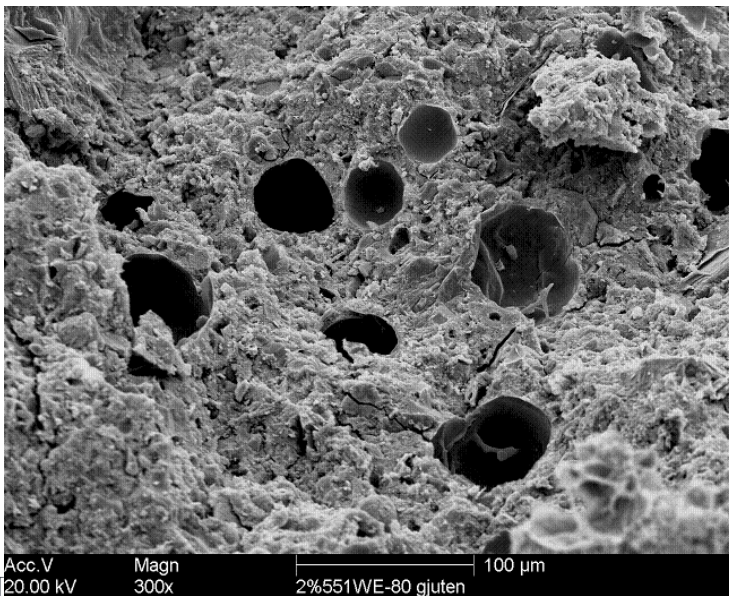


SALTFROSTBESTÄNDIG SPRUTBETONG



Mikael Westerholm*, Carsten Vogt**, Hans Hedlund***

2017-11-15

* Cementa AB (fd CBI)

** Bostek AB (fd CBI)

*** Skanska Sverige AB

FÖRORD

Projektledare för projektet var Hans Hedlund, Skanska Sverige AB. Det huvudsakliga arbetet har utförts vid CBI Betonginstitutet och Vattenfall utveckling där provsprutningen utfördes. Till projektet hörde en arbetsgrupp och en referensgrupp bestående av nedanstående personer.

Arbetsgrupp

Hans Hedlund, Skanska Teknik. (*Projektledare*)

Mikael Westerholm, CBI Betonginstitutet AB

Carsten Vogt, CBI Betonginstitutet AB

Referensgrupp

Kjell Wallin, Projektengagemang

Tommy Elisson, Besab AB.

Jan Nordin, Expancel AB

Bo Eriksson-Vanke, Trafikverket

Projektet finansierades med medel från SBUF, CBI Betonginstitutet AB och Expancel AB samt med egeninsatser från övriga deltagande företag. Projektgruppen riktar stort och varmt tack finansiering för möjligheten att genomföra vår projektidé.

SAMMANFATTNING

I detta projekt har möjligheten att utnyttja mikrosfärer för att åstadkomma frostbeständig sprutbetong samt verifiering i fält undersökts. Inledningsvis utfördes en förundersökning där lämpliga sprutbetongrecept med mikrosfärer utvecklades. Ett urval av dessa betongrecept provsprutades sedan i halvskaleförsök.

Resultaten från förundersökningen visar att mikrosfärerna ger liknande effekt på arbetbarheten som vanlig luftporbildartillsats, dvs. betongens konsistens förbättras och betongen blir smidigare. Vid tillsatsen av mikrosfärer minskade även flytmedelsbehovet något.

Frostbeständigheten provades för ett urval av betongblandningarna innehållande 1 vol.-% till 3 vol.-% mikrosfärer. Samtliga prov uppvisade mycket god frostbeständighet ($<0,10 \text{ kg/m}^2$) efter 56 fryscyklar.

Även referensbetongen utan mikrosfärer eller luftporbildande tillsatsmedel uppvisade mycket god frostbeständighet. Luftporanalys av referensbetongen visar att den innehöll 4,2 % luft och att luftporsystemet var relativt finfördelat, vilket kan förklara varför den klarade frysprovet.

Analys av sprutade betongprover i svepelektronmikroskop indikerar att mikrosfärerna förblir intakta under hela processen från blandning, pumpning och sprutning och kan således bilda porer i betongen som bidrar till frostbeständighet.

Referensbetongens goda frostbeständighet speglar också problematiken med frostbeständig sprutbetong. Genom att blanda in fysisk luft (mikrosfärer) kan denna osäkerhet sannolikt elimineras.

Sammanfattningsvis visar resultaten att mikrosfärer har en gynnsam inverkan på betongs arbetbarhet och att de kan användas för att åstadkomma saltfrostbeständig betong.

Tillsats av ett fysiskt luftporsystem är fullt fungerande även för normal betong där ett vanligt luftporsystem baserat på ett kemiskt tillsatsmedel kan slås ut eller påverkas negativt av andra tillsatsmedel. Förprovning av betongsammansättningen rekommenderas eftersom alla tillsatsmedel inte är kompatibla med varandra.

INNEHÅLL

1	BAKGRUND	4
2	MÅLSÄTTNING OCH SYFTE	5
3	MATERIAL	5
4	FÖRUNDERSÖKNING	9
4.1	KONSISTENS OCH LUFTHALT	9
4.2	HÄRDNADE EGENSKAPER	11
4.3	FROSTRESISTENS	12
5	PROVSPRUTNING	14
5.1	UTRUSTNING	14
5.2	KONSISTENS OCH LUFTHALT	16
5.3	ÅTERSTUDS.....	17
5.4	TRYCKHÅLLFASTHET	19
5.5	FROSTRESISTENS	19
5.6	LUFTPORSTRUKTUR.....	20
5.7	SVEPELEKTRONANALYS	20
6	TILLÄMPNING FYSISKT LUFTPORSYSTEM VID UV-GJUTNING	23
7	SAMMANFATTNING OCH DISKUSSION	27
8	SLUTSATSER	28
9	FÖRSLAG PÅ FORTSATT FORSKNING OCH UTVECKLING	29
	REFERENSER	30

1 BAKGRUND

Det finns i princip två metoder för att spruta betong, våtsprutning och torrsprutning. Vid torrsprutning matas en torrblandning av cement och ballast fram till sprutmunstycket där vattnet blandas och därefter sprutas betongen på underlaget. Sprutbetong som utförs med torrsprutningsmetoden har vanligtvis ett lågt vct (cirka 0,30-0,35) vilket resulterar i hög hållfasthet och täthet. Till nackdelarna hör att kapaciteten är begränsad, återstudsens är hög och att betongens vct beror på operatören. Vidare ger torrsprutning en väldigt hög dammnivå och därmed en negativ arbetsmiljö. Därför används torrsprutning mest för mindre reparationer och på otillgängliga ställen.

Vid våtsprutning används färdigblandad betong som tillsätts en sättaccelerator i sprutmunstycket innan betongen sprutas på underlaget. Våtsprutad betong har ett vct ner till 0,40. Fördelar med metodens är att kapaciteten är relativt hög, bättre kontroll över vct, återstudsens är reducerad och arbetsmiljön är betydligt bättre. Nackdelarna är att utrustningen är mycket större och dyrare samt att metoden inte är lika flexibel som torrsprutning. Våtsprutningsmetoden används idag inom nyproduktion där det går åt större volymer betong.

Anläggningskonstruktioner utsätts för olika påfrestningar från miljön, en av de vanligaste är frost i kombination med tölsalter. För att säkerställa att betongen inte skadas p.g.a. frysning krävs att porsystemet aldrig uppnår en kritisk vattenmättnadsgrad. Detta kan åstadkommas genom att sänka betongens vct till under 0,30 varvid en mycket tät betong som inte kan ta upp vatten erhålls. Den vanligare och mera praktiskt tillämpbara varianten är att tillsätta luftporbildande tillsatsmedel till betongen. Dessa medel skapar ett luftporsystem i den färska betongmassan som sedan finns kvar i den hårdnade betongen. Om avståndet mellan luftporerna är tillräckligt litet och andelen luftporer tillräckligt hög (enligt Fagerlund (1993) bör avståndsfaktorn vara mindre än 0,20 mm och lufthalten över 3%, de exakta värdena diskuteras dock livligt) uppnås aldrig den kritiska mättnadsgraden i betongen. Användning av luftporbildare för att tillverka saltfrostbeständig betong är mycket vanligt förekommande och används framgångsrikt för gjutna konstruktioner.

Uppfattningar i litteraturen och standarder angående saltfrostbeständighet hos sprutbetong skiljer sig avsevärt. Det bör dock nämnas att sprutbetong utsätts relativt sällan för frost och salt. Frysning i rent vatten är däremot mycket vanligare. För att uppnå frostbeständighet hos våtsprutad betong rekommenderas, i Sverige, ett vct under 0,40, användning av "rätt" ballastkurva, cementhalt över 400 kg/m³ och anläggningscement (Nordström och Holmgren, 2009, SS-EN 14487, Bro 2004,). I rekommendationen ingår inte tillsats av luftporbildare. Frostbeständigheten verifieras genom provning.

I USA och Kanada rekommenderas användning av luftporbildare samt lågt vct för att uppnå saltfrostbeständigheten i våtsprutad betong (Morgan 1989, Beaupré et al 1994). Lufthalten i den färska betongmassan bör vara minst 8-12% för att med säkerhet uppnå ett tillräckligt bra luftporsystem efter sprutning. Den höga lufthalten som rekommenderas har sannolikt sin grund i att en stor del av luften försvinner vid sprutningen.

Det har visat sig att den luftporstruktur som krävs för att åstadkomma frostbeständighet hos vanlig betong kan uppnås med sk. mikrosfärer (ref). Mikrosfärer är sfäriska partiklar med ett tunt skal som innesluter en gas. Användning av mikrosfärer som "fast" lufttillsats i sprutbetong skulle kunna vara ett sätt att med säkerhet uppnå en tillräckligt hög lufthalt i våtsprutat betong och

därmed saltfrostbeständigheten. I föreliggande rapport redovisas resultat från ett projekt där potentialen att använda mikrosfärer för att åstadkomma sprutbetong med robust saltfrostbeständighet undersökts.

I UV-gjutna betongkonstruktioner är vanligtvis frostresistens ett bekymmer eftersom anti-utvaskningsmedlet (AUV-medel) tenderar att slå ut luftporsystemet i den färska betongmassan, vilket resulterar i försämrad frostresistens. En förhoppning är att solida mikrosfärer ger ett stabilt porsystem med god och bibehållen frostresistens.

2 MÅLSÄTTNING OCH SYFTE

Det primära syftet med föreliggande projekt är att undersöka om det är möjligt att åstadkomma robust frostbeständighet hos sprutbetong genom att utnyttja så kallade mikrosfärer. Vidare var ett mål att undersöka inverkan av sprutprocessen på mikrosfärerna, d.v.s. om de förblir intakta samt eventuella förluster under sprutningen.

Vidare har tillämplighet vid användning av mikrosfärer i konventionell betong där frostresistens är väsentlig, men svår att åstadkomma med vanliga luftporbildande tillsatsmedel.

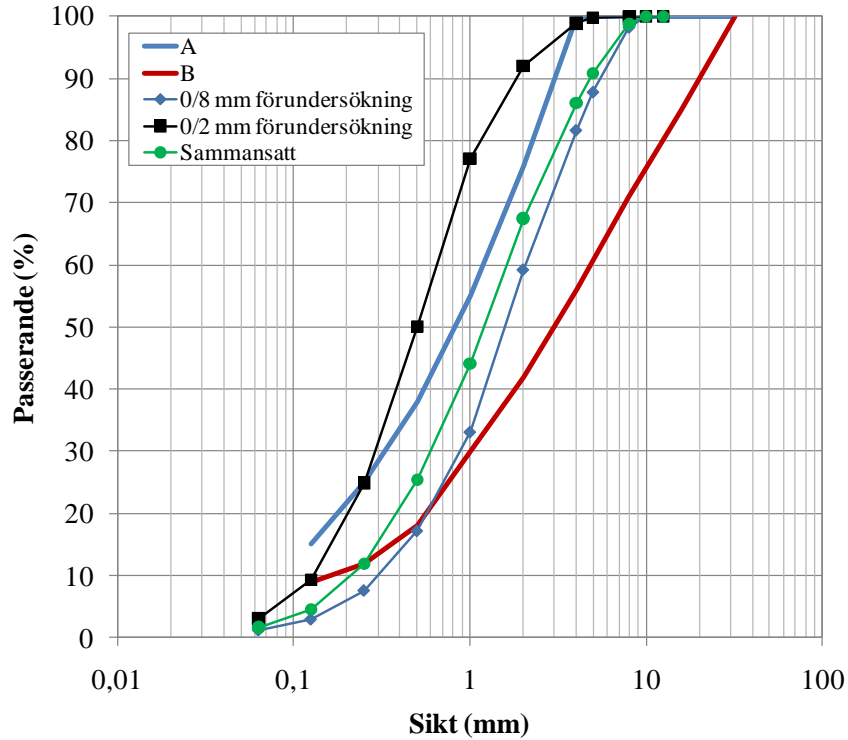
3 MATERIAL

Cement

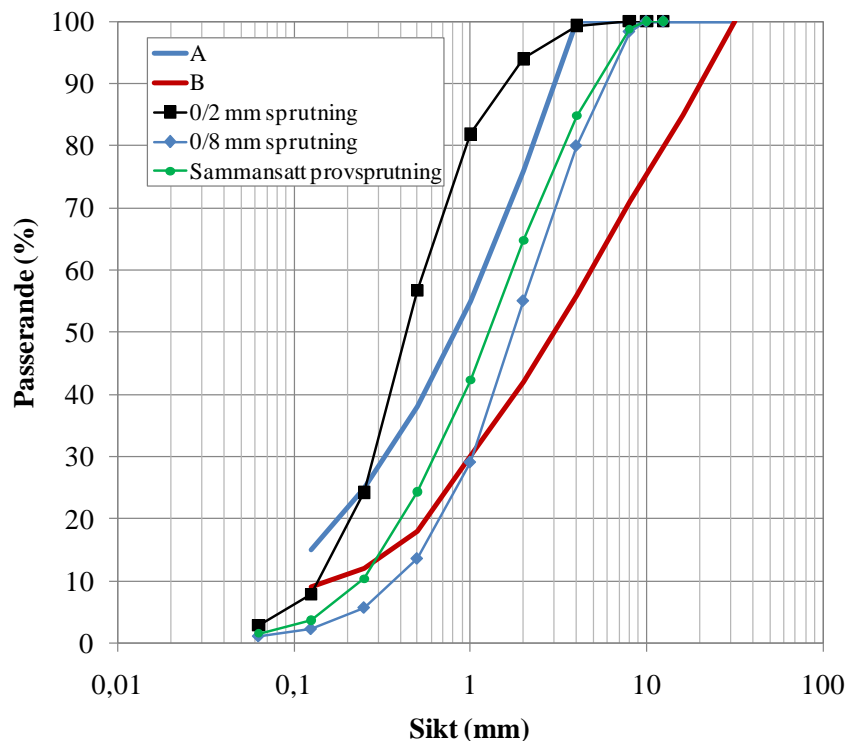
Anläggningscement (CEM I 42,5 N SR3 MH/ LA) från Degerhamn användes uteslutande vid försöken.

Ballast

Ballastmaterial i sorteringarna 0/2 mm och 0/8 mm från Vendels grus Swerock AB användes i försöken. Materialen kombinerades så att den sammansatta ballasten bestod av 25 % 0/2 mm och 75 % 0/8 mm. I Figur 1 och Figur 2 redovisas siktkurvorna för ballastmaterialen som användes vid förundersökningen respektive provsprutningen. I diagrammen ses även rekommenderade gränskurvor (A, B), inom vilka ballast avsedd för tillverkning av sprutbetong bör ligga.



Figur 1 Siktcurvor för använda ballastmaterial, 0/2 mm respektive 0/8 mm, använda vid förundersökningen. Även den sammansatta kurvan (25 % 0/2 mm och 75 % 0/8 mm) är inlagd. Gränskurvorna A och B är tagna från Sprutbetonghandboken, Elforsk rapport nr 09:74.



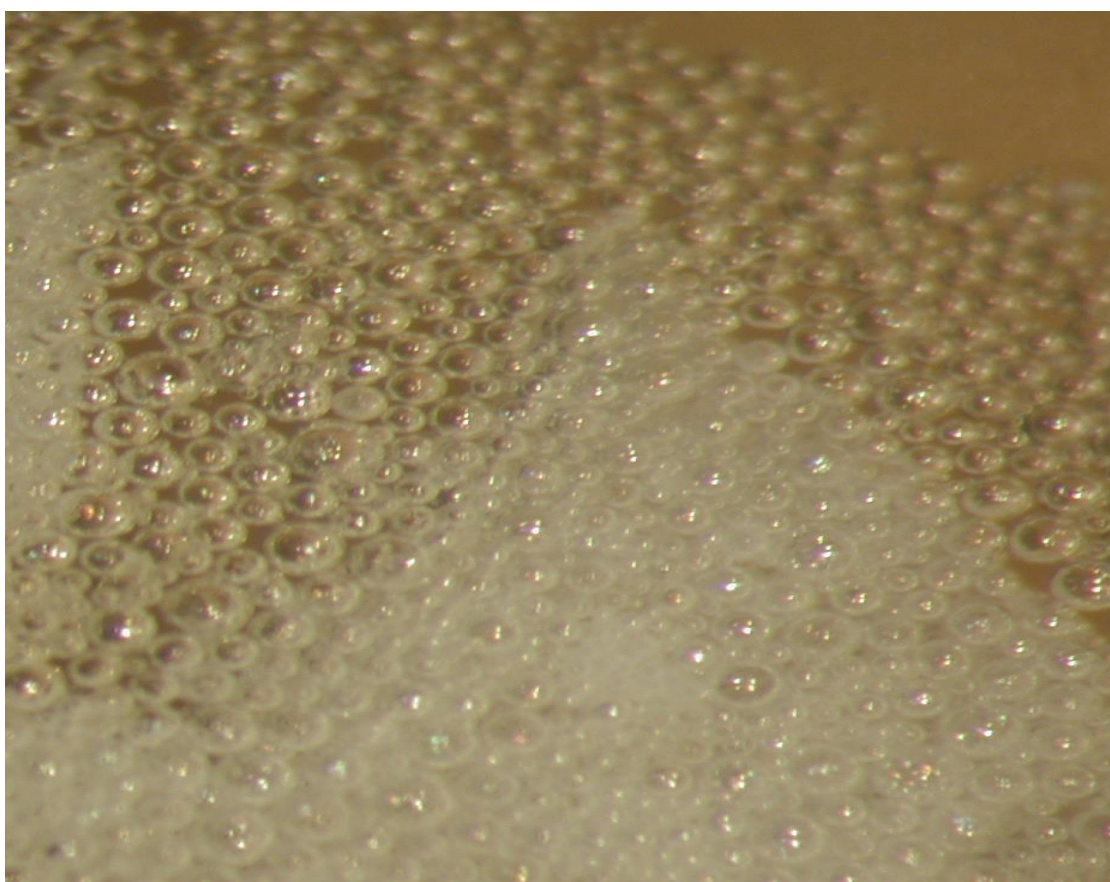
Figur 2 Siktcurvor för använda ballastmaterial, 0/2 mm respektive 0/8 mm, vid provsprutning. Även den samt den sammansatta kurvan (25 % 0/2 mm och 75 % 0/8 mm) är inlagd. Gränskurvorna A och B är tagna från Sprutbetonghandboken, Elforsk rapport nr 09:74.

Tillsatsmedel

Glenium 51 användes som flytmedel och Sigunit T&G som accelerator. Acceleratorn levererades av Sika AB och flytmedlet av BASF AB.

Mikrosfärer

Mikrosfärer är små sfäriska partiklar bestående av ett tunt polymerskal som innesluter en gas, se Figur 3. Mikrosfärerna fyller samma funktion som vanliga luftporer när betongen utsätts för frysning.



Figur 3 Mikrosfärer fotograferade i ljusmikroskop.

I föreliggande projekt användes fyra olika kvaliteter på mikrosfärer. Tre av dessa levererades av Expancel AB och en av Sika. Mikrosfärernas storlek och densitet anges i Tabell 1.

Tabell 1 Använda mikrosfärer samt i produktblad angiven medianstorlek och densitet.

Kvalitet	Medianstorlek (μm)	Densitet (kg/m^3)	Torrhalt (%)
461WE20	20	36	15
920WE40	40	24	15
551WE80	80	36	15
Sika solid	-	200	12

4 FÖRUNDERSÖKNING

Syftet med förundersökningen var att ta fram lämpliga sprutbetongrecept innehållande mikrosfärer som kunde provsprutas. Ett krav var att betongernas arbetbarhet skulle vara sådan att de kunde bedömas vara sprutbara samt att adderad mängd mikrosfärer skulle göra betongen frostbeständig.

Vid provningarna användes en betong utan luftporbildare som referens. Till denna adderades 0,88 vol.-% till 3,5 vol.-% mikrosfärer. För samtliga betonger utvärderades arbetbarheten samt lufthalten och tryckhållfastheten vid 28 dygns ålder. Frostbeständigheten provades för mikrosfärerna med minsta respektive största diameter vid 1 % och 3 % dosering. I Tabell 2 anges referensbetongens sammansättning samt sammansättningen hos de innehållande mikrosfärer.

Tabell 2 Sammansättning hos provad betong i kg/m³.

Material	Referens	Mikrosfärer
Anläggningscement, Degerhamn	500	500
0/2 mm Vendels*	398	374-392
0/8 mm Vendels*	1192	1134-1174
Vatten	225	225
Glenium 51	2,3	1,8-2,2
Mikrosfärer (vol.-%)	0	0,88-3,5
Vct	0,45	0,45

* varierar med adderad volym mikrosfärer.

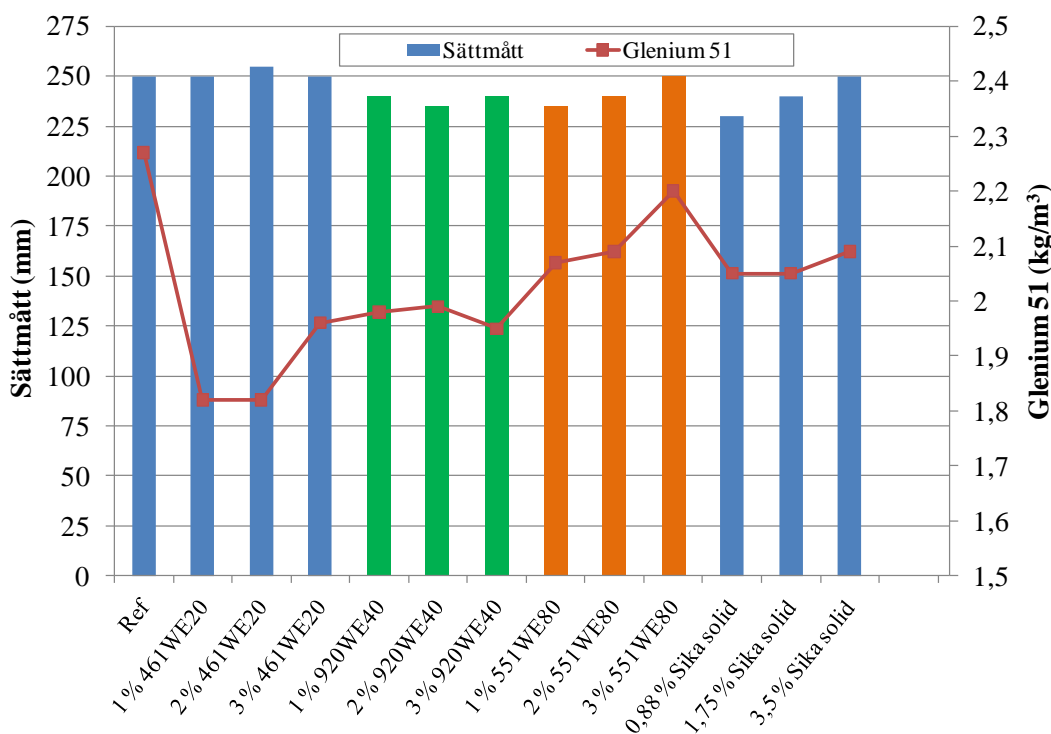
4.1 Konsistens och lufthalt

Arbetbarheten bedömdes genom att mäta betongernas sättmått enligt SS-EN 12350-2, se Figur 4. Samtliga provade betonger uppvisade god arbetbarhet och bedömdes vara sprutbara, se Figur 5.



Figur 4 Provning av sättmått.

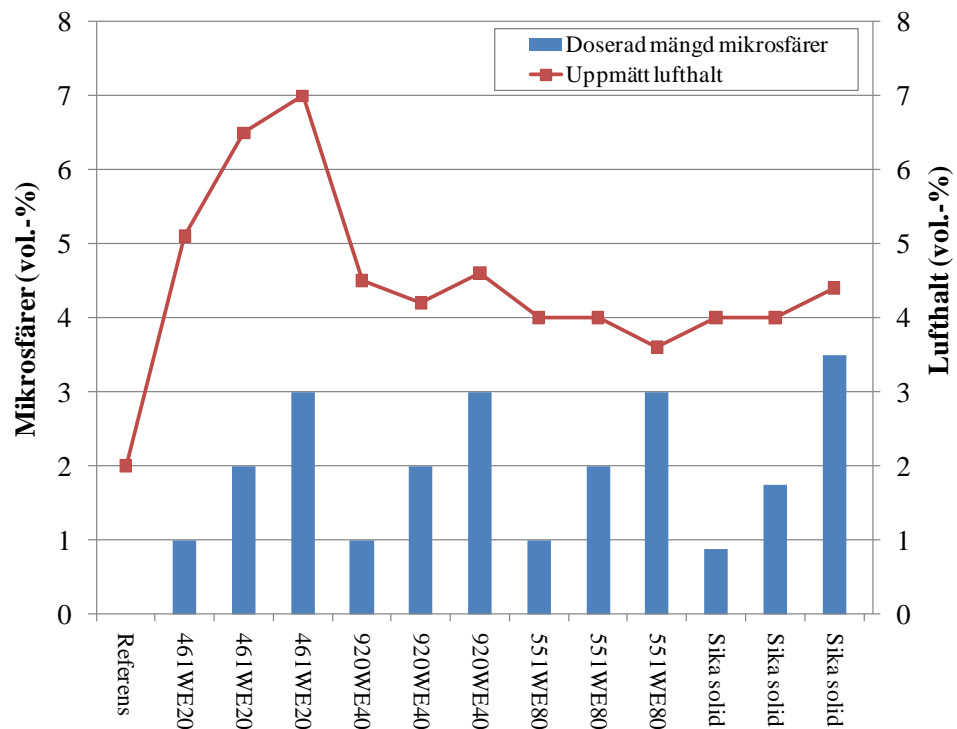
Betongerna med mikrosfärer upplevdes (likt betong med vanlig luftporbildare) även vara smidigare och mindre viskösa än referensbetongen. Flytmedelsbehovet var även något lägre för betongerna med mikrosfärer. Mikrosfärerna har således en positiv inverkan på betongens arbetbarhet med de doseringar som utvärderats.



Figur 5 Sättmått och flytmedelsdosering (glenium 51) hos provade betonger med mikrosfärer.

Lufthalten bestämdes även hos den färska betongmassan. Lufthalten varierade mellan 2 % och 7 %. Resultaten visar att mikrosfärerna 461WE20 drar in "extra" luft. För betongerna med de andra kvaliteterna av mikrosfärer ligger lufthalten relativt konstant oberoende av adderad mängd mikrosfärer och förefaller således inte dra in "extra" luft.

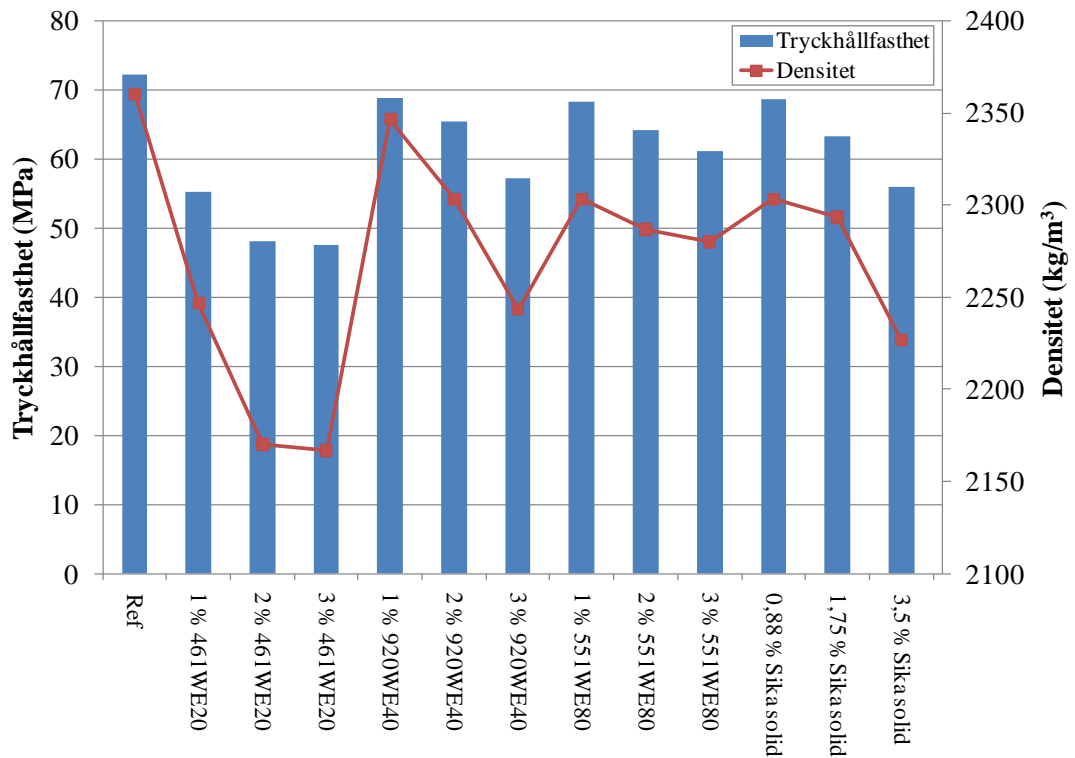
Det faktum att lufthalten skenbart förblir konstant vid ökande dosering av mikrosfärer, undantaget ovan nämnda kvalitet, indikerar att lufthaltskärlet inte fullt ut mäter den luftvolym som utgörs av mikrosfärer. Detta kan bero på att mikrosfärerna är av signifikant mindre storlek än vanliga luftporer och att lufthaltskärlet inte är anpassat för mätning av den luftporstorleken.



Figur 6 Doserad mängd mikrosfärer samt uppmätt lufthalt med vanligt lufthaltskärl.

4.2 Hårdnade egenskaper

I Figur 7 redovisas tryckhållfastheten och densiteten hos provad betong vid 28 dygns ålder. Tryckhållfastheten minskar som väntat med ökande andel mikrosfärer. Lägst tryckhållfasthet uppmättes för betongerna innehållande mikrosfärerna 461WE20 vilka också var de som drog inte "extraluft". Vid 1 vol.-% mikrosfärer var skillnaden i tryckhållfasthet jämfört med referensbetongen marginell.



Figur 7 Tryckhållfasthet och densitet hos betong innehållande olika sorters mikrosfärer av varierande mängd.

4.3 Frostresistens

Frostbeständigheten provades enligt SS 13 72 44 i en 3,0-procentig saltlösning (NaCl). För att begränsa antalet prover utvärderades endast frostbeständigheten hos betong innehållande mikrosfärerna 461WE20 och 551WE80 vid 1 vol.-% och 3 vol.-% dosering. Resultaten visar att avflagningen efter 56 fryscyklar var $\leq 0,01 \text{ kg/m}^2$ i samtliga fall, dvs. frostbeständigheten kan bedömas vara mycket god enligt de kriterier som är fastställda i standarden, se Tabell 3. Då mikrosfärerna (461WE20) drog in "extraluft" är det svårt att fastställa en minsta kritisk dosering som krävs för att erhålla frostbeständighet enbart på grund av mikrosfärernas verkan. Om det är viktigt att fastställa det kan det eventuellt göras genom att slå ut den "extraluft" som dras in med en skumdämpare.

Tabell 3 Frostprovning, SS 13 72 44, I A (salt), av betong innehållande 1 % och 3 % mikrosfärer av kvalitet 461WE20 respektive 551WE80.

Prov märkt	Avflagnat material (kg/m ²) efter				
	7	14	28	42	56 cykler
1 % 461WE20-1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01
1 % 461WE20-2	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01
3 % 461WE20-1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
3 % 461WE20-2	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
1 % 551WE80-1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
1 % 551WE80-2	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
3 % 551WE80-1	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
3 % 551WE80-2	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

5 PROVSPRUTNING

Provsprutningen utfördes vid Vattenfall utvecklings laboratorium (VRD) i Älvkarleby. Sprutningen utfördes i syfte att se om den goda frostbeständighet som erhöles med mikrosfärer i förundersökningen även går att uppnå för sprutad betong. En del i detta är att undersöka om mikrosfärerna motstår de krafter som uppstår vid pumpning och själva sprutprocessen och förblir tillräckligt intakta för att ge frostbeständighet.

Totalt sprutades åtta betongsammansättningar. Utöver referensen sprutades betong innehållande 1 vol.-% 920WE40 samt med 0,5 vol.-%, 1 vol.-% och 2 vol.-% av mikrosfärerna 461WE20 respektive 551WE80. Grundrecepten som användes var desamma som vid förundersökningen med skillnaden att accelerator användes vid sprutningen, se Tabell 4. I samband med sprutningen göts även kuber för att kunna jämföra mikrosfärerna före respektive efter att de gått genom sprutprocessen.

Efter avslutade sprutning härdades betongerna genom vattenbesprutning i 7 dygn innan provkroppar för de olika analyserna sågades ut. Provkroppar för bestämning av tryckhållfasthet förvarades i klimatrums vid 100 % RH fram till 28 dygns ålder medan övriga provkroppar förvarades vid 65 % RH.

Tabell 4 Sammansättning hos sprutade betonger i kg/m³.

Material	Referens	Mikrosfärer
Anläggningscement, Degerhamn	500	500
0/2 mm Vendels*	398	385-395
0/8 mm Vendels*	1192	1154-1184
Vatten	225	225
Glenium 51	2,5	1,9-2,1
Mikrosfärer (vol.-%)	0	0,5-2,0
Accelerator	8,5	12,5-27
Vct	0,45	0,45

5.1 Utrustning

Betongsatser om 150 liter blandades i en planblandare av typen Rojo 225. Efter blandning transporterades betongen till betongsprutan där sprutning utfördes inom 10 minuter efter blandning.

Betongerna sprutades med en rotorspruta av märket Alivia 262 som har en kompressor som ger ett tryck på 0,7 MPa. Acceleratorn tillsattes vid munstycket med en Alivia 403 doseringspump. Plattorna som sprutades hade måtten 550 x 550 x 200 mm. Avståndet mellan ytan som sprutades och sprutmunstycket var cirka 2100 mm, se Figur 8 och Figur 9.



Figur 8 Rotorspruta Alivia 262 samt paneluppsättning.



Figur 9 Sprutning av paneler.

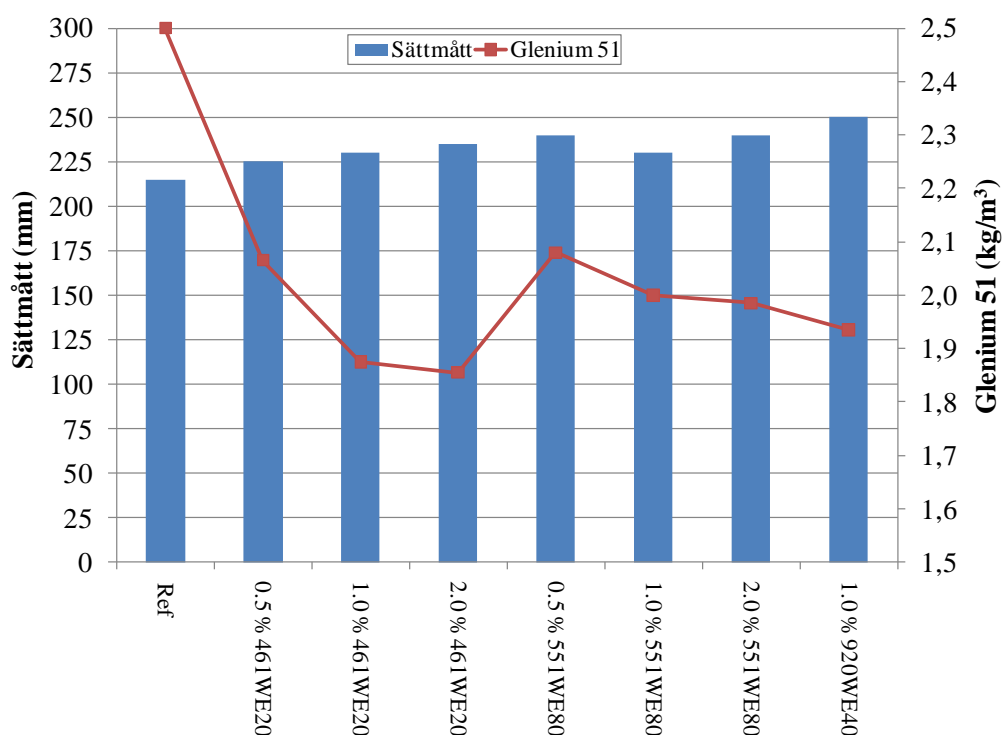
Efter att respektive platta sprutats bestämdes återstudsens genom att spruta resterande betong mot en betongplatta i en återstudsååda, se Figur 10. Efter sprutning vägdes återstudsad betong samt betongen som fäst vid betongplattan varefter återstudsens i % av den totala sprutade mängden beräknades.



Figur 10 Ååda för bestämning av återstuds.

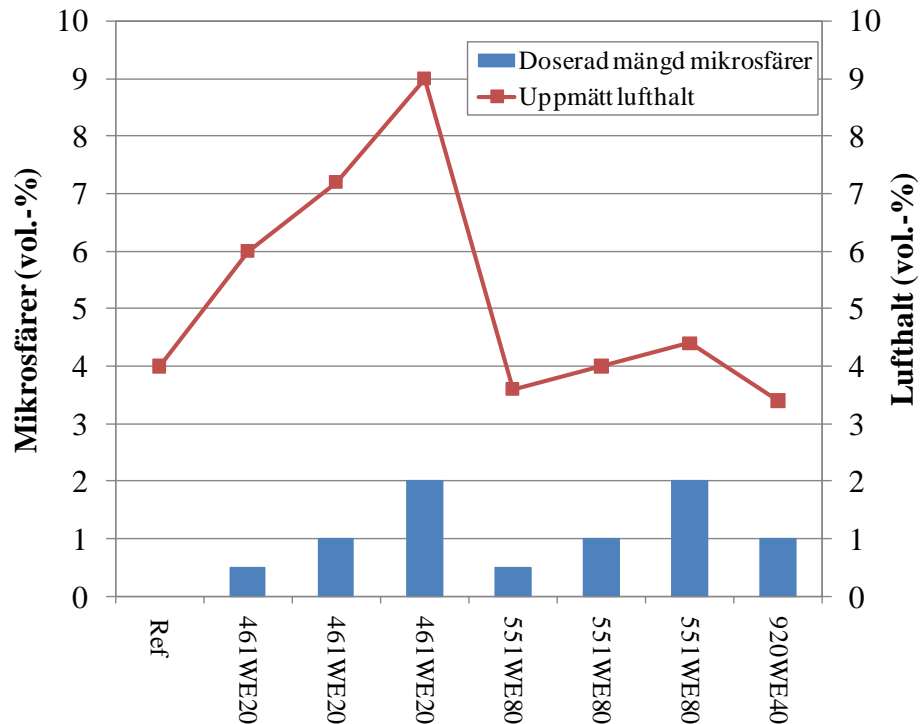
5.2 Konsistens och lufthalt

Innan betongerna sprutades bestämdes konsistensen med sättmått och lufthalten i tryckkärl. Arbetbarheten hos samtliga betonger bedömdes vara god. Liksom i förundersökningen upplevdes betongerna med mikrosfärer vara smidigare och mindre viskösa än referensen. Detta gällde i synnerhet betongerna innehållande mikrosfärer av typen 461WE20, vilket får anses beror på att den höga lufthalten. Även vid dessa provningar var flytmedelsbehovet något lägre för betong med mikrosfärer. Betongernas sättmått och flytmedelsinnehåll framgår av Figur 11.



Figur 11 Sättmått och flytmedelsdosering (Glenium 51) hos sprutade betonger med mikrosfärer. Lufthalten mättes innan sprutning.

Mikrosfärerna av typen 461WE20 hade även vid dessa provningar en påtaglig luftindragande effekt. Vid 2 vol.-% dosering mikrosfärer uppmättes hela 9 % lufthalt med tryckkärlet vilket skall jämföras med referensbetongens 4 %. Lufthalten hos övriga betonger med mikrosfärer varierade kring 4 %. Resultat överensstämmer i stort med de i förundersökningen. Dock uppmättes en högre lufthalt i referensbetongen än tidigare, 4 % jämfört med 2 % i förundersökningen.

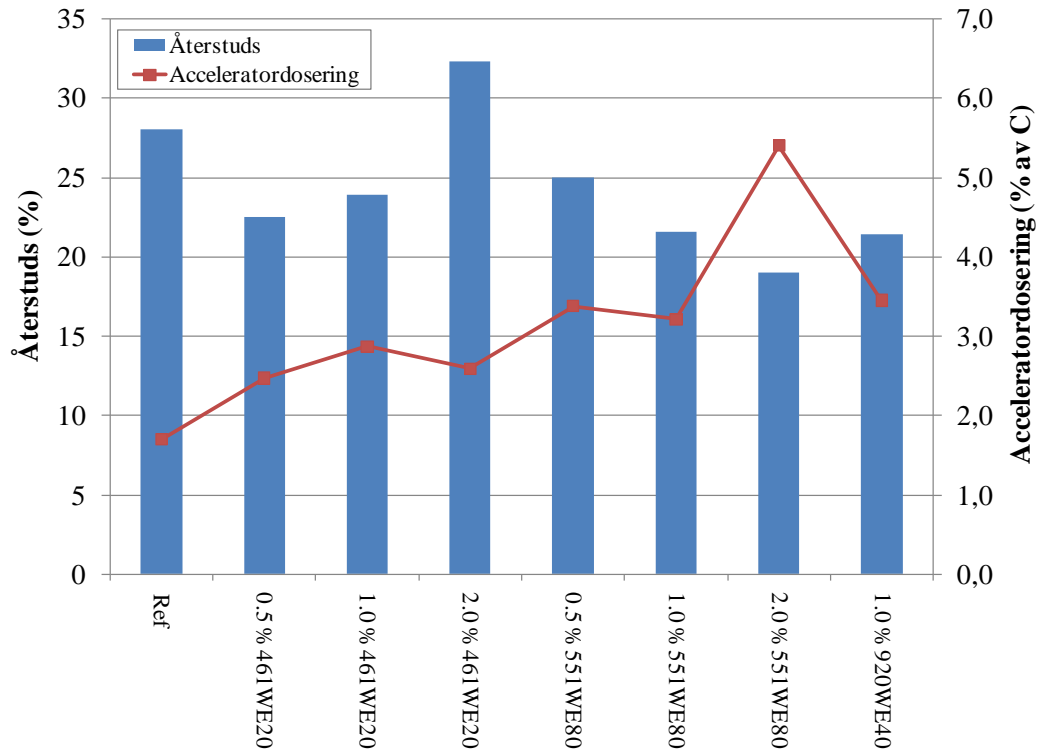


Figur 12 Doserad mängd mikrosfärer samt uppmätt lufthalt med vanligt lufthaltskärl.

5.3 Återstuds

Sprutningen utfördes utan några pumpstopp eller andra avbrott och operatörens subjektiva omdöme var att betongerna var lättsprutade. Återstuds varierade mellan 19 och 32 %, se Figur 13. Referensbetongens återstuds uppmättes till 28 % medan återstuds för huvuddelen av betongerna med mikrosfärer varierade mellan 19 % och 25 %. Det finns således inget som tyder på att sprutbarheten och andelen återstuds hos betong innehållande mikrosfärer skiljer sig nämnvärt från sprutbetong utan mikrosfärer.

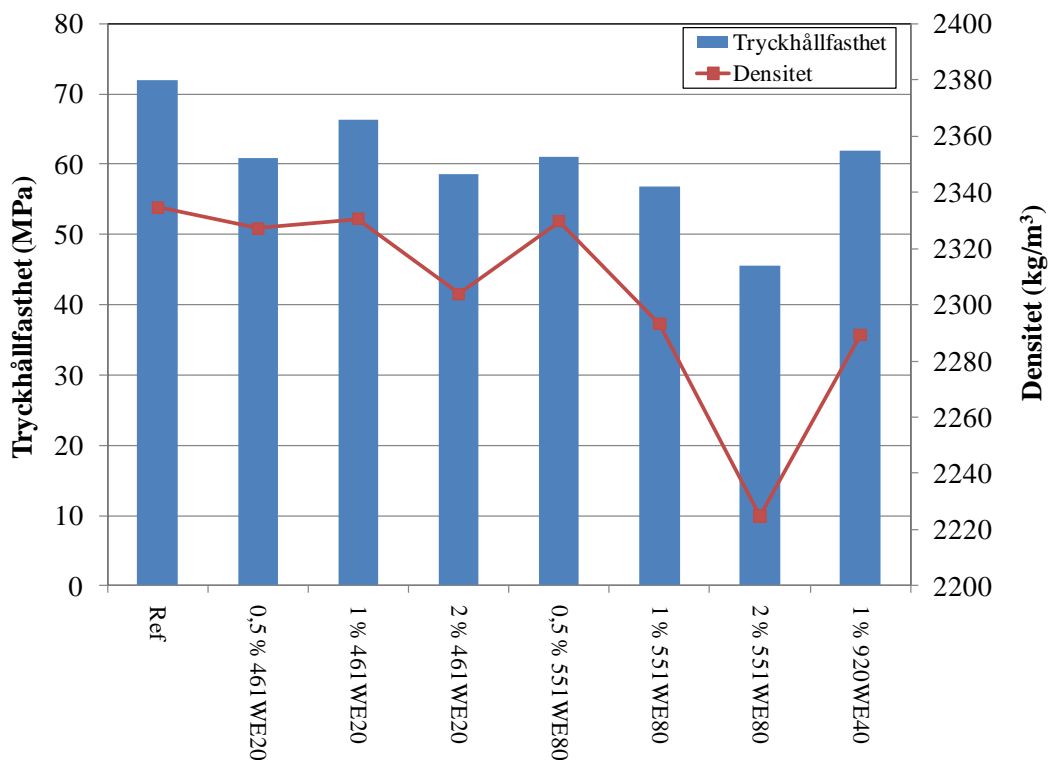
Normala värden för återstuds vid våtsprutning i fält ligger kring 10 % [1]. Jämfört med det är återstuds vid provsprutningen relativt hög. Det kan bero på flera faktorer, i [2] anges t.ex. att följande fyra faktorer påverkar återstudsens storlek: sprutvinkel, acceleratordosering, avståndet mellan sprutmunstycket och ytan samt applikationsareans beskaffenhet. Vidare inverkar betongens sammansättning och sprututrustningen. I detta fall beror det sannolikt till stor del på sprututrustningen samt eventuellt på en något för låg acceleratordosering. Vidare var avståndet mellan sprutan och sprutytan relativt lång. Optimalt avstånd anses vara mellan 1-1,5 mm. Utrustning har även använts i andra projekt och vid de försöken har återstuds legat kring 20 % [3].



Figur 13 Återstuds vid sprutning i låda samt acceleratordosering.

5.4 Tryckhållfasthet

De sprutade betongernas tryckhållfasthet bestämdes på utsågade 100*100 mm kuber vid 28 dygns ålder. Tryckhållfastheten och kubernas densitet anges i Figur 14.



Figur 14 Tryckhållfasthet och densitet hos sprutad betong innehållande olika sorters mikrosfärer av varierande mängd.

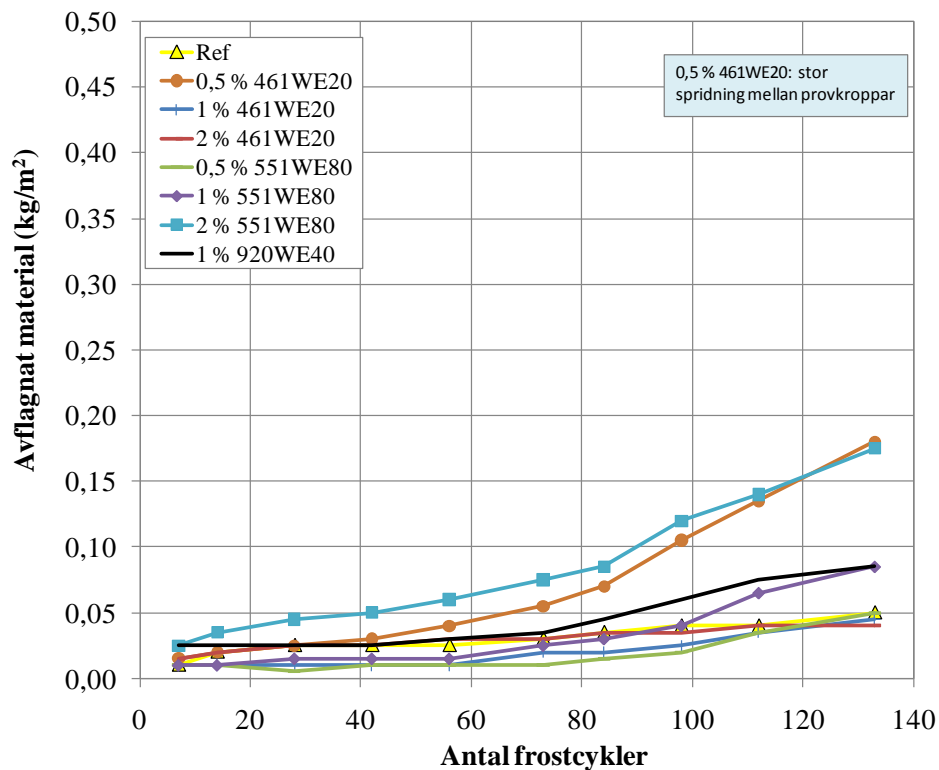
5.5 Frostresistens

Två provkroppar från varje sprutad betong provades avseende salt-frostbeständighet enligt SS 13 72 44 (A), se Figur 15. Provkropparna utsattes för 133 fryscyklar. Efter 56 fryscyklar uppvisade samtliga provkroppar mycket god frostbeständighet, avflagning < 0,10 kg/m². Vid slutmätningen efter 133 fryscyklar var avskalningen för majoriteten av proverna fortfarande < 0,10 kg/m². För proverna innehållande 0,5 vol.-% 461WE20 samt 2 vol.-% 551WE80 var medelvärdet på avflagningen för provkroppsparen < 0,20 kg/m², med ett individuellt värde på 0,30 kg/m² för betongen innehållande 461WE20. Resultaten indikerar att samtliga provade kvaliteter mikrosfärer kan användas för att åstadkomma frostbeständig sprutbetong.

Ett oväntat resultat var att även referensbetongen utan någon tillsats av luftporbildare uppvisade mycket god frostbeständighet. Det är emellertid en del av problematiken med frostbeständig sprutbetong, dvs. ena dagen erhålls god frostbeständighet och den andra underkänns den. Att kunna tillverka sprutbetong med robusta frostbeständighetsegenskaper är därför en angelägen fråga. Resultaten i detta projekt pekar på att det finns en potential att åstadkomma detta med hjälp av mikrosfärer.

För att utreda om luften i referensbetongen kan ha bidragit till frostbeständigheten utfördes en luftporanalys på planslip av den sprutade betongen. Resultatet redovisas nedan.

Resultaten från frysprovningsen redovisas även i tabellform i bilaga 1.



Figur 15 Resultat från frysprovning av sprutade betonger innehållande mikrosfärer.

5.6 Luftporstruktur

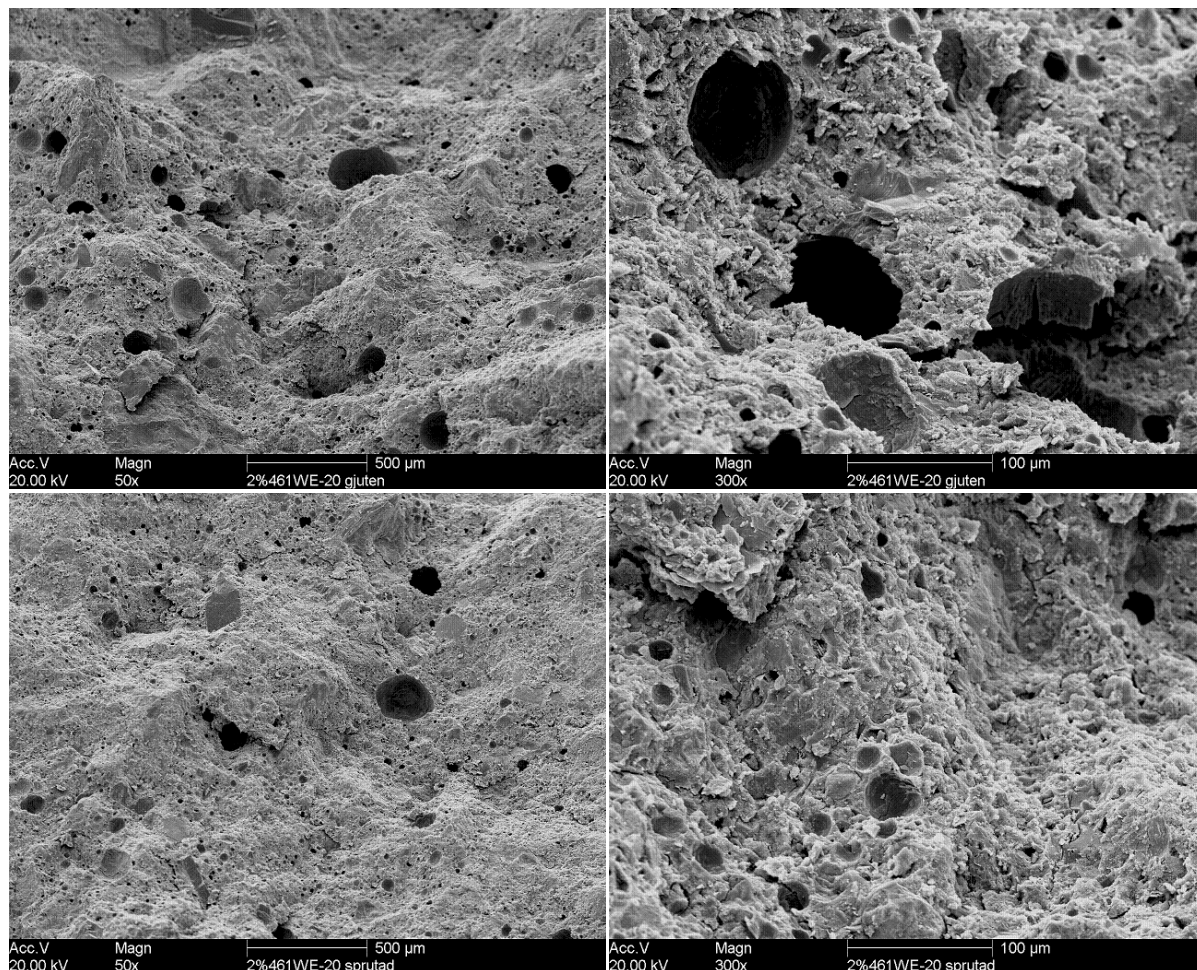
För att finna en förklaring till att referensbetongen klarade frysprovningsen utfördes en luftporanalys. Luftporanalysen visar att referensbetongen innehöll 4,2 % luft med avståndsfaktorn 0,305, se bilaga 2. En rimlig förklaring är således att betongens lufthalt och luftporernas fördelning var tillräcklig för att göra betongen frostbeständig.

5.7 Svepelektronanalys

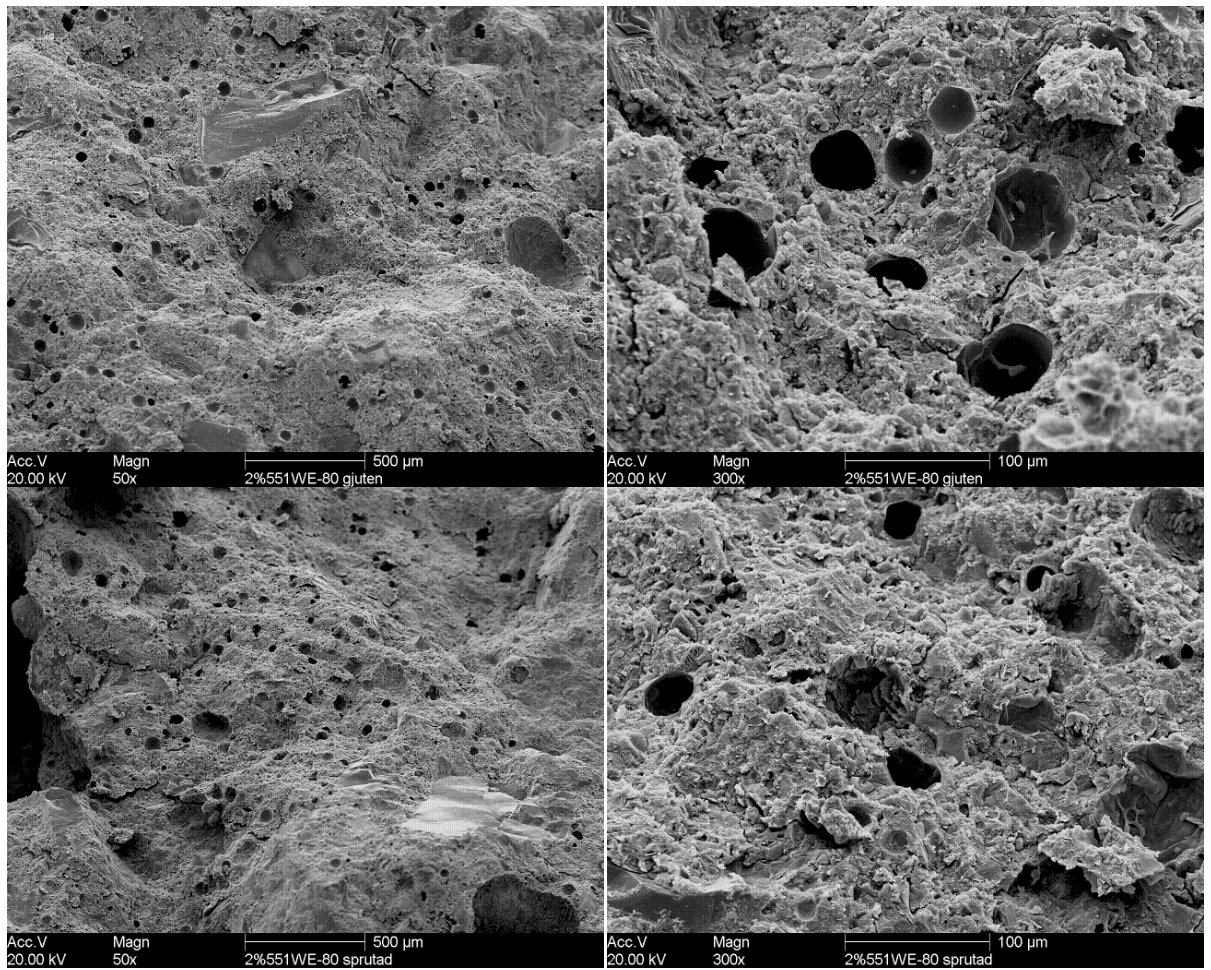
Gjuten respektive sprutade betong innehållande 2 vol.-% av mikrosfärerna 461WE20 respektive 551WE80 analyserades i svepelektronmikroskop för att undersöka eventuell inverkan av sprutprocessen. Analysen utfördes vid Expancel's laboratorium i Sundsvall. Bilderna visar att mikrosfärerna är relativt jämnt fördelade över analysytorna i såväl de gjutna som de sprutade betongerna, se Figur 16 och Figur 17.

De porerna som ses är även tämligen sfäriska vilket tyder på att mikrosfärerna bibehållit sin form genom hela blandningsproceduren, under pumpning och stått emot de krafter de utsatts för vid själva sprutningen och på så sätt kunnat skapa ett luftporsystem. För att säkerställa att

det luftporsystem som bildats är av rätt karaktär är det högst relevant att karakterisera luftporsystemet avseende total luftporvolym och avståndsfaktorer etc. Detta är viktigt inte minst då referensbetongen utan luftporbildare uppvisade mycket god frostbeständighet.



Figur 16 Övre bilderna visar gjutna provkroppar innehållande 2 vol.-% mikrosfärer av typen 461WE20 och de undre bilderna visar den sprutade betongen.



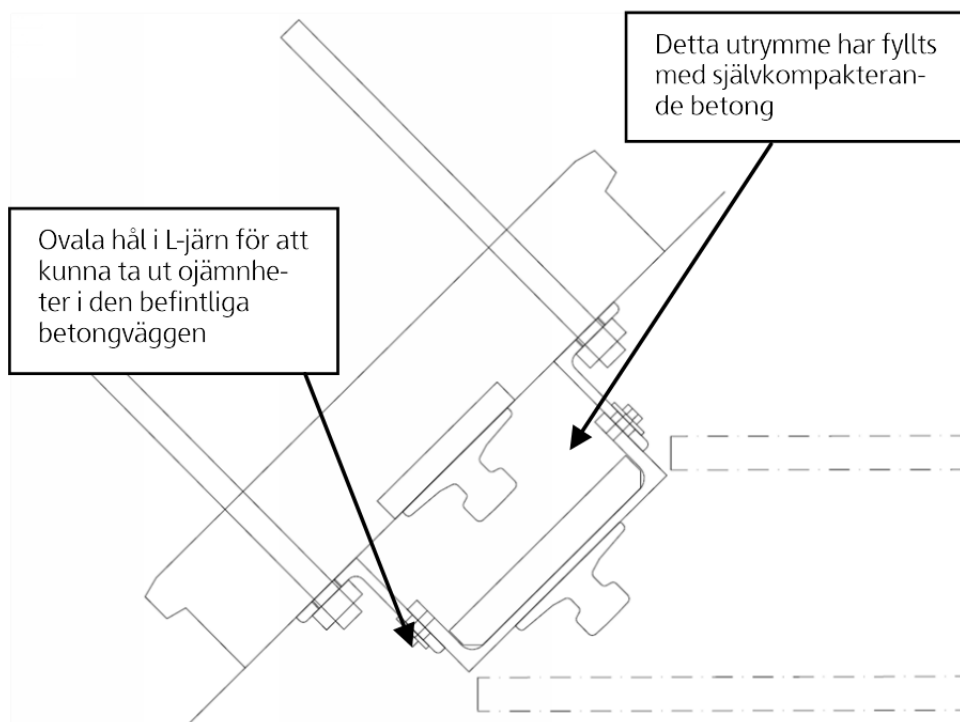
Figur 17 Övre bilderna visar gjutna provkroppar innehållande 2 vol.-% mikrosfärer av typen 551WE80 och de undre bilderna visar den sprutade betongen.

6 TILLÄMPNING FYSISKT LUFTPORSYSTEM VID UV-GJUTNING

Vid gjutarbeten med nya fästen bågsättarfästen vid kylvattensystem till kärkraftverk ställs höga krav på betongen. Bågsättarfästena är drygt 22 m höga och de ska fungera som upplag för en bågformad tätkonstruktion som ska användas för att torrlägga utrymmet innanför bågsättarna med 22 m vattentryck på utsidan och hela havet som trycker på.

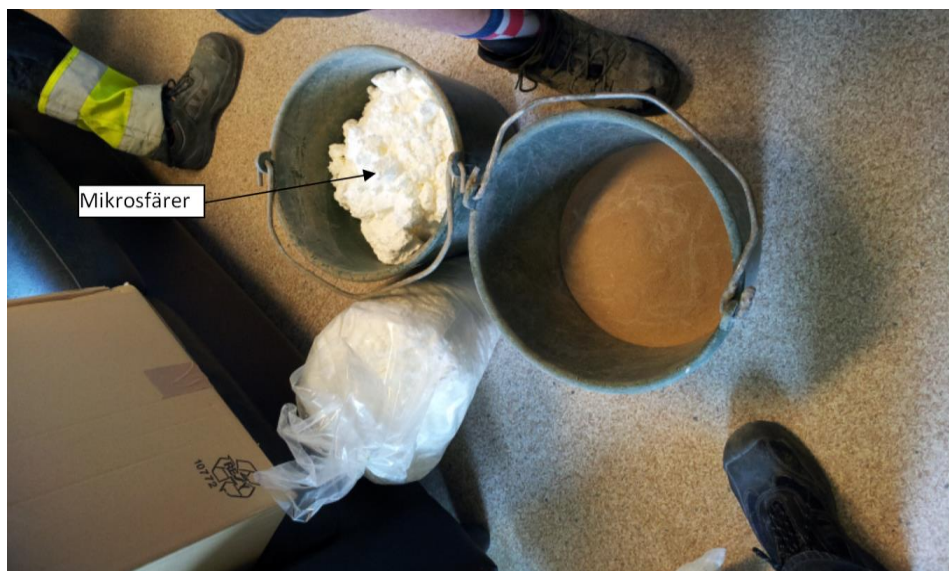
Av Figur 18 så framgår det att utrymmet mellan det gamla fästet och det nya skulle gjutas igen med betong för att kunna överföra krafterna från bågsättarna till den befintliga betongen. Belastningen är rätt stor från 22 m vattentryck med aktuell spännvidd, storleken liksom formen på bågen framgår av figur 1, horisontellt avstånd mellan upplagspunkterna är ca 9,5 m och radien på de framtida bågarna är 7 m. För att undvika det mycket besvärliga arbetet med att vibrera betongen i det trånga utrymmet beslutades om användning av självkompakterande betong. Utrymmet är så trångt att en konventionell undervattensventil inte får plats.

För att kunna utföra de bakomliggande betongarbetena fanns det ytterligare krav på den hårda betongens egenskaper och utförandet. Förutom en hög hållfasthet (C45/55) måste betongen i den övre delen av bågsättaren vara frostresistent samtidigt som den färska betongen skall vara anpassad för att gjutas undervatten på stort djup med en lämplig gjutteknik. Vanligtvis brukar man byta betong från en undervattensbetong (UV-betong) till en normal betong med frostresistens eftersom tillsatsmedlet för att ge betongmassan stabilitet vid undervattensgjutning har en tendens att slå ut effekten av det luftporbildande tillsatsmedlet. Vid gjutningarna av bågsättarna kan man säga att svårigheterna med ett bra gjutresultat samlats i ett och samma projekt.



Figur 18. Utformning av nytt bågsättarfäste.

Genom att tillämpa kunskaper från forsknings- och utvecklingsprojekt som Skanska Teknik genomfört kunde en lämplig betongsammansättning föreslås (specificeras) till projektet för att klara av egenskapskraven och gjuttekniska krav, vilket är en avgörande faktor för ett gott resultat med hög kvalitet. I detta projekt valdes att använda ett fysiskt luftporsystem, som består av mikrosfärer, se Figur 19. Projektet saknade egna erfarenheter och kompetens att utföra betonggjutningar under vatten på stort djup, vilket Skanska Teknik hade möjlighet att bistå projektet i deras planering av gjutarbetena under vatten.



Figur 19 Mikrosfärer för att ge betongmassan frostresistenta egenskaper.

Skanska Teknik föreslog ett grundrecept för en självkompakterande betong som skall vara frostresistent, ha hög hållfasthet, kunna flyta ut och omslutning av armering, god utfyllnad av form samt väl kompaktering. Gemensamt med betongleverantören finjusterades betongreceptet för att anpassas till den lokala ballasten, se Figur 20. Efter att betongens gjutegenskaper kontrollerats utfördes två provgjutningar för att utvärdera lämpligaste gjuttekniken under vatten eftersom varje bågsättarfäste måste gjas kontinuerligt för att inte riskera en vatteninblandning, vilket skulle kunna medföra instabiliteter i konstruktionen.



Figur 20 Kontroll av den självkompakterande betongens konsistens och flytegenskaper.

Vid olika provgjutningar testades olika gjutmetoder där betongmassan pumpades ner i formen på traditionellt sätt eller trycktes in underifrån, se Figur 21 och Figur 22. Vid en fallhöjd av ca 22 meter separerade betongen då den störtade ner till botten av formen, se Figur 21.

Provgjutningarna resulterade i att det säkraste gjututförandet var om betongmassan trycktes in genom formen i dess lägsta punkt, vilket valdes som gjutteknik. För att kunna trycka in betongmassan genom formen monterades rör med slagventiler på bågsättarna. Betongen trycktes in via ventilerna i underkanten av fästet, se Figur 23.



Figur 21 Provgjutning nr 1 med traditionell pumpning i form. Stenseparation i betongmassan efter 22 m fall genom pumpslangen.



Figur 22 Provgjutning nr 2 där betong trycks in i formens nedre del. Slagventil för anslutning till formen.

Resultaten från utvecklingsarbetet av saltfrost beständig sprutbetong och förprovningen av den självkompakterande UV-betongen visade på mycket god frostresistens. Betongens hållfasthet klarade med god marginal den erfordrade hållfasthetsklassen.



Figur 23 Ventil för anslutning av gjutslang.

Då dykarna haft mycket dyktid alldeles innan gjutningen hade vi endast 55 min på 22 m djup för den mest erfarna dykaren till förfogande vid gjuttillfället.

Betongen kontrollerades innan gjutningen påbörjades och mellan gjutningen av de båda bågsättarfästena, se figur 24. Pumphastigheten anpassades för en stighastighet på ca 2 m/min

för att få en gjuttid på 10-12 minuter, första gjutningen tog lite för lång tid så hastigheten skruvades upp något till andra gjutningen. Båda gjutningarna hann genomföras med samma dykare i vattnet. Gjutningen gick bra, dykare med dyktid kvar plockade bort de nedre fackverken mellan bågsätarfästena varefter några av kylvattenpumparna startades.



Figur 24. Provning av betongens konsistens och flytförmåga vid gjuttillfället.

Kärnkraftverket skulle börja leverera ström ut på nätet veckan efter och efter ett väl genomfört dagsverk av alla inblandade kunde driftens arbete med att starta rektorn fortsätta enligt tidplan.

7 SAMMANFATTNING OCH DISKUSSION

I detta projekt har möjligheten att utnyttja mikrosfärer för att åstadkomma frostbeständig sprutbetong undersökts. Inledningsvis utfördes en förundersökning där lämpliga sprutbetongrecept med mikrosfärer utvecklades. Ett urval av dessa betongrecept provsprutades sedan i halvskaleförsök. Resultaten från förundersökningen visar att mikrosfärerna ger liknande effekt på arbetbarheten som vanlig luftporbildartillsats, dvs. betongens konsistens förbättras och betongen blir smidigare. Vid tillsatsen av mikrosfärer minskade även flytmedelsbehovet något. Frostbeständigheten provades för ett urval av betongblandningarna innehållande 1 vol.-% till 3 vol.-% mikrosfärer. Samtliga prov uppvisade mycket god frostbeständighet ($<0,10 \text{ kg/m}^2$) efter 56 fryscyklar.

Vid halvskaleförsöken sprutades åtta olika betongsammansättningar med 0 vol.-% till 2 vol.-% mikrosfärer av olika kvalitet. Sprutbarheten för betongerna innehållande mikrosfärer bedömdes vara fullt likvärdig med referensbetongen utan mikrosfärer. Tryckhållfastheten vid 28 dygns ålder och frostbeständigheten provades på utsågades provkroppar. Resultaten från frysprovningen var mycket goda för samtliga sprutade betonger med en avskalning $<0,10 \text{ kg/m}^2$ för majoriteten av provkropparna efter 133 fryscyklar.

Även referensbetongen utan mikrosfärer eller luftporbildande tillsatsmedel uppvisade mycket god frostbeständighet. Luftporanalys av referensbetongen visar att den innehöll 4,2 % luft och att luftporsystemet var relativt finfördelat vilket kan förklara varför den klarade frysprovningen.

Analys av sprutade betongprover i svepelektronmikroskop indikerar att mikrosfärerna förblir intakta under hela processen från blandning, pumpning och sprutning och kan således bilda porer i betongen som bidrar till frostbeständighet.

Referensbetongens goda frostbeständighet speglar också problematiken med frostbeständig sprutbetong, dvs. ena dagen erhålls god frostbeständighet och den andra underkänns den. Genom att blanda in fysisk luft (mikrosfärer) kan denna osäkerhet sannolikt elimineras.

Kostnaden för mikrosfärer är högre än för traditionella luftporbildare och indikativt pris ligger i intervallet 50 kr till 200 kr per vol.-% inblandad produkt och kubikmeter betong. Denna kostnad bör dock ställas i relation till de vinster som är kopplade till robust frostbeständighet vid sprutbetongarbeten.

Sammanfattningsvis visar resultaten att mikrosfärer har en gynnsam inverkan på betongs arbetbarhet och att de kan användas för att åstadkomma salt-frostbeständig sprutbetong.

Tillsats av ett fysiskt luftporsystem är fullt fungerande även för normal betong där ett vanligt luftporsystem baserat på ett kemiskt tillsatsmedel kan slås ut eller påverkas negativt av andra tillsatsmedel. Förprovning av betongsammansättningen rekommenderas eftersom alla tillsatsmedel inte är kompatibla med varandra.

8 SLUTSATSER

Följande slutsatser kan dras ur föreliggande projekt:

- Mikrosfärer bidrar till sprutbetongs salt-frostbeständighet.
- Mikrosfärerna har en positiv inverkan på betongens konsistens.
- Mikrosfärerna har ingen negativ inverkan på sprutbarhet eller mängden återstuds.
- Mikrosfärerna förblir intakta under tillverknings- och sprutprocessen och kan därmed bilda väldefinierade luftporer i den sprutade betongen.
- Hållfasthetsförluster vid användning tillsammans med krympreducerande tillsatsmedel.
- Vissa kvaliteter av mikrosfärer kan vara luftindragande och därmed ge höga lufthalter.
- Att användning av mikrosfärer är ett potentiellt sätt att åstadkomma robust frostbeständighet hos sprutbetong.
- Ger mycket god frostresistens vid användning i konventionell betong.

9 FÖRSLAG PÅ FORTSATT FORSKNING OCH UTVECKLING

Resultaten från detta projekt har resulterat i ett antal frågeställningar som bör utredas i ett fortsättningsprojekt. Dessa frågor är:

- Hur är mikrosfärerna fördelade i den sprutade betongen, dvs. ger mikrosfärerna ett adekvat luftporsystem? Detta är viktigt att fastställa då även referensbetongen utan luftporbildande tillsatsmedel presterade mycket bra vid frysprovningen. Går det att påvisa ett adekvat luftporsystem i samtliga sprutade betonger visar det att det är möjligt att skapa sprutbetong med robust frostbeständighet genom tillsats av mikrosfärer.
- Mikrosfärerna drar in luft i varierande grad. På grund av detta är det viktigt att utreda mikrosfärernas bidrag till frostbeständigheten, dvs. hur många vol.-% mikrosfärer krävs för att åstadkomma frostbeständighet om den extra indragna luften elimineras?
- Lufthaltsmätning med vanligt tryckkärl förefaller inte mäta halten mikrosfärer i betongen. Därför bör en eller flera alternativa metoder för detta utvärderas då det är viktigt att kunna verifiera luftinnehållet, t.ex. vid mottagningskontroll där ett visst innehåll mikrosfärer är föreskrivet.

REFERENSER

- [1] Blindheim, O.T., Aagaard, B: Frequently asked questions about sprayed concrete, answers for the practitioner, Second International Symposium on Sprayed Concrete – Modern Use of Wet Mix Sprayed Concrete for Underground Support, Gol, Norway 23-26 September 1996.
- [2] Malmgren, L., Nordlund, E., Rolund, S: Adhesion Strength and Shrinkage of Shotcrete, Tunnelling and Underground Space Technology, no. 20, 2005, pp. 33-48.
- [3] Lagerblad, B., Fjällberg, L., Westerholm, M: Sprutbetongs krympning – modifiering av betongsammansättning, SveBefo rapport 86.

PX00080-01

Frostprovning SS 13 72 44, I A (salt)

Resultat efter 133 cykler

Prov märkt	Avflagnat material (kg/m ²) efter				
	7	14	28	42	56 cykler
1 A	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
1 B	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03
2 A	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
2 B	< 0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3 A	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3 B	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
4 A	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
4 B	< 0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
5 A	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
5 B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01
6 A	< 0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6 B	< 0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
7 A	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
7 B	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
8 A	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
8 B	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

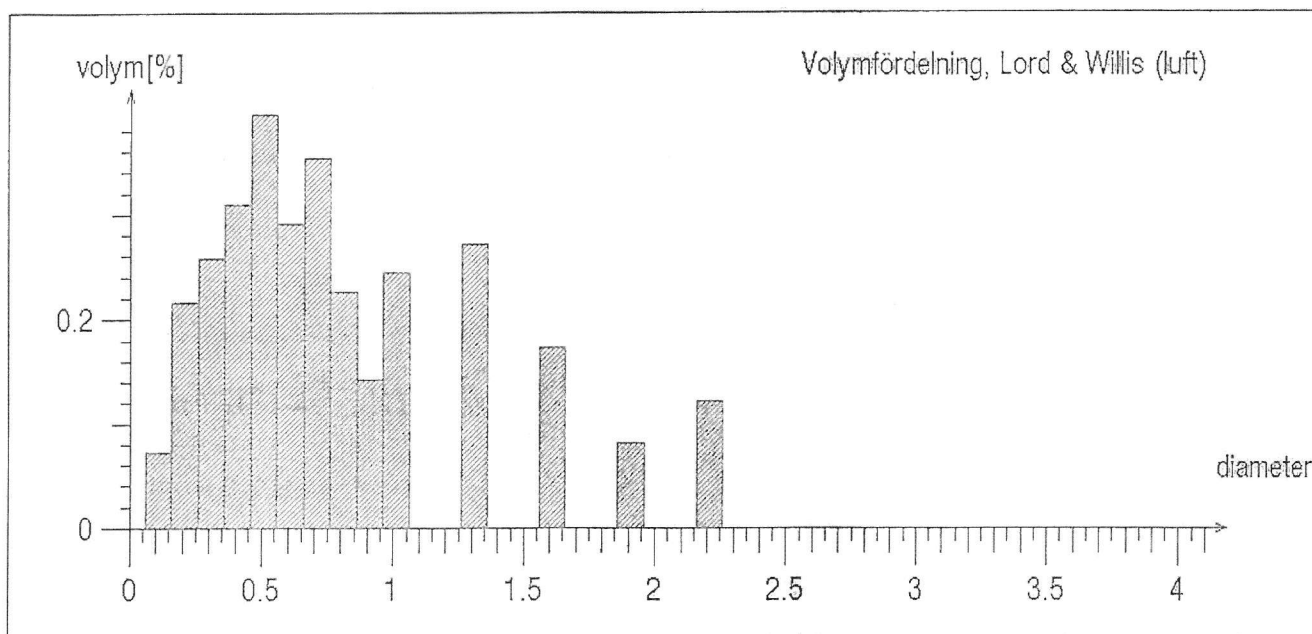
Prov märkt	Avflagnat material (kg/m ²) efter				
	73	84	98	112 cykler	133 cykler
1 A	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
1 B	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06
2 A	0,10	0,13	0,19	0,25	0,30
2 B	0,01	0,01	0,02	0,02	0,06
3 A	0,02	0,02	0,03	0,05	0,07
3 B	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
4 A	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07
4 B	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
5 A	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
5 B	0,01	0,02	0,02	0,05	0,07
6 A	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06
6 B	0,03	0,04	0,05	0,08	0,11
7 A	0,06	0,07	0,10	0,12	0,15
7 B	0,09	0,10	0,14	0,16	0,20
8 A	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11
8 B	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06

CBI Luftporanalys

Lars Melin
Provning & Kontroll

111-03-08 07.4

PX00080
"1"



Mätlängd	192000 mm
Ballast	0 mm ² (0.0%)
Pasta	945 mm ² (35.0%)
Luft	112.99 mm ² (4.2%)
Totalt	2700 mm ² (50 bilder)

Powers avståndsfaktor	0.305
Specifik area	15.267

Ringhals, Svallschakt

Betonggjutning bakom ny bågsättare

Nedan givet förslag på betongrecept skall inte betraktas som en specifikation, men väl förslag på en möjlig sammansättning av en lämplig betongmassa. Betongmassan till gjutningen bakom nya bågsättare måste anpassas och provas före gjutning med lokal ballast från betongleverantören.

Gjutningen kommer att ske under vatten i ett trångt utrymme. Betongmassan skall vara pumpbar i 2-tums slang mht det trånga utrymmet samt ha självkompakterande egenskaper då komprimering av betongen inte är möjlig. Betongmassan skall fylla ut formen och ha en liten krympning för att en volymetrisk kontraktion inte skall försämra anläggningen för bågsättarens nya hjulbana. Provpumpning av betongmassan skall ske innan gjutning för att verifiera god pumpbarhet, pumpstabilitet och utflytningsförmåga (konsistens) efter pump.

Stighastigheten under gjutningen kommer att bli hög pga liten volym per tvärsnitt (ca 4.3 dm³/m). All betongmassa till gjutningen måste pumpas in i formen – utan uppehåll – varför blockering och pumpstopp inte får ske. Skulle så ske finns en stor risk att vatten pumpas in i betongmassan, vilket påverkar gjutresultatet negativt.

Utgångsförslag – Betongsammansättning:

Betong	C45/55 Självkompakterande (SKB) FSM 1
Cementtyp	CEM I 42.5N MH / LA / SR (Anläggningscement)
Cementhalt	ca 450 kg/m ³
vct	≤ 0.40
D _{max}	≤ 11 mm
Stenhalt	ca 40%
AUV-medel*	fabrikat och dosering enligt leverantör
Flytmedel*	fabrikat och dosering enligt leverantör
Krympreducerare*	fabrikat och dosering enligt leverantör
Luftporbildare	SikaAer Solid (mikrosfärer), dosering 1 vikt-% av cementvikten.
Lufthalt	ca 4.0 - 5.0%

* tillsatsmedel kompatibla med varandra.

Betongmassas sammansättning och pumpbarhet skall kontrolleras i god tid före gjutning så att eventuella justeringar av sammansättningen kan provas före gjutning.

Forstresistens verifieras genom provning. Provkroppar (gjutna och/eller ur konstruktionen borrarade cylindrar) skall provas enligt SS 137244 (A).

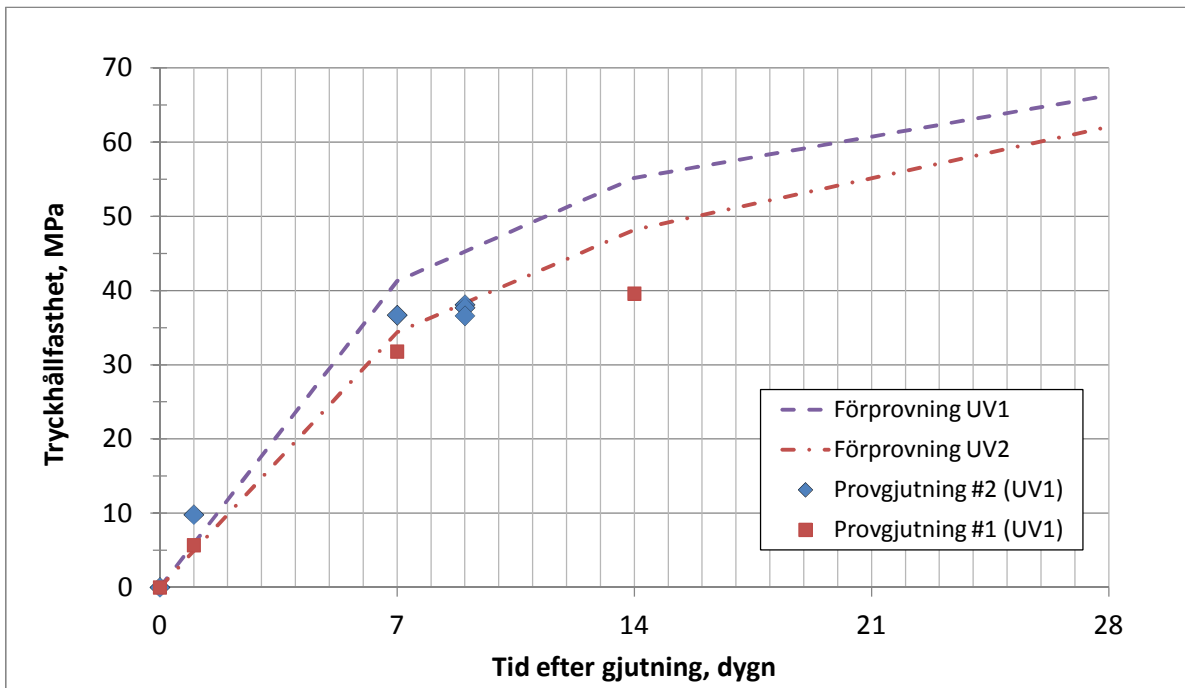
C45/55			2012-06-08		2012-06-18				
tid, d	Förprovning UV1	Förprovning UV2	tid, d	Provgjutning #1 (UV1)	Provgjutning #2 (UV1)	Diff #1	Diff #2	Rel. förprov. UV1	
0	0	0	0	0	0				
7	41,3	34,4	1	5,7	9,8	5,7	9,8		
14	55,2	48,2	7	31,8	36,7	26,1	26,9	17%	
28	66,3	62,1	9		38,1	-31,8	1,4		
			9		37,7	0	-0,4		
			9		36,6	0	-1,1		
			14	39,6		39,6	-38,1	40%	
			28			-39,6	0	11,1	

SS-EN 206-1

Villkor 1: $f_{cm_ref} > f_{ck} + 1,48\sigma$
 Villkor 2: $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
 Villkor 3: $f_{cm_ref} > f_{ck} + \dots$
 s15:
 σ

Beroende på fabriken spridning och övrig produktion.
 51 MPa

Ej bedömt här.
 Ej känt värde (spridning 15 senaste proverna)
 Ej känt värde - antagen/provad spridning föregående period.



Provningsrapport för SS-EN 12390-3 - Hårdnad betong - tryckhållfasthet

Sidan 1 av 1

Beställare Skanska Sverige AB Bo Persson	Gjutdatum 2012-06-30	Provningsstart 2012-07-28
	Ankomstdatum 2012-06-30	Provningslut 2012-07-28
	Typ av provobjekt Kub	Antal provobjekt 4

Uppgifter om betongen lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

Leverantör AB Färdig Betong Värö- fabriksbet.190	Provtagningsplats Fabrik lev till Ringhals 3, svallschakt	
Entreprenör Skanska Sverige AB	Provtagare Ingemar Löfgren	
Objekt Skanska Littera: 137089-200-5000	Märkning R3-1, R3-2, R3-5, R3-6 tryck	
Betongtyp C480	Cementfabrikat Deg.Anl.Std Cem I 42,5 N MH/SR/LA	
Cementhalt (kg) 482	Fabrikat på tillsatsmedel/material SIKA 56 50%-ig	
Typ av tillsatsmedel/material V-red./flyt	Mängd i % / kg av cementhalt 2,5	
Luftporbildare	1	
Antiurvaskningsmedel	1	
	Sika Aer Solid	
	Sika UCS	
Börvärde	Uppmätt värde	Betongtemperatur
Konsistens (mm)	Konsistens (mm)	(°C)
Lufthalt (%)	efter Lufthalt (%)	23,4
SF1	670	Max stenstorlek (mm)
	650	8
		vct / vctekv. 0,37

Provningsresultat

Märkning	Tryck-ålder (dygn)	Densitet (kg/m ³)	Brottlast (kN)	Hållfasthet (MPa)
R3-1	28	2390	1354	59,7
R3-2	28	2390	1363	59,9
R3-5	28	2390	1395	62,0
R3-6	28	2400	1392	62,3
resultat		2390		61,0

Hårdning av provkropp
Vattenlagring

Ytbeskaffenhet
Torr yta
Vattenlagring

Anmärkning
Densitet är bestämd enligt SS-EN 12390-7.
Volym bestämd genom mätning.

1 ex till lennart.bengtsson@fardigbetong.se,
martin.stafstrom@fardigbetong.se, hans.hedlund@skanska.se

Ort och datum
Göteborg 2012-07-30



Ingemar Löfgren, teknisk handläggare
Utskriften är med en elektronisk signatur

*Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
Resultaten avser endast provade objekt.*

B111 2012-07-10 Utvidgad mätosäkerhet SS-EN 12390-3: U=2u= ± 0,9 %, SS-EN 12390-7: U=2u= ± 10 kg/m³

Provningsrapport för SS137244 - Hårdnad betong - avflagning vid frysning

Sidan 1 av 1

 Beställare
Skanska Sverige AB
 Bo Persson

 Gjutdatum
2012-06-30
 Ankomstdatum
2012-06-30
 Typ av provobjekt
Kub
 Provning start
2012-07-20
 Provning slut
2012-09-24
 Antal provobjekt
4
Uppgifter om betongen lämnade av uppdragsgivaren eller dess ombud

 Leverantör
AB Färdig Betong Värö- fabriksbet.190
 Entreprenör
Skanska Sverige AB
 Objekt
Skanska Littera: 137089-200-5000

 Provtagningsplats
Byggplats Ringhals 3, svallschakt
 Provtagare
Ingemar Löfgren
 Märkning
R3-3, R3-4, R3-7, R3-8
 Cementfabrikat
Deg.Anl.Std Cem I 42,5 N MH/SR/LA
 Fabrikat på tillsatsmedel/material
SIKA 56 50%-ig
Sika Aer Solid
Sika UCS

Betongtyp	Cementhalt (kg)
C480	482
Typ av tillsatsmedel/material	Mängd i % / kg av cementhalt
V-red./flyt	2,5
Luftporbildare	1
Antiurvaskningsmedel	1

Börvärde		Uppmätt värde		Betongtemperatur	
Konsistens (mm)	Lufthalt (%)	Konsistens (mm)	efter	Lufthalt (%)	(°C)
SF1		670	Blandning		23,4
		650	Pump		max stenstorlek (mm)
					8
					vct / vctekv. 0,37

Provningsresultat

 Provning enligt **III A**

Märkning	Avflagning (kg/m ²) efter X dygn				
	7	14	28	42	56
R3-3	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03
R3-4	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02
R3-7	0,00	0,01	0,03	0,03	0,03
R3-8	0,00	0,01	0,06	0,09	0,13
Resultat	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05

Bedömning enligt SS 137244 : Mycket god

 Anmärkning
 Bedömningen baseras på medelvärdet.
 R3-8 uppvisar God frostbeständighet.
 1 ex till lennart.bengtsson@fardigbetong.se,
 martin.stafstrom@fardigbetong.se, hans.hedlund@skanska.se
 Tillägg till provningsrapport med projektnr 20121245, daterad 2012-09-26

 Ort och datum
Göteborg 2012-11-13

Stina Ericsson, tekniskt handläggare
 Utskriften är med en elektronisk signatur

*Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.
 Resultaten avser endast provade objekt.*

 B112 120710 Mätosäkerhet 1A:U=2u±0,06 kg/m² om Mv< 0,10 kg/m², U=2u± 0,20 kg/m² om Mv< 0,50 kg/m²
Thomas Concrete Group AB

 C.lab
 Ringögatan 14
 417 07 Göteborg

 Besöksadress
Ringögatan 14

 Telefon nr
0104-50 51 00
 Telefax nr
0104-50 51 01

 Org. nr
556062-2812
 SE nr
14-556276-3655

 E-mail adress
c.lab@tcg.nu
 Internetadress
www.tcg.nu