



Handreiking Duurzaam Staalconserveren

Datum	10 juli 2025
Versie	2.0
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door Steunpunt Conserveringskennis
Auteur Suzanne de Vos
Informatie Carolien Nieuwland
Telefoon 06-11526438
E-mail conserveringskennis@rws.nl
Datum 10 juli 2025
Versie 2.0
Status Eindconcept

Versiebeheer

1.0	4 maart 2022	Branco Schipper
2.0	1 mei 2025	Suzanne de Vos

Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Strategie KCI	4
1.2	Milieukosten indicator	4
1.3	RTD 1032 Eisen Staalconserveren	4
1.4	Duurzame keuzes bij nieuwbouw en vervanging	4
1.5	Opbouw van deze handreiking	4
2	Atmosferisch belaste staalconstructies – nieuwbouw	5
2.1	Keuzeschema om tot een conserveringseis te komen	5
2.2	Achtergrondinformatie over de milieubelasting van conservering	7
3	Atmosferische belaste staalconstructies - vervangen conservering	8
3.1	Keuzeschema om tot een conserveringseis te komen	8
3.2	Achtergrondinformatie milieubelasting bij verwijderen van conservering	9
4	Conserveren van staal: immersie (onder water)	10
4.1	Inzicht in verschil milieubelasting verschillende conserveringssystemen	10
4.2	Illustratie damwanden: afweging overdimensioneren of conserveren	11

1 Inleiding

1.1 Strategie KCI

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft de ambitie uiterlijk in 2030 volledig klimaatneutraal te zijn en circulair te werken. Rijkswaterstaat heeft, als uitvoeringsorganisatie van IenW, deze ambities omarmd. De Strategie naar Klimaatneutrale en Circulaire Rijksinfrastructuurprojecten (KCI) moet helpen om de gestelde ambities te realiseren.

1.2 Milieukosten indicator

Rijkswaterstaat maakt voor de implementatie van de strategie KCI gebruik van de Milieukostenindicator (MKI). MKI wordt berekend op basis van een levenscyclusanalyse (LCA). LCA is een rekenmethode waarmee de milieubelasting wordt berekend van de gehele levenscyclus van een product; voor negentien verschillende milieu-impactcategorieën. Onder meer klimaatverandering (in kg CO₂-eq), ozonlaagaantasting, verzuring, en toxicologische effecten zijn onderdeel van de berekening. De milieubelasting van de verschillende categorieën wordt gewogen en uitgedrukt in een 1-punts score, de milieukostenindicator, uitgedrukt in euro. Aan de hand van de MKI kunnen verschillende conserveringstechnieken worden vergeleken, rekening houdend met het passende onderhoudsregime.

1.3 RTD 1032 Eisen Staalconserveren

Dit document moet in samenhang met de RTD 1032 Eisen Staalconservering en de bijbehorende handreiking worden gelezen als het gaat om keuzes voor de conservering en de bijbehorende levensduur. De levensduur van systemen waarop de MKI berekeningen en de onderhoudsintervallen zijn gebaseerd, zijn tot stand gekomen op basis van expert judgement.

1.4 Duurzame keuzes bij nieuwbouw en vervanging

Rijkswaterstaat heeft voor het verwijderen en aanbrengen van conservering MKI berekeningen laten uitvoeren. Op basis van deze uitkomsten is deze handreiking opgesteld; bedoeld om het projectteam te ondersteunen bij het maken van duurzame keuzes en passende eisen op te nemen in het contract. De handreiking is alleen van toepassing voor nieuwbouw van een object en bij volledige vervanging van een conserveringssysteem. Deze handreiking is dus niet van toepassing als de werkzaamheden aan het conserveringssysteem betrekking hebben op bijplekken en/of overlagen van verfsystemen.

1.5 Opbouw van deze handreiking

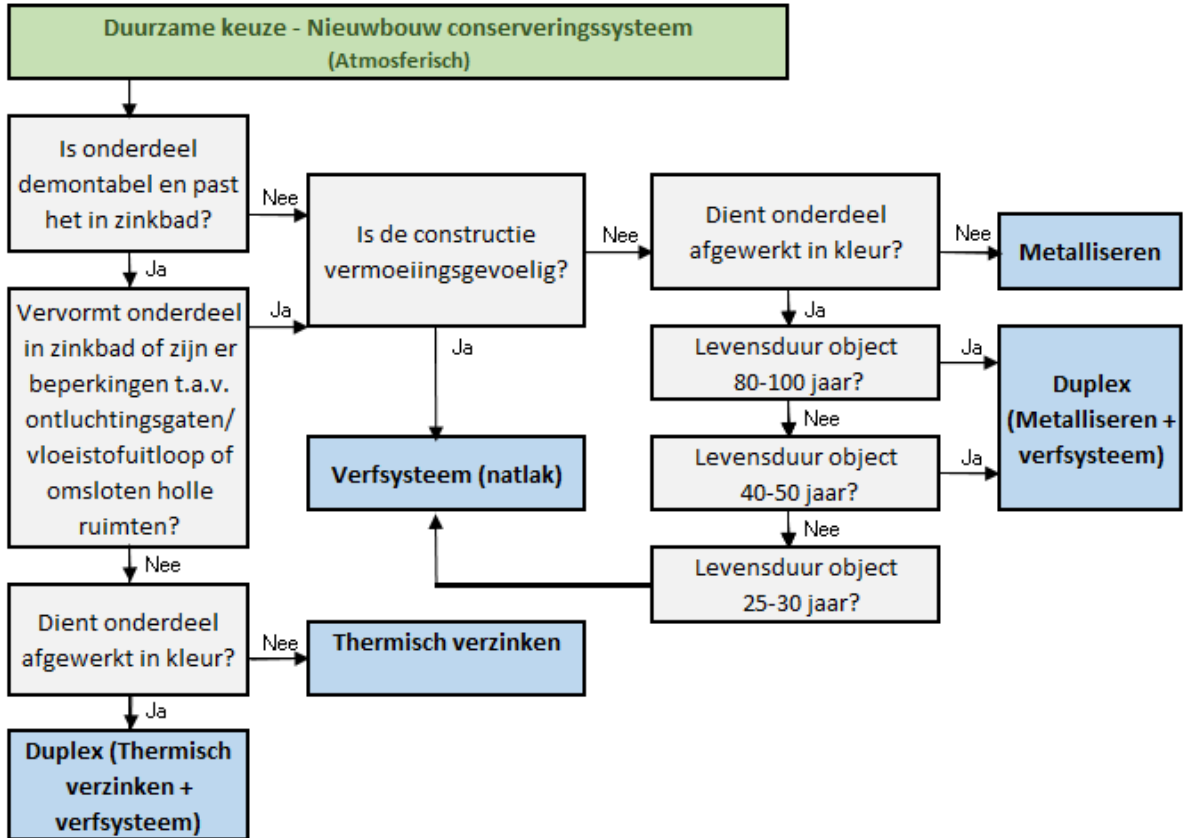
In deze handreiking:

- Hoofdstuk 2 Nieuwbouw; conserveren staal atmosferisch belast (buitenlucht)
 - o Keuzeschema
 - o Achtergrond / toelichting multicriteria-analyse / milieu-impact verschillende conserveringstechnieken
- Hoofdstuk 3 Onderhoud door vervangen van het conserveringssysteem bij atmosferische belasting
 - o Keuzeschema, inclusief de keuzes t.a.v. verwijderingstechnieken van het oude conserveringssysteem
 - o Achtergrond / toelichting milieu-impact van verschillende verwijderingstechnieken
- Hoofdstuk 4 Conserveren van immersie belast staal (onder water)
 - o Vergelijk van de milieu-impact van verschillende verwijderingstechnieken
 - o Illustratie hoe de afweging te maken tussen conserveren of afroesten met overdimensioneren

2 Atmosferisch belaste staalconstructies – nieuwbouw

2.1 Keuzeschema om tot een conserveringseis te komen

In onderstaand stroomschema staat de meest duurzame keuze voor de conservering welke afhankelijk is van de levensduur van het object.



Figuur 1 Keuzeschema voorkeursvolgorde conserveringssysteem voor atmosferisch belasting

Uit bovenstaand keuzeschema blijkt de volgende voorkeursvolgorde voor conserveren:

- Bij voorkeur thermisch verzinken (als dat technisch mogelijk is);
- Als het object (nog) lang mee moet gaan (langer dan ongeveer 40 jaar) en de stalen constructie is niet vermoeiingsgevoelig: metalliseren.

En voor beide (verzinken en metalliseren geldt): alleen een verfsysteem toepassen als het onderdeel in een kleur afgewerkt moet worden.

- Als de constructie wel vermoeiingsgevoelig is of korter dan 40 jaar mee moet gaan: een verfsysteem toepassen.

Deze voorkeursvolgorde is tot stand gekomen op basis van een multicriteria-analyse voor de verschillende conserveringstechnieken.

Thermisch verzinken geeft voor alle mogelijke restlevensduren van een constructie de laagste milieubelasting. Voor metalliseren geldt dat de milieubelasting vooral bij langere levensduren relatief laag is ten opzichte van conserveren met verfsysteem (en ietsje hoger dan de milieubelasting van verzinken). Hoe korter de ontwerplevensduur van een constructie, hoe kleiner het verschil in milieubelasting t.o.v. conserveren met verfsysteem. Als er bovendien een eis is om het object in kleur af te werken, dan kan de milieubelasting van een duplexsysteem (metalliseren + verfsysteem) hoger zijn bij een korte restlevensduur, dan het aanbrengen van

enkel een verfsysteem. Bij een relatief klein verschil in de milieubelasting gaan er ook andere criteria meewegen bij het maken van een keuze, zoals arbeidsomstandigheden, tijdsduur van applicatie en toekomstige recyclebaarheid van het stalen object. Alle criteria die in de afweging zijn meegenomen voor het keuzeschema staan in Tabel 1.

Tabel 1 Multicriteria conserveringssysteem

	Verfsysteem	Duplex thermisch verzinken	Duplex metalliseren	Metalliseren	Thermisch verzinken
Milieubelasting, bij 40 jaar resterende levensduur	(100% referentie)	-15% t.o.v. verfsysteem	- 32% t.o.v. verfsysteem	-76% t.o.v. verfsysteem	-87% t.o.v. verfsysteem
Milieubelasting, bij 100 jaar resterende levensduur	(100% referentie)	-22% t.o.v. verfsysteem	-30% t.a.v. verfsysteem	-53% t.o.v. verfsysteem	-74% t.o.v. verfsysteem
Arbeidsomstandigheden applicatie	+/-	+/-	--	-	++
Kosten/prijs	+/-	-	--	-	++
Levensduurverwachting conserveringssysteem	+/-	+	++	++	+/-
Eindkleur	++	++	++	--	--
Mogelijkheden geometrie object	++	--	+/-	+/-	--
Toepassen bij vermoeiingsgevoelige constructie	++	+	--	--	Wordt niet toegepast
Tijdsduur applicatie	+/-	-	--	--	++
Recyclebaarheid object zonder verwijderen conservering, dus de duurzaamheid bij verschroten	++	++	--	--	++
Bestandheid tegen mechanische impact zoals steenslag	--	++	++	++	++
Verkeerhinder tijdens conserveringsonderhoud	Minder	Minder	Minder	Veel	Veel

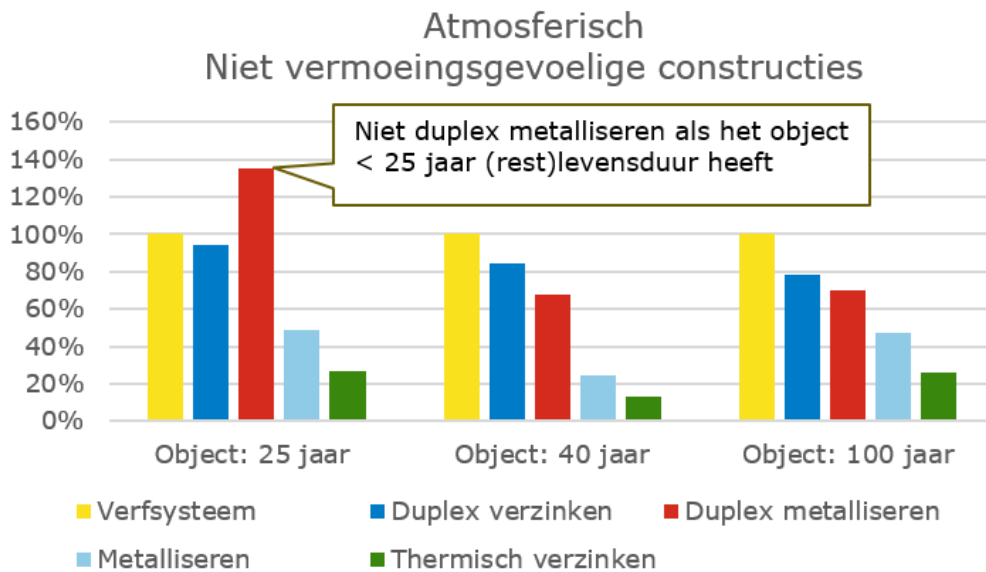
++ = positief
 -- = negatief

2.2

Achtergrondinformatie over de milieubelasting van conservering

In figuur 2 staat de MKI vergelijking van de verschillende conserveringssystemen geschikt voor atmosferisch belaste stalen constructies. Verfsystemen zijn het uitgangspunt, deze hebben een waarde van 100%. Bij een hoger percentage is het systeem minder duurzaam, bij een lager percentage is het duurzamer dan een verfsysteem.

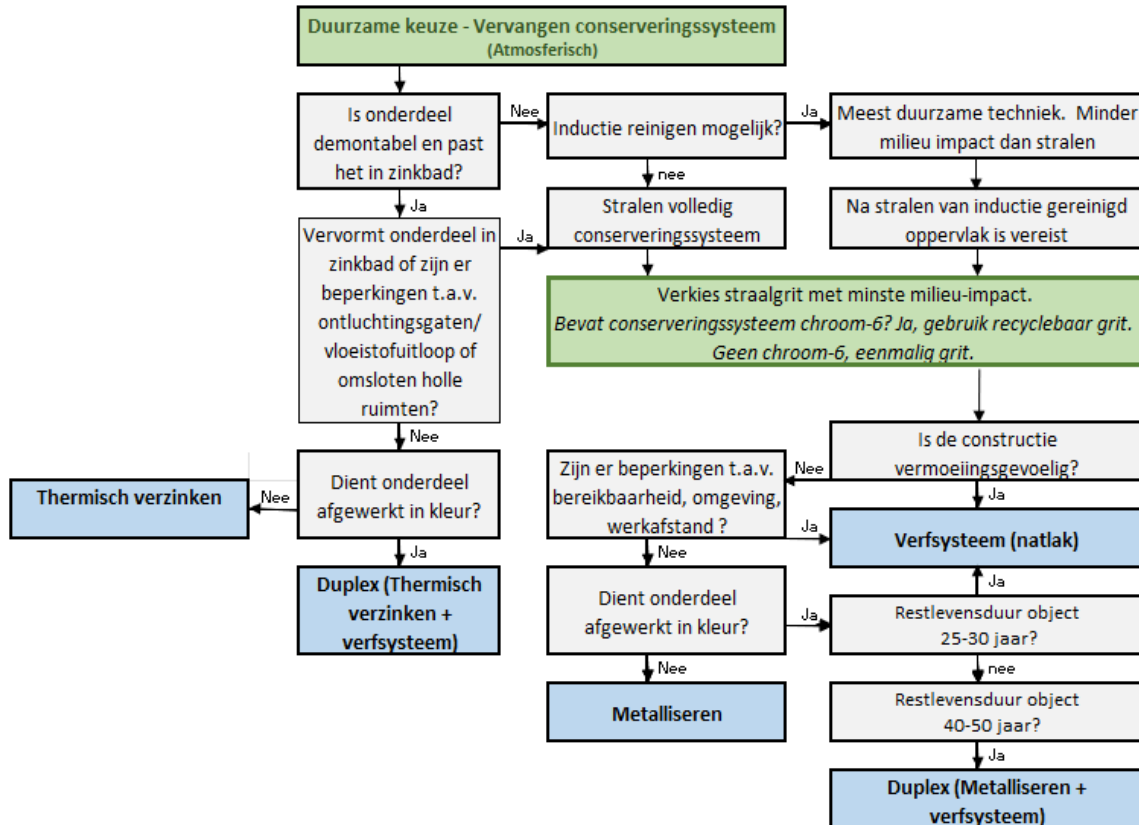
De MKI is afhankelijk van de levensduur van de constructie. Links in figuur 2 de MKI van een constructie met een levensduur van 25 jaar, in het midden voor een constructie met een levensduur van 40 jaar en rechts met een levensduur van 100 jaar. Welk conserveringssysteem de laagste milieubelasting heeft is gelijk voor levensduren vanaf 40 jaar en langer; ofwel het trapje in figuur 2 is gelijk opgebouwd. Bij een kortere levensduur van 25 jaar geeft duplex metalliseren een hogere milieubelasting dan conserveren met verfsysteem.



Figuur 2 MKI vergelijking van verschillende conserveringssystemen en levensduren object

3 Atmosferische belaste staalconstructies - vervangen conservering

3.1 Keuzeschema om tot een conserveringseis te komen



Figuur 3 Keuzeschema voorkeursvolgorde vervangen conserveringssysteem bij atmosferisch belasting

In figuur 3 is de keuze afweging bij het vervangen van het conserveringssysteem. In vergelijking met het keuzeschema voor nieuwbouw zie je ook een afweging t.a.v. het verwijderen van het conserveringssysteem. De voorkeursvolgorde voor het verwijderen van de conservering is:

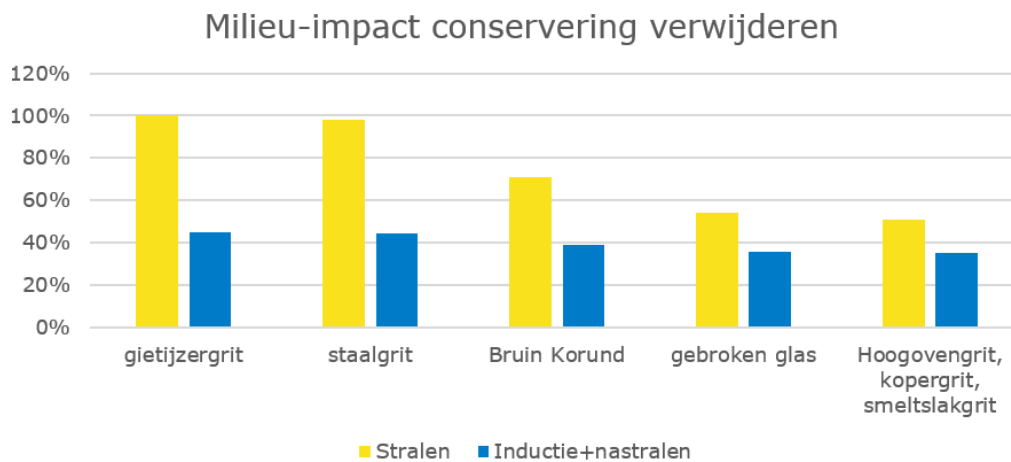
- inductie reiniging toepassen als dat mogelijk is.
- éénmalig grit toepassen, behalve wanneer de conservering chroom-6 bevat.

Deze keuzes zijn afgeleid van inzicht in de milieubelasting van het verwijderen van conservering.

3.2

Achtergrondinformatie milieubelasting bij verwijderen van conservering
 Figuur 4 vergelijkt de milieubelasting van stralen met recyclebaar grit (gietijzergrit, staalgrit en bruin korund), eenmalig grit (gebroken glas, hoogovengrit, kopergrit en smeltslakgrit). In deze analyse is het hergebruik van recyclebaar grit meegenomen. Bovendien wordt de milieubelasting vergeleken wanneer alle conservering met stralen wordt verwijderd (geel) en wanneer er eerst een inductie reiniging wordt toegepast en vervolgens na gestraald wordt om de laatste beetje conservering te verwijderen (blauw). Volledig stralen met gietijzergrit blijkt de meeste milieubelasting te geven; hiervoor is de MKI 100% geschaald. Het toepassen van inductie reiniging blijkt de milieubelasting aanzienlijk te verlagen. Voor eenmalig grit worden reststromen/ bijproducten gebruikt. Dat geeft een lagere milieubelasting dan de productie van de recyclebare straalmiddelen, ondanks dat die meerdere keren gebruikt kunnen worden. Het gaat niet over het verkrijgen van het ruwheidsprofiel.

Wanneer chroom-6 aanwezig is in de conservering, dan is het advies om geen eenmalig grit toe te passen, maar recyclebaar grit. De reden daarvoor is dat het recyclebaar grit ten behoeve van het meermalige gebruik gescheiden wordt in een fractie met chroom-6-houdende verfristen met kapotgeslagen grit en herbruikbaar grit. Op deze manier is de met chroom-6 vervuilde fractie gemakkelijker af te voeren dan wanneer sprake is van met chroom-6 vervuild eenmalig grit.



Figuur 4 Milieu-impact conservering verwijderen

4 Conserveren van staal: immersie (onder water)

4.1

Inzicht in verschil milieubelasting verschillende conserveringssystemen
Kathodisch bescherming (kb) werkt alleen als de anode én het te beschermen staal beide onder water staan, dus boven de waterlijn / in de splash zone werkt de kathodische bescherming niet en in de getijdenzone slecht.

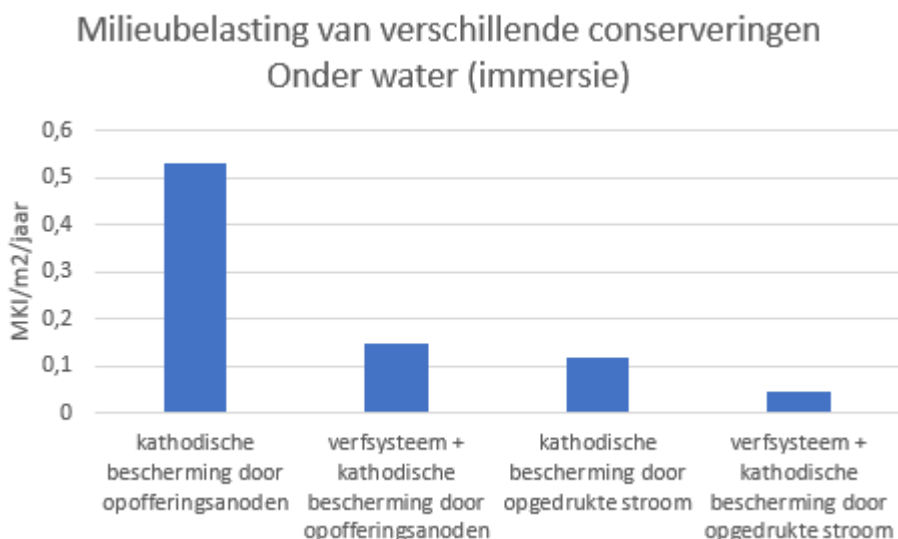
Onderwater zijn verschillende conserveringstechnieken mogelijk, die ook toegepast worden bij RWS:

1. kathodische bescherming door opofferingsanoden
2. kathodische bescherming door opgedrukte stroom
3. verfsysteem + kathodische bescherming door opofferingsanoden
4. verfsysteem + kathodische bescherming door opgedrukte stroom
5. afroesting/materiaaltoeslag (overdimensionering)

KB-systemen met opofferingsanodes werken in zout water tot brak water het meest effectief. In zoet water zijn opofferingsanoden het slechts effectief wanneer het om kleine oppervlakken gaat. KB-systemen met opgedrukte stroom zijn breder effectief en efficiënt toepasbaar.

Deze technieken verschillen in milieu-impact. Onderstaand figuur geeft de milieubelasting weer voor de eerste vier technieken. Kathodische bescherming met een opofferingsanode (zonder verfsysteem) geeft de meeste milieubelasting. Dat komt doordat er relatief veel milieubelasting veroorzaakt wordt door de productie van aluminium of zink van de opofferingsanode. De metalen komen gedurende de gebruiksfase langzaam in het water en kunnen daardoor ook niet meer gerecycled worden. Door kb te combineren met een verfsysteem wordt de milieubelasting meer dan drie keer lager. De laagste milieubelasting kan bereikt worden door kb door opgedrukte stroom te combineren met een verfsysteem. Kathodische bescherming zorgt ervoor dat de metalen constructie beschermd blijft – ook als het verfsysteem (licht) beschadigd raakt, waardoor er gedurende een lange gebruikperiode geen vervanging van het verfsysteem nodig is.

In de grafiek is gerekend met grijze stroom.



Figuur 5 Milieubelasting van verschillende conserveringssystemen (immersie)

RWS kiest er ook wel eens voor om niet te conserveren, maar de constructie over te dimensioneren en af te laten roesten gedurende de gebruiksfase. Door de MKI van staal (0,39 MKI/kg voor nieuw staal uit ijzererts of 0,12 MKI/kg voor staal dat afkomstig gerecycled staal komt) te vermenigvuldigen met het aantal kg staal voor overdimensionering en de berekende MKI te delen door de ontwerplevensduur (MKI/jaar door overdimensionering staal) kan de milieubelasting worden vergeleken met de milieubelasting van kb met en zonder verfsysteem.

De milieubelasting van alleen het kb-systeem met en zonder verfsysteem (hierin is de MKI van het verfsysteem dus niet opgenomen):

- 0,53 MKI/m²/jaar door kb door opofferingsanoden
- 0,15 MKI/m²/jaar door kb door opofferingsanoden met verfsysteem
- 0,12 MKI/m²/jaar door kb door opgedrukte stroom
- 0,04 MKI/m²/jaar door kb door opgedrukte stroom met verfsysteem

In de getijdenzone is de werking van kb mede afhankelijk van de hoogte van het tij, maar minder dan bij volledige onderdompeling in water. In de getijdenzone is het raadzaam een verfsysteem toe te passen als corrosiebescherming.

De splash zone wordt niet beschermd door een kb-systeem.

Deze afweging wordt hieronder geïllustreerd voor stalen damwanden.

4.2

Illustratie damwanden: afweging overdimensioneren of conserveren

In onderstaande tabel wordt weergegeven wat de afroesting is afhankelijk van de toepassing van de damwand (in zoet water of zout water) en de ontwerplevensduur (50 of 100 jaar). In deze afroesting is geen versnelde afname door microbiologisch beïnvloede corrosie (MIC) meegenomen.

Tabel 2 Afroesting van stalen damwanden (overgenomen uit het NMD rapport voor stalen damwanden [h41-funderingsconstructies-damwanden-v16.pdf](#))

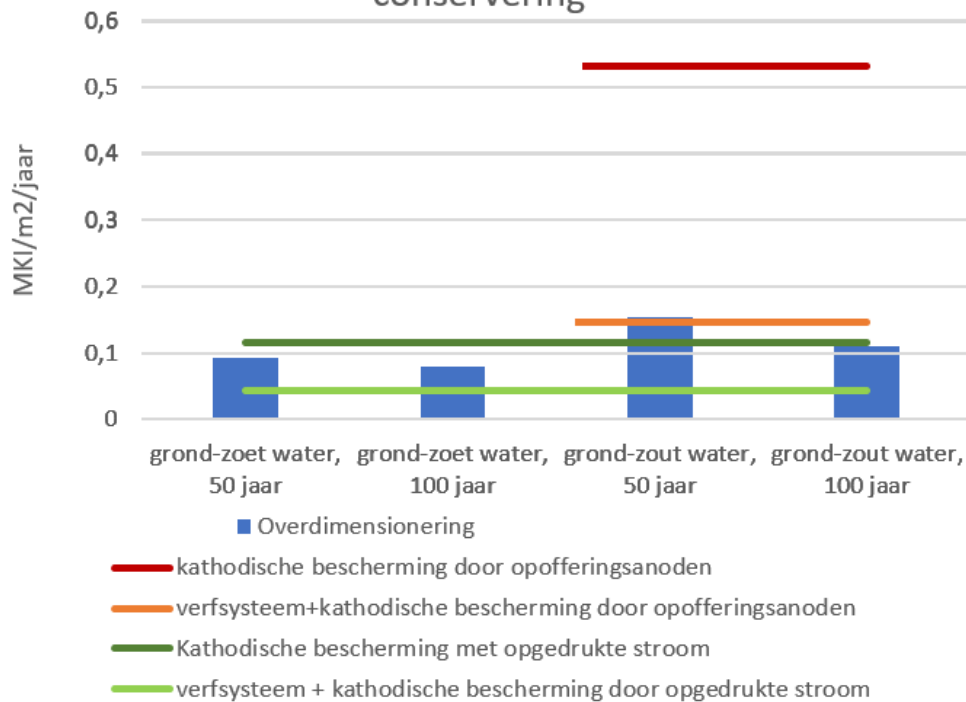
Producten	Variant	Afroesting (mm)	Afroesting (kg/m ²)
Stalen damwanden	1) Tijdelijke toepassing (korter dan 5 jaar)	-	-
Stalen damwanden	2) Permanent toegepast in een grond-zoetwater omgevingscombinatie (ontwerplevensduur 50 jaar)	1,5	11,7
Stalen damwanden	3) Permanent toegepast in een grond-zoetwater omgevingscombinatie (ontwerplevensduur 100 jaar)	2,6	20,3
Stalen damwanden	4) Permanent toegepast in een grond-zoutwater omgevingscombinatie (ontwerplevensduur 50 jaar)	2,5	19,5
Stalen damwanden	5) Permanent toegepast in een grond-zoutwater omgevingscombinatie (ontwerplevensduur 100 jaar)	3,6	28,1

Door de MKI voor damwandstaal (0,39 MKI/kg) te delen door de ontwerplevensduur kan de MKI per jaar berekend worden van overdimensionering, aangenomen dat de overdimensionering gelijk is aan de afroesting.

Ter illustratie voor een damwand die 50 jaar mee moet gaan in een grond-zoetwater toepassing;

$$\frac{11,7 \text{ kg staal/m}^2 \text{ damwand} * 0,39 \text{ MKI/kg}}{50 \text{ jaar}} = 0,09 \text{ MKI/m}^2 \text{ damwand/jaar}$$

Damwanden: Milieubelasting van overdimensionering + afroesting vergeleken met conservering



Figuur 6 Milieubelasting afroesten + overdimensioneren versus milieubelasting kb (+ verfsysteem)

Figuur 6 laat voor damwanden zien dat de milieubelasting van overdimensionering en afroesten lager (of gelijk) is dan de milieubelasting van kathodische bescherming met opofferingsanodes.

Kathodische bescherming met opgedrukte stroom en een verfsysteem heeft in alle situaties (zoet, zout, korte en lange ontwerplevensduur) de laagste milieubelasting. In zoetwater is de toepassing van kathodische bescherming door opofferingsanoden weinig effectief en efficiënt voor aluminium en zink. Alleen magnesium werkt goed maar deze worden zeer snel opgeofferd, dus ook niet efficiënt. In zoetwater verloopt het corrosieproces minder snel, en daarom is overdimensionering en afroesting de tweede voorkeursoptie met een relatief lage milieubelasting. In een zoute omgeving gaat de corrosie sneller en zeker bij een lange ontwerplevensduur geeft het minder milieubelasting om damwanden te conserveren met opgedrukte stroom, bij voorkeur in combinatie met een verfsysteem.