

# Ontwerpen van MV-kabelverbindingen voor een waterdruk van 2 bar

## Praktische ontwerpprincipes voor betrouwbare prestaties onder overstromingsomstandigheden

### Inleiding

Overstromingen en stijgende grondwaterstanden zorgen ervoor dat ondergrondse middenspanningsnetten (MV-netten) steeds vaker en gedurende langere periodes worden blootgesteld aan water. In deze omstandigheden wordt betrouwbaarheid niet bepaald door de vraag of componenten nat kunnen worden, maar door hun vermogen om langdurige hydrostatische waterdruk te weerstaan zonder dat water binnendringt. Praktijkervaring laat zien dat kabelverbindingen onder overstromingsomstandigheden het meest kritische faalpunt vormen. Daardoor zijn het afdichtingssysteem en het inkapselingsconcept van doorslaggevend belang. Dit document beschrijft praktische ontwerpprincipes waarmee MV-kabelverbindingen langdurig bestand zijn tegen hydrostatische waterdruk tot 2 bar (ongeveer gelijk aan een waterkolom van 20 meter).

### Wat betekent een hydrostatische druk van 2 bar in de praktijk?

Hydrostatische druk is geen situatie van opspattend water of tijdelijke onderdompeling. Het betreft een constante kracht die water in elke mogelijke opening drukt: langs grensvlakken, door microscopische kieren en via elke vorm van verbonden porositeit. Een kabelverbinding kan er intact uitzien en toch langzaam vocht doorlaten, wat later leidt tot elektrische degradatie. Daarom moet 'waterbestendigheid' worden beschouwd als een eigenschap van het totale systeem en niet als een claim van één afzonderlijk materiaal.

### Principe 1: Beschouw afdichting als een systeemfunctie, niet als een materiaaleigenschap

De weerstand van een kabelverbinding tegen waterdruk wordt bepaald door meerdere eigenschappen die samen functioneren: het vloeï- en verwerkingsgedrag tijdens de installatie, het uithardingsgedrag, de mechanische integriteit, de hechting aan grensvlakken en de stabiliteit tijdens langdurige veroudering. Wanneer één van deze elementen tekortschiet, bijvoorbeeld door onvoldoende hechting of het ontstaan van microscheuren, zal

hydrostatische druk deze zwakke plek benutten, zelfs wanneer de hars of behuizing zelf waterbestendig is.

## **Principe 2: Gecontroleerde viscositeit en voldoende verwerkingstijd zorgen voor volledige vulling**

Betrouwbare weerstand tegen waterdruk begint bij het installatieproces. De viscositeit van de hars moet een volledige bevochtiging en vulling van complexe verbinding geometrieën mogelijk maken, zodat geen holtes of onge vulde ruimtes achterblijven. De broninformatie benadrukt dat viscositeit en verwerkingstijd cruciaal zijn voor een nauwkeurige vulling en het elimineren van holtes. Luchtinsluitingen vormen namelijk belangrijke startpunten voor waterindringing onder druk en voor partiële ontladingen. Voldoende verwerkingstijd maakt een zorgvuldige en volledige inkapseling mogelijk en vermindert de kans op defecten aan grensvlakken.

## **Principe 3: Holtevrije inkapseling voorkomt watermigratie**

Onder druk zoekt water altijd de weg van de minste weerstand. Holtes, luchtinsluitingen en onge vulde ruimtes kunnen onderling verbonden kanalen vormen waardoor vocht dieper in de kabelverbinding kan migreren. Daarom is een holtevrije inkapseling essentieel; niet alleen om watermigratie te blokkeren, maar ook om het risico op het ontstaan van partiële ontladingen onder vochtige omstandigheden te verkleinen. In overstromingsgevoelige omgevingen is een 'redelijke' vulling onvoldoende. Weerstand tegen waterdruk vereist een consequent holtevrije structuur.

## **Principe 4: Bellenvrije uitharding behoudt de structurele integriteit**

Het uithardingsgedrag is minstens zo belangrijk als de initiële vulling. Wanneer tijdens het uitharden luchtbel len, schuimvorming of verbonden porositeit ontstaan, kan hydrostatische druk deze microstructuren gebruiken als capillaire routes voor vocht migratie. De broninformatie legt uit dat een bellenvrije, niet-poreuze uitharding essentieel is voor langdurige weerstand tegen waterdruk en dat formuleringstechnieken kunnen worden toegepast om belvorming tijdens uitharding in vochtige omstandigheden te voorkomen. Het eindresultaat moet een dichte, homogene structuur zijn die geen capillaire routes voor water biedt.

## **Principe 5: Mechanische integriteit en scheurweerstand beschermen de afdichting op lange termijn**

Blootstelling aan overstromingen is zelden de enige belasting. Kabelverbindingen worden ook blootgesteld aan bodemzetting, grondbewegingen, trillingen en thermische cycli tijdens hun levensduur. Zelfs microscheuren kunnen onder hydrostatische druk uitgroeien tot voorkeursroutes voor waterindringing. Daarom vormen een uitgebalanceerd mechanisch profiel en langdurige weerstand tegen scheurvorming fundamentele ontwerpeisen voor overstromingsbestendige kabelverbindingen en geen secundaire overwegingen.

## **Principe 6: Hechting is het belangrijkste afdichtingsmechanisme aan grensvlakken**

Bij MV-kabelverbindingen vindt waterindringing voornamelijk plaats langs grensvlakken en niet door het massieve materiaal zelf. Een sterke en duurzame hechting aan kabelmantels, behuizingen en metalen componenten voorkomt longitudinale watermigratie en beperkt vochttransport langs interfaces onder druk. Dit is vooral belangrijk bij overgangsverbindingen, waar verschillende materialen samenkomen en de complexiteit van de grensvlakken toeneemt, evenals het aantal mogelijke routes voor vochtmigratie.

## **Principe 7: Verouderingsbestendigheid voorkomt verlies van drukbestendigheid**

Langetermijnprestaties hangen af van het gedrag van het afdichtingssysteem na jarenlange blootstelling aan thermische en hydrothermische belasting. De broninformatie benadrukt het behoud van mechanische eigenschappen na thermische en werveroudering. Dit ondersteunt het principe dat de afdichtingsintegriteit stabiel moet blijven onder een combinatie van warmte en vocht. In de praktijk betekent overstromingsbestendigheid niet alleen het doorstaan van één incident, maar het behouden van afdichtende prestaties gedurende de volledige levensduur van de kabelverbinding, ook bij herhaalde blootstelling aan water.

## **Conclusie**

Het ontwerpen van MV-kabelverbindingen voor een hydrostatische waterdruk van 2 bar vereist een systeembenadering. Essentiële factoren zijn gecontroleerd vulgedrag, holtevrjje inkapseling, bellenvrije uitharding, duurzame hechting aan grensvlakken, scheurweerstand onder mechanische belasting en stabiliteit na veroudering. Wanneer deze ontwerpprincipes samenkomen, kunnen kabelverbindingen langdurige waterdruk weerstaan zonder routes te creëren waarlangs vocht kan binnendringen en uiteindelijk elektrische storingen kan veroorzaken.

## Verder lezen

Op de hoofdpagina vind je praktische methoden om een holtevrije installatiekwaliteit te waarborgen, evenals een compacte selectiegids waarmee specificatie- en engineeringteams de juiste verbindingsoptlossing kunnen kiezen voor waterverzadigde omgevingen en complexe toepassingen zoals overgangsverbindingen.