

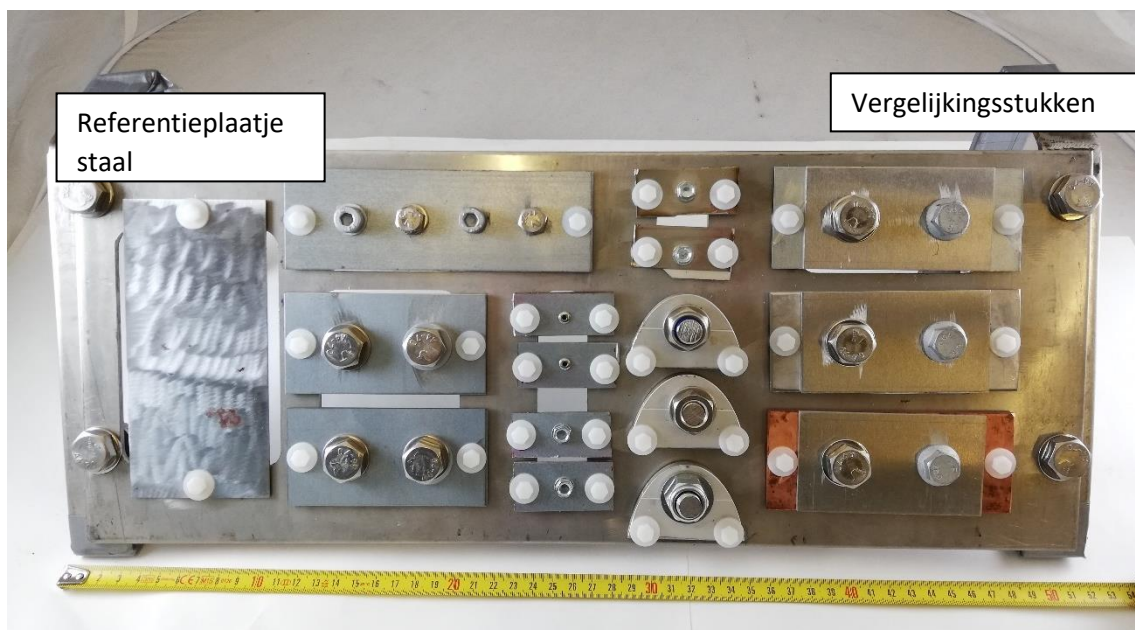
Galvanische corrosie in de atmosfeer in België

Jens Conderaerts, Project Manager Corrosion

Het Belgisch Instituut voor Lastechniek (BIL) voerde in het kader van het MULTICORR-project onderzoek naar het galvanische corrosiegedrag van drie materiaalcombinaties op vier atmosferische testlocaties in België.

1.1 Opzet onderzoek

Vier atmosferische testplaten werden aangemaakt waarop diverse testmonsters gemonteerd werden. Elke plaat bevat een referentiemonster in staal om de corrosiviteit van de omgeving te bepalen. Elke plaat bevat ook enkele identieke monsters waarbij aluminium gecombineerd wordt met roestvast staal 316L (RVS), gegalvaniseerd staal en koper door middel van RVS bouten (A4, \approx AISI type 316) en bouten bedekt met een zink-flake coating. Deze stukken worden gebruikt om de verschillende omgevingen te vergelijken met elkaar. Daarnaast bevat elke plaat ook enkele specifieke stukken waarover in dit artikel niet verder ingegaan wordt. Figuur 1 toont de testplaat die offshore werd blootgesteld.



Figuur 1: Voorbeeld testplaat met referentieplaatje in staal en vergelijkingsstukken.

De plaatsing van de platen is als volgt (zie Figuur 2) voor weergave op kaart en Figuur 3 voor foto's).

1. Expositie offshore op de offshore wind farm in de Noordzee (02/12/2020 tot 27/02/2022). De hoogte boven de zeespiegel bedraagt ongeveer 30 m. Plaatsing onder hoek van 45° .
2. Expositie in transportomgeving (onder bus De Lijn). (21/01/2021 tot 27/01/2021). Plaatsing horizontaal.
3. Expositie in transportomgeving op brug in Lommel (04/09/2020 tot 14/10/2021). Plaatsing onder hoek van 45° .

4. Expositie landelijke / industriële omgeving op een bedrijventerrein in Sint-Truiden (7/12/2020 tot 7/12/2021). Plaatsing naar het zuiden, hoek 45°.

De referentieplaatjes werden voor de expositie gewogen. Na de test werden de corrosieproducten verwijderd door te reinigen:

- Voor staal in geïnhibeerd zuur (HCl, HTMA)
- Voor staal in geconcentreerd salpeterzuur
- Voor zink in ammoniumchloride
- Voor RVS in verdund salpeterzuur



Figuur 2: Locatie testplaten



Figuur 3: Plaatsing testplaten

1.2 Corrosiviteit van de verschillende atmosferische omgevingen

Het gewichtsverlies van de stalen referentieplaatjes (Tabel 1) geeft na de test inzicht in de corrosiviteit van de atmosfeer volgens ISO 9223 (zie Tabel 2).

1. De offshore omgeving is niet zeer agressief: corrosie categorie C3. Mogelijk heeft dit te maken met de plaatsing op het substation in de Noordzee, op een zekere hoogte boven de zeespiegel. De zone nabij het zeeniveau is zeker meer agressief dan een zone op tientallen meters boven de zeespiegel. Dit heeft te maken met de aanwezigheid van aerosolen (met zout) in de lucht, die minder aanwezig zijn naarmate men zich hoger boven de zeespiegel bevindt. Het chloride-gehalte in de corrosieproducten bleek relatief beperkt (0.1% op basis van een semi-kwantitatieve EDX-analyse).
2. De rijdende transportomgeving aan de bodemplaat van een bus blijkt uitermate agressief: corrosie categorie C5. De corrosieproducten bevatten een hoge hoeveelheid chlorides (4%).
3. De gefixeerde transportomgeving bleek matig agressief op de grens tussen corrosie categorie C4 en C5. Wegens de testperiode van iets meer dan één jaar wordt dit als C4 beschouwd. Het chloridegehalte in de corrosieproducten bleek echter wel relatief beperkt (0.1%). Mogelijk speelde de plaatsing op een brug, boven een kanaal, waar er verdamping en condensatie van water van het kanaal op de testcoupons kan plaatsvinden
4. De industriële omgeving in Sint-Truiden bleek weinig agressief: corrosie categorie C2. Dit zijn typische waarden voor landelijke omgevingen in België. Enkel zwavel werd aangetroffen als contaminant.

Tabel 1: Stalen referentieplaatjes: gewichtsverlies en corrosieproducten

Plaat	Omgeving	Gewichtsverlies staal [g/m ²]	Corr. Categorie (ISO 9223)	Corrosie- producten (EDX- analyse)
1	Offshore	206	C3	Fe / O / Cl (0,2%) / S (0,1%) / P (0,1%)
2	Transport rijdend	1174	C5	Fe / O / Cl (4,1%) / S (0,7%) / Al / Si
3	Transport gefixeerd	667	C4	Fe / O / Cl (0,1%) / S (0,1%)
4	Onshore – niet- agressief	57	C2	Fe / O / S (0,2%)

Tabel 2: Toekenning corrosie categorie op basis van gewichtsverlies staal in eerste jaar (uit ISO 9223)

	Gewichtsverlies staal in 1e jaar [g/m ²]
C1	< 10
C2	10 tot 200
C3	200 tot 400
C4	400 tot 650
C5	650 tot 1500
CX	> 1500

1.3 Galvanische corrosie

Een voorbeeld van testplaatje koper-aluminium na de proef op de rijdende locatie is gegeven in Figuur 4. Het aluminium vertoont ernstige aantasting. De zink-flake moer vertoont eveneens rode roest waar deze contact maakt met het koperplaatje.

Voor de verschillende testplaten kan vastgesteld worden dat:

- De zink-flake bout, altijd in contact met aluminium, vertoont niet meer schade door combinaties van aluminium dan met andere materialen. De omgeving heeft de aantasting ook bijna niet beïnvloed.
- De zink-flake moer in contact met koper vertoont meeste corrosie in de agressieve transportomgevingen (C4 en C5). De moer in contact met RVS vertoont corrosie (rode roest) maar het gewichtsverlies is enkel substantieel in de testplaat “transport gefixeerd”.
- De RVS bouten waren telkens nagenoeg intact gebleven.

Tabel 3 toont het overzicht van het gewichtsverlies van aluminium en het verzinkt staal, RVS en koper na de atmosferische expositieproeven. Voor de **combinatie tussen aluminium en zink vertoont geen van beide een galvanisch corrosie-effect**. De aantasting van beide materialen ligt binnen de typische grenzen van normale aantasting afhankelijk van de corrosie categorieën. Figuur 5 toont een grafische weergave hiervan. Een beperkte verhoging wordt weliswaar vastgesteld voor zink in de minst agressieve omgevingen C2 en C3 ten opzichte van zijn normale corrosie in ongekoppelde toestand. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door het ontwerp met spleten en bouten wat de aantasting verhoogd heeft of is er toch sprake van een beperkt galvanisch effect.

Binnen eenzelfde omgeving kan het materiaaleffect op galvanische corrosie van aluminium duidelijk vastgesteld worden (Figuur 6). Ten opzichte van een combinatie van aluminium met zink, zorgt een **combinatie van aluminium met RVS gemiddeld genomen voor een bijkomende corrosie met ongeveer factor 10** en een **combinatie van aluminium met koper voor een bijkomende corrosie met ongeveer factor 50**. In de omgeving binnenland (C2) was de bijkomende corrosie echter zeer beperkt en waren deze versnellingsfactoren lager dan dit gemiddelde. In de meest agressieve omgevingen waren deze versnellingsfactoren dan weer hoger. Een combinatie van aluminium met koper is hiermee nogmaals bewezen als zeer nefast voor de integriteit van het aluminium. In het bijzonder in agressieve omgevingen kan het effect groot zijn. Terwijl de aantasting van het stalen referentieplaatje tussen het stuk in C2 en

het stuk in C5 een factor 20 verschil bedraagt, is de aantasting tussen het aluminium van het stuk in C2 en C5 een factor 65 verschil.

Tabel 3: Gewichtsverlies van aluminium en verzinkt staal, koper of RVS na atmosferische expositieproeven

Plaatt	Omgeving	Corr.-Cat.	Gewichtsverlies aluminium [g/m ²]			Gewichtsverlies verzinkt staal, RVS of koper [g/m ²]		
			Galv + alu	RVS + alu	Cu + alu	Galv + alu	RVS + alu	Cu + alu
1	Offshore	C3	1	11	55	11	0,6	11
2	Transport rijdend	C5	2	42	464	53	0,3	5
3	Transport gefixeerd	C4	5	86	367	35	0,7	7
4	Onshore – niet-agressief	C2	1	2	7	14	0,3	3

1.4 Besluit

Het onderzoek toont aan dat de agressiviteit van de omgeving sterk bepaald kan worden door lokale omstandigheden, zoals bijvoorbeeld het gebruik van strooizouten, of de hoogte boven de zeespiegel in offshore toepassingen. De gebruikelijke veronderstellingen van indelingen in corrosiecategorieën waarbij alles offshore als zeer agressief beschouwd wordt (typisch categorie C5) en alles in het Belgische binnenland als minder agressief (typisch categorie C3) zijn bijgevolg niet altijd geldig.

Het onderzoek toonde verder aan dat aluminium zeer gevoelig is aan galvanische corrosie, gezien het een relatief onedel materiaal is en zich daarom opoffert voor meer edele materialen als RVS of koper.

Bij de combinatie tussen aluminium en zink (verzinkt staal) aan elkaar gebout, vertoont geen van beide een galvanisch corrosie-effect. Een combinatie van aluminium met RVS leidt gemiddeld genomen voor een bijkomende corrosie van het aluminium met ongeveer factor 10 en een combinatie van aluminium met koper voor een bijkomende corrosie met ongeveer factor 50. Dit effect was minder uitgesproken in weinig agressieve omgevingen en meer uitgesproken in zeer agressieve omgevingen.

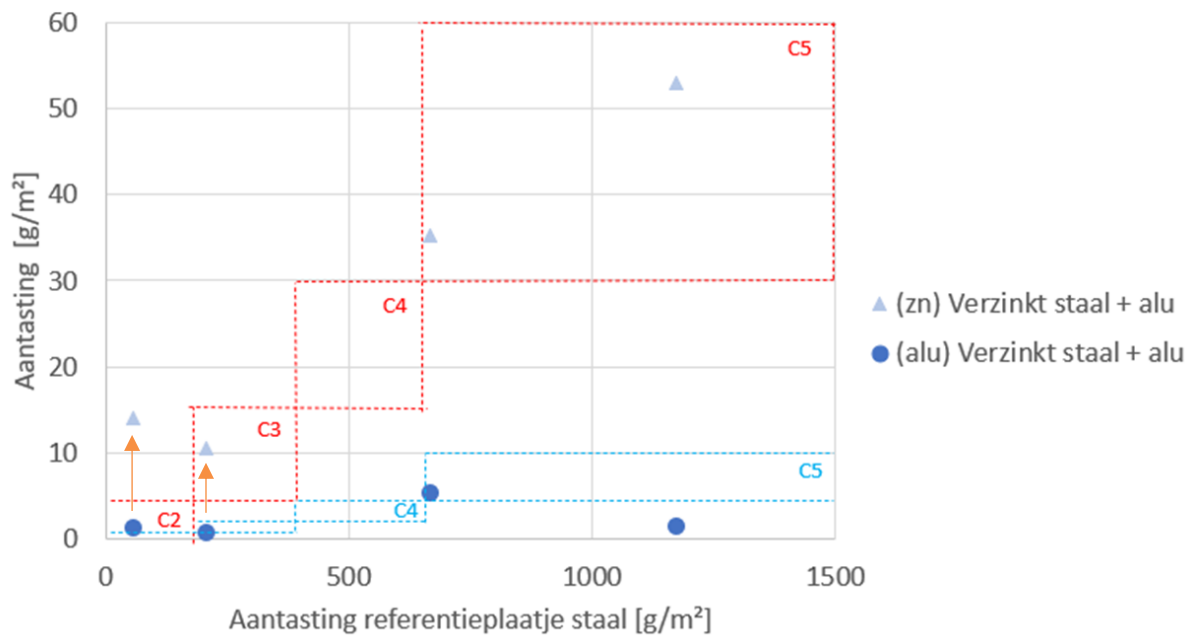
1.5 Contact en meer informatie

Jens.conderaerts@bil-ibs.be

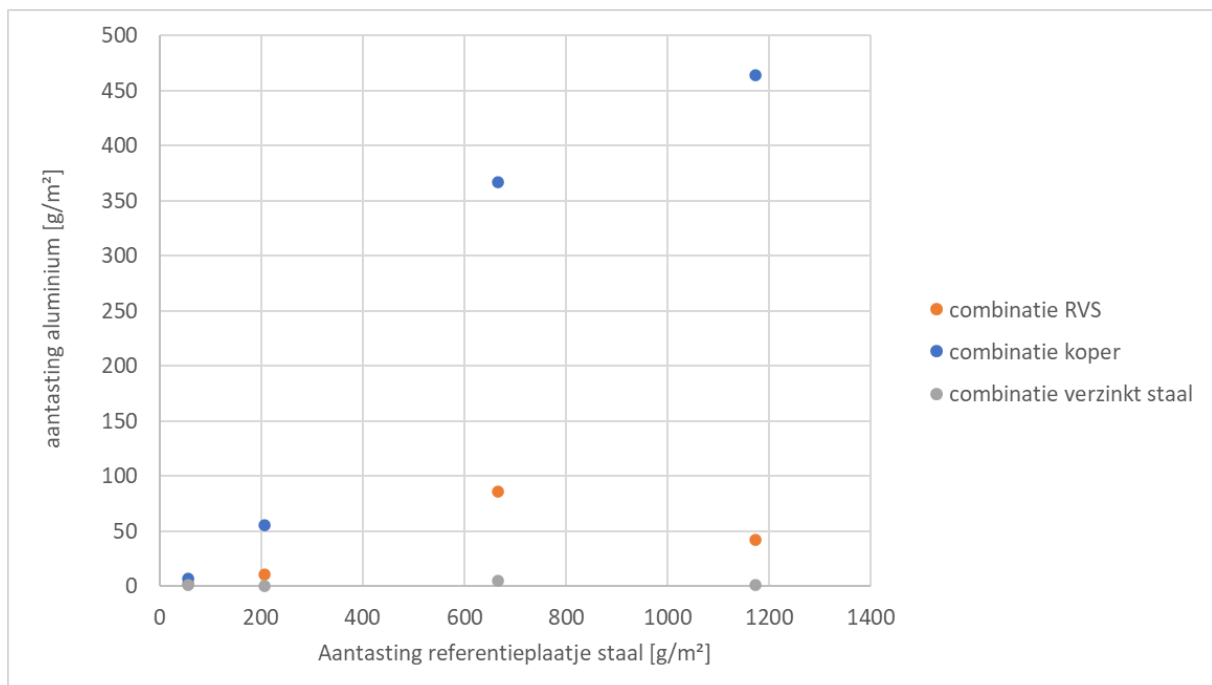
[MULTICORR: Galvanische Corrosie bij Multimateriaalverbindingen | Belgisch Instituut voor Lastechniek vzw \(bil-ibs.be\)](#)



Figuur 4: Testplaatje koper en aluminium na atmosferische expositie (rijdend, onder bus), voor- en achterzijde. De voorzijde werd onmiddellijk blootgesteld aan spatwater tijdens de expositie, de achterzijde indirect. Testplaatjes na borstelen, niet-gereinigd in zuur. Corrosieproducten zijn zichtbaar op het aluminium. Bruinroest is zichtbaar op de zink-flake moer (contact koper). De kop van de zink flake bout vertoont deze rode roest niet.



Figuur 5: Aantasting zink (driehoeken) en aluminium (bollen) in onderlinge combinatie en hun 'normale' corrosie. De normale waarden van aantasting in de verschillende corrosiecategorieën voor zink zijn gegeven in rode lijnen, voor aluminium in blauwe lijnen. Voor geen van beide kan een galvanisch effect worden vastgesteld. De corrosie ligt binnen lijn van verwachtingen. Een beperkte verhoging wordt vastgesteld voor zink in C2 en C3, mogelijk veroorzaakt door het ontwerp met spleten en bouten wat de aantasting verhoogd heeft of toch een beperkt galvanisch effect (oranje pijlen).



Figuur 6: Aantasting van het aluminiumplaatje (gekoppeld aan ander metaal) uit atmosferische testomgevingen in functie van aantasting referentieplaatje staal.

Gemiddeld genomen neemt de aantasting van het aluminium toe met meer agressieve omgevingen. Voor de combinatie met zink is deze aantasting in lijn met de normale aantasting (geen galvanische effect). Het materiaaleffect is duidelijk: een combinatie met koper is zeer nefast.