



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



LENNART BELLBERG  
GÖRAN ERIKSSON  
BJÖRN YTTERGREN

# Realkalisering av betong

R10: 1994

Jämförelser mellan olika  
betongrenoveringsmetoder

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400129310



BYGGFORSKNINGSRÅDET

BFR

R10:1994

**REALKALISERING AV BETONG**

**Jämförelser mellan olika  
betongrenoveringsmetoder**

**Lennart Bellberg  
Göran Eriksson  
Björn Yttergren**

**V-BIBLIOTEKET  
BYGG & KONSTRUKTION  
SEKTIONEN FÖR VÄG & VATTEN  
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Box 118, 221 00 LUND**

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 920397-3  
från Byggforskningsrådet och 2061 från Svenska  
Byggbranschens Utvecklingsfond till Siab AB, Stockholm.**

## REFERAT

Realkalisering av betong utförs på äldre betong som blivit karbonatiserad in till armeringsnivån - samt eventuellt utsatt för samtidig kloridinträngning - så att risk för armeringskorrosion föreligger. Betongens pH-värde återställs vid realkaliseringen och armeringen skyddas mot korrosion för ytterligare en lång tid framöver.

Metoden skiljer sig från "vanlig" kloridutdrivning genom att man här tillför alkali (natrium) på betongytan. Därefter påläggs en elektrisk spänning mellan den befintliga armeringen och det nät som monterats på ytan.

Det första realkaliseringsprojektet utfördes i Norge 1987. Långtidseffekterna har man i dagsläget inte hunnit få så stora praktiska erfarenheter av då de äldsta projekten endast är 6 år, men laboratorieförsök visar en avsevärd livslängdsökning jämfört med vad man tidigare har kunnat påvisa. Man får på kortare tid ett bättre skydd för armeringen vid realkalisering än vid enbart kloridutdrivning då man inte tillför natriumkarbonat. Natriumkarbonatet stannar nämligen kvar i betongen och utgör en buffert mot sänkt pH. Realkaliserade prover karbonatiseras därför inte till skillnad från nygjutna opåverkade prover som utsätts för accelererad provning med förhöjd koldioxidhalt. De realkaliserade proverna får visserligen sänkt pH i denna atmosfär, men återfår sitt ursprungliga höga pH vid återgång till normal atmosfär.

I denna rapport beskrivs tekniken vid realkalisering och de kemiska processer som äger rum. Den balkongreovering med realkaliseringsmetoden som gjordes i Bromma utanför Stockholm under 1992 beskrivs och jämförs med några andra balkongreoveringar med andra metoder. Slutligen anges några råd och viktiga faktorer att ta under beaktande vid val av reoveringsmetod.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R10:1994

ISBN 91-540-5628-4  
Byggforskningsrådet, Stockholm

**gotab** 10685, Stockholm 1994

# REALKALISERING AV BETONG

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

0	SAMMANFATTNING	sid	4
1	BAKGRUND		5
2	TEKNIKEN		8
2.1	Beskrivning av realkaliseringsmetoden.		8
2.2	Kemiska processer		9
2.3	Metodens eventuella skadliga påverkan på betongen		10
3	FÖRDELAR MED REALKALISERING		12
3.1	Tekniska/Praktiska fördelar		12
3.2	Ekonomiska aspekter		12
3.3	Patent och licenser		13
4	KV DYNAN		14
4.1	Beskrivning av projektet		14
4.2	Arbetsgång och åtgärdsomfattning		15
5	JÄMFÖRELSE MED NÅGRA ANDRA BALKONGRENOVERINGSPROJEKT		17
5.1	Kv Dynan		17
5.2	Kv Råmen, Daglösen och Lelången		17
5.3	Kv Vintergatan		18
5.4	Kv Tallen		18
5.5	Trapphus, Kristianlyst, Stavanger		18
6	VAL AV RENOVERINGSMETOD		19
6.1	Några faktorer att ta under beaktande vid val av renoveringsmetod		19
6.2	Val av renoveringsmetod i olika steg		19
7	HÄNVISNINGAR TILL FÖRETAG		20
8	REFERENSER		21

## BILAGOR

- Bilaga 1: Del av besiktningsprotokoll, balkonger, kv Dynan.  
Bilaga 2: Analys av alkalitet på realkaliserad betong.  
Bilaga 3: Kostnadsjämförelse mellan olika balkongrenoveringar.

## FÖRORD

Föreliggande rapport har initierats av Lennart Bellberg, Siab, i samband med ett renoveringsprojekt i Bromma i Stockholm. Siab hade uppdraget att utföra en fasadrenovering av fem st bostadshus med sammanlagt 144 st bostadslägenheter. Fyra av husen hade 104 st balkonger som var av ett stort behov av renovering. Betongen var kraftigt karboniserad och på många ställen hade armeringens korrosion orsakat bortsprängning av betongtäcksiktet.

Eftersom balkongerna var indragna i fasaden och utgjorde en del av bjälklagsplattan var det synnerligen intressant att titta efter några alternativ till att bila ner hela plattorna och gjuta nya som det i anbudshandlingarna var angivet. Det hade knappast ej heller varit möjligt att bo kvar i lägenheterna under dessa arbeten.

En stor andel av de boende var äldre och pensionärer (vilka förmodligen tillbringar en större andel av dagen hemma i bostaden än de som förvärvsarbetar). Med stor respekt och hänsyn till dessa ville man minimera bilningstiden.

Realkalisering framstod som det kvalitetsmässigt bästa alternativet med minimalt bilningsarbete. De boende kunde stanna i lägenheterna under hela renoveringen.

Denna rapport har framställts med ekonomiskt stöd från Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF och Byggforskningsrådet, BFR.

Stockholm den 25 juni 1993

# REALKALISERING AV BETONG

## 0 SAMMANFATTNING

Realkalisering av betong utförs på äldre betong som blivit karbonatiserad in till armeringsnivån - samt eventuellt utsatt för samtidig kloridinträngning - så att risk för armeringskorrosion föreligger. Betongens pH-värde återställs vid realkaliseringen och armeringen skyddas mot korrosion för ytterligare en lång tid framöver.

Metoden skiljer sig från "vanlig" kloridutdrivning genom att man här tillför alkali (natrium) på betongytan. Därefter påläggs en elektrisk spänning mellan den befintliga armeringen och det nät som monterats på ytan.

Metoden har tillämpats under några år i Norge, Belgien, Holland, Schweiz, Storbritannien och har nu även tillämpats i Sverige vid en balkongreovering under 1989 och en under 1992. Totalt i världen har ca 85 000 m<sup>2</sup> realkaliserats och ökningstakten är ca 50 - 70% per år.

Det första realkaliseringsprojektet utfördes i Norge 1987. Långtidseffekterna har man i dagsläget inte hunnit få så stora praktiska erfarenheter av då de äldsta projekten endast är 6 år, men laboratorieförsök visar en avsevärd livslängdsökning jämfört med vad man tidigare har kunnat påvisa. Man får på kortare tid ett bättre skydd för armeringen vid realkalisering än vid enbart kloridutdrivning då man inte tillför natriumkarbonat. Natriumkarbonatet stannar nämligen kvar i betongen och utgör en buffert mot sänkt pH. Realkaliserade prover karbonatiseras därför inte till skillnad från nygjutna opåverkade prover som utsätts för accelererad provning med förhöjd koldioxidhalt. De realkaliserade proverna får visserligen sänkt pH i denna atmosfär, men återfår sitt ursprungliga höga pH vid återgång till normal atmosfär.

I denna rapport beskrivs tekniken vid realkalisering och de kemiska processer som äger rum. Den balkongreovering med realkaliseringsmetoden som gjordes i Bromma utanför Stockholm under 1992 beskrivs och jämförs med några andra balkongreoveringar med andra metoder. Slutligen anges några råd och viktiga faktorer att ta under beaktande vid val av reoveringsmetod.

## BAKGRUND

Betongen utgör normalt ett mycket gott skydd mot korrosion av armeringen på grund av dess höga pH-värde (pH 12,5-13). Med tiden tränger dock koldioxid från den omgivande luften in i betongen och reagerar med kalciumföreningar och alkalihydroxider varvid pH-värdet sjunker (pH < 9). En front av karbonatiserad betong tränger allt djupare in och når så småning om armeringen. Armeringsstålet kan härvid börja rosta. Hur snabbt armeringskorrosionen sedan fortgår beror av tillgången på syre (sprickor) och av hur fuktig betongen är.

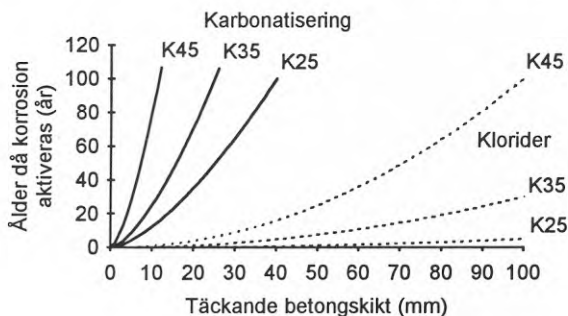
Den maximala korrosionshastigheten i karbonatiserad betong får man vid en relativ ånghalt på 95%. Under ca 85% är betongen för torr för att någon korrosion skall kunna ske. Vid helt vattenmättad betong å andra sidan, blir syretillgången för låg för att någon korrosion skall kunna ske./1/

Karbonatisering innebär i sig inte någon försämring av betongen. Karbonatiserad betong är hårdare än okarbonatiserad. Det är korrosionsprodukternas större volym som gör att täcksiktet sprängs bort. Den fortsatta korrosionen går därefter mycket snabbt på grund av att syret får större tillträde. Normalt tar det dock 10 - 20 år från det att korrosionen startar till dess att bortsprängningar uppträder.

Förekomst av kloridjoner (salt) kan också orsaka korrosion. Kloridjonerna ökar även den elektriska ledningsförmågan hos det elektrolyt som porvätskan i betongen utgör och påskyndar korrosionsförloppet. Om halten av fria kloridjoner - som finns lösta i porvätskan - överstiger en viss kritisk nivå kan armeringskorrosionen också starta utan att karbonatiseringsfronten har nått armeringen.

Klorider binds också kemiskt av cementet samt adsorberas på porväggarna. Vid karbonatiseringen minskar den kloridbindande förmågan kraftigt. Därför kommer en front med allt högre kloridhalt att skjutas fram av karbonatiseringsfronten.

Genom att öka armeringens täcksikt eller höja betongens täthet (d v s välja en högre betongkvalitet) kan man fördröja tidpunkten för start av armeringskorrosion, vilket i huvudsak har varit och är den gängse metoden för att anpassa konstruktionen mot armeringskorrosion i olika miljöer och därmed öka dess livslängd. Se figur.



För att göra konstruktionen torrare och stoppa inträngningen av koldioxid eller klorider samt minska tillgången på syre, kan någon form av tätskikt eller impregnering



påföras på betongytan. På parkeringsdäck till exempel, kan det vara fråga om gjutasfalt eller någon typ av polymermatta. På vertikala ytor och i tak kan det vara "vanlig" målarfärg (akrylplast) eller någon polymerbaserad impregneringsvätska. Flera för vattenånga diffusionsöppna men karbonatiseringsbromsande ytskyddsmedel finns numera på marknaden. Se vidare i /6/.

För att hindra klorider lösta i vatten från att tränga in i betongen krävs även vid höga betongkvaliteter någon form av tätskikt om man vill uppnå en hög livslängd.

Eftersom saltbelastning, karbonatiseringsdjup, armeringens täcksikt och betongens uppsprickning varierar i konstruktionen uppträder de synliga skadorna punktvis i form av bortsprängning av den täckande betongen. På övriga ytor kan karbonatiseringsfronten och/eller kloriderna ha trängt in till armeringen utan att armeringen har korroderat så mycket att några synliga skador har uppstått.

Det traditionella har länge varit att enbart bila bort betong med synliga skador eller betong med saltavlagringar. Övriga ytor måste då skyddas mot fortsatt inträngning av karbonatiseringsfronten och saltinträngning om livslängden skall kunna förlängas. Om karbonatiseringsfronten nått armeringen måste ytskyddet stoppa syretillförseln och sänka fuktnivån i betongen. Om karbonatiseringsfronten inte ännu har nått fram till armeringen kan ett lager sprutbetong hindra fortsatt karbonatisering genom att denna måste genomkarbonatiseras först. Sprutbetong är dessutom diffusionsöppen och är av naturliga skäl av hög kvalitet (lågt vct). En sekundär gynnsam effekt är också att kloriderna och pH-värdet med tiden utjämnas mellan den gamla och nya betongen. Om kloridhalten uppgår till den kritiska nivån och armeringskorrosion därmed redan pågår kan den inte stoppas med ett ytskydd.

På elektrokemisk väg kan också korrosionsprocessen stoppas och de kemiska processerna drivas i motsatt riktning genom en yttre pålagd elektrisk spänning.

För närvarande finns det tre olika varianter av elektrokemiskt korrosionsskydd:

- Katodiskt skydd
- Kloridutdrivning (desalination)
- Realkalisering

Vid katodiskt skydd installeras en permanent strömkälla mellan armeringen och ett på betongytan monterat titannät belagt med ädelmetall. Nätet täcks med ett lager sprutbetong eller puts för att få elektrisk kontakt med armeringen. Så länge som strömmen är påkopplad kommer armeringen att vara katod och järnatomerna hindras att gå i lösning. Se vidare i /13/.

Kloridutdrivning eller desalination tillgår kemiskt på samma sätt, men man har bara strömmen inkopplad under en period. Det utlagda nätet täcks med cellulosa massa eller fiberduk som bevattnas för att få elektrisk kontakt med armeringen. Vid ett tillfälle har även fuktad sand använts. Det var på en ramp till ett parkeringsdäck. Sanden täcktes med trädurkar och rampen kunde trafikerats samtidigt som processen pågick.

När spänningen läggs på mellan det utlagda nätet och armeringen kommer kloridjonerna att vandra ut ur betongen. De i porvätskan fria kloriderna vandrar ut på

några dagar. De bundna kloriderna kommer sedan att delvis lösas upp i porvätskan, varför man vid höga kloridjonhalter måste göra upprepade behandlingar med några veckors mellanrum. Den pålagda spänningen stoppar pågående korrosion och det börjar bildas hydroxidjoner vid armeringen. Det bildas därmed ett alkaliskt skikt runt armeringen som förhindrar korrosion.

Vid realkalisering utgör en lösning med natriumkarbonat elektrolyt. Natriumkarbonatet tränger in i betongen på några dagar och åstadkommer en basisk miljö som förhindrar armeringskorrosion. Karbonatiseringen innebär i sig inte någon fara för betongen, det är den försurade miljön som är skadlig för armeringen. Realkaliseringstekniken och de kemiska processerna beskrivs i nästa avsnitt.

Om i huvudsak höga kloridhalter utgör risk för armeringskorrosion är kloridutdrivning den lämpligaste metoden. Vid enbart karbonatiserad betong väljer man realkalisering. (Eventuella klorider kommer naturligtvis att drivas ut även vid realkalisering, men om kloridjonhalten är allt för hög kan betongen inte realkaliseras förrän kloriderna har drivits ut.)

Vid kloridutdrivning återgår man nästan till de förhållanden som var i betongen då den var nygjuten, pH-värdet höjs och ett skyddande oxidskikt återskapas på armeringen. Vid realkalisering tillförs ett nytt och förbättrat korrosionsskydd genom att natriumkarbonatet tränger in i betongporerna och ger ett överskott av natriumjoner. Natriumkarbonatet tränger in i betongporerna på ganska kort tid (ca 1 dygn) och ger därmed snabbare resultat.

## 2 TEKNIKEN

### 2.1 Beskrivning av realkaliseringsmetoden.

Vid realkalisering av karbonatiserad betong tillförs natriumkarbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) på betongytan. Man använder en mättad vattenlösning (1 molar) som blandats med cellulosa-fibrer till en grynig massa. Denna sprutas sedan på betongen och kan tack vare cellulosaiblandningen hänga kvar på vertikala ytor och undersidor.

Före realkaliseringen måste lös betong och lösa korrosionsprodukter avlägsnas. Det är viktigt att det inte finns armering i ytan, genomgående sprickor eller liknande vilket kan leda till att processen kortslutes. Genomgående sprickor in till armeringen måste lagas. Allt av metall som kan vara i kontakt med armeringen isoleras med plast, silikon, epoxi, cementbruk eller likvärdigt material.

Innan cellulosaiblandningen med natriumkarbonat sprutas på betongytan monteras ett stålnät upp. Man använder ett vanligt armeringsnät  $\phi 3 - \phi 5$  s150. Stångdimensionen väljs med hänsyn till karbonatiseringsdjupet. Stålet kommer ju att korrodera kraftigt under processen, så ju längre tid man skall realkalisera desto grövre stångdimension krävs. Vid realkalisering är dock stångdimensionen ej av samma avgörande betydelse som vid desalinering på grund av den alkaliska miljön. Hanterbarhet och montering kan ändå kräva en lämplig minimidimension.

Stålnätet monteras på ett litet avstånd ifrån betongytan (25 mm), vanligen på träläkt som lämpligen monterats upp med plastplugg eller dylikt (elektrisk kontakt med armeringen får ej uppstå). Näten skarvas om lott och najas ihop. På några ställen borrar man ett hål genom betongytan in till ett armeringsjärn och skruvar in en skruv för att få en elektrisk förbindning med den befintliga armeringen. Vanligen gör man en anslutning per ca 50 m<sup>2</sup>, dock min 2 anslutningar på varje realkaliseringsområde. De ingjutna järnen står normalt i elektrisk förbindning med varandra. Det elektriska motståndet mellan anslutningspunkterna till armeringen mäts för att verifiera kontinuiteten.

Spänningen slås på när massan med natriumkarbonat har sprutats på som därmed utgör elektrolyt. Man använder en likströmskälla med en spänning på ca 12 V och strömtätheten är ca 1 A/m<sup>2</sup>. Den befintliga armeringen ansluts till strömkällans minuspol som därmed blir katod. Det påmonterade nätet ansluts till pluspolen och blir anod. Strömmen får stå på i 3 - 4 dagar. (Det tar dock vanligtvis bara ca 1 dag för betongen att genomfuktas.) Hela tiden tillses det att fibermassan hålls fuktig genom tillförsel av ny elektrolyt.

Strömmen gör att natriumkarbonatet ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) tränger in i betongporerna. Samtidigt bildas natriumlut (NaOH) inne vid armeringsjárnets yta. Både natriumlut och natriumkarbonat är alkaliska lösningar med  $\text{pH} > 10$  och utgör ett gott skydd mot armeringskorrosion. Eventuella kloridjoner i betongporerna kommer att repelleras av armeringen och vandra ut till cellulosaiblandningen.

Vid högt kloridinnehåll transporteras dock inte natriumkarbonatet in i betongen, varför kloridutdrivningsprocessen måste ske först. På så sätt blir kloridjonkoncentrationen avgörande för hur lång tid hela processen kommer att ta. Om processen kommer att pågå under en lång tid kommer också mycket

hydroxidjoner att bildas vid armeringen. Man får en hög alkalitet hos betongen utan att man behöver tillföra natriumkarbonat.

Vart efter processen fortgår kommer, vid konstant spänning, strömmen att öka - på grund av att resistansen minskar när betongen fuktas - till dess att natriumkarbonatet har nått in till armeringen. Då blir strömförbrukningen konstant. Genom att mäta strömförbrukningen ser man när natriumkarbonatet har trängt ända in och processen kan avslutas. Då sker också en liten ökning av strömmen, vilket indikerar lutproduktionen på stålet. I praktiken reglerar man nu spänningen i stället för att låta strömmen öka, och försöker därmed hålla strömmen konstant på ca 1 A/m<sup>2</sup>.

Efter några dagar tas ett kärnborrprov för att verifiera inträngningsdjupet med fenolftalinelösning. Om resultatet inte är tillfredsställande kör man processen ytterligare någon dag.

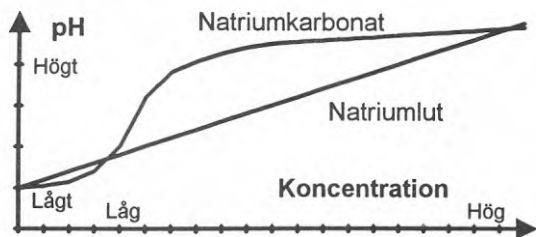
Efter avslutad behandling monteras anodnätet ner och cellulosamassan spolas bort med vatten. Anodnätet kan efterlämna rostfläckar på betongytan som i så fall tas bort med högtrycksvattentvätt eller sandblästring. Större avstånd mellan nät och betongyta ger mindre rostfläckar, minst 20 mm rekommenderas. Rostfläckar kan naturligtvis undvikas helt om man använder sig av ett anodnät av ett inert material.

För efterkontroll av realkaliseringens korrosionsskyddande förmåga kan referenselektroder ingjutas på några ställen. Den elektriska potentialen mellan dessa och armeringen anger om risk för korrosion föreligger eller ej. Det är en fördel om dessa kan monteras några månader före behandlingen. Det tar nämligen 1 - 2 månader för elektroderna att stabilisera sig och man kan även få en tillståndsrapport baserad på referensvärden innan behandlingen.

## 2.2 Kemiska processer

Både natriumkarbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) och natriumlut (NaOH) är alkaliska lösningar med pH över 10.

Natriumkarbonat är en buffert som behåller sitt höga pH-värde över ett stort koncentrationsområde medan pH-värdet för natriumlut minskar successivt med minskad koncentration.



Uttryckt med kemiska formler står natriumkarbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) och natriumbikarbonat (NaHCO<sub>3</sub>) under följande jämviktsförhållande:



Förhållandet bestäms av tillgången på koldioxid ( $\text{CO}_2$ ) och vatten ( $\text{H}_2\text{O}$ ). pH-värdet för systemet ökar med ökad koncentration av natriumkarbonat. Vid den koldioxidkoncentration som vanlig luft har, ställer jämvikten in sig vid 88% natriumkarbonat och 12% natriumbikarbonat vid 1 molar lösning. 1 molar är näst intill mättad lösning, och är det man använder vid realkalisering. Denna lösning har pH 10,5 - 11 och förhindrar därmed vidare korrosion. Armeringskorrosionen startar först då pH-värdet kommer ner till ca 9. (Vid höga kloridhalter kan korrosionen starta vid högre pH-värden, se vidare i /1/.)

För att reducera natriumkarbonatandelen och därmed pH-värdet måste antingen halten av vatten eller koldioxid öka. Ökad tillförsel av vatten innebär i praktiken att lösningen tunnas ut genom att natriumkarbonat sköljs bort. För att åstadkomma detta krävs dock mycket stora mängder vatten, vanligt regn är inte tillräckligt. Vid en utsköljning får man dock ett permanent sänkt pH och försämrat skydd, varför man för kajor och liknande konstruktioner bör förse ytan med ett tätskikt.

Om koldioxidkoncentrationen ökar kommer en större andel av natriumkarbonat att övergå till natriumbikarbonat. (Någon större förändring är dock knappast möjlig, annat än i industriella lokaler.) Det här innebär dock ingen permanent förändring. Om koldioxidkoncentrationen sjunker igen kommer den ursprungliga jämvikten och pH-värdet att återetableras.

Oddvar Muri vid NOTEBY har verifierat detta vid laboratorieförsök /3/.

Vid försöken lades en karbonatiserad och därefter realkaliserad betongkub in i en behållare med 100 ggr förhöjd koldioxidatmosfär. Efter en tid blev all natriumkarbonat omvandlad till natriumbikarbonat. Vid kontroll med fenolftalin förblev den realkaliserade betongen färglös, d v s pH var mindre än 9. Efter en tids lagring i vanlig luft påfördes fenolftalin på nytt. Den realkaliserade betongen färgades nu röd eftersom det nya jämviktsläget och pH-värdet hade inställt sig.

När samma försök utförs på en icke realkaliserad och okarbonatiserad betong, kommer den att karbonatiseras och betongen får en permanent pH-reduktion.

### **2.3 Metodens eventuella skadliga påverkan på betongen**

#### *Alkalikiselsyrareaktioner*

Om ballasten innehåller alkalilöslig kiselsyra kan den reagera med porvattnet i cementpastan varvid en svällning uppstår. En uppsprickning av hela betongvolymen eller små utsprängningar i betongytan kan då uppstå. Ballasttyp, kornstorlek hos ballasten, fukt och mängden alkali måste samtliga kombineras på ogynnsammaste sätt för att några skador över huvud taget skall kunna uppstå.

I Sverige är dock sådan ballast ej så vanlig. Den förekommer dock kring Stockholm, i Jämtland och i Skåne varför en viss teoretisk risk för skadliga alkalikiselsyrareaktioner kan finnas. I praktiska fall visar det sig dock att det inte är någon fara för alkalikiselsyrareaktioner. Förmodligen beror detta på att man har en mycket långsammare reaktion i praktiska fall än vid de laboratorieförsök som gjorts.

Om man befarar en risk för alkalikiselsyrareaktioner kan man ta ut borrprover från betongen och göra en kemisk analys i förväg. Vid realkaliseringen tillses sedan att mängden tillförd alkali begränsas.

I Norge, Frankrike och Belgien har realkalisering utförts på konstruktioner som innehållit skadlig ballast utan att några skador uppstått.

#### *Vidhäftningsförsämring för armeringen*

Om en alltför kraftig elektrisk ström används finns det risk för försämrad vidhäftning mellan armering och betong. Dels kan ett vätgastryck uppstå vid armeringen när vatten sönderdelas i protoner, vätgas och syre och dels kan det bli "halt" av att koncentrationen av natronlut snabbt blir hög invid armeringen. Man kan få en försämrad vidhäftning på uppemot 20% för släta stänger. Strömbelastningen måste då dock vara ganska hög, ca 10 A/m<sup>2</sup>. Det är vid försök med kloridutdrivning som man har använt sig av så höga strömmar. Vid realkalisering är det inte lika motiverat. Det är inga problem att hålla sig vid 1 A/m<sup>2</sup>, och då uppstår ingen nämnvärd försämring av vidhäftningen.

Vid kamstålsarmering överförs krafterna mellan betong och armering så gott som uteslutande av kammarna varför vidhäftningen saknar betydelse.

#### *Väteförsprödning av armeringen*

Vid höga strömbelastningar kan det finnas en risk för väteförsprödning av spännlinor av högvärdigt stål. För vanlig slakarmering är dock risken liten.

### **3 FÖRDELAR MED REALKALISERING**

#### **3.1 Tekniska/Praktiska fördelar**

Vid betongrenoveringar med hjälp av realkaliseringsprocessen kan bilningsarbetena reduceras till ett minimum. Endast områden med bortsprängt täckskikt och kraftigt korroderad armering behöver bilas upp. Detta innebär minskat buller och störning för omgivningen samt eventuellt hyresgästen. Traditionell bilning med mejselhammare innebär inte heller någon bra arbetsmiljö för den som utför bilningsarbetet i stendamm, buller och ofta med tunga handverktyg.

Vid en hel nedbilning måste en större mängd bilningsmassor tas om hand än vid renovering. Massorna skall först transporteras ner till marken och sedan till ett lämpligt upplag. Vid nygjutningen krävs sedan givetvis kraftigare formar och stämp än vid renovering samt åtkomlighet med betongpump eller kranar.

Vid realkalisering blir hela betongytan jämnt behandlad och därmed kan ett gott skydd garanteras för en lång tid framöver. Samtliga armeringsjärn ligger inbäddade i porvätskan med natriumkarbonat med högt pH-värde så att stålet passiviseras.

Vid nygjutningar fås alltid krympsprickor. Gammal betong har krympt färdigt varför sprickorna blir mindre och färre vid renoveringar med små gjutningar och lagningar. En renoverad betong (realkaliserad och/eller kompletterad med ett tätskikt) kan av denna anledning innebära ett bättre skydd än en helt nygjuten i ett långt tidsperspektiv.

#### **3.2 Ekonomiska aspekter**

Kostnaden för att utföra ett realkaliseringsarbete brukar ligga mellan 600 - 1000 kr/m<sup>2</sup> betongyta. Det gäller vid måttligt till normalt bilningsarbete med smärre lagningar utan att kompletterande armering, gjutningar och sprutbetong behövs i någon större utsträckning. Kostnaden avser färdigrenoverad fasad och alla arbeten, allt material samt byggnadställningar ingår.

Kostnaderna stiger givetvis mycket snabbt med ökande omfattning av bilning och gjutningar. Reparationen bör därför utföras i god tid innan skadorna blivit alltför omfattande. Karbonatiseringen tränger ju - som tidigare nämnts - in i betongen som en relativt jämn front. När fronten väl har nått armeringen dröjer det kanske 10 år innan korrosionen startar, och det därmed bildas korrosionsprodukter som spränger bort täckskiktet. Innan dessa synliga skador uppstår har man således gott om tid på sig att undersöka hur långt karbonatiseringen har gått och ta itu med renoveringsarbetet.

Idag är det tyvärr vanligt att man väntar allt för länge med renoveringen. Inte förrän stora delar av betongtäckningen har lossnat brukar man fundera på att en renovering behövs. Ofta har skadeförloppet gått så långt att man även står inför valet att riva allt och gjuta om hela konstruktionen. Har man kommit ända till detta "panikläge" är detta ofta det billigaste alternativet. Det kan dock finnas arkitektoniska eller kulturella miljöaspekter som gör att man väljer att renovera. Minskat buller kan vara en annan anledning - vilket var viktigt i kv Dynan.

### 3.3 Patent och licenser

Realkaliseringsmetoden är patenterad.

NORWEGIAN CONCRETE TECHNOLOGIES (NCT) A/S har patenträttigheterna i hela världen. NCT har i sin tur licensierade företag och/eller entreprenörer med ensamrätt inom sina geografiska områden. Det kan vara hela länder eller bara delar av ett land. I Norge är NOT ENTREPRISE A/S huvudlicenchavare och några entreprenörer är ARONITE A/S, A/S BETONG, SELMER-NORD och E-SERVICE. I Sverige är BETONGRENOVERINGS AB (BRAB) huvudlicenchavare och entreprenör med sublicens i södra och mellersta Sverige är RENOVERINGSENTREPRENADER AB (REAB).

Royalty och licensavgift är ca 8 - 12 % av entreprenadsumman.

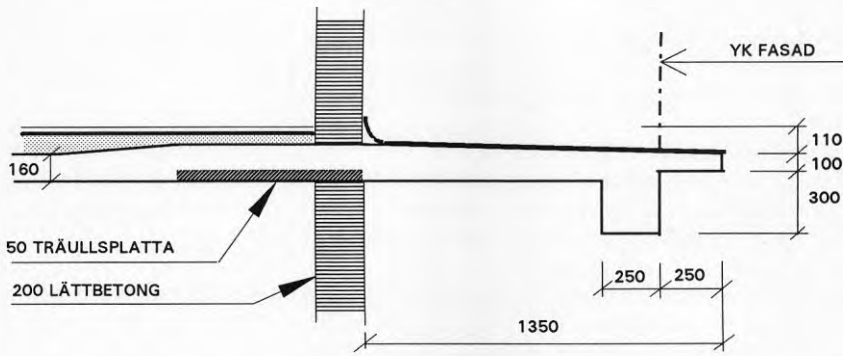


## 4 KV DYNAN

### 4.1 Beskrivning av projektet

Kv Dynan är ett bostadsområde i Bromma i västra Stockholm som Siab på totalentreprenad fick i uppdrag att renovera under 1992. Området består av 5 hus med 3 - 4 våningar och 141 lägenheter. Husen är byggda 1944-45, har en platsguten betongstomme och utfackningspartier murade med gasbetongblock. Sammanlagt har husen 104 st balkonger. Dessa renoverades och realkaliserades med kvarboende under hela renoveringen.

Balkongerna ligger infällda i fasaden. Längs fasaden finns en bärande kantbalk och balkongplattan är en del av bjälklagsplattan.



SEKTION GENOM BALKONG



Betongen hade karboniserats till ett djup av 60 - 80 mm och på flera håll hade betong sprängts loss i stora sjok på grund av armeringskorrosion. Se utdrag av besiktningsprotokoll i bilaga 1.

Med hänsyn till skadornas omfattning låg det nära till hands att bila ner balkongerna helt och hållet och gjuta nya. Utformningen av balkongplattorna/bjälklaget gjorde dock att det fanns anledning titta på andra alternativ med renovering. Några viktiga problemställningar var:

Hur garanteras bäringen av lägenhetsbjälklaget vid nerbilning av balkongerna? Behövs det någon säkerhetsstämp och hur skall den monteras utan att vara i vägen? Eller kan den murade utfackningsväggen bära bjälklagsplattan när balkongen är nerbilad? Om den kan det, hur stor är då risken för sprickor i väggen och i bjälklagsplattan?

Om betongen är dålig även en bit in i plattan finns risk att betongstycken faller ner inne i lägenheterna vid de kraftiga vibrationer som uppstår. Detta innebär en fara för de kvarboende (och deras tillhörigheter) inne i lägenheterna.

Ljudet av bilningsarbetena kommer att ledas in väl i stommen och fortplanta sig i hela huset och orsaka ett störande buller under en lång tid för de kvarboende. Med hänsyn till att en stor del av de boende var pensionärer och således i större utsträckning än andra vistas i bostaden på dagtid bör man minimera bilningsarbetena.

En prisjämförelse mellan inkomna anbud avseende balkongrenoveringen visade att renovering med realkalisering låg i nivå med hel nerbilning. Vid hel nerbilning hade man dock reserverat sig för hur bäringen av bjälklaget skulle klaras samt för vibrationer och buller till lägenheterna.

Realkalisering var det säkraste alternativet med minimal bilning och utan stämpling eller risk för sprickor.

## 4.2 Arbetsgång och åtgärdsomfattning

På balkongernas översida avlägsnades först en 30 mm tjock överbetong samt underliggande isolering. Balkongplattans konsolande del utanför kantbalken bilades ibland bort helt och hållet, men i genomsnitt bilades 150 - 200 mm bort av denna. Frilagd armering injusterades så att ett täcksikt om 25 mm kunde erhållas.

Balkongytan sandblästrades och i den mån skador och sprickor förekom i betongen lagades de med STO snabblagningsbruk.

Vid formsättningen av framkanten på balkongerna monterades även en list för droppkant in i formen. På balkongernas överyta monterades ett armeringsnät  $\phi 5$  s150. Den befintliga konstruktionsbetongen förvattnades innan gjutningen av ny framkant och överbetong med STO renoveringsbruk. Betongkvalité K40, luft min 6,5%. Pågjutningens tjocklek var 40 mm. Vid väggen utformades hålkäl till samma höjd som tidigare (ca 150 mm) med STO snabblagningsbruk.

Därefter kunde själva realkaliseringsprocessen av balkongernas undersidor ta vid. Den utfördes i områden om max 200 m<sup>2</sup> åt gången. Under processen mättes totalströmmen genom elektrodkontaktarna för varje realkaliseringsområde 1 - 2 gånger per dag. Man mätte också vid varje anslutningskabel för att kontrollera att man hade en jämn strömfördelning. Efter 4 dygn kontrollerades inträngningsdjupet med fenolftalin på utborrade kärnor. I samtliga fall färgades hela betongen röd.

Referenselektroder monterades också på några ställen, totalt 9 stycken, för att i framtiden kunna göra mätningar av armeringens korrosionspotential. Några potentialmätningar har ännu ej utförts på dessa.

Balkongplattornas översida och framkant fram till droppnäsan behandlades med 2 strykningar STO Betoflex. STO Betoflex är ett cement och konsthartsslam som ger en slitstark och vattentät yta.

Balkongplattornas undersida och balkens sidor behandlades med 2 strykningar STO Betongsiegel W. Det är en karbonatiseringsfördröjande utomhusfärg på akrylbas.

De nedersta balkongerna var underbyggda av en annan lägenhet eller ett källarutrymme. Här realkaliserades överytan och en ny membranisolering utfördes. Framkanten fick bilas ner och gjutas om. 20 stycken av de totalt 104 balkongerna återfick detta tvåskiktsutförande.

Balkongernas undersidor målades vita. I några fall inträffade det dock att färgen flagnade av. Orsaken till detta var troligen att färgen inte var tillräckligt genomsläpplig för vattenånga. Man skall betänka att stora mängder fukt har tillförts betongen under realkaliseringsprocessen och den är i det närmaste att betrakta som nygjuten betong. Det karbonatiseringsfördröjande medlet är nästan helt diffusionsöppet för vattenånga och bidrar inte till att förbättra förhållandena för målarfärgen. Båda måste även vara alkalibeständiga. Efter realkaliseringsprocessen kan ett visst överskott av natriumkarbonat tränga ut på ytan.



## 5 JÄMFÖRELSE MED NÅGRA ANDRA BALKONGRENOVERINGSPROJEKT

I bilaga 3 finns en uppställning med några olika balkongrenoveringsprojekt med arbetstid och kostnad per kvadratmeter balkong och kostnad per hel balkong.

Det finns många och stora variationer mellan projekten varför jämförelser måste göras med viss försiktighet. Dels varierar givetvis skadornas omfattning och de därav erforderliga åtgärderna men också ursprungligt utförande och beställarens krav på slutligt utförande/utseende efter renovering. Åtkomlighet, terräng och antalet våningar är andra faktorer som kan spela in och till exempel påverka valet av (kostnaden för) byggnadsställningar, betongpump m m.

Balkongrenovering och realkalisering i kv Dynan utfördes av AARONITE A/S till ett fast pris. Kv Råmen, Daglösen och Lelången i Årsta har nyligen avslutats och har satts upp med tider och kostnader så som de har utfallit. Övriga projekt har satts upp med sina kalkylvärden och är under utförande eller har utförts av Siab. Kostnader för byggnadsställningar ingår ej.

Sist har två projekt från Norge tagits med. Det första med stora och "rena" ytor med ganska lite bilning och lagning. Det andra har komplicerade och mycket omfattande lagningar med gjutningar med ny armering, sprutbetong och putsning. I dessa två projekt ingår byggnadsställningar.

### 5.1 Kv Dynan

De konkurrerande anbudena på balkongrenoveringen på kv Dynan vilka föreskrev hel nerbilning låg i ungefär samma prisnivå som det som AARONITE lämnat med realkalisering. Dessa hade då dock reserverat sig för hur lasterna från bjälklagsplattorna och vibrationerna till lägenheterna skulle tas om hand.

För att få mer jämförbara värden har en del arbeten som ursprungligen ingick i entreprenaden undantagits i jämförelsen. Det gäller huvudsakligen renovering av balkongräcken, särskild membranisolering och droppbleck av plåt på souterrängsbalkonger samt målning av balkongundersidan. Behandlingen med karboniseringsfördröjande medel - som ju är en extra åtgärd och som inte görs vid nygjutning - har ej heller medtagits. Behandling av balkongöversidan med STO Betoflex ingår.

Angiven yta avser realkaliserad betongyta, d v s även balkens sidor ingår.

### 5.2 Kv Råmen, Daglösen och Lelången

Hel nedbilning och nygjutning av 289 st balkonger. Alla balkonger lika och samma gjutformar kunde användas till i genomsnitt 15 st balkonger.

Faktiska värden som framkommit vid uppföljning avses.

### 5.3 Kv Vintergatan

Hel nedbilning av 18 balkonger med stålram. 8 konsolbalkonger och 10 vinkelbalkonger runt hushörn. Balkongplatta med vouter mot stålbalkarna. Ny form för varje balkong krävdes. Blästring och mönja på stålbalkar ingår.

### 5.4 Kv Tallen

Balkonger renoverade med 2-skiktssystem "Team Proguard".

Där synliga skador uppstått bilas betongen bort och lagas. Betongytorna beläggs med en epoxyprimer och en elastisk membranfärg, vilka båda är diffusionsöppna men täta för koldioxid. Fortsatt karbonatisering förhindras därmed.

Vid korroderad armering måste lösspjälkt betong och karbonatiserad betong bilas bort även bakom armeringen, annars finns det risk för fortsatt korrosion.

### 5.5 Trapphus, Kristianlyst, Stavanger

Stränga bullerkrav p g a många äldreboende. Bilningsarbeten maximerade till 2 timmar per dag. Bilningen var i huvudsak koncentrerade till fogar och fogmarkeringar där täcksikten endast var 5 - 10 mm.

Realkaliseringen gjordes i etapper om 400 m<sup>2</sup> under 4 - 5 dagar med en strömtäthet av 1 A/m<sup>2</sup>.

Karbonatiseringsfördröjande färgbilning med en svag grå ton av fabrikat RESCON påfördes därefter.



## 6 VAL AV RENOVERINGSMETOD

### 6.1 Några faktorer att ta under beaktande vid val av renoveringsmetod

Miljön	Förekomst av klorider	Havsvatten, kajer och byggnader vid havet Tösalt på trafikerade konstruktioner.
	Fukt- resp syretillgång	Ständigt vattenmättad betong eller omväxlande uttorkning och fuktning.
Skadornas omfattning		Kloridinhåll i betongen. Karbonatiseringsdjup. Enbart bortsprängt täcksikt. Kraftigt korroderad armering som måste bytas ut.

### 6.2 Val av renoveringsmetod i olika steg m h t skadeomfattning

1. Påförande av ytskydd  
Karbonatiseringen har inte nått armeringen  
eller  
Kloridjonkoncentrationen är lägre än  
tröskelnivån för armeringskorrosion.
2. Realkalisering/Kloridutdrivning  
"Synliga" skador i begränsad omfattning.  
Bortsprängt täcksikt men armeringen  
finns kvar.  
Vid karbonatiserad betong väljs  
realkalisering. Om höga kloridjon-  
koncentrationer är det huvudsakliga  
problemet väljs kloridutdrivning.
3. Rivning och nygjutning  
Kraftigt korroderad armering som måste  
bytas ut. Mycket höga kloridjon-  
koncentrationer.

(Alternativ till realkalisering och kloridutdrivning kan vara katodiskt skydd)

## 7 HÄNVISNINGAR TILL FÖRETAG

Realkaliseringsmetoden är patenterad.

Världspatent: NCT, Norwegian Concrete Technologies A/S  
John B Miller  
P.O. Box 6626 Rodeløkka  
0502 Oslo  
Telefon +47 - 2 - 38 37 90

Huvudlicens i Norge: N.O.T. ENTREPRISE A/S  
Per Sverre Horve  
Skansegt. 11  
4006 Stavanger  
Telefon +47 - 4 - 53 94 00

Några av de företag/entreprenörer med sublicens och erfarenhet av utförandet är i Norge:

AARONITE A/S  
A/S BETONG  
SELMER-NORD  
E-SERVICE

Huvudlicens i Sverige: BRAB, Betongrenoverings AB  
Svante Rösman

Sublicens för utförande i södra och mellersta Sverige:  
REAB, Renoveringsentreprenader AB  
Svante Rösman  
Box 8413  
402 79 GÖTEBORG  
Telefon 031 - 50 20 46

- /1/ Betongkonstruktioners beständighet, Göran Fagerlund, CEMENTA 1990
- /2/ Elektrokemi och korrosionslära, Einar Mattsson, Korrosionsinstitutet 1987
- /3/ Durability of Re-alkalisation, Liv Odden, NCT 1991
- /4/ Muntlig information och brev från Liv Odden, NCT 1992-93
- /5/ Muntlig information från Karin Pettersson, CBI 1992-93
- /6/ Ytskydd för betong, Lars Johansson, CBI 1992
- /7/ Muntlig information från Per Sverre Horve, NOT 1992
- /8/ Muntlig information från John B Miller, NCT 1993
- /9/ Re-alkalisering: Ny metode for behandling av 'betongsyken', Liv Odden, Ingenior-nytt nr 36 1988.
- /10/ Elektro-kemisk chloridudtraekning af beton, John B Miller och Ervin Poulsen, Dansk betong nr 3 1988.
- /11/ Electrochemical process stops rebar corrosion, Anne Smith, Concrete Construction, February 1991.
- /12/ Kloridutdrivning ur betong, Folke Karlsson, Nordisk Betong 4 - 1990.
- /13/ Katodiskt korrosionsskydd av stålarmring i betongkonstruktioner, Göran Camitz & Karin Pettersson, Korrosionsinstitutet, bulletin 103, 1991



BESIKTNING AV BALKONGER SAMT UPPRÄTTANDE AV ÅTGÄRDSFÖRSLAG,  
SNÖRMAKARVÄGEN 45-51 OCH KNYPLERSKEVÄGEN 24-42, BROMMA

### 1. Orientering

På uppdrag av Brf Dynan, Bromma c/o HSB Stockholm har DKB, Danderyd Konsult och Byggnads AB besiktigt balkonger på rubricerade fastigheter. Fastigheterna är uppförda 1944-1945.

Besiktningen syfte är att utreda balkongernas tillstånd ur säkerhets och teknisk synpunkt. Resultatet från undersökningen ligger till grund för ett åtgärdsförslag.

### 2. Beskrivning av balkongerna

Balkongerna består av en bärande betongplatta, förmodligen asfaltisolering samt slipsats. Mellan den bärande betongplattan och asfaltisoleringen finns en dropplåt i balkongernas kanter. Den bärande armeringen ligger dels i underkant betongplatta (inre delen) dels i överkant betongplatta (delen utanför balk). Armeringen består av släta stänger med ändkrok.

Balkongräcket, vars stomme är utförd av stål, är infäst dels i balkongplattan och dels i ytterväggen.

### 3. Undersökningens omfattning

Undersökningen omfattar okulär besiktning av balkongplattorna och räckesinfästningarna, mätning av betongens karbonatisering samt täckande betongskikt över armering (enstaka balkonger).

På grund av att enstaka lägenheter ej var tillgängliga har tillhörande balkonger ej kunnat besiktigas. Resultatet av den okulära besiktningen framgår av bilaga.

Betongens karbonatisering mättes i balkongernas undersidor och översidor. Mätningen utfördes genom att 1,5 % fenolftaleinlösning sprutades in i uppborrade hål. När betongen ändrar färg till rödviolett har man kommit till okarbonatiserad betong. Karbonatiseringsdjupet kan variera inom samma område, varför som regel minst tre mätningar utfördes på respektive konstruktionsdel. I de fall man hamnade i en sten av någorlunda storlek borrades ett nytt hål strax intill i vilket karbonatiseringsdjupet bestämdes. Täckande betongskikt mättes med skjutmått och/eller en elektromagnetisk utrustning. Mätresultaten framgår av tabell 1.

#### 4. Balkongernas tillstånd

Av orienteringsskisser (se bilaga) framgår balkongernas numrering.

Av 104 balkonger var 99 balkonger tillgängliga för besiktning. De allvarligaste skadorna finns i balkongernas kanter där betongen hos 23 balkonger är mycket dålig och har börjat vittra sönder. I samband härmed finns risk för nedfall av betongstycken.

Generellt gäller att räckesinfästningar på samtliga besiktigade balkonger har rostskador. Vanligt förekommande är sprucken betong runt räckesinfästningarna. I några fall förekommer även avskalad betong runt räckesinfästningar.

Beläggningarna hos balkongerna är med några få undantag i dålig kondition.

Vid mätning av karbonatiseringsdjup konstaterades att karbonatiseringen har gått genom täckande betongskikt och en bra bit förbi armeringen. Karbonatiseringsdjup och täckskikt redovisas i tabell 1.

TABELL 1.		KARBONATISERINGSDJUP OCH TÄCKANDE BETONGSKIKT			
Balkong	Karbonatiseringsdjup		Täckskikt		Anmärkning
nr	mm		mm		
Snörmakarvägen 45-51					
1	>68,>75,>70	M>71	21, 25, 19	M=22	balk
1	65, 64	M=65	25, 45	M=35	undersida
5	34, vid järn	>61	30, 30		översida (intill kant)
14	>80, 75, 65	M>73	14, 4, 19	M=12	balk
14	>80,>80, 75	M>78	30, 24, 30		undersida
Knypperskevägen 24-28					
13	50, 33, 54	M=46	40, 30, 20	M=30	undersida
15	70, 52,>70	M>64	19, 30, 24	M=24	balk
15	65,>65, 50	M>60	-, 20, 19	M=20	undersida
Knypperskevägen 30-34					
1	58, 63,>63	M>61	35, 30, 35	M=33	undersida
8	44, 34, 48	M=42	30, 38, 38	M=35	undersida
8	61, 37, 73	M=57	22, 29, 21	M=24	balk
9	59, 58, 50	M=56	40, 39, 35	M=38	undersida
Knypperskevägen 36-42					
6	67, 52, 60	M=60	29, 30, 29	M=29	balk
6	71, 64, 52	M=62	29, 25, 23	M=26	undersida
7	>70,>70, 59	M>66	22, 19, 20	M=20	balk
7	>70,>70,>70	M>70	29, 10, 12	M=17	undersida

## 5. Bedömning

Skadorna hos vissa balkonger är kraftiga och kan snabbt ytterligare förvärras. Risk för nedfall av betongstycken föreligger hos ett flertal balkonger. En del lösa betongstycken togs bort under besiktningen men det förekommer fortfarande många lösa betongstycken. I bilagan redovisas de balkonger hos vilka lösa betongstycken förekom.



Datum: Date

Beteckning: Reference

Ert Datum: Your Date

Ert Beteckning: Your Reference

920915

09 16

SIAB BYGG Stockholmsregionen  
Lennart Bellberg  
Box 150 13  
161 15 BROMMA

### Angående pH-värde i realkaliserade betongplattor från Bromma.

Det betongprov som överlämnades till undertecknad, vid mötet den 26/8-92 i Bromma, har analyserats med avseende på dess alkalitet. Titring med saltsyra, HCl, har utförts på betongprovets porvätska. Resultatet från denna analys visade ett pH-värde på 12.9. Detta värde ger ett bra skydd åt armeringen i balkonplattorna.

Vänlig hälsning

Karin Pettersson  
Beständighetsgruppen



Datum/Date

Beteckning/Reference

Ert Datum/Your Date

Er Beteckning/Your Reference

1993-05-14

SIAB TEKNIK  
Björn Yttergren  
115 86 Stockholm

## Angående pH-analys av realkaliserade balkongplattor, kv Dynan i Bromma.

Cement och Betong Institutet, CBI, har emottagit betongprover från från Siab Teknik den 5 maj 1993. Provbitarna var uttagna från realkaliserade balkongplattor Bromma. CBI har analyserat pH-värdet, alkaliteten, i dessa prover med hjälp av syratitrering på den urlakade porvätskan. Resultaten visas i nedan tabell.

	provbenämning	pH
Överkastet 1:	24a 26d	13,9 13,7
Överkastet 2:	30d *30h	13,5 13,4
Överkastet 3:	38a 38e	13,7 13,7
Sömmen:	49a 45c	13,7 13,0

\*30h enligt provpåsens märkning, på bifogad skiss hittades ingen 30h.

Med vänliga hälsningar

Helen Bjurulf  
Beständighetsgruppen

**1. Kv Dynan, Bromma****Renovering med realkalisering:**

Arbete:	2200 man-timmar		Smalhus, 3 - 4 våningar
Antal balkonger:	104 st	21 tim/balkong	Bilning av överbtg o framkant
Yta:	7,0 m <sup>2</sup>	3,0 tim/m <sup>2</sup>	Sandblästring
Fast kostnad:	1138000 kr	1563 kr/m <sup>2</sup>	Blir 1-skitksbalkong
Arbetskraftskostnad:	0 kr/tim	0 kr/m <sup>2</sup>	Gjutning av framkant
Totalkostnad:	1138000 kr	1563 kr/m <sup>2</sup>	Realkalisering
			10942 kr/balkong

**2. Kv Råmen, Daglösen och Lelången, Årsta****Hel nedbilning:**

Arbete:	3900 man-timmar		Smalhus, 3 - 5 våningar
Antal balkonger:	289 st	13,5 tim/balkong	Konsolbalkonger
Yta:	2,4 m <sup>2</sup>	5,6 tim/m <sup>2</sup>	Bef huvudarmering sparas
Fast kostnad (Material):	303450 kr	438 kr/m <sup>2</sup>	Hälkärl, h = 30 mm
Arbetskraftskostnad:	210 kr/tim	1181 kr/m <sup>2</sup>	Lagning av sockelputs
Totalkostnad:	1122450 kr	1618 kr/m <sup>2</sup>	3884 kr/balkong

**3. Kv Vintergatan, Stagneliusgatan 38, Fredhäll****Balkong med stålram, hel nerbilning:**

Arbete:	540 man-timmar		Punktthus, 4 ½ våningar
Antal balkonger:	18 st	30 tim/balkong	8 konsol- o 10 vinkelbalkonger
Yta:	4,6 m <sup>2</sup>	6,6 tim/m <sup>2</sup>	Alla något olika
Fast kostnad (Material, UE):	87000 kr	1061 kr/m <sup>2</sup>	Ursparing i balkongundersida
Arbetskraftskostnad:	210 kr/tim	1383 kr/m <sup>2</sup>	Sockel hälkärl, h = 100 mm
Arbetsledning:	5600 kr	68 kr/m <sup>2</sup>	Betong K40, ÖK + UK armering
Drift:	13500 kr	165 kr/m <sup>2</sup>	Ingen ytbehandling
Totalkostnad:	219500 kr	2677 kr/m <sup>2</sup>	12194 kr/balkong

**4. Kv Tallen, Uppfartsvägen, Solna****Lagning + karbonatiseringsbroms:**

Arbete:	330 man-timmar		Punktthus, 4 våningar
Antal balkonger:	32 st	10 tim/balkong	Konsolbalkong utan kantbalk
Yta:	3 m <sup>2</sup>	3,4 tim/m <sup>2</sup>	Bilning och lagning
Fast kostnad (Material):	52100 kr	543 kr/m <sup>2</sup>	Applicering av diff.öppen pimer och membranfärg
Arbetskraftskostnad:	230 kr/tim	791 kr/m <sup>2</sup>	
Totalkostnad:	128000 kr	1333 kr/m <sup>2</sup>	4000 kr/balkong

**5. Finnberget, Nacka****Hel nedbilning:**

Arbete:	450 man-timmar		
Antal balkonger:	15 st	30 tim/balkong	
Yta:	3 m <sup>2</sup>	10,0 tim/m <sup>2</sup>	
Fast kostnad (Material):	20000 kr	444 kr/m <sup>2</sup>	
Arbetskraftskostnad:	210 kr/tim	2100 kr/m <sup>2</sup>	
Totalkostnad:	114500 kr	2544 kr/m <sup>2</sup>	7633 kr/balkong

**6. Kv Falkonetten 2, Smedsbacksgatan 5, Gärdet****Balkong med stålram, hel nerbilning:**

Arbete:	2160 man-timmar			Punkthus, 8 våningar
Antal balkonger:	72 st	30 tim/balkong		Konsolbalkonger
Yta:	3 m <sup>2</sup>	10,0 tim/m <sup>2</sup>		Plan balkongundersida
Fast kostnad (Material, UE):	300000 kr	1389 kr/m <sup>2</sup>		Sockel hälkäl, h = 100 mm
Arbetskraftskostnad:	210 kr/tim	2100 kr/m <sup>2</sup>		Betong K40, UK armering
Arbetsledning:	10000 kr	46 kr/m <sup>2</sup>		Ingen ytbehandling
Drift:	30000 kr	139 kr/m <sup>2</sup>		
Totalkostnad:	793600 kr	3674 kr/m <sup>2</sup>	11022 kr/balkong	

**7. Trapphus med betongväggar, Kristianlyst, Stavanger****Realkalisering:**

Arbete:	1400 man-timmar			Utvändiga trapphus, 17 vån.
Yta:	1750 m <sup>2</sup>	0,80 tim/m <sup>2</sup>		Smärre bilning och lagning
Fast kostnad:	1200000 kr	686 kr/m <sup>2</sup>		Realkalisering
Arbetskraftskostnad:	0 kr/tim	0 kr/m <sup>2</sup>		Bel. med karbonatiseringsbroms
Totalkostnad:	1200000 kr	686 kr/m <sup>2</sup>		Byggnadsställningar ingår

**8. Kajmagasin med betongväggar, Skoltegrundskaien, Bergen****Realkalisering:**

Arbete:	5000 man-timmar			Baldakiner, loftgångar
Yta:	3000 m <sup>2</sup>	1,67 tim/m <sup>2</sup>		Omfattande bilning och lagning
Fast kostnad:	9000000 kr	3000 kr/m <sup>2</sup>		Mejselbiln, vattenbiln, sandbl.
Arbetskraftskostnad:	0 kr/tim	0 kr/m <sup>2</sup>		Primning
Totalkostnad:	9000000 kr	3000 kr/m <sup>2</sup>		Arm. gjutn. sprutbtg. lagning
				Putsning
				Realkalisering
				Bel. med karbonatiseringsbroms
				Målning









**R10:1994**

ISBN 91-540-5628-4

Byggeforskningsrådet, Stockholm

Art.nr: 6814010

Abonnemangsgrupp:

Z. Konstruktioner och material

Distribution:

Svensk Byggtjänst

171 88 Solna

Cirkapris: 75 kr inkl moms