

## TILLVERKNING AV SJÄLVKOMPakterande BETONG MED POLYPROPYLENFIBER



Iad Saleh  
Henrik Nilsson

Sika Sverige AB  
Skanska Sverige AB

## SAMMANFATTNING

Självkompakterande betong innehåller mer finmaterial jämfört med normal betong, vilket ger den självkompakterande betongen en tätare struktur. För detta ändamål används i Sverige ofta finmalt kalkfiller. Denna tätare strukturen har medfört att man varit tvungen att hitta lösningar för att minska eller förhindra risken för brandspjälkning. En sådan lösning är att blanda in polypropylenfiber (PP-fibrer). Inblandning av PP-fibrer - som idag är den vanligaste åtgärden för att erhålla goda brandspjälkningsegenskaper - medför dock ofta andra oönskade konsekvenser för den färska betongens egenskaper.

Syftet med detta delprojekt (WP2) har varit att ta fram betongrecept för självkompakterande betong och därefter tillverka betongelement som senare skall brandtestas. I projektet har det tagits fram recept både utan PP-fibrer samt med PP-fibrer för olika inblandningsmängder och olika fiberdimensioner. Projektet omfattar 27 husbyggnadsbetonger (CEM II) och 25 anläggningsbetonger (CEM I). Av de provade anläggningsbetongerna innehåller fem recept norskt anläggningscement.

Förundersökningen utfördes i Skanskas betonglaboratorium i Solna. Tillverkningen av element skedde därefter vid Skanska Stomsystems elementfabrik i Strängnäs utifrån de recept som utvecklats på labb.

Av de försök som utfördes kan konstateras att inblandning av  $2,0 \text{ kg/m}^3$  fiber med  $\text{Ø}18 \text{ }\mu\text{m}$  och längden 6mm inte var möjlig utan att de självkompakterande egenskaperna förlorades. De självkompakterande egenskaperna var däremot möjlig att tillgodose med en grövre dimension ( $\text{Ø}32 \text{ }\mu\text{m}$  och längden 6mm).

Vidare noterades att betong med mikrosilika och hög lufthalt - även med PP-fiber - gav betongen goda självkompakterande egenskaper. Ytterligare en nämnvärd notering har varit att lufthalten varierat kraftigt då PP-fiber används i betongmassa med båda flyttillsatsmedel och luftporbildare.

## SUMMARY

Self-compacting concrete contains more fine material than conventional concrete. This gives self-compacting concrete a more dense structure. In Sweden it is common to use limestone powder in self-compacting concrete for this purpose. This denser structure has forced us to find solutions in order to decrease or to prevent the risk of spalling when exposed to fire. Such a solution is to use polypropylene fibre (PP-fibre) in the concrete. Use of PP-fibres - that today is the most common measure in order to produce concrete with good fire spalling properties – usually means other undesirable consequences for the properties of fresh concrete.

The aim of this part of the project (WP2) is to develop the mix designs for self-compacting concrete and to produce concrete specimens required for fire testing. In this project, it has been developed recipes both without PP-fibres and with PP-fibres with different quantities and different fibre dimensions. The project covers 27 recipes for housing applications (CEM II) and 25 recipes for infrastructures (CEM I). Five of the concrete recipes for infrastructures contain Norwegian cement.

The development of the mix designs was performed at Skanskas concrete laboratory in Solna. The specimens were produced at Skanska Stomsystem in Strängnäs.

The results from this project showed that it was not possible to add more than 2.0 kg/m<sup>3</sup> fibre with Ø18 µm and the length 6mm, without losing the self-compacting properties. The self-compacting properties were on the other hand possible to meet with a coarser dimension (Ø32 µm and the length 6mm).

Furthermore, it was noted that concrete with silica fume and high air content - also with PP-fibre - gave the concrete good self-compacting properties. Another comment, worth mentioning, is that the air content varied strongly when using PP-fibres together with super-plasticisers and air-entraining agents.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SYFTE</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>METODIK</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>TILLVERKNING AV ELEMENT I FABRIK</b> .....	<b>7</b>
4.1	Formar .....	8
4.2	Armering, rör och givare .....	9
4.3	Betongtillverkning .....	10
4.3.1	<i>Delmaterial</i> .....	10
4.3.2	<i>Blandningsprocedur</i> .....	11
4.4	Provtagning .....	12
4.5	Gjutning, härdning och formrivning .....	13
<b>5</b>	<b>DISKUSSION OCH ERFARENHETER</b> .....	<b>14</b>
5.1	Receptframtagning .....	14
5.2	Tillverkning och gjutning.....	15
<b>6</b>	<b>SLUTSATSER</b> .....	<b>16</b>
	<b>BILAGOR</b> .....	<b>17</b>
A	Recept från receptutvecklingen i labb samt tillverkningen i Strängnäs.....	18
B	Tillverkningsjournal.....	23
C	Ritningar på de olika typerna av element .....	25

# 1 Inledning

Betong används i stor omfattning vid såväl bostadsbyggande som vid anläggningar. Materialet betong utvecklas ständigt och under det senaste decenniet har självkompakterande betong blivit en betongprodukt som används i allt större utsträckning inom byggbranschen.

Självkompakterande betong är en betong, med högpresterande reologiska egenskaper, som kompakteras utan yttre vibreringsinsats. Från historiska erfarenheter och provningar vet man att betongkonstruktioner med tät betong och betong med stor andel finmaterial kan påverkas negativt vid brand. Självkompakterande betong, som ofta innehåller mycket finmaterial, är ett exempel på en tätare betong. I Sverige används ofta finmalt kalkfyller för att erhålla de önskade reologiska egenskaperna för självkompakterande betong. Den tätare strukturen som därigenom uppkommer genom tillsättning av finmaterial medför att man kan behöva finna alternativ och lösningar för att hantera en eventuell brandspjälkning. En sådan lösning är att tillsätta och blanda in polypropylenfiber (PP-fibrer) i betongmassan.

Inblandning av dessa PP-fibrer medför dock stora negativa konsistensförändringar som kan förstöra den självkompakterande betongens reologiska egenskaper. Utifrån egna erfarenheter i detta projekt kan problemen uppstå redan vid inblandning av  $1.0 \text{ kg/m}^3$  PP-fiber. Detta ställer i slutändan högre krav på sammansättningen av betongen.

## 2 Syfte

Syftet med detta delprojekt (WP2) har varit att ta fram gjutbara betongrecept för självkompakterande betong och därefter tillverka betongelement, som senare utsätts för kontrollerad brand. Målet är att betongen skall fungera både tekniskt och ekonomiskt. Med betongens tekniska mål avses att konsistensen skall uppfylla kriterierna i avsnitt 4.4 Provtagning. Ekonomiskt sett skall betongen anses vara kommersiellt gångbar och då främst avseende cementhalten.

### 3 Metodik

Projektet omfattar totalt 52 betongrecept varav 27 är husbyggnadsbetonger (CEM II) och 25 är anläggningsbetonger (CEM I) där fem stycken recept innehåller norskt anläggningscement (CEM I). De flesta recepten utvecklades i betonglaboratorium innan de provades i full skala på betongfabriken. Samtliga recept, både på labb och i fabrik, har tagits fram genom samarbete mellan Skanska Sverige AB och Sika Sverige AB.

Provblandningarna på labb utfördes i Skanskas betonglaboratorium i Solna. Betongblandningarna tillverkades i en labblandare av typen ROJO 75 där satsstorleken varit minimum 25 liter för samtliga recept. Samtliga planerade recept för tillverkning av element tillverkades inte i labb. Några av dessa togs fram genom interpolering eller extrapolering utifrån närliggande betongsammansättningar.

Tillverkningen av element skedde på Skanska Stomsystems elementfabrik i Strängnäs utifrån de recept som utvecklats vid förundersökningen på Skanskas betonglabb.

Både vid tillverkning i labb och på fabrik visade sig några av de planerade recepten vara omöjliga att tillverka av praktiska skäl. Anledningen till detta var vanligtvis att de höga fiberhalterna gjorde att betongen inte blev självkompakterande. Vissa recept utgick också för att de krävde orimligt stora mängder cementpasta och därför inte ansågs vara kommersiellt gångbara.

I tabell 3-1 och tabell 3-2 på följande sida redovisas den planerade receptmatrisen för anläggningsbetong respektive husbyggnadsbetong. De fem recepten med norskt anläggningscement är i receptmatrisen angivna som recept nr 45-49. Avsikten med dessa recept har varit att prova silika och olika fiberhalter vid hög lufthalt. Vissa recept var inte möjliga att tillverkas enligt planen utan fick modifieras avseende fibermängd och fibertyp. De slutliga recepten med ingående mängder av respektive delmaterial redovisas i bilaga A.

**Tabell 3-1** Anläggningsrecept

Recept Nr	w/p	Cement	Filler	Typ av fiber	Mängd fiber (kg/m3)	Fiber längd	Luftinnehåll
1	0,25	CEM I	Lime	Non	Non	Non	Std
2	0,25	CEM I	Lime	Ø=18 µm	0,5	6mm	Std
3a	0,25	CEM I	Lime	Ø=18 µm	1,5	6mm	Std
4	0,25	CEM I	Lime	Ø=32 µm	1,0	6mm	Std
6	0,30	CEM I	Lime	Non	Non	Non	Std
7c	0,30	CEM I	Lime	Non	Non	Non	8%
7d	0,30	CEM I	Lime	Ø=32 µm	1,0	6mm	8%
8	0,30	CEM I	Lime	Ø=18 µm	0,5	6mm	Std
9	0,30	CEM I	Lime	Ø=18 µm	1,5	6mm	Std
10	0,30	CEM I	Lime	Ø=32 µm	1,0	6mm	Std
11	0,30	CEM I	Lime	Ø=32 µm	3,0	6mm	Std
12	0,30	CEM I	Cement	Non	Non	Non	Std
13	0,30	CEM I	Lime	Ø=18 µm	1,0	6mm	Std
14	0,30	CEM I	Lime	Ø=32 µm	2,0	6mm	Std
16	0,30	CEM I	Lime	Ø=18 µm	1,0	12mm	Std
17	0,35	CEM I	Lime	Non	Non	Non	Std
18	0,40	CEM I	Lime	Non	Non	Non	Std
19	0,40	CEM I	Lime	Ø=18 µm	0,5	6mm	Std
21	0,40	CEM I	Lime	Ø=32 µm	1,0	6mm	Std
22	0,40	CEM I	Lime	Ø=32 µm	3,0	6mm	Std
45	0,41	CEM I	Silika	Non	Non	Non	MAX
46	0,41	CEM I	Silika	Ø=18 µm	0,5	6mm	MAX
47	0,41	CEM I	Silika	Ø=18 µm	1,0	6mm	MAX
48	0,41	CEM I	Silika	Ø=18 µm	2,0	6mm	MAX
49	0,41	CEM I	Silika	Ø=18 µm	Non	6mm	std

**Tabell 3-2** Husbyggnadsrecept

Recept Nr	w/p	Cement	Filler	Typ av fiber	Mängd fiber (kg/m3)	Fiber längd	Luftinnehåll
23a	0,40	CEM II	Lime	Non	Non	Non	Std
23b	0,43	CEM II	Lime-40kg	Non	Non	Non	Std
23c	0,37	CEM II	Lime+40kg	Non	Non	Non	Std
23d	vpt0,31 vct 0,40	CEM II	Lime	Non	Non	Non	Std
24	0,40	CEM II	Cement	Non	Non	Non	Std
25	0,40	CEM II	Lime	Ø=18 µm	1,0	6mm	Std
26	0,40	CEM II	Lime	Ø=32 µm	2,0	6mm	Std
27	0,40	CEM II	Lime	Ø=18 µm	0,5	6mm	Std
28	0,40	CEM II	Lime	Ø=18 µm	1,5	6mm	Std
29	0,40	CEM II	Lime	Ø=32 µm	1,0	6mm	Std
30	0,40	CEM II	Lime	Ø=32 µm	3,0	6mm	Std
32	0,40	CEM II	Lime	Ø=32 µm	2,0	12mm	Std
34	0,45	CEM II	Lime	Non	Non	Non	Std
35	0,45	CEM II	Lime	Ø=18 µm	0,5	6mm	Std
36	0,45	CEM II	Lime	Ø=18 µm	1,5	6mm	Std
37	0,45	CEM II	Lime	Ø=32 µm	1,0	6mm	Std
38	0,45	CEM II	Lime	Ø=32 µm	3,0	6mm	Std
39	0,50	CEM II	Lime	Non	Non	Non	Std
40	0,50	CEM II	Lime	Ø=18 µm	0,5	6mm	Std
41a1	0,50	CEM II	Lime	Ø=18 µm	1,0	6mm	Std
41a2	0,50	CEM II	Lime	Ø=18 µm	1,0	6mm	Std
41c	0,50	CEM II	Lime	PP-filler	5,0kg PP-filler	-	Std
41f	0,50	CEM II	-	PP-filler	10,0kg PP-filler	-	Std
41g	0,50	CEM II	Lime	PP-filler	0,5kg PP-filler	-	Std
42	0,50	CEM II	Lime	Ø=32 µm	1,0	6mm	Std
43	0,50	CEM II	Lime	Ø=32 µm	3,0	6mm	Std
44	0,55	CEM II	Lime	Non	Non	Non	Std

## 4 Tillverkning av element i fabrik

Tillverkningen av element har utförts i Skanska Stomsystems elementfabrik i Strängnäs. För samtliga recept göts små plattor med måtten 500×600×200mm. För vissa av recepten göts även större plattor och balkar. De större plattorna har måtten 1700×1200×200mm och balkarna har måtten 3200×600×200mm. I tillverkningsjournalen framgår typ och antal element som gjutits för respektive recept, se bilaga B.



*Figur 4-1 Mindre betongelement 500×600×200mm*

Betongen som tillverkats i fabrik har blandats utifrån recepten som tagits fram i labb. I fabriken har 2 olika typer av planblandare använts. Detta för att det av praktiska skäl inte fanns möjlighet att tillverka alla betongtyper i en och samma blandare. Husbyggnadsbetongen tillverkades i en planblandare av typen SKAKO Apollo-3000 och anläggningsbetongen tillverkades i en planblandare av typen SKAKO SM 3000B. Minsta satsstorlek bestämdes till 1 m<sup>3</sup> för att minska risken för att randeffekter från blandaren påverkar betongens egenskaper.

Tillverkning av samtliga element har skett enligt en förutbestämd tillverkningsprocedur för att resultaten vid brandprovningarna inte skall påverkas av olikheter i tillverkningsprocessen.

Tillverkningen av element omfattar följande steg.

- Formning
- Armering och montage av rör, lyftöglor samt temperatur- och tryckgivare
- Betongtillverkning
- Provtagning av färsk betong samt uttag av kuber för tryckhållfasthet och beständighetsanalys
- Gjutning, härdning och formrivning



## 4.1 Formar

Förtillverkade formar av plywood och träreglar användes för gjutningarna av element, se figurer 4-2 och 4-3. Formarna var utformade så att de lätt kunde återanvändas genom hela projektet. Formolja av typen T08 från BASF användes på samtliga formytor.



*Figur 4-2 Form för små plattor*



*Figur 4-3 Stor form för gjutning av stora element*

## 4.2 Armering, rör och givare

De små plattorna 500x600mm tillverkades oarmerade och innehåller rör för uppspanning vid själva brandprovningen. Plattorna med rörens placering framgår av bilaga C. Några små plattor tillverkades dock helt utan ingjutningsgods.

De större plattorna och balkarna är armerade enligt bilaga C. Även i dessa element göts rör in för uppspanning. Rörens placering framgår även de av bilaga C.

Betongklossar med likvärdig hållfasthet har använts som distanser för armeringen i elementen. Täckande betongskikt är 30 mm.

Temperatur- och/eller tryckgivare, som används för att registrera temperatur respektive tryck vid själva brandprovet, monterades i de flesta elementen, se figur 4-4.



*Figur 4-4* Närbild av temperaturgivare

### 4.3 Betongtillverkning

De betongrecept som blandats på fabrik framgår av bilaga A. Recepten är ursprungligen framtagna i Skanskas betonglaboratorium i Solna.

#### 4.3.1 Delmaterial

Vid tillverkning av element i Strängnäs har följande material använts:

- 0-8mm grus och 8-16mm sten, naturmaterial (ej kross)
- Byggcement Slite och Anläggningscement Degerhamn (Cementa)
- Norskt anläggningscement (NORCEM)
- Kalkfiller Limus 25 (Nordkalk)
- Silika (Elkem)
- Flyttillsatsmedel Sikament 20HE/50 (Sika)
- Stabiliserande medel, Sika Stabilizer 100 och 4R (Sika, i vissa fall)
- Luftporbildare Sika Aer-s 10% (Sika)
- PP-filler                    diameter 18  $\mu\text{m}$ -40 $\mu\text{m}$  (Sika)
- PP-fiber:                    diameter 18  $\mu\text{m}$ / längd 6mm (Sika)  
                                     diameter 18  $\mu\text{m}$ /längd 12mm (Sika)  
                                     diameter 32  $\mu\text{m}$ / längd 6mm (Sika)  
                                     diameter 32  $\mu\text{m}$ /längd 12mm (Sika)

Två olika diametrar respektive längder på fibrerna har testats, vilka även framgår av receptmatriserna i tabell 3-1 och 3-2. För tre olika husbyggnadsbetonger, som framgår av receptmatrisen, har vi testat att blanda i PP-filler istället för PP-fiber. Tanken med PP-filler var att få bättre reologi genom de runda kornen och samtidigt erhålla en god brandbeständighet. PP-fillern visade sig ge en god reologi men brandbeständigheten förbättrades inte nämnvärt.



Figur 4-5 PP-filler och PP-fiber

I receptmatrisen finns tre olika lufthaltsnivåer. Den vanligaste nivån är standard (std), vilket innebär att ingen luftporbildare är tillsatt till betongen. Standardlufthalten motsvarar en lufthalt på omkring 2%. Utöver standardalternativet finns 8% och MAX som lufthaltsnivåer där MAX motsvarar maximal inblandning av luft med den aktuella luftporbildaren. Det luftporbildande tillsatsmedlet är ett tillsatsmedel baserat på syntetiska tensider.

För att erhålla en stabil självkompakterande betong har vi i vissa fall använt oss av ett stabiliserande tillsatsmedel. Dessa recept framgår av bilaga.

### **4.3.2 Blandningsprocedur**

Vid tillverkning i fabrik har vissa justeringar utförts av de i labb framtagna recepten. Den vanligaste åtgärden har varit att justera flytmängden. Detta med hänsyn till att blandning i en laboratorieblandare vanligtvis kräver en högre dosering av flyttillsatsmedel än vid tillverkning i fabrik. Vissa större justeringar av de ursprungliga recepten har gjorts i form av t.ex. minskad mängd fibrer eller justering av cement- eller kalkmängd. De verkliga uppvägda mängderna av varje delmaterial för varje blandning framgår av bilaga A.

Fukthalten i ballastmaterialen kontrollerades direkt före blandning av betong. Tillverkning av betong till dessa element skedde ej heller som dagens första blandning. Detta för att blandaren skulle bli insmord av tidigare tillverkad betong och inte ”stjäla” cementpasta från betongen. Blandad volym för respektive recept framgår av tillverkningsjournalen, se bilaga B. I projektet eftersträvades så lika betongvolym som möjligt för de olika recepten.

Husbyggnadsrecepten blandades enligt nedanstående blandningssekvens.

Blandningssekvens för husbyggnadsbetongen (med och utan PP-fiber) utfördes enligt nedan. Total blandningstid efter att samtliga delmaterial tillsats är 30 sekunder.

1. Cement + filler + Ballast + i förekommande fall PP-fiber (2 sek)
2. Vatten (2 sek efter alla torrmaterial)
3. Tillsatsmedel (11 sek efter torrmaterialen, tillsammans med vatten)

Anläggningsrecepten blandades enligt en egen blandningssekvens pga att fabriken silokapacitet inte räckte till. Detta innebar i praktiken att storsäckar med anläggningscement (CEM I) fick lyftas in manuellt. Det medförde att fibern blandades med cementet innan dosering av övriga material skedde.

Blandningssekvens för anläggningsbetongen utfördes enligt nedan. Total blandningstid efter att samtliga delmaterial tillsats är 120 sekunder.

1. Cement + filler + i förekommande fall fiber
2. Vatten (4 sek efter alla torrmaterial)
3. Tillsatsmedel (11 sek efter torrmaterialen, tillsammans med vatten)

Innan klartecken gavs, för leverans till gjutstället, gjordes en bedömning av konsistensen utifrån wattmätaren. Innan leverans gjordes även en okulär besiktning av betongen vid blandaren.

Vid upprepning av ett och samma recept kan wattmätaren användas som styrmedel för spädning av betongen till rätt konsistens. I detta projekt där vi i stort sett bara blandat ett och samma recept en gång har vi inte kunnat nyttja wattmätaren till mer än som en indikation på om betongen var självkompakterande eller ej. I vissa fall, då betongen t ex innehöll mycket finmaterial, gav wattmätaren ingen extra information.

Efter blandning tömdes betongen i en betongbask för transport till gjutstället. En okulärbesiktning utfördes av betongen i basken, före transport till gjutstället, för att se att betongen var homogen och såg ut att vara självkompakterande.

#### **4.4 Provtagning**

Före gjutning utfördes ett antal prover på den färska betongen. Följande kontroller utfördes vid gjutstället för samtliga recept för att slutligen godkänna betongen.

- Flytsättningsmått (målvärde  $650 \pm 100$  mm)
- T50 (målvärde 2-6 sek)
- Lufthalt

Lägre flytsättningsmått än ovanstående målvärden accepterades i de fall då betongen ändå ansågs vara självkompakterande. Högre flytsättningsmått accepterades också om betongen ansågs vara tillräckligt stabil och inte separerade. På samma sätt accepterades lägre och högre värden på måttet T50.

Den hårdnade betongen kontrolleras med avseende på tryckhållfasthet och beständighet där 16st kuber togs ut för varje recept. Tryckhållfastheten (28 dygn) provades på Skanskas betonglaboratorium i Solna. Betongens beständighet provades av CBI och behandlas vidare i delprojekt WP4.

Provningsresultat samt bedömningar/kommentarer för utförda blandningar framgår av tillverkningsjournalen, bilaga B.

## 4.5 Gjutning, härdning och formrivning

Gjutning av elementen skedde med hjälp av bask. När formarna var fyllda avjämnades betongens överyta för hand.



*Figur 4-6 Gjutning av element*

Fukthärdning av betongen har skett enligt normalt förfarande vid tillverkning av element på fabrik. Betongytan täcktes, så snart ytan var avjämnad, med plastfolie för att förhindra tidig uttorkning. Avformning skedde tidigast 1 dygn efter gjutning. Efter avformning har elementen lagrats i ca 3 dygn täckta med plast. Därefter flyttades elementen till dess upplagsplats på fabriksområdet. Elementen förvarades utomhus under tak eller presenning fram till transport med lastbil till SP i Borås.

## 5 Diskussion och erfarenheter

I detta avsnitt diskuteras erfarenheter från receptframtagning och tillverkningen av element på fabrik.

### 5.1 Receptframtagning

Målsättningen har varit att i möjligaste mån ta fram recept för självkompakterande betong som är:

- möjlig att tillverka även med relativt stor mängd PP-fiber utan att arbetbarheten förstörs.
- stabil och möjlig att tillverka med god repeterbarhet.
- ekonomisk med avseende på framför allt cementhalter.

Problemet som uppstår när PP-fiber används i betongmassa och kanske framför allt i självkompakterande betong är att de reologiska egenskaperna förändras mot en styvare massa. Detta kan bero på den höga specifika ytan som fibern har och/eller volymen som den upptar. T ex så har fibern med  $\text{Ø}18\mu\text{m}$  (6mm längd) en specifik yta på ca  $240 \text{ m}^2/\text{kg}$  fiber. Detta kan till viss del åtgärdas med extra flytmedel men vid en viss punkt börjar betongen att separera utan att extra rörlighet erhålls. När detta sker är man ofta tvungen att tillsätta mer pasta, antingen i form av cement eller i form av filler (i det här fallet kalkfiller). Höga cementhalter ( $>430 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) är inte alltid önskvärdt då det i t.ex. anläggningskonstruktioner kan innebära hög temperaturutveckling som i sin tur kan resultera i oönskad sprickbildning. Dessutom innebär en ökad cementhalt att kostnaden för betongen ökar. Vid för hög fillermängd blir betongen för viskös och dess rörlighet blir lidande. I detta projekt insågs relativt snart att taket för mängden fiber i bästa fall låg omkring  $1,5 \text{ kg}/\text{m}^3$  för fibern med  $\text{Ø}18\mu\text{m}$  och 6mm längd. Vid högre fiberhalter krävdes oftast orimligt höga pastamängder för att komma i närheten av den självkompakterande betongens reologiska egenskaper. En fiberhalt omkring  $1,5\text{-}2 \text{ kg}/\text{m}^3$  är troligtvis ett realistiskt riktvärde för vad man max kan blanda i betongen men skall för den del inte ses som ett generellt tak. Med andra ballastmaterial och/eller annan fiberdimension, än vad som använts i detta projekt, kan taket ligga på en annan nivå.

I vissa fall kan en kemisk stabilisator vara till hjälp för att erhålla extra stabilitet, t ex mot pastaseparation.

För den norska anläggningsbetongen var förhållandet något bättre. Betongen innehöll silika och i de flesta fall en förhöjd lufthalt. Det gav betongen bra stabilitet och god arbetbarhet, även med höga halter PP-fiber. Silika och hög lufthalt sågs i projektet ha en positiv inverkan på betongens färska egenskaper.

## 5.2 Tillverkning och gjutning

Tillverkningen av de totalt 52 olika recepten utfördes i de flesta fall under ordinarie arbetstid vilket innebar ett väldigt pressat tidsschema. Det stora antalet recept tillsammans med tidspressen gjorde att det inte fanns möjlighet till att optimera eller förbättra recepten fullt ut som man normalt gör på en betongfabrik. Lassen kasserades i de fall då betongen inte ansågs vara tillräckligt stabil eller på annat sätt inte ansågs uppfylla krav på SKB. De grundläggande kraven för gjutning var:

- rätt delmaterial, rätt vct
- självkompakterande reologiska egenskaper, utfyllnad i form
- stabilitet

I bilaga B, "Tillverkningsjournalen", är alla gjutningar presenterade, inklusive de misslyckade. Detta för att spegla svårigheterna som kan uppstå i vissa fall.

I detta projekt förlängdes blandningstiden för att säkerställa att PP-fibern dispergerades i betongmassan. Detta gällde speciellt för den svenska anläggningsbetongen med höga kalkfillerhalter.

Ett problem som kan uppstå när PP-fiber används är att lufthalten kan variera, ibland kraftigt. Detta blir speciellt påfallande när PP-fiber, flyttillsatsmedel och luftporbildare används tillsammans. Som följd av detta blir även repeterbarheten av ett recept lidande. Av denna anledning är det viktigt med en kontrollplan som innefattar en noggrann kontroll och dokumentation av lufthalten. I betongproduktion används normalt lufthaltsmätare för att mäta mängden luft i betongen. Vanligtvis räcker det med att t ex noga dokumentera luft före- och efter PP-fiber. I vissa fall, som vid kraftiga variationer i lufthalt, bör dock denna mätning kompletteras med en planslipsanalys alternativt en AVA-mätning (Air Void Analyzer). De båda sista typerna av mätning ger inte bara mängden luft, utan även på struktur, specifik yta, avstånd mellan luftporerna osv. De ger ofta ett mer fullständigt svar på om typen av luft i en betong är gynnsam eller ej för betongens beständighet.

Utifrån ovanstående diskussioner och erfarenheter kan följande riktlinjer dras för tillverkning av självkompakterande betong med polypropylenfiber och framför allt kalkfiller:

Självkompakterande anläggningsbetong (vct=0,40) med polypropylenfiber bör ha ett vattenpulvertal (vpt) kring 0,30. Ofta vill man begränsa cementhalten till omkring 430 kg. Vid denna cementhalt fås att kalkfillerhalten max bör vara 130-140kg för att erhålla ett vpt kring 0,3. Ett högre vpt, genom mindre kalkfiller, visade sig ge en mer separationsbenägen betong och ett lägre vpt gav en för seg betong.

Vid framtagning av en självkompakterande anläggningsbetong med luft bör ett recept med stabil lufthalt och utan fiber tas fram först. Därefter tas en betong med fiber fram. Detta för att vara säker på grundnivån för luften i betongen och för att luften annars kan variera kraftigt.

Maximal fiberhalt för fiber med  $\varnothing 18\mu\text{m}$  och 6mm längd bör om möjligt hållas kring 1,5 kg/m<sup>3</sup>. Vid längre fiber med samma diameter visade sig blockeringen bli mer påfallande. För en fiber med  $\varnothing 32\text{mm}$  och längden 12 resp. 6mm kan omkring 2-2,5kg fiber användas. Ovanstående resultat gällande fibermängd gäller såväl anläggnings- som husbyggnadsbetong.

Självkompakterande husbyggnadsbetong bör ha ett vpt som inte överstiger 0,50 förutsatt att kalkfiller används för att ge robusthet till betongen. Ett högre vpt gör betongen för känslig för separation.



## 6 Slutsatser

Vid receptframtagning samt tillverkning av element har vi, i detta projekt, dragit följande slutsatser.

- Inblandning av  $2 \text{ kg/m}^3$  av typen  $\text{Ø}18 \text{ }\mu\text{m}/6\text{mm}$  längd var inte möjlig utan att de självkompakterande egenskaperna förlorades. Gränsen nåddes vid  $1,5 \text{ kg}$  fiber per kubik för såväl anläggningsbetongen som husbyggnadsbetongen vid användning av denna fibertyp.
- Inblandning av drygt  $2 \text{ kg/m}^3$  av typen  $\text{Ø}32 \text{ }\mu\text{m}/6\text{mm}$  längd var möjlig, för såväl anläggningsbetongen som husbyggnadsbetongen, utan att de självkompakterande egenskaperna förlorades. Den troliga orsaken till detta är att den har lägre specifik yta än den tidigare nämnda fibern  $\text{Ø}18 \text{ }\mu\text{m}/6\text{mm}$ . Högre doseringar av denna fiber innebar att betongens reologiska egenskaper blev otillräckliga eller att lufthalten ökade markant.
- All PP-fiber bör torrblandas med ballasten innan övriga delmaterial kommer in. Detta bör göras för att fördela fibern i ett tidigt skede och därmed bädla för en god dispergering av fibern i den färdiga betongmassan.
- Självkompakterande anläggningsbetong med polypropylenfiber visade sig få bäst reologiska egenskaper med ett vattenpulvertal (vpt) kring 0,30. Då man ofta vill begränsa cementhalten till omkring  $430 \text{ kg}$  fås att kalkfyllerhalten bör vara max  $130\text{-}140\text{kg}$ .
- Självkompakterande husbyggnadsbetong bör ha ett vpt som inte överstiger 0,50 förutsatt att kalkfyller används för att ge robusthet till betongen. Ett högre vpt gör betongen för känslig för separation.
- Silika och hög lufthalt ger den självkompakterande betongen även med PP-fiber goda reologiska egenskaper.
- Lufthalten kan variera kraftigt då PP-fiber används tillsammans med flyttillsatsmedel och luftporbildare. Speciellt tydligt är detta vid högre doseringar av polypropylenfiber.

Ovanstående slutsatser baseras på betongrecept innehållande delmaterial som används vid elementfabriken i Strängnäs. Med t.ex. ett annat ballastmaterial kan eventuellt resultaten avvika något från resultaten i detta projekt. Slutsatserna skall därför ses som riktvärden inför egna provblandningar.

## **Bilagor**

- A*** *Recept från receptutvecklingen i labb samt tillverkningen i Strängnäs*
- B*** *Tillverkningsjournal*
- C*** *Ritningar på de olika typerna av element*

## A Recept från receptutvecklingen i labb samt tillverkningen i Strängnäs

### Anläggningsrecept

Recept /m <sup>3</sup>	1	2	3a	4	6	7c	7d
Vatten (kg)	168	168	168	168	168	168	168
CEM I 42,5N BV/LA/SR (kg)	420	420	420	420	420	420	420
Limus 25 (kg)	252	252	252	252	140	140	140
w/p	0,25	0,25	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30
w/c	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sikament 20HE 50 (20% torrhalt), kg	7,0	7,0	12,0	10,0	6,3	7,0	7,0
% av cementvikten	1,67%	1,67%	2,86%	2,38%	1,50%	1,67%	1,67%
Sika Stabilizer 100	-	-	-	-	-	-	-
Sika Aer-S(10%-ig), kg	-	-	-	-	-	4,0	3,5
% av cementvikten	-	-	-	-	-	0,95%	0,84%
Sika Crackstop (φ18μm, 6mm), kg	-	0,50	1,50	-	-	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 12mm), kg	-	-	-	-	-	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 6mm), kg	-	-	-	1,00	-	-	1,00
Sika IgniFill, kg	-	-	-	-	-	-	-
( 0 - 8mm Grus )	56%	56%	56%	56%	56%	56%	56%
( 8 - 16mm Delkross )	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%

Recept /m <sup>3</sup>	8	9	10	11	12	13	14
Vatten (kg)	168	172	170	170	168	168	168
CEM I 42,5N BV/LA/SR (kg)	420	435	430	430	560	420	420
Limus 25 (kg)	140	145	143	143	0	140	140
w/p	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
w/c	0,40	0,40	0,40	0,40	0,30	0,40	0,40
Sikament 20HE 50 (20% torrhalt), kg	5,4	8,0	7,0	9,5	5,3	8,00	8,00
% av cementvikten	1,29%	1,84%	1,63%	2,21%	0,94%	1,90%	1,90%
Sika Stabilizer 100	-	-	-	-	-	-	-
Sika Aer-S(10%-ig), kg	-	2,8	-	-	-	-	-
% av cementvikten	-	-	-	-	-	-	-
Sika Crackstop (φ18μm, 6mm), kg	0,50	1,50	-	-	-	1,00	-
Sika Crackstop (φ32μm, 12mm), kg	-	-	-	-	-	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 6mm), kg	-	-	1,00	2,00	-	-	1,50
Sika IgniFill, kg	-	-	-	-	-	-	-
( 0 - 8mm Grus )	56%	56%	56%	56%	56%	56%	56%
( 8 - 16mm Delkross )	44%	44%	44%	44%	44%	44%	44%

**Anläggningsrecept**

Recept /m <sup>3</sup>	16	17	18	19	21	22
Vatten (kg)	168	168	168	168	220	220
CEM I 42,5N BV/LA/SR (kg)	420	420	420	420	550	550
Limus 25 (kg)	140	60	0	0	0	0
w/p	0,30	0,35	0,40	0,40	0,40	0,40
w/c	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sikament 20HE 50 (20% torrhalt), kg	9,00	5,00	6,00	6,50	5,00	8,00
% av cementvikten	2,14%	1,19%	1,43%	1,55%	0,91%	1,45%
Sika Stabilizer 4R, kg	-	-	1,00	-	-	-
% av cementvikten	-	-	0,24%	-	-	-
Sika Aer-S(10%-ig), kg	-	-	-	-	-	-
% av cementvikten	-	-	-	-	-	-
Sika Crackstop (φ18μm, 6mm), kg	-	-	-	0,50	-	-
Sika Crackstop (φ18μm, 12mm), kg	1,00	-	-	-	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 12mm), kg	-	-	-	-	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 6mm), kg	-	-	-	-	1,35	3,00
Sika IgniFill	-	-	-	-	-	-
( 0 - 8mm Grus )	56%	56%	63%	63%	63%	63%
( 8 - 16mm Delkross )	44%	44%	37%	37%	37%	37%

**Norska anläggningsrecept**

Recept nr	45 (no1)	46 (no4)	47 (no2)	48 (no3)	49 (no5)
Vatten (kg)	183	183	183	183	184
Norskt ANL (kg)	410	410	410	410	411
Silika (kg)	32	32	32	32	33
w/p	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
w/c	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Sikament 20HE 50 (20% torrhalt), kg	6,0	7,0	7,0	11,5	6,0
% av cementvikten	1,46%	1,71%	1,71%	2,80%	1,46%
Sika Aer-s, kg	2,5	2,1	1,6	0,8	0,0
% av cementvikten	0,60%	0,50%	0,40%	0,20%	0,00%
Sika Crackstop (18μm, 6mm), kg	0,0	0,5	1,0	2,0	0,0
( 0 - 8mm Grus )	58%	58%	58%	58%	58%
( 8 - 16mm Delkross )	42%	42%	42%	42%	42%

**Husbyggnadsrecept**

Recept /m <sup>3</sup>	23a	23b	23c	23d	24	25
Vatten (kg)	198	198	198	180	198	212
CEM II 42,5R A-LL "Byggcement" (kg)	380	380	380	450	500	410
Limus 25 (kg)	120	80	160	50	0	122
w/p	0,40	0,43	0,37	0,36	0,40	0,40
w/c	0,52	0,52	0,52	0,40	0,40	0,52
Sikament 20HE 50 (20% torrhalt), kg	5,5	5,5	5,8	6,7	4,0	6,2
% av cementvikten	1,45%	1,45%	1,53%	1,49%	0,80%	1,50%
Sika Stabilizer 100, kg	-	-	-	-	-	-
Sika Crackstop (φ18μm, 6mm), kg	-	-	-	-	-	1,00
Sika Crackstop (φ32μm, 12mm), kg	-	-	-	-	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 6mm), kg	-	-	-	-	-	-
Sika IgniFill	-	-	-	-	-	-
( 0 - 8mm Grus )	63%	63%	63%	56%	63%	56%
( 8 - 16mm Delkross )	37%	37%	37%	44%	37%	44%

Recept /m <sup>3</sup>	26	27	28	29	30	32
Vatten (kg)	222	201	222	222	224	224
CEM II 42,5R A-LL "Byggcement" (kg)	430	390	430	430	430	430
Limus 25 (kg)	124	110	124	124	124	124
w/p	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
w/c	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Sikament 20HE 50 (20% torrhalt), kg	5,9	5,4	5,2	5,3	6,0	4,9
% av cementvikten	1,36%	1,38%	1,21%	1,23%	1,40%	1,14%
Sika Stabilizer 100, kg	-	-	-	-	-	-
Sika Crackstop (φ18μm, 6mm), kg	-	0,50	1,50	-	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 12mm), kg	1,5 (ändr från 2	-	-	1,00	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 6mm), kg	-	-	-	-	1,00	2,00
Sika IgniFill	-	-	-	-	-	-
( 0 - 8mm Grus )	56%	56%	56%	56%	56%	56%
( 8 - 16mm Delkross )	44%	44%	44%	44%	44%	44%

**Husbyggnadsrecept**

Recept /m <sup>3</sup>	34	35	36	37	38	39
Vatten (kg)	198	198	198	198	198	230
CEM II 42,5R A-LL "Byggcement" (kg)	380	380	380	380	380	355
Limus 25 (kg)	60	60	60	60	60	105
w/p	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50
w/c	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,65
Sikament 20HE 50 (20% torrhalt), kg	5,6	5,7	6,6	5,7	6,0	4,50
% av cementvikten	1,47%	1,50%	1,74%	1,50%	1,58%	1,27%
Sika Stabilizer 100, kg						4,00
Sika Crackstop (φ18μm, 6mm), kg	-	0,50	1,50	-	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 12mm), kg	-	-	-	-	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 6mm), kg	-	-	-	1,00	1,5	-
Sika IgniFill, kg	-	-	-	-	-	-
( 0 - 8mm Grus )	63%	63%	63%	63%	63%	65%
( 8 - 16mm Delkross )	37%	37%	37%	37%	37%	35%

Recept /m <sup>3</sup>	40	41a1	41a2	41c	41f	41g
Vatten (kg)	236	230	236	230	230	230
CEM II 42,5R A-LL "Byggcement" (kg)	365	355	365	355	355	355
Limus 25 (kg)	109	105	109	105	96	105
w/p	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,50
w/c	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Sikament 20HE 50 (20% torrhalt), kg	4,93	5,10	Glenium	3,90	4,14	3,80
% av cementvikten	1,35%	1,44%	2,45kg	1,10%	1,17%	1,07%
Sika Stabilizer 100, kg				-	-	-
Sika Crackstop (φ18μm, 6mm), kg	0,50	1,00	1,00	-	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 12mm), kg	-	-	-	-	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 6mm), kg	-	-	-	-	-	-
Sika IgniFill, kg	-	-	-	5,00	10,00	0,50
( 0 - 8mm Grus )	65%	65%	65%	65%	65%	65%
( 8 - 16mm Delkross )	35%	35%	35%	35%	35%	35%

**Husbyggnadsrecept**

<b>Recept /m<sup>3</sup></b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>
Vatten (kg)	236	236	212
CEM II 42,5R A-LL "Byggcement" (kg)	365	365	300
Limus 25 (kg)	109	109	87
w/p	0,50	0,50	0,55
w/c	0,65	0,65	0,71
Sikament 20HE 50 (20% torrhalt), kg	5,20	5,2	4,1
% av cementvikten	1,42%	1,42%	1,37%
Sika Stabilizer 100, kg	-	-	-
Sika Crackstop (φ18μm, 6mm), kg	-	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 12mm), kg	1,0	-	-
Sika Crackstop (φ32μm, 6mm), kg	-	2,00	-
Sika IgniFill, kg	-	-	-
( 0 - 8mm Grus )	65%	63%	63%
( 8 - 16mm Delkross )	35%	37%	37%

# B Tillverkningsjournal

Datum	Receptnr	Vol (m3)	Fibermängd	Flytsättmätt (Lufttäck) (T50 sek)	Märkn	Anm	Element	28d - 1	28d - 2	28d - 3
2005-05-31	23b	1,0	0kg	560	3-4	-	Kastades, för frög, ökar på flyttillsats			
2005-05-31	23b - lass 2	1,0	0kg	690	1-n	1-n	Ngt blöt, men ingen separation	Små 1/1 - 1/10 & kuber	52,0	51,7
2005-06-01	23c	1,0	0kg	690	2-n	2-n	OK	Små 2/1 - 2/10 & kuber	50,4	50,7
2005-06-01	24	1,0	0kg	605	3-n	3-n	Mycket snabb blg trots lågt FSM	Små 3/1 - 3/10 & kuber	50,9	52,3
2005-06-02	27	1,0	0,5kg 18um 6mm	350-400	-	-	Misslyckat! Slängs. För lite vatten och flyttillsats	Små 4/1 - 4/10 & kuber	45,5	45,0
2005-06-02	27	1,0	0,5kg 18um 6mm	630	4-n	4-n	OK, bra, snabb, kanske ngt trog	Små 5/1 - 5/10 & kuber	47,6	48,0
2005-06-02	29	1,0	1,0kg 32um, 12mm	600	1-2	1-2	Slängdes, ej tillr. Bra. Ökar pastamängden	Små 6/1 - 6/10 & kuber	35,4	35,0
2005-06-07	29	1,0	1,0kg 32um, 12mm	670	1-2	1-2	Bra blg	Små 7/1 - 7/10 & kuber	43,3	44,3
2005-06-07	41c	1,0	5kg PP-filler	610	6-n	6-n	Bra, snabb.	Små 8/1 - 8/10 & kuber	-	-
2005-06-08	25 - lass 1	1,0	1,0kg 18um 6mm	640	2,3	2,3	Bra skb, stabil	Små 9/1 - 9/10 & kuber	33,4	33,8
2005-06-08	25 - lass 2	1,0	1,0kg 18um 6mm	655	1,6	2-3	Fin skb	Små 10/1 - 10/10 & kuber	36,2	36,9
2005-06-09	25 - lass 3	1,0	1,0kg 18um 6mm	650	1,7	2-3	Fin skb	Små 10/11 - 10/20 & små 10/28 - 10/30	-	-
2005-06-09	25 - lass 4	1,0	1,0kg 18um 6mm	655	1,4	2-3	Fin skb	Små 10/21 - 10/27 & Stor 10/1	-	-
2005-06-14	26 - lass 1	1,0	2kg 32um, 12mm	550	3	3	Misslyckat! Santer fiberhalten	Små 10/4 - 10/8	-	-
2005-06-14	26 - lass 2	1,0	1,5kg 32um, 12mm	630	1,5	3	OK	Små 10/21 - 10/27 & Stor 10/1	46,3	44,7
2005-06-14	26 - lass 3	1,0	1,5kg 32um, 12mm	625	1,6	3	OK	Små 8/1 - 8/10 & kuber	-	-
2005-06-14	26 - lass 4	1,0	1,5kg 32um, 12mm	640	1,5	2	OK	Små 8/11 - 8/20	-	-
2005-06-15	41f	1,0	10 kg PP-filler	650	1,7	>1	OK. Smidig, snabb	4 stora	-	-
2005-06-15	39 - lass 1	1,0	0kg	650	2,1	<1	OK. Smidig, snabb	Små 9/1 - 9/10 & kuber	33,4	34,1
2005-06-28	39 - lass 2	1,0	0kg	630	1,8	<1	Bra, snabb, lättarbetad (24,5 C)	Små 10/11 - 10/20 & små 10/28 - 10/30	-	-
2005-06-28	39 - lass 3	1,0	0kg	630	1,8	<1	Bra, snabb, lättarbetad (24,5 C)	Små 10/21 - 10/27 & Stor 10/1	-	-
2005-06-28	39 - lass 4	1,0	0kg	610	1,7	<1	Bra, snabb, lättarbetad (24,5 C)	Små 10/4 - 10/8	-	-
2005-06-29	39 - lass 5&6	1,0 + 1,2	0kg	600	1,7	<1	Bra, snabb, lättarbetad (23,5 C)	Stora 10/2 - 10/3	-	-
2005-07-01	39 - lass 7&8	1,0 + 1,0	0kg	610	1,8	<1	Bra, snabb, lättarbetad (23,5 C)	Stora 10/4 - 10/8	-	-
2005-08-24--25	40	1,0	0,5kg 18um 6mm	430-570	-	<1	Samma recept som 39 men med fiber. 3 lass kasserades, mätstänkt förhöjd fillerhalt i 0-8	Balkar 10/1 - 10/4	-	-
2005-08-25	40	1,0	0,5kg 18um 6mm	650	1,9	2 sek	OK.	Små 11/1 - 11/10 & 16 kuber	40,6	41,2
2005-09-01	44	1,0	0kg	400	-	-	För stabil.	Små 12/1 - 12/10 & 16 kuber	34,7	34,4
2005-09-01	44	1,0	0kg	680	2,3	1-2	Ngt blaskig, men annars helt ok	Små 13/1 - 13/10 & 16 kuber	37,9	36,9
2005-09-20	41g (nytt recept)	1,0	0,5 kg PP-filler	670	1,9	1-2	OK blg	Små 14/1 - 14/10 & 16 kuber	34,8	35,6
2005-09-29	42	1,0	1,0kg 32um, 12mm	760	-	-	Separation, drar ner flyttillsats	Små 15/1 - 15/10 & 16 kuber	54,9	55,2
2005-10-04	42	1,0	1,0kg 32um, 12mm	670	1,7	1-2	Liten tendens till sep, men ändå ok	Små 16/1 - 16/10 & 16 kuber	42,9	43,7
2005-10-13	23d	1,0	0kg	650	2,7	3-4	Ngt seg, men ok.	Små 17/1 - 17/10 & 16 kuber	39,6	39,4
2005-10-18	34	1,0	0kg	550	-	-	För frög, göts ok men med mer flyt	Små 18/1 - 18/10 & 16 kuber	32,1	32,2
2005-10-18	34	1,0	0kg	710	1,8	2-3		Små 19/1 - 19/10 & 16 kuber	32,8	34,6
2005-10-18	35	1,0	0,5kg 18um 6mm	690	2,8	2-3		Små 20/1 - 20/10 & 16 kuber	45,0	43,3
2005-11-08	41a1	1,0	1,0kg 18um 6mm	700	1,6	2	Blöt på gränsen till sep men höll ihop	Små 21/1 - 21/10 & 16 kuber	40,8	41,4
2005-12-08	41a2	1,0	1,0kg 18um 6mm	610	1,6	1-2	Ok blg	Små 22/1 - 22/10 & 16 kuber	43,3	44,3
2006-03-04	37	1,0	1,0kg 32um, 6mm	650	2,0	2-3	bra blg	Små 23/1 - 23/10 & 16 kuber	64,1	65,4
2006-03-30-04-07	28	1,0	1,5kg 18um 6mm	600	2,0	4-5		Små 30/1 - 30/10 & 16 kuber	83,3	77,6
2006-03-30-04-07	38	1,0	1,5kg 32um 6mm	620	2,6	3-4		Små 31/1 - 31/10 & 16 kuber	69,4	71,1
2006-06-17	8	1,0	0,5kg 18um 6mm	665	2,9	6	helt ok	Små 32/1 - 32/10 & 16 kuber	72,9	68,1
2006-06-17	9	1,0	1,5kg 18um 6mm	710	2,8	6	inte bra, känns trogri Ökar pastamängden	Små 33/1 - 33/10 & 16 kuber	68,6	69,3
2006-06-17	12	1,0	0kg	700	2,7	7-8	ok	Små 34/1 - 34/10 & 16 kuber	59,5	60,1
2006-06-26	17	1,0	0kg	700	3,0	7	ok	Små 35/1 - 35/10 & 16 kuber	67,3	66,1
2006-06-29	10	1,0	1,0kg 32um, 6mm	700	3,0	7	ok	Små 36/1 - 36/10 & 16 kuber	52,0	58,1
2006-06-29	11	1,0	2,0kg 32um, 6mm	600	3,3	6-7	ok	4 stora plattor 38/1-38/4	-	-
2006-09-02	1	1,0	0kg	735	1,6	5	ok			
2006-09-02	2	1,0	0,5kg 18um 6mm	680	2,3	6	ok, men ngt seg			
2006-09-02	13	1,0	1,0kg 18um, 6mm	630	3,5	6	ok, men stelnade snabbt			
2006-09-02	13	2,0	1,0kg 18um, 6mm	620	3,5	6				



Datum	Receptnr	Vol (m3)	Fibermängd	Flyvsättmätt (l)	Lufthalt (T50 (sek))	Märkn	Anm	Element	28d - 1	28d - 2	28d - 3
2006-11-23	6	1,0	0kg	750	2,3	39-n	ok, men segade till sig fort	2 plattor 39/1-39/2+16 kuber	69,4	66,9	65,1
2006-11-23	6	1,0	0kg	730	2,4	39-n	ok, men segade till sig fort	2 plattor 39/3-39/4	-	-	-
2006-11-23	6	1,0	0kg	720	2,8	39-n	ok, men segade till sig fort	10 små 39/1-39/10, 4 blanka/4 temp	-	-	-
2006-11-23	6	1,0	0kg	770	2,4	39-n	ok, men segade till sig fort	10 små 39/11-39/20, 4 blanka/4 temp+tryckav.	-	-	-
2006-11-23	3a	1,0	1,5kg 18um 6mm	630	3,2	40-n	ok, men något för mkt flyt, liten seg	4 små(2 temp) 40/1-40/4 + 16 kuber 40/1-40/16	71,4	70,4	67,1
2006-11-23	4	1,0	1,0kg 32um 6mm	660	1,8	41-n	ok, men något för mkt flyt, liten seg	4 små(2 temp) 41/1-41/4 + 16 kuber 41/1-41/16	79,0	78,9	74,0
2006-11-29	6 forts	1,0	0kg	740	3,2	39-n	ok	2 stora plattor 39/5-39/6+ extra 12 kuber	75,4	75,0	77,5
2006-11-29	6 forts	1,0	0kg	740	3,1	39-n	ok	2 plattor 39/7-39/8	-	-	-
2006-11-29	6 forts	1,0	0kg	710	3,1	39-n	ok	10 små 39/21-39/30, alla instr	-	-	-
2006-11-29	6 forts	1,0	0kg	700	3,5	39-n	ok	10 små 39/31-39/40, alla instr	-	-	-
2006-11-29	9	1,0	1,5kg 18um 6mm	600	3,7	42-n	ok, men ngt seg	4 små(2 temp) 42/1-42/4 + 16 kuber 42/1-42/16	66,9	66,3	65,8
2006-12-04	14	1,0	1,5kg 32um 6mm	620	3,1	43-n	bra skb	2 stora plattor 43/1-43/2	-	-	-
2006-12-04	14	1,0	1,5kg 32um 6mm	610	2,7	43-n	bra skb	2 stora plattor 43/1-43/2	-	-	-
2006-12-04	14	1,0	1,5kg 32um 6mm	630	2,5	43-n	bra skb	4 små(2 temp) 43/1-43/4 + 16 kuber 43/1-43/16	73,3	69,5	72,5
2006-12-04	19	1,0	0,5kg 18um 6mm	600	4,7	44-n	bra smidig skb, ngt hög slöfluthalt	4 små(2 temp) 44/1-44/4 + 16 kuber 44/1-44/16	60,8	69,7	68,8
2006-12-04	18	1,0	0kg	610	2,7	45-n	slaskig skb, blek, gränsfall	1 stor platta 45/1, del av 10 småplattor 45/1-10 (6 instr)+16 kuber 45/1-45/16	65,7	66,8	68,4
2006-12-04	18	1,0	0kg	610	3,5	45-n	ok skb (använde stabliator)	2 stora plattor 45/2-45/3	60,3	60,0	-
2006-12-04	18	1,0	0kg	610	2,7	45-n	ok skb (använde stabliator)	1 stor platta 45/4, 10 småplattor 45/1-10 (6 instr)	-	-	-
2006-12-04	18	1,0	0kg	610	2,4	45-n	ok skb (använde stabliator)	4 stora plattor 46/1-46/4	-	-	-
2006-12-13	23a	1,0	0kg	660	4,5	46-n	Bra skb, men ngt för mkt slöflut	4 stora plattor 46/1-46/4	-	-	-
2006-12-13	23a	2,0	0kg	670	3,5	46-n	bra skb	20 småplattor varav 12 instr 46/1-46/12+16 kuber	45,8	47,6	47,4
2006-12-13	23a	2,0	0kg	660	3,1	46-n	bra skb	(de med hög slöfluthalt markerade med ett "L")	-	-	-
2006-12-18	23a	1,0	0kg	600	3,5	46-n	bra skb	4 stora plattor 46/5-46/8	-	-	-
2006-12-18	23a	2,0	0kg	660	3,1	46-n	bra skb	20 småplattor varav 12 instr 46/1-46/12	-	-	-
2006-12-18	23a	2,0	0kg	610	2,7	46-n	bra skb	4 balkar med tempgivare i mitten	-	-	-
2007-01-08	16	1,0	1,0kg 32um 6mm	590	2,9	47-n	låg	4 små(2 temp) 47/1-47/4 + 16 kuber 47/1-47/16	72,2	71,9	73,9
2007-01-11	21	1,0	1,0kg 32um 6mm	720	3,5	48-n	snabb, men släpper mkt vatten, slängs!				
2007-01-11	22	1,0	2,5kg 32um 6mm	560	4,4	49-n	lite trög, lågt FSM, släpper lite vatten men ok	slängs, de gjutra elementen såg inte bra ut.			
2007-01-18	36	1,0	1,5kg 18um 6mm	580	6	50-n	ok skb, men lite väl hög slöfluthalt.	4 små(2 temp) 50/1-50/4 + 16 kuber 50/1-50/16	35,1	34,8	36,8
2007-01-31	21	0,74	1,0kg 32um 6mm	680	4,5	51-n	ok skb, men lite väl hög slöfluthalt.	4 små(2 temp) 51/1-51/4 + 16 kuber 51/1-51/16	62,9	59,3	62,3
2007-01-31	22	0,81	3,0kg 32um 6mm	570	8	52-n	ok skb, men lite väl hög slöfluthalt.	4 små(2 temp) 52/1-52/4 + 16 kuber 52/1-52/16	56,6	56,3	59,0
2007-02-08	7c	1,00	0kg	700	12	53-n	bra skb med sökt hög lufthalt	4 små(2 temp) 53/1-53/4 + 16 kuber 53/1-53/16	36,9	36,5	37,2
2007-02-08	7d	1,00	1,0kg 32um 6mm	640	14	54-n	bra skb med sökt hög lufthalt	4 små(2 temp) 54/1-54/4 + 16 kuber 54/1-54/16	33,2	34,4	34,4
2007-02-13	30	1,0	1,0kg 32um 6mm	630	3,5	55-n	ok skb	4 små(2 temp) 55/1-55/4 + 16 kuber 55/1-55/16	48,2	47,7	48,6
2007-02-13	32	1,0	2,0kg 32um 6mm	700	2	56-n	ok skb	4 små(2 temp) 56/1-56/4 + 16 kuber 56/1-56/16	47,7	49,3	51,4
2007-03-23	43	1,0	2,0kg 32um 6mm	700	3	57-n	ok skb	4 små(2 temp) 57/1-57/4 + 16 kuber 57/1-57/16	26,9	29,7	29,1
2007-03-28	no1	1,0	0kg	640	10	58-n	ok skb med sökt hög lufthalt, "gräddig"	4 små(2 temp) 58/1-58/4 + 16 kuber 58/1-58/16	43,2	42,0	41,6
2007-04-02	no2	1,0	1,0kg 18um 6mm	550	12,5	59-n	ngt trög skb med sökt hög lufthalt, "gräddig"	4 små(2 temp) 59/1-59/4 + 16 kuber 59/1-59/16	46,7	40,0	41,1
2007-04-02	no3	1,0	2,0kg 18um 6mm	530	12	60-n	ngt trög skb med sökt hög lufthalt, "gräddig"	4 små(2 temp) 60/1-60/4 + 16 kuber 60/1-60/16	46,6	44,1	45,3
2007-04-11	no4	1,0	0,5kg 18um 6mm	650	12	61-n	ok skb med sökt hög lufthalt, "gräddig"	4 små(2 temp) 61/1-61/4 + 16 kuber 61/1-61/16	40,1	36,3	41,1
2007-04-11	no5	1,0	0kg	670	3,9	62-n	ngt slaskig skb (lft med tidigare) men ok	4 små(2 temp) 62/1-62/4 + 16 kuber 62/1-62/16	73,7	73,7	72,8

# C Ritningar på de olika typerna av element

PRODUKTGRUPP		UITERA		
VARIANT		D4.1		
TYPBETEKNING		D 50/20		
<b>FÖRESKRIFTER: DÄCK, D</b>				
Föreskrifter och anvisningar: 30.10, Styrande handlingar och 34.93 i teknisk Färm				
Mjukklass: A1, B1				
Livslängsklass: L1				
Belägg: Provec: -				
Vcmax: -				
Lyfthållfasthet: 1/6 MPa				
Montagehållfasthet: 28 MPa				
Armering: Huvudarn: -				
Närlarn: -				
Byglar: -				
Huvudarn: -				
Närlarn: -				
Täckskikt: Yttersta bygel: $\phi$ - -				
Tjocklek: -				
Ytor: Formsalt: SF2				
Lyfthalt: Ej formfalt: A				
Hänvisningar: Produktion: S1, virket: min. 90				
Montering: S1, virket: min. 90				
Detaljering: -				
Bockningslista: -				
Övrigt: * VARJE ELEMENT MÄRKS MED RECEPTE				
ENL. SEPARAT LISTA				
<b>KOMPLETTERINGSDETLJER</b>				
POS	ANT	BETEKNING	HÄNVISNING	UIFÖRANDE
0213	2	SKRF-C16	39.0213	
0519	3	VP 50	39.0514	
<b>ARMERING</b>				
UITERA	ANT	KVAL	$\phi$	UITERA

BET	ANT	ANDRINEN	AVSR	DATUM	SIGN
<b>PRELIMINÄR HANDLING</b>					
500x600x200 SLAK		REVISIONER AV		REVISOR	
REVISOR SP2		HEMIK NISSIN		34-0041	
REVISOR SP		HEMIK NISSIN		34-0041	

Copyright © Skanska Prefab AB 2003

FIL: 2005-05-30 17:08 f:\arkiv\4906\sp2\projektering\ritningar\34-0041.dwg

PRODUKTGRUPP UTTERA  
 VIKTIDON D21  
 TYPBETECKNING D 120/20

**FÖRESKRIFTER: DACK, D**  
 3010, Stryande handlingar och 34.93  
 anvisningar i Svensk Farm  
 Mjölkclass: A1, B1  
 Livstängsklass: L1  
 Provrec: \*)  
 Vcimak: -  
 Lyfthälsastihet: 15 MPa  
 Montagehållfasthet: 28 MPa  
 Armering  
 Huvudamn: B500BT  
 Byglar: B500BT  
 Huvudamn: 30  
 Nallarn: 30  
 Yttersta bygel:  $\phi$  10-30  
 Tolernans: 10 mm  
 Fornsall: SF2  
 Ej fomsall: A  
 Produktion: SS41, vinkel: mm 60  
 Montering: SS41, vinkel: mm 60  
 Betongstyrka: -  
 Böckningslista: -  
 \*) VARJE ELEMENT MÄRKS MED RECEPTE  
 ENL. SEPARAT LISTA

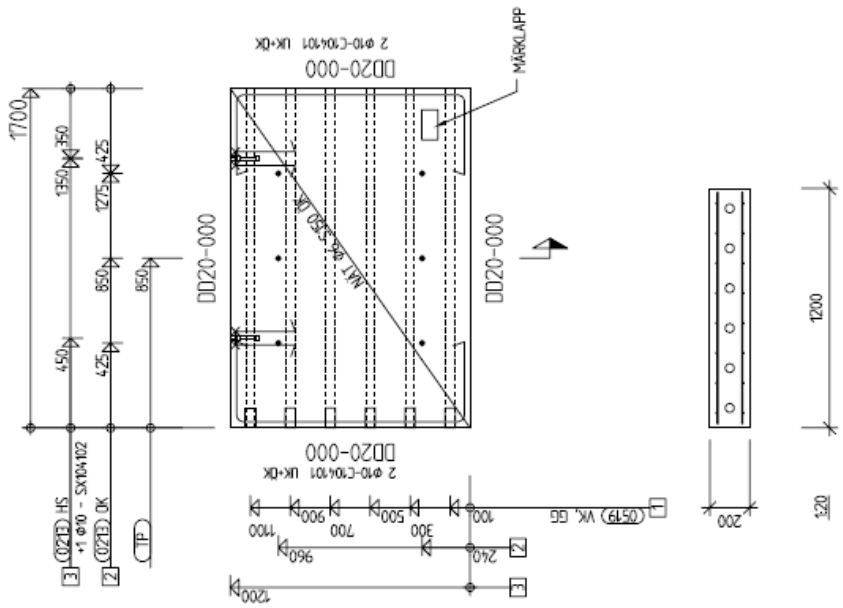
Övrigt:

**KOMPLETTERINGSDETALJER**

POS	ANT	BETECKNING	HÄNVISNING	UTFÖRANDE
0213	8	SKRF-C16	39.0213	
0519	6	VP 50	39.0514	

**ARMERING**

UTTERA	ANT	KVAL	$\phi$	UTTERA	ANT	KVAL	$\phi$
C104/101	4	B500BT	10	SX104/102	2	B500BT	10



**PRELIMINÄR HANDLING**

SKANSKA  
 Box 3, 201 21 Ulfersjö  
 Tel: 0424 34 07 10, 0424 34 08

Brandtest SP

1700x1200x200 SLÄK  
 TEST ID: SP2

VALGAVG  
 Henrik Nilsson

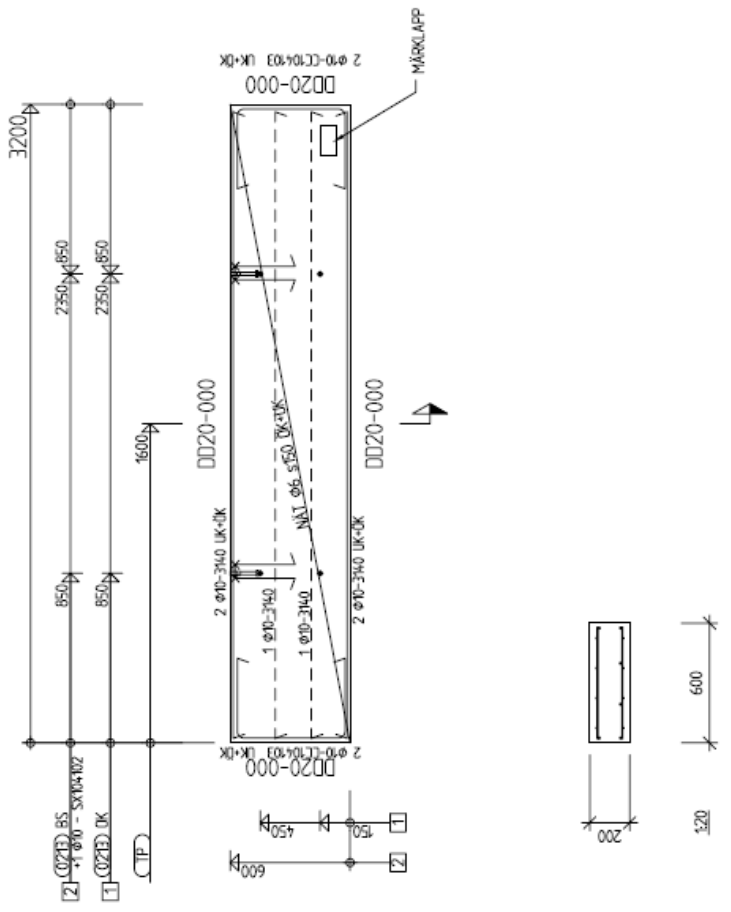
PROJEKT  
 34-0021

BET/ANT | ÄNDRING AVSER | DATUM | SEN

PRODUKTGRUPP  
UTTERA  
031  
TYPTECKNING  
D 60/20

**FÖRESKRIFTER: DACK, D**

Foreskrifter och anvisningar: 30.10, Stryande handlingar och 34.93  
 1. Svensk Farm  
 Miljöklass: A1, B1  
 Livslängsklass: L1  
 Provrec: -  
 Vcmax: \*)  
 15 MPa  
 Mantlaghållfasthet: 28 MPa  
 Anmärkning: Huvudarm: B500BT  
 Nallarm: Nils50  
 Byglar: B500BT  
 Huvudarm: 30  
 Nallarm: 30  
 Täckskikt:  
 Yttersta bygel:  $\phi$  10-30  
 Tolertans: 10 mm  
 Formsal: SF2  
 Ej formsal: A  
 Produktion: SS41, vinkel: mm 60  
 Monterg: SS41, vinkel: mm 60  
 Betongtillning: -  
 Böckningslista: -  
 \*) VARJE ELEMENT MÄRKS MED RECEPTE ENL. SEPARAT LISTA



KOMPLETTERINGSDETALJER

POS	ANT	BETECKNING	HÄNVISNING	UTFRÅNDE
0213	6	SKRF-C16	39.0213	

ARMERING							
UTTERA	ANT	KVAL	Ø	UTTERA	ANT	KVAL	Ø
3140	6	B500BT	10	C104/03	4	B500BT	10
SK104/02	2	B500BT	10				

BET	ANT	ÄNDRINGEN	AVSER	DATUM	SEN

PRELIMINÄR HANDLING

SKANSKA  
 Box 30, 201 80 SP  
 Tel: 08-734 50 00 Fax: 08-734 50 10

Brandtest SP

3200x600x200 SLAK  
 SIDA 11  
 SP2

VALDUSEN P  
 HERRIK MISSIN

34-0031

Copyright © Skanska Profab AB 2003