



**Blue Phoenix
Group**

Building a sustainable future

AEC-vulstof in aardvochtig beton

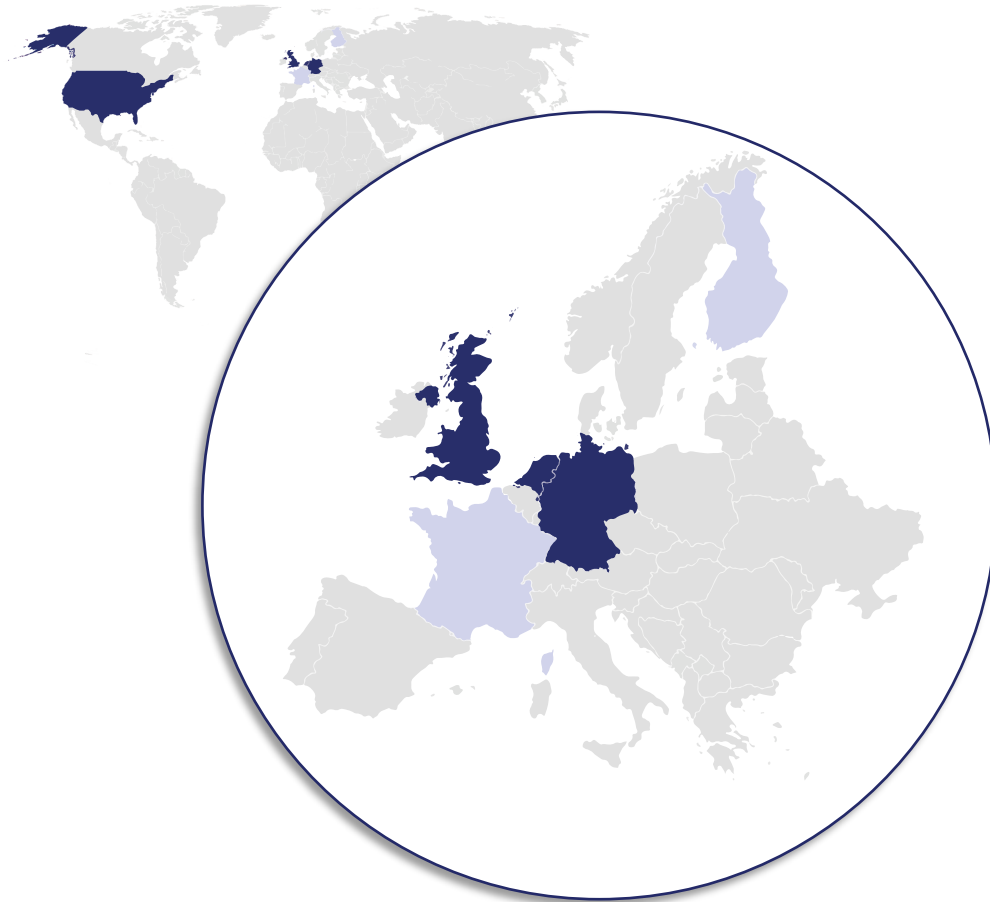
14 September 2021

Henk Soen & Mark van Kempen

www.bluephoenix-group.com

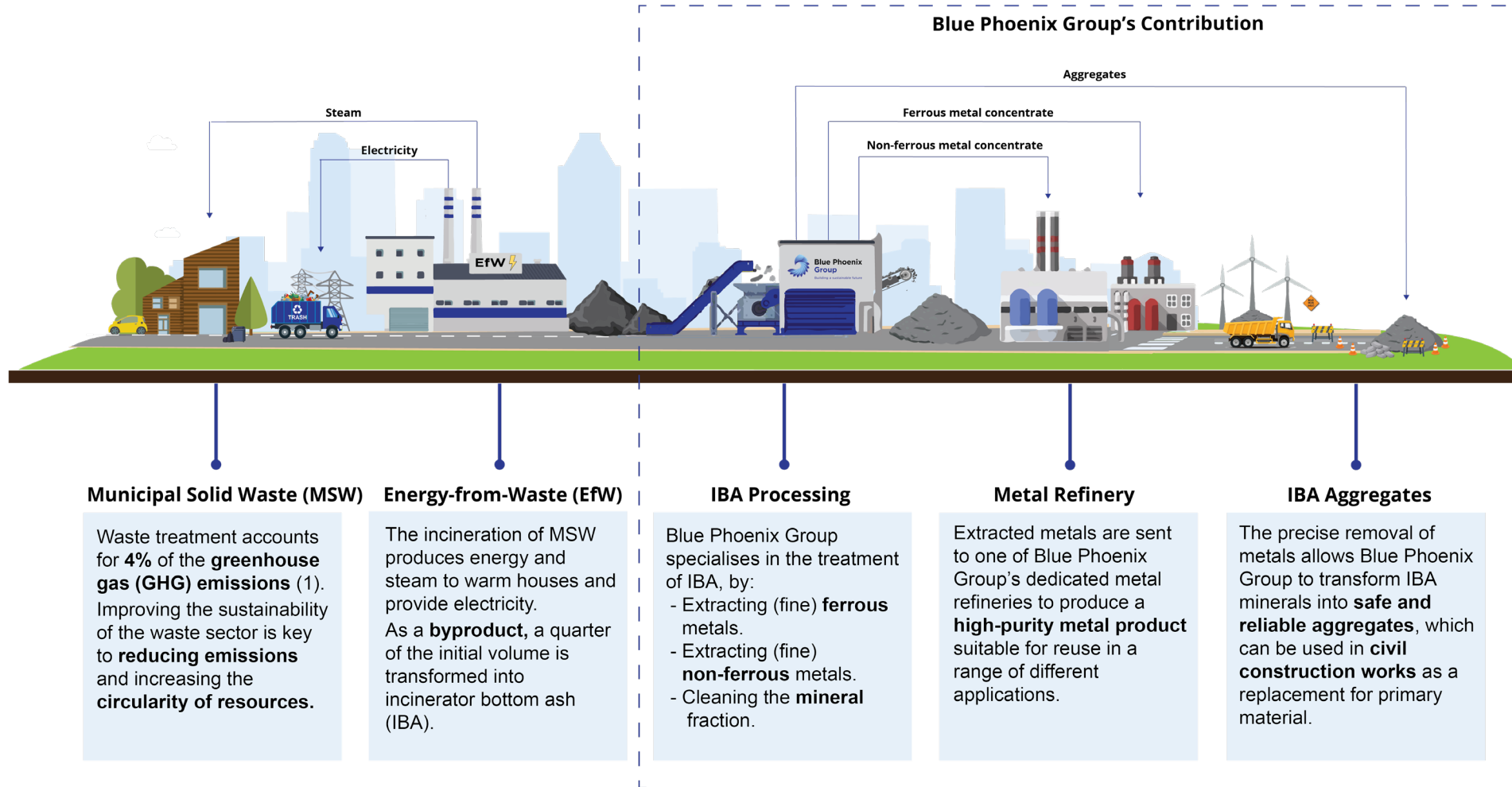
Watermanweg 106a
3067 GG Rotterdam
The Netherlands

Copyright Blue Phoenix Group 2022

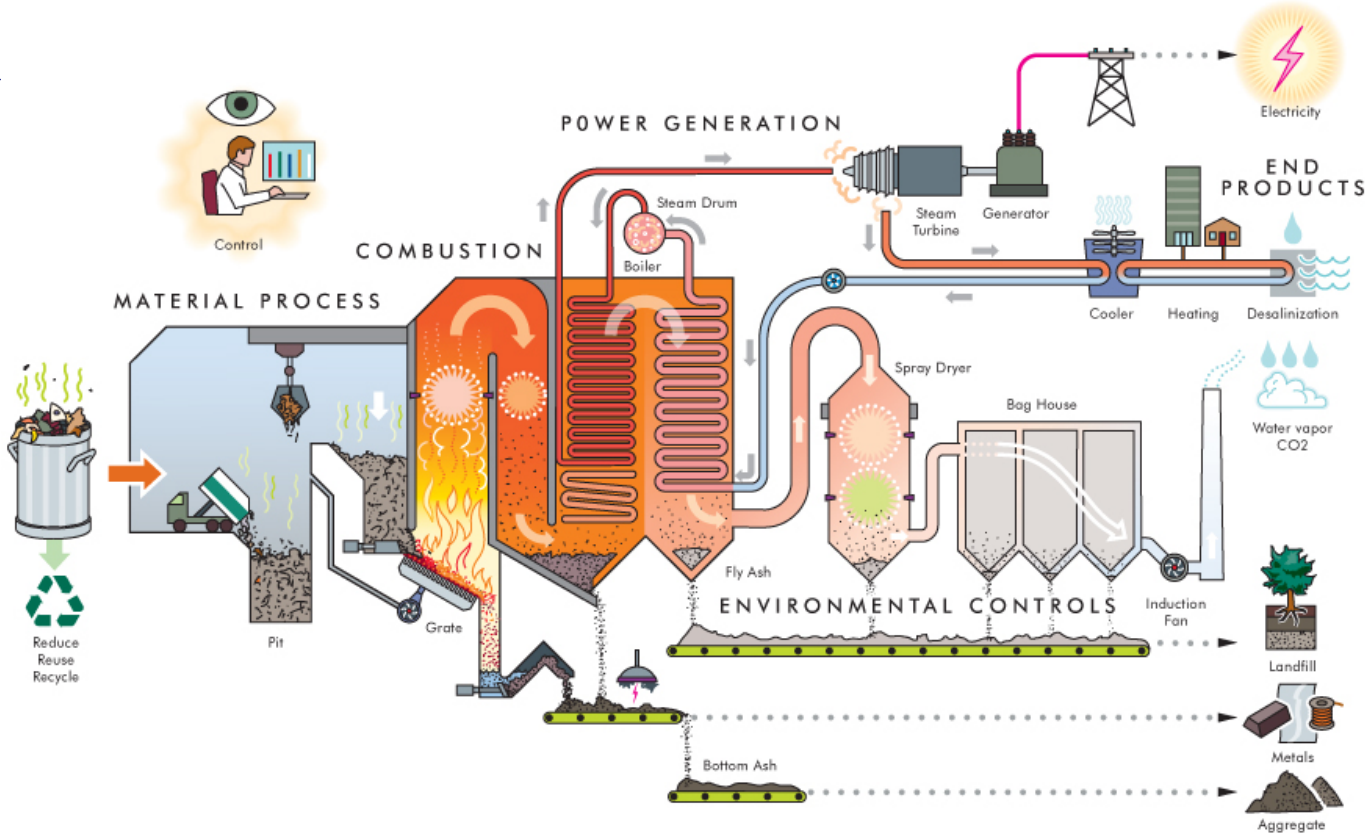


- > 4.5 million ton IBA per year
- >150 million euro
- > 450 FTE
- >36 production locations



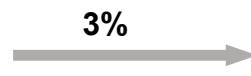
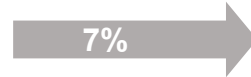
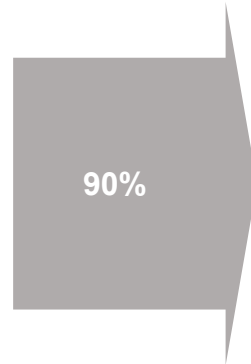


Waste-to-Energy

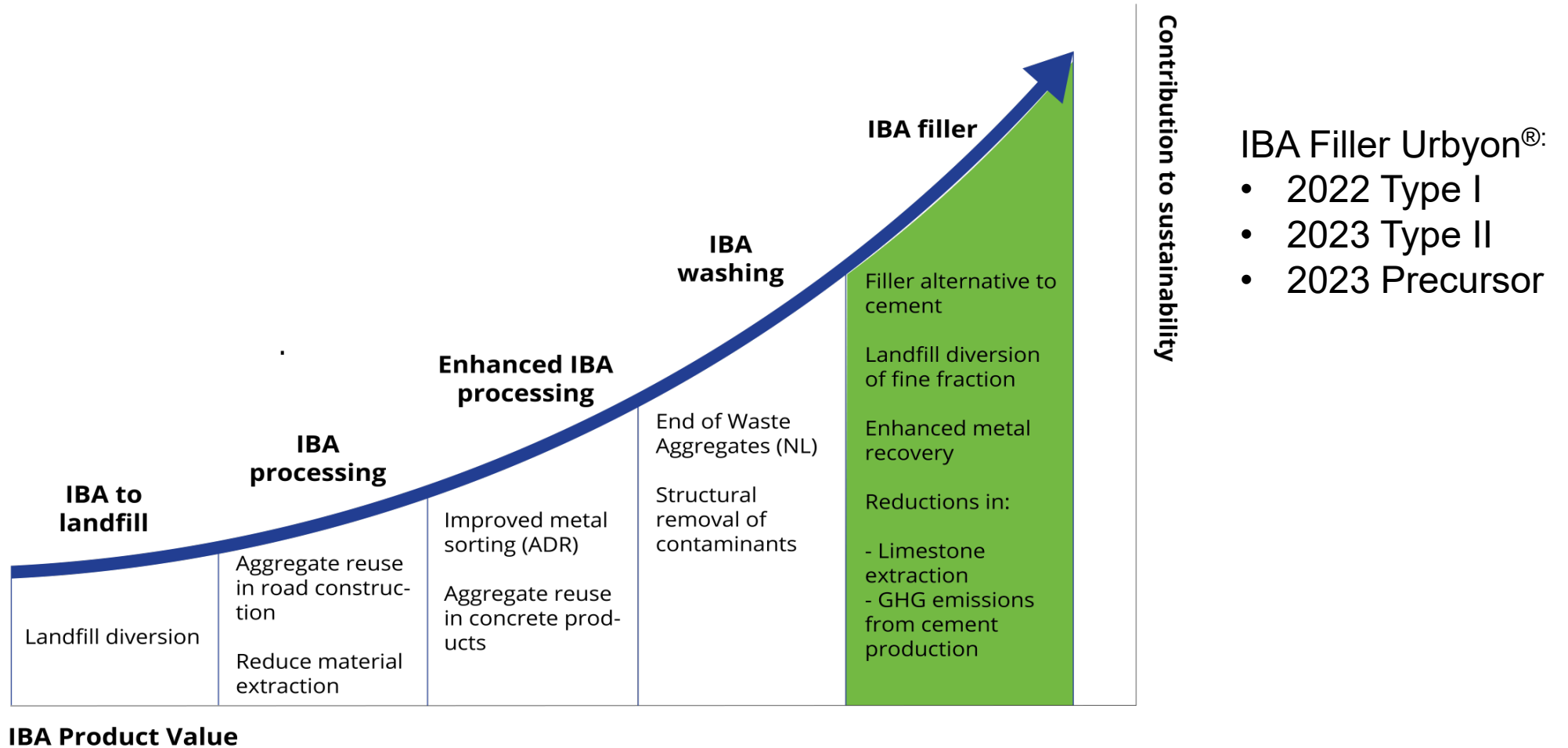


- In Europe, 27% of the waste is incinerated for energy recovery.
- 22 million tonnes of IBA are produced annually.
- IBA contains valuable resources including minerals and metals that can be recovered and reused

Composition of Incinerator Bottom Ash

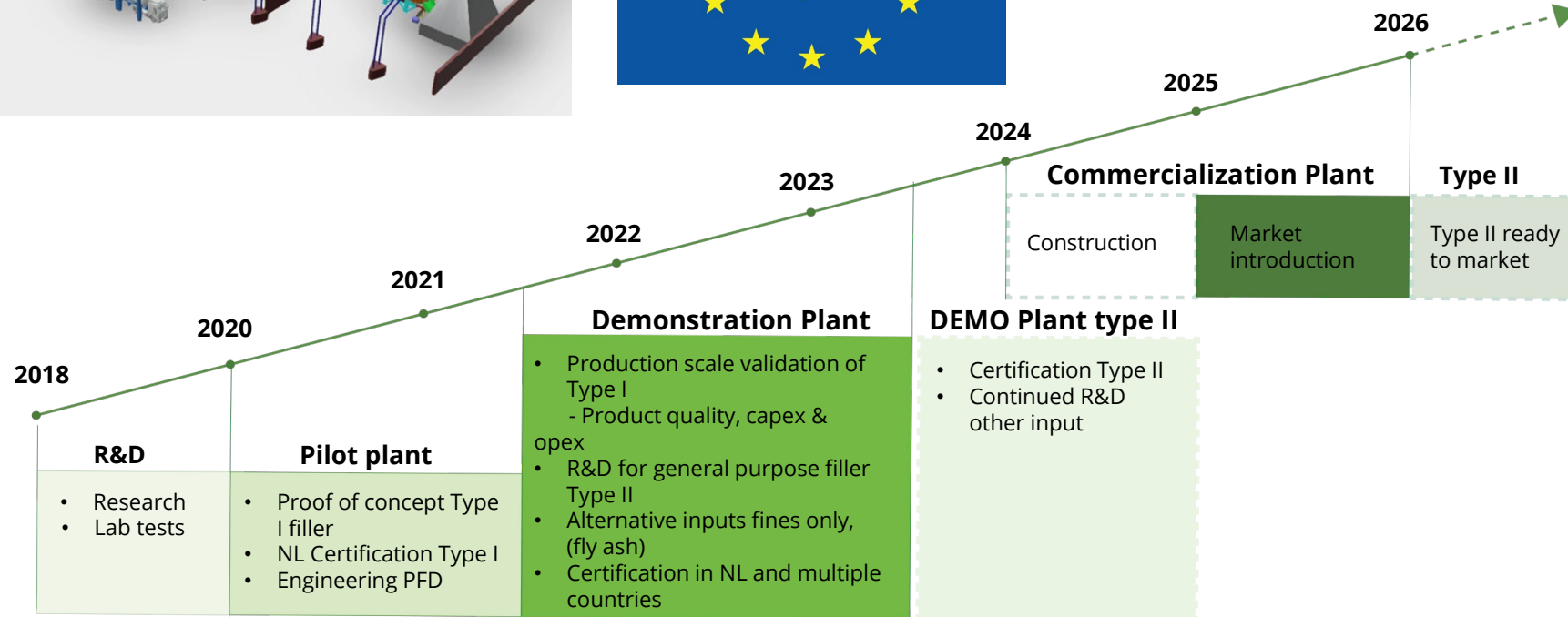
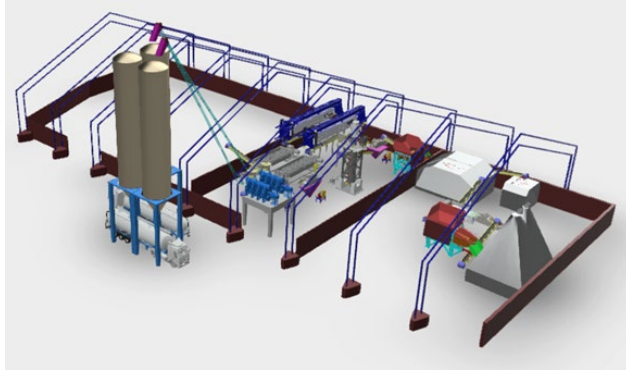


Development of IBA Treatment

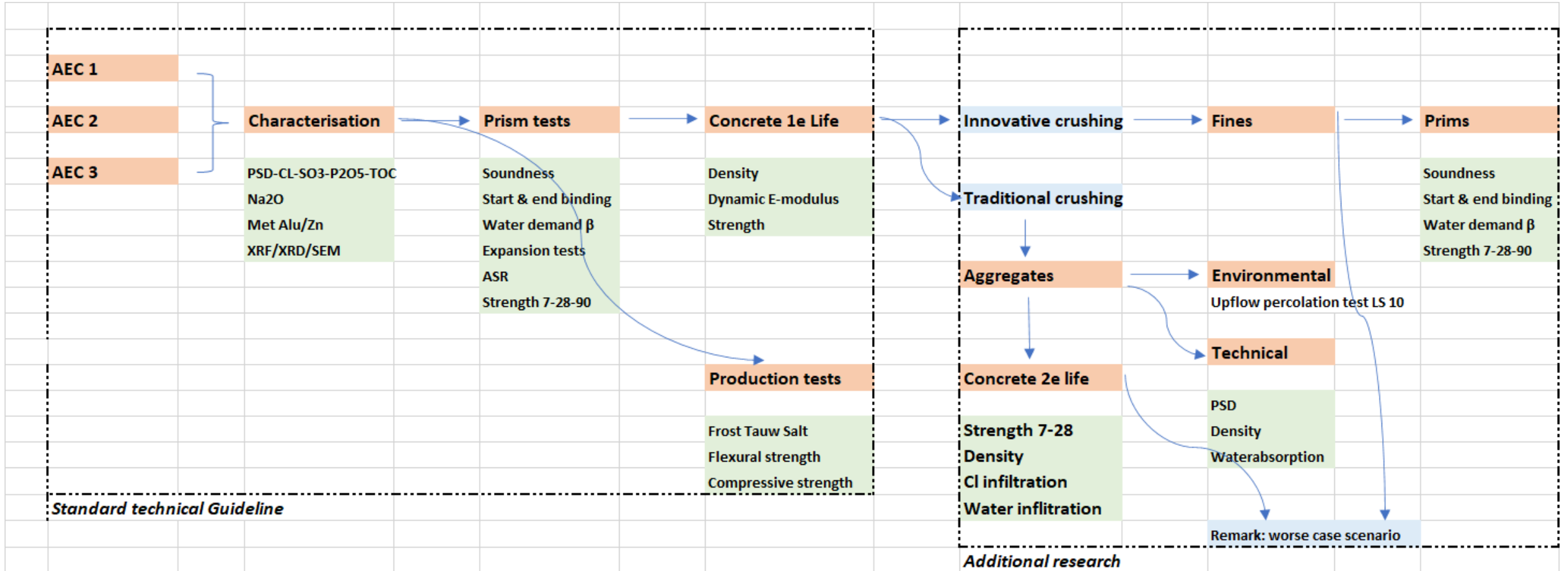


Development of Urbyon®

Timeline



CROW 128 opzet onderzoek





Karakterisering

Tabel 3. Elementaire samenstelling (%m/m als oxiden)

Element (als oxide)	AEC-1	AEC-2	AEC-3
Silicon as SiO ₂	50,07	47,61	50,46
Calcium as CaO	18,18	17,03	16,41
Iron as Fe ₂ O ₃	7,90	11,04	10,59
Aluminum as Al ₂ O ₃	7,43	8,23	7,98
Sodium as Na ₂ O	4,13	4,13	3,94
Sulphur as SO ₃	2,69	1,60	1,64
Magnesium as MgO	2,39	2,42	2,02
Phosphorous as P ₂ O ₅	1,10	1,23	0,94
Titanium as TiO ₂	1,15	1,32	0,98
Potassium as K ₂ O	1,01	0,97	1,02
Zinc as ZnO	0,54	0,60	0,50
Copper as CuO	0,31	0,38	0,27
Manganese as Mn ₃ O ₄	0,16	0,21	0,18
Lead as PbO	0,11	0,11	0,11
Chromium as Cr ₂ O ₃	0,10	0,11	0,09
Zirconium as ZrO ₂	0,14	0,06	0,07
Barium as BaO	0,21	0,27	0,20
Strontium as SrO	0,07	0,05	0,05
Nickel as NiO	0,02	0,03	0,03
Vanadium V ₂ O ₅	0,01	0,01	0,01

Tabel 4. Mineralogische samenstelling
202621-1 = AEC-1; 202621-2 = AEC-2; 202621-3 = AEC-3

Mineraal	Theoretische formule ²	202621-1	202621-2	202621-3
Silikaten				
Kwarts	SiO ₂	14.8	11.3	15.6
Cristobaliet	SiO ₂	0.2	0.2	0.1
Alkaliveldspaat	(Na,K)AlSi ₃ O ₈	0.6	0.5	0.9
Plagioklaas/Albiet	(Ca,Na)(Al,Si) ₄ O ₈	1.0	1.1	1.1
Meliliet-type mineralen	(Ca,Na) ₂ (Al,Mg,Fe)(Si,Al) ₂ O ₇	5.0	6.5	5.9
Petedunniet	Ca(Zn,Mn,Fe,Mg)Si ₂ O ₆	1.2	1.7	2.0
C ₂ S*, Larniet	Ca ₂ SiO ₄	1.2	0.1	0.5
Muscoviet/Mica	(K,Ca,Na)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ .(H ₂ O)]	1.2	0.9	1.1
Carbonaten				
Calciet	CaCO ₃	4.5	4.8	3.1
Sulfaten				
Bassaniet	CaSO ₄ •1/2H ₂ O	0.6	0.7	1.1
Anhydriet	CaSO ₄	0.3	0.1	0.1
Oxiden/Hydroxiden				
Magnetiet	Fe ₃ O ₄	1.6	2.4	2.2
Hematiet	Fe ₂ O ₃	0.8	1.0	0.7
Periklaas	MgO	0.2	0.1	0.1
Wuestiet	FeO	0.5	0.9	1.0
Rutiel	TiO ₂	0.3	2.1	0.1
Fosfaten				
Apatiet	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (F,OH,Cl)	0.8	0.9	0.5
Andere/Amorf				
		66.3	66.6	65.8



Tabel 9. Mechanische eigenschappen betontegels

Eigenschap	REF	KSM	AEC-1	AEC-2	AEC-3
'Wbf' (effectief)	0,28	0,30	0,36	0,36	0,36
Volumieke massa (kg/m ³)	2180	2210	2280	2260	2270
Ultrasone snelheid (km/s)	3,98	4,07	4,17	4,10	4,06
Berekende dyn. E-modulus (GPa) ¹⁾	31,0	32,9	35,7	34,2	33,7
Buigtreksterkte (MPa)	5,6	5,6	8,5	7,3	7,6
Volumieke massa (kg/m ³)	2260	n.b.	2280	2290	2290
Druksterkte (MPa)	31,7	n.b.	53,9	51,8	53,6
Verhouding buigtrek/druksterkte(%)	18	n.b.	16	14	14

¹⁾ Berekend met $E_{dyn} = 0,9pv^2$ (aanname Poisson's ratio = 0,2)

Component	REF	KSM	AEC-1	AEC-2	AEC-3
CEM I 52,5 N	289	219	218	219	219
Vulstof	0	79	73	73	73
Water (effectief)	80	89	106	106	105
Absorptiewater (in toeslagmateriaal)	11	11	11	11	11
Zand 0-2	791	791	801	794	790
Graniet 2-8	1154	1154	1152	1177	1157
'Wbf' (effectief)	0,28	0,30	0,36	0,36	0,36



Tabel 11. Eigenschappen betongranulaten

Eigenschap	REF	KSM	AEC-3
Korrelverdeling (%m/m) (natte zeving)			
22,4 mm	100	100	100
20 mm	98	97	97
16 mm	81	74	77
14 mm	73	69	65
12,5 mm	67	63	57
11,2 mm	61	55	50
10 mm	53	47	44
8 mm	41	34	34
6,3 mm	29	23	23
5,6 mm	25	17	17
5 mm	21	14	13
4 mm	18	11	4
2 mm	8	3	3
1 mm	7	3	2
0,5 mm	6	2	2
0,25 mm	3	1	1
0,125 mm	1	0	1
0,063 mm	0,7	0,3	0,3
Korrel dichtheid (ρ_{rd} ; kg/dm ³)	2,23	2,23	2,23
Waterabsorptie 24h (%m/m)	6,4	6,4	6,0

Circulariteit traditioneel breken

Tabel 12. Samenstelling en eigenschappen 2^e leven beton

Eigenschap	Betongranulaat REF	Betongranulaat KSM	Betongranulaat AEC-3
Betonsamenstelling (kg/m³):			
CEM I 42,5 N	320	320	320
Water effectief	160	160	160
Absorptiewater	70	70	66
Betongranulaat 4-22 mm	1049	1049	1049
Rivierzand 0-4 mm	666	666	666
Specie eigenschappen			
Zetmaat (mm)	110	120	130
Schudmaat (mm)	400	390	420
Temperatuur (°C)	19,3	19,0	18,8
Luchtgehalte (%V/V)	1,8	1,8	1,9
Volumieke massa (kg/m ³)	2235	2255	2245
Eigenschappen verhard beton			
Kubusdruksterkte (MPa) na:			
7 dagen	36,5	34,1	36,0
28 dagen	42,4	42,8	44,0
Volumieke massa (kg/m ³) na:			
7 dagen	2290	2290	2280
28 dagen	2290	2280	2290
Maximale waterindringing (mm)	24	25	13
Chloridemigratiecoëfficiënt ($\cdot 10^{-12}$ m ² /s)	22,0	21,6	15,7



Tabel 13. Eigenschappen 2^e leven vulstoffen

Eigenschap	cement	REF	KSM	AEC-3	Eis BRL 1804
Korrelverdeling zeefrest (%m/m):					
0,5 mm	-	0	1	0	-
0,25 mm	-	1	2	1	-
0,125 mm	-	4	6	3	0-15
0,063 mm	-	23	27	22	0-30
fractie < 63 µm	-	77	73	78	-
Waterbehoefte (%m/m)	24,2	28,6	29,0	29,0	-
Beginbinding (min)	140	190	195	220	-
Vershil met cement	-	+50	+55	+80	<120
Eindebinding (min)	170	240	235	260	-
Vershil met cement	-	+70	+65	+90	<120
Vormvastheid (mm)	0,0	0,5	0,5	0,0	<10
Druksterkte (MPa) na:					
7 dagen	39,8	35,0	32,3	31,9	-
28 dagen	47,7 (100%)	41,7 (87%)	38,5 (81%)	40,6 (85%)	>65%
Buigtreksterkte (MPa) na:					
7 dagen	6,8	6,3	5,8	5,5	-
28 dagen	7,5 (100%)	6,8 (91%)	6,7 (89%)	6,5 (87%)	-
Volumieke massa (kg/m ³) na:					
7 dagen	2260	2200	2200	2210	-
28 dagen	2238	2201	2181	2200	-

Cement pasta
Worse case
benadering



Circulariteit innovatief breken

component	cumulatieve uitloging L/S 10 (mg/kg)		
	betongranulaat REF	betongranulaat AEC-3	max. waarde BBK
pH	12,5-12,8	12,5-12,8	-
antimoon	<0,0040	0,0060	0,32
arseen	<0,050	<0,050	0,9
barium	6,4	11	22
cadmium	<0,00100	<0,00100	0,04
chrom	0,16	0,27	0,63
cobalt	<0,030	<0,030	0,54
koper	0,071	0,13	0,9
kwik	<0,00040	<0,00040	0,02
lood	<0,100	<0,100	2,3
molybdeen	0,037	0,071	1
nikkel	<0,050	<0,050	0,44
seleen	<0,0070	<0,0070	0,15
tin	<0,020	<0,020	0,4
vanadium	<0,20	<0,20	1,8
zink	<0,20	<0,20	4,5
fluoride	2,6	2,3	55
chloride	61	110	616
sulfaat	60	52	2430
bromide	<0,80	<0,80	20



Conclusie CROW 128 commissie

4. Conclusies geschiktheid AEC-vulstof

Op basis van het uitgevoerde onderzoek kan worden geconcludeerd dat de door Blue Phoenix Group geproduceerde AEC-vulstof geschikt is om te worden toegepast in ongewapende, niet-constructieve betonproducten vervaardigd met droge of aardvochtige betonspecie.

Tevens is aangetoond dat door toepassing van AEC-vulstof in dergelijke betonproducten, de materiaalstromen ontstaan door recycling van dat beton (betongranulaat en poederfractie) opnieuw als grondstof in een 2^e leven beton kunnen worden toegepast. Deze toepassing van AEC-vulstof is dus volledig circulair.

Environmental benefits

- Emissions benefits:
 - CO2 reduction by replacing cement in concrete (cement substitution between 25-50%)
 - CO2 reduction by additional NF metals recovery (nearly 100% recovery)
 - CO2 reduction by reduced transportation emissions
- Additional environmental benefits:
 - Positive effect on biodiversity: avoid mining of limestone
 - Demonstrate new value chain: WtE industry will be utilised as a resource for concrete and metal industry
 - Reduce landfilling (fine fraction in NL and 0-40 fraction in EU; 100% solution)

