

Per-Erik Petersson, Katarina Kieksi,
Bo Westerberg och Mats Öberg

Dimensionering för beständighet hos betongkonstruktioner enligt SS-EN 206-1 i Sverige

Komplement till Betongföreningens rapport nr 11

Förord

Under våren 2003 publicerades Svenska Betongföreningens rapport nr 11: *Vägledning för val av exponeringsklass enligt SS-EN 206-1 /1/*. Det huvudsakliga arbetet med att ta fram rapporten utfördes av en arbetsgrupp bestående av Katarina Kieksi (Banverket), Per-Erik Petersson (SP), Bo Westerberg (Tyréns) och Mats Öberg (Cementa). I arbetet deltog också en referensgrupp på 12 personer förutom arbetsgruppen. Per-Erik Petersson var sammankallande och Bo Westerberg utredningsman.

Under arbetets gång framkom en del resultat som inte kom att publiceras i den slutliga rapporten:

- En sammanställning av gången för dimensionering av beständighet enligt EN 206-1
- Ett antal praktiska exempel på dimensionering för beständighet enligt EN 206-1
- Exempel på hur man beräknar största tillåtna mängden tillsatsmaterial i betong för olika miljöklasser.

Arbetsgruppen har bedömt det extra arbetet som så intressant att den valt att publicera resultatet i denna rapport. Rapporten bör alltid användas tillsammans med Betongrapport 11 och de tre standarderna SS-EN 206-1, SS 13 70 03 och SS 13 70 10.

Borås i maj 2003

Per-Erik Petersson

**SP Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP Rapport 2003:11
ISBN 91-7848-943-1
ISSN 0284-5172
Borås 2003

**SP Swedish National Testing and
Research Institute**
SP Report 2003:11

Postal address:
Box 857,
SE-501 15 BORÅS, Sweden
Telephone: +46 33 16 50 00
Telefax: +46 33 13 55 02
E-mail: info@sp.se

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	3
Förord	2
1 Dimensionering för beständighet enligt SS-EN 206-1	5
1.1 Inledning	5
1.2 Exponeringsklass, steg 1	5
1.3 Betongsammansättning, steg 2	5
1.4 Täckande betongskikt med hänsyn till beständighet, steg 3	6
1.5 Maximal sprickbredd, steg 4	6
2 Exempel	7
2.1 Inledning	7
2.2 Exempel 1. Betongtrappa utomhus	7
2.3 Exempel 2. Betongbalk i vägbrobanaplatta över järnväg	7
2.4 Exempel 3. Betongpåle under betongfundament i sulfathaltig mark	8
2.5 Exempel 4. Kantbalk på vägbro	9
2.6 Exempel 5. Husfasad	9
3 Största mängd reaktiva tillsatsmaterial (typ II)	11
4 Referenser	13

1 Dimensionering för beständighet enligt SS-EN 206-1

1.1 Inledning

Med dimensionering för beständighet avses bestämning av exponeringsklass(er) samt identifiering av de därmed sammanhängande gränsvärdena och kraven för betongsammansättning, täckande betongskikt och sprickbredd. Här tas alla dessa aspekter upp, utan uppdelning på vad som i första hand kan beröra konstruktör, entreprenör, betongtillverkare etc.

Gången vid dimensionering för beständighet kan sammanfattas i fyra steg:

- Steg 1: Bestäm exponeringsklass(er)
- Steg 2: Bestäm gränsvärden och krav för betongsammansättning enligt SS 13 70 03
- Steg 3: Bestäm täckande betongskikt enligt SS 13 70 10
- Steg 4: Bestäm maximalt tillåten sprickbredd enligt SS 13 70 10

1.2 Exponeringsklass, steg 1

Exponeringsklass(er) kan väljas enligt kapitel 3 i Betongrapport 11 /1/, varvid tabell 3.1 ger en första grovsortering. Tabell 3.2 ger enkla riktlinjer för utomhuskonstruktioner och tabell 3.3 ger konkreta exempel som stöd för definitivt val av klass. Vid behov kan man gå tillbaka på grunddefinitionerna i tabell B1:1 i bilaga 1 i Betongrapport 11, med grundläggande begrepp förklarade i kapitel 1 samt närmare beskrivningar och förklaringar i kapitel 2.

1.3 Betongsammansättning, steg 2

Enligt SS-EN 206-1 /2/ finns två alternativ för att välja gränsvärden och krav för betongsammansättning med hänsyn till exponeringsklass¹.

Alternativ 1

Detta alternativ innebär att man sätter gränsvärden för betongens sammansättning. Därvid ska följande anges:

- tillåtna typer och klasser för delmaterial
- högsta vattencementtal (se Anm. 1 nedan)
- lägsta cementshalt (se Anm. 2 nedan)
- lägsta tryckhållfasthet (valfritt)
- lägsta lufthalt i betongmassan (om tillämpligt); se tabell 1 nedan.

Anm. 1. Lågt vattencementtal kan ibland ge högre hållfasthet än vad som behövs från statisk synpunkt. För att undvika motstridiga krav på betongen, liksom underdimensionering av eventuell hållfasthetsberoende minimiarmering, bör samstämmighet mellan hållfasthetsklass och vattencementtal eftersträvas. Sambandet mellan dessa beror av cement-

¹ Observera att krav och gränsvärden för betongsammansättning enligt SS 13 70 03 /3/ enbart beror av exponeringsklass, i motsats till kraven på minsta täckskikt enligt SS 13 70 10 /4/ som även beror av livslängdsklass.

typ, tillsatsmedel, luftinblandning m.m. Uppgifter för aktuell betongtyp kan sökas hos betongtillverkare.

Anm. 2. Lägsta cementhalt (ersätts av ekvivalenta cementhalt C_{ekv} vid användning av tillsatsmaterial) styrs i den svenska standarden av krav på högsta vattencementtal. Den lägsta cementhalt som anges i tabell 5.3.2a i SS 13 70 03 /3/ (se även tabell B1:3 i Betongrapport 11) har satts till ett minsta värde enbart för att säkerställa en homogen betong, utan hänsyn till aktuell exponeringsklass.

Tabell 1. Lägsta lufthalt enligt tabell 5.3.2b i SS 13 70 03.

Största stenstorlek, mm	32	16	8
Lägsta lufthalt, %	4,0	4,5	5,0

Alternativ 2

Detta alternativ innebär att man använder sig av funktionskravsriktade dimensioneringsmetoder enligt regler som gäller på platsen där betongen används. Detta beskrivs i bilaga J i SS-EN 206-1.

Gränsvärden och krav för betongsammansättning anges i regler som gäller på platsen där betongen används. I Sverige anges kraven för olika exponeringsklasser i Tabell 5.3.2a i SS 13 70 03, som också återges som tabell B1:3 i Betongrapport 11. Tabellen är genomgående baserad på gränsvärden för betongens sammansättning enligt alternativ 1 utom då det gäller frostbeständighet i klass XF4. För denna klass föreskrivs frysprovning enligt SS 13 72 44, dvs. en funktionskravsriktad provningsmetod enligt alternativ 2.

I den svenska standarden har vct respektive C (cementhalt) uttryckts som vct_{ekv} respektive C_{ekv} för att tydliggöra tillsatsmaterialens bidrag till betongens hållfasthet, täthet etc. vct_{ekv} respektive C_{ekv} kan utnyttjas enligt avsnitt 5.2.5.2 i SS-EN 206-1 och SS 13 70 03. (Beträffande C_{ekv} , se även anm 2 ovan under alternativ 1.)

1.4 Täckande betongskikt med hänsyn till beständighet, steg 3

Minsta täckande betongskikt väljs för olika exponerings- och livslängdsklasser enligt tabell 2 i SS 13 70 10 /4/. I tabellen anges tre livslängdsklasser L20, L50 och L100 som avser förväntade livslängder på minst 20, 50 respektive 100 år. Tabellvärdena avser *minsta* täckande betongskikt. Det nominella mått eller *basmått* som anges på ritning ska vara minst lika med tabellvärdet plus aktuell tolerans, normalt 10 mm (under vissa förutsättningar annat värde, som kan vara större eller mindre). Observera att andra krav, exempelvis beträffande armeringens förankring, också kan vara dimensionerande för täckskiktet.

1.5 Maximal sprickbredd, steg 4

Tabell 3 i SS 13 70 10 /4/ ger värden för maximal beräknad sprickbredd för olika exponerings- och livslängdsklasser.

2 Exempel

2.1 Inledning

Nedan ges ett antal praktiska exempel på beständighetsdimensionering enligt SS-EN 206-1. För dimensioneringen bör man ha tillgång till Betongrapport 11, SS 13 70 03 och SS 13 70 10. Vid hänvisning till tabeller och figurer nedan avses tabeller i Betongrapport 11 om inget annat anges.

2.2 Exempel 1. Betongtrappa utomhus

1. Exponeringsklass

En trappa utomhus är utsatt för regn och är därför våt, den utsätts för frost och man bör även räkna med att den saltas. Schemat i tabell 3.1 (i Betongrapport 11) ger då XD+XF. Horisontell yta utomhus med klorider hamnar enligt tabell 3.2 närmare bestämt i XD3+XF4. Utomhustrappor återfinns även som exempel i tabell 3.3. XD3+XF4 är de svåraste klasserna för avisningsmedel och frost.

2. Gränsvärden och krav för betongsammansättning

Jämför kraven för XD3 och XF4 och välj ”värsta” kravet för varje egenskap, tabell B1:3:

- $vct_{ekv} = 0,40$
- tillåtna cement = CEM I, CEM II/A-V eller CEM II/A-LL
- max % tillsatsmaterial = silikastoft 6%, flygaska 25%, slagg 0% (förutsätter CEM I; se kapitel 3 nedan beträffande andra cement)
- frostresistent ballast: ja
- provning av frostresistens: ja, enligt SS 13 72 44, metod A
- lägsta lufthalt: nej

3. Täcksikt

Antag livslängd 50 år, dvs livslängdsklass L50. Tabell 2 i SS 13 70 10 ger då minsta täckande betongsikt 35 mm vid $vct_{ekv} = 0,40$, vilket normalt innebär ett basmått på $35+10 = 45$ mm (basmått är det mått som anges på ritningar och inkluderar toleranser, se 1.4 ovan och avsnitt 3 i SS 13 70 10).

Med lägre vct_{ekv} kan mindre täcksikt väljas, t ex $30+10 = 40$ mm för $vct_{ekv} = 0,35$.

4. Sprickbredd

Föga korrosionskänslig armering och L50 ger största sprickbredd 0,20 mm, tabell 3 i SS 13 70 10.

2.3 Exempel 2. Betongbalk i vägbrobanaplatta över järnväg

Bron är belägen långt från kust.

1. Exponeringsklass

Balken är utsatt för måttlig fuktighet (utomhus skyddad mot regn) + luftburna klorider + frost, se figur 3.1. Enligt tabell 3.3 och figur 3.1 (i Betongrapport 11) ger detta

XD1+XF2. (Bro 2002 anger XF4 generellt för överbyggnad, vilket avviker något från definitionerna i SS-EN 206-1)

2. Gränsvärden och krav för betongsammansättning

Jämför XD1 och XF2 och välj "värsta" kravet för varje egenskap enligt tabell B1:3:

- $v_{ct_{ekv}} = 0,45$ (XF4 enligt Bro 2002 ger samma resultat)
- tillåtna cement = CEM I eller CEM II/A (endast CEM I BV/LA/SR enligt Bro 2002)
- max % tillsatsmaterial = silikastoft 11%, flygaska 25%, slagg 25% (förutsätter CEM I; se avsnitt 3 nedan beträffande andra cement)
- frostresistent ballast: ja
- provning av frostresistens: inget krav om man istället anger lägsta lufthalt (ja, om X4 väljs enligt Bro 2002)
- lägsta lufthalt: endast då man inte provar frostresistensen

3. Täcksikt

Antag livslängd 50 år, dvs livslängdsklass L50. Minsta täckande betongsikt blir då 25 mm vid $v_{ct_{ekv}} = 0,45$, tabell 2 i SS 13 70 10, och normalt basmått blir 25+10 = 35 mm.

Med $v_{ct_{ekv}} = 0,40$ kan täcksiktet minskas till 20 + 10 = 30 mm.

4. Sprickbredd

Föga korrosionskänslig armering och L50 ger största sprickbredd 0,30 mm, tabell 3 i SS 13 70 10.

2.4 Exempel 3. Betongpåle under betongfundament i sulfathaltig mark

Sulfatinnehållet (SO_4) antages vara 9000 mg/kg.

1. Exponeringsklass

Exponering: antag inga klorider + ingen karbonatisering + ingen frost + hög sulfathalt.

Enligt tabell 3.3 blir det XC2 men varken, XD, XS eller XF. Sulfathaltig jord ger XA, och för den angivna halten gäller närmare bestämt XA2, se tabell B1:2.

2. Gränsvärden och krav för betongsammansättning

XA2 blir styrande, och ger följande materialkrav enligt tabell B1:3:

- $v_{ct_{ekv}} = 0,45$
- tillåtna cement = sulfatresistent cement (enligt SS 13 42 04)
- max % tillsatsmaterial = silikastoft 11%, flygaska 50%, slagg 50% eller 150-400% (förutsätter CEM I; se avsnitt 3 nedan beträffande andra cement)
- frostresistent ballast: nej
- provning av frostresistens: nej
- lägsta lufthalt: nej

3. Täcksikt

Antag livslängd 100 år, dvs livslängdsklass L100. Minsta täckande betongsikt m.h.t karbonatisering är 25 mm vid $v_{ct_{ekv}} = 0,60$, tabell 2 i SS 13 70 10, och normalt basmått blir 25+10 = 35 mm.

4. Sprickbredd

Föga korrosionskänslig armering och L100 ger största sprickbredd 0,45 mm, tabell 3 i SS 13 70 10.

2.5 Exempel 4. Kantbalk på vägbro

1. Exponeringsklass

Exponering: ”mycket våt + andra klorider + frost”

Tabell 3.1 ger XD+XF och tabell 3.3 och figur 3.1 ger närmare bestämt XD3+XF4.

2. Gränsvärden och krav för betongsammansättning

Jämför XD3 och XF4 och välj ”värsta” kravet för varje egenskap enligt tabell B1:3:

- $v_{ct_{ekv}} = 0,40$
- tillåtna cement = CEM I, CEM II/A-V eller CEM II/A-LL (*endast CEM I BV/LA/SR enligt Bro 2002*)
- max % tillsatsmaterial = silikastoft 6%, flygaska 25%,
(*begränsning av flygaska till 6% enligt Bro 2002*), slagg
0% (förutsätter CEM I; se avsnitt 3 nedan beträffande andra cement)
- frostresistent ballast: ja
- provning av frostresistens: ja, enligt SS 13 72 44, metod A
- lägsta lufthalt: nej

3. Täcksikt

Antag livslängd 50 år, dvs livslängdsklass L50. Tabell 2 i SS 13 70 10 ger minsta täckande betongsikt 35 mm vid $v_{ct_{ekv}} = 0,40$, och normalt basmått blir $35+10 = 45$ mm.

Med lägre $v_{ct_{ekv}}$ kan täcksikt minskas, t ex till $30+10 = 40$ mm för $v_{ct_{ekv}} = 0,35$.

4. Sprickbredd

Föga korrosionskänslig armering och L50 ger största sprickbredd 0,20 mm SS 13 70 10.

2.6 Exempel 5. Husfasad

1. Exponeringsklass

Exponering: ”våt (måttlig vattenmättnad) + inga klorider + frost”.

Tabell 3.1 ger XC+XF, och tabell 3.2 ger för ”vertikal yta utomhus utan klorid” närmare bestämt XC4+XF1 (se även ”yttervägg” för hus- och industribyggnader i tabell 3.3.). Eventuella horisontella, regnutsatta partier hamnar i XC4+XF3, men här förutsätts att inga sådana finns.

2. Gränsvärden och krav för betongsammansättning

Jämför kraven för XC4 och XF1 och välj ”värsta” kravet för varje egenskap, tabell B1:3:

- $v_{ct_{ekv}} = 0,55$
- tillåtna cement = alla beprövade utom CEM II/B och CEM III
- max % tillsatsmaterial = silikastoft 11%, flygaska 25%, slagg
25% (förutsätter CEM I; se avsnitt 3 nedan beträffande andra cement)
- frostresistent ballast: ja
- provning av frostresistens: nej
- lägsta lufthalt: nej

3. Täcksikt

Antag livslängd 50 år, dvs livslängdsklass L50. Tabell 2 i SS 13 70 10 ger minsta täckande betongsikt 20 mm vid $vct_{ekv} = 0,55$, och normalt basmått blir $20+10 = 30$ mm.

Med lägre vct_{ekv} kan täcksiktet minskas, t ex till $15+10 = 25$ mm för $vct_{ekv} = 0,50$.

4. Sprickbredd

Föga korrosionskänslig armering och L50 ger största sprickbredd 0,40 mm SS 13 70 10.

3 Största mängd reaktiva tillsatsmaterial (typ II)

Denna bilaga ger exempel på bestämning av den största mängd tillsatsmaterial med hänsyn till exponeringsklass som *får tillsättas* respektive *får medräknas* i vct_{ekv} . Exemplet förutsätter exponeringsklasserna XC1 och XC2, då dessa ger stor frihet beträffande val av cementtyp.

Bestämningen baseras på SS 13 70 03, avsnitt 5.2.5 och avsnitt 5.3.2 med tabell 5.3.2a, samt på SS-EN 206 avsnitt 5.2.5. I avsnitt 5.3.2 med tabell anges den största mängd som *får tillsättas*, beroende på exponeringsklass, cementtyp och typ av tillsatsmaterial. I avsnitt 5.2.5 anges den största mängd som *får medräknas* i vct_{ekv} med angivna k -faktorer, beroende på typ av cement och tillsatsmaterial.

Bilagan avslutas med tabeller över tillsatsmaterialmängder i olika exponeringsklasser vid användning av cementtyp CEM I ('Anläggningscement') respektive CEM II/A-LL ('Byggcement'), utgående från de beräkningsprinciper som anges i exemplet.

Mängden tillsatsmaterial anges genomgående i *procent av cementvikten*.

Exempel: Betong i exponeringsklasserna XC1 och XC2

Användbara cementtyper är

CEM I
CEM II/A-S, D, V, LL, M
CEM II/B-S, V, M
CEM IIIA.

Redovisningen begränsas av utrymmesskäl till de i Sverige nu förekommande cementtyperna CEM I och CEM II/A-LL, samt för åskådlighetens skull även CEM II/B-M.

CEM I

Största mängd som <i>får tillsättas</i> enligt tabell 5.3.2a i	Silikastoft	11
SS 13 70 03:	Flygaska	50
	Slagg	150
Största mängd som <i>får medräknas</i> i vct_{ekv} med angivna	Silikastoft	11
k -faktorer enligt 5.2.5 i SS-EN 206 och SS 13 70 03:	Flygaska	33
	Slagg	100

CEM II/A-LL (Klinker > 80 %, kalksten ≤ 20 %)

Enligt avsnitt 5.3.2 och tabell 5.3.2a i SS 13 70 03 begränsas mängden silika, flygaska och slagg till respektive 11, 50 och 150 % av klinkermängden.

Största mängd som <i>får tillsättas</i> blir då:	Silikastoft	8,8
	Flygaska	40
	Slagg	120
Största mängd som <i>får medräknas</i> i vct_{ekv} med angivna	Silikastoft	8,8
k -faktorer enligt 5.2.5 i SS 13 70 03:	Flygaska	26,4
	Slagg	80

CEM II/B-M (Klinker > 65 %, andra huvudbeståndsdelar ≤ 35 %)

Enligt avsnitt 5.3.2 och tabell 5.3.2a i SS 13 70 03 begränsas mängden silika, flygaska och slagg till respektive 11, 50 och 150 % av klinkermängden.

Vilka tillsatsmaterial som kan tillsättas, och i vilken mängd, blir beroende av cementets beståndsdelar vid sidan om klinkern. Vi antar här att cementet består av 65 % klinker, 15 % kalksten och 20 % slagg.

Man erhåller då följande mängd tillsatsmaterial som <i>får tillsättas</i> :	Silikastoft	7,2
	Flygaska	32,5
	Slagg (0,65·150-20)	77,5
Största mängd tillsatsmaterial som <i>får medräknas</i> i vct_{ekv} med angivna k -faktorer enligt avsnitt 5.2.5 i SS 13 70 03:	Silikastoft	7,2
	Flygaska	21,5
	Slagg	65

Tabell 2. Begränsning av mängden tillsatsmaterial vid användning av cement typ CEM I

M : Största mängd tillsatsmaterial som *får tillsättas* (% av cementvikt)

m : Största mängd tillsatsmaterial som *får medräknas* i vct_{ekv} («)

Tillsatsmaterial	Exponeringsklass							
	X0, XA1		XC1, XC2		XC3, XC4, XS, XD, XF1-XF3		XF4	
	M	m	M	m	M	m	M	m
Silikastoft	11	11	11	11	11	11	6	6
Flygaska	50	33	50	33	25	25	25	25
Slagg	230	100	150	100	25	25	0	0

Tabell 3. Begränsningar avseende mängden tillsatsmaterial vid användning av cement typ CEM II/A-LL ('Byggcement'). I övrigt enligt tabell 2.

Tillsatsmaterial	Exponeringsklass							
	X0, XA1		XC1, XC2		XC3, XC4, XS, XD, XF1-XF3		XF4	
	M	m	M	m	M	m	M	m
Silikastoft	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	4,8	4,8
Flygaska	40	26,4	40	26,4	20	20	20	20
Slagg	184	80	120	80	20	20	0	0

4 Referenser

- /1/ Svenska Betongföreningen (2002), "Vägledning för val av exponeringsklass enligt SS-EN 206-1, Betongrapport 11, Stockholm 2002.
- /2/ SS-EN 206-1 (2001), Betong – Del 1, "Fordringar, egenskaper, tillverkning och överensstämmelse".
- /3/ SS 13 70 03 (2002), utg. 2 , "Användning av EN 206-1 i Sverige".
- /4/ SS 13 70 10 (2002), "Betongkonstruktioner – Täckande betongskikt".