

Dr. ir. Gert van der Wegen, SGS INTRON



# AEC-granulaat als toeslagmateriaal voor beton

Europa is het enige werelddeel dat weinig natuurlijke grondstoffen (zoals metaalertsen) heeft en is dus erg afhankelijk van de import uit andere landen. Het EU-beleid is daarom sterk gericht op recycling. Zo moet bijvoorbeeld uiterlijk in 2020 70% van al het bouw- en sloopafval en 50% van het huishoudelijk afval worden hergebruikt. Bij de verbranding van huishoudelijk afval in AfvalEnergieCentrales (AEC, voorheen AVI genoemd) ontstaat een bodemas die in dit kader interessant is. Door verbeterde opwerkingsprocessen kunnen aanwezige metalen uit deze bodemas worden teruggewonnen en het minerale restproduct geschikt worden gemaakt voor toepassing als toeslagmateriaal in beton.

## Onderzoek, regelgeving en kwaliteitsborging

In opdracht van CUR-commissie VC89 heeft SGS INTRON onderzoek uitgevoerd naar de geschiktheid van opgewerkte AEC-bodemas, hetgeen dan AEC-granulaat wordt genoemd, als toeslagmateriaal voor beton. Zowel AEC-granulaten vervaardigd met het natte (wassen) als met het droge (ADR<sup>®</sup>) opwerkingsproces zijn onderzocht. Naast karakterisering van de AEC-granulaten als zodanig is de invloed ervan op de betontechnologische, constructieve en duurzaamheidsaspecten onderzocht bij gedeeltelijke vervanging van zand en/of grind. Tevens is de kwaliteit van het granulaat dat ontstaat door hergebruik van beton met AEC-granulaat erin (tweede levenscyclus) vastgesteld.

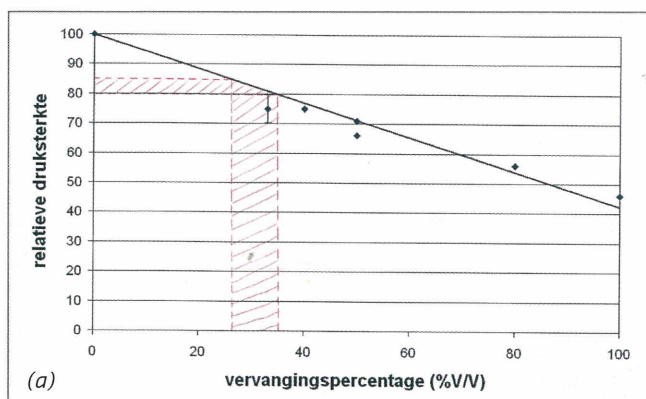
Op basis van de opgedane kennis is CUR-Aanbeveling 116 opgesteld, waarin ten opzichte van de bestaande betonregelgeving aanvullende eisen aan het AEC-granulaat en het daarmee vervaardigde beton zijn geformuleerd. Deze CUR-Aanbeveling vormt weer de basis van een beoordelingsrichtlijn die de kwaliteitsborging van het AEC-granulaat als toeslagmateriaal voor beton regelt.

## Eigenschappen AEC-granulaat

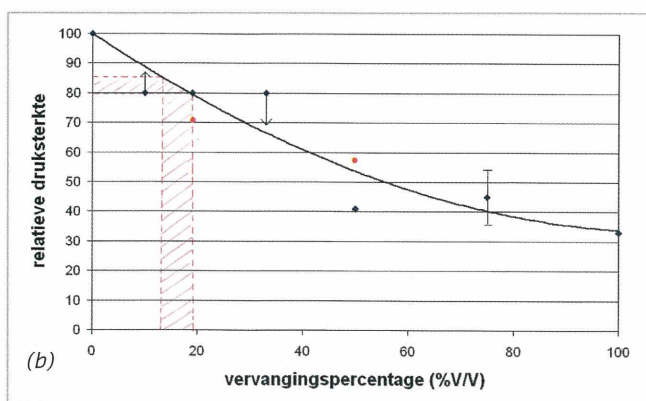
Inherent aan de herkomst c.q. ontstaanswijze van het materiaal hebben enkele eigenschappen en spreiding daarin bijzondere aandacht gekregen. De korrelvolumieke massa met name van de fijne fractie 0-2 mm is van grote invloed op de kwaliteit van het AEC-granulaat. Door een juiste instelling van het opwerkingsproces is het gewenste niveau goed haalbaar: >2000 kg/m<sup>3</sup> voor toepassing in ongewapend beton; in constructief beton >2100 kg/m<sup>3</sup> voor fijne fracties en >2200 kg/m<sup>3</sup> voor grove fracties. Het gehalte aan metallisch aluminium moet kleiner zijn dan 1%/m, omdat anders teveel gasvorming in de speciefase of expansie in het verharde beton kan optreden. De onderzochte monsters AEC-granulaat bleken geen relevante invloed op de bindtijd van cement te hebben. Vanwege de aanwezigheid van glasdeeltjes is AEC-granulaat potentieel alkali-reactief. Door het kiezen van de juiste cementsoort (CUR-Aanbeveling 89) is dit echter geen probleem. Daarnaast zijn eisen gesteld aan het gehalte aan alkaliën, sulfaten en aan het gloeiverlies.

## Betoneigenschappen

De invloed van het vervangingspercentage zand en/of grind door AEC-granulaat van dezelfde korrelbouw op de relatieve druk-



Figuur 1: Invloed vervangingspercentage op relatieve druksterkte: (a) enkel grindvervanging (b) zand+ grindvervanging



sterkte (ten opzichte van referentiebeton van dezelfde samenstelling met enkel zand en grind) is weergegeven in figuur 1.

Op basis van de resultaten getoond in figuur 1 heeft CUR-commissie VC89 besloten om het uitgebreide betononderzoek uit te voeren aan mengsels waarin 20%((V/V)) grind en 20%((V/V)) zand + 20%((V/V)) grind is vervangen door overeenkomstige fracties AEC-granulaat. Deze beide mengsels en het referentiebeton bevatten 320 kg/m<sup>3</sup> CEM I 42,5N en een effectieve wcf van 0,50.

Bij 20%(V/V) vervanging van zand en grind door AEC-granulaat is geen relevante invloed zichtbaar op verwerkbaarheid c.q. afname ervan in de tijd, luchtgehalte en waterafscheiding. De sterkte-ontwikkeling van deze betonmengsels is weergegeven in figuur 2.

Uit figuur 2 blijkt dat 20%(V/V) vervanging van grind door AEC-granulaat 4-32 mm resulteert in een verlaging van de druksterkte van ca. 10%; 20%(V/V) zand + 20%(V/V) grind vervanging door overeenkomstige fracties AEC-granulaat levert ca. 20% vermindering in druksterkte op. Belangrijk is de waarneming dat de verhoudingen slijttreksterkte/druksterkte en elasticiteitsmodulus/druksterkte van de drie onderzochte betonsamenstellingen gelijk is. Dit betekent dat bij eenzelfde druksterkte het beton met AEC-granulaat eenzelfde slijttreksterkte en elasticiteitsmodulus heeft. Door het effect van de zwakkere AEC-granulaatkorrel te compenseren met een lagere effectieve wcf, kunnen voorgenoemde eigenschappen gelijkwaardig worden.

De krimp en kruip van de betonmengsels met AEC-granulaat, bij gedeeltelijke vervanging van zowel zand als grind, is hoger dan die van het referentiebeton (zie figuur 3). Dit is belangrijk voor toepassingen waarin deze eigenschappen maatgevend zijn en is gekwantificeerd in CUR-Aanbeveling 116.

Wat betreft de duurzaamheidsaspecten bleek dat de carbonatatie-snelheid lager en de bestandheid tegen vorst-dooi(zout)belasting beter was van de mengsels met AEC-granulaat. De weerstand tegen chloride-indringing was echter beduidend minder (ca. 35% hogere diffusiecoëfficiënt). Door de keuze van de juiste cementsoort hoeft dit echter geen probleem te zijn. Door de aanwezigheid van glasdeeltjes en metallisch aluminium in het AEC-granulaat bestaat een potentieel gevaar voor destructieve expansie. Dit is onderzocht bij zowel 20%(V/V) als 100%(V/V) vervanging van (zand +) grind door overeenkomstige fracties AEC-granulaat. Er is geen overmatige expansie waargenomen.

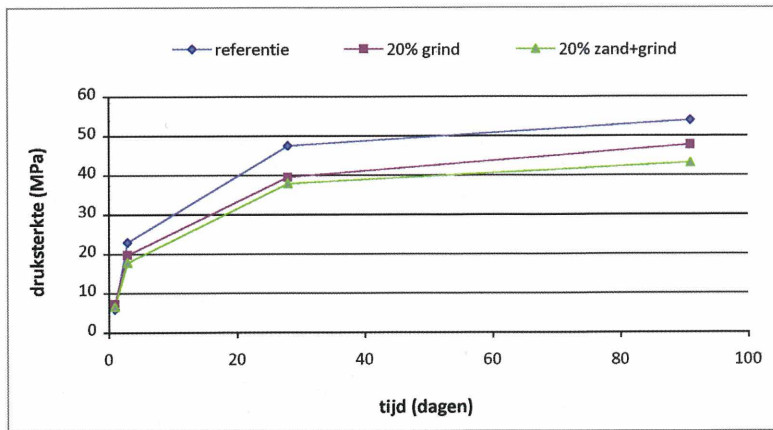
## Hergebruik AEC-granulaatbeton

Kuben van bovenbeschreven drie betonmengsels zijn na negen maanden verhard en afzonderlijk gebroken in een kaakbreker en door zeven is de fractie 4-32 mm afgescheiden. Met deze gebroken fracties 4-32 mm zijn opnieuw betonmengsels vervaardigd waarbij het grind volledig is vervangen. De ontwikkeling van de druksterkte en de slijttreksterkte van de drie betonmengsels met gerecyclede betongranulaten waren nagenoeg hetzelfde. De kwaliteit van betongranulaat vervaardigd uit beton met 20%(V/V) AEC-granulaat erin is dus vergelijkbaar met die van traditioneel betongranulaat.

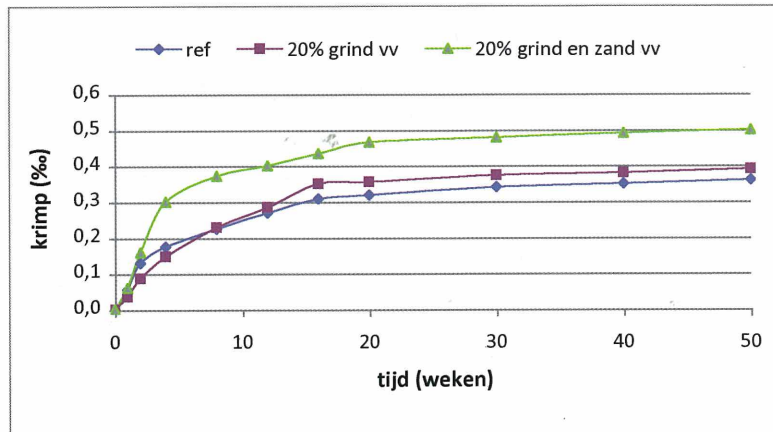
## CUR-Aanbeveling

In CUR-Aanbeveling 116 is aangegeven dat in gewapend beton maximaal 20%(V/V) van het grind of van het zand + grind mag worden vervangen door AEC-granulaat. In niet-constructief beton mag dit vervangingspercentage maximaal 50%(V/V) zijn. AEC-granulaat mag vooralsnog niet worden toegepast in voorgespannen beton vanwege mogelijk risico op spanningscorrosie van het voorspanstaal.

AEC-granulaat mag enkel in beton tot sterkteklasse C30/37 worden gebruikt. Milieuklassen XA2 en XA3 zijn niet toegestaan. In milieuklassen XD en XS moet een cement met een hoge weerstand tegen chloride-indringing worden gebruikt (CEM III/B of CEM II/B-V).



Figuur 2. Sterkte-ontwikkeling



Figuur 3. Krimp als functie van de tijd

## Tot slot

De CUR-Aanbeveling is gebaseerd op het uitgevoerde (uitgebreide) laboratoriumonderzoek. Echter het ontbreekt nog aan bredere praktijkervaringen. Deze zal echter snel worden ingevuld omdat enkele producenten de toepassing van AEC-granulaten in hun betonproducten hebben opgestart. Dit zal zich in eerste instantie vooral richten op betonwaren.

## Literatuur

'AEC-granulaat als toeslagmateriaal voor beton: Betontechnologische, constructieve en duurzaamheidsaspecten', SGS INTRON rapport A837970/R20080034a, september 2010.