

Sammanställning av reparationsmaterial för ytskador

Kraftindustrins Betongdag

Ett projekt finansierat av Energiforsk



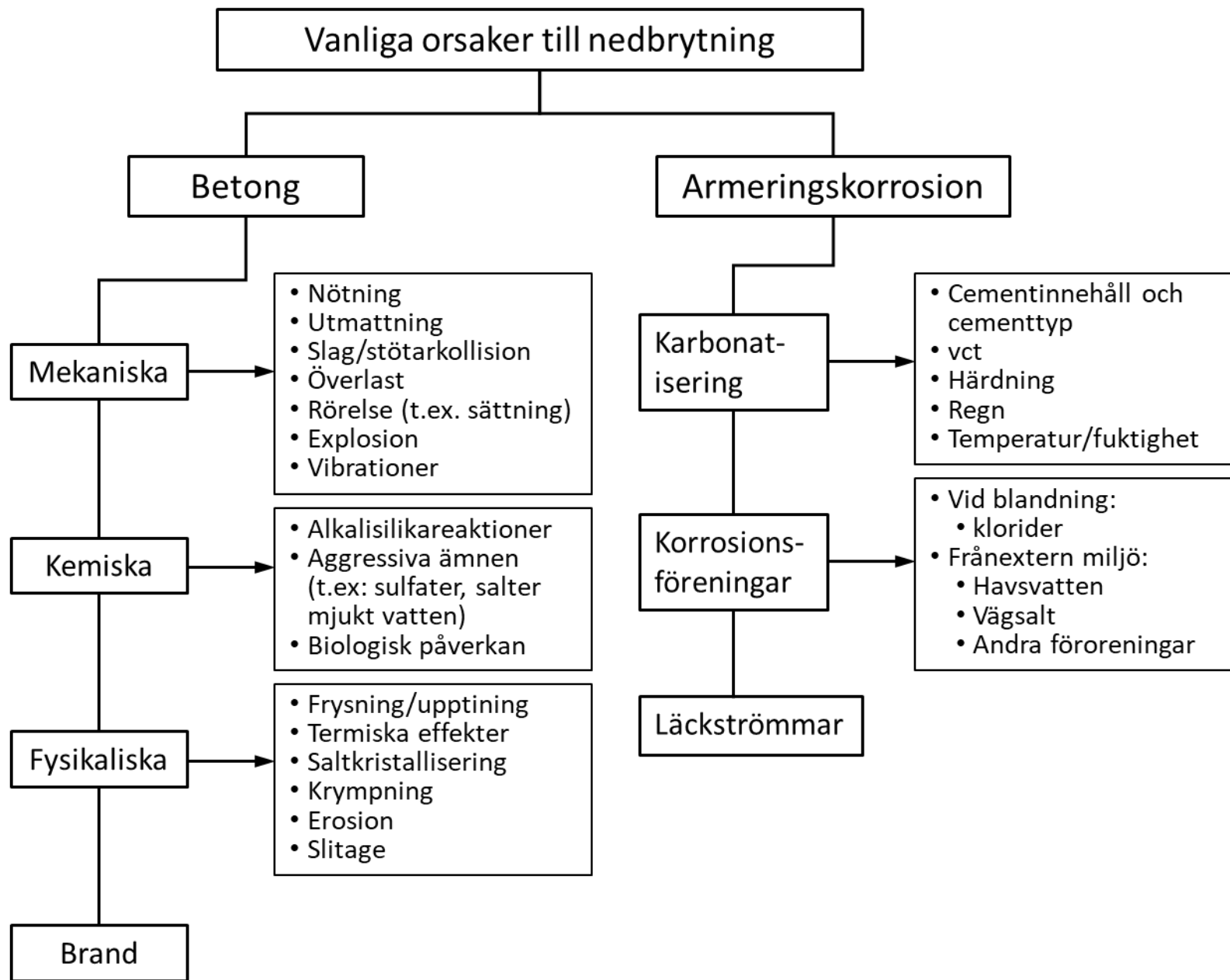
Bild: M. Hassanzadeh

Betongytterskikt och dess funktion

- Betongytterskikt är den del av betongen som skyddar betongens inre delar inklusive ingjuten armering, mot olika nedbrytningsmekanismer.
- Betongytterskiktet utgör en barriär mot olika mekaniska, fysikaliska och kemiska angrepp mot betongens inre delar.
- Betongytterskiktet är en del av tvärsnittets form och geometri och bidrar till dess effektiva höjd, area, yttröghetsmoment samt upprätthåller samverkan mellan armering och betong.
- Betongytterskiktet kan ha en estetisk funktion och bör då uppfylla krav som planhet, råhet, släthet eller jämnhet.
- Betongytterskiktet bör möjligen uppfylla krav som sprickfrihet och ha hög motståndsförmåga mot utfällning, missfärgning, mossor, mögel, mm.

Ytskada

- Olika slags av djupa eller ytliga sprickbildningar grundlagda i färskt, hårdnande eller hårdnat tillstånd
 - Avspjälkning
 - Delaminering,
 - Avskalning,
 - Nötning och slitage
 - Upplösning
- Erosion
 - Utfällning
 - Urlakning,
 - Sänkt pH-värde och karbonatisering,
 - Förhöjd koncentration av korrosiva och aggressiva ämnen
 -



Urlakning av betong



Jämn urlakning i kombination med frostangrepp vid vattenlinjen



Urlakning genom en spricka, som troligen uppkommit p.g.a. förhindrade termiska rörelser

Frostangrepp

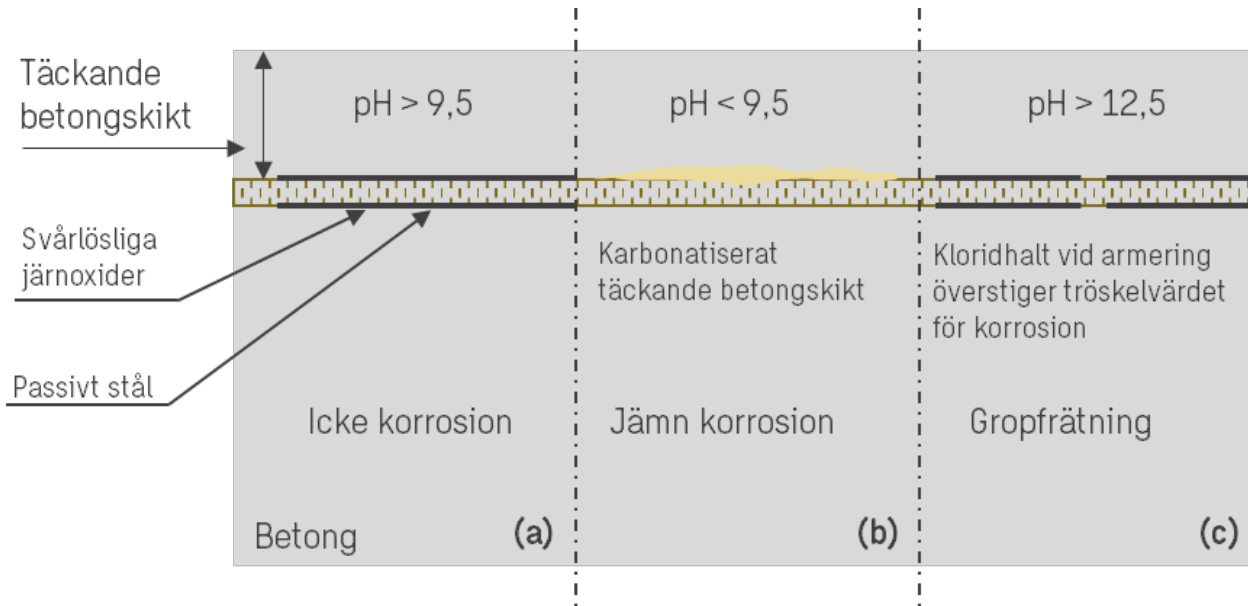


Saltfrostattack är ett angrepp som verkar från betongens yta.



Ytskada som uppkommit genom samverkan mellan urlakning, frostangrepp och eventuell erosion.

Korrosion

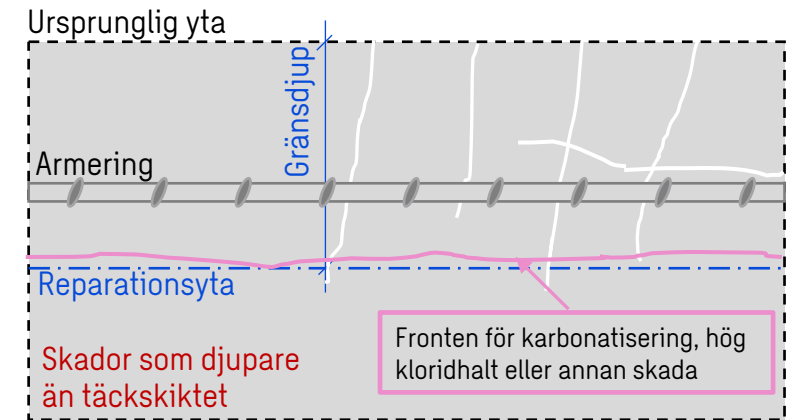
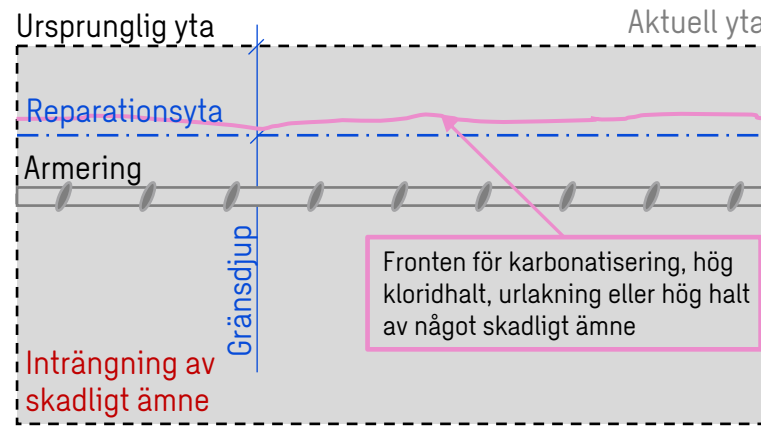
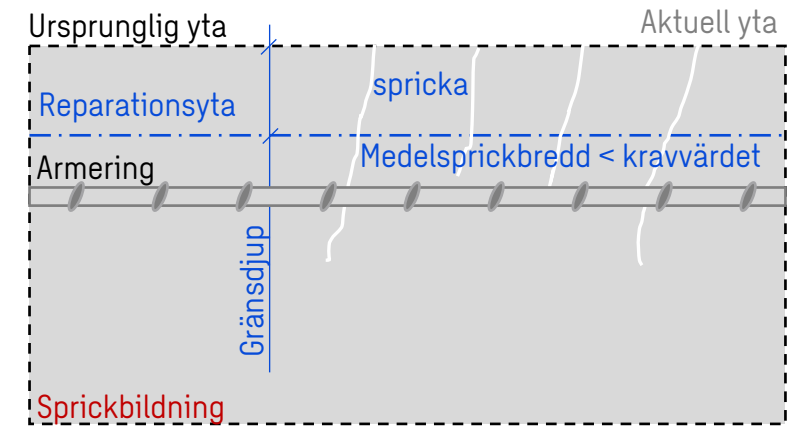
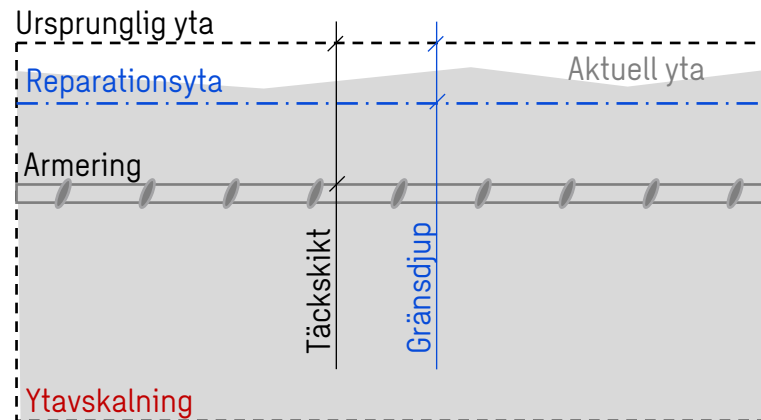


Korrosion i en syrerik miljö (t.ex. i luft) leder till röd rost Fe_2O_3 , medan korrosion i en syrefattig miljö (t.ex. under vatten) leder till svart rost Fe_3O_4 . Röd rost har större volym än svart rost och större möjlighet att spräcka det täckande betongskiktet.

I mycket fuktiga miljöer löses korrosionsprodukterna och transporteras bort. Kvar lämnas ett tomrum och ett täckande betongskikt utan synliga skador.



Typfall av ytskador



Avverkningsdjup

Avverkningsdjup = 0

Den aktuella ytan och materialet därunder uppfyller kraven för avsedd användning. Man vill ändå vidta vissa åtgärder:

- Applicera reparationsbruk eller reparationbetong för att återställa den ursprungliga ytan.
- Behandla ytan med vattenavvisande medel, impregnera eller belägga ytan.
- En kombination av ovanstående åtgärder.

Avverkningsdjup > 0

- Den aktuella ytan och materialet därunder uppfyller inte kraven för avsedd användning.
- Betongens yta avverkas fram till reparationsytan.
- **Avverkningsdjup = Gränsdjup**

OBS: Ovanstående samband gäller inte alltid.

Princip	Exempel på metoder	Relevant del av EN 1504
Principer och metoder relaterade till betongdefekter		
1. Skydd mot inträngning	1.1 Vattenavvisande (hydrofobisk) impregnering	2
	1.2 Impregnering	2
	1.3 Beläggning	2
	1.4 Lokal tejpförsegling	
	1.5 Spackling av sprickor	5
	1.6 Överföring av sprickor till fogar	
	1.7 Montering av yttre paneler	
	1.8 Applicering av membran	
2. Fuktkontroll	2.1 Vattenavvisande (hydrofobisk) impregnering	2
	2.2 Impregnering	2
	2.3 Beläggning	2
	2.4 Montering av yttre paneler	
	2.5 Elektrokemisk behandling	
3. Reparation av betong – Renovering av betong	3.1 Handapplicerat bruk	3
	3.2 Om-/pågjutning med betong eller bruk	3
	3.3 Sprutning med betong eller bruk	3
	3.4 Ersättning av betongdelar/betongelement	
4. Förstärkning av bärförmåga	4.1 Tillägg eller byte av ingjutna eller externt monterade armeringsstänger	
	4.2 Tillägg av armering förankrad i förtillverkade eller borrarade hål	6
	4.3 Pålimmade plattor	4
	4.4 Tillägg av bruk eller betong	3, 4
	4.5 Injektering av sprickor, hålrum eller springor	5
	4.6 Spackling av sprickor, hålrum eller springor	5
	4.7 Förspänning – (efterspänning)	
5. Ökning av fysikalisk motståndsförmåga	5.1 Beläggning	2
	5.2 Impregnering	2
	5.3 Tillägg av bruk eller betong	3
6. Motståndsförmåga mot kemikalier	6.1 Beläggning	2
	6.2 Impregnering	2
	6.3 Tillägg av bruk eller betong	3

Princip	Exempel på metoder	Relevant del av EN 1504
Principer och metoder relaterade till armeringskorrosion		
7. Bevara och återställa passivitet	7.1 Ökning av täckande betongskikt med ytterligare bruk eller betong	3
	7.2 Ersättning av förorenad eller karbonatiserad betong	3
	7.3 Elektrokemisk realkalisering av	
	7.4 Återalkalisering av karbonatiserad betong genom diffusion	
	7.5 Elektrokemisk kloridutdrivning	
8. Ökning av resistiviteten	8.1 Vattenavvisande impregnering	2
	8.2 Impregnering	2
	8.3 Beläggning	2
9. Katodisk kontroll	9.1 Begränsning av syrehalten (vid katoden) genom vattenmättnad eller ytbeläggning	

SS-EN 1504-9

Reparationsmetodens utformning och delmoment

Förberedande åtgärder

- Bestämning av skadeorsak och skadeomfattning
- Bestämning av de ytor som ska repareras
- Framtagning av de krav som ställs på den reparerade konstruktionen
- Bestämning av avverkningsdjup

Reparationsprodukt och reparationssystem

- En produkt definieras som *"beståndsdel som tillverkats för reparation och skydd av betongkonstruktioner"*, SS-EN 1504–1.
Medel för vattenavvisande (hydrofobisk) impregnering, impregnering, beläggning, injektering mm.
- Reparationssystem definieras som *"två eller flera produkter som används tillsammans eller efter varandra för att reparera eller skydda betongkonstruktioner"*, SS-EN 1504–1.
Reparation av en betongyta genom pågjutning med reparationsbruk och beläggning av ytan med tät polymerbruk.

Krav som ställs på en reparerad konstruktion

En reparerad konstruktion ska uppfylla krav enligt

- SS-EN 1990 (EK0) – Eurokod Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk
- SS-EN 1991 (EK1) – Eurokod 1: Laster på bärverk
- SS-EN 1992 (EK2) – Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner
- EKS-11 – Boverkets konstruktionsregler
- SS-EN 206: Betong – Fordringar, egenskaper, tillverkning och överensstämmelse
- SS-EN 1370033 – Betong – Användning av SS-EN 206 i Sverige
- SS-EN 1504 – Betongkonstruktioner – Produkter och system för skydd och reparation: del 1 – del 10



Reparerat element ska
vara beständigt

Exempel på krav som ställs på en reparerad konstruktion

Tabell D-1 Minsta täckande betongskikt, $c_{\min, \text{dur}}$ med hänsyn till beständighet för armering

Exponeringsklass	Max w_{ekv}	L 100	L 50	L 20
X0	—	—	—	—
XC1	0,90	15	10	10
	0,60	10	10	10
XC2	0,60	25	20	15
	0,55	20	15	10
	0,50	15	10	10
XC3, XC4	0,55	25	20	15
	0,50	20	15	10
XS1, XD1	0,45	30	25	15
	0,40	25	20	15
XD2	0,45	40	30	25
	0,40	35	30	20
	0,35	30	25	20
XD3	0,40	45	35	25
	0,35	40	30	25
XS2 ¹	0,45	50	40	30
	0,40	45	35	25
	0,35	40	30	25
XS3 ¹	0,40	45	35	25
	0,35	40	30	25

¹ Angivna täckande betongskikt gäller för en kloridkoncentration i havet av högst 0,4 % (ostkusten). För högre kloridkoncentrationer kan särskilda värden på minsta täckande betongskikt anges i varje enskilt fall.

(BFS 2013:10).

Exempel på krav som gäller vid nybyggnad och som även bör beaktas vid reparation, eller på något sätt uppfyllas.

Tabell D-2 Acceptabel sprickbredd w_k (mm)

Exponeringsklass	Korrosionskänslig ¹			Föga korrosionskänslig ¹		
	L 100 ²	L 50	L 20	L 100	L 50	L 20
X0	-	-	-	-	-	-
XC1	0,40	0,45	-	0,45	-	-
XC2	0,30	0,40	0,45	0,40	0,45	-
XC3, XC4	0,20	0,30	0,40	0,30	0,40	-
XS1, XS2 XD1, XD2	0,15	0,20	0,30	0,20	0,30	0,40
XS3, XD3	0,10	0,15	0,20	0,15	0,20	0,30

¹ Korrosionskänslig armering är all armering med diameter ≤ 4 mm, spänn-armering eller kallbearbetad armering som permanent har en spänning över 400 MPa. Övrig armering är föga korrosionskänslig.

² Vid bestämning av acceptabel sprickbredd bör hänsyn tas till avsedd livslängd. Livslängdsklasserna L100, L50 och L20 avser byggnadsverk med en förväntad livslängd på 100, 50 respektive 20 år.

(BFS 2015:6).

Reparationsmaterial

Material för följande applikationer sammanställs:

1. Vattenavvisande (hydrofobisk) impregnering
2. Impregnering av ytor
3. Beläggning av ytor
4. Injektering av sprickor, hålrum eller springor
5. Bruk och betong för pågjutning
6. Polymerbruk och polymerbetong
7. Behandling av armering
8. Vidhäftningsförbättrande egenskaper
9.

Egenskaper som beaktas:

- Funktion
- Användningsområde
- Sammansättning/beståndsdel
- Avgörande prestanda egenskaper, d.v.s. de egenskaper som i första hand ska kontrolleras för avsedd användning.
- Prestandakrav
- Samverkan med andra reparationsmaterial

Beläggning

Beläggning är behandling för att ge betongytan ett täckande skyddande lager (SS-EN 1504)

- Normal tjocklek är 0,1 mm till 5,0 mm. Enskilda fall kan erfordra en grövre tjocklek än 5 mm
- Bindemedel kan exempelvis utgöras av organiska polymerer, organiska polymerer med cement som filer eller hydraulisk cement modifierad med polymerdispersion.

Funktion

- Förhindra att medel transporteras igenom (metod 1.3)
- Förhindra att vatten eller vattenånga transporteras igenom (metod 2.3)
- Öka det fysikaliska motståndet med ytbeläggningar (metod 5.1)
- Minska inträngningen av kemikalier i behandlad betong för att förhindra eller minska nedbrytning genom skyddande beläggning (metod 6.1)
- Minska vatteninträngningen och som en följd av detta öka betongens elektriska motstånd (metod 8.3)

Tabell 1 – Prestandaegenskaper för ytskyddsprodukter och system med koppling till de ”principer” och ”metoder” som anges i ENV 1504-9

Nr	Provnings- metoder definierade i	Principer		1. Inträngningsskydd			2. Fuktkontroll		5. Fysikalisk beständighet		6. Kemisk beständighet	8. Ökad resistivitet	
		Prestandaegenskaper	Metoder	1.1 (H)	1.2 (I)	1.3 (C)	2.1 (H)	2.2 (C)	5.1 (C)	5.2(I)	6.1 (C)	8.1 (H)	8.2 (C)
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	EN 12617-1	Linjär krympning				☐		☐	☐		☐		☐
2	EN 12190	Tryckhållfasthet							☐		☐		
3	EN 1770	Värmeutvidgningskoefficient				☐		☐	☐		☐		☐
4	EN ISO 5470-1	Nötningsbeständighet							☒	☒			
5	EN ISO 2409	Vidhäftning vid ritsprovning ^a				☐		☐	☐		☐		☐
6	EN 1062-6	Permeabilitet för koldioxid				☒							
7	EN ISO 7783-1 EN ISO 7783-2	Permeabilitet för vattenånga		☐		☒		☒					☒
8	EN 1062-3	Kapillär absorption och vattenpermeabilitet			☒	☒		☒	☒	☒	☐		☒
9		Vidhäftning efter provning av beständighet mot temperaturförändringar											
	EN 13687-1	Frostsprängning med tösalt			☐	☐		☐	☐	☐	☐		☐
	EN 13687-2	Upprepade hastiga nedkylningar			☐	☐		☐	☐	☐	☐		☐
	EN 13687-3	Frostbeständighet i fuktig miljö utan tössalter			☐	☐		☐	☐	☐	☐		☐
	EN 1062-11:2002	4.1: Åldring: 7 dagar vid 70 °C			☐	☐		☐	☐	☐	☐		☐
10	EN 13687-5	Beständighet mot termisk chock				☐			☐		☐		
11	EN ISO 2812-1	Kemikalisk beständighet			☐	☐							
12	EN 13529	Beständighet mot kraftiga angrepp från kemikalier									☒		
13	EN 1062-7	Spricköverbryggande egenskap				☐		☐	☐		☐		☐
14	EN ISO 6272-1	Slagtålnhet							☒	☒			
15	EN 1542	Vidhäftningsförmåga vid hållfasthetsprovning			☐	☒		☒	☒	☒	☒		☒
16	EN 13501-1	Brandteknisk klassificering av byggprodukter och byggnadselement – Del 1: Klassificering med användning av data från provning av reaktion vid brandpåverkan			☐	☐		☐	☐	☐	☐		☐

Tabell 5 – Prestandakrav för beläggningar

Nr i tabell 1	Prestandaegenskaper	Provningsmetod	Krav
1	2	3	4
1	Linjär krympning endast lämpligt för fasta system ^b med appliceringstjockleken ≥ 3 mm	EN 12617-1	$\leq 0,3$ %
2	Tryckhållfasthet	EN 12190	Klass I: ≥ 35 N/mm ² (för trafik med polyamidhjul) Klass II: ≥ 50 N/mm ² (för trafik med stålhjul)
3	Värmeutvidgningskoefficient Endast för beläggningar med tjockleken ≥ 1 mm	EN 1770	Fasta system ^b för utomhustillämpning: $\alpha_T \leq 30 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
4	Nötningshårdighet (provning enligt Taber) ANM. Relevanta provningsmetoder enligt EN 13813 är också godtagbara för golvsystem.	EN ISO 5470-1	viktförlust mindre än 3 000 mg nötningshjul H22/rotation 1 000 cykler/belastning 1 000 g
5	Ritsprov på belagda betongprover MC (0,40) enligt EN 1766. Detta test är endast avsett för tunna jämna filmer på 0,5 mm total tjocklek hos torr beläggning. ANM. Provningsen utförs enligt grundläggande standard utöver hållfasthetsprovningen. Därför kan ritsprovet på plats ersätta hållfasthetsprovningen som prestandaprovning.	EN ISO 2409 snittbredd: 4 mm	snittvärde: $\leq$ GT 2
6	Permeabilitet för koldioxid	EN 1062-6 (Konditionering av prover före provning bör ske enligt prEN 1062-11:2002,4.3)	Permeabilitet för koldioxid $s_D > 50$ m
7	Permeabilitet för vattenånga	EN ISO 7783-1 EN ISO 7783-2	klass I $s_D < 5$ m (permeabel för vattenånga) klass II $5 \text{ m} \leq s_D \leq 50$ m klass III $s_D < 50$ m (ej permeabel för vattenånga)
8	Kapillär absorption och vattenpermeabilitet	EN 1062-3	$w < 0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$

Bruk och betong för pågjutning

Funktion

- Att återställa den ursprungliga betongen i ett konstruktionselement till dess ursprungligen specificerade form och funktion. Renovering av betongkonstruktion genom att ersätta delar av den.
- Återställa det täckande betongskiktet
- Återställa samverkan mellan armering och betong
- Skydda armeringen mot korrosion

Material

- Hydrauliskt bruk och hydraulisk betong
- Polymermodifierade hydrauliska cementbruk och betong (PCC)
- Polymerbruk och polymerbetong (PC)

Sammansättning
Bindemedel
Tillsatsmaterial
Tillsatsmedel
Ballast
Fibrer

Bruk och betong för pågjutning

Hydrauliskt bindemedel

- Bindemedel som hårdnar genom att reagera med vatten
 - Portlandcement (CEM I)
 - Portlandcement blandat med tillsatsmaterial (CEM II)

Polymermodifierat bindemedel

- Hydrauliskt bindemedel blandat med någon polymer
 - Akrylat, metakrylat eller modifierade akrylhartser såsom återdispergerbara pulver eller vattendispersioner
 - Vinyl, mono-, co- och terpolymerer, i form av återdispergerbara pulver eller vattendispersioner
 - Styrenbutadiencopolymerer, endast som vattendispersioner;
 - Naturgummilatex;
 - epoxi

Tabell 1 – Prestandaegenskaper hos produkter för strukturell och icke-strukturell reparation för alla avsedda användningar samt vissa avsedda användningar

Prestandaegenskaper	Reparationsprincip			
	3		4	7
	Reparationsmetod			
	3.1, 3.2	3.3 ^a	4.4	7.1, 7.2
Tryckhållfasthet	■	■	■	■
Kloridjonhalt ^b	■	■	■	■
Vidhäftning	■	■	■	■
Återhållsam krympning/utvidgning ^c	■	■	■	■
Beständighet Motstånd mot karbonatisering ^{b d}	■	■	■	■
Beständighet Beständighet vid temperaturförändring del 1, del 2 eller del 4 av EN 13687 ^e	□	□	□	□
Elasticitetsmodul	□	□	■	□
Friktionsegenskaper ^f	□		□	□
Värmeutvidgningskoefficient ^{c g}	□	□	□	□
Kapillär absorption (vattengenomsläpplighet) ^{e h}	□	□	□	□

Reparation av betong –
Renovering av betong

Förstärkning av
bärförmåga

Bevara och återställa
passivitet

Tabell 3 – Prestandaegenskaper hos produkter för strukturell och icke-strukturell reparation

Artikel-nr	Prestanda-egenskaper	Referens-substrat (EN 1766)	Provnings-metod	Krav			
				Strukturell reparation		Icke-strukturell reparation	
				Klass R4	Klass R3	Klass R2	Klass R1
1	Tryckhållfasthet	Inget	EN 12190	≥ 45 MPa	≥ 25 MPa	≥15 MPa	≥10 MPa
2	Kloridjoninnehåll	Inget	EN 1015-17	≤ 0,05 %		≤ 0,05 %	
3	Vidhäftning	MC(0,40)	EN 1542	≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa ^a	
4	Återhållsam krympning/utvidgning ^{b c}	MC(0,40)	EN 12617-4	Bindningsstyrka efter provning ^{d e}			Inget krav
				≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa ^a	
5	Karbonatisering ^f Motstånd	Inget	EN 13295	$d/k \leq$ kontrollbetong (MC(0,45))		Inget krav ^g	
6	Elasticitetsmodul	Inget	EN 13412	≥20 GPa	≥15 GPa	Inget krav	
7	Beständighet vid temperaturförändring ^{f h} Del 1. Frysning/upptining	MC(0,40)	EN 13687-1	Bindningsstyrka efter 50 cykler ^{d e}			Visuell kontroll efter 50 cykler ^e
				≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa	
8	Beständighet vid temperaturförändring ^{f h} Del 2, Upprepade hastiga nedkylningar	MC(0,40)	EN 13687-2	Bindningsstyrka efter 30 cykler ^{d e}			Visuell kontroll efter 30 cykler ^e
				≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa ^a	
9	Beständighet vid temperaturförändring ^{f h} Del 4, Torkcykler	MC(0,40)	EN 13687-4	Bindningsstyrka efter 30 cykler ^{d e}			Visuell kontroll efter 30 cykler ^e
				≥ 2,0 MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 0,8 MPa ^a	
10	Friktionsegenskaper	Inget	EN 13036-4	Klass I: >40 enheter våtprovade Klass II: >40 enheter torrprovade Klass III: >55 enheter våtprovade		Klass I: >40 enheter våtprovade Klass II: >40 enheter torrprovade Klass III: >55 enheter våtprovade	
11	Värmeutvidgningskoefficient ^{c g}	Inget	EN 1770	Krävs inte om provningarna 7, 8 eller 9 utförs, annars deklarerat värde		Krävs inte om provningarna 7, 8 eller 9 utförs, annars deklarerat värde	
12	Kapillär absorption	Inget	EN 13057	≤ 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}		≤ 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}	Inget krav

Slutrapport

Presentationen bygger på slutrapportens innehåll
Rapporten sammanställer material för följande
applikationer inklusive tillämpningsexempel:

1. Vattenavvisande (hydrofobisk) impregnering
2. Impregnering av ytor
3. Beläggning av ytor
4. Injektering av sprickor, hålrum eller springor
5. Bruk och betong för pågjutning
6. Polymerbruk och polymerbetong
7. Behandling av armering
8. Vidhäftningsförbättrande egenskaper
9.



TACK

