



CIRCULAR
CONCRETE



bbri.be

Researches • Develops • Informs

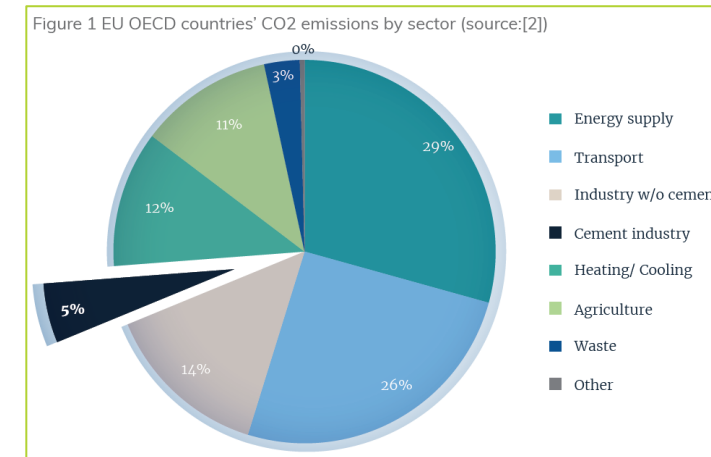
Use of recycled concrete aggregate and other recycled materials in concrete

Wednesday 23 June 2021

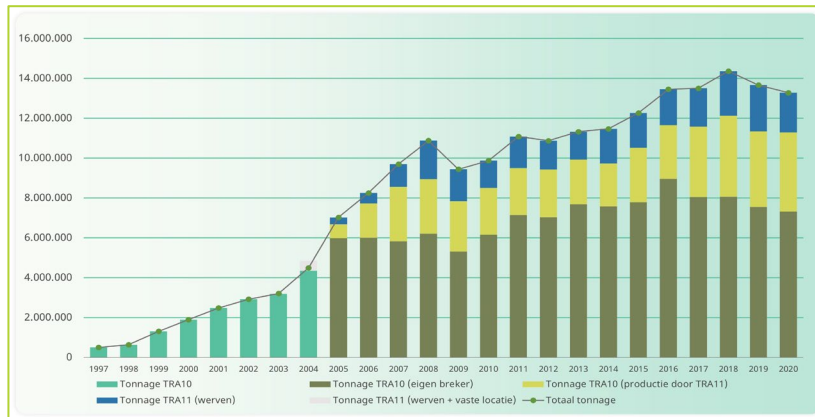
**Bram Dooms, Jeroen Vrijders,
Niels Hulsbosch**

Context

Concrete production - environmental impact



A SUSTAINABLE FUTURE FOR THE EUROPEAN CEMENT AND CONCRETE INDUSTRY
Technology assessment for full decarbonisation of the industry by 2050



<https://www.copro.eu/nl/activiteitenrapport/certificatie/productcertificatie/gerecycleerde-granulaten>



Context

Innovations in low-carbon & circular concrete

Aswebo legt fietspad aan met Groen Beton



Aswebo en Wegenbouw De Brabandere werken voor de aanleg van het nieuwe fietspad langs de N35-N364 in Diksmuide met milieuvriendelijk beton. Het kalksteenslag in het betonmengsel werd voor de helft vervangen door gerecycleerde betongranulaten. Deze granulaten hebben als voordeel dat er geen bijkomende belasting van natuurlijke bronnen is en er is minder transport nodig, dus minder CO₂-uitstoot. De productie van het beton wordt verzorgd door De Brabandere, Aswebo voert de werken uit.

Het nieuwe mengsel kreeg de naam Groen Beton en wordt het beton van de toekomst genoemd. Aswebo en De Brabandere zijn lid van Groen Beton Vert (GBV), een vzw met als doel het promoten en ontwikkelen van dit milieuvriendelijke beton. Voorafgaand aan deze opdracht werden verschillende proeven uitgevoerd en voorgelegd aan het bestuur van GBV. Na een grondige studie en analyse door onder meer het WTCB en het OCMW, heeft het Agentschap Wegen en Verkeer en de stad Diksmuide het licht op groen gezet. Gisteren hebben beide firma's in aanwezigheid van minister van Openbare Werken Hilde Crevits het eerste element gegoten.

Ecologisch beton zonder cement

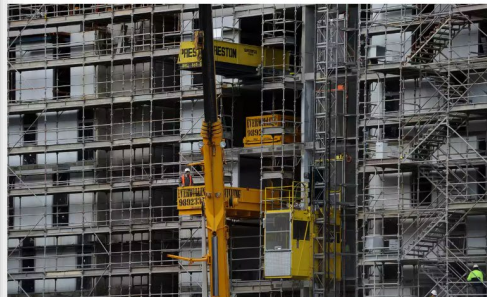


Klassiek beton is doorgaans een samenstelling van water, zand en/of granaat en cement. De ontwikkeling staat echter niet stil, want voor elk van deze basismaterialen is al een alternatief voorhanden. Sterker nog: onlangs werd er met EcoPolymer zowaar een CO₂-arm beton zonder cement en met geringe toevoeging van water geïntroduceerd, een soort geopolymer dat bijna krimpvrij en volledig zuurbestendig is en dat zo heel wat nieuwe mogelijkheden biedt voor de wegen- en infrastructuurbouw.

Eco2beton is een ontwikkeling van de Devagro Group, een verzameling firma's langs de Leie in Waregem die opgericht werden door Ignace Degzele en zijn echtgenote Marleen Vanden Buerie. Als textielingenieur kwam hij via een samenwerking met zijn schoonzoon in de aannemerij terecht, om er vervolgens een succesvolle carrière als ondernemer uit te bouwen. Een eerste wapenfeit was de oprichting van Devagro in 1989, een onderneming die zich toespit op het aanleggen van wegen en andere infrastructuur. Na enige tijd richtte Degzele zijn pijlen ook op de recyclagesector: "Wanneer je infrastructuurwerken uitvoert, genereer je uiteraard heel wat puin. Velen beschouwdien dit als afval, terwijl wij onder invloed van de constante prijsdruk zijn overgeschakeld op mobiele recycling, zodat we het puin in situ konden hergebruiken als funderingsmateriaal in plaats van extra te moeten betalen om het te kunnen afvoeren. Deze activiteiten zijn sinds 1994 ondergebracht bij onze tweede dochteronderneming Devarec." Nadien kwamen daar in 2000 nog B.S.V. (bodemsanering) en Devamix (recyclages) bij, beide gevestigd in Harelbeke. Met OB&D werd er eveneens geïnvesteerd in een firma die zich toelgt op het bergen van grondoverschotten in Ronse (5 ha) en Meulebeke (15 ha). In totaal stelt de groep een tachtigtal mensen te werk.

Ecologisch alternatief

Making concrete green: reinventing the world's most used synthetic material

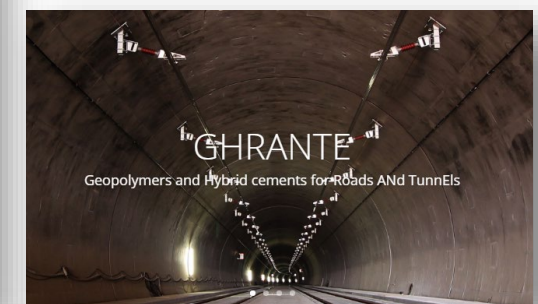


Concrete has a crushing environmental impact but Australian-led innovations have the potential to dramatically reduce emissions from its production

Construction on the Victoria Square precinct in the inner city suburb of Zetland in Sydney. Photograph: Dean

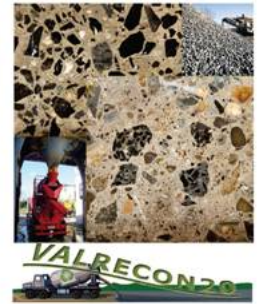


Carbstone



GHRANTE Geopolymers and Hybrid cements for Roads AND Tunnels

Webinar 23.01.2012 – Jeroen.Vrijders@bbri.be



VALRECON20

Valorisation of Recycled Concrete Aggregates in Concrete C20/25-6 C25/30

Valorisation of grove betonpuingranulaten in beton C20/25 & C25/30

'Stortklaar beton voor de Toekomst'



SIM ICON SUPERMEX project

Nyrstar Balen/Overpelt – Belgium




Valorising CM containing sludges (Nyrstar) and slags (Umicore) with mineral valorisation into geopolymers (CRH) (KU Leuven)

SAND 2 SAND



Context Challenges

Limited technical framework

Putting innovations to practice

Additional innovations

Unknown territory

R&D



General contractors,
concrete producers...

Context

Circular.Concrete

Putting innovative circular concrete technologies into practice
2018-2020



**CIRCULAR
CONCRETE**



bbri.be
Researches • Develops • Informs



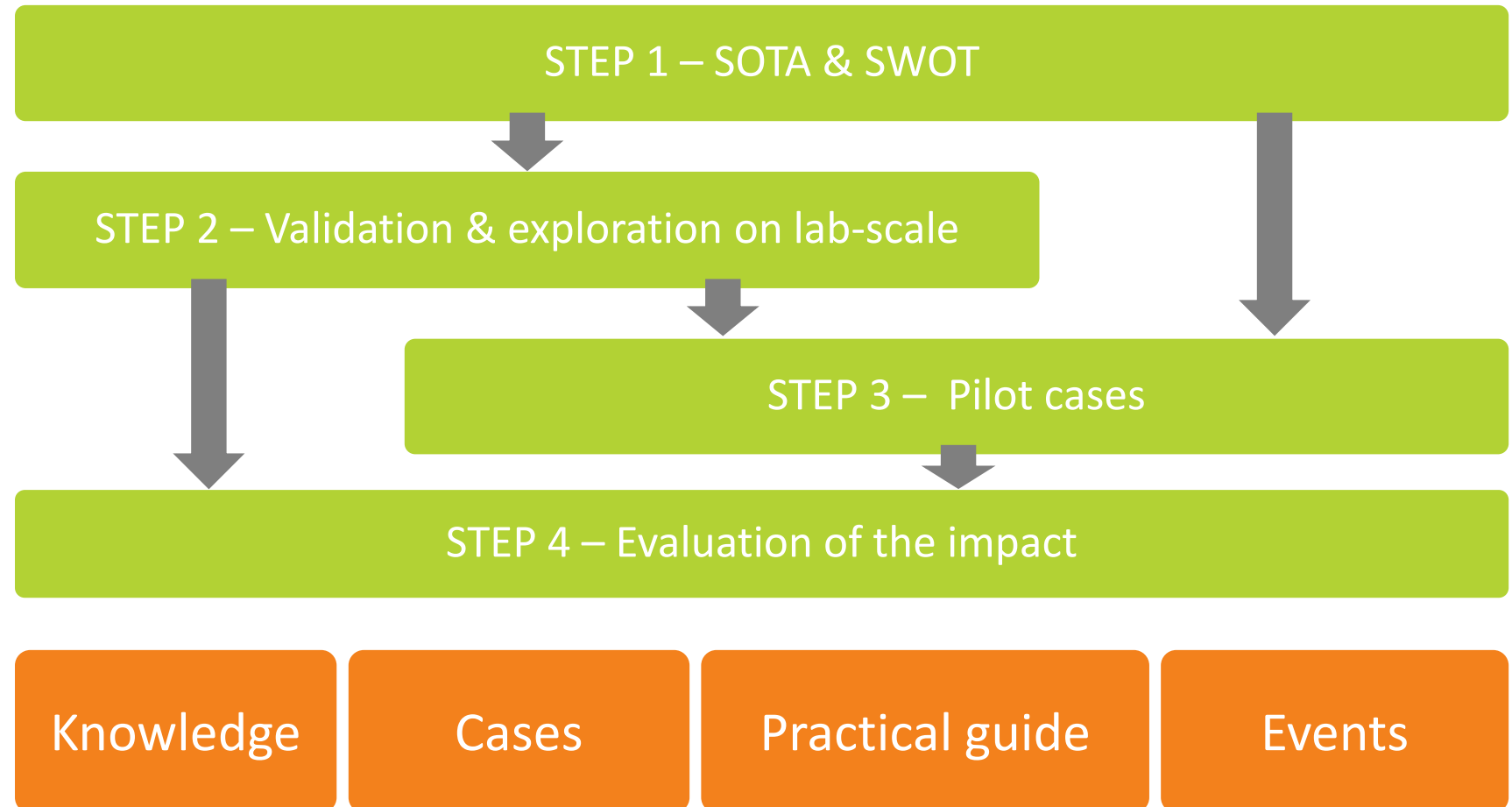
SIM
innovating together



AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



VLAANDEREN
CIRCULAIR



→ <https://www.circular-concrete.be/>

Context

Circular.Concrete



Context

Circular.Concrete

- State-of-the-Art Report on circular technologies

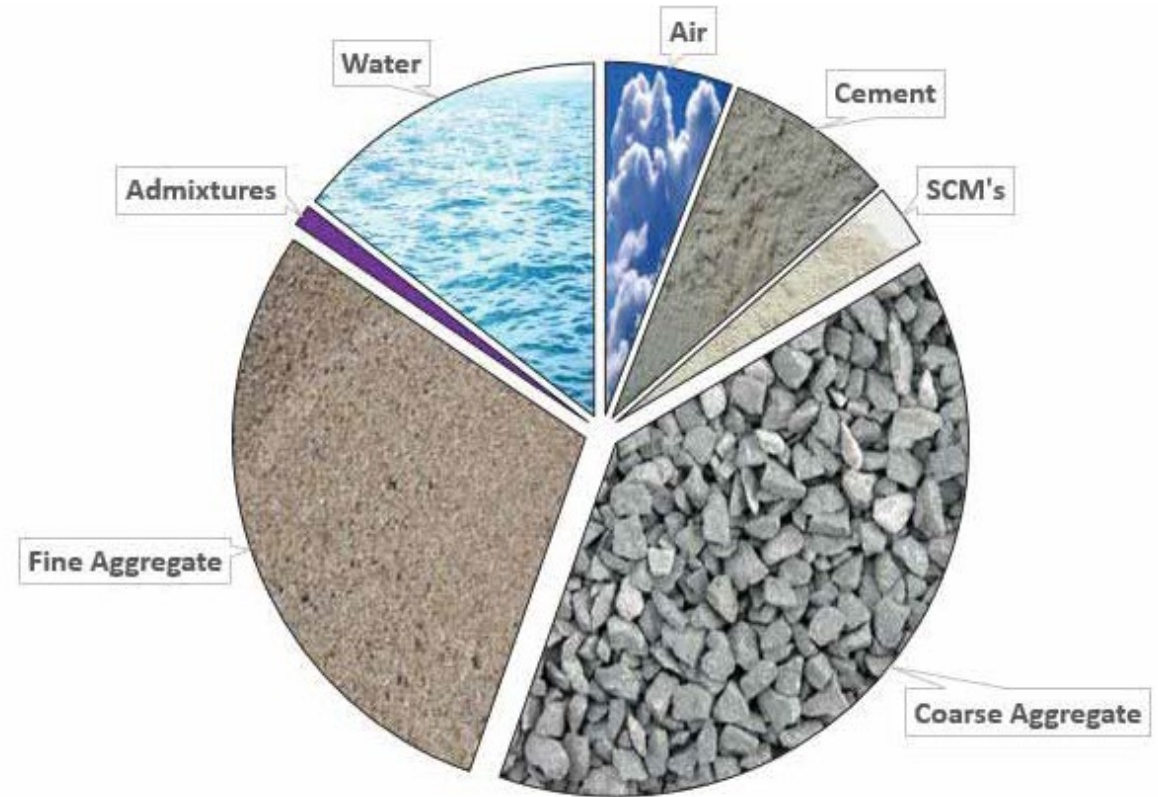
1. Concrete composition
 - Binder
 - **Aggregates**
 - Admixtures
2. Design & Building process
3. Use-phase & **End-of-life**



Concrete composition - Aggregates

Environmental impact of natural aggregates

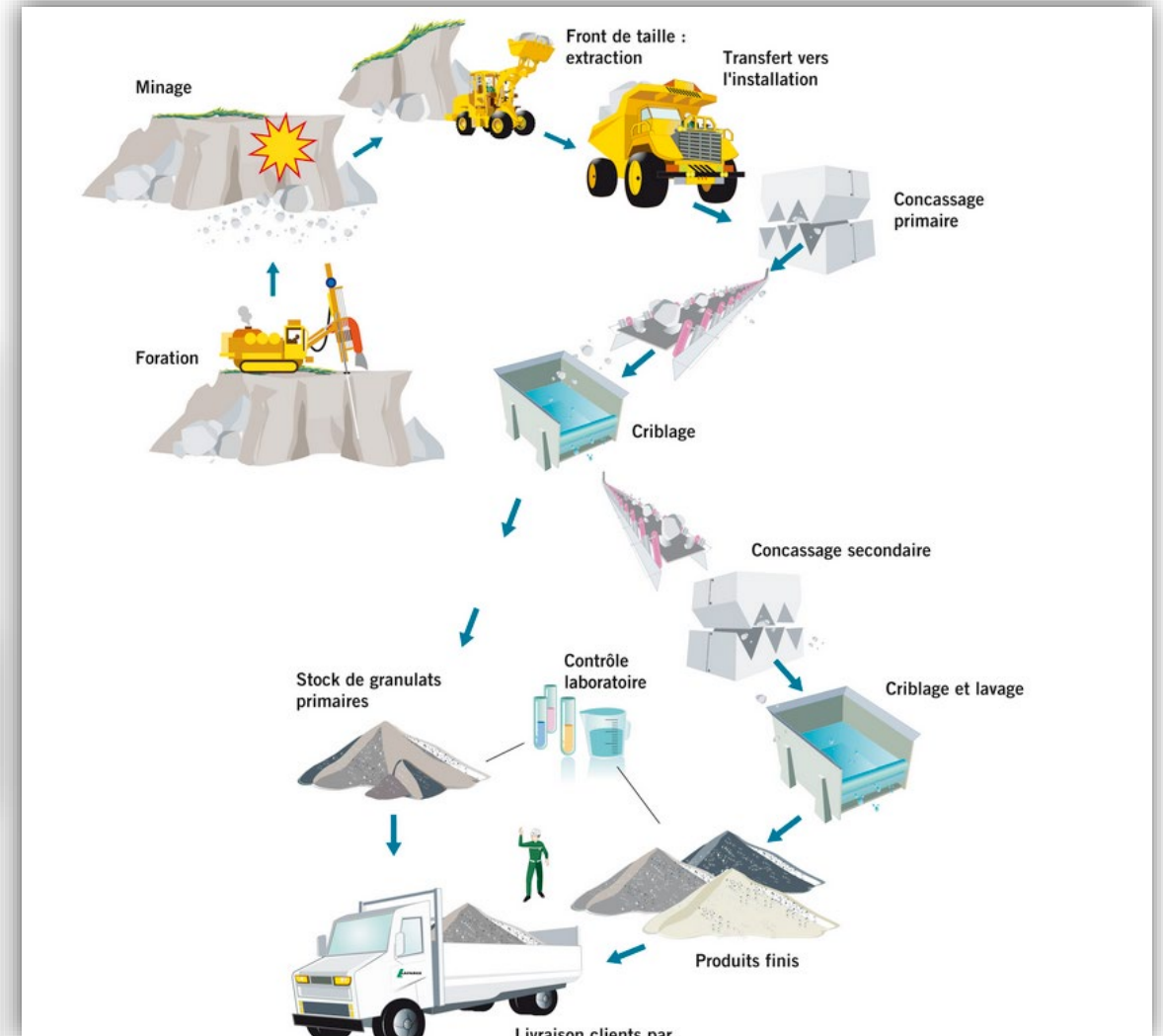
- 70 - 75 % of concrete volume



Concrete composition - Aggregates

Environmental impact of natural aggregates

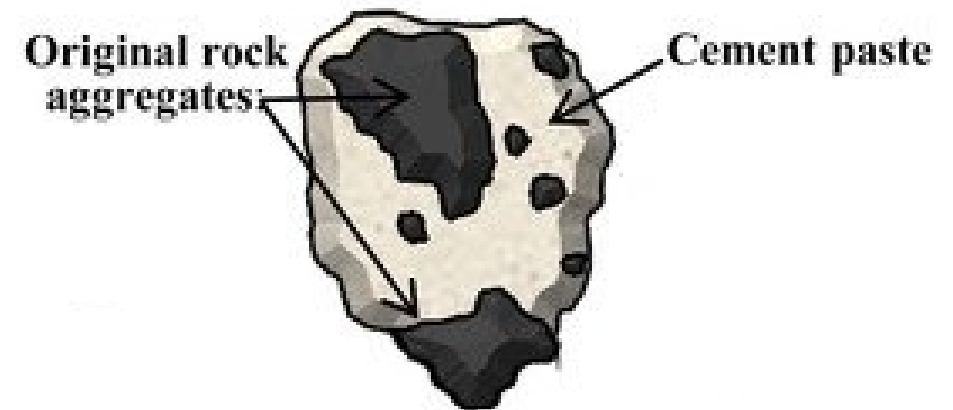
- Quarrying
- Treatment
- Transportation



Concrete composition - Aggregates

Recycled aggregates

- Reuse of construction debris
 - Recycled Concrete Aggregates
 - Recycled Mixed Aggregates
- Environmental 'gains'
 - Less consumption natural resources
 - Less transportation
- Attention points for concrete:
 - Water-management!!
 - Continuity / purity
 - Effects on properties



Concrete composition - Aggregates

Manufactured aggregates

- Industrial by-products (slags)
- Waste streams (ashes, polluted soil)
- Environmental gains
 - Less consumption natural resources
 - Less transportation
 - Less waste
- Attention points for concrete:
 - Continuity / purity
 - Chemical reactions
 - 2nd & 3rd life - leaching



Concrete composition - Aggregates

Current standards

- EN 206:2013 (cast-in-place concrete)

5.1.3 Aggregates

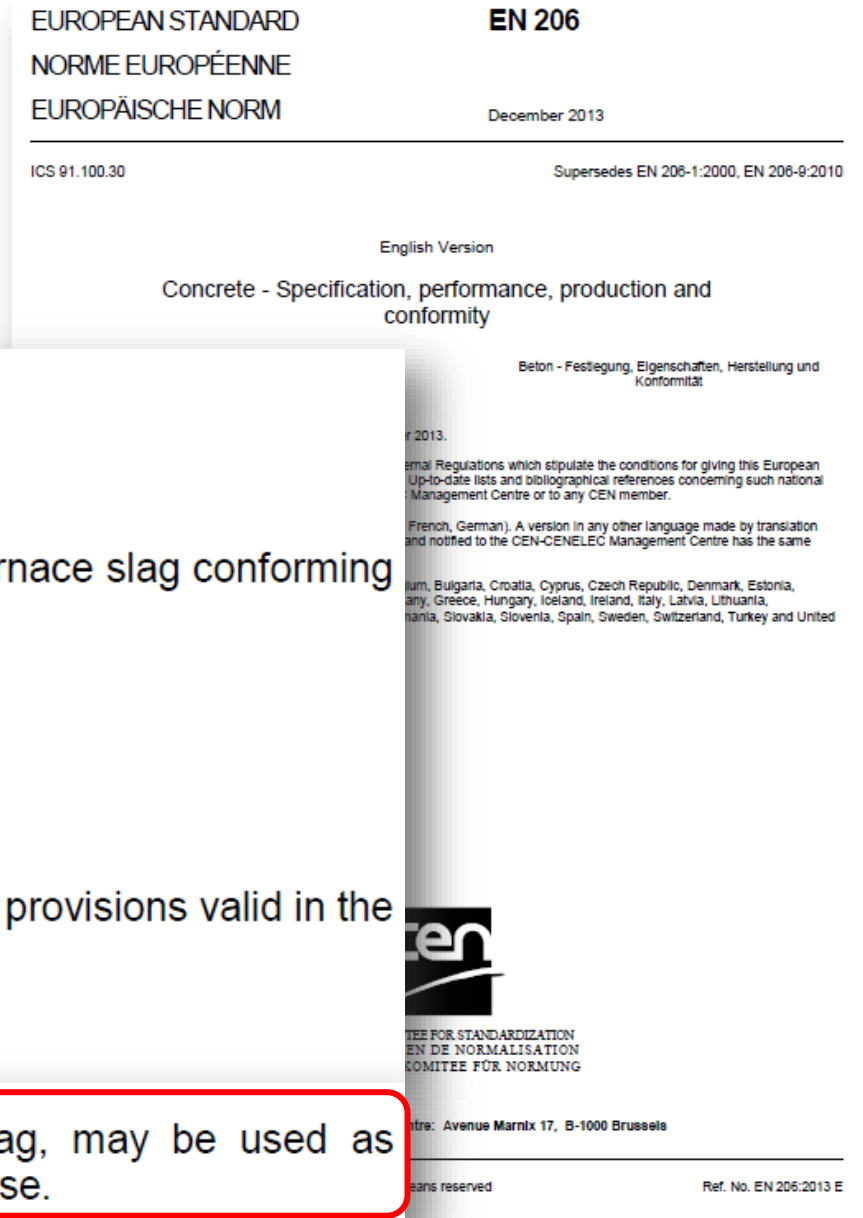
(1) General suitability is established for:

- natural normal-weight aggregates, heavy-weight aggregates and air-cooled blast furnace slag conforming to EN 12620;
- lightweight aggregates conforming to prEN 13055;
- reclaimed aggregates conforming to 5.2.3.3;

and conforming to the categories given in EN 12620 or in prEN 13055 established in the provisions valid in the place of use.

NOTE **Recommendations** for the use of aggregates (categories) are given in Annex E.

(2) Recycled and manufactured aggregates, other than air-cooled blast furnace slag, may be used as aggregate for concrete if the suitability is established by provisions valid in the place of use.



Concrete composition - Aggregates

Current standards

- EN 206:2013 (cast-in-place concrete) - *Informative Annex E*

Table E.2 — Maximum percentage of replacement of coarse aggregates (% by mass)

Recycled aggregate type	Exposure classes			
	X0	XC1, XC2	XC3, XC4, XF1, XA1, XD1	All other exposure classes ^a
Type A: (Rc_{90} , Rcu_{95} , Rb_{10-} , Ra_{1-} , FL_{2-} , XRg_{1-})	50 %	30 %	30 %	0 %
Type B ^b : (Rc_{50} , Rcu_{70} , Rb_{30-} , Ra_{5-} , FL_{2-} , XRg_{2-})	50 %	20 %	0 %	0 %

^a Type A recycled aggregates from a known source may be used in exposure classes to which the original concrete was designed with a maximum percentage of replacement of 30 %.

^b Type B recycled aggregates should not be used in concrete with compressive strength classes > C30/37.

Table E.3 — Recommendations for coarse recycled aggregates according to EN 12620

Property ^a	Clause in EN 12620:2002+A1:2008	Type	Category according to EN 12620
Fines content	4.6	A + B	Category or value to be declared
Flakiness Index	4.4	A + B	$\leq FI_{50}$ or $\leq SI_{55}$
Resistance to fragmentation	5.2	A + B	$\leq LA_{50}$ or $\leq SZ_{32}$
Oven dried particle density ρ_{rd}	5.5	A	$\geq 2\ 100\text{ kg/m}^3$
		B	$\geq 1\ 700\text{ kg/m}^3$
Water absorption	5.5	A + B	Value to be declared
Constituents ^b	5.8	A	Rc_{90} , Rcu_{95} , Rb_{10-} , Ra_{1-} , FL_{2-} , XRg_{1-}
		B	Rc_{50} , Rcu_{70} , Rb_{30-} , Ra_{5-} , FL_{2-} , XRg_{2-}
Water soluble sulfate content	6.3.3	A + B	$SS_{0,2}$
Acid-soluble chloride ion content	6.2	A + B	Value to be declared
Influence on the initial setting time	6.4.1	A + B	$\leq A_{40}$

^a Category NR (no requirements) applies for all other properties not stated in this table for which a category NR can be declared according to EN 12620.

^b For special applications requiring high quality surface finish the constituent FL should be limited to category $FL_{0,2-}$.

Concrete composition - Aggregates

Current standards

- NBN B 15-001:2018 (*Normative* part)
- General suitability is established for:
 - RC Aggregate 'A_±' ($d \geq 4$ mm)
 - 'A' + extra requirements:
 - Oven dried particle density (ρ_{rd}) ≥ 2200 kg/m³
 - $\leq LA_{35}$
 - ...
 - Limited application:
 - Strength class: $\leq C30/37$
 - Replacement % of coarse aggregates:

	Xo	XC1	XC2	XC3, XC4, XF1, XF3, XA1, XD1	Alle andere milieuklassen
Betonggranulaat type A+	50%	30%	30%	20%	0%
Menggranulaat type B+	20%	20%	0%	0%	0%



Mixed aggregates B+

Concrete composition - Aggregates

Current standards

- NBN B 15-001:2018 (*Normative* part)
- General suitability is established for:
 - Manufactured aggregates
 - Only pig iron blast furnace slag, ferro steel slag (BOF, EAF, INOX steel slag) and non-ferro steel slag (Pb)
 - $d \geq 2 \text{ mm}$ and $D \geq 10 \text{ mm}$
 - The producers provide proof of suitability in concrete
 - No negative influence on hydraulic reaction and durability
 - No long-term instability or autodegradation
 - Strength class: $\leq \text{C30/37}$
 - Only X0 and XC1



Concrete composition - Aggregates

Current standards

- NBN B 15-001:2018 (*Normative* part)
- Higher replacement percentages
- Higher strength classes
- Other exposure classes
- Other fractions (sand)
- Other types of manufactured aggregates

→ Establish general and/or specific suitability

Identification (geometric/chemical/physical properties)
Predictif behaviour, no negative side-effects for concrete or rebars

≈ Equivalent Concrete Performance Concept
For a specific application/exposure class

ICS: 91.100.10	Ontwerp
prBelgische norm	prNBN B 15-101
	1 ^e uitg., <maand> <JJJJ>
	Normklasse: B 15
(NL) Beton - Methodologie voor de evaluatie en attestering van de gebruiksgeschiktheid van inerte grondstoffen bestemd voor beton	

Concrete composition - Aggregates

Research at BBRI



Concrete composition - Aggregates

Research at BBRI - Circular.Concrete

1. Maximum replacement

		Recycled/manufactured [%]		Natural aggregates [%]	
		Sand	Coarse	Sand	Coarse
	RCA 1	45	45	10	/
	RCA 2	60	40	/	/
	RCA 3	48	42	10	/
	Cleaned pol. sand	26	/	10	64
	Copperslag	20	/	20	60
	INOX slag	20	29	9	42
	100 % natural	/	/	35	65

- 2 concrete qualities:
 - Average (cf XC3): 300 kg/m³ CEM III/A 42.5, W/C ratio 0.55, C25/30
 - High (cf XS3): 340 kg/m³ CEM III/A 42.5, W/C ratio 0.45, C35/45

Concrete composition - Aggregates

Research at BBRI - Circular.Concrete

1. Maximum replacement

- RCA

- Aggregates were added oven-dried
- High amounts of added extra water (WA_{24} of RCA)

- Influence on **mechanical properties** (compressive strength):

- Average quality concrete: limited/no negative influence
- High quality concrete: significant negative influence

- Influence on **durability properties** (carbonation resistance, chloride ingress resistance, frost resistance with de-icing salts)

- Significant negative influence (except frost resistance)



Concrete composition - Aggregates

Research at BBRI - Circular.Concrete

1. Maximum replacement

- **Manufactured aggregates**

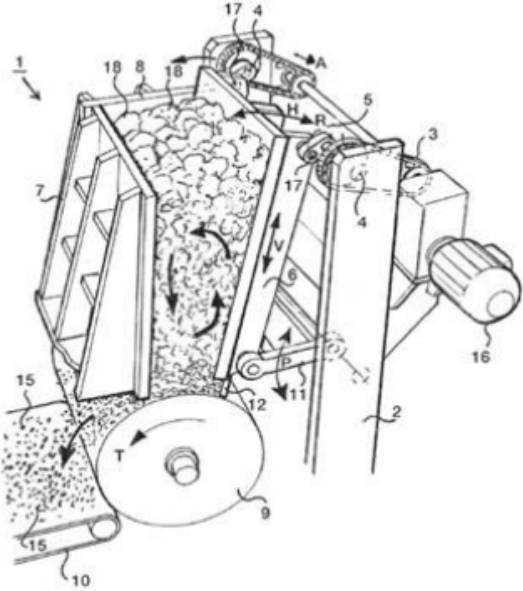
→ Similar or better mechanical/durability properties



Concrete composition - Aggregates

Research at BBRI - Circular.Concrete

2. 'Smart crushing' technology



- Environmental 'gains':
 - Less influence of RCA on concrete properties
 - Low-quality → High-quality application

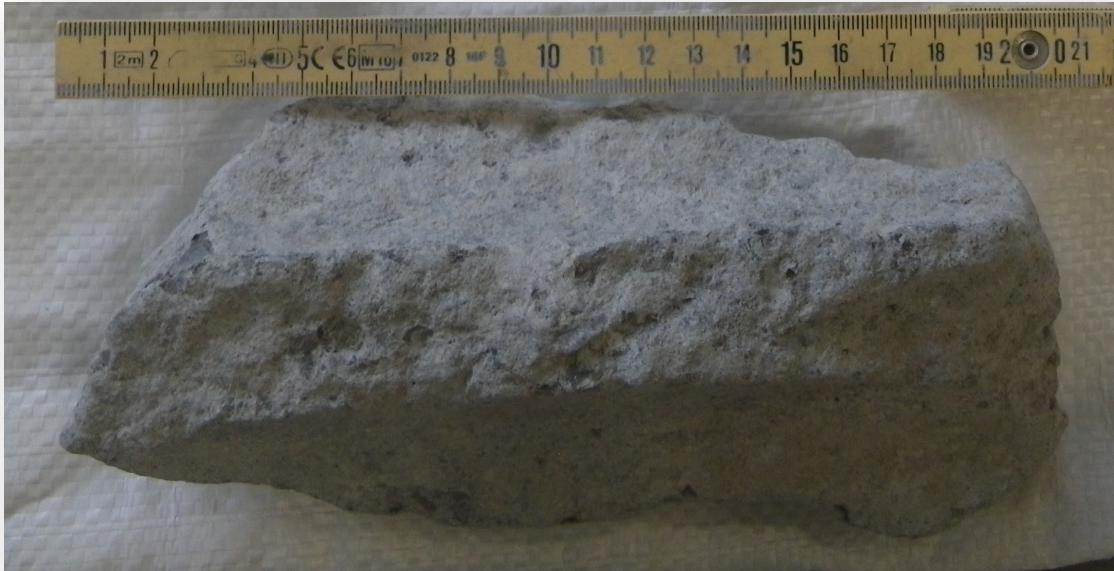


Circulair Mineraal

Concrete composition - Aggregates

Research at BBRI - Circular.Concrete

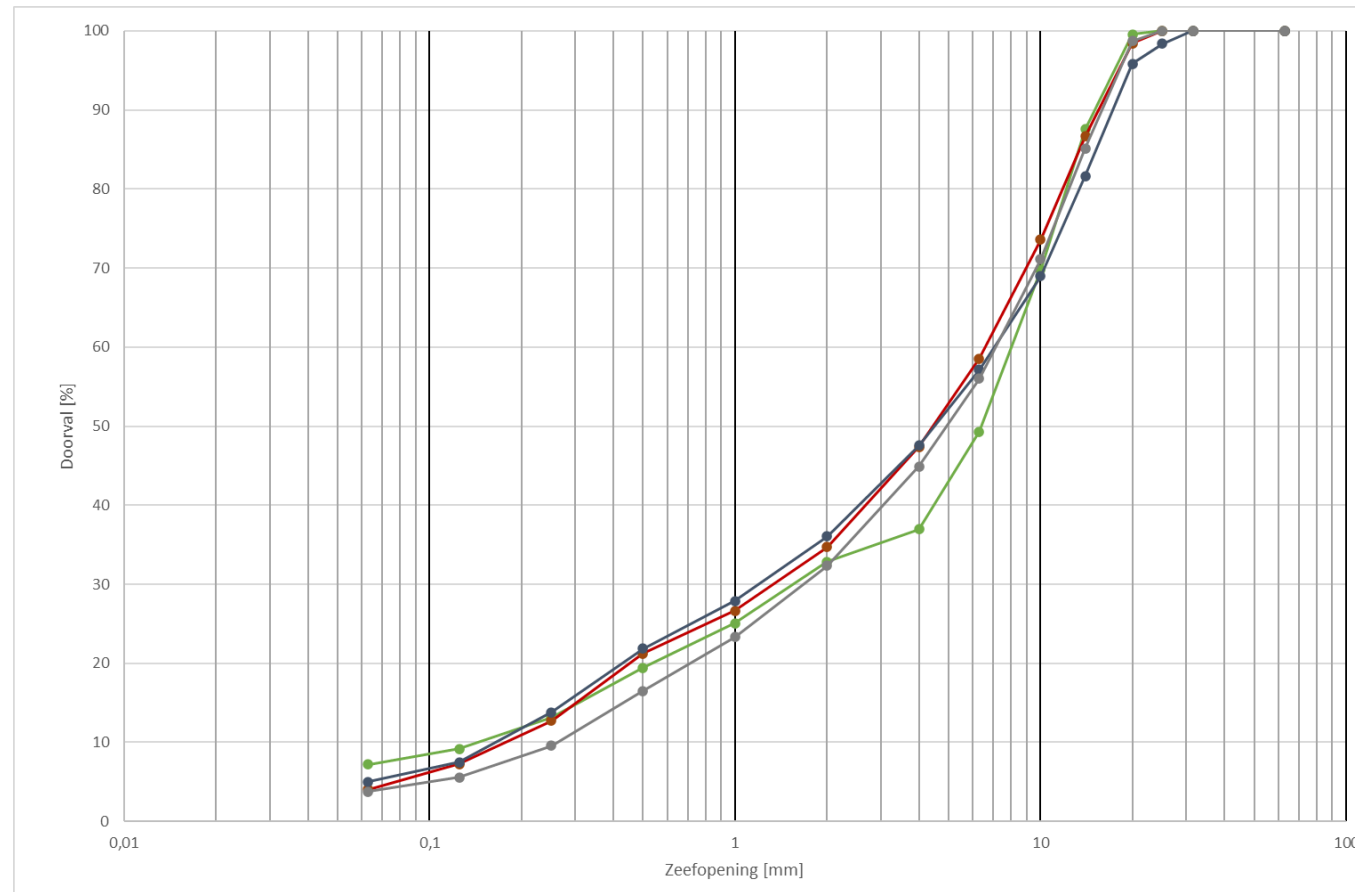
2. 'Smart crushing' technology



Concrete composition - Aggregates

Research at BBRI - Circular.Concrete

2. 'Smart crushing' technology



Concrete composition - Aggregates

Research at BBRI - Circular.Concrete

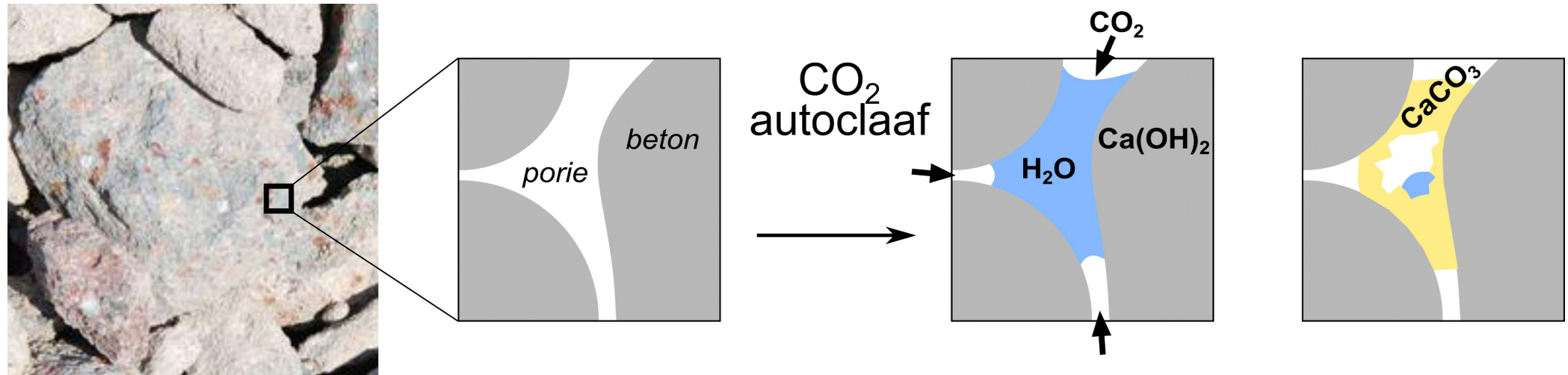
2. 'Smart crushing' technology

- Aggregate properties similar to normal crushed recycled aggregates
 - Water absorption and oven-dried particle density
 - Micro-Deval
- Fines show little/no reactivity
 - XRD, XRF, TGA
 - Tests on mortar
- Efficiency of technology on 'Belgian' concrete?
 - Crushed limestone (angular) vs gravel (round)
 - Cost vs benefits

Concrete composition - Aggregates

Research at BBRI - Circular.Concrete

3. Carbonation of recycled aggregates



- Environmental 'gains':
 - Less influence of RCA on concrete properties
 - Low-quality → High-quality application
 - CO_2 -consumption?

Concrete composition - Aggregates

Research at BBRI - Circular.Concrete

3. Carbonation of recycled aggregates



Concrete composition - Aggregates

Research at BBRI - Circular.Concrete

3. Carbonation of recycled aggregates

- Clear albeit limited positive influence of treatment
 - Water absorption and oven-dried particle density
 - Especially sand (high 'susceptical' mortar fraction)
- No clear influence on Micro-Deval
 - Intensity test method?
- Practical application of technology?
- CO₂-capture?
- Gains vs costs?





bbri.be
Researches • Develops • Informs

Thank you for your attention

Bram Dooms, Jeroen Vrijders, Niels Hulsbosch

Bram.dooms@bbri.be