

# Lathund för tillverkning av skumbetong

## Inledning

Denna lathund redovisar försök med skumbetong, som tillverkats av BASF-Skumkoncentrat 1 (proteinskum). Vid prov med BASF-Skum 3 (tensid) får man liknande resultat i de flesta försöken. Man kan dock konstatera en klart större vattensugning och en något lägre tryckhållfasthet.

Följande har undersökts: Tillverkning av skum, tillsättning av skum till en färdig försats i form av en cementslurry, konsistens, pumpbarhet och utläggning, samt egenskaper hos den färska och härdade betongen.

Stor vikt har lagts vid följande:

- Tryckhållfasthet
- Värmeledning
- Vattenuptagning
- Krympning
- Brandsäkerhet

Dessutom har undersökning gjorts beträffande påverkan av tillsatsmedel och silikastoft på skumbetongens kvalitet.

Med ledning av resultaten, men även på grundval av en mängd praktiska erfarenheter, har vi ställt samman denna rapport.

## FÖRSÖKSBESKRIVNING

### Skumtillverkning

Skummet tillverkades med hjälp av en skummaskin för kontinuerlig skumproduktion. Skummaskinen suger själv skumkoncentrat och vatten i ett bestämt förhållande.

Skummaskinen regleras så att den ger ett färdigt skum som väger 70 - 80 gr/lit. Skummet leds direkt ner i blandaren.

Skum med denna densitet är tillräckligt motståndskraftigt för att ge möjlighet till skumblandning i ett utgångsbruk (försats) med minst 40 cm utbredningsmått.

### Betongtillverkning

Natursand i en kornstorlek på 0/1, std-cement och vatten blandades i 60 sek i en frifallsblandare, så att man fick en försats med ett utbredningsmått på minst 40 cm. I blandaren tillsattes skum i avsedd mängd och en homogen skumbetong tillverkades.

### Provtagning

Vid färskbetongdensitet under 1000 kg/m<sup>3</sup> gjordes kuber på 20 x 20 x 20 cm, och vid färskdensitet över 1000 kg/m<sup>3</sup> gjordes kuber på 15 x 15 x 15 cm.

Kuberna vibrerades i 10 sek. Efter en dag gjordes avformning. Kuberna förvarades sedan vid +20° C och 65 % relativ luftfuktighet.

För mätning av krympning framställdes prismor på 10 x 10x50 cm.

För bestämning av vattenuptagning gjordes prismor på 4x4x 16 cm.

Alla värden som redovisas är genomsnitt av tre mätningar.

Med BASF-Skumkoncentrat 1 blev framställt skumbetong med torrdensiteter enligt tabell 1 på 400 kg/m<sup>3</sup> till 1800 kg/m<sup>3</sup>.

## VÅTBETONGEGENSKAPER

### Konsistens och stabilitet

Försatsen justerades så att konsistensen fick ett utbredningsmått på 40 cm.

Mindre utbredningsmått kräver större skumtillsats och blötare försats medför lägre stabilitet. När skummet tillsats, får man en närmast flytande skumbetong med ett utbredningsmått på över 50 cm, som är mycket lätt att hantera.

För att kontrollera skumbetongens stabilitet, blev några provkuber vibrerade på ett vibratorbord med 9000 svängningar/min i upp till 2 min. Här kunde konstateras att varken densiteten ökade eller att någon skum avgick.

Det är viktigt att sanden inte innehåller några stora korn. Den ska helst ha en gradering på 0/1. Även silikastoft har en positiv effekt på skumbetongens stabilitet. Vid en provgjutning av en 3 m hög skumbetongvägg, som fylldes genom att skumbetongen släpptes i fritt fall och därefter komprimerades i 15 sek med hjälp av en utvändigt vibrator konstaterades att, vid en torrdensitet på 1080 kg/m<sup>3</sup> på halva väggen, uppmättes i överkant ett 5 % lägre värde och i underkant på väggen uppmättes ett värde som var 5 % högre.

## Transport och gjutning

Färdig skumbetong är närmast flytande. Den transporteras lämpligast i en roterbil. Vid skumbetongproduktion med den senaste tekniken där betongen färdigblandas på arbetsplatsen i en betongpump transporterar man endast försats ut till arbetsplatsen.

Skumbetong läggs ut som vanlig betong. Trycket på formen är dock väsentligt lägre. Vid komplicerade gjutningar med risk för inneslutning av luft, bör man tänka på att skumbetongens lägre vikt gör det svårare att tränga ut en luftficka än vid gjutning med vanlig betong. Det är viktigt att formarna är täta.

## Pumpning

Skumbetong kan utan problem pumpas med en vanlig bruks- eller betongpump. Liten dimension på pumpledningen liksom långa ledningar komprimerar skumbetongen. Dock håller sig i allmänhet komprimeringen inom 100-150 kg/m<sup>3</sup>. Man ska pumpa på "tomgång" el. max "halvfart".

## HÄRDAD SKUMBETONG

### Tryckhållfasthet

Som framgår av tabell 2a är skumbetongens tryckhållfasthet framförallt beroende av densiteten. Man kan förbättra skumbetongens tryckhållfasthet vid en bestämd densitet genom följande möjligheter:

#### a) Val av cement.

Vid val av cement med högre hållfasthet än std-cement kan man höja tryckhållfastheten. SH-cement kan i vissa fall ge en likartad effekt. En ökning av cementmängden, genom att ersätta en del av sanden med cement, med bibehållande av densiteten, ger också en höjning av hållfastheten

#### b) Betydelsen av efterbehandling.

För att konstatera vilken betydelse efterbehandlingen har, blev provkropparna efter tillställning, täckta med plastfolie och efter avformning täckta med fuktiga klädtrasor i 4 dagar. Därefter förvarades kuberna fritt. Som jämförelse förvarades också kuber i klimatskåp. Efter 28 dygn låg hållfastheten på kuberna med trasor ca 15 - 20 % över de prover, som blev förvarade i klimatskåp vid +20° C och 65 % luftfuktighet. Kraftig uttorkning (från luft och/eller underlag) kan helt förstöra en lätt skumbetong.

#### c) Betydelsen av tillsatsmedel.

För att sänka vattencementtalet genomfördes försök med ett flyttillsatsmedel av melamintyp med 20 % koncentration. De uppnådda resultaten framgår av tabell 2b. Med dessa resultat som grund kan man säga, att skumbetong med högre densiteter kan få en hållfasthetsökning, speciellt under de första dygnen, vid tillsats av flytmedel som vattenreducerare.

Den genomsnittliga ökningen av hållfastheten var ca 50 %. I de lägre densiteterna (< 900 kg/m<sup>3</sup>) är effekten avsevärt mindre.

#### d) Betydelsen av flygaska och silikastoft.

Tillsats av flygaska eller silikastoft ger en höjning av tryckhållfastheten. Vid tillverkning av skumbetong enligt tabell 1 byttes en del av sanden ut mot 6 % silika (i förhållande till cementvikten). Vägledande värden för ökning av tryckhållfastheten med silikastoft framgår av följande tabell:

Tryckhållfasthet i MPa

	Utan tillsats	med 6% silika
Torr densitet	efter	dygn
kg/m <sup>3</sup>		
	1	28
400	-	0,8
800	-	2,0
1400	2	7,5
1600	-	12,0

### Vattenupptagning

Vattenupptagning hos skumbetong är viktig för väder- och frostbeständighet. Den har undersökts både praktiskt och vid laboratorieförsök. Undersökning av en skumbetongvägg med en densitet på ca 1000 kg/m<sup>3</sup> utan ytskydd, som legat horisontellt ute i det fria, visade såväl efter 1 år som efter 4 år ett maximalt vatteninträngningsdjup på 10 mm. Väggen uppvisade inga som helst frostsador, avskalningar eller andra skador.

Tabell 3 och fig. 2 visar resultat beträffande vattensugning, som uppmätts vid laboratorieförsök. Som provkroppar användes skumbetongkuber med 10 cm sida, som blev förvarade vid +20° C och 65 % luftfuktighet och därefter torkades vid 105° C i torkskåp tills viktstabilitet uppnått. Därefter sänktes kuberna ner i vatten och kontrollerades vid vissa tidpunkter.

Den största vattenupptagningen inträffade redan efter några få timmar. Mellan 3 och 7 dygn konstaterades endast en obetydlig ökning av vattenupptagningen. Efter 7 dygn kunde ingen ökning alls uppmätas. Totalt uppmättes, i förhållande till torr densiteten, en vattensugning på 23 % i kuber utan hydrofobe-ring och endast 13,5 % hos kuber med hydrofoberande tillsats.

Resultaten framgår av tab. 3 och fig. 1 Den färskbetongen hade en luftandel på 50,4 % och efter 28 dygns lagring utgjorde den 57 %. Vattenandelen gick således tillbaka från 20 % till 14 %. Efter behandling i torkskåp vid 105° C utgjorde vattenandelen bara 5,3 % av den samlade volymen på 53 lit bundet vatten.

Det motsvarar ca 15 % av cementvikten och tyder på, att hydratiseringen inte var avslutad. Efter förvaring under vatten utgjorde luftandelen i den obehandlade betongen fortfarande 44,5 % och i den hydrofoberade betongen 53,3 %, det vill säga luftporandelen i hydrofoberad betong var högre än i den färska betongen.

### **Brandsäkerhet**

Skumbetong kan i förhållande till sin struktur, sitt isoleringsvärde och brandsäkerhet användas till brandklass A30 till A180 enligt DIN 4102. Praktiska försök med väggar gjutna av skumbetong med en våtdensitet på 1000 kg/m<sup>3</sup> resp. 600 kg/m<sup>3</sup> visar, att skumbetong är överlägsen i förhållande till normalbetong ur brandsäkerhetssynpunkt, vilket får tillskrivas skumbetongens bättre isoleringsförmåga. Se i Övrigt fig. 2.

### **Värmekonduktivitet**

I tab. 4 och fig. 3 visas värmekonduktivitetstal för skumbetong med olika densiteter. Som jämförelse kan nämnas att motsvarande värmekonduktivitetstal för några vanliga isoleringsmaterial enligt Svenska Boverkets rapport om värmeisolering är:

Styrencellplast	0,055 W/m°C
Mineralull, lösfyllnad	0,060
Lättklinkerkulor	0,170
Lättbetong, murverk	0,300
Vanlig betong	1,7

### **Ljudisolering**

Stegljudisolering och vanlig ljudisolering är utmärkt på grund av den stora mängden luftporer i skumbetong.

### **Krympning**

I tab. 5 visas resultat efter krympmätning på provkroppar som lagrats i upp till 1 år i +20°C och 65% relativ luftfuktighet. Värdena har jämförts med vanlig betong. Vid färskdensiteten 1000 kg/m<sup>3</sup> kan man som en tumregel räkna med en krympning på ca 1% . Vid högre densitet är krympningen mindre och vid lägre densitet större. Till utfyllningar och isolering är krympningen normalt försumbar. Vid skumbetong som konstruktionsbetong bör man räkna med krympningen.

## **SAMMANFATTNING**

Skumbetong kan tillverkas i de flesta betongblandare som finns på marknaden. Den kan också transporteras utan problem med roterbil och läggas ut på byggplatsen med vanliga maskiner och redskap. Skumbetongen kan även pumpas eller läggas ut med betongrännor.

Det behövs en skummaskin och ett effektivt skumkoncentrat, som ger ett bra skum med små, hållfasta blåsor för att få en stabil och bärkraftig skumbetong. Den senaste utvecklingen är kontinuerlig skumbetongtillverkning på arbetsplatsen direkt i en betongpump.

På grund av betongens höga luftandel får man ett lätt byggmaterial med utmärkta värmeisolerande och ljudisolerande egenskaper samt ett brandhärdigt material, som kan användas i både hus och mark. Tryckhållfastheten kan ökas genom cementval, högre cementmängd, noggrann efterbehandling, vattenreduktion med hjälp av flyttillsatsmedel samt tillsats av silikastoft eller flygaska. Trots skumbetongens normalt låga tryckhållfasthet är den i allmänhet gångbar dagen efter gjutning även vid låga densiteter.

Vattensugning kan minskas genom tillsättning av hydrofoberingsmedel.

Det är viktigt att skydda skumbetong mot stark uttorkning både från luft och underlag. Skumbetong är enkel att fördela vid gjutning. Den färska betongen kan pumpas, den är lättflytande och ska inte vibreras. Dessutom har den låg vikt, vilket är betydelsefullt inte minst ur arbetsmiljösynpunkt. Skumbetong är stabilt och har hög bärighet jämfört med andra jämförbara material. Skumbetong har utmärkta frostegenskaper. Skumbetong i densiteter under 1000 kg/m<sup>3</sup> är lätt att gräva i efter härdning och är ett rent och miljövänligt naturmaterial.

**Tabell 1 a: Blandningsrecept till skum betong med olika volymvikter.**

Färsk- densitet kg/m <sup>3</sup>	Torrdensitet kg/m <sup>3</sup>	FÖRSATS			Skummängd (ca 75 gr/lit) lit/m <sup>3</sup>	Mängd skumkonc kg/m <sup>3</sup>
		Cement std kg/m <sup>3</sup>	Finsand, torr kg/m <sup>3</sup>	Vatten max kg/m <sup>3</sup>		
490	400	310	30	95	790	ca 2,0
570	500	330	70	113	760	ca 1,9
680	600	330	170	122	710	ca 1,8
790	700	330	275	128	670	ca 1,7
880	800	330	370	133	620	ca 1,6
990	900	330	470	142	580	ca 1,5
1080	1000	350	540	143	540	ca 1,4
1180	1100	350	645	145	500	ca~1,3
1280	1200	350	745	150	460	ca 1,2
1390	1300	350	850	155	410	ca 1,1
1480	1400	370	915	160	380	ca 1,0
1580	1500	370	1015	165	340	ca 0,85
1680	1600	370	1115	169	300	ca 0,75
1790	1700	370	1215	180	250	ca 0,6
1890	1800	370	1315	189	200	ca 0,45

**Tabell 1 b: Volymfördelning i % hos skumbetong med varierande densitet.**

Torrdensitet	Cement %	Bundet vatten %	Finsand %	Luft %
400	10	9	1	79
500	11	11	2	76
600	11	12	6	71
700	11	13	10	67
800	11	13	14	62
900	11	14	17	58
1000	11	14	20	54
1100	11	15	24	50
1200	11	15	28	46
1300	11	16	32	41
1400	12	16	34	38
1500	12	17	37	34
1600	12	17	41	30
1700	12	18	45	25
1800	12	19	49	20

**Tabell 2 a: Tryckhållfasthet hos skumbetong med BKN-Skumkoncentrat 1 (medelvärden).**

Färskdensitet kg/m <sup>3</sup>	Torr densitet kg/m <sup>3</sup>	Cementinnehåll kg/m <sup>3</sup>	Hållfasthet MPa 7 dygn	Hållfasthet MPa 28 dygn
490	400	310	0,6	0,8
570	500	330	0,8	1,0
680	600	330	1,1	1,4
790	700	330	1,3	1,7
880	800	330	1,5	2,0
990	900	330	2,1	3,0
1080	1000	350	2,3	3,2
1180	1100	350	3,8	5,0
1280	1200	350	4,5	6,4
1390	1300	350	5,8	7,2
1490	1400	370	6,9	9,1
1580	1500	370	8,6	11,4
1680	1600	370	10,9	13,9
1790	1700	370	13,4	17,8
1890	1800	370	17,6	23,0

Vid tensidskum bör man normalt räkna med lägre tryckhållfasthet.

**Tabell 2 b: Tryckhållfasthet hos skumbetong med respektive utan tillsats av flyttillsatsmedel.**

Färskdensitet kg/m <sup>3</sup>	Flyttillsats % av cementvikt	vct före skumtillsats	Hållfasthet MPa, 1 dygn	Hållfasthet MPa, 7 dygn	Hållfasthet MPa, 28 dygn
1380	0	0,56	1,8	5,1	6,6
1380	3	0,44	3,8	8,1	10,3
1590	0	0,50	1,8	5,9	9,2
1580	1,5	0,44	3,0	10,3	12,2
1600	3	0,42	3,4	11,1	13,8

**Tabell 3: Vattenupptagning hos skumbetong med BKN-Skumkoncentrat 1.**

**Recept:** Cement: 354kg/m<sup>3</sup>SH. Skum: Ca 1 kg BKN-Skumkoncentrat 1.  
 Sand 0/1 (kvarter): 483kg/m<sup>3</sup>!. Hydrofobering: 0,8% av cementvikt.  
 Blandningsvatten: 151kg/m<sup>3</sup>. Tryckhållfasthet; 4,8 MPa (28 dygn).

<u>Densitet kg/m<sup>3</sup></u>		<u>Vikt efter vattenlagring under vatten kg/m<sup>3</sup></u>						
färsk	torr	1 tim	2 tim	4 tim	8 tim	1 dygn	3 dygn	7 dygn
Utan hydrofobering.								
1040	891	985	1009	1037	056	1074	1084	1099
Med hydrofobering.								
1050	889	932	939	948	957	973	992	1010

Skumbetong av tensidskum absorberar betydligt mer vatten.