



Notitie 9-9-2021

Dossier 10868

Mijnbouwschade aan mestkelders: Advies aan IMG over betonschade en putcorrosie

1 Inleiding

In 2020 heeft de toenmalige Tijdelijke Commissie Mijnbouwschade Groningen (TCMG) aan een onafhankelijk panel van deskundigen gevraagd een advies uit te brengen over de beoordeling van mogelijke mijnbouwschade aan mestkelders. Dat paneladvies is vastgelegd in het document “*Mijnbouwschade aan mestkelders; Inzichten voor een nieuw beoordelingskader*” [1], dat op 11 september 2020 is verschenen. Het Instituut Mijnbouwschade Groningen (IMG) heeft per 1 juli 2020 de taken en bevoegdheden van de TCMG overgenomen.

Het IMG heeft aangegeven binnenkort te gaan beginnen met het afhandelen van de meldingen van schade aan mestkelders aan de hand van het paneladvies van september 2020 en op voorhand wat meer informatie te willen hebben over bepaalde vraagstukken. Het gaat daarbij met name om het door één van de betrokken maatschappelijke organisaties naar voren gebrachte aspect van putcorrosie. Het IMG heeft aan ondergetekende¹ gevraagd om haar op dat onderwerp te adviseren en in dat kader een aantal vragen te beantwoorden. De vragen zijn weergegeven in hoofdstuk 3 van deze notitie.

2 Documenten

In de onderhavige notitie is verwezen naar de volgende documenten:

1. Panel Mestkelders, “*Mijnbouwschade aan mestkelders; Inzichten voor een nieuw beoordelingskader*”, 11 september 2020.
2. Versluis, B.L. en G.N. Schonewille, “DESKUNDIGENRAPPORTAGE; Inzake rapport Mijnbouwschade aan mestkelders”, DLV Advies, 19 januari 2021.
3. Reinhardt, H.W., “BETON als constructiemateriaal; eigenschappen en duurzaamheid”, 1985.
4. CUR rapport 172, “*Duurzaamheid en onderhoud van betonconstructies*”, Tweede herziene uitgave, januari 1998.
5. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Betonrot>.
6. BETONIEK 7/25, “*Beton voor mestopslag*”, mei 1988.

¹ Ondergetekende was lid van het Panel Mestkelders.

3 Vragen van IMG en aanleiding daarvoor

Het IMG heeft voor het advies aan ondergetekende de navolgende vragen voorgelegd.

1. Wat is de betekenis van putcorrosie en betonrot? Zijn de begrippen inwisselbaar? Zo nee, wat is het verschil?
2. In hoeverre is er sprake van putcorrosie dan wel betonrot in een mestkelder zonder enig effect van bodembeweging door mijnbouw?
3. In hoeverre is er extra schade in de vorm van putcorrosie dan wel betonrot mogelijk als gevolg van bodembeweging door mijnbouw?
4. Indien bodembeweging door mijnbouw (extra) schade in de vorm van putcorrosie dan wel betonrot kan veroorzaken, in hoeverre kan dat effect hebben op de resterende levensduur van de mestkelder? In hoeverre degradeert de mestkelder sneller door aantastingsmechanismen als putcorrosie dan wel betonrot?
5. Indien (extra) schade in de vorm van putcorrosie dan wel betonrot als gevolg van bodembeweging door mijnbouw mogelijk is, wat kan dan de omvang/ernst van deze extra schade zijn? Kunnen deze aantastingsmechanismen op zichzelf leiden tot instroom van grondwater en/of constructieve schade aan de mestkelder?
6. Indien bodembeweging door mijnbouw constructieve schade aan de mestkelder kan veroorzaken, is deze schade van zo'n dusdanige omvang dat instorting van de mestkelder een reëel risico is?
7. In hoeverre is een verdere verminderde functionaliteit van de mestkelder reëel, wanneer de bedrijfsschade als gevolg van instroom van grondwater is gecompenseerd?

Voor zover ondergetekende heeft begrepen, zijn de vragen voor een belangrijk deel ingegeven door hetgeen is vermeld in een deskundigenrapportage van DLV Advies van 19 januari 2021 [2], dat door het Groninger Gasberaad bij het IMG is ingebracht als reactie op het paneladvies [1]. Navolgend zijn door ondergetekende in het kader van de gestelde vragen relevante passages uit [2] naar voren gehaald.

In de samenvatting is door DLV Advies onder “overige aandachtspunten” onder andere het volgende gesteld:

“Lekkage van mestkelders is een risico voor de constructie van het gebouw, door de scheurvorming en instroom verzwakt de constructie. Dit proces kan al een aantal jaren bezig zijn.”

Onder paragraaf 3.1 “Gevolgen lekkage” is aangegeven wat volgens DLV Advies de gevolgen kunnen zijn van in de mestkelder instromend grondwater. Daarbij is met betrekking tot de gevolgen voor de constructie van de mestkelder het volgende aangegeven:

- *“Bij een lekkende kelder zijn de keldervloer en/of de wanden gescheurd. Het intredende grondwater tast de wapening in de scheuren aan waardoor de constructie verzwakt. Betonstaal wordt beschermd door het omliggende beton (wapeningsdekking), echter in*

scheuren kan de aanwezige chloride in het grondwater de wapening aantasten met als gevolg putcorrosie.



Putcorrosie is een ernstig aantastingsmechanisme: de constructie kan bezwijken vanwege het ontbreken van (doorgaande) wapening.

Gezien het tijdstip van de melding van de eerste schade aan mestkelders kan dit proces al een aantal jaren bezig zijn.

- *De mestkelders vormen het fundament voor de stallen, scheurvorming in het fundament kan schade aan de bovenbouw veroorzaken. Bij grote beschadigingen aan de kelder-vloer en/of wanden kan de fundering niet meer voldoen.”*

Onder hoofdstuk 5 “Mogelijkheden en kosten herstel” is ook ingegaan op de gevolgen van scheurvorming voor de constructieve veiligheid van de bovenbouw:

“De voorwaarde voor reparatie is wel dat de constructie nog intact moet zijn: de aanwezige wapening mag niet aangetast zijn. Omdat we ervan uitgaan dat er een duidelijke relatie is met de geïnduceerde bevingen zal de scheurvorming een aantal jaren geleden zijn begonnen (de zwaardere geïnduceerde bevingen zijn in 2003 begonnen en in 2012 heeft de zwaarste beving plaatsgevonden). De omstandigheden (agressief milieu mest en grondwater) en de tijd doen vermoeden dat het wapeningsstaal is aangetast. Dit heeft blijvende gevolgen voor de gehele constructie, ook voor de tussenwanden in de kelder. Scheuren in deze wanden hebben geen lekkage tot gevolg maar zijn constructief wel van belang omdat hier de vloeren en soms de staalconstructie op steunen.

Het is duidelijk dat scheurvorming in de onderbouw gevolgen heeft voor de constructieve veiligheid van een gebouw. Onderzoek zal moeten aantonen of de schade reparabel is.”

4 Beschouwingen m.b.t. betonschade door corrosie

Voordat de vragen van IMG in hoofdstuk 7 worden beantwoord, is in dit hoofdstuk meer in algemene zin ingegaan op een aantal zaken gerelateerd aan de gestelde vragen. Daarbij wordt met name ingegaan op schademechanismen bij gewapend betonconstructies door corrosie [4]. In hoofdstuk 5 wordt aandacht besteed aan de omstandigheden bij mestkelders en de mogelijke gevolgen van corrosie van de wapening en in hoofdstuk 6 aan de gevolgen van het agressieve milieu in mestkelders voor de

betonconstructie. Navolgend wordt eerst nog de functie van de wapening in beton toegelicht, alsmede meer specifiek de functie van de horizontale wapening in de mestkelderwanden.

Functie van wapening in beton

Beton is een materiaal dat goed in staat is drukspanningen op te nemen, maar bij trekspanningen zal het relatief snel scheuren. Door in het beton betonstaal (wapening²) op te nemen, kunnen ook trekkrachten worden opgenomen. Na het scheuren neemt de wapening het van het beton over. Wapening is dus nodig op plaatsen waar trekkrachten op kunnen treden. Ook als voor de directe belastingafdracht in een gewapende betonconstructie op bepaalde plaatsen geen wapening benodigd is, wordt veelal toch wel enige (*o.a. om de wapening in de andere richting tijdens betonstorten op z'n plaats te houden*), of een zekere minimale hoeveelheid, wapening toegepast. Wat dat laatste betreft kan worden gewezen op de regel in de betonvoorschriften dat bij in één richting dragende platen in dwarsrichting 20% van de hoofdwapening (*bij de mestkelderwanden de verticale wapening*) als verdeelwapening moet worden toegepast. De achtergrond hiervan is gelegen in lastspreiding en/of in wat wordt genoemd "*dwarscontractie*". Lastspreiding speelt bij de situatie van de mestkelderwanden geen rol en dwarscontractie speelt met name in wat wordt genoemd de gebruikstoestand (*scheurvorming*) en is daarom in het onderhavige kwestie met de toch al aanwezige verticale scheuren niet van belang. Samengevat is de conclusie dat een onderschrijding van de minimale hoeveelheid verdeelwapening (*bij de mestkelderwand de horizontale wapening*) door bijvoorbeeld wegvallen van de wapening door corrosie, geen impact heeft op de veiligheid (*uiterste grenstoestand*) van de mestkelder.

Bescherming van de wapening in beton tegen corrosie

Onder de klimatologische omstandigheden in Nederland zal staal roesten (corroderen) door een reactie van het ijzer met zuurstof en water. Als betonstaal in beton wordt toegepast, wordt het door het beton beschermd. Beton is namelijk sterk basisch. Het poriënwater in het beton dat de wapening omringt, heeft een pH-waarde van boven de 12. We spreken van een alkalisch milieu van het beton. Door dit alkalisch milieu ontstaat er op de wapening een zeer dun beschermend huidje dat passiveringslaag wordt genoemd. Die passiveringslaag beschermt de wapening tegen corrosie (roest).

Aantasting van de wapening door corrosie

Als door externe invloeden de samenstelling van het poriënwater ter plaatse van de wapening verandert, kan de passiveringslaag worden aangetast. Dat kan zijn door het binnendringen van koolzuur (CO₂) uit de lucht en door de aanwezigheid of binnendringen van chloride-ionen.

Als gevolg van het binnendringen van koolzuur in het beton neemt de pH-waarde van het poriënwater langzaam af. Het proces dat hierbij optreedt, wordt carbonatatie genoemd. Als de pH-waarde daalt tot onder een waarde van ongeveer 8, wordt de passiveringslaag aangetast. Dan *kán* de wapening gaan roesten. Als dat optreedt, wordt gesproken van *carbonatatie geïnitieerde wapeningscorrosie*.

Ook door indringen van chloride in het beton kan de passiveringslaag worden aangetast. Bij voldoende chloride-ionen in het poriënwater rond de wapening, wordt de passiveringslaag lokaal opgelost. We spreken in dit geval van *chloride geïnitieerde corrosie*. Deze vorm van corrosie kan ook optreden als al bij de productie een te hoog chloridegehalte aanwezig was in het beton (*zie navolgend onder betonrot*). Chloride geïnitieerde corrosie treedt vaak op in de vorm van putcorrosie, wat navolgend nader wordt toegelicht.

² Voor het staal dat in de vorm van staven in beton wordt toegepast, worden verschillende benamingen gebruikt, zoals wapening, wapeningsstaal, betonstaal.

Putcorrosie

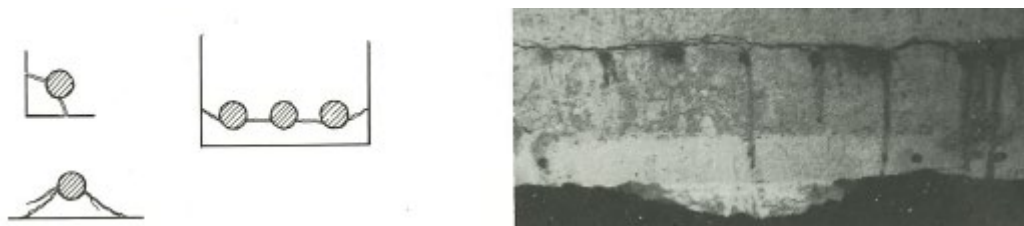
Bij chloride geïnitieerde corrosie kan na het door de chloride-ionen doorbreken van de passiveringslaag corrosie optreden op een wijze waarbij de corrosie lokaal veel sneller dieper in het betonstaal dringt. Er ontstaat min of meer een put in het betonstaal en daarom wordt gesproken van “*putcorrosie*”. Reinhardt [3] schrijft erover het volgende (*pitting is putcorrosie*):

“Bij corrosie-initiatie door chloride is de corrosiesnelheid gemiddeld circa 5 maal zo groot als bij carbonatatie-initiatie. Hierbij komt nog dat de locale beschadiging door pitting 4 à 10 maal de gemiddelde corrosiediepte kan zijn. In totaal komt dit neer op 1 à 2,5 mm/jaar.”

Samengevat kan worden gesteld dat bij chloride geïnitieerde corrosie putcorrosie kan optreden waarbij zeer lokaal en diep in het betonstaal corrosie optreedt. Bij eenzelfde hoeveelheid omgezet ijzer (= *mate van corrosie*) is het gevolg voor het functioneren van de wapening bij chloride geïnitieerde wapeningscorrosie (*putcorrosie*) ernstiger dan in het geval van carbonatatie geïnitieerde wapeningscorrosie. De doorsnede van een wapeningsstaaf kan bij door chloride geïnitieerde wapeningscorrosie lokaal sterk zijn verminderd [4].

Mogelijke gevolgen van corrosie

Door corrosie van het wapeningsstaal neemt de doorsnede ervan af en daarmee de sterkte van een wapeningsstaaf. Daarnaast is het zo dat bij roesten de corrosieproducten een groter volume innemen dan het oorspronkelijke staal. In de literatuur is gerapporteerd dat het volume van roestproducten 2,5 tot 6 keer zo groot kan zijn als dat van het staal [3]. De corrosieproducten zullen eerst de poriën en luchtbellens aan het staaloppervlak vullen. Daarna zal door de volumevergroting druk ontstaan, die tot een scheur langs de wapeningsstaaf kan leiden en bij meerdere staven naast elkaar die roesten tot een scheurvlak evenwijdig aan het betonoppervlak (*figuur 1*).



figuur 1 Scheuren langs staven als gevolg van corrosie [3].

Bij putcorrosie is vanwege het lokale karakter en de geringere hoeveelheid omgezet ijzer de kans op afdrukken van de betondekking klein.

Betonrot

Een in de volksmond veel gebruikte term in het geval van schade aan gewapend betonconstructies is “betonrot”. Navolgend is een deel van de uitleg op Wikipedia [5] overgenomen, waarin ondergetekende zich kan vinden.

“Betonrot is een term die veelal door leken gebruikt wordt om bepaalde schade aan gewapend beton aan te duiden. De term is verwarrend omdat in chemisch of biologisch opzicht geen sprake is van verrotting en het niet gaat om een proces dat in het materiaal

beton plaatsvindt. Meestal bedoelt men schade die is ontstaan doordat de in het beton aanwezige wapening is gaan roesten door van buiten komende schade aan het beton of omdat de wapening te dicht onder de betonoppervlakte is aangebracht.”

De term is met name in de tachtiger jaren van de vorige eeuw in zwang geraakt, toen vanwege in de zestiger en zeventiger jaren toegepaste verhardingsversnellers veel corrosieproblemen aan het licht kwamen. Het toevoegen van calciumchloride aan het beton, waardoor het beton sneller verhardde, was in die tijd toegestaan en veel toegepast bij onder andere balkons en bepaalde vloersystemen voor de begane grond van woningen (*bekende systemen met veel schade zijn de Kwaaitaalvloeren en Mantavloeren*). De ingemengde chloriden zorgden ervoor dat enkele decennia later chloride geïnitieerde wapeningscorrosie leidde tot zeer ernstige corrosieproblemen. Heden ten dage wordt de term “betonrot” nog steeds gebruikt voor deze vorm van wapeningscorrosie, maar wordt het ook gebruikt voor betonschade door wapeningscorrosie in meer algemene zin.

5 Corrosie van wapening bij mestkelders

Met de informatie in hoofdstuk 4 is het schademechanisme wapeningscorrosie bij gewapende betonconstructies toegelicht. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op wat dat kan betekenen voor de mestkelders waarvoor het panel advies heeft uitgebracht.

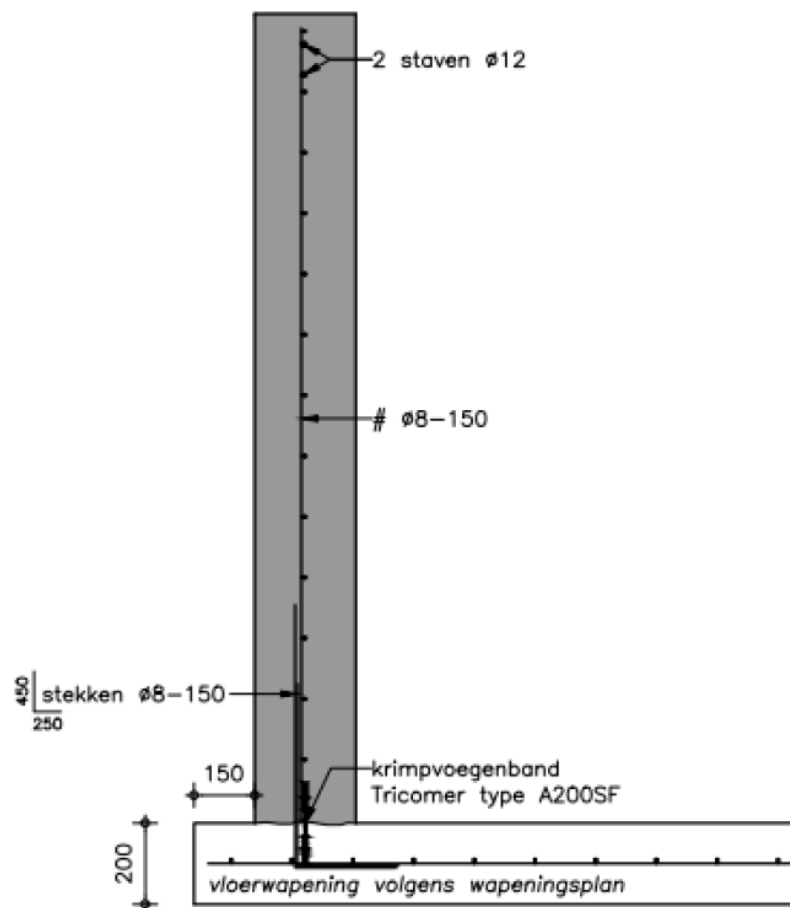
Zoals in hoofdstuk 3 is toegelicht, is de aanleiding voor de vragen van het IMG gelegen in hetgeen DLV Advies naar voren heeft gebracht. DLV Advies stelt dat het via scheuren in de wanden intredende grondwater de wapening in de scheuren aantast waardoor de constructie verzwakt. En dat door de aanwezige chloride in het grondwater het ernstige aantastingsmechanisme putcorrosie kan optreden. Verder is in dat verband aangegeven dat door het ontbreken van (doorgaande) wapening de constructie kan bezwijken.

De stellingname van DLV Advies is zeer algemeen en hetgeen wordt gesteld is naar de mening van ondergetekende voor betonconstructies in het algemeen zeker niet juist. Bij chloride geïnitieerde wapeningscorrosie kan inderdaad putcorrosie optreden en daardoor kan de sterkte, c.q. de functie, van de wapening wegvallen. En in zeer bijzondere gevallen zou dat kunnen leiden tot bezwijken van een constructie. Of dit op kan treden, hangt van vele factoren af, zoals de positie van de scheur ten opzichte van de wapening en de functie van de betreffende wapening. Om een uitspraak te kunnen doen over het gevaar van putcorrosie voor een bepaalde betonconstructie zal naar die aspecten moeten worden gekeken. Navolgend is dat door ondergetekende voor de mestkelders gedaan, waarbij er voor de beschouwingen eenvoudigheid halve vanuit is gegaan dat grondwater chloride houdend kan zijn. Of, en zo ja in welke mate en op welke plaatsen, het chloride gehalte in grondwater zo hoog kan zijn dat het kan leiden tot corrosie, zou ook nader kunnen worden beschouwd. Echter, gezien de beschouwingen in de onderhavige notitie over de mogelijke effecten van putcorrosie in het geval van chloride houdend grondwater, lijkt ondergetekende dat niet direct nodig. Opgemerkt kan nog wel worden dat hogere meetwaarden voor chloriden voornamelijk voorkomen in gebieden waar het grondwater brak of zout is.

Bij gewapend betonnen mestkelders is de functie van de wanden primair het bieden van weerstand aan horizontale belastingen van buitenaf door grond en grondwater of van binnenuit door de mest. Voor de krachtswerking in de wand is primair verticale wapening benodigd. Veelal is voor buitenwanden van mestkelders een lichte wapening aan zowel de binnen als de buitenzijde van de wand

toegepast, maar ook een enkel wapeningsnet in het midden komt voor. Omdat de belastingen op de wanden relatief gering zijn, is er niet veel (*verticale*) wapening benodigd. Veelal zal kunnen zijn volstaan met een minimum wapeningspercentage wat ligt in de orde van grootte van 0,2% van de betondoorsnede. Voor de horizontale wapening (*ook wel verdeelwapening genoemd*), geldt dat die minimaal gelijk moet zijn aan 20% van de hoofdwapening (*de verticale wapening in dit geval*). Kortom, voor de horizontale wapening voldoet met betrekking tot de belastingafdracht een zeer minimale praktische wapening, die in de praktijk ook veelal zo zal zijn toegepast.

Als op de mestkelder een (stal)gebouw is aangebracht geldt nog steeds dat in de wanden van de mestkelder primair de verticale wapening benodigd is voor de belastingafdracht. Ook hebben de wanden dan de functie van het naar de fundering afdragen van de verticale belasting uit het gebouw. Voor de krachtswerking zou dan feitelijk geen horizontale wapening benodigd zijn, maar toch zal dan altijd nog een minimale hoeveelheid wapening worden toegepast. In de rapportage van DLV Advies is een voorbeeld van een buitenwand van een mestkelder met de daarin toegepaste wapening weergegeven (*in figuur 2 overgenomen*). In het betreffende voorbeeld is alleen in het midden van de wand (*dikte naar verwachting 250 mm*) een kruisnet $\text{Ø}8\text{-}150$ toegepast, hetgeen betekent dat een wapeningspercentage 0,13% is toegepast. Zoals in het paneladvies [1] is toegelicht, zal bij een dergelijk laag percentage in het geval van verhinderde vervorming in langsrichting van de wanden door de mestkeldervloer, verticale scheurvorming in de wanden optreden.

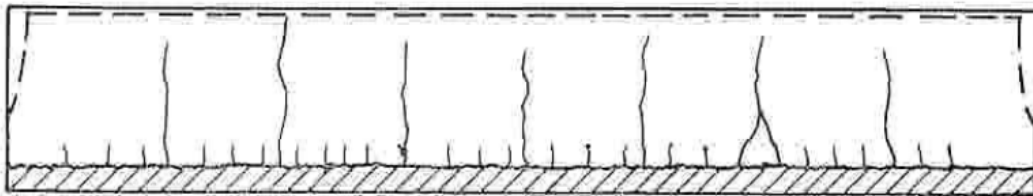


figuur 2 Voorbeeld van een mestkelderwand en daarin toegepaste wapening (ontleend aan rapport van DLV Advies [2]).

In het beton van de wanden van de mestkelder zal geen verhardingsversneller in de vorm van calciumchloride zijn toegepast. Maar als chloride houdend grondwater door een scheur in de mestkelder intreedt, zal chloride geïnitieerde wapeningscorrosie, zoals DLV Advies ook aangeeft, op kunnen treden. Dit betekent dat eventuele putcorrosie ook alleen ter plaatse van scheuren op kan treden.

Alvorens in te gaan op wat het betekent als door putcorrosie bepaalde wapeningsstaven hun functie verliezen, wordt eerst ingegaan op de in hoofdstuk 4 genoemde schadevorm van het afdrukken van de betondekking in het geval van wapeningscorrosie. Bij de mestkelders is de kans daarop klein. Enerzijds kan erop worden gewezen dat relatief weinig wapening met een geringe diameter wordt toegepast, waardoor de hoeveelheid corrosieproducten beperkt zal zijn en daarom ook de druk die ter plaatse van de wapening in het beton wordt opgebouwd. Daarnaast zal door alleen putcorrosie sowieso niet snel betondekking worden afgedrukt, zoals in hoofdstuk 4 is toegelicht. Dit betekent dat de schade aan de betonconstructie door het afdrukken van beton verder niet hoeft te worden beschouwd. Wat overblijft is het effect van het door putcorrosie wegvallen van de functie van de wapening.

Bij kelderwanden met relatief weinig horizontale wapening ontstaat bij verhinderde krimpvorming door de keldervloer veelal een scheurenpatroon, zoals dat in *figuur 3* schematisch is weergegeven. Het zijn de verticale scheuren die naar boven in de wand doorlopen, die de grootste scheurwijdte zullen hebben en vanaf een bepaalde afstand vanaf de onderzijde van de wand watervoerend zullen kunnen zijn. De onderlinge afstand van die scheuren is veelal ongeveer gelijk aan de wandhoogte.



figuur 3 Scheurvorming in een betonwand, waarvan de onderzijde door een betonvloer wordt verhinderd te verkorten (ontleend aan *figuur 4* in *Bijlage 2* van [1]).

Een verticale watervoerende scheur zal zeker de horizontale wapening doorkruisen. Dit betekent dat in het geval van chloride houdend grondwater putcorrosie in de horizontale wapening op zou kunnen treden. Als putcorrosie optreedt, zou het ook kunnen betekenen dat de functie van de betreffende horizontale wapening wegvalt. Omdat, zoals voorgaand is aangegeven, de horizontale wapening geen functie heeft in de krachtswerking van de wand, heeft dat geen enkel gevolg voor de constructieve veiligheid van de wand, c.q. de mestkelder. De belasting kan dan nog steeds worden afgedragen en dat geldt voor zowel de horizontale belasting door grond- en/of waterdruk en als de verticale belasting uit een bovenbouw.

Het is mogelijk dat een verticale scheur zich precies bevindt ter plaatse van een verticale wapeningsstaaf in de wand. In dat geval zal het wegvallen van die wapeningsstaaf door putcorrosie betekenen dat de capaciteit van de wand voor belastingafdracht enigszins afneemt. In het meest ongunstige geval zou het zo kunnen zijn dat iedere verticale scheur zich bij een verticale wapeningsstaaf bevindt. Als dat zo is, dan gaat het nog steeds om slechts één staaf over een breedte van de wand gelijk aan ongeveer de hoogte van de wand, die is uitgevallen (*de afstand tussen is scheuren is namelijk ongeveer gelijk aan de wandhoogte*). Het effect daarvan op de capaciteit van de wand voor afdracht van

horizontale belasting zal dan nog een zeer beperkt zijn. Voor de verticale belastingafdracht vanuit een bovenbouw heeft het uitvallen van die verticale wapeningsstaven ook nauwelijks invloed.

Samengevat is ondergetekende van mening dat, als putcorrosie in de wapening van wanden van een mestkelder optreedt ten gevolge van chloride houdend grondwater in (krimp)scheuren, dit niet leidt tot het afdrukken van betondekkingen en niet leidt tot een significante afname van de constructieve veiligheid van de wand. Het zal ook niet kunnen leiden tot het bezwijken van de wand, de mestkelder en/of een boven de mestkelder gelegen constructie.

6 Agressief milieu in mestkelders

Bij de beschouwingen in de voorgaande hoofdstukken is aandacht besteed aan de effecten van het door scheuren in de mestkelder naar binnen treden van met name chloride houdend grondwater. Anderzijds wijst DLV Advies ook op de effecten van het agressieve milieu van de mest op de betonconstructie en in het bijzonder de wapening ter plaatse van de scheuren in de betonnen wanden (*zowel buiten- als binnenwanden*). In dat verband kan onderscheid worden gemaakt tussen enerzijds een betonconstructie met volgens de betonvoorschriften toegestane beperkte scheurvorming, welke geen water of mest doorlaat, en anderzijds de situatie met verticale waterdoorlatende scheurvorming (*met dus grotere scheurwijdte*) als gevolg van verhinderde opgelegde (krimp)vervorming.

Aan eisen aan een betonconstructie voor mestopslag is door de jaren heen voldoende aandacht besteed. De in mestkelders opgeslagen mest is matig tot zeer agressief voor het beton zelf [6]. Dit kan het beton aantasten en daarom worden er eisen aan de samenstelling van het beton gesteld. In de voorschriften is dit gereld via de zogenaamde, voor het constructiedeel, van toepassing zijnde “milieuklasse”. Naast het feit dat de milieuklasse eisen oplegt aan de betonsamenstelling, bepaalt de milieuklasse ook de op het betonstaal toe te passen betondekking en de voor het betonstaal rekenkundig toelaatbare scheurwijdte. Kortom, met het agressieve milieu in de mestkelder is rekening gehouden via de milieuklasse welke van invloed is op zowel de samenstelling van het betonmengsel als de detaillering van de wapening (*in termen van betondekking en maximale scheurwijdte*).

In de onderhavige kwestie is het door verhinderde (krimp)vervorming aanwezig zijn van verticale scheurvorming met een grotere scheurwijdte dan de toelaatbare scheurwijdte volgens de normen, een gegeven. De vraag wat het effect is van een dergelijke scheurvorming en het door de mest aanwezige milieu op de duurzaamheid van de wapening is naar verwachting van ondergetekende nog niet eerder in detail onderzocht. In algemene zin zou nagegaan kunnen worden welke agressieve stoffen zich in de mest bevinden en in welke mate die stoffen de duurzaamheid van de wapening negatief kunnen beïnvloeden onder de omstandigheden met de krimp-scheuren. Ondergetekende acht het binnen de context van de vragen van het IMG niet opportuun om daar in deze notitie verder op in te gaan. Daarbij kan er ook op worden gewezen dat, als er door de mest bij de verticale scheurvorming aantasting van de wapening op kan treden, het effect in geen geval ernstiger zal kunnen zijn dan de effecten door corrosie en putcorrosie, zoals die in de voorgaande hoofdstukken al zijn beschreven.

7 Beantwoording vragen IMG

Onder verwijzing naar de voorgaande hoofdstukken voor achtergrondinformatie, zijn navolgend de antwoorden van ondergetekende op de door het IMG gestelde vragen gegeven.

Vraag 1: *Wat is de betekenis van putcorrosie en betonrot? Zijn de begrippen inwisselbaar? Zo nee, wat is het verschil?*

Antwoord: Voor de betekenis van putcorrosie en betonrot kan worden verwezen naar hoofdstuk 4 van deze notitie. De begrippen zijn niet direct inwisselbaar. Putcorrosie is één vorm van corrosie van wapening in gewapend beton, terwijl er meer zijn. Betonrot is een term die veelal door leken wordt gebruikt voor betonschade door wapeningcorrosie in het algemeen. Als je al de term betonrot zou willen gebruiken, dan zou je kunnen zeggen dat putcorrosie ook een vorm van betonrot is, maar betonrot is niet alleen putcorrosie.

Vraag 2: *In hoeverre is er sprake van putcorrosie dan wel betonrot in een mestkelder zonder enig effect van bodembeweging door mijnbouw?*

Antwoord: Corrosie van de wapening in de wanden van een mestkelder kan optreden als door verhinderde krimpvervorming verticale scheuren in de wanden aanwezig zijn en de scheurwijdte zodanig groot is dat grondwater door die scheuren de mestkelder kan intreden. Zoals het panel heeft aangegeven [1] zal dit bij vele mestkelders op kunnen treden. Of putcorrosie kan optreden, hangt af van de samenstelling van het grondwater. Als het grondwater chloride houdend is, kan putcorrosie optreden. Dit staat los van enig effect van bodembeweging door mijnbouw. De vraag of, en zo ja in welke omstandigheden, grondwater zodanig chloride houdend kan zijn dat het kan leiden tot putcorrosie van de wapening is in deze notitie niet behandeld. Naar de mening van ondergetekende is dat voor de beantwoording van de vragen en gezien de antwoorden op de vragen zoals die zijn gegeven, ook niet nodig.

Potentieel kan ook het agressieve milieu in de mestkelder aanleiding zijn voor aantasting van de wapening ter plaatse van de verticale krimpscheuren. Als die aantasting optreedt, zullen de effecten ervan op de constructie en de veiligheid van de mestkelder niet anders zijn dan die als gevolg van putcorrosie, zoals die zijn besproken.

Vraag 3: *In hoeverre is er extra schade in de vorm van putcorrosie dan wel betonrot mogelijk als gevolg van bodembeweging door mijnbouw?*

Antwoord: Allereerst kan worden opgemerkt dat schade in de vorm putcorrosie pas optreedt als scheurvorming in de wanden optreedt. Dat bij mestkelders ook zonder enige bodembeweging scheurvorming kan optreden, is in het paneladvies [1] toegelicht.

Een toename van corrosie als gevolg van bodembeweging zou op kunnen treden als bodembeweging leidt tot extra scheurvorming en/of vergroting van bestaande scheuren tot watervoerende scheuren. In het paneladvies is daarover aangegeven dat dit in gewapend betonnen mestkelders redelijkerwijs valt uit te sluiten, indien de waarde van de trillingssnelheid kleiner is dan 10 mm/s. Ondergetekende is van mening dat aangenomen mag worden dat de kans op extra schade in de vorm van corrosie of putcorrosie door bodembeweging klein is.

In het paneladvies is aangegeven dat in bijzondere gevallen een toename van de instroom van grondwater aan reeds beschadigde mestkelders zou kunnen optreden, doordat kwelstromingen via kweladers zijn ontstaan, als gevolg van lokale verweking van de grond door trillingen als gevolg van mijnbouwactiviteiten in het Groningenveld. Daarbij is ook aangegeven onder welke omstandigheden dat redelijkerwijs kan worden uitgesloten. Mocht dat wel optreden en er in resulteren dat door een lokaal hogere

grondwaterstand bestaande scheuren watervoerend worden na een bodembeweging, dan kan wapening gaan roesten. Als dat grondwater van de kwelstroming dan ook nog chloride houdend is (*brak grondwater*) dan kan mogelijk ook putcorrosie bij de wapening optreden.

In de onderhavige notitie is met name ingegaan op de verticale scheurvorming in de mestkelderwanden die al aanwezig kan zijn door verhinderde krimpvervorming en het effect daarvan op de duurzaamheid van de wapening. Met betrekking tot de mogelijke gevolgen van bodembeweging door mijnbouw kan er nog op worden gewezen dat het niet de verwachting is dat dit tot horizontale scheuren in de kelderwanden zal leiden.

Voor de bespreking van de mogelijke consequenties van de scheurvorming in de kelderwanden zijn de reguliere belastingen op de mestkelder, en in het bijzonder de mestkelderwanden, besproken. Opgemerkt kan nog worden dat de belastingeffecten van eventuele aardbevingsbelastingen in essentie niet anders zijn.

Vraag 4: *Indien bodembeweging door mijnbouw (extra) schade in de vorm van putcorrosie dan wel betonrot kan veroorzaken, in hoeverre kan dat effect hebben op de resterende levensduur van de mestkelder? In hoeverre degradeert de mestkelder sneller door aantastingsmechanismen als putcorrosie dan wel betonrot?*

Antwoord: Als er al schade of extra schade in de vorm van corrosie en/of putcorrosie van de wapening in de kelderwanden van een mestkelder optreedt als gevolg van bodembeweging door mijnbouw, dan heeft dat geen significant effect de snelheid van degradatie van de mestkelder en ook niet op de resterende levensduur van de mestkelder.

Vraag 5: *Indien (extra) schade in de vorm van putcorrosie dan wel betonrot als gevolg van bodembeweging door mijnbouw mogelijk is, wat kan dan de omvang/ernst van deze extra schade zijn? Kunnen deze aantastingsmechanismen op zichzelf leiden tot instroom van grondwater en/of constructieve schade aan de mestkelder?*

Antwoord: In het antwoord op vraag 3 is ingegaan op de kans dat door bodembeweging ten gevolge van mijnbouw water, al dan niet chloride houdend, bij wapening kan komen, daar waar dat voorafgaande aan de bodembeweging niet het geval was. De kans daarop is naar de mening van ondergetekende klein, zoals is aangegeven. De onderhavige vraag heeft betrekking op de mogelijke consequenties voor de wanden, c.q. de mestkelder, als door bodembeweging wel roestvorming en/of putcorrosie optreedt. Ondergetekende is van mening dat het dan gaat om een relatief beperkte vorm van aantasting, die geen consequenties heeft voor zowel het constructieve gedrag als de functionaliteit van de mestkelder, zoals is aangegeven in hoofdstuk 5. De betreffende aantastingsmechanismen (corrosie en putcorrosie) zelf leiden niet tot instroom van grondwater.

Vraag 6: *Indien bodembeweging door mijnbouw constructieve schade aan de mestkelder kan veroorzaken, is deze schade van zo'n dusdanige omvang dat instorting van de mestkelder een reëel risico is?*

Antwoord: Het antwoord hierop is nee.

Vraag 7: *In hoeverre is een verdere verminderde functionaliteit van de mestkelder reëel, wanneer de bedrijfsschade als gevolg van instroom van grondwater is gecompenseerd?*

Antwoord: Ondergetekende ziet geen reden voor verminderde functionaliteit van de mestkelder door de genoemde aantastingmechanismen.

Rijswijk, 9 september 2021



Dr.ir. D.A. Hordijk