

## Duurzaamheid en Milieuklassen

De ontwerper/constructeur moet niet alleen de betonsterkte specificeren, maar ook de milieuklasse, in het belang van de duurzaamheid van de betonconstructie. De Europese norm NEN-EN 206 definieert maar liefst achttien milieuklassen. Per bouwdeel kunnen meerdere milieuklassen van toepassing zijn. Een keuzeschema is behulpzaam.



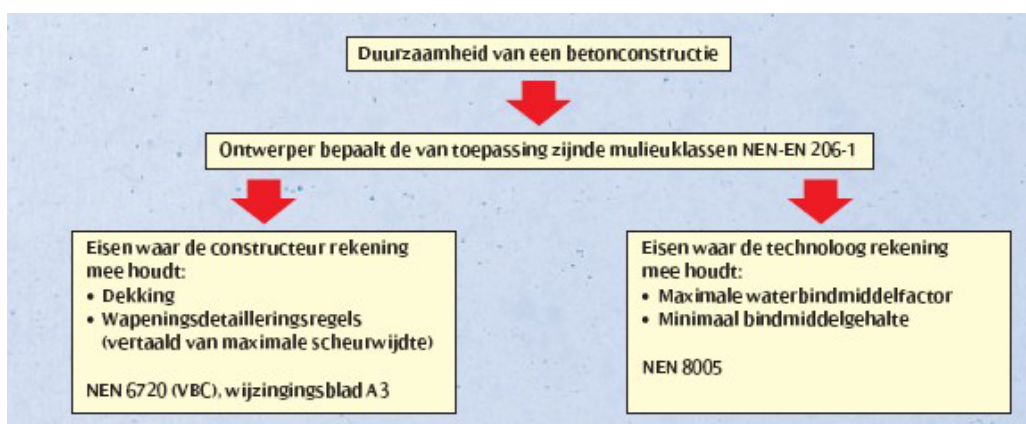
Zijn we in auto-advertenties gewend geraakt aan het gebruik van cryptische afkortingen zoals ABS, ESP of LWA, met de milieuklassen voor beton kunnen we er ook wat van. XA3, XD2 of XC1. Welke moeten we nu hebben? Het lijkt een enorme opgave om de juiste milieuklasse voor alle betonnen bouwdelen te benoemen. We bekijken een aantal voorbeeldconstructies en bespreken de van toepassing zijnde milieuklassen.

### Waar hebben we de milieuklassen voor nodig?

In de ontwerpfase willen we iets af kunnen spreken over de duurzaamheid van een betonconstructie. Daarvoor gebruiken we onder meer een milieuklasse. De intentie van de in de normen opgenomen milieuklassen is dat een constructie de belasting uit de omgeving ten minste 50 jaar kan opnemen. In NEN-EN 206 vindt de constructeur de eisen waar hij bij ieder

De ontwerper van de betonconstructie bepaalt welke milieuklassen van toepassing zijn. De constructeur houdt vervolgens rekening met de minimale dekking en wapeningsdetailleringregels die bij deze milieuklassen horen. Op die manier zorgt de constructeur ervoor dat de scheuren in het beton voldoen aan de eisen die aan de maximale scheurwijdte zijn gesteld. De betontechnoloog stelt in een later stadium van het bouwproces de betonspecie samen en houdt rekening met de maximale waterbindmiddelfactor en het minimale bindmiddelgehalte.

*Figuur 1: Duurzaamheid vertaald naar constructieve en betontechnologische eisen*



## Indeling van milieuklassen

De indeling van de milieuklassen is gebaseerd op de aantastingsmechanismen voor beton en de gevolgen hiervan voor de duurzaamheid.

Voorheen bepaalde de omgeving waar de betonconstructie in werd geplaatst de milieuklasse. Dit kon zijn: droog, vochtig, vochtig met dooizouten, zeewater of agressief.

Om in de huidige situatie een betonconstructie in te delen in een milieuklasse moeten we ons afvragen welke mechanismen de integriteit van die constructie kunnen aantasten. Bij elk aantastingsmechanisme hoort een hoofdgroep. Binnen een hoofdgroep wordt op basis van de mate van aantasting de van toepassing zijnde milieuklasse vastgesteld. In tabel 1 zijn de hoofdgroepen voor de milieuklassen met het bij behorende aantastingmechanisme weergegeven.

Tabel 1: Overzicht van aantastingsmechanismen per hoofdgroep van de milieuklassen

Hoofdgroep	Aantastingsmechanisme
X0	Geen risico op corrosie van wapening of aantasting van beton
XC	Corrosie van wapening ingeleid door carbonatatie
XD	Corrosie van wapening ingeleid door chloriden (niet afkomstig uit zeewater)
XS	Corrosie van wapening ingeleid door chloriden afkomstig uit zeewater
XF	Aantasting van beton door vorst en dooi wisselingen al dan niet met dooizouten
XA	Aantasting van beton door chemische stoffen

Hiermee is het mogelijk nauwkeurig aan te geven welke risico's een betonconstructie ten aanzien van duurzaamheid loopt en daarop te anticiperen. Om de juiste milieuklassen te benoemen is meer deskundigheid gevraagd. Een taak die van oudsher bij de ontwerper van de betonconstructie ligt. En inderdaad, u leest het goed; milieuklassen. Er kunnen namelijk meerdere aantastingsmechanismen van toepassing zijn en daarmee dus ook meerdere milieuklassen. De constructeur en de betontechnoloog moeten op basis van de opgegeven milieuklassen de maatgevende eisen kiezen voor de dekking, maximale scheurwijdte, maximale waterbindmiddelfactor en het minimaal bindmiddelgehalte.

## Welke hoofdgroepen zijn van toepassing

De indeling in hoofdgroepen kent feitelijk drie categorieën:

1. Corrosie van de wapening
2. Aantasting van beton
3. Geen risico

Eerst moeten we vaststellen welke hoofdgroep(en) van toepassing is (zijn). Belangrijk is om ons af te vragen of we met gewapend beton te maken hebben. Is dit niet het geval, en maken we ongewapend beton, dan vervallen de milieuklassen in de hoofdgroepen XC, XD en XS. Daar wordt immers gesproken van de aantasting van de wapening. Het is wel mogelijk dat ongewapend beton wordt aangetast door mechanismen van hoofdgroep XF en/of XA. Ongewapend beton komt om die reden niet automatisch in de milieuklasse X0: Geen risico. Als vast staat dat de hoofdgroepen XF of XA niet van toepassing zijn, en dus ook de aantasting van het beton vervalt, pas dan is de hoofdgroep X0 van toepassing.

Voor gewapend beton moeten we alle hoofdgroepen beschouwen, met uitzondering van X0. De reden hiervoor is dat er altijd een kans bestaat, hoe klein ook, dat de aanwezige wapening gaat roesten.

Binnen een hoofdgroep, bijvoorbeeld XC, kunnen we door een cijfer aangeven of we te maken hebben met een groter risico (XC3) of een kleiner risico (XC1) op corrosie van de wapening.

Tabel 2: Mogelijk van toepassing zijnde hoofdgroepen bij gewapend- of ongewapend beton.

	Hoofdgroepen					
	Geen risico	Corrosie van wapening			Aantasting van beton	
	X0	XC	XD	XS	XF	XA
Gewapend beton	-	✓	✓	✓	✓	✓
Ongewapend beton	✓ <sup>1)</sup>	-	-	-	✓	✓

1) X0 is alleen van toepassing als vast staat dat XF en XA niet van toepassing zijn.

## Welke milieuklasse is van toepassing

Een aanduiding voor een milieuklasse gaat verder dan alleen de aanduiding van de hoofdgroep. Voor elke hoofdgroep die van toepassing is moeten we bepalen in welke mate er aantasting kan plaatsvinden. De combinatie van de aanduiding van de hoofdgroep (bijvoorbeeld XD) en een aanduiding voor de mate van aantasting (bijvoorbeeld 3) levert de milieuklasse (in dit geval XD3). Om de mate van aantasting goed te kunnen bepalen moeten we de verschillende aantastingsmechanismen begrijpen. Hieronder volgt een korte samenvatting.

## Corrosie van wapening

De hoofdgroep XC, carbonatatie, is bij gewapend beton altijd van toepassing. Bij carbonatatie dringt koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) uit de lucht het beton in. Dit heeft een verlaging van de pH-waarde in het beton tot gevolg waardoor wapening minder wordt beschermd tegen corrosie. De mate van binnendringen van koolstofdioxide bepaald het risico op aantasting van de wapening en is afhankelijk van de vochthuishouding in de betondekking.

Hoofdgroep XD, wapeningscorrosie ingeleid door chloriden, is alleen van toepassing als chloriden (niet uit zeewind of zeewater) op het beton terecht kunnen komen en daarna kunnen binnendringen (bijvoorbeeld dooizouten). Het risico op aantasting is afhankelijk van de vochthuishouding in de betondekking.

Hoofdgroep XS is vergelijkbaar met hoofdgroep XD. Alleen zijn de chloriden afkomstig uit zeewater. De mate van contact met zeewater bepaald het risico op wapeningscorrosie.

## Aantasting van beton

De hoofdgroep XF is alleen van toepassing als het beton blootgesteld wordt aan vorst, al of niet in combinatie met dooizouten. De kans op aantasting is afhankelijk van het feit of er wel of geen dooizouten aanwezig zijn en of de poriën van het beton al dan niet verzadigd zijn met water.

De hoofdgroep XA is alleen van toepassing als er sprake is van chemische aantasting. Om vast te stellen of dit het geval is en in welke mate, wordt tabel 2 in hoofdstuk 4 van de NEN-EN 206 toegepast

## De keuze / het vraagstuk

De juiste milieuklasse(n) kiezen is alleen mogelijk als er voldoende informatie beschikbaar is over de constructie. Bijvoorbeeld: wordt het beton buiten of binnen toegepast, is het beschermt of onbeschermt of wordt de constructie belast met chemicaliën. De ontwerper van de constructie zal zich over deze vragen moeten buigen om tot de juiste keuze te komen.

Om dit vraagstuk goed op te lossen moeten we alle hoofdgroepen onder de loep nemen. Eerst moeten we vaststellen welke hoofdgroep van toepassing is en daarna in welke mate.

Omdat iedere situatie haar eigen specifieke omstandigheden kent, kunnen we hier geen uitputtende vragenlijst geven die voor iedere situatie geldig is. In tabel 3 echter is een aanzet gegeven van vragen die je kunt stellen om tot een goede keus te komen.

Om antwoord te kunnen geven op dit soort vragen moeten we soms gedetailleerde informatie verzamelen. Dat is soms niet eenvoudig. Zeker als we ontdekken dat de normen ook nog een bepaalde interpretatieruimte laten. Dat betekent dat we voor elke constructie goed moeten nadenken welke milieuklasse nu wel of niet van toepassing is. In de volgende voorbeelden gaan we proberen onszelf vragen te stellen waarbij de antwoorden moeten leiden tot de van toepassing zijnde milieuklassen.

Tabel 3: Mogelijke vragen om de juiste milieuklassen te bepalen

Hoofdgroep	Vraag	Reden van de vraag
X0	Is de betonconstructie gewapend? Is hoofdgroep XF of XA van toepassing?	Vaststellen of deze hoofdgroep van toepassing is
XC	Is de betonconstructie gewapend?	Vaststellen of deze hoofdgroep van toepassing is
	Staat deze constructie buiten beschermt of onbeschermt?	Vaststellen of XC3 of XC4 van toepassing is
	Is de omgeving van de constructie altijd droog of nat, of is die nat en af en toe droog	Vaststellen of XC1 of XC2 van toepassing is
	Enz.	.....
XD	Kan er chloride tegen de betonconstructie aankomen, bijvoorbeeld via dooizouten of chloridehoudend water?	Vaststellen of deze hoofdgroep van toepassing is
	Is er sprake van chloridehoudend water dat permanent tegen de betonconstructie aankomt?	Vaststellen of XD2 van toepassing is
	Komt er chloride afkomstig van dooizouten in het beton? Zo ja, is de constructie buiten beschermt of onbeschermt	Vaststellen of XD1 of XD3 van toepassing is
	Enz.	.....
XS	Staat de constructie in de buurt van de kust en komt deze in contact met zeewater of (zoute) zeewind?	Vaststellen of deze hoofdgroep van toepassing is
	Staat de constructie geheel of gedeeltelijk in het zeewater?	Vaststellen of XS 2 of XS 3 van toepassing is
	Is er sprake van (zoute) zeewind?	Vaststellen of XS1 van toepassing is
	Enz.	.....
XF	Wordt het beton blootgesteld aan vorst?	Vaststellen of deze hoofdgroep van toepassing is
	Wordt er ook gestrooid als er sneeuw of ijs ligt? Met andere woorden: komen er dooizouten op het beton?	Vaststellen of XF2/XF4 of XF1/XF3 van toepassing is
	Is de betonconstructie horizontaal of verticaal georiënteerd?	Vaststellen of een verzadigde (XF3/XF4) of beperkt verzadigde (XF1/XF2) betonconstructie van toepassing is
	Wordt de constructie belast door chloridehoudend Spatwater?	Vaststellen of XF4 van toepassing is
	Enz.	.....
XA	Is er een kans op chemisch aantasting? Door bijvoorbeeld: sulfaten in de grond of grondwater? Opslag chemische stoffen?	Vaststellen of deze hoofdgroep van toepassing is
	Komt er een (vloei)stof tegen het beton aan met een lage pH-waarde?	De mate van agressiviteit vaststellen
	Onderzoek de grond of het grondwater en vergelijk die met tabel 2.	De mate van agressiviteit vaststellen
	Enz.	.....



## Voorbeeld 1: Bedrijfsvloer

In dit voorbeeld bekijken we een monoliet afgewerkte gewapende bedrijfsvloer. Per hoofdgroep gaan we na welke milieuklassen van toepassing zouden kunnen zijn en in welke situaties. Dit levert ons inzicht op in de vragen die we moeten stellen.



**XO:** Als eerste stellen we vast dat we te maken hebben met een gewapende vloer. Dit betekent dat XO vervalt.

**XC:** De vloer is gewapend en dat betekent dat hoofdgroep XC van toepassing is. Er is kans op wapeningscorrosie als gevolg van carbonatatie. Maar hebben we nu te maken met een 'droge' vloer? Of is er een 'matige of hoge luchtvochtigheid'? Of hebben we een situatie waarin de vloer 'afwisselend nat en droog' is. Als de bedrijfshal waar de vloer ligt goed wind- en waterdicht is en de ruimte verwarmd is, dan kunnen we spreken van droog (XC1). Onverwarmde ruimtes die in contact kunnen staan met de buitenlucht hebben vaker een hogere luchtvochtigheid en komen in aanmerking voor XC3. De milieuklasse XC4 kan ook voorkomen, bijvoorbeeld als een deel van de loods open is en het vaak kan inregenen. In een dergelijke situatie kan de klasse 'wisselend nat en droog' van toepassing zijn.

**XD:** We moeten nagaan of XD van toepassing is omdat we te maken hebben met gewapend beton. Waar zou chloride vandaan kunnen komen? Wordt er gestrooid met dooizouten? Dat zou kunnen voorkomen als de vloer in aanraking komt met sneeuw en/of ijsafzettingen. In dat geval

hebben we te maken met een ‘wisselend nat en droog’ milieu. In een dichte afgesloten bedrijfshal die verwarmd wordt, valt dit niet te verwachten.

Daarnaast kan nog een aspect meespelen dat vaak over het hoofd wordt gezien. Als er gedurende de winter op de wegen gestrooid wordt en de bedrijfsvloer wordt tevens als parkeerplaats gebruikt, ook dan komt, net als bij parkeergarages, klasse XD3 in aanmerking.

**XS:** Het roesten van de wapening door zouten uit zeewater of -wind (XS) is in principe niet van toepassing. Staat de bedrijfshal echter langs de kustlijn, dan kunnen we toch te maken hebben met chloride uit zeewind. De hal moet dan wel deels open zijn of de roldeuren moeten vaak open staan (XS1).

**XF:** Is de opslagloods verwarmd of goed geïsoleerd en hebben we geen vorst op de vloer, dan vervalt de XF klasse. Maar als er ijs op de vloer kan komen of als de temperatuur van de vloer onder 0 °Celsius komt, dan moeten we rekening houden met aantasting door vorst (XF3). Als er ook nog gestrooid wordt, dan geldt klasse XF4, vorstschade in combinatie met dooizouten. XF1 en XF2 zijn van toepassing bij beton met een beperkte verzadiging met water. In het algemeen zijn dit verticale betonoppervlakken. Horizontale oppervlakken, waar ook regen en/of sneeuw op kan vallen, komen in klasse XF3 en XF4

**XA:** Deze groep is alleen van toepassing als er sprake is van chemische aantasting van de vloer. Dit is in eerste instantie niet het geval, tenzij op de vloer chemische stoffen worden opgeslagen of wanneer er arbeidsprocessen plaats vinden waarbij chemicaliën worden gebruikt. Wordt de hal gebruikt voor de opslag van aardappels of bieten, dan kunnen zuren die uit de groenten vrijkomen, er voor zorgen dat hoofdgroep XA van toepassing is. De milieuklasse wordt dan bepaald volgens tabel 4 op pag. 14/15.

## Onderzijde

De benadering van de vloer tot nog toe is die vanaf de bovenzijde. De onderzijde echter kan wel eens een heel ander verhaal zijn. Maar zoals we de bovenzijde beschouwen moeten we ook de onderzijde van de vloer beschouwen.

**XC:** Waar is de vloer op aangebracht? Als de vloer op een folie is gestort, dan kan er geen koolstofdioxide uit de lucht in de poriën van het beton binnendringen. We praten dan over een permanent natte situatie (XC1). Als de vloer op een zandbed zonder folie ligt en staat er niet permanent grondwater tegenaan, dan komen we eerder uit in XC2.

**XD:** Hoofdgroep XD is op de onderzijde niet van toepassing omdat er geen chloriden te verwachten zijn. Dit kan anders zijn als er chloridehoudend grondwater tegen de vloer staat (bijvoorbeeld brakwater) en er geen folie is aangebracht.

**XS:** Hoofdgroep XS is meestal niet van toepassing.



**XF:** De XF groep is verder niet van toepassing.

**XA:** Hoofdgroep XA is alleen van toepassing als de grond of het grondwater chemische stoffen bevat die het beton kunnen aantasten (zie ook voorbeeld 2).

### **Conclusie**

Er zijn nogal wat mogelijke combinaties van milieuklassen mogelijk. Dit is afhankelijk van het ontwerp en het gebruik van de opslaghal en de plaats waar de opslagloods staat. Het is niet mogelijk te stellen dat een bedrijfsvloer automatisch in één bepaalde milieuklasse valt. We moeten alle informatie verzamelen en dan keuzes maken welke milieuklassen van toepassing zijn.

### **Vervolg**

Er moet een overzicht gemaakt worden van de van toepassing zijnde milieuklassen aan de boven- en de onderzijde. De constructeur en de betontechnoloog kunnen vervolgens de maatgevende milieuklassen selecteren.

## Voorbeeld 2: Funderingen

Laten we eens kijken naar de vragen rondom betonnen funderingen.

**XO:** Meestal hebben we te maken met een gewapende fundering. Dit betekent dat XO vervalst. Bij ongewapende funderingen die niet in aanmerking komen voor de hoofdgroepen XF en XA is XO wel mogelijk.



**XC:** Voor dat deel van de fundering dat permanent onder water staat geldt XC1. Voor het gedeelte van de fundering dat in de zone zit waar tussen het grondwaterpeil zich beweegt, komen we uit op XC2. Steken de funderingen boven de grond uit, maar zijn ze wel beschermd, dan komt XC3 om de hoek kijken. En als de fundering boven de grond uit komt, maar onbeschermd in weer en wind staat, dan is XC4 van toepassing.

**XD:** Meestal is XD niet van toepassing op funderingen omdat er geen chloridebron is. Als het grondwater veel chloriden bevat (brakwater), dan zou XD wel tot de mogelijkheden behoren.

**XS:** Dit is alleen van toepassing als de fundering in of aan zee toegepast wordt.

**XF:** Meestal is dit niet van toepassing. Mocht de fundering echter boven de grond uitsteken, dan zou er een mogelijkheid kunnen zijn dat water op het betonoppervlak bevroest. Als duidelijk is of er eventueel op of nabij de fundering gestrooid wordt, dan kan een indeling in XF worden gemaakt.

**XA:** Een fundering ligt niet vanzelfsprekend in hoofdgroep XA. We moeten hierbij eerst vaststellen of er agressieve stoffen in de grond of het grondwater voorkomen die het beton kunnen aantasten. Daarna kan eventueel een indeling worden gemaakt in een **XA klasse**. Zie hiervoor tabel 5 op pag. 15.

### Conclusie

Er zijn veel soorten funderingen. De één staat gedeeltelijk boven de grond en de ander verdwijnt er geheel in. Dit heeft invloed op de milieuklasse. Daar komt bij dat de samenstelling van de grond en het grondwater bepalen of er sprake is van een XA klasse.

### Voorbeeld 3: Woningbouw

In dit voorbeeld kijken we naar een binnenblad van een spouwmuur uitgevoerd in beton. Hierbij valt op dat we te maken hebben met een droge omgeving, die meestal ook wel wordt verwarmd. Dat resulteert bij een gewapende wand al snel in XC1. In een woning hebben we met een verticale wand niet te maken met chloriden (al dan niet van zee). Dit betekent dat XD en XS niet van toepassing zijn. Vorst en een agressieve omgeving liggen ook niet voor de hand en daarmee kunnen XF en XA vervallen.

Dit voorbeeld maakt duidelijk dat je snel voor alle hoofdgroepen kunt nagaan of ze van toepassing zijn of niet.



## Voorbeeld 4: Geluidsscherm

In dit voorbeeld kijken we naar een geluidsscherm, uitgevoerd in gewapend beton langs een weg. De betonnen elementen staan buiten, onbeschut in weer en wind: milieuklasse XC4.

Als XD van toepassing is, dan heeft dat te maken met opspattend water van de weg waarop eerder dooizouten zijn gestrooid. Hoever moet dit geluidsscherm van de weg liggen voordat we niet meer spreken van een spatzone? Is de weg voorzien van ZOAB of niet? Een eensluitend antwoord is niet te geven, want de ene soort asfalt zorgt voor meer opspattend water dan de andere soort. Hier moet de ontwerper zelf beslissen wat van toepassing is.

XS is alleen van toepassing als het geluidsscherm langs de kust is gelegen. XF is altijd van toepassing. De verticale wand is beperkt verzadigd met water. Als het geluidsscherm in de spatzone ligt, hebben we te maken met dooizouten (XF2). Valt het scherm buiten de spatzone, dan komen we in XF1 terecht. Hoofdgroep XA is hierop meestal niet van toepassing.



## Tot slot

De voorbeelden spreken voor zichzelf. Er is geen standaardantwoord op de vraag welke milieuklasse van toepassing is. Er moeten eenvoudige en moeilijke vragen beantwoord worden om te komen tot de juiste keuze. Dit kan situaties opleveren waarin bewust voor zwaardere milieuklassen wordt gekozen als niet alle benodigde informatie beschikbaar is. We moeten echter nooit vergeten dat het verzwaren van de eisen ten aanzien van duurzaamheid ook zijn effect heeft op de mengbaarheid, verwerkbaarheid, (eventuele) verpompbaarheid, verdichtbaarheid en kostprijs van het beton. Deze aspecten zijn ook van belang voor het vervaardigen van een duurzame betonconstructie.

Tabel 4 : Indeling milieuklassen

Klasse-aanduiding	Beschrijving van het milieu	Informatieve voorbeelden waar de milieuklassen zich kunnen voordoen
<b>1 Geen risico op corrosie of aantasting</b>		
X0	Voor beton zonder wapening of ingesloten metalen: alle milieus, behalve bij vorst/dooi, afslijting of chemische aantasting Voor beton met wapening of ingesloten metalen: zeer droog.	Beton binnen gebouwen met zeer lage luchtvochtigheid
<b>2 Corrosie ingeleid door carbonatatie</b>		
Voor beton dat wapening of andere ingesloten metalen bevat en is blootgesteld aan lucht en vocht, moeten de volgende milieuklassen worden aangehouden:  OPMERKING De vochtconditie heeft betrekking op de betondekking op de wapening of op andere ingesloten metalen. In veel gevallen kan de vochtconditie in de betondekking worden aangenomen hetzelfde te zijn als die van de omringende omgeving. In die gevallen kan de indeling van de omringende omgeving in milieuklassen volstaan. Dit zal echter niet het geval zijn indien het beton van de omringende omgeving is afgesloten.		
XC1	Droog of blijvend nat	Beton binnen gebouwen met lage luchtvochtigheid Beton blijvend onder water
XC2	Nat, zelden droog	Betonoppervlakken langdurig in contact met water Veel funderingen
XC3	Matige vochtigheid	Beton binnen gebouwen met matige of hoge luchtvochtigheid Beton buiten beschut tegen regen
XC4	Wisselend nat en droog	Betonoppervlakken in contact met water, maar die niet onder milieuklasse XC2 vallen
<b>3 Corrosie ingeleid door chloriden anders dan afkomstig uit zeewater</b>		
Voor beton met wapening of andere ingesloten metalen, blootgesteld aan water dat chloriden, inclusief dooizouten, bevat die komen uit andere bronnen dan zeewater, moeten de volgende milieuklassen worden aangehouden:  OPMERKING Voor vochtcondities wordt ook verwezen naar onderdeel 2 van deze tabel.		
XD1	Matige vochtigheid	Betonoppervlakken blootgesteld aan chloriden uit de lucht
XD2	Nat, zelden droog	Zwembaden Beton blootgesteld aan chloridehoudend industriewater
XD3	Wisselend nat en droog	Brugdelen blootgesteld aan chloridehoudend spatwater Verhardingen Vloeren van parkeerplaatsen voor voertuigen
<b>4 Corrosie ingeleid door chloriden afkomstig uit zeewater</b>		
Voor beton met wapening of andere ingesloten metalen, blootgesteld aan chloriden uit zeewater of aan lucht dat zout uit de zee bevat, moeten de volgende milieuklassen worden aangehouden:		
XS1	Blootgesteld aan zouten uit de lucht, maar niet in direct contact met zeewater	Constructies bij of aan de kust
XS2	Blijvend onder zeewater	Delen van constructies in zee
XS3	Getijde-, spat- en stuifzones	Delen van constructies in zee
<b>5 Aantasting door vorst/dooi-wisselingen met of zonder dooizouten</b>		
Indien beton is blootgesteld aan flinke vorst/dooi-wisselingen en nat is, moeten de volgende milieuklassen worden aangehouden:		
XF1	Niet volledig verzadigd met water, zonder dooizouten	Verticale betonoppervlakken
XF2	Niet volledig verzadigd met water, met dooizouten	Verticale betonoppervlakken van wegconstructies blootgesteld aan vorst en met de lucht meegevoerde dooizouten
XF3	Verzadigd met water, zonder dooizouten	Horizontale betonoppervlakken blootgesteld aan regen en vorst
XF4	Verzadigd met water, met dooizouten of zeewater	Wegen en brugdekken blootgesteld aan dooizouten Betonoppervlakken blootgesteld aan direct gesproeiide dooizouten en vorst Spatzones van constructies in zee blootgesteld aan vorst

Vervolg tabel op pag. 15



### 6 Chemische aantasting

Indien beton is blootgesteld aan chemische aantasting door natuurlijke grond en grondwater, zoals aangegeven in tabel 2, moeten de milieuklassen worden aangehouden zoals hieronder is aangegeven. De indeling van zeewater hangt af van de geografische ligging, zodat de indeling die geldt op de plaats van gebruik van het beton van toepassing is.

OPMERKING Het kan nodig zijn een speciale studie te verrichten om de van toepassing zijnde milieuklasse vast te leggen in geval van:

- waarden buiten die van tabel 2;
- andere agressieve chemicaliën;
- chemisch verontreinigde grond of chemisch verontreinigd water;
- hoge watersnelheid in combinatie met de chemicaliën volgens tabel 2.

XA1	Zwak agressief chemisch	milieu volgens tabel 2
XA2	Matig agressief chemisch	milieu volgens tabel 2
XA3	Sterk agressief chemisch	milieu volgens tabel 2

**Tabel 5: Grenswaarden voor de milieuklassen met chemische aantasting**

Het agressieve chemische milieu, zoals hieronder ingedeeld, is gebaseerd op natuurlijke grond en grondwater met een water-/grondtemperatuur tussen 5 °C en 25 °C en een zo lage watersnelheid dat een statische situatie wordt benaderd. De ongunstigste waarde van alle afzonderlijke chemische bestanddelen bepaalt de klasse. Indien twee of meer agressieve bestanddelen tot dezelfde klasse leiden moet aan het milieu de naast hogere klasse worden toegekend, tenzij een speciale studie voor een dergelijk bijzonder geval aantoont dat dit niet nodig is.

Chemische bestanddelen	Referentiebeproevingsmethode	XA1	XA2	XA3
<b>Grondwater</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	NEN-EN 196-2	≥ 200 en ≤ 600	> 600 en ≤ 3000	> 3000 en ≤ 6000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 en > 5,5	< 5,5 en ≥ 4,5	< 4,5 en ≥ 4,0
CO <sub>2</sub> mg/l agressief	NEN-EN 13577	≥ 15 en ≤ 40	> 40 en ≤ 100	> 100 en tot verzadiging
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	ISO 7150-1 of 7150-2	≥ 15 en ≤ 30	> 30 en ≤ 60	> 60 en ≤ 100
Mg <sup>2+</sup> mg/l	ISO 7980	≥ 300 en ≤ 1000	> 1000 en ≤ 3000	> 3000 tot verzadiging
<b>Grond</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg <sup>a</sup> totaal	NEN-EN 196-2 <sup>b</sup>	≥ 2000 en ≤ 3000	> 3000 <sup>c</sup> en ≤ 12000	> 12000 en ≤ 24000
Zuurgehalte ml/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	Niet aangetroffen in de praktijk	

a Kleigrond met een doorlaatbaarheid kleiner dan 10<sup>-5</sup> m/s mag in een lagere klasse worden geplaatst.  
b De beproevingsmethode schrijft de extractie voor van SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> door middel van zoutzuur; als alternatief mag de extractie met behulp van water worden toegepast, indien op de plaats van gebruik van het beton ervaring beschikbaar is.  
c Indien gevaar bestaat voor opeenhoping van sulfaationen in het beton, ten gevolge van nat/droogwisselingen of capillaire opzuiging, moet de grenswaarde van 3000 mg/kg worden verlaagd tot 2000 mg/kg.

Bron: Betoniek 13-21, januari 2006

Juli 2020