

10 HULPSTOFFEN EN TOEVOEGINGEN

10.1 Definitie

Een hulpstof is een stof die, als regel bij een toevoeging in hoeveelheden gelijk aan of minder dan 5% (m/m) van de cementshoeveelheid, een significante wijziging bewerkstelligt van één of meer eigenschappen van de cementpasta, de mortel- of betonspecie en/of het verharde product.

10.2 Algemene eisen en productinformatie

Uiteraard is de hoofdwerving van een hulpstof de belangrijkste reden om te worden toegepast. Daarnaast moeten hulpstoffen voldoen aan algemene eisen. De meeste van deze eisen worden gewoonlijk ook vermeld op de productinformatie van de betreffende hulpstof.

Deze algemene eisen zijn vermeld in NEN-EN 934-1, Hulpstoffen voor beton, mortel en injectiemortel – Deel 1: Algemene eisen.

Eigenschap	Testmethode	Eisen/afwijkingen
Homogeniteit	Visueel	Er mag geen sprake zijn van ontmenging tijdens gebruik. Ontmenging moet binnen de grenzen blijven zoals vastgelegd door de producent
Kleur	Visueel	Gelijkmatig en overeenkomstig de productinformatie
Effectief bestanddeel	NEN-EN 480-6	De infrarood analyse mag geen afwijking geven t.o.v. de opgave van de producent
Volumieke massa	ISO 758	$D \pm 0,03$ wanneer $D > 1,10$ kg/l $D \pm 0,02$ wanneer $D \leq 1,10$ kg/l D is vermeld op de productinformatie
Vaste-stofgehalte	NEN-EN 480-8	$0,95 T \leq X \leq 1,05 T$ if $T \geq 20\%$ $0,90 T \leq X \leq 1,10 T$ if $T \leq 20\%$ Het vaste stofgehalte T is vermeld op de productinformatie

(vervolg)

Eigenschap	Testmethode	Eisen/afwijkingen
pH-waarde (alleen voor vloeistoffen)	ISO 4316	Mag niet meer afwijken dan ± 1 ten opzichte van de in de productinformatie opgegeven waarde
Totaal gehalte chloride	ISO 1158	$\leq 0,10\%$ (m/m), of nooit boven de waarde zoals vermeld op de productinformatie
Gehalte in water oplosbaar chloride (Cl ⁻)	NEN-EN 480-10	$\leq 0,10\%$ (m/m), of nooit boven de waarde zoals vermeld op de productinformatie
Gehalte aan alkaliën (Na ₂ O-eq.)	NEN-EN 480-12	Nooit boven de waarde zoals vermeld op de productinformatie
Corrosie bevorderend gedrag	NEN-EN 480-14	Onderzoek vindt alleen plaats wanneer de hulpstof stoffen bevat die niet voorkomen op lijsten A.1 en A.2 van Bijlage A. ^{a)}

a) Bijlage A van NEN-EN 934-1 bevat twee lijsten waarin verschillende stoffen zijn benoemd:

- A.1 Goedgekeurde lijst;
Deze lijst bevat stoffen die in de hulpstof worden gebruikt als de actieve stof in relatie tot de hoofdwerving van de hulpstof. Deze stoffen zijn goedgekeurd en behoeven geen verder onderzoek naar eventueel corrosie bevorderend gedrag.
- A.2 Vastgestelde lijst;
Stoffen die op deze lijst staan worden ook in de hulpstof toegepast als actieve stof en behoeven ook geen verder onderzoek naar corrosie bevorderend gedrag. Deze stoffen moeten wel expliciet worden vermeld op de CE-markering omdat het gebruik van deze stoffen, in relatie tot de toepassing, in sommige landen onderworpen is aan nationale regelgeving.

10.3 Indeling

Hulpstoffen worden ingedeeld overeenkomstig de hoofdwerving die zij beogen te hebben in betonspecie of in verhard beton. NEN-EN 934-2, de norm voor hulpstoffen voor beton, mortel en injectiemortel, geeft de volgende indeling en eisen ten aanzien van de hoofdwerving.

king. De effectiviteit van de hoofdwerking wordt beoordeeld ten opzichte van een referentiebeton en een referentiemortel conform NEN-EN 450-1:2006+A1:2011.

Type hulpstof	Hoofdwerking	Eis aan de hoofdwerking in relatie tot een referentiebetonspecie (NEN-EN 480)
Waterreducerende / plastificerende hulpstof	<ul style="list-style-type: none"> • verlaging van watergehalte bij gelijkblijvende verwerkbaarheid; • verhoging van de verwerkbaarheid bij gelijkblijvend watergehalte 	waterreductie $\geq 5\%$ druksterkte $\geq 110\%$ (op 7 en 28 dagen)
Sterke waterreducerende / superplastificerende hulpstof	<ul style="list-style-type: none"> • sterke verlaging van watergehalte bij gelijkblijvende verwerkbaarheid; • sterke verhoging van de verwerkbaarheid bij gelijkblijvend watergehalte 	waterreductie $\geq 12\%$ druksterkte $\geq 140\%$ (1 dag) $\geq 115\%$ (28 dagen) toename zetmaat ≥ 120 mm toename schudmaat ≥ 160 mm
Water retentiemiddel	bepierking van het waterverlies als gevolg van bleeding	bleeding $\leq 50\%$
Luchtbelvormer	vorming van een gecontroleerde hoeveelheid fijnverdeelde luchtbelletjes tijdens het mengproces	\geq luchtgehalte referentiebeton + 2,5% (v/v) afstandfactor in referentiebeton $\leq 0,20$ mm
Bindtijdversneller	verkorting van de overgang tussen de plastische en vaste fase van een beton (mortel) specie	bij 5°C $\leq 60\%$ Ondergrens bij 20°C is 30 min.
Verhardingsversneller	versnelt de sterkteontwikkeling van het verhardende beton	bij 20°C $\geq 120\%$ (na 24 uur) $\geq 90\%$ (na 28 dagen) bij 5°C $\geq 130\%$ (na 48 uur)

(vervolg)

Type hulpstof	Hoofdwering	Eis aan de hoofdwering in relatie tot een referentie-betonspecie (NEN-EN 480)
Vertragende hulpstof	verlenging van de overgang tussen de plastische en vaste fase van een beton (mortel) specie	begin binding: referentie + 90 min. einde binding: referentie + 360 min.
Hulpstof ter verhoging van de weerstand tegen water-indringing	beperkt de capillaire absorptie van verhard beton	capillaire absorptie: ≤ 50% (na 7 dagen testen en 7 dagen nabehandelen) ≤ 60% (na 28 dagen testen en 90 dagen nabehandelen)

Naast de hier genoemde typen hulpstoffen en hoofdweringen kent NEN-EN 934-2 nog een aantal hulpstoffen waarbij combinaties kunnen worden gemaakt van de hier genoemde hoofdweringen. De eisen die hierbij aan de hoofdwering worden gesteld kunnen enigszins afwijken van de eisen genoemd in deze tabel.

10.4 Toepassingen

De meest toegepaste hulpstoffen zijn (super)plastificeerders, luchtbelvormers, vertragens en versnellers. De hoofdwering van de hulpstoffen wordt voornamelijk bepaald door het gehalte en het soort effectieve bestanddeel.

10.4.1 (Super)plastificeerders

Op basis van ligninesulfaat

Hoofdwering	<ul style="list-style-type: none">• Verhoogt verwerkbaarheid of verlaagt waterbehoefte• Waterreductie minimaal 5%, zie ook 10.3
Bijwerking	<ul style="list-style-type: none">• Kan vertragend werken• Kan bij hogere doseringen lucht inbrengen
Dosering	<ul style="list-style-type: none">• Raadpleeg instructies fabrikant
Attentiepunten	<ul style="list-style-type: none">• Effectief bij lage doseringen• Effectiviteit en vertraging nemen bij portlandcement toe met afnemend C₃A gehalte• Hoofdzakelijk toegepast als gewone plastificeerder

Op basis van melaminesulfaat

Hoofdwering	<ul style="list-style-type: none">• Verhoogt verwerkbaarheid of verlaagt waterbehoefte• Waterreductie minimaal 12%, zie ook 10.3
Bijwerking	<ul style="list-style-type: none">• Geen
Dosering	<ul style="list-style-type: none">• Raadpleeg instructies fabrikant
Attentiepunten	<ul style="list-style-type: none">• Sterke terugloop in verwerkbaarheid, vooral bij hogere temperaturen• Doseren na het aanmaakwater verhoogt de effectiviteit aanmerkelijk• In verband met een kortere werkingsduur heel goed toepasbaar in de betonelementenindustrie

Op basis van naftaleensulfaat

Hoofdwering	<ul style="list-style-type: none">• Verhoogt verwerkbaarheid of verlaagt waterbehoefte• Waterreductie minimaal 12%, zie ook 10.3
Bijwerking	<ul style="list-style-type: none">• Kan bij hoge doseringen vertragend werken; vooral bij gebruik van hoogovencement
Dosering	<ul style="list-style-type: none">• Raadpleeg instructies fabrikant
Attentiepunten	<ul style="list-style-type: none">• Doseren na het aanmaakwater verhoogt de effectiviteit aanmerkelijk• In verband met een langere werkingsduur heel goed toepasbaar in transportbeton

Op basis van polycarboxylaten

Hoofdwering	<ul style="list-style-type: none">• Verandert in hoofdzaak de rheologie van betonspecie, met name het vloeigedrag en de viscositeit
Bijwerking	<ul style="list-style-type: none">• Raadpleeg fabrikant
Dosering	<ul style="list-style-type: none">• Raadpleeg instructies fabrikant
Attentiepunten	<ul style="list-style-type: none">• Bij alle doseringen dienen hulpstof- en watergehalte zorgvuldig op elkaar te zijn afgestemd. Onnauwkeurige afstemming leidt soms tot stroperige specie, maar vaker nog tot ontmenging• Werkingsduur van verschillende typen kan onderling verschillen

10.4.2 Luchtbelvormers (LBV)

Op basis van oppervlakactieve stoffen

Hoofdwering	<ul style="list-style-type: none">• Inbrengen van fijnverdeelde luchtbelletjes in de betonspecie
Bijwerking	<ul style="list-style-type: none">• Leidt tot sterkteverlies. (Reken per % lucht boven 2% op een sterkteverlies vergelijkbaar met het toevoegen van 10 liter water)• Verhoogt de vorst-dooizoutbestandheid van het beton bij wcf . 0,45• Verhoogt de speciesamenhang• Verhoogt de verwerkbaarheid• Verhoogt de waterdichtheid van het beton
Dosering	<ul style="list-style-type: none">• Raadpleeg instructies fabrikant
Attentiepunten	<ul style="list-style-type: none">• Extra meentijd nodig• Moet zeer nauwkeurig gedoseerd worden• Poederkoolvliegias verlaagt de effectiviteit drastisch• Naarmate het cementgehalte en/of de cementfijnheid toeneemt, zal meer luchtbelvormer nodig blijven om een gewenst luchtgehalte te bereiken• Het combineren van een luchtbelvormer met een plastificeerder heeft soms moeilijk te beheersen effecten op verwerkbaarheid en luchtgehalte. Raadpleeg in voorkomende gevallen vooraf de leverancier van de hulpstoffen

10.4.3 Vertragers

Materiaal	<ul style="list-style-type: none">• Vertragers worden vaak gemaakt op basis van suikers, zoals sacharine of gluconaten, maar ook andere chemische verbindingen komen voor
Hoofdwering	<ul style="list-style-type: none">• Vertraagt de hydratatiereactie
Bijwerking	<ul style="list-style-type: none">• Leidt tot hogere eindsterkten van het beton
Dosering	<ul style="list-style-type: none">• Bepalen door geschiktheidsonderzoek
Attentiepunten	<ul style="list-style-type: none">• Vertragers zijn zo gevoelig voor de eigenschappen van de grondstoffen, dat geschiktheidsonderzoek vrijwel altijd (weer) nodig is. Resultaten uit het verleden zeggen weinig over het gedrag in een nieuwe speciesamenstelling• Zeer gevoelig voor de specietemperatuur, en daarmee ook voor de omgevingstemperatuur. Het is daarom raadzaam de specietemperatuur te bewaken• Gevoelig voor cementsoort. Geschiktheidsonderzoek is essentieel• Gevoelig voor type en gehalte aan vulstoffen. Geschiktheidsonderzoek is essentieel• Verleng de nabehandelingstijd evenredig• Bleeding kan lang doorgaan, omdat het water gedurende de vertragingstijd niet gebonden wordt

10.4.4 Versnellers

Materiaal	<ul style="list-style-type: none">• De meest effectieve versnellers worden meestal gemaakt op basis van CaCl_2
Hoofdwering	<ul style="list-style-type: none">• Versnelt de hydratatiereactie
Bijwerking	<ul style="list-style-type: none">• De hydratatiewarmte komt sneller vrij; dat leidt vaak tot hogere temperatuurgradiënten in het verhardende beton, waardoor het scheurrisico toeneemt• Verhoogt de kans op kalkuitbloeiing• Leidt tot lagere eindsterkten van het beton• Dosering verhoogt de kans op wapeningscorrosie
Dosering	<ul style="list-style-type: none">• Bepalen door geschiktheidsonderzoek
Attentiepunten	<ul style="list-style-type: none">• Versnellers op basis van CaCl_2 zijn uitsluitend toegelaten in ongewapend beton

10.5 Toevoegingen

In beton kunnen behalve de hier genoemde hulpstoffen ook andere toevoegingen worden toegepast. Deze passen niet in het kader van NEN-EN 934-2, maar gezien hun acceptatie in de markt mag hun toepassing niet onvermeld blijven.

10.5.1 Kleurstoffen/pigmenten

Uiterst fijngemalen poeders, meestal op basis van anorganische metaalverbindingen. Kleurstoffen op basis van organische verbindingen komen nagevoeg niet voor; zwart bestaat als metaaloxide en als organisch roetzwart.

Hoofdwering	<ul style="list-style-type: none">• Kleurt de cementsteen in beton- en mortelspecie, en daarmee de mortel of het beton
Bijwerking	<ul style="list-style-type: none">• Kan tot sterkte toename van de waterbehoefte leiden en bij overdosering zelfs tot ernstige vertraging
Dosering	<ul style="list-style-type: none">• Bepalen door geschiktheidsonderzoek
Attentiepunten	<ul style="list-style-type: none">• De kleur van het cement, van eventuele vulstoffen en van het zand zijn van grote invloed op de kleur van het beton• Bij kleurwisselingen de menger en het transportgereedschap zorgvuldig reinigen

Wanneer kleurstoffen worden toegepast in ongewapend of gewapend beton moeten zij voldoen aan de eisen volgens NEN-EN 12878:

Invloed van kleurstof op:	Eisen	
	ongewapend beton	gewapend beton
Begin binding (min.)	≥ 60	≥ 60
Einde binding (min.)	≤ 720	≤ 720
Maximaal verschil in bindtijden opzichte van blanco referentie cement (min.)	≤ 60	≤ 60
Sterkteverlies t.o.v. referentiecement na 28 dagen (%)	≤ 10	≤ 8
Gehalte in water oplosbaar (%)	≤ 5	$\leq 0,10$
Gehalte aan chloride (Cl ⁻) (%)	–	$\leq 0,10$

10.5.2 Holle microbolletjes

Materiaal	<ul style="list-style-type: none">• Kleine luchtbelletjes met een elastische kunststof omhulling en een doorsnede van 0,02-0,08 mm
Hoofdwering	<ul style="list-style-type: none">• Inbrengen van fijnverdeelde luchtbelletjes in de betonspecie
Bijwerking	<ul style="list-style-type: none">• Leidt tot enig sterkteverlies• Verhoogt de speciesamenhang• Verhoogt de verwerkbaarheid• Verhoogt de vorst-dooizoutbestandheid van het beton bij wcf > 0,45• Verhoogt de waterdichtheid van het beton
Dosering	<ul style="list-style-type: none">• Raadpleeg instructies fabrikant
Attentiepunten	<ul style="list-style-type: none">• Extra meentijd nodig• Moet zeer nauwkeurig worden gedoseerd in de natte betonspecie• Bij voldoende dosering om vorst-dooizoutbestandheid te verzekeren, is het sterkteverlies geringer dan bij gebruik van een LBV op basis van oppervlakte-actieve stoffen

10.5.3 Colloïdale hulpstoffen

Materiaal	<ul style="list-style-type: none">• Gemodificeerde polymeren op basis van cellulose-derivaten
Hoofdwering	<ul style="list-style-type: none">• Beperkt de bewegelijkheid van de fijne delen in de betonspecie en vergroot zodoende de samenhang ervan. De taaie, kleverige, traagstromende specie ligt toch in consistentieklasse F4 of hoger• Bij storten onder water nagenoeg geen uitspoeling, zie ook 4.2
Bijwerking	<ul style="list-style-type: none">• Kan luchtgehalte verhogen• Werkt vertragend
Dosering	<ul style="list-style-type: none">• Bepalen door geschiktheidsonderzoek
Attentiepunten	<ul style="list-style-type: none">• Ook bruikbaar om beton met open structuur te maken. Dit is opgebouwd uit cementpasta, fijn zand en grof toeslagmateriaal. De hulpstof verbetert de kleef van de cementpasta aan het oppervlak van de grove toeslagmateriaalkorrels

10.5.4 Spoelmiddelen

Hulpstof die spoelwater geschikt maakt voor hergebruik als toevoeging aan het aanmaakwater voor betonspecie.

Hoofdwering	<ul style="list-style-type: none">• Beïnvloedt de reactie tussen cement en water zodanig dat in het spoelwater geen kluiten ontstaan, die niet met de hand te verpulveren zijn
Bijwerking	<ul style="list-style-type: none">• De binding van betonspecie waaraan spoelwater is toegevoegd, kan wat vertraagd worden en de sterkteontwikkeling kan de eerste 24 uur wat achterblijven
Dosering	<ul style="list-style-type: none">• Raadpleeg instructies fabrikant
Attentiepunten	<ul style="list-style-type: none">• Spoelwater aan minimaal 3 m³ betonspecie toevoegen• Spoelwater moet binnen 5 dagen zijn verwerkt.• Als spoelwater bevroren is geweest, mag het niet meer worden gebruikt

10.5.5 Staalvezels

Staalvezels kunnen worden toegepast om enerzijds de cementsteen te versterken (microniveau) en anderzijds om als wapening te functioneren (macroniveau). Het rekenen met staalvezels in beton vergt een totaal andere benadering dan het rekenen met conventioneel gewapend beton.

Conventionele wapening kan nooit zomaar één op één worden vervangen door staalvezelbeton. Zie ook 4.12.

Belangrijke materiaal-eigenschappen	<ul style="list-style-type: none">• Verhouding lengte/diameter van de staalvezel• Rekstijfheid / weerstand tegen verlenging• Treksterkte• Aanhechtingsvermogen van de vezel aan het beton• Staalvezels moeten voldoen aan NEN-EN 14889-1
Hoofdwerving	<ul style="list-style-type: none">• Verhogen van de buigtreksterkte, buigtaaiheid en equivalente buigtreksterkte van (constructief) beton
Dosering	<ul style="list-style-type: none">• Minimaal 30 kg/m³• Volg advies op van de leverancier. Dosering is afhankelijk van de gewenste prestatie, het type vezel en de hoeveelheid grof toeslagmateriaal
Attentie	<ul style="list-style-type: none">• Vezels zitten homogeen fijn verdeeld in het beton, dus ook op die plek waar geen trekspanningen aanwezig zijn• De hoeveelheid staalvezels is beperkt door het gevaar voor samenklonteren• Het opvoeren van de hoeveelheid staalvezels verlaagt de verwerkbaarheid

10.5.6 Polypropyleenvezels

De toepassing van polypropyleenvezels in betonspecie heeft primair het beperken van de scheurgevoeligheid ten gevolge van plastische krimp tot doel. Soms worden zij ook gebruikt ter verbetering van de stabiliteit en/of samenhang van de betonspecie en ter verbetering van de brandbestandheid en het afspatgedrag van beton. Zie ook 4.4, 4.9 en 4.12.

Materiaal	<ul style="list-style-type: none"> • Polypropyleenvezel is een draadvormig deeltje van polypropyleen, een heldere witte kunststof, met of zonder coating • Polypropyleenvezels moeten voldoen aan NEN-EN 14889-2
Hoofdwering	<ul style="list-style-type: none"> • Het beperken van de scheurgevoeligheid ten gevolge van plastische krimp
Dosering	<ul style="list-style-type: none"> • Ca. 0,5-2,5 kg per m³ beton • Volg advies op van de leverancier
Attentie	<ul style="list-style-type: none"> • Plastische krimp-scheuren worden veroorzaakt door verdamping van aanmaakwater, ofwel een gebrek aan nabehandeling. De toepassing van polypropyleenvezels mag echter nooit een motivatie zijn om een betonoppervlak niet na te behandelen • Dosering van de vezels geschiedt tijdens het vervaardigen van de betonspecie • Voor het mengen moeten de verwerkingsvoorschriften van de leverancier worden opgevolgd • Toevoeging van polypropyleenvezels verlaagt de verwerkbaarheid