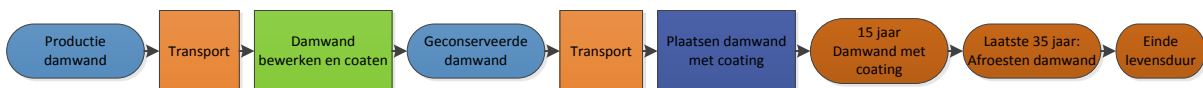
Deze drie methodes worden in de ketenanalyse uitgewerkt en vergeleken om de CO₂ voordeligste methode te berekenen, oftewel de *'Duurzaamste keuze voor levensduur staalconstructie in de waterbouw'*.

De onderstaande figuren geven de drie methodes schematisch weer en worden stap voor stap toegelicht in het volgende hoofdstuk.

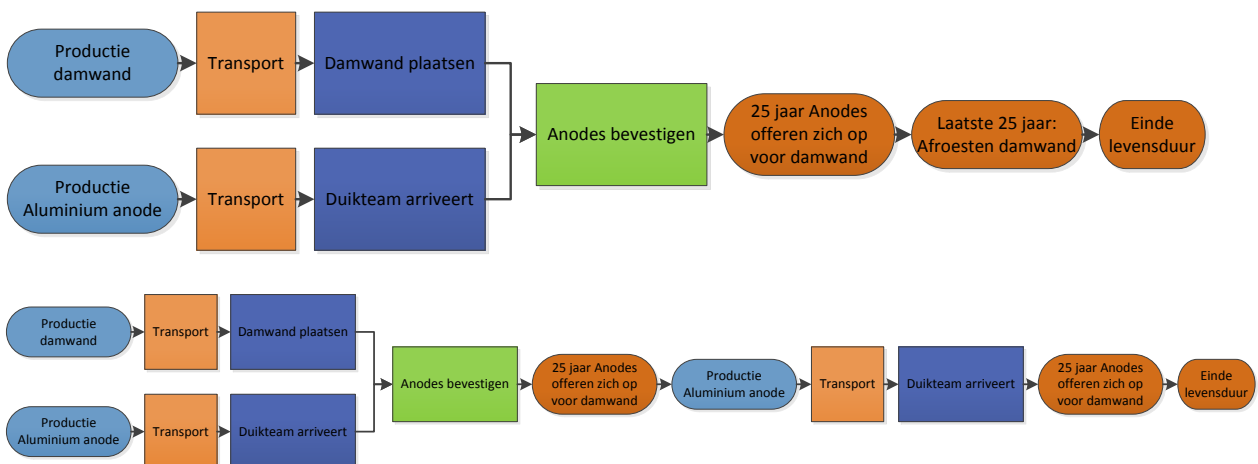
Staal niet bewerken: staal af laten roesten:



Staal bewerken: conserveren door het coaten van staal:



Staal beschermen door het aanbrengen van anode: kathodische bescherming:



3. De keten en stappen in de keten

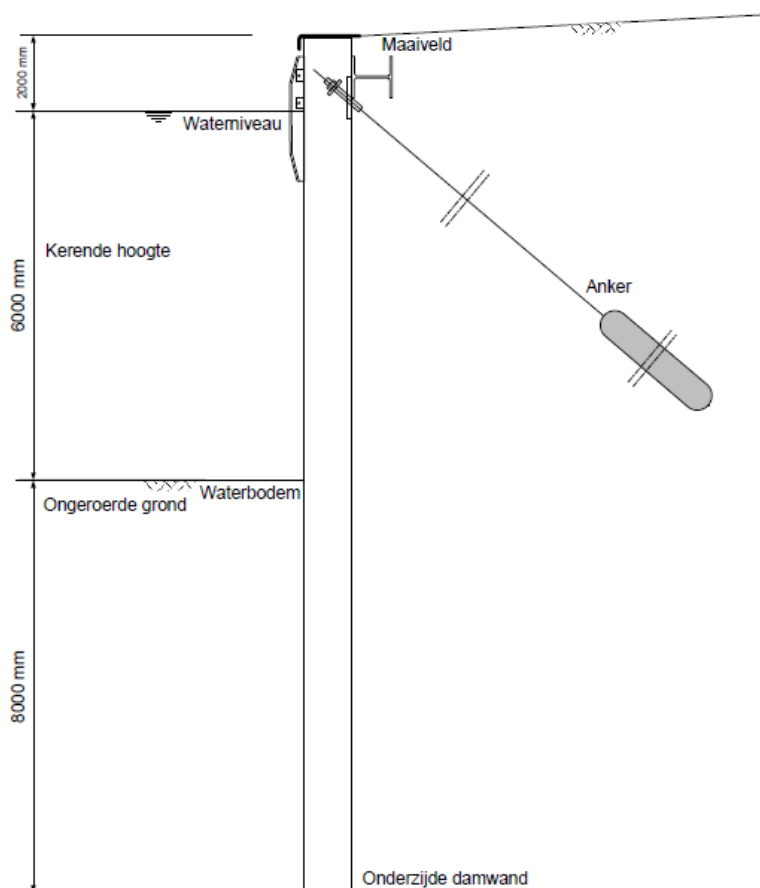
In deze analyse worden drie methodes die invloed hebben op de levensduur van staalconstructies vergeleken:

- Afroesten: staal laten roesten en de constructie preventief zwaarder construeren;
- Conserveren: het aanbrengen van een coating; en
- Kathodische bescherming: het aanbrengen van aluminium anodes als opoffermateriaal.

3.1 Afbakening ketenanalyse

De vergelijking van de drie methodes wordt aan de hand van een casus gedaan die exemplarisch is voor veel stalen damwandprojecten die Hakkers uitvoert. Het gaat om een stalen damwandconstructie zoals weergegeven in de onderstaande tekening. De foto hiernaast toont het aanbrengen van een damwand.

Afbeelding x: stalen damwand constructie, met trilblok om constructie aan te brengen.



Afbeelding x: dwarsdoorsnede stalen damwand constructie

De uitgangspunten voor de ketenanalyse zijn:

- Het betreft een constructie in zout water omdat staal in zout water gevoeliger is voor corrosie i.v.m. de hoge geleidbaarheid van zout water. Kathodische bescherming is door die hoge geleidbaarheid in zout water ook effectiever, zoet water is minder geleidbaar;

- Er is gekozen voor een damwand van 16 meter lengte, waarvan 8 meter in de grond, 6 meter kerende hoogte en 2 meter boven het water (de kademuur);
- De grond betreft ongeroerde grond;
- De stalen damwand is koud gezet omdat Hakkers meer koud gezette damwanden wil gaan gebruiken, omdat deze 9% minder CO₂ uitstoot geven dan een warm gewalst profiel (zie ketenanalyse stalen damwanden: koud gezet versus warm gewalst). Een gemiddeld profiel hiervoor is PAZ 56 80 van leverancier ArcelorMittal met een minimale dikte van 5 mm voor de sterkte. Per methode wordt berekend hoeveel mm er bijgerekend moet worden om de aantasting (corrosie/roesten) te compenseren;
- De constructie- en ketenstappen gaan uit van een levensduur van 50 jaar; en
- De constructie staat in een gebied met, zie de onderstaande afbeelding. Klasse C4 is een buiten atmosfeer die bestaat uit kustgebieden en industriële gebieden met een matig zoutgehalte.



klasse	specifieke binnen atmosfeer	specifieke buiten atmosfeer
C1	binnen, in verwarmde gebouwen, met schone atmosfeer, zoals scholen, kantoren, hotels enz.	n.v.t.
C2	Onverwarmde gebouwen waar zich condensatie kan vormen. Bijv. opslagplaatsen, sporthallen, magazijnen, enz.	omgeving met weinig verontreiniging en droog klimaat. Meestal landelijke gebieden
C3	Bedrijfsruimten met hoge luchtvochtigheid en weinig vervuiling (levensmiddelenbedrijven, wasserijen, brouwerijen, zuivelbedrijven)	Steden en industriële gebieden met een matige SO ₂ -vervuiling. Kustgebieden met een laag zoutgehalte.
C4	Chemiebedrijven, zwembaden en aan de kust gelegen scheepswerven.	Kustgebieden en industriële gebieden met een matig zoutgehalte
C5-I	Gebouwen of gebieden met praktisch constante condensatie en sterke vervuiling	Industriegebieden met hoge vochtigheid en/of agressieve atmosfeer.
C5-M	Gebouwen of gebieden met praktisch constante condensatie en een hoog zoutgehalte	Kust- en off shore gebieden met een hoog zoutgehalte

Afbeelding x en tabel x: corrosie classificatie volgens ISO 12944-5

Wanneer er bij een project grotere hoogtes aan damwanden nodig zijn dan is een zogeheten combiwand economisch voordeliger. Een damwand heeft dan een dusdanige dikte nodig waardoor er heel veel extra staal gebruikt moet worden, zoals in de foto hieronder.



Dit een stalen damwandconstructie met stalen kolommen die meer sterkte hebben dan de damwanden. Deze combiwand wordt niet in de vergelijking meegenomen omdat er wordt aangenomen dat de methodes gelijk doorwerken, onafhankelijk van de uiteindelijke toepassing in een combiwand of in een stalen damwand, omdat de kolommen ook van staal zijn gemaakt. De kolommen kunnen in de meeste gevallen wel koud worden gezet hierdoor is bij de productie minder energie noodzakelijk.

3.2 Ketenstappen

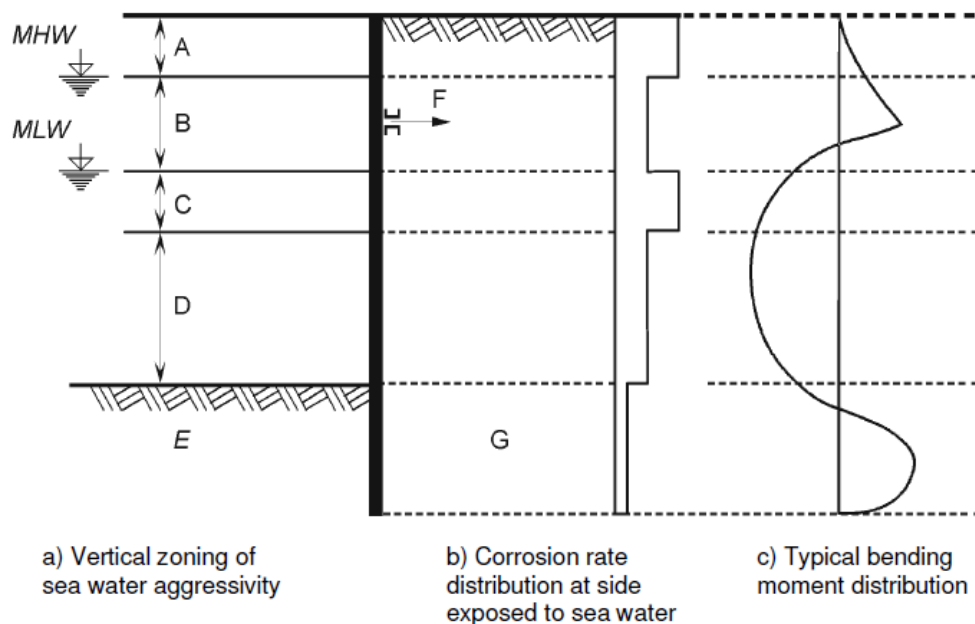
Voor alle drie methodes moet een profiel gemaakt worden en hiervoor is het koud gezette profiel PAZ 56 80 gebruikt. De ketenstap 'productie van de stalendamwand' is voor alle methodes gelijk, en de bijbehorende processen zijn in de figuur hieronder weergegeven:



Bovengenoemde processen zijn in het rapport 'Ketenanalyse stalen damwanden: koud gezet versus warm gewalst' verder toegelicht. Hieronder worden de ketenstappen per methode beschreven.

3.2.1 Afroesten

In de waterbouw wordt het staal vaak onbehandeld gebruikt en dit wordt het laten afroesten van het staal genoemd. In het ontwerp van de constructie wordt rekening gehouden met een bepaalde mate van roesten. De corrosiefactor die in de specifieke omgeving van toepassing is, wordt dan meegenomen in de constructieberekening. Het roesten doet afbreuk aan de constructie want de dikte neemt door de corrosie af en daarmee ook de sterkte van het staal. Teneinde de constructie toch 50 jaar te kunnen laten staan wordt de constructie preventief zwaarder geconstrueerd. De onderstaande tekening geeft weer waar de corrosie het grootst is:



A	Zone of high attack (splash zone);	B	Intertidal zone;
C	Zone of high attack (Low water zone);	D	Permanent immersion zone;
E	Buried zone (Water side);	F	Anchor;
G	Buried zone (Soil side)		
MHW	Mean high water;	MLW	Mean low water

Afbeelding x: dwarsdoorsnede stalen damwand constructie met corrosie snelheid (b).
 Bron pagina 29 van de NEN-EN 1993-5.

De corrosie is het grootst bij A en B, in de splash zone van de waterzijde. De andere kant van de damwand zal ook afroesten, maar met andere waarden en deze moeten bij elkaar opgeteld worden om de extra dikte te kunnen bepalen voor de damwand indien er voor afroesten wordt gekozen. Deze gegevens staan in de Cur 166 en NEN-EN 1993-5, zie de onderstaande tabellen.

Het vereiste ontwerp voor levensduur waterzijden	5 jaar	25 jaar	50 jaar	75 jaar	100 jaar
Gemeenschappelijk zoet water (rivier, schip kanaal,) in de zone van hoge aanval (waterlijn)	0,15	0,55	0,90	1,15	1,40
Zeer vervuild zoet water (riolering, industrieel afvalwater,) in de zone van hoge aanval (waterlijn)	0,30	1,30	2,30	3,30	4,30
Zeewater in een gematigd klimaat in de zone van hoge aanval (laag water en splash zones)	0,55	1,90	3,75	5,60	7,50
Zeewater in een gematigd klimaat in de zone van permanente onderdompeling of in de getijdenzone	0,25	0,90	1,75	2,60	3,50

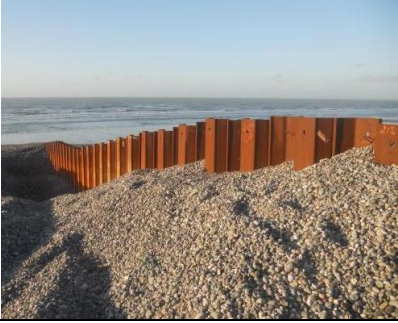
Tabel x: aantasting (mm) van damwanden in zoet en zout water. Bron pagina 31 van de NEN-EN 1993-5 tabel 4-2 en pagina 103 van Cur 166 tabel 9.1.

Het vereiste ontwerp voor levensduur bodemzijden	5 jaar	25 jaar	50 jaar	75 jaar	100 jaar
Ongeroerde, schone bodem	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Verontreinigde bodem, geroerde grond	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Zure bodem (veen, moeras)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Onverdichte aanvullingsgrond (klein, zand)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Onverdichte, agressief ophoogmateriaal (bodemas, slakken, sintels)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

Tabel x: aantasting (mm) van damwanden in bodem en ophogingen met of zonder grondwater. Bron pagina 103 van Cur 166 tabel 9.2.

Er moet voor de in dit rapport beschreven casus dus maximaal 4,35 (3,75 + 0,60) mm dikte opgeteld worden. Voor de methode afroesten is het profiel PAZ 56 100 nodig en deze is 10 mm dik. Een profiel van 9 mm zal niet voldoen, de benodigde 9,35 mm (5 mm – zie uitgangspunten in paragraaf 3.1, plus de extra 4,35 mm zoals hierboven omschreven) moet naar boven afgerond worden. Met dit profiel worden de ketenstappen berekend. De ketenstappen zijn in de tabel hieronder beschreven:

Ketenstappen	Toelichting
Productie damwand PAZ 56 100 (16 meter).	Is gelijk voor alle methodes. Één damwand (twee planken) van 16 meter weegt 2.854 kg. (Dit is een verschil van 569 kg met profiel PAZ 56 80).
Damwand transporteren naar locatie	De afstand tussen de leverancier van de damwanden (ArcelorMittal) en de gemiddelde projecten van Hakkers bedraagt circa 800 km. De leverancier van de damwand levert vanuit Luxemburg, Polen en/of Tsjechië.
Damwand in de bodem trillen met trilblok, aggregaat en kraan.	 Voor de genoemde context wordt gewerkt met een trilblok PVE 24 VM om de damwanden te plaatsen. Het trilblok werkt op een aggregaat met een minimaal vermogen van 392 kWh. Het duurt ongeveer 3 min. om de damwand in de grond te trillen en ongeveer 7 minuten om deze op de plek te hijsen en te stellen. Er is ook een kraan nodig en met deze lengte en gewicht wordt: rupskraan Hitachi KH 150-3 ingezet.

Ketenstappen	Toelichting
Damwand gaat afroesten	
Einde levensduur na 50 jaar	

3.2.2 Conserveren

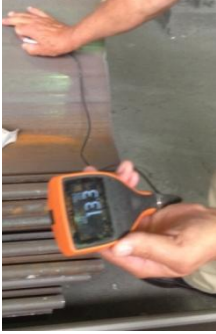
Conserveren is het aanbrengen van een coating voor de bescherming van het profiel en hiermee kan de gewenste uitstraling gegeven worden. De coating beschermt het profiel tegen afroesten gedurende de eerste 15 jaar en dit betekent dat het profiel de overige 35 jaar zal afroesten. Gekeken naar de tabellen op de vorige pagina zal dit 3,26 (2,66 + 0,60: 2,66 = bepaald op basis van de waarden van afroesten van 25 jaar en deze is berekend naar 35 jaar. 0,60 = bepaald op 50 jaar afroesten aan de bodemzijden) mm zijn en dit betekent dat er een profiel nodig is van 9 mm. (Het verschil met afroesten is 1,09 mm).

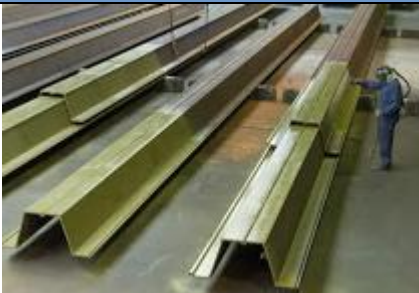
Van de 16 meter damwand wordt 8 meter aan één zijde geconserveerd omdat de meeste corrosie aan de waterzijde ontstaat. De damwand gaat 8 meter de grond in en deze 8 meter wordt niet geconserveerd omdat de corrosie in de grond lager is.

De onderstaande tabel geeft weer wat de ketenstappen zijn om voor dit proces. Voor het verzamelen van de onderstaande gegevens zijn gesprekken gevoerd met leverancier Straco te Waspik.

Ketenstappen	Toelichting
Productie damwand PAZ 56 90 (16 meter).	Één damwand (twee planken) van 16 meter weegt 2.566 kg. Dit is 288 kg lichter dan profiel PAZ 56 100 die toegepast wordt bij het afroesten.
Damwand transporteren naar leverancier voor het conserveren van de damwand.	De afstand tussen leverancier damwanden (ArcerlorMittal) en leverancier staalbewerker Straco bedraagt ongeveer 780 km. Straco is gevestigd in Waspik en de leverancier van damwand levert vanuit Luxemburg, Polen en/of Tsjechië.
Damwand van trailer transporteren naar 'bewerkingshal'	 De vrachtwagen wordt gelost door één bovenloopkraan. Dit duurt ongeveer 3 min. per hijsbeweging. De maximale hijslast per bovenloopkraan is 10 ton.
Vorbereiding	Inspectie of de onderdelen vrij zijn van kanten, lasspetters,

Ketenstappen	Toelichting
ondergrond (damwand)	walsdubbelingen en lassen zonder gaatjes. Dit is een visuele inspectie die ongeveer 20 seconde per damwand duurt.
Voorbehandelen damwand	 Stralen: oppervlakte behandeling. Dit wordt automatisch gedaan in de straalmachine en dit duurt 3,2 minuut per damwand (8 meter en één zijde). Er gaat 500 kg grit per damwand door de straalmachine, waarbij elke gritkorrel ongeveer 30 keer gebruikt kan worden. Deze machine draait op 8 elektro-motoren.
Inspectie straalreinheid	Inspectie van het gestraalde oppervlak naar straalreinheid met de waarde SA 2,5. Dit is een visuele inspectie die ongeveer 1 minuut per damwand duurt.
Transport	 Transport van de straalmachine naar de verfcabine. Dit duurt ongeveer 2 min. per zending.
Inspectie voor conservering	 Zouttest / bresseltest: dit is een kwaliteitsmeting. Er mag niet meer dan 20 of 30 mg/m² op de damwand zitten. De test duurt ongeveer 10 min. (1 test per zending).
	 Inspectie ruwheidsprofiel: dit wordt gedaan met specifieke apparatuur. Er zijn drie methodes: – Mitutoyo: deze meet het aantal hobbels op één centimeter. – Testex tape: stukje tape op het gestraalde staal drukken, deze meet dan het aantal hobbels. – Elcometer: meet over één centimeter het aantal hobbels. Dit duurt ongeveer 10 min. per zending.
	Tweemaal daags klimaatcondities meten: dit is een kwaliteitscontrole. Een apparaat in de ruimte meet de omgevingstemperatuur en de luchtvochtigheid. Dit apparaat werkt op batterijen. Kost ongeveer een halve minuut per meting en is niet uit te drukken in tijd en energie per damwand. Stoftest: er wordt transparant tape op de damwand geplakt op

Ketenstappen	Toelichting
	meerdere plekken en deze wordt op een wit A4-tje geplakt en het aantal stofdeeltjes bepaalt de waarde van de stoftest. Dit kost ongeveer 2 min. per zending.
Applicatie: aanbrengen van de coating	1ste laag coating aanbrengen (Sigmacover 280): de eerste laagdikte is 75 mu. Er is 4,38 liter nodig om de plank te kunnen spuiten (met een oppervlakte van 16,6 m² per damwand). Met een spuitdikte van 141 mu, omdat er coating uit 57% vaste stof bestaat en 43% uit vluchtige stoffen die verdampen waardoor de dikte vermindert tot 75 mu. De coating wordt aangebracht door een pomp onder hoge druk (een elektrische schroef compressor). Één verf-spuiter doet ongeveer 8 min. over het aanbrengen van één verflaag.
	Droogtijd 1ste laag: duurt 8 uur. Zij laten de damwand één dag drogen, de volgende dag kan de volgende laag erop worden gespoten.
	Inspectie 1ste laag: de kwaliteitsmedewerkers meten de laagdikte (droog) op meerdere punten met een Elkometer, zie de afbeelding. Dit duurt ongeveer 2 min. per damwand.
	2de laag coating aanbrengen (Sigmacover 805): de 2de laagdikte is 150 mu. Er is 6,12 liter nodig om de plank te kunnen spuiten (met een oppervlakte van 16,6 m² per damwand). De coating bestaat uit 82% vaste stof. De coating wordt aangebracht door een pomp onder hoge druk (een elektrische schroef compressor). Één verfspuiter doet ongeveer 8 min. over de het aanbrengen van één verflaag.
	Droogtijd 2de laag: idem 1ste laag.
	Inspectie 2de laag: idem 1ste laag.

Ketenstappen	Toelichting	
		3de laag coating aanbrengen (Sigmacover 805): idem 2de laag
	Droogtijd 3de laag: idem 2de laag	
	Inspectie 3de laag: idem 2de laag	
Eind inspectie en oplevering	Inspectie totale verfsysteem en opleveringsinspectie/oplevering Dit is een visuele inspectie die ongeveer 1 minuut per damwand duurt.	
Damwand gereedmaken voor transport	Transport van de damwanden van de verfcabine naar uitgave goederen. Dit duurt ongeveer 2 min. per zending.	
Damwand transporteren naar locatie	Gemiddelde afstand naar de projecten vanaf Waspik is ongeveer 75 km. Het transport wordt uitgevoerd met een combinatie van maximaal 20 ton gewicht vrachtwagen + laadvermogen.	
Damwand in de bodem trillen met trilblok, aggregaat en kraan.	Er wordt gekozen voor hetzelfde materieel als bij afroesten. Het kost iets minder brandstof omdat het profiel lichter is en daarmee kost het ook minder CO ₂ -uitstoot.	
Coating is naar 15 jaar verkrijgt, de damwand gaat afroesten.	De coating geeft na 15 jaar geen volledige bescherming meer en de damwand gaat afroesten	
Einde levensduur		

3.2.3 Kathodische bescherming

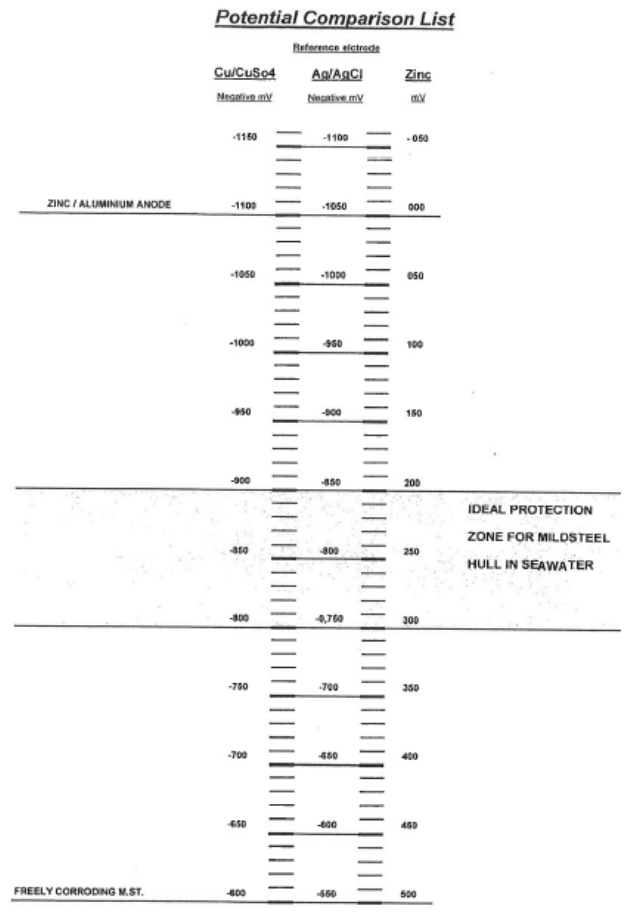
Kathodische bescherming (KB) is een methode ter bescherming tegen de (elektrochemische) corrosie van metalen. Het principe van KB berust op het opwekken van een drijvende elektrische spanning in een elektrolyt (zeewater) dat wordt veroorzaakt door het potentiaalverschil tussen twee verschillende materialen. In de afbeelding hiernaast staat de potential comparison list, de afbeelding geeft weer dat staal onder water een potentiaal van ongeveer -550 heeft en aluminium -1.100. De ideale situatie is rond de -800, want dan zal het staal niet afroesten. Dit kan bereikt worden met een stuk (een anode) aluminium van -1.100 (het gemiddelde zit dan rond de -800.) Binnen dit elektrische circuit is de negatieve bron de anode (in dit geval aluminium anode) die elektronen levert aan het minder negatieve element, in dit geval de staalconstructie. Hierdoor zal het anodemateriaal worden verbruikt ten behoeve van het staal dat zich daarbij als een kathode gedraagt. Dit elektrochemische proces voorkomt de vorming van corrosie aan het staaloppervlak aan de waterzijde. Het aluminium oppert zich op voor het staal. *Bron: richtlijn kathodische bescherming in zout water - Havenbedrijf Rotterdam*

Deze methode heet ook wel opgedrukte stroom. De aluminium anodes worden op de damwand gelast of met bouten vastgemaakt en vormt zo een opofferingsmateriaal. Dit betekent dat het staal niet gaat reageren met het water door te roesten, maar het aluminium gaat reageren met het water. Door deze aluminium anodes behoudt de damwand zijn sterkte en gaat deze de gewenste jaren mee. De aluminium anodes worden voor stalen damwandconstructies in de casus ontworpen voor een werking van ongeveer 25 jaar. Na deze 25 jaar zijn ze uit gereageerd. Voor nog langere periodes worden de anodes zo zwaar dat ze moeilijker te bevestigen zijn en het een te grote investering wordt die in de praktijk maar zelden voorkomt.

Er kan opgedrukte stroom gecreëerd worden door het staal onder stroom te zetten. Dit kan relatief eenvoudig door een accu en het opwekken van energie met een zonnepaneel. Deze opties worden niet meegenomen in de onderstaande stappen, maar zijn wel meegenomen als optie omdat het mogelijk is een effectieve methode is en omdat dit nog niet is voorgekomen op de projecten van Hakkers. Daarnaast kan er ook gekozen worden voor zinken in plaats van aluminium anodes. Zink is echter slechter voor het milieu, omdat er toevoegingen als cadmium aan de zink anodes worden toegevoegd en daarom wordt dit niet meegenomen in de ketenanalyse.

Voor het toepassen van de kathodische bescherming zijn er veel omgevingsfactoren die relevant zijn om te bepalen of de toepassing haalbaar is, zoals of er veel obstakels zijn om de anodes te plaatsen of dat de anode gaat reageren op aanmerende schepen etc. Deze factoren worden niet meegenomen in de berekening.

Voor het verzamelen van gegevens ten behoeve van de methode 'kathodische bescherming' zijn er gesprekken gevoerd met leverancier Chemetall te Oss.



De afbeelding rechts geeft twee aluminium anodes weer. De bovenste anode heeft al enkele jaren als opofferingsmateriaal gewerkt. De onderste is een nieuwe anode.



De anode wordt voor 25 jaar gedimensioneerd en er twee mogelijkheden:

Bron: vanheusdenwatersport.nl

- de damwand wordt berekend op 25 jaar afroesten (voor de laatste 25 jaar); of
- na 25 jaar worden de aluminium anodes vervangen voor nieuwe aluminium anodes.

In het eerste geval zal het profiel na 25 jaar gaan afroesten. Dit betekent dat er 2,30 (1,90 + 0,60) mm extra nodig is voor de sterkte en dit is in totaal 8 mm. Dan zal het profiel PAZ 56 80 voldoen. In het tweede geval zal er een profiel nodig zijn van PZA 56 60 van 6 mm dik. De eerste methode wordt uitgewerkt en op de achtergrond zal de tweede methode berekend worden om het verschil in CO₂ te berekenen.

Voor dit profiel wordt een standaard anode gebruik voor cat. A (zout water) > 20 ppt en sub. 2 (damwanden), termen die het havenbedrijf Rotterdam gebruikt (Richtlijn kathodische bescherming *Damwanden combiwanden buispalen en diepwanden* van januari 2014 versie 1.0). Hieronder zijn de stappen beschreven om de grootte te bepalen van de anode en de benodigde hoeveelheid per damwand.

Voor een stalen damwand profiel moet vanwege de variabele profieldieptes een standaardanode gekozen worden die binnen de profielruimte aangebracht kan worden. De standaardanode wordt bepaald op basis van categorie: **cat. A sub. 2**. Standaardanoden zijn type **F2-B en F2-C**. Beiden anoden hebben een netto aluminiumgewicht van 58 kg. Om te bepalen hoeveel anoden er nodig zijn en wat de verdeling is van de standaardanoden zijn onderstaande punten gevolgd, volgens de instructies uit de Richtlijn Kathodische Bescherming:

- Bepaal de systeemmaat [m] van de damwand (repeterende breedte b.v. dubbele Z of U-plank): Systeemmaat van profiel PAZ 56 80 enkele plank is 672 mm = 0,672. Dubbele plank is 0,672 x 2 = 1,344 m.
- Bepaal de bovenzijde van de damwand [m NAP]: in de casus is dit +2 NAP.
- Bepaal het niveau [m NAP] van de bodem: in de casus is dit -6 NAP.
- Bepaal het inheinniveau [m NAP] van de damwandplanken: in de casus is dit -14 NAP.
- Bepaal aan de hand van de bovenstaande niveaus het “nat” expositieoppervlak A_{nat} [m²] per systeemmaat te weten: eenzijdig “verf” oppervlak van de damwandplanken [m²/m¹] x “natte” hoogte [m]: Oppervlakte damwand per m¹ = 0,672 m²/m¹
 Natte hoogte = 6 m
 Expositieoppervlak A_{nat} [m²] = 4,032 m²
- Bepaal aan de hand van bovenstaande niveaus het oppervlak [m²] wat zich in de grond bevindt A_{grond} per systeemmaat te weten: eenzijdig “verf” oppervlak [m²/m¹] van de damwandplanken x inheiddiepte [m] van de damwandplanken.
 Oppervlakte damwand per m¹ = 0,672 m²/m¹
 Inheiddiepte = 8 m
 Oppervlak in de grond A_{grond} [m²] = 5,376 m²
- Bepaal hoeveelheid netto aluminium gewicht met de volgende formule: kaal staal 1 G_{massa} = (Anat + Agrond * 0,25) * 7,79 kg:
 Hoeveelheid netto aluminium gewicht G_{massa} = (4,032 + 5,376 * 0,25) * 7,79 = 41,879 kg per dam wand.

De anoden hebben een netto aluminiumgewicht van 58 kg, dit betekent 0,722 anoden per damwand (twee damwandplanken). De anode verdeling over de hoogte van de stalen damwand moet zodanig gekozen worden dat een zo goed mogelijke verdeling over het geëxposeerde deel van de damwand verkregen wordt met bij voorkeur een repeterend patroon. Voor berekening van de CO₂ uitstoot in de onderstaande ketenstappen zal rekening gehouden worden met 1 anode (en indien specifiek van 0,72 anode per damwand).

Ketenstappen	Toelichting
Productie damwand PAZ 56 80 (16 meter).	Één damwand (twee planken) van 16 meter weegt 2.285 kg.
Damwand transporteren naar project locatie van Hakkers.	Afstand tussen leverancier damwanden (ArcelorMittal) en de gemiddelde projecten van Hakkers bedraagt ongeveer 800 km. De leverancier van damwand levert vanuit Luxemburg, Polen en/of Tsjechië.
Damwand in de bodem trillen met trilblok, aggregaat en kraan.	Er wordt gekozen voor hetzelfde materieel als bij het afroesten en conserveren. Het kost iets minder brandstof omdat het profiel lichter is en daarmee kost het ook minder CO ₂ -uitstoot.
Aluminium anode produceren	Aluminium inkopen en transporteren: Aluminium wordt ingekocht op de metaalbeurs en het is erg verschillend waar het aluminium vandaan komt, dit kan bijvoorbeeld Rusland of Noorwegen zijn. Hiervoor wordt een gemiddelde afstand van 1.750 km genomen met een vrachtwagen.
	Toevoegingen inkopen en transporteren: er wordt 1% aan legeringselementen toegevoegd aan de anode de overige 99% bestaat uit aluminium. Dit gaat geheel volgens de DNV-RP-B40 norm voor de kwaliteit.
	 Aluminium smelten en mengen: Aluminium wordt gesmolten in een oven van 700 graden in een gasgestookte installatie. Deze installatie draait 24 uur per dag.
	 Aluminium gieten in mallen, metaalstrip toevoegen en laten afkoelen: Als aluminium gesmolten is, is het vloeibaar en kan het in de juiste mal worden gegoten, daarvoor worden eerst de legeringselementen er doorheen gemengd en wordt er gemeten of de samenstelling klopt. Na het gieten wordt de stalen strip toegevoegd om zo de anode aan de stalen damwand te bevestigen. Het aluminium wordt gegoten met de transportbanden.
Aluminium broodjes transporteren	 Aluminium verplaatsten naar uitgave goederen: dit wordt gedaan via de transportbanden en kost ongeveer 0,5 min. per anode om de zending klaar te maken voor transport.
	De afstand tussen Chemetall in Leerdam en de projecten van Hakkers is gemiddeld ongeveer 75 km.

Ketenstappen	Toelichting
Duikers van het duikbedrijf inplannen en transport naar het project	Het bevestigen van de anodes op de stalen damwand constructies wordt gedaan door een duikteam, bestaande uit 3 medewerkers: één duiker (onderwater), één medewerker voor de communicatie en één medewerker bovenwater. Dit wordt vaak gedaan door onder andere het bedrijf COW te Vianen. De afstand tussen COW in Vianen en de projecten van Hakkers is gemiddeld ongeveer 90 km.
Aanbrengen van de aluminium anodes	 Aluminium anoden in het water hijsen: Hiervoor is een klein kraantje nodig en een kraanmachinist.
	 De duiker gaat het water in om de anoden aan te brengen. Een duiker doet ongeveer 20 minuten over het aanbrengen van één anode in deze casus. De anode wordt eerst aan een anodeschoen met bouten vastgezet en vervolgens wordt de anodeschoen onderwater vastgelast.
Duikers van het duikbedrijf vertrekken	De afstand tussen COW (één van de duikbedrijven die door Hakkers en Chemetal wordt ingehuurd) in Vianen en de projecten van Hakkers is gemiddeld ongeveer 90 km.
Aluminium anoden gaan reageren met het water als opofferingsmateriaal voor staal.	Het corrosieproces gebeurt vanzelf. Er wordt vaak geen na controle uitgevoerd of de juiste potentiaal aanwezig is. Hier wordt binnen het ontwerp rekening mee gehouden.
Na 25 jaar gaat de damwand afroesten	
Einde levensduur	

3.3 Uitsluitingen

De vergelijking tussen de drie productieprocessen beperkt zich tot de *upstream* keten en betreft een cradle-to-gate analyse. De ketenstappen na einde levensduur van de damwand zijn niet meegenomen. Er zijn nog meer methoden om de levensduur van stalen damwanden te verlengen, maar deze worden uitgesloten omdat deze niet bij Hakkers toegepast worden omdat deze methoden te duur zijn, zoals het toepassen van weervast staal of roestvrijstaal. Weervast staal is verkrijgbaar in diverse typen die onderling een andere samenstelling van de legering hebben en andere mechanische eigenschappen. Zo kan de damwand ook gecoat worden met een aluminium laag, maar dit is erg kostbaar en daarmee niet haalbaar.

Er wordt daarnaast aangenomen dat het gebruik van de damwand en de eventuele verwijdering en verwerking aan het einde van de levenscyclus op dezelfde manier plaatsvindt voor beide typen. Vanwege het feit dat er bij deze ketenstappen zeer weinig verschil is tussen beide typen damwand en vanwege de onzekerheid over wat er aan het einde van de levenscyclus zal gebeuren, zijn deze ketenstappen ook uitgesloten.

4. Partners in de keten

Bij het uitvoeren van de analyse zijn de volgende ketenpartners betrokken:

- Straco Waspik van de Brabant Groep. Deze leverancier conserveert het staal door het aanbrengen van coatingen. Gesproken met dhr. Hoogervorst te Waspik.
- Chemetall B.V. van Chemetall Groep. Leverancier van aluminium anoden en andere oplossingen voor kathodische bescherming van staalconstructies. Gesproken met dhr. van der Broeck te Oss.
- ArcelorMittal: leverancier stalen damwanden.



5. Kwantificeren van de (scope 3) emissies

In dit hoofdstuk worden de ketenstappen herhaald, in samengevatte vorm, maar nu met een uitleg over de berekening van de CO₂ emissies in de keten. Voor de onderbouwing van de cijfers en de volledige berekening zie bijlage 4.A.1. Berekening staalbewerking ketenanalyse (Excel).

5.1 Kwantificeren van emissies

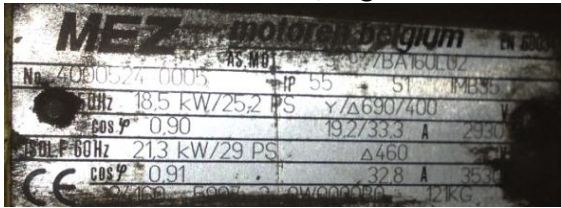
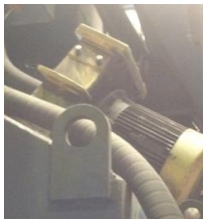
5.1.1 Afroesten

Ketenstappen	Toelichting
Productie damwand PAZ 56 100 (16 meter).	Damwand van 16 meter, 2.854 kg wegend: 2,38 ton CO ₂ / per ton staal. Productie van één damwand (twee planken) van 16 meter kost: 6,79 ton CO₂ .
Damwand transporteren naar locatie	Circa 800 km transport met een 20 ton vrachtwagen met verbruik van 0,296 kg CO ₂ per tonkm. Één damwand transporteren kost: 0,67 ton CO₂
Damwand in de bodem trillen met trilblok, aggregaat en kraan.	Trilblok: PVE 24 VM, werkend op een aggregaat met een minimaal vermogen van 392 kW (ongeveer 400 kVA met een normverbruik vol belast van 83 liter/uur. Het kost 10 minuten om de damwand te plaatsten waarbij er 3 min. getrild wordt. Dit kost 21,45 kg CO₂ Rupskraan Hitachi KH 150-3 verbruikt ongeveer 36 liter/uur. Geschat is dat de kraan in de 10 minuten van hijsen, stellen en trillen 16,28 kg CO₂ verbruikt. In de uitstoot is de uitstoot voor het transporteren van het materieel meegenomen, verdeeld over geheel de constructie.
Damwand gaat afroesten	Geen uitstoot
Einde levensduur	Geen uitstoot
Totaal uitgestoten	7,65 ton CO₂ voor één damwand (2 planken).

Deze methode is voor de klant het meest voordelig omdat er geen extra handelingen nodig zijn en daardoor geen andere leveranciers in het proces zitten.

5.1.2 Conserveren

Ketenstappen	CO ₂ uitstoot in de keten
Productie damwand PAZ 56 90 (16 meter).	Damwand (twee planken) van 16 meter weegt 2.566 kg. 2,38 ton CO ₂ / per ton staal. Productie van één damwand (twee planken) van 16 meter kost: 6,11 ton CO₂ .
Damwand transporteren naar leverancier voor het conserveren van de damwand.	Circa 790 km transport met een 20 ton vrachtwagen met een verbruik van 0,296 kg CO ₂ per tonkm. Één damwand transporteren kost: 0,60 ton CO₂ .
Damwand van trailer transporteren naar 'bewerkingshal'	De bovenloopkraan van 10 ton hijst de vracht van 9.140 kg in 3 min. De hijsbeweging van één damwand kost: 1,0 kg CO₂ . Dit is verwaarloosbaar klein.
Vorbereiding ondergrond (damwand)	Een visuele inspectie die ongeveer 20 seconde per damwand duurt, hiervoor is één medewerker nodig. Uitstoot is verwaarloosbaar .

Ketenstappen	CO ₂ uitstoot in de keten
Voorbehandelen damwand	Stralen in de straalmachine duurt 3,2 minuten per damwand (8 meter). Deze machine draait op 8 elektromotoren. Het stralen van één damwand kost 47,8 kg CO₂.   Er gaat 500 kg grit door de straalmachine per damwand. Daarna wordt het grit weer gerecycled, de uitstoot hiervan is verwaarloosbaar.
Inspectie straalreinheid	Inspectie gestraalde oppervlak is een visuele inspectie die ongeveer 1 minuut per damwand duurt, er is geen CO₂ uitstoot .
Transport	Transport van straalmachine naar verfcabine. Dit duurt ongeveer 2 min. per zending. Dit is sneller dan het lossen van de transporteur. De uitstoot is verwaarloosbaar .
Inspectie voor conservering	Zouttest / Bresseltest. Test duurt ongeveer 10 minuten (1 test per zending). De uitstoot is verwaarloosbaar .
	Inspectie ruwheidsprofiel: De uitstoot is verwaarloosbaar .
	2x daags klimaatcondities meten: dit apparaat werkt op batterijen. De uitstoot hiervan is verwaarloosbaar .
	Stoftest: er is geen CO₂ uitstoot
Applicatie: aanbrengen van de coating	1ste laag coating aanbrengen (Sigmacover 280). Er is 4,38 liter coating nodig om één plank te kunnen spuiten (8 meter). Vluchtige stoffen is 43% van 4,38 liter. Één damwand coaten met de 1ste laag kost: 14,9 kg CO₂. De coating wordt aangebracht door een pomp onder hoge druk (een elektrische schroef compressor). Het aanbrengen van één verflaag doet één verfspuiter ongeveer 8 min. over. De 1ste laag coaten van één damwand kost aan energie 9,63 kg CO₂. Droogtijd 1ste laag: duurt 8 uur. Zij laten de damwand één dag drogen, de volgende dag kan direct de volgen de laag erop gespoten. Er is geen CO₂ uitstoot. Inspectie 1ste laag: de kwaliteitsmedewerkers meten de laagdikte (droog) op meerdere punten met een Elkometer, dit apparaat werkt op batterijen. De uitstoot hiervan is verwaarloosbaar. Een 2de laag volledig aanbrengen met Sigmacover 805 coating. Er is 6,12 liter nodig om de plank te kunnen spuiten (8 meter). Vluchtige stoffen is 18% van 1,1 liter. Één damwand coaten met de 2de laag kost: 8,72 kg CO₂. De coating wordt aangebracht door een pomp onder hoge druk. De 2de laag coaten van één damwand kost 9,63 kg CO₂. Droogtijd 2de laag: Idem 1ste laag. Er is geen CO₂ uitstoot. Inspectie 2de laag: Idem 1ste laag. De CO₂ uitstoot is verwaarloosbaar. 3de laag volledig met Sigmacover 805 coating. Er is 6,12 liter nodig om de plank te kunnen spuiten (8 meter). Vluchtige stoffen is 18% van 1,1 liter. Één damwand coaten met de 3de laag kost:

Ketenstappen	CO ₂ uitstoot in de keten
	8,72 kg CO₂ . De coating wordt aangebracht door een pomp onder hoge druk. De 3de laag coaten van één damwand kost 9,63 kg CO₂ Droogtijd 3de laag: Idem 1ste laag. Er is geen CO₂ uitstoot . Inspectie 3de laag: Idem 1ste laag. De CO ₂ uitstoot is verwaarloosbaar .
Eind inspectie en oplevering	Inspectie totale verfsysteem en opleveringsinspectie/oplevering Dit is een visuele inspectie die ongeveer 1 minuut per damwand duurt. Er is geen CO₂ uitstoot .
Damwand gereedmaken voor transport	Transport van verfcabine naar uitgave goederen. Dit duurt ongeveer 2 min. per zending. De uitstoot is verwaarloosbaar .
Damwand transporteren naar locatie	Gemiddelde afstand naar de projecten vanaf Waspik is ongeveer 75 km transport met een 20 ton vrachtwagen (gewicht vrachtwagen + laadvermogen) heeft een verbruik van 0,296 kg CO ₂ per tonkm. Één damwand transporteren kost: 57 kg CO₂ .
Damwand in de bodem trillen met trilblok, aggregaat en kraan.	Trilblok: PVE 24 VM werkend op een aggregaat met een minimaal vermogen van 392 kW (ongeveer 400 kVA met een normverbruik vol belast van 83 liter/uur. Het kost 10 min. om de damwand te plaatsten waarbij er 3 min. getrild wordt om de damwand te plaatsen. Dit kost 20,8 kg CO₂ Rupskraan Hitachi KH 150-3 verbruikt ongeveer 36 liter/u verbruiken. Geschat is dat de kraan in de 10 minuten van hijsen, stellen en trillen 15,1 kg CO₂ verbruikt. In de uitstoot is de uitstoot voor het transporteren van het materieel meegenomen, verdeeld over geheel de constructie.
Coating is naar 10 a 15 jaar verkrijgt en geeft geen volledige bescherming meer, de damwand gaat afroesten.	Geen uitstoot.
Einde levensduur.	Geen uitstoot.
Totaal uitgestoten	7,04 ton CO₂ voor één damwand (2 planken)

Bij deze methode is de CO₂ uitstoot minder dan bij het laten afroesten. Het verschil is 0,604 ton CO₂ per damwand. Dit verschil is heel klein in vergelijking met de totale footprint van Hakkers over één jaar, footprint van Hakkers van 2014 is 2.658,8 ton CO₂. De oorzaak is vooral gelegen in de dikte van de damwand (1 mm dunner). Voor de klant is het conserveren echter duurder omdat er meer handelingen en transportbewegingen zijn.

5.1.3 Kathodische bescherming

Ketenstappen	Toelichting
Productie damwand PAZ 56 80 (16 meter).	Damwand van 16 meter, 2.285 kg wegend met 2,44 ton CO ₂ / per ton staal. Productie van één damwand van 16 meter kost: 5,22 ton CO₂ .
Damwand transporteren naar project locatie van Hakkers.	225 km transport met een 20 ton vrachtwagen met verbruik van 0,296 kg CO ₂ per tonkm. Één damwand transporteren kost: 0,54 ton CO₂ .
Damwand in de bodem trillen met trilblok, aggregaat en kraan.	Trilblok PVE 24 VM, werkend op een aggregaat met een minimaal vermogen van 392 kW (ongeveer 400 kVA met een normverbruik vol belast van 83 liter/uur. Geschat is dat het 10 min. kost om de damwand te plaatsten waarbij er 3 min. getrild wordt om de

Ketenstappen	Toelichting
	damwand te plaatsen. Dit kost 20,1 kg CO₂ Rupskraan Hitachi KH 150-3, circa 36 liter/u verbruikend. Geschat is dat de kraan in de 10 minuten van hijsen, stellen en trillen 14 kg CO₂ verbruikt. In de uitstoot is de uitstoot voor het transporteren van het materieel meegenomen, verdeeld over geheel de constructie.
Aluminium anodes produceren	Aluminium inkopen en transporteren: 1.750 km transport met een 20 ton vrachtwagen (gewicht vrachtwagen + laadvermogen) met verbruik van 0,296 kg CO₂ per tonkm. Één aluminium anode weegt 58 kg en daarvoor is ongeveer 58 kg aluminium voor nodig. Een anode die nodig is voor één damwand (twee planken) kost ongeveer 382,5 kg aan CO₂ uitstoot. Het transporteren van één anode kost: 21,7 kg CO₂.
	Toevoegingen inkopen en transporteren: Er wordt 1% aan legeringselementen toegevoegd aan de anode Het transport van beschermingsmiddelen is verwaarloosbaar.
	Aluminium smelten en mengen: Aluminium wordt gesmolten in een oven van 700 graden in een gasgestookte installatie. Dit kost ongeveer 37,2 kg CO₂ uitstoot per anode die nodig is voor één damwand (twee planken).
	Aluminium gieten in mallen, metaalstrip toevoegen en laten afkoelen: Als aluminium gesmolten is, is het vloeibaar en kan het in de juiste mal worden gegoten Het aluminium wordt gegoten met de transportbanden. Dit kost ongeveer 37,2 kg CO₂ uitstoot per anode.
	Aluminium verplaatsten naar uitgave goederen: dit wordt gedaan via de transportbanden en kost ongeveer 0,5 min. per anode om de zending klaar te maken voor transport. De uitstoot is verwaarloosbaar.
Aluminium anoden transporteren	De afstand tussen Chemetall in Leerdam en de gemiddelde projecten van Hakkers is gemiddeld ongeveer 75 km. Één anode per damwand transporteren kost: 0,93 kg CO₂.
Duikers van het duikbedrijf inplannen en transport naar het project	Het bevestigen van de anodes op de stalen damwand constructie door een duikteam van 3 medewerkers: één duiker (onderwater), één medewerker voor de communicatie en één medewerker bovenwater. Dit wordt meestal gedaan door het bedrijf COW te Vianen. De afstand tussen COW in Vianen en de gemiddelde projecten van Hakkers is gemiddeld ongeveer 90 km. De uitstoot van reisbeweging van de duikers kost 19,8 kg CO₂.
Aanbrengen van de aluminium anodes	Aluminium anodes in het water hijsen: Hiervoor is een klein kraantje nodig en een kraanmachinist. Geschat op 5,65 kg CO₂.
	De duiker gaat het water in om de anoden aan te brengen, de snelheid is sterk afhankelijk van de omstandigheden zoals, wel of geen goed zicht, obstakels en de ondergrond. Geschat voor de casus doet een duiker ongeveer 20 minuten over het aanbrengen van één anode. De uitstoot is verwaarloosbaar. De uitstoot van het kraantje bij deze stap is meegenomen in bovenstaande stap.
Duikers van het duikbedrijf vertrekken	De afstand tussen COW (een duikbedrijf) in Vianen en de gemiddelde projecten van Hakkers is gemiddeld ongeveer 90 km. De uitstoot van reisbeweging van de duikers kost 19,8 kg CO₂.

Ketenstappen	Toelichting
Aluminium anodes gaan reageren met het water als opofferingsmateriaal voor staal.	Dit gebeurt vanzelf. Er wordt geen controle uitgevoerd of de juiste potentiaal aanwezig is.
Na 25 jaar gaat de damwand afroesten	Geen uitstoot
Einde levensduur	6,44 ton CO₂ voor één damwand (2 planken)

Deze methode verbruikt minder CO₂ uitstoot dan de vorige twee methoden. Het verschil in uitstoot met de afroestmethode is 1,2 ton CO₂ per damwand en met de methode van het conserveren is het verschil 0,6 ton CO₂. Wederom wordt de oorzaak vooral verklaart door de dikte van de damwand. Voor de klant is het toepassen van de aluminium anoden duurder omdat er meer handelingen en meer transportbewegingen zijn. Daarnaast zijn er bij het toepassen van anoden risico's met de levensduur, omdat anoden soms niet goed reageren met het staal, of gaan reageren met schepen die in de buurt aangemeerd zijn. Het controleren van het potentiaal wordt in de praktijk zelden gedaan.

5.2 Onzekerheden

De onzekerheden in de berekening zijn groot en veel gegevens zijn geschat, maar die schattingen zijn op alle methoden toegepast. De gegevens die geschat zijn, staan hieronder vermeld:

- De afstand van ArcelorMittal naar de leverancier Straco en direct na de projectlocaties.
- De afstand van de duikers naar het project, dit is een schatte gemiddelde afstand.
- Het energieverbruik van de bovenloopkranen bij de leveranciers. De specifieke specificaties en het werkelijk verbruik is lastig te achterhalen.
- De duur in tijd van de verschillende handelingen is geschat op basis van ervaringen van de leveranciers waarmee gesprekken zijn gevoerd.
- Het verbruik van het materieel om de damwanden te bevestigen is geschat op basis van experts binnen Hakkers.
- Het verbruik van de smeltoven voor aluminium en de uitstoot voor het gieten in de mallen en het mengen van de legeringsmiddelen is niet bekend.

Verdere onzekerheden zijn:

- De omgevingssituatie, in de casus is uitgegaan van geen enkele hindernis of nadeel.
- De klanteisen: sommige klanten vinden conserveren mooier en zullen daarom eisen.
- Wanneer de bodemzijde uit een andere samenstelling bestaat, wordt de casus anders, omdat de aantasting anders is.
- In de casus is uitgegaan van zout water en deze kan niet vergeleken worden met zoet water. Zoet water heeft aantasting waarde waardoor een andere dikte noodzakelijk is. Daarnaast is door het potentieel aluminium anoden niet efficiënt toepasbaar in zoetwater.

Vereiste ontwerp voor levensduur waterzijden	5 jaar	25 jaar	50 jaar	75 jaar	100 jaar
Gemeenschappelijk zoet water (rivier, schip kanaal, ...) in de zone van hoge aanval (waterlijn)	0,15	0,55	0,90	1,15	1,40

Tabel x: aantasting (mm) van damwanden in zoet en zout water. Bron pagina 31 van de NEN-EN 1993-5 tabel 4-2 en pagina 103 van Cur 166 tabel 9.1.

Vereiste ontwerp voor levensduur bodemzijden	5 jaar	25 jaar	50 jaar	75 jaar	100 jaar
Ongeroerde, schone bodem	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20

Tabel x: aantasting (mm) van damwanden in bodem en ophogingen met of zonder grondwater. Bron pagina 103 van Cur 166 tabel 9.2.

6. Conclusie

Uit de ketenanalyse blijkt dat kathodische bescherming in de beschreven casus de beste oplossing is voor de levensduur van de staalconstructie voor wat betreft de CO₂ uitstoot, zie de tabel hieronder:

Methodes bewerkingen	Totaal CO ₂ uitstoot casus	Productie, transport en aanbrengen damwand	Bewerkingen
Afroesten	7,7	100%	0%
Conserveren	7,0	98%	2%
Kathodische bescherming	6,4	92%	8%

Het is duidelijk zichtbaar dat het gewicht van de staalconstructie het zwaarst meeweegt in de onderbouwing van de CO₂ uitstoot van elke methode. De bovenstaande tabel geeft de verhouding weer van de CO₂ uitstoot qua productie, transport en het aanbrengen van de damwand (bepaald door gewicht).

In deze casus met een aantasting van bijna 4 mm in 50 jaar is de milieubelasting het hoogst bij de methode 'afroesten'. Daar de praktijk divers is zal er per situatie gekeken moeten worden om de juiste keuze te kunnen maken.

In situaties van zoet water is het op basis van een snelle berekening duidelijk dat afroesten verreweg de beste oplossing is, omdat er daar in 50 jaar een aantasting is van minder dan 2 mm. Kathodische bescherming met aluminium anodes is dan niet mogelijk is i.v.m. de geleiding van het water. En conserveren kan toegepast worden maar dan is dezelfde dikte nodig aan profiel. Bij zoet water kan Hakkers de klant de optie aanbieden om voor afroesten te kiezen omdat daarmee ongeveer 2% CO₂ bespaard wordt, dit is ongeveer 110 kg CO₂ bij 8 meter (3 lagen) coating bij een PAZ 56 profiel.

7. Reductieactieplan

Bij het benoemen van de reductiedoelstellingen en maatregelen is niet alleen van belang hoeveel CO₂ er bespaard kan worden, maar ook hoeveel invloed Hakkers heeft op het deel van de keten. In de keuze van staalbewerking voor de levensduur is de klant beslissend, behalve in situaties dat Hakkers de constructie zelf mag ontwerpen, maar ook dan zijn er programma van eisen vanuit de klant.

7.1 Reductiemogelijkheden

Op basis van de analyse komen de volgende mogelijkheden om de CO₂-uitstoot te reduceren naar voren:

- Waar mogelijk blijven kiezen voor een koud gezette damwanden;
- Bij staalconstructies met een hoge corrosie aantasting (4 mm in 50 jaar) en zout water is kathodische bescherming ongeveer de beste oplossing met 16% reductie t.o.v. dikkere constructie en laten afroesten;
- Bij staalconstructies met een lage corrosie aantasting in zoet water is laten afroesten de beste oplossing, dan wordt de uitstoot van de bewerkingen gereduceerd of vermeden. Omdat in alle drie de situaties dezelfde dikte en daarmee gewicht aan staal gekozen moet worden. Dit is ook in ieder project weer anders afhankelijk ook van de soort grond, maar ook van de lengte en het gewicht. Er wordt ongeveer 110 kg CO₂ bespaard bij conserveren en 525 kg CO₂ bij kathodische bescherming (het laatste wordt zelden tot nooit toegepast, omdat zoet water minder geleidt). Afhankelijk van het profiel kan dan het percentage berekend worden. In geval van de casus is dit een reductie van 2% bij afroesten t.o.v. conserveren.
- De casus doorberekenen om de omslagpunten te bepalen tussen de methodes, om de klant hierover te informeren met de bijbehorende kosten voor een goed beeld. En de casus doorberekenen naar meerder situaties met omslagpunten tussen de methodes. Met een doel om duidelijk de alternatieven weer te geven naar de klant met CO₂ verschillen en kosten verschillen.

7.2 Reductiedoelstellingen

Op basis van de bovenstaande mogelijkheden zijn de volgende reductiedoelstellingen vastgesteld:

- ✓ 5% CO₂-reductie in 2017 t.o.v. 2014 door keuze te maken om de constructie te conserveren of stalen damwanden te voorzien van kathodische bescherming (waar kathodische bescherming mogelijk is) in situaties met zout water. Er vanuit gaand dat er bij conserveren 7% CO₂ bespaard kan worden en bij kathodische bescherming 15% CO₂ bespaard kan worden t.o.v. afroesten. Voor de doelstelling gaat Hakkers er vanuit dat zij geen 100% invloed heeft op de keuze van bewerking of behandeling van staalconstructies.
- ✓ 1% CO₂-reductie in 2017 t.o.v. 2014 door de methode afroesten te kiezen voor stalendamwanden in zoet water i.p.v. conserveren. Er vanuit gaand dat er 2% CO₂ bespaard wordt in deze situatie t.o.v. conserveren. Voor de doelstelling gaat Hakkers er vanuit dat zij geen 100% invloed heeft op de keuze van bewerking of behandeling van staalconstructies.

7.3 Plan van Aanpak

Acties	Verantwoordelijke	Tijdsplanning
Waar mogelijk blijven kiezen voor een koud gezette damwanden. Voordeel is terug te lezen in ketenanalyse stalen damwand.	Constructeurs en projectleiders	Bij ieder ontwerp meenemen
Bij staalconstructies in zout water kiezen voor kathodische bescherming en of coating, wanneer dit mogelijk in het ontwerp en met de omgevingsfactoren.	Constructeurs en projectleiders	Bij ieder ontwerp meenemen
Bij staalconstructies met een lage corrosie aantasting in zoet water kiezen voor laten afroesten. Dit in samenspraak met de klant en eventuele omgevingseisen. De CO ₂ voordelen inzichtelijk maken.	Constructeurs en projectleiders	Bij ieder ontwerp meenemen
Beoordelen of een combinatie van conserveren en kathodische bescherming een uitkomst zou zijn binnen diverse projecten.	KAM coördinator	Beoordelen bij volgende keten analyse
Geven van instructies aan de afdeling Design & Construct over de voordelige keuzes in het ontwerp	KAM coördinator	Kwartaal 4 2015
Promoten van de energiezuinige keuzes tijdens werkgroepen, aanbestedingen en bij opdrachtgevers	Hein van Laar	Doorlopend
Berekening uitbereiden om meer inzicht te krijgen in de omslagpunten van de verschillende methoden. Met een doel om duidelijk de alternatieven weer te geven naar de klant met CO ₂ verschillen en kosten verschillen.	Constructeurs en KAM afdeling	Kwartaal 4 2016

8. Bronvermelding

Bron / Document	Kenmerk
Handboek CO ₂ -Prestatieladder 3.0, 10 juni 2015	Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen
Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard	GHG-protocol, 2010a
Nederlandse norm Environmental management – Life Cycle assessment – Requirements and guidelines	NEN-EN-ISO 14044
www.co2emissiefactoren.nl	Emissiefactoren volgens het CO ₂ -Prestatieladder handboek 3.0
www.ecoinvent.org	Ecoinvent v. 2
www.milieudatabase.nl	Nationale Milieudatabase
www.worldsteel.org	WorldSteel

De opbouw van dit document is gebaseerd op de Corporate Value Chain (Scope 3) Standaard. Daarnaast is, waar nodig, de methodiek van de Product Accounting & Reporting Standard aangehouden.