

Metoder för att reducera cementåtgång i dammkonstruktioner

Energiforsk- och Sweco-finansierat projekt

Karin Appelquist

Manouchehr Hassanzadeh

Birgit Fredrich

Inledning

Vad driver byggkostnader?

- Historiskt har material varit dyrt och arbetskraft billigt
- Idag tvärtom – tid är pengar
- Förenklade byggprocesser -> samma betong i hela konstruktionen

Hållbarhetsaspekter allt viktigare idag

- Bevara det som är byggt
- Återbruk
- Återvinning
- Alternativa bindemedel i betong
- Slimmade konstruktioner
- Yttre och inre delar i grövre konstruktioner bör kunna kravställas olika

**Byggkoll från Svensk Byggtjänst**
1,298 followers
3d • 

[+ Follow](#)

Användningen av betong och armering i konstruktioner har ökat kraftigt sedan 1970-talet. Ett forskningsprojekt undersöker varför det blivit så och vad som kan göras för att vända trenden.

Ett exempel som kommer tas upp är två järnvägsbroar strax söder om Lund, som går över Höje å. Den första bron stod klar 1974 och en ny byggdes bredvid år 2020. Båda har två spår för järnvägstrafik och trafikeras i dag av liknande tåg. Men i byggandet av bron från 2020 användes 70 procent mer betong och 254 procent mer armering än i bron från 1974.

"Förr var det mer lönsamt att spara material. Idag slösar man material för att få enklare arbetsprocesser, och få ner arbetskostnaderna", säger Sven Thelandersson, seniorprofessor vid avdelningen för konstruktionsteknik vid Lunds tekniska högskola till Byggkoll.

Läs artikeln här <https://lnkd.in/dTkYcTKH> 

[#hållbarhet](#) [#konstruktioner](#) [#byggkoll](#)

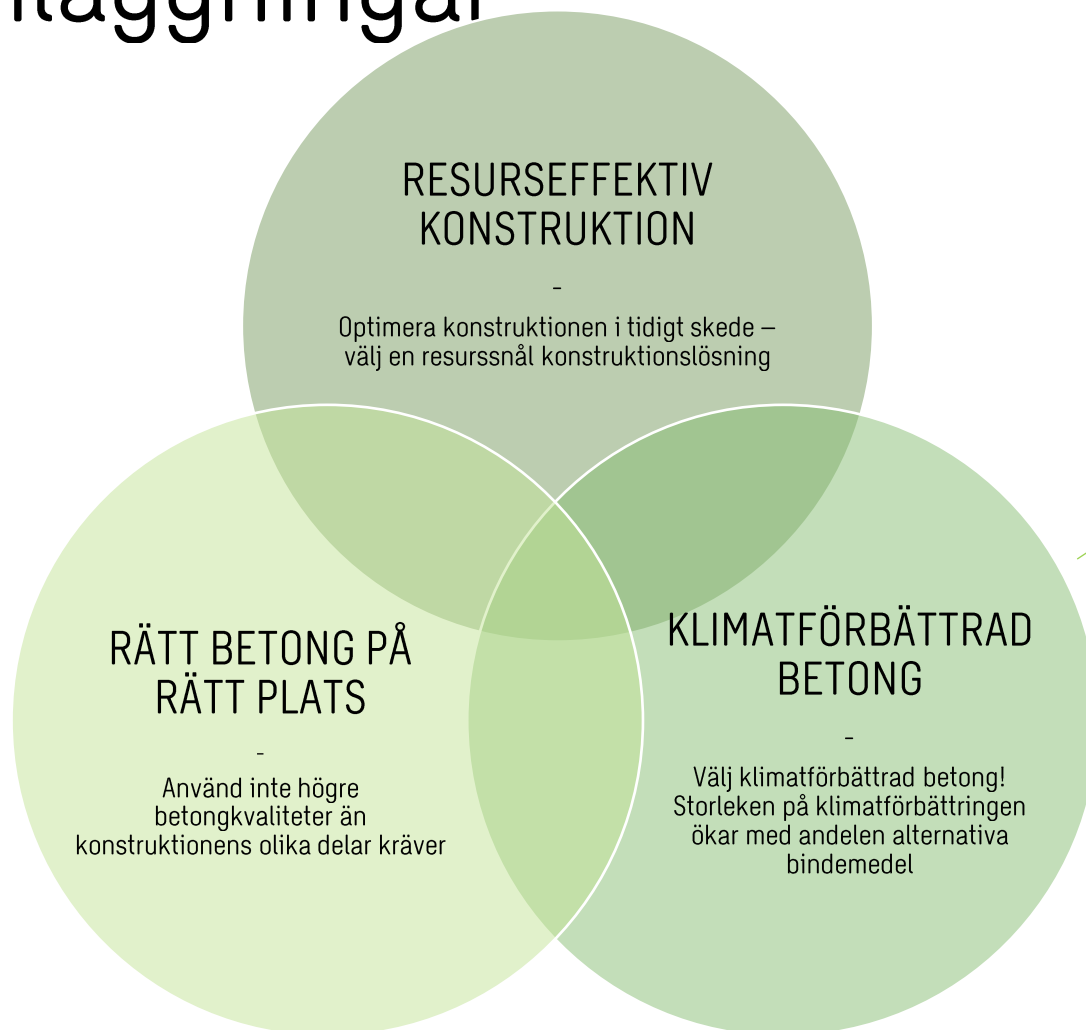
Show translation



Stor ökning av betong och armering i konstruktioner

LinkedIn september 2024

Klimatförbättrad betong och klimatoptimerade anläggningar

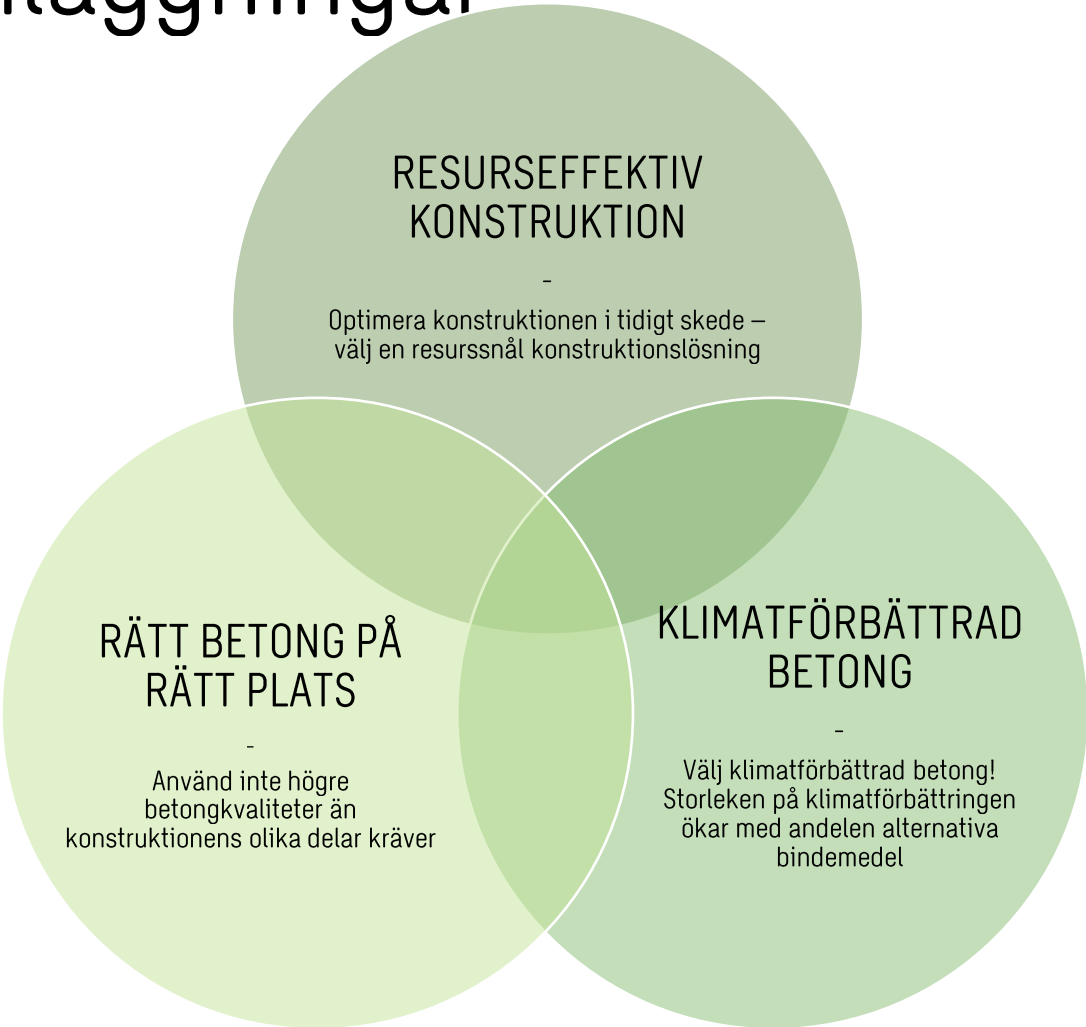


Fabriksbetong
Tabell 1

	Exponeringsklass	Hållfasthetsklass*	vct _{ekv} *	Klimatpåverkan GWP-GHG, kg CO ₂ -ekv/m ³				
				Branschreferens	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4
Hus invändigt RF _{krav} < 85%, tex plastmatta och vissa fall parkett	X0, XC1	C50/60	0,35	365	330	290	255	≤ 220
RF _{krav} < 90%, tex bälklag	X0, XC1	C35/45	0,45	305	275	245	215	≤ 185
Hus invändigt Inomhus med låg fuktighet	X0, XC1	C30/37	0,55	255	230	205	180	≤ 155
	X0, XC1	C28/35	0,60	240	215	190	170	≤ 145
	X0, XC1	C25/30	0,65	225	205	180	160	≤ 135
	X0, XC1	C16/20	0,70	205	185	165	145	≤ 125
Parkeringshus Slutet, uppvärmt, utsatt för saltstänk	XD3	C40/50	0,40**	340	305	270	240	≤ 205
Grundkonstruktioner Frostfritt under GVV	XC1	C30/37	0,55	255	230	205	180	≤ 155
Ej Frostfritt över/under GVV	XC3, XC4, XF3	C28/35	0,55**	270	245	215	190	≤ 160
Hus Utomhus, ej salt Yttervägg, balkong, sockel	XC3, XC4, XF3	C28/35	0,55**	270	245	215	190	≤ 160
Hus Utomhus, salt Parkeringshus, kallt	XD3, XF2	C35/45	0,40**	340	305	270	240	≤ 205
Anläggning Utomhus, salt och frost se Betongrapport 11 Utanför zon 2. T.ex. stödmurar.	XC4, XF3	C28/35	0,50**	325	290	260	225	≤ 195
I zon 2, ej i stänkkon.	XD2, XS2, XF2	C32/40	0,45**	355	320	285	250***	≤ 215***
Töslatade vägar och vägbroar, konstruktioner i eller invid havsvatten	XD3, XS3, XF4	C35/45	0,40**	385	345	310	270***	≤ 230***

* Typiska värden/klasser. Styrts främst av exponeringsklass och hållfasthetskrav. Kan variera, se texten i avnittet.
** Max vct_{ekv} i exponeringsklassen enligt SS 137003:2021 samt Trafikverket.
*** Standarder och regelverk i Sverige begränsar möjlig reduktion.
Svensk Betong Vägledning Klimatförbättrad betong utgåva 2.0

Klimatförbättrad betong och klimatoptimerade anläggningar



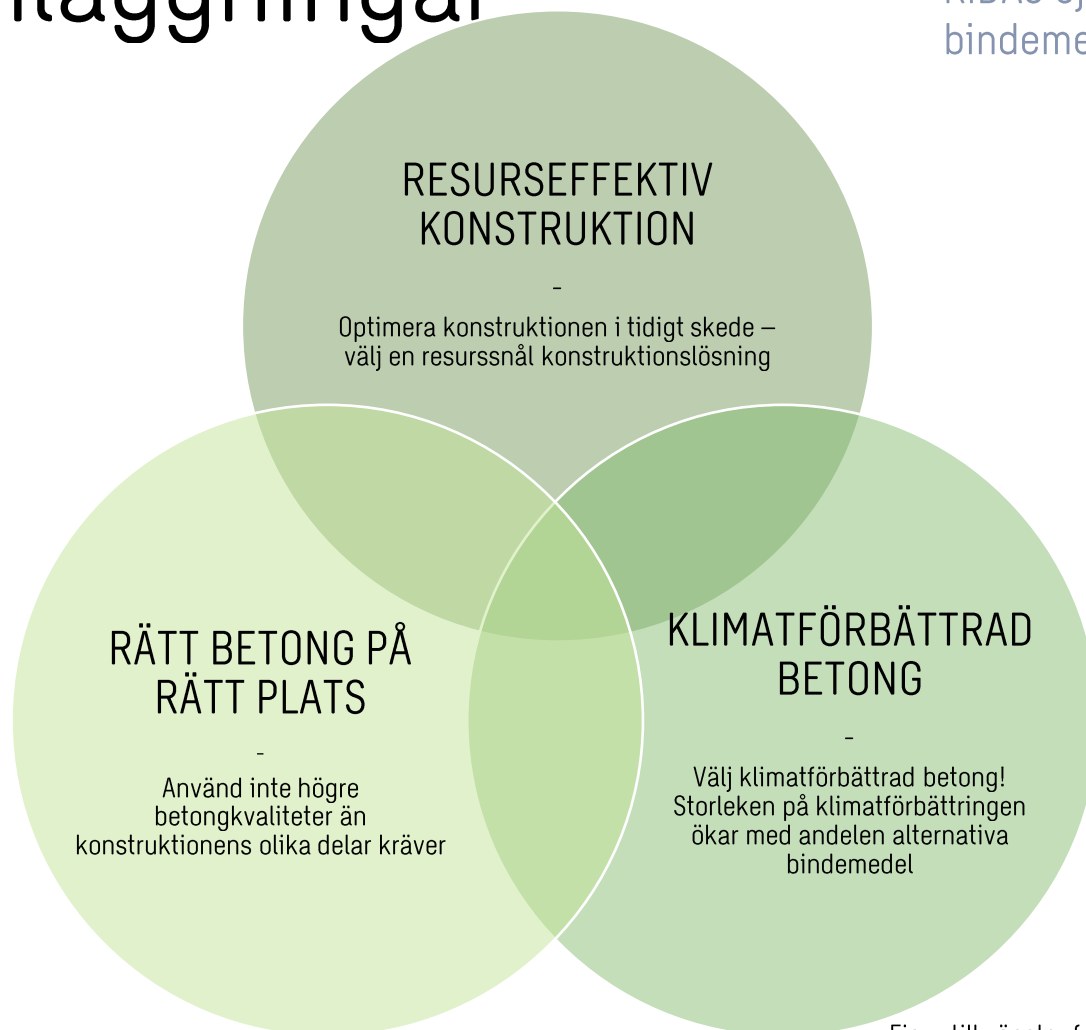
Tabell 9 — ^{En} Accepterade cement enligt SS-EN 197-1:2011 och SS-EN 197-5:2021 samt bindemedelssammansättningar och krav avseende högsta vct_{ekv} samt frostbeständighet i exponeringsklasserna XF1 till XF4

Exponeringsklass		Angrepp av frysning/upptining			
		XF1	XF2	XF3	XF4
Accepterade cement och sammanhörande högsta tillåtna vct_{ekv}	Accepterade cement	Högsta tillåtna vct_{ekv}			
	CEM I	0,60	0,45	0,55	0,45
	CEM II/A-D	0,60	0,45	a	a
	CEM II/A-LL CEM II/A-S CEM II/A-V CEM II/A-M ^b	0,60	0,45	0,55	0,45
	CEM II/B-S CEM II/B-V CEM II/B-M ^{b,c}	0,60	0,45	0,55 ^d	0,40 ^{e,f}
	CEM II/C-M ^e	0,60	–	–	–
	CEM III/A	0,60	–	–	–
	CEM IV/A (V)	0,60	0,45	0,55 ^d	0,40 ^{e,f}
	CEM IV/A (D-V)	0,60	0,45	a	a
	CEM V/A (S-V)	0,60	–	–	–
	CEM VI (S-V) CEM VI (S-LL)	0,60	–	–	–
	Övriga CEM II/A, CEM II/B, CEM IV/A	a	a	a ^d	a ^e
	Övriga CEM II/C, CEM V/A, CEM VI	a	–	–	–
Hållfasthetsklass hos cement	–	≥ 42,5	≥ 42,5	≥ 42,5	≥ 42,5
Andel PC-klinker av bindemedel, i % ^h	–	≥ 35	≥ 65	≥ 65	≥ 65
Andel av bindemedlet, i % ^{i,j}					
Silikastoft	–	≤ 10	≤ 10	≤ 5 ^k	≤ 5 ^k
Flygaska	–	≤ 35 ^l	≤ 35	≤ 35	≤ 35
ggbs	–	≤ 65	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Krav på frostbeständig	–	Ja	Ja	Ja	Ja
Krav på provning av frostbeständighet	–	–	–	–	Ja
Krav på lägsta lufthalt eller provning av frostbeständighet	–	–	Ja	Ja	–
Anm. Observera att kravet på lägsta andel PC-klinker leder till att angivna maxvärden för andel av tillsatsmaterialen inte kan utnyttjas fullt ut. Se bilaga V, V.2.					

Figur från Svensk Betong Vägledning Klimatförbättrad betong, utgåva 2
Tabell från SS137003:2021 + T1:2024

Klimatförbättrad betong och klimatoptimerade anläggningar

RIDAS ej hängt med - hänvisar till äldre standard som inte tillåter alternativa bindemedel / klimatförbättrad betong i samma utsträckning som 2024 års utgåva



RIDAS

5.1.4 Vattencementtal

Förhållandet mellan mängden vatten och mängden bindemedel, vattencementtalet (vct), beskrivs vid användning av enbart cement enligt ekvation (7). I de fall som delar av cementet ersatts med tillsatsmaterial (till exempel puzzolaner) används vid betongtillverkningen begreppet ekvivalent vattencementtal (vct_{ekv}). Det ekvivalenta vattencementtalet beräknas enligt ekvation (8) där halten tillsatsmaterial multipliceras med en effektivitetsfaktor k , vilken anges i SS 137003:2015 [6].

$$vct = \frac{\text{vattenhalt}}{\text{cementhalt}} \quad (7)$$

$$vct_{ekv} = \frac{\text{vattenhalt}}{\text{cementhalt} + k \times \text{halten tillsatsmaterial}} \quad (8)$$

$k = \text{effektivitetsfaktor}$

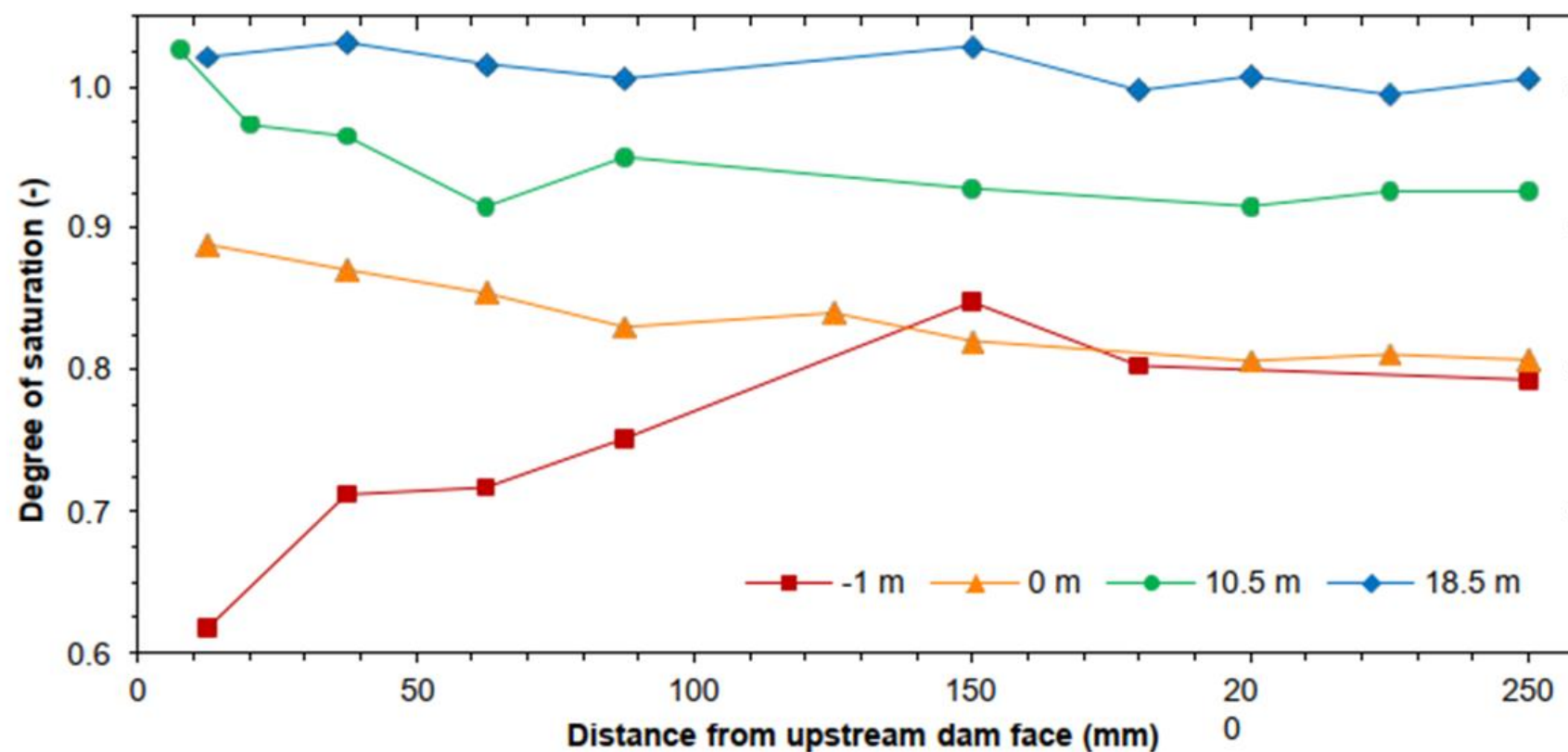
Vid användning av rena portlandcement bör vattencementtalet (vct) ej överstiga 0,55 enligt tabell 8a i SS 137003:2015 [6]. Om blandcement eller ersättning av andelar av cementet med tillsatsmaterial används bör vct_{ekv} inte överstiga 0,45 för konstruktioner i exponeringsklass XF3 vilka utsätts för ständigt hög fuktbelastning (till exempel alla dämmande konstruktioner), detta av beständighetsskäl.

För konstruktioner med höga krav på nötningsbeständighet som till exempel skibord och pelarsidor i utskov bör vct ej vara högre än 0,50, vid användning av rena portlandcement.

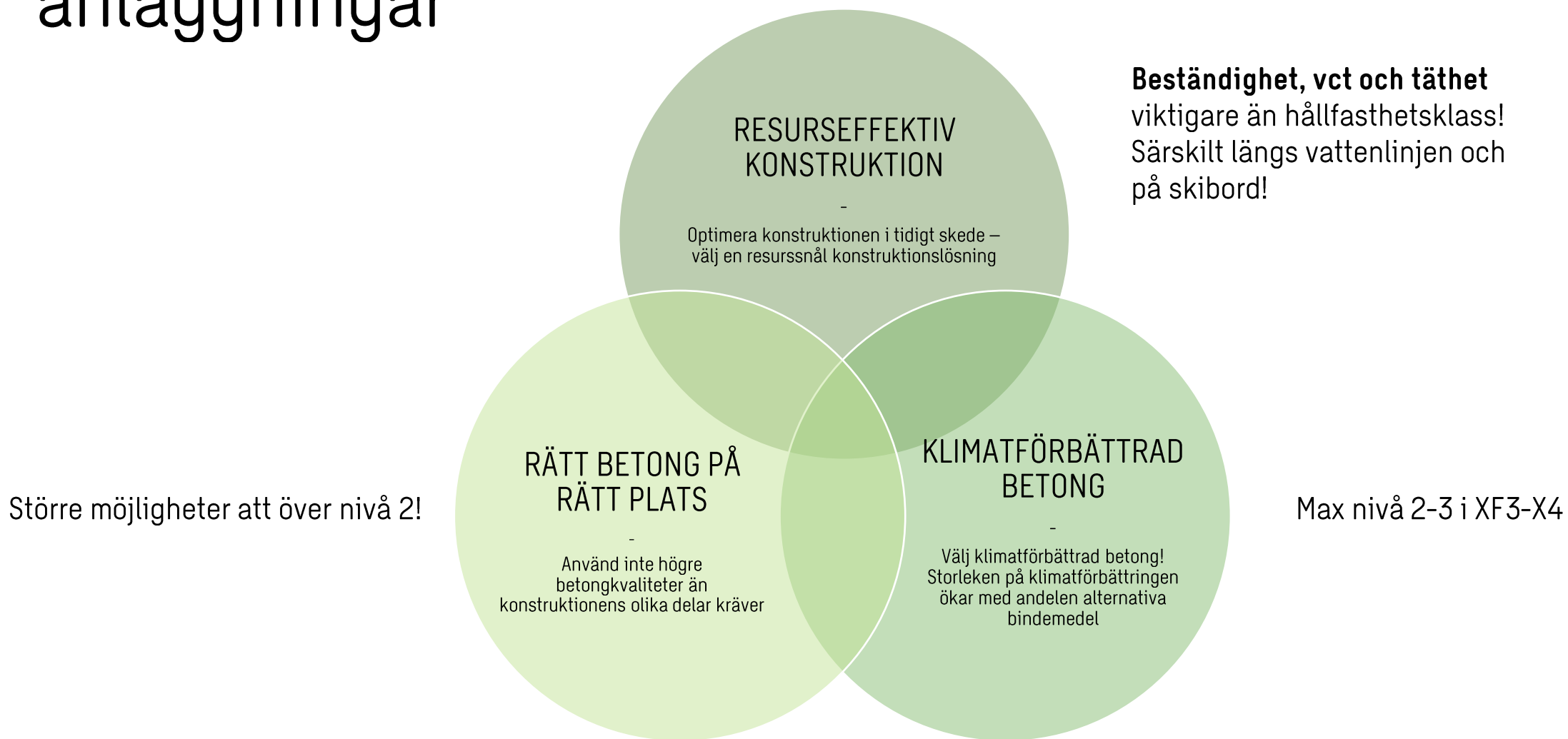
Figur till vänster från Svensk Betong Vägledning Klimatförbättrad betong, utgåva 2, text till höger från RIDAS, Tv 9, 2020

Motiv för våra antaganden

- Omgivande temperatur och luftfuktighet
- Konstruktionsdelens exponeringsklass
- Grova konstruktioners fukttilstånd



Klimatförbättrad betong och klimatoptimerade anläggningar



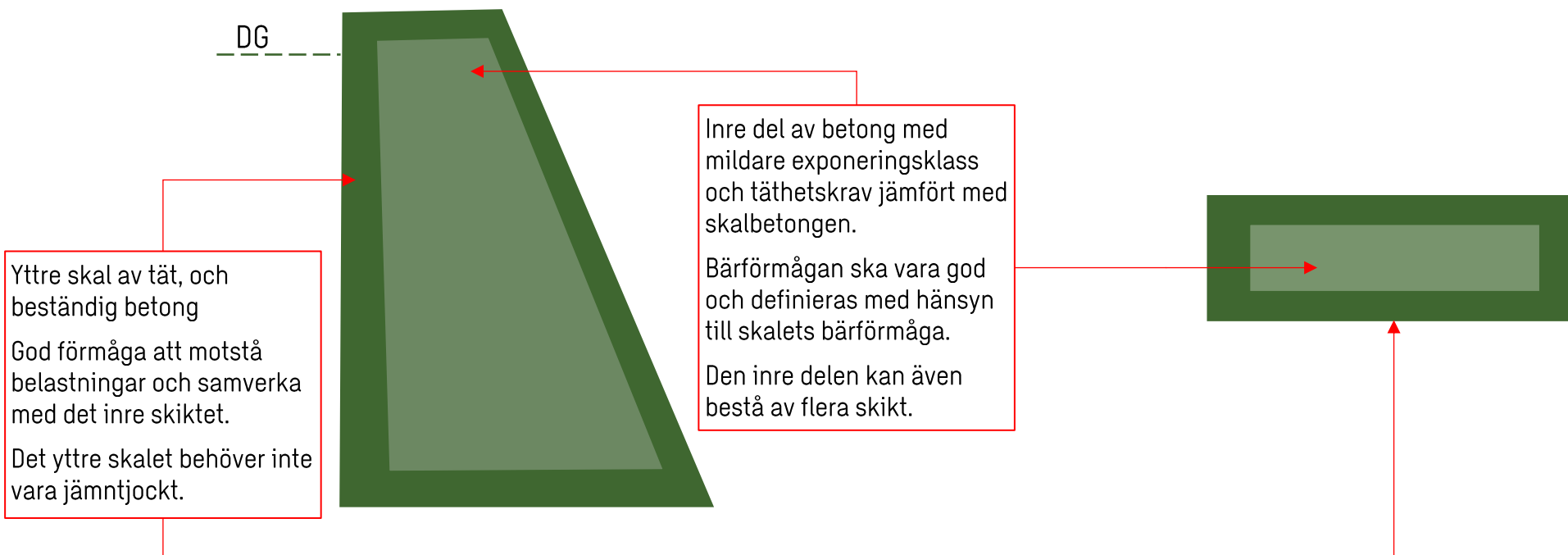
Grova konstruktionsdelar i nyare anläggningar – där stora cementbesparingar kan göras



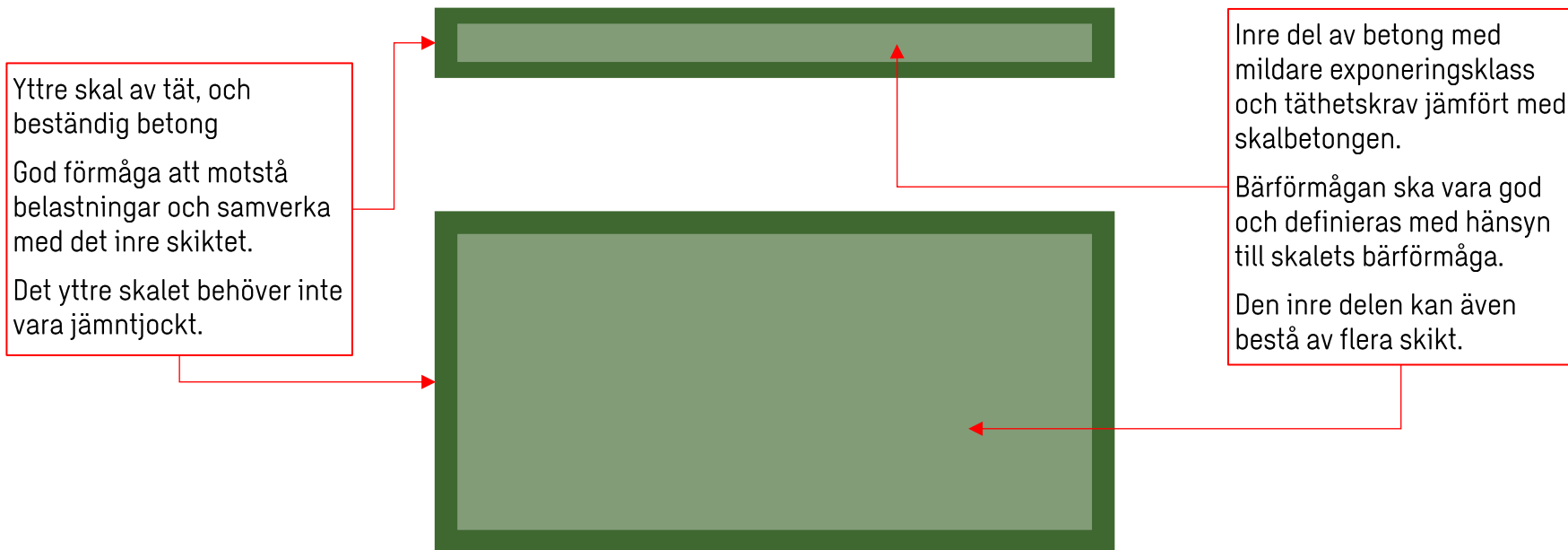
9



Samma princip föreslås: Konstruktion (pelare) bestående av flera delar/skikt med olika betongsammansättning



Konstruktion (platta) bestående av flera skikt med olika betongsammansättning



Inre delar

Icke armerad betong av
tillräckligt god kvalitet

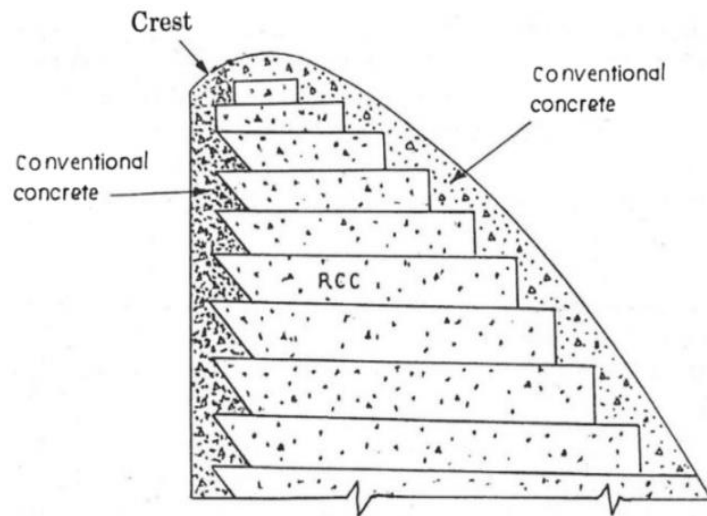
- Framförallt egentynghden viktig för konstruktionens stabilitet



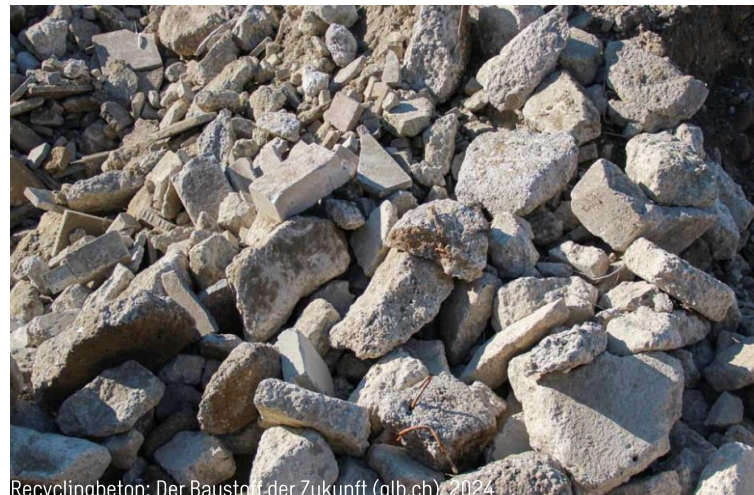
Sparsten, max 20%

Rivning av Hylte betongdamm – Energiforskrappport, 2020

RCC

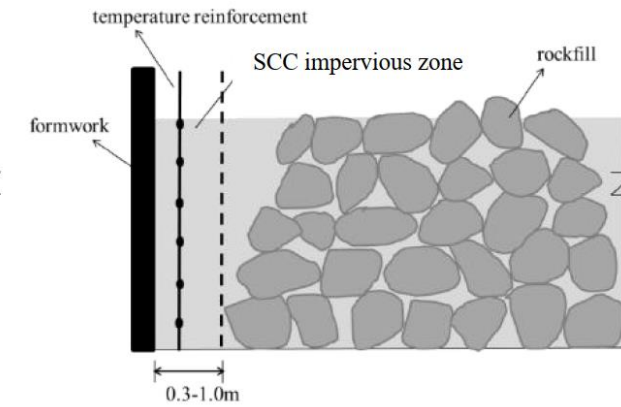
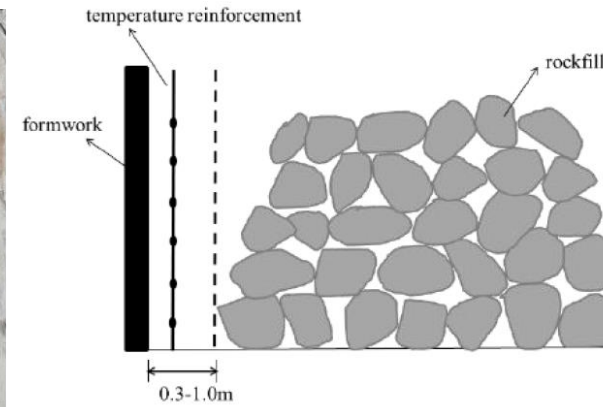


Återvinning

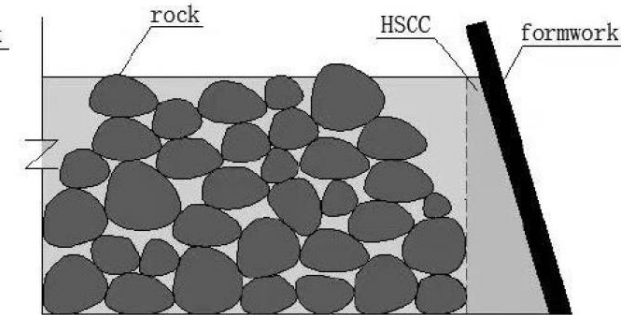
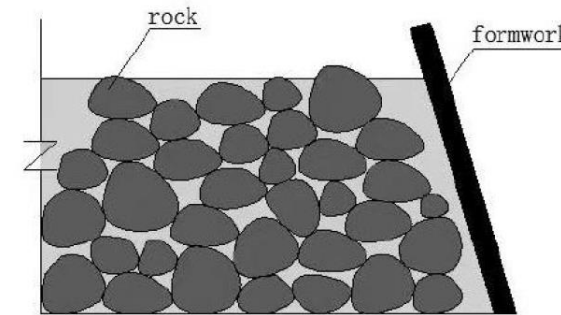


Recyclingbeton: Der Baustoff der Zukunft (gib.ch), 2024, 60, 20

RFC, Uppströms



RFC, Nedströms



Skisser från ICOLD Cemented Material Dam: Design and Practice – Rock-filled Concrete Dam, 2020

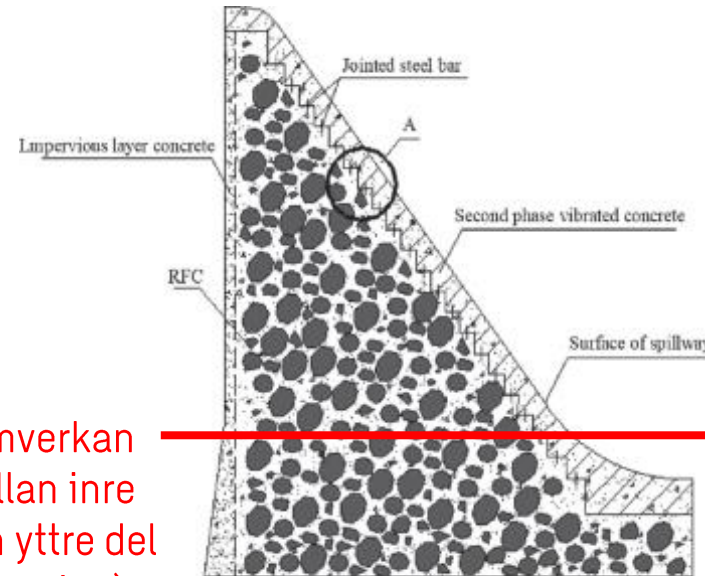
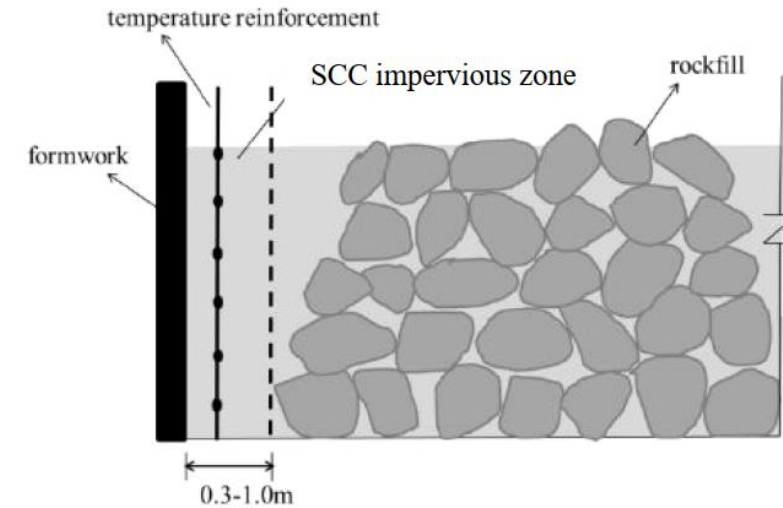
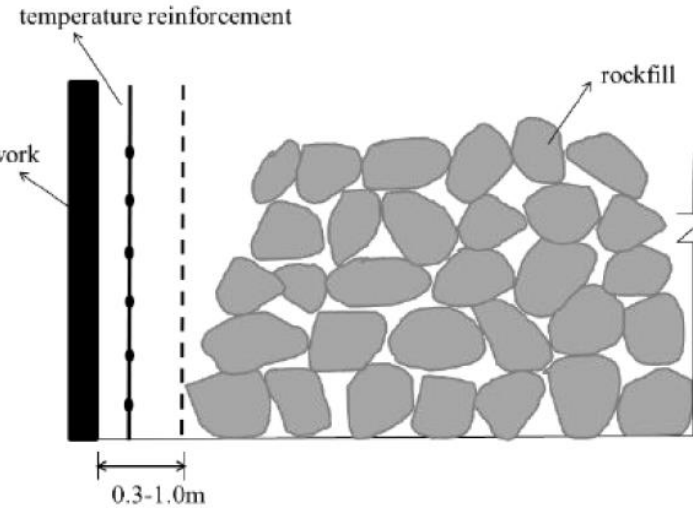
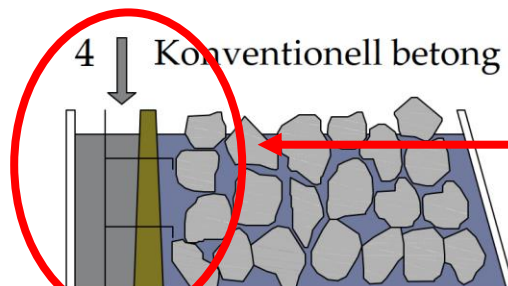
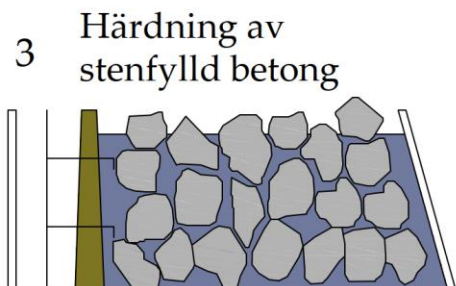
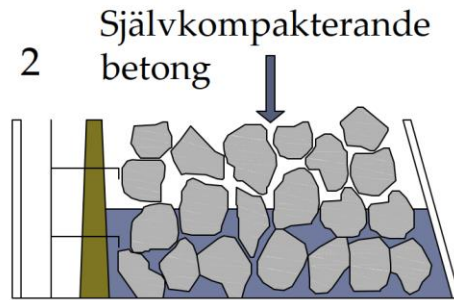
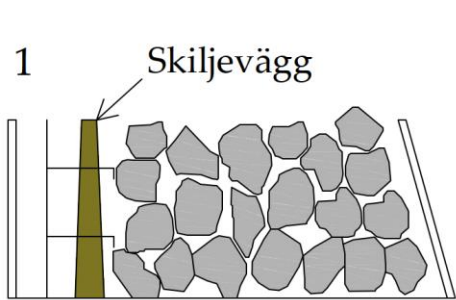


Restado.de,

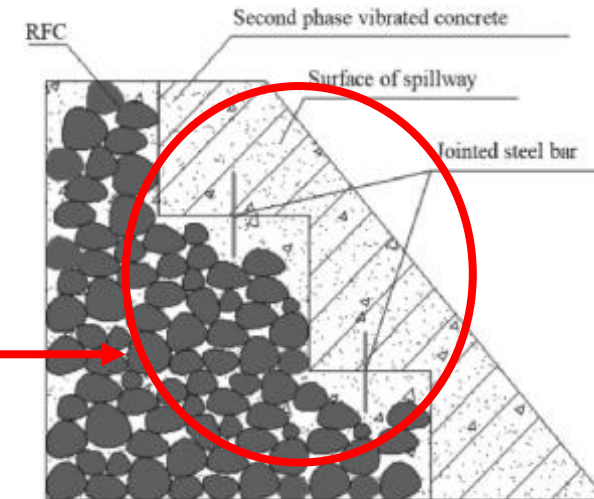
Yttre/uppströms del

Armerad betong av hög kvalitet

- Tillräckligt hög hållfasthet
- Täthetskrav / sprickkrav
- Frostbeständighet
- Nötningsbeständighet
- Övriga beständighetskrav (ASR...)



(a) Spillway



(b) Details of phase-II concrete

Samverkan
mellan inre
och yttre del
(armering)

Slutsats

- Använd **rätt betong på rätt plats!**
- Stora mängder **cement kan sparas** i grova konstruktioner om
 - Hela konstruktionen inte hänförs samma **exponeringsklass**
 - Den **yttre / uppströms delen** utgörs av **betong med hög kvalitet** (tät, frostbeständig, hög hållfasthet...)
 - **Inre / nedströms delar** utgörs av betong av **tillräckligt god kvalitet** (lägre hållfasthet, men tillräcklig egentynghet för konstruktionens stabilitet)
- Tillsatt **luft** viktig i hela konstruktionen
- Endast projektet sätter gränser för de inre delarnas innehåll (kan exempelvis utgöras av sparsten, stenfyllning (RFC), RCC, återvunnet material...)
- Sparar även in på stål (icke armerade delar) – ingår dock inte i projektmålen!

Transforming society together

