

Alternativa bindemedel för vattenbyggnadsverk

– *information från två Energiforskprojekt*

Katarina Malaga
Chef för forskning och affärsutveckling
Samhällsbyggnad, RISE

2026-05-12
Betongföreningen



Mål

- Att samla och analysera tillgänglig kunskap och information om potentiella låg-eller nollkoldioxidbindemedel och dess utmaningar och möjligheter för framtidens vattenbyggnadsbetong i svenskt klimat.
- Att skapa beslutsunderlag kring vilka alternativa bindemedel/bindemedelskombinationer som är lämpliga för vattenbyggnad.
- Att välja och testa 3- 5 olika bindemedel/kombinationer och dess eventuella skillnader i beständighet hos betong i vattenbyggnadstypiska exponeringsmiljöer jämfört med traditionell vattenbyggnadsbetong.

Resultaten ska bidra till:

- Minskade produktionsbortfall och kostnadseffektiv förvaltning av vattenkraftens betongkonstruktioner.
- Uppfyllande av dammsäkerhetstekniska krav på funktion, stabilitet och hållfasthet.
- Möjliggöra kostnadseffektiva reinvesteringar när befintliga konstruktioner uppnått sin livslängd
- Säkra val av betongsammansättning med optimala tekniska egenskaper med minsta möjliga klimatavtryck

Varför

- Intensiv utveckling pågår i Sverige och internationellt
- Vissa råmaterial finns nationellt, andra behöver importeras
- Behov av samlad kunskap för vattenbyggnadsbetong som uppfyller teknik + miljö
- Godkända alternativa bindemedel i dag: GGBS, flygaska, silikastoft (med begränsade ersättningsnivåer)
- Begränsad data för nya bindemedel och deras totala påverkan
- Eventuella åtgärder får inte vara kostnadsdrivande eller svåra att genomföra

Bindemedel – vilka och varför

Idag:

- belitcement
- CSA-belit (calcium-silicate-aluminate)
- belit-kalcium sulfoaluminat-ternesit (BCT) cement

Imorgon:

- Alternativa bindemedel med låg klimatpåverkan?

Alternativa bindemedel forskning på RISE

Material av intresse: stora volymer av material med kemisk sammansättning av: Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , Fe_2O_3 , etc.

- Kalcinerad lera
- Metallurgiskt avfall
- Gruvavfall
- Askor
- Peppersmassa – biprodukt/avfall

RI SE SAMHÄLLSBYGGNAD HÅLLBART BYGGANDE BETCRETE 3.0



BETCRETE 3.0 - Betong med certifierad flygaska till dricksvattenanläggningar

Katarina Malaga, Elisabeth Helsing, Oskar Linderöth, Åsa Nilsson, Jenny Åström

RISE Rapport 2023:48
ISBN: 978-91-90036-35-8

RI SE SAMHÄLLSBYGGNAD HÅLLBART BYGGANDE BETCRETE 3.0



BETCRETE 3.0 - Alternativa bindemedel: utveckling, verifiering och tillämpning

Katarina Malaga, Stefan Sandelin, Urs Müller, Åke Roos, Emma Zhang, Alexander Åkerlund, Henrik Vinell, Thomas Blanksvärd, Henry Flisell, Markus Petersson, Ingemar Löfgren, Armin Taheri, Jan Suchorzewski, Sara-Olivia Blylod, Nadia Al-Ayish, Oskar Linderöth, Niklas Johansson

RISE Rapport 2023:47
ISBN: 978-91-90036-34-1

RI SE BUILT ENVIRONMENT INFRASTRUCTURE AND CONCRETE TECHNOLOGY



Potential for use of activated clays in concrete in Sweden – Roadmap

Urs Mueller, Gilles Plusquellec, Katarina Malaga

RISE Report 2021:110

Svenskt Vatten
UTVECKLING

Rapport
Nr: 2022-X

Klimatförbättrad betong för dricksvattenanläggningar

Elisabeth Helsing
Katarina Malaga
Jan Suchorzewski
Åsa Gabrielsson

RI SE BUILT ENVIRONMENT INFRASTRUCTURE AND CONCRETE TECHNOLOGY



Biomass ash as supplementary cementitious materials: Characterization, application, and re-conditioning

Gilles Plusquellec, Emilie L'Hopital, Arezou Babaahmadi, Urs Mueller

RISE Report 2022:30

RI SE BUILT ENVIRONMENT INFRASTRUCTURE AND CONCRETE TECHNOLOGY



Activated clays as supplementary cementitious material

Gilles Plusquellec, Arezou Babaahmadi, Emilie L'Hopital, Urs Mueller

RISE Report 2021:25

Rapportering av regeringsuppdrag

Alternativa bindemedel till betong

– En sammanfattning av kunskapsläget, i ett hållbarhetsperspektiv

februari 2023

Gry Mel Mortensen, Henrik Tarras, Mattias Göransson, Olof Taromi Sandström, Katarina Malaga, Elisabeth Helsing, Peter Utgenannt & Emma Sundling

Darfe-nr: 31-641/2022
RR 2023:02



Tabell 6. Jämförelse av olika bindemedel med avseende på ett antal bedömningskriterier.

Bindemedel	Global tillgänglighet	Teknisk mognadsgrad	Standardiseringsnivå	Certifiering	Kvalitetskontroll	Annan användning	Prestandaförbättring	Behandling krävs
Portlandcement	●	9	✓	✓	✓	×		×
GGBS	●	9	✓	✓	✓	✓	●	✓ ³
Kiselrik flygaska	●	9	✓	✓	✓	✓	●	×
Silikastoft	●	9	✓	✓	✓	✓	●	×
Kalkrik flygaska	●	9	✓	✓ ¹	✓	✓	●	×
Naturliga puzzolaner (vulkaniska)	●	9	×	✓ ¹	✓	✓	●	✓ ³
Filler av bergmaterial (kalksten, basalt)	●	9	✓	✓	✓	✓	●	✓ ³
Aktiverade leror	●	9	✓	✓	✓	✓	●	✓ ^{2,3}
Bottenaska från kolkraftverk	●	7	×	×	×	✓	na	✓ ^{3,4}
Stålslagg	●	9	×	✓ ¹	✓	✓	●	✓ ³
Icke järnhaltig metallurgisk slagg	●	4	×	×	×	×	●	✓ ³
Suevit (meteoritnedslag)	●	9	×	×	✓	×	●	✓ ³
Flygaska från biomassa (skogsprodukter)	●	5	×	×	×	✓	●	✓ ⁴
Bottenaska från biomassa (skogsprodukter)	●	5	×	×	×	✓	na	✓ ^{3,4}
Aska från jordbruksprodukter	●	6	×	×	×	✓	●	✓ ⁴
Flygaska från avfallsförbränning	●	5	×	×	×	✓	na	✓ ⁴
Bottenaska från avfallsförbränning	●	5	×	×	×	✓	na	✓ ^{3,4}
Gruvavfall	●	4	×	×	×	✓	na	✓ ^{3,4}

na Inte tillgängligt

¹ Certifiering baserat på ETA eller nationell standard

² Värmebehandling

³ Malning

⁴ Tvättning/homogenisering

ANM: Betydelse av markeringar se text.

SGU- RR 2023:02

Vilka bedömningskriterier är viktiga för vattenbyggnad?

Regler för XF3 i olika länder

- Krav: XF3 + XC2/XC4 (och ev. XA)
 - XC2 → skyddar armeringen i ständigt vattenmättade zoner
 - XF3 → hanterar frostangrepp i vattenlinje och stänkzon
- Max vct 0,55 (ibland 0,50 i beställarkrav)
- Luftporhalt enligt SS 137003 eller verifierad frostprovning
- Dokumenterad frostbeständighet för lång livslängd: >100 år-även om EN 206 baseras på 50 år

Regler för XF3							
Enligt	SS 137003	SIS-CEN/TR 15868:2021 ⁽¹⁾					
	SE	FI	NO	CH	UK	DE	AT
vct _{ekv}	≤ 0,55 /0,45 ⁽⁵⁾	≤ 0,50	≤ 0,45	≤ 0,50	≤ 0,40 /0,60	≤ 0,50 /0,55	≤ 0,55
Cementtyp							
I	X	X	X	X	X	X	X
IIA-S	X	X	X	X	X	X	X
IIA-D	X ^(3,4)	X	X	(X)	X	X	X
IIA-V	X		X		X	X	X
IIA-W	X ⁽³⁾						
IIA-L	X				X		X
IIA-LL	X ⁽³⁾	X		X	X	X	
IIA-P	X ⁽³⁾					X	
IIA-Q	X ⁽³⁾					X	
IIA-T	X ⁽³⁾					X	
IIA-M	X ⁽²⁾	X ⁽²⁾	X ⁽²⁾	(X ⁽²⁾)		X ⁽²⁾	X ⁽²⁾
IIB-S	X	X			X	X	X
IIB-V	X				X		X
IIB-W	X ⁽³⁾						
IIB-P	X ⁽³⁾					X	
IIB-Q	X ⁽³⁾					X	
IIB-T	X ⁽³⁾					X	
IIB-L	X ⁽³⁾						X
IIB-LL	X ⁽³⁾						
IIB-M	X ⁽²⁾	X ⁽²⁾	X ⁽²⁾			X ⁽²⁾	X ⁽²⁾
III-A		X		X	X	X	X
III-B					X	X	X
IV-A					X	X	

1) SIS-CEN/TR 15868:2021 En översikt av nationella bestämmelser vid tillämpning av europeiska betongstandarder EN 206:2013
 2) Restriktioner av tillåtna beståndsdelar
 3) Kräver kvalifikationsprovning enligt SS 137003 bilaga T
 4) ≤ 5 % silikastoft är allmänt godkänt, 5-10 % silikastoft kan godkännas efter kvalifikationsprovning enligt bilaga T i SS 137003.
 5) 0.45 om portlandcementklinkerhalten < 80 % vid ständigt fuktig betong. ann

Rapport 2025

NYA BINDEMEDEL TILL BETONG FÖR VATTENKRAFTSANLÄGGNINGAR

RAPPORT 2025:1073



Egenskapskrav för olika dammtyper – (Rise tolkning)

	Massivdammoarm	Massivdammar	Lamelldamm	Valvdamm	Utskovsdelar
Hållfasthet	Yellow	Yellow	Red	Red	Orange
Tyngd	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow
Permeabilitet	Orange	Orange	Red	Red	Orange
Sprickbenägenhet	Red	Red	Orange	Orange	Orange
Frostbeständighet, yttre och inre	Red	Red	Red	Red	Red
ASR	Red	Red	Red	Red	Red
Erosionsmotstånd	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Red
Korrosionskänslighet	Grey	Yellow	Red	Red	Red
Risk för urlakning	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange
Risk för tempsprickor	Red	Red	Orange	Orange	Orange
Red	Mycket viktig egenskap				
Orange	Viktig egenskap				
Yellow	Relevant egenskap				
Grey	Ej relevant egenskap				

Tabell 2: De olika alternativa bindemedlens påverkan på betongens egenskaper.

	Arbetbarhet, färsk	Korttidshållfasthet	Hållfasthet lång tid	Tätet	Sprickbenägenhet (plastiska)	Ben. för temp. sprickor	Frostbeständighet	ASR-motstånd	Kloridmotstånd
GGBS	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Kiselrik flygaska	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Silikastoft	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Silikakalciumstoft	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Kalkrik flygaska	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Naturliga puzzolaner (inkl. calc.)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Bränd skiffer	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Kalksten	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Mekaniskt aktiverade puzzolaner	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Metallslag	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Återvunnet byggmaterial	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Bioaskor	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Avfallsaska	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Bergfiller	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Gruvavfall	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<ul style="list-style-type: none"> ● enbart marginell skillnad från portlandcement ● ger bättre prestanda än portlandcement ● ger sämre prestanda än portlandcement ○ okänd påverkan eller mycket varierande beroende på ursprung 					<p>Fyllda cirklar: känd påverkan</p> <p>Ofyllda cirklar: påverk uppskattad baserad på liknande material</p>				

Möjlig ersättningsnivå och praxis:

Alternativa bindemedel – nuläge och begränsningar

- Enligt betong- och cementstandarder kan betong tillverkas med ned till ca 5 % Portlandcement (PC) om resten utgörs av latent hydrauliskt bindemedel (t.ex. GGBS).
- För puzzolanska material begränsas andelen normalt till ~50 %.
- För silikastoft gäller en maximal andel på ~10 %.
- För nästan inerta material är gränsen vanligtvis ~20 %.

*Enligt SS 137003 (2024) är högsta tillåtna halt alternativa bindemedel i Sverige ca 32 %.
Det finns planer på en översyn av om detta krav är tekniskt motiverat.*

Lämplighet och miljöbegränsningar

- Det är **inte validerat** att cement med mycket höga halter alternativa bindemedel är lämpligt i alla miljöer.
- Särskilt osäkert i fuktiga och frostutsatta miljöer, t.ex. vattenkraftsanläggningar.
- Större mängder GGBS, flygaska och silikastoft är tillåtna även i vattenkraftsanläggningar.
- Trots detta har användningen inte fått bred genomslagskraft i praktiken.

Teknisk mognadsgrad och osäkerheter:

- Flera potentiella bindemedel har **hög teknisk mognadsgrad**.
- **Forskningen** har främst fokuserat på reaktivitet och mekaniska egenskaper.
- Det finns ofta **brist** på studier om **beständighet** i olika exponeringsmiljöer.
- Den tekniska mognaden är starkt **beroende av utvecklingen av kemiska tillsatsmedel**.
- **Tillsatsmedel** för naturliga puzzolaner utvecklas, utvärderas.
- **Begränsad erfarenhet** då materialen inte funnits länge på marknaden.
- Utveckling av nya bindemedel kräver **stora ekonomiska investeringar**.
- Prisbilden är osäker eftersom materialen ännu inte är kommersiellt tillgängliga.
- Det saknas storskalig produktion av många potentiella bindemedel.

Projekt 2: avslutas oktober 2026

Mix

- 50 % CEM I + 50 % Slagg
- 65 % Anl FA + 35 % slagg
- 65 % CEM I + 35 % VPI
- 65 % CEM I + 35 % Boliden puzzolan

T=Tryck	KY=Krymp
S=Spräck	A = ASR
F=Frost V= vatten	Luftpor + XRF =L/X
F=Frost S= salt	Kapillaritet=K
F=Frost KS= Karb. salt	

Exempel från andra länder

Norge och Island

	Bindemedel	Problem	Kommentarer
Norway – Votna I (60's)	100% CEM I	Intensiv ASR	Omfattande och kostsam reparation
Norway – Alta (80's)	CEM I / SF (Okända proportioner)	No	SF användes för att minska värmeutvecklingen och tillhörande sprickbildning
Norway – Sarvsfossen (2010's)	70% CEM I / 25% FA / 5% SF	No	Binder designed to have max temp. below 65°C
Iceland – Kárahnjúkar (2003-2010)	Sprutbetong: CEM II/A-M 42.5R (med 6 % silika) Vanlig betong: CEM II/A-V 42,5R + 20 % FA	No	Island har inte AAR ballast Hårt arktiskt klimat, 590 m över havet

SF = Silica Fume
FA = coal Fly Ash



Ref. Alta dam – flickriver.com

Canada - kallt klimat

	Binder	Issues	Comments
Canada – Magpie river (end 80's)	50% CEM I / 50% GGBS	Unknown, good up to 1996	The goal was to prevent ASR
Canada – Les Cèdres	CEM I / FA / SF (unknown proportion)		

General observation for Canada:

- Många dammar drabbade av ASR → användning av SCM för att minska risken för hög expansion (bevisat effektivt).
- Pågående forskning inkluderar användningen av LC3 för dammar.

SF = Silica Fume

FA = coal Fly Ash

GGBS = ground granulated blast furnace slags



Ref. Barrage des Rapides-des-Cèdres – patrimoine-culturel.gouv.qc.ca

Schweiz

	Bindemedel	Problem	Kommentarer
Schweiz – Luzzone	80% CEM I / 20% FA	No	Use FA to give up artificial cooling of the concrete (post-cooling) Binder content of 250 kg/m ³
Schweiz – Barberine	Cement (ej specificerad typ)	No	w/c = 0.8 och bindemedelshalt 200 kg/m ³
Schweiz – Spitallamm (ny)	CEM I / FA (Okända proportioner)	spricka på den gamla dammen	1900 m över havet

Allmän observation för Schweiz:

Många dammar påverkas av AAR → användning av SCM för att minska risken för hög expansion

SF = Silica Fume

FA = coal Fly Ash

GGBS = ground granulated blast furnace slags



Spitallamm
(old)

Spitallamm
(new)

Ref. Grimselwelt | our Tours trough the hydroelectric power stations –
www.grimselwelt.ch/en/tours

**RI.
SE**

Andra länder

	Bindemedel	Problem	Kommentarer
Kina - Three Gorges (90's)	CEM II / FA (10-30-40%) High belite cement (HBC) / FA	Nej (Karbonatisering och lakning förändrade ytan, men påverkade inte prestandan)	CEMII, FA och HBC för att minska värmeutvecklingen
Kina - Naheng	CEM I / FA (60 - 70%)	Nej	
Kina - Liujiaxia dam	CEM II 52.5 with 4.5% MgO / FA	Nej	Några sprickor
Frankrike - Galens	CEM III/B 42.5N-LH/SR CE OM NF (28.5% klinker + 71% GGBS)	Spricka vid basen av de centrala konsolerna nära kontakten med marknivån	Användning av cement med hög blaine (4600 g/cm ²) och kalkstensfiller (5500 g/cm ²)
Tyskland	CEM I 50-70 kg/m ³ and SCM 70-150 kg/m ³	Nej	

SF = Silica Fume

FA = coal Fly Ash

GGBS = ground granulated blast furnace slags

RI.
SE

Tack

katarina.malaga@ri.se