



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.



Rapport

R39:1991

Sättningsuppföljning i samband med grundförstärkning

Erfarenheter från Gamla Stan
i Stockholm

Hjördis Andersson
Connie Olsson

RJK

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	<i>Ser</i>

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135546

Byggforskningsrådet

R39:1991

SÄTTNINGSUPPFÖLJNING
I SAMBAND MED GRUNDFÖRSTÄRKNING

Erfarenheter från Gamla Stan i Stockholm

Hjördis Andersson
Connie Olsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 880655-7
från Statens råd för byggnadsforskning till Statens
geotekniska institut, Linköping.

REFERAT

Sättningsuppföljning har utförts i anslutning till grundförstärkning av byggnader i Gamla Stan i Stockholm. Analysen avser enbart sättningsobservationer. Om sättningarna medfört byggnadsskador har ej undersökts.

Före grundförstärkningsarbetena har husen satt sig med upp mot 5 å 8 mm/år. Storleken av sättningarna uppvisar dock stor variation och sker ofta ojämnt inom byggnaderna. Förstärkningsarbetena har medfört sättningar av storleken 2 å 5 cm som ett medelvärde för objekten. Såväl mindre som betydligt större sättningar har förekommit. I nästan samtliga grundförstärkningsobjekt fortsätter den grundförstärkta byggnaden att sätta sig efter färdigställd grundförstärkning. Storleken av "eftersättningen", här definierad som den sättning som uppmätts efter slutbesiktning av grundförstärkningsarbetena, är ofta 1 å 2 cm. Sättningarna fortgår vanligen under flera år. För vissa objekt avstannar ej sättningarna under den mätperiod som funnits tillgänglig.

Sättningspåverkan på omgivningen förekommer normalt i Gamla Stan. Påverkan sträcker sig ofta upp till 10 å 20 m från den förstärkta byggnaden. Omgivningspåverkan i samband med genomförandet av grundförstärkningsarbeten erhålls även i vissa byggnader som grundförstärkts tidigare. Exempel finns där sättningsutvecklingen har stoppats upp genom grundförstärkning, men där nya sättningar inträffar i samband med senare grundförstärkningar intill. Påverkan från omgivningen synes starta ett nytt sättningsförlopp av samma slag som inträffade vid förstärkningen av det "egna huset".

Analysen visar att förhållandena i Gamla Stan är mycket komplexa. Inträffade sättningar har ställts i relation till nyttjade påltyper, pållängder, jordlagerförhållanden och tidigare grundläggning. Inverkan på sättningsituationen av vissa förhållanden stöds av den del mätresultat. Ofta påträffas dock exempel på motsatt inverkan.

I Bygghörsningsrådets 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.

R39:1991

ISBN 91-540-5352-8
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab 93908, Stockholm 1991

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	FÖRORD	5
2.	SAMMANFATTNING	6
3.	BAKGRUND OCH SYFTE	9
4.	GEOLOGI/GEOTEKNIK	10
5.	HUSGRUNDLÄGGNING	12
6.	UTFÖRDA GRUNDFÖRSTÄRKNINGAR	14
	6.1 Allmänt	
	6.2 Påtyper	
	6.3 Övriga förstärkningsmetoder	
	6.4 Lastöverföringssystem	
7.	UTFÖRDA SÄTTNINGSMÄTNINGAR	19
8.	TIDIGARE SÄTTNINGSANALYSER	21
9.	SÄTTNINGAR I GRUNDFÖRSTÄRKTA HUS	23
	9.1 Utvärderingsmetodik	
	9.2 Sättningar i direkt samband med grundförstärkningsarbeten	
	9.3 Sättningar efter avslutade grundförstärkningsarbeten	
10.	SÄTTNINGAR I NÄRLIGGANDE HUS - OMGIVNINGSPÅVERKAN	37
	10.1 Generella resultat	
	10.2 Karakteristiska exempel	
11.	SLUTSATSER	52
	11.1 Sättningar i grundförstärkta hus	
	11.2 Sättningar i närliggande hus	
12.	FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNING	61
13.	REFERENSER	62

BILAGA 1: Data från utförda grundförstärkningar

BILAGA 2: Beteckningar

KARTBILAGA

1. FÖRORD

En analys har genomförts av sättningsmätningar från Gamla Stan i Stockholm. Underlaget för utvärderingen har varit mätningar på ca 1300 mät-dubbar under 10-årsperioden 1979-1989. Mätresultaten har i diagramform ställts till vårt förfogande av Geobyran vid Stockholms Fastighetskontor. Under samma period har ett 40-tal grundförstärkningar genomförts.

Genom en referensgrupp bestående av Håkan Bohm (Geobyran), Jan Hartlén (SGI), Staffan Hintze (KTH), Sven-Erik Rehnman (KTH) och Håkan Stille (KTH) har samverkan skett med ett projekt (doktorsarbete) på KTH som syftar till att ta fram en modell för värdering av befintliga byggnaders påverkans känslighet vid tätortsgrundläggning.

Viktiga uppgifter för utvärderingen såsom påltyp, pållängd och den tidsperiod då grundförstärkningsarbetena blev genomförda, har inhämtats genom intervjuer med de entreprenörer som utfört förstärkningsarbetena i Gamla Stan. Dick Asterö (Hercules), Klas Eliasson (BESAB), Sven Hultsjö (Grundförstärkningar) och Erling Magnusson (Stabilator) har bidragit med värdefulla upplysningar om utförda grundförstärkningar.

Håkan Bohm (Geobyran) har under arbetets gång kommit med värdefulla synpunkter.

Resultat och slutsatser i rapporten har diskuterats vid ett seminarium i Stockholm 90-10-25. Underlaget för dessa diskussioner var en preliminär version av denna rapport som i förväg utsänts till referensgruppen och ett 15-tal inbjudna sakkunniga. Vid seminariet framkomna synpunkter har beaktats vid den slutliga utformningen av rapporten.

Författarna framför härmed sitt varma tack till ovan nämnda personer, som alla på ett engagerat sätt medverkat vid genomförandet av projektet.

Projektet har finansierats av Byggforskningsrådet (projektnummer 880655-7) och SGI gemensamt.

Linköping januari 1991

Författarna

2. SAMMANFATTNING

Denna sättningsuppföljning har utförts i anslutning till grundförstärkningsobjekt i Gamla Stan i Stockholm. Geologiskt karakteriseras Stadsholmen av relativt mäktiga lager av åsmaterial. Längs strandområdena överlagras åsmaterialet av fyllning med upp till 20 m mäktighet. I de västra delarna av Gamla Stan är åsytan något flackare än på östra sidan. I de södra delarna förekommer mäktiga lager åsmaterial med ibland mycket lös lagring. Skillnader i sättningsförhållandena för hus belägna i olika delområden av Gamla Stan har studerats.

Ett 40-tal hus har grundförstärkts med nya pålar under 1980-talet. Grundförstärkningarna har utförts huvudsakligen med s.k. slanka stålrörspålar. I tre fall har pålar borrats ned och erhålligt en förstoraad pålfot, vilken placerats på relativt hög nivå i åsmaterialet.

Sättningsförhållandena skiljer sig påtagligt i olika delar av Gamla Stan. Inverkan av de geologiska förhållandena, fyllningens tjocklek, påltypen och pålarnas längd har studerats och redovisas i rapporten.

Sättningsobservationer har utförts genom precisionsavvägning av ca 1300 mätduubar installerade i husens socklar. Vid analysen av mätresultaten har sättningar före (bakgrundssättning), under och efter (eftersättning) grundförstärkningsperioden studerats. Storleken av sättningarna före förstärkningarna uppvisar stor variation och sättningarna sker ofta ojämnt i husen. Sättningsstakten är ibland upp mot 5 å 8 mm/år. Under den tid som grundförstärkningsarbetena genomförts har som ett medelvårde för studerade objekt 2, 3 och 5 cm sättning inträffat inom olika delområden av Gamla Stan. Sättningarna är minst i västra och störst i södra delen. I nästan samtliga hus försätter sättningarna en tid efter färdigställd grundförstärkning. I några fall har sättningarna ej avstannat ens efter 10 år. Variationer i sättning i olika delar av byggnaderna är ofta förekommande. I de fall där sättningarna avstannat under mätperioden är eftersättningen högst ca 1 cm och högst ca 2 cm i de västra respektive östra delarna av Gamla Stan. Eftersättningarna utbildas inom högst ca 2 år i de västra delarna och högst ca 4 år i de östra delarna. I de östra delarna fortgår dock sättningarna i många fall vid mätperiodens slut. I de södra delarna av Gamla Stan är mätperioden för kort för att någon motsvarande utvärdering skulle kunna göras.

Sättningspåverkan på omgivningen i samband med grundförstärkning förekommer normalt i Gamla Stan. Omfattning och utsträckning av denna påverkan har kunnat utvärderas relativt väl utifrån tillgängliga mätresultat. I västra och östra Gamla Stan sträcker sig sättningspåverkan upp till ett avstånd av ca 10 m från det grundförstärkta

huset. I södra Gamla Stan har sättningar inträffat upp till 20 m från grundförstärkt hus.

Att sättningar inträffar i husen i Gamla Stan beror på rörelser i olika länkar i lastöverföringskedjan från byggnaden via lösare jordar till fast lagrad jord och berg under husen. Rörelser kan härröra från väggkonstruktioner (ofta kallmurar), trägrunder (som ofta är angripna av röta), pålar som sätter sig, befintliga fyllningslager och naturligt lagrad jord (under fyllningen). Under genomförandet av grundförstärkningsarbetena alstras skakningar och vidtas ingrepp och åtgärder, som utlöser rörelser i olika delar av lastöverföringskedjan. Sättningar (kompressioner) i fyllning och naturligt, lösare lagrad jord inträffar i samband med påslagning. Skikt av finkornig jord kan tränga ned i underliggande grövre jord i samband med påslagning och leda till sättningsrörelser.

Fortsatta sättningsrörelser i husen efter avslutade grundförstärkningsarbeten kan delvis förklaras som effekter av att lastöverföringen till pålarna ej sker omedelbart. En viss sammantryckning av pålarna erfordras för att byggnadslasten skall kunna överföras via pålarna till djupare belägna jordlager. Påhängskrafter på pålarna kan också medföra långsamt fortgående sättningar i husen. Dessa krafter bör beaktas vid dimensionering av pålgrundläggningen. Kryprörelser i jordlagren under pålarna kan förklara eftersättningar för de objekt där pålarna stoppslagits/avslutats på relativt hög nivå i åsmaterialet och där underliggande åsmaterial är relativt löst lagrat.

I de objekt där "nya" sättningar konstateras i tidigare grundförstärkta hus, sammanhänger detta i vissa fall med utförande av grundförstärkningar i närliggande hus inom eget kvarter och tvärs gränderna. Det synes som att den störning som byggnaden utsätts för leder till ny lastpåföring, ny sättning och en ny utplaning av sättningskurvan. Exempel finns där tidigare grundförstärkta hus utsatts för upprepade påverkan från närliggande grundförstärkningar. Detta kan avläsas som ett antal "hack" i sättningskurvan. Sådan påverkan kan få allvarliga konsekvenser för det utsatta huset. Riskerna för sättningspåverkan på närliggande byggnader måste därför noga värderas i samband med nya grundförstärkningar i Gamla Stan.

Mätningar som visar på under lång tid fortgående sättningar och förnyade sättningsförlopp (hos tidigare grundförstärkta hus) behöver dock ej tolkas som "misslyckade" grundförstärkningar. Sättningstakten är i dessa fall relativt liten och den mätperiod som studerats är begränsad. En fortsatt sättning med låg hastighet innebär ingen olägenhet, förutsatt att sättningen sker jämnt över byggnadsytan. Det är angeläget att sättningsobservationer på mätdubbarna i Gamla Stan fortsätter framöver. Särskilt gäller detta hus som visat på ej avstannade sättningsförlopp efter grundförstärkning.

Mätningarna som utvärderats i denna utredning, visar på svårigheterna att vid förhållanden som i Gamla Stan bedöma storlek och utsträckning av omgivningspåverkan. Enkla tumregler som begränsar området för förväntad påverkan kan ej ställas upp. Förhållandena i varje enskilt fall måste studeras noga. För att reducera sättningpåverkan är det till fördel om grundförstärkningarna inom ett område samordnas och genomförs samtidigt. Sådan samordning har hittills skett i begränsad omfattning i Gamla Stan. För att klarlägga eventuella förekomster av löst lagrat åsmaterial bör de geotekniska undersökningarna även omfatta bestämning av jordens lagringstäthet. Förspänning av pålar i samband med slagningen och nyttjande av sättningsincitament vid upphandlingen kan reducera sättningarna i samband med grundförstärkning.

Denna utredning har syftat till att översiktligt analysera sättningssituationen i Gamla Stan. Fortsatt forskning inom området föreslås bli inriktad dels på en systematisk studie av effekterna vid upprepad påverkan från närliggande grundförstärkningsobjekt, dels på en mera djuplodande analys av de tidsberoende sättningsrörelser, som inträffar även lång tid efter färdigställd grundförstärkning.



Sättningskadat hus innan grundförstärkning (kv. Proserpina).

3. BAKGRUND OCH SYFTE

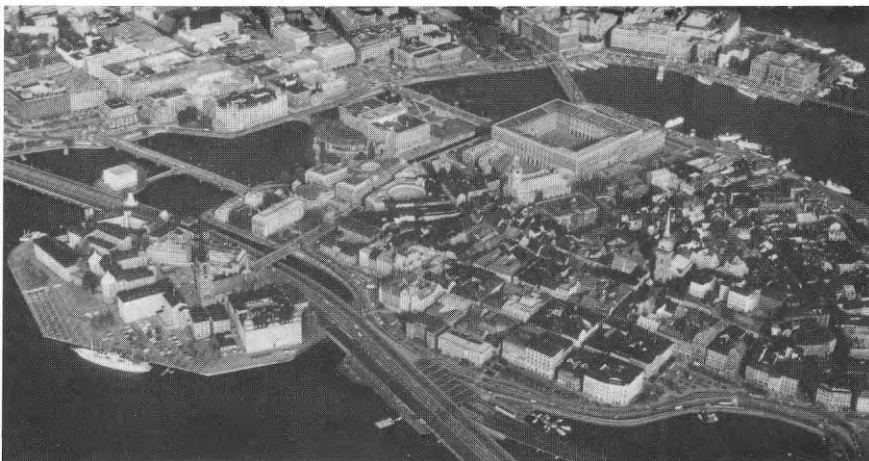
Vid grundläggning i tätorter uppkommer sättningsrörelser såväl inom byggnadsytan som i omgivningen. Sättningar inträffar i direkt samband med grundläggningsarbeten och ofta också viss tid efter byggprojekten är slutförda. Omgivningspåverkan i samband med grundläggningsarbeten är inte sällan dubbelriktad. Dels finns skaderisker på omgivande byggnader och anläggningar när den egna byggnaden skall grundläggas och dels kan risk finnas att den färdiga byggnaden skadas av deformationer alstrade av påverkan från omgivningen. Kunskaperna om olika grundläggningsteknikers omgivningspåverkan är idag bristfälliga och inskränker sig till tumregler. En onyanserad tillämpning av sådana regler utan att omgivningsförhållandena närmare analyseras är otillfredsställande. Önskad och oväntad rörelser kan bli kostsamma och ibland få konsekvenser som kan vara svåra att åtgärda.

Behovet av kunskaper inom det ovan beskrivna problemområdet är särskilt angeläget i samband med tillämpning av ny grundläggningsteknik och i samband med grundförstärkning av befintliga byggnader. Vid grundförstärkning finns också skaderisker i egen byggnad på grund av sättningar som inträffar under och efter grundförstärkningsperioden.

Syftet med detta projekt har varit att genom utvärdering och analys av mätdata från sättningsuppföljning studera ett antal grundförstärkningsobjekt i tätort. Avsikten har varit att studera erhållna sättningar både i egen och i närliggande byggnader i samband med att grundförstärkningen genomfördes. Vidare har sättningsutvecklingen i det grundförstärkta huset studerats tiden närmast efter färdigställd grundförstärkning. Det har dock ej legat inom ramen för detta projekt att försöka relatera inträffade sättningar till de olika arbetsmomenten (håltagning, borrning, påldrivning mm), som är aktuella vid grundförstärkningsarbeten. En sådan analys skulle kräva en betydligt mera djupgående inventering av arkivuppgifter från de studerade grundförstärkningsobjekten än den som genomförts i detta projekt.

4. GEOLOGI/GEOTEKNIK

Följande text - huvudsakligen enligt Bohm & Stjerngren (1981) - beskriver som en orienterande bakgrund de geologiska/geotekniska förhållanden som råder i Gamla Stan i Stockholm.



Gamla Stan i Stockholm. Bild: Åke E:son Lindman/Bildhuset.

Stadsholmen är geologiskt sett en grusås, en del av Brunkebergsåsen. Den är bredast i norr i höjd med Stortorget och smalnar till en spets mot Slussen. Åsgruset vilar på berg vars överyta normalt ligger 5-40 m under markytan. Längs stranden överlagras åsmaterialet av ett mer eller mindre mäktigt fyllningslager ("kulturlager"), som utfyllts successivt och under lång tid. Även inom åsens höjdparti finns på vissa ställen fyllning med normalt högst 2 à 3 m tjocklek. Mellan fyllningen och åsgruset finns lokalt dels skikt av utsvallad friktionsjord (silt, sand) dels lerskikt. Lokala lerkörtlar kan också förekomma i åsen. Åsytan sluttar tämligen brant nedåt både mot väster och mot öster. Största lutningen finns inom det norra avsnittet mot öster.

Åsmaterialet består i huvudsak av grus och sand men i åsens kärna torde även rullsten förekomma. Jorden beskrivs i allmänhet vara medelfast till fast lagrad. Undersökningar av åsmaterialets lagringstäthet har ej utförts i någon större omfattning i Gamla Stan. Säkra bestämmningar kräver undersökningar med metoder som utvecklats först under senare år. I den södra delen av Gamla Stan finns dock undersökningsresultat som visar på förekomster av mycket löst lagrad (kontraktant) sand. På åsens slutningar i väster, söder och öster förekommer ofta svallsediment, huvudsakligen sand, men även silt och grus. Detta utsvallade material överlagras lokalt av lera, men leran förekommer även som skikt och linser i svallsedimenten.

Den totala mäktigheten av primärt avsatt och utsvallat åsmaterial varierar normalt mellan 5 à 10 m och 30 m. Den största uppmätta tjockleken är ca 40 m (vid Slussen).

Leran har begränsad utbredning i plan och förekommer i första hand inom den nordöstra delen (mot Skeppsbron), men lokalt även vid Riddarhustorget och Munkbron inom den nordvästra delen. Den sammanlagda tjockleken av lera och silt/sand varierar normalt mellan 1 och 4 m, men har lokalt på Skeppsbron uppmätts till ca 6 m.

Fyllningsområdet gränsar mot den centrala delen av Stadsholmen strax innanför den medeltida strandlinjen (från ca år 1300). Fyllningen närmast denna linje består i huvudsak av grus eller sand från åsen, som utfyllts på det låga strandpartiet. Fyllningen begränsas i stort sett av de båda Långgatorna utom i nordväst, där gränsen ligger betydligt utanför Västerlånggatan. Fyllningens tjocklek tilltar ut mot vattnet. Inom kvartersmark är den mot Skeppsbron högst 10 à 15 m och inom västra delen av Stadsholmen högst 15 à 20 m. Fyllningen är här heterogen och innehåller lera, sand, grus, trä- och växtrester, ben, byggnadsrester, dy, hushållsavfall och annat avskräde. Den organiska andelen är ofta stor. Fyllning med hög organisk halt till stora djup har påträffats inom den södra delen med störst omfattning utmed Mälartorget-Kornhamnstorg i sydväst.

Grundvattennivån varierar inom fyllningsområdet mellan ca +0,6 och ca -0,6 m. Den normala variationen på östra sidan är mellan +0,2 och -0,4 m medan normalvärdena på västra sidan är något högre, ca +0,4 till ca -0,2 m. På östra sidan följer vattennivån i fyllningen Saltsjöns nivå med viss eftersläpning. Saltsjöns vattenstånd varierar dock mer än grundvattennivån. På västra sidan verkar grundvattnet på motsvarande sätt följa Mälarens nivå. Normalt påverkar dock vattenståndet i Saltsjön även grundvattennivån i jorden på västra sidan.

I denna rapport har Gamla Stan uppdelats i tre delområden (jfr kartbilaga) i hög grad betingat av de rådande geologiska/geotekniska förhållandena:

- västra området
- östra området
- södra området

Inom de centrala delarna av Gamla Stan, begränsat ungefärligen av Långgatorna, går åsen i dagen. Inom denna del har inga mätningar/grundförstärkningsobjekt studerats. Inom de västra delarna är åsytan något flackare än på östra sidan. Ett intressant parti är också randzonerna (mot Långgatorna), där åsen täcks av fyllning med endast begränsad tjocklek. De södra delarna av Gamla Stan är särskilt intressanta eftersom man där, såsom nämnts tidigare, konstaterat förekomster av mycket löst lagrat åsmaterial.

5. HUSGRUNDLÄGGNING

Husbeståndet i Gamla Stan är av varierande kvalitet. Många av husen är eller var före grundförstärkning och renovering - i mycket dåligt skick. Husen har utsatts för stora sättningrörelser genom åren. Det är troligen ej ovanligt att den sättning som inträffat i vissa hus är av storleken ca 0,5 m. Grundkonstruktionerna är av starkt skiftande utformning och kvalitet. Många grundmurar är av bristfällig konstruktion och överför stora byggnadslaster till jordlager (ofta utfylld jord) med dåliga bärighetsegenskaper. Det finns exempel där inträffade sättningar måste tolkas som pågående bärighetsbrott i jordlagren närmast grundläggningsnivån.

Där grusåsen går i dagen eller ligger på ringa djup, dvs i stort sett innanför den medeltida strandlinjen, torde husen i allmänhet vara grundlagda på naturligt lagrat eller uppfyllt åsmaterial.

Inom fyllningsområdet är äldre byggnader i anslutning till den medeltida strandlinjen i regel grundlagda på rustbädd av trä, ofta i kombination med grundläggning direkt på åsen. Närmare nuvarande kajer dominerar grundläggning med träpålar ofta i kombination med rustbädd, men även enbart rustbädd förekommer. Rustbädden utgörs av plank, stockar eller ris, ofta lagda korsvis i flera lager. Stockbäddarnas tjocklek uppgår i vissa fall till ca 1 m eller mera. Under många byggnader har rustbädden genom förmultning i större eller mindre utsträckning omvandlats till jordliknande material. Byggnader som vid kontroll i provgroppar bedömts vara grundlagda direkt på fyllning kan därför ha haft trägrund.

Under de två första decennierna av 1900-talet grundlades flera byggnader på träpålar, vilka oftast är avskurna under vattenytan. Vissa byggnadsdelar har grundlagts direkt på fyllning. För att fördela grundtrycket utfördes i några fall en hel bottenplatta av armerad betong direkt på fyllningen.

Sedan 1930-talet har nybyggnader inom fyllningsområdet grundlagts med pålar av betong, som antingen slagits eller tryckts till stopp i grusåsen under fyllningen. Under senare år har i något fall även stålplålar använts för nygrundläggning av hus i Gamla Stan.

En faktor som kan ha betydelse för hur grundläggningen av enskilda hus skall uppfattas är den samverkan som ofta finns mellan olika närliggande hus. Inte sällan är väggar och källardelar gemensamma för flera hus. Intelligande byggnaders fasadväggar har ibland "kopplats ihop" till följd av de stora sättningrörelser som husen utsatts för under årens lopp. Detta medför att byggnaderna samverkar statistiskt och att rörelsesamverkan ej kan undvikas mellan närliggande hus i samband med grundförstärkningsarbeten.

I denna rapport redovisad grundläggning för enskilda hus är hämtad från "kvartervisa beskrivningar", Stockholms Fastighetskontor, Geobyrå (1983-). Bedömningen av aktuellt grundläggningssätt är mestadels gjord på basis av provgroppgrävning. Variationer i grundläggningssätt mellan provgropparna kan ofta förekomma. Särskilt gäller detta omfattningen av träpålar i de tidigast uppförda byggnaderna. Problemet med grunderna i Gamla Stan är ej heller enbart knutet till att trägrunderna förstörs av röta. I vissa fall har träpålarnas kondition befunnits vara god. Sättningar har istället uppkommit genom att pålarna ej varit drivna helt igenom de sättningsbenägna fyllningslagren.



Stadsholmen från nuvarande Katarinaberget. Kopparstick av Hogenberg från omkring år 1570.

6. UTFÖRDA GRUNDFÖRSTÄRKNINGAR

6.1 ALLMÄNT

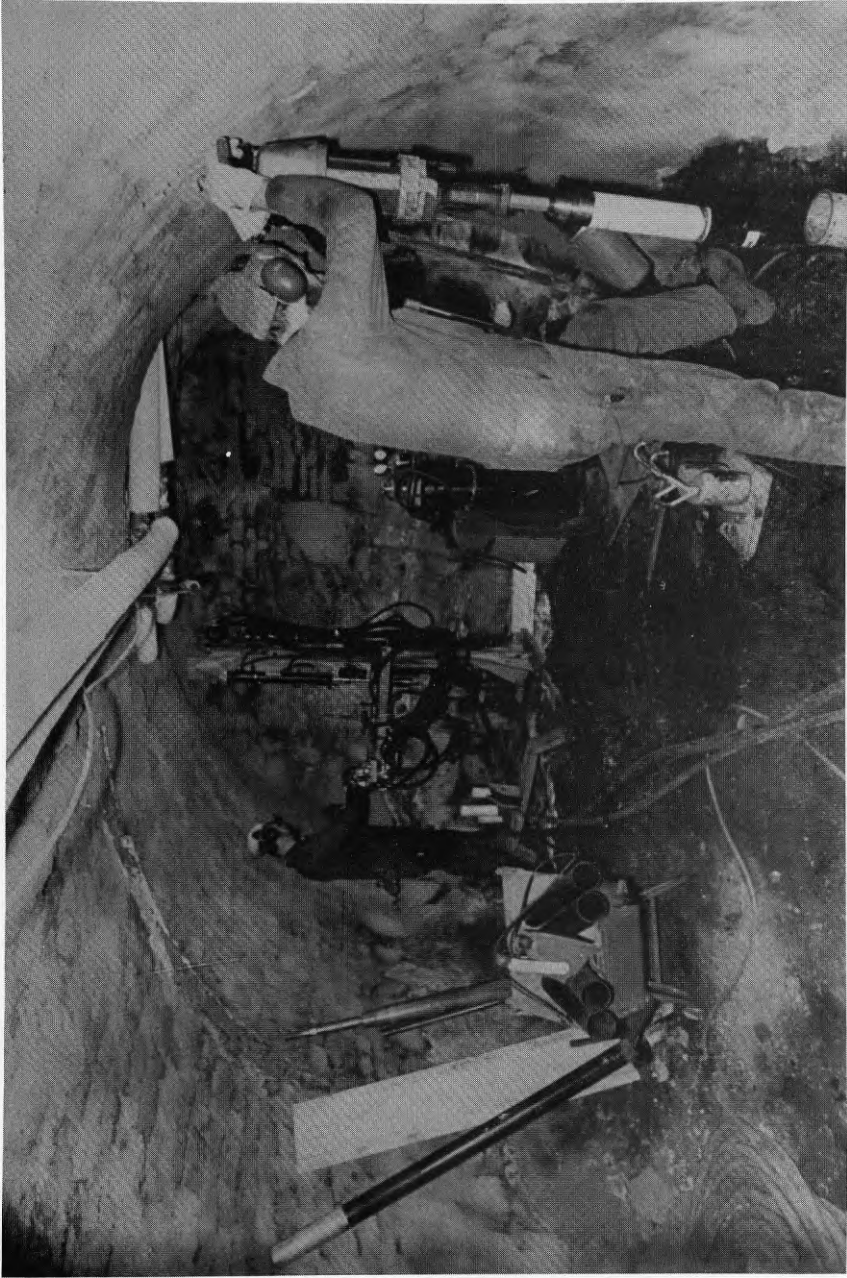
De första grundförstärkningarna i Gamla Stan utfördes under 1920-talet. Vid förstärkningen kapades rötangripna påltoppar och ersattes med betong. Från 30-talet och fram till slutet av 70-talet dominerade metoden med nedpressade pålelement av betong. Korta skarvpålar pressades då ned till fast botten med hjälp av hydraulisk domkraft. Byggnadens tyngd användes som mothåll. Sedan slutet av 70-talet har en metod att slå ned olika typer av slanka stålrörspålar använts. Denna grundförstärkningsmetod har varit dominerande under den tidsperiod som här studerats.

Stålrörspålar - som under senare tid använts så frekvent i Gamla Stan - är avsedda att fungera som spetsbärande pålar. Vid de första grundförstärkningsobjekten med påltypen utfördes ett antal statiska provbelastningar på provpålar. Produktionspålarna slogs sedan på basis av erfarenheterna från provbelastningarna. Senare har kraven på stoppslagning och acceptabel pålspetsnivå skärpts, vilket har medfört längre pålar. Resonemang har samtidigt förekommit om riskerna med stora energiförluster (bl.a. i pålskarvarna) vid slagningen. Sådana förluster skulle kunna medföra att önskvärd slagningsenergi ej blir överförd till pålspetsen. För de relativt långa stålrörspålarna kan man förutsätta att en dominerande del av byggnadslasten överförs till jorden via manteln och ej via pålspetsen.

En sammanställning av utförda grundförstärkningar i Gamla Stan sedan slutet av 70-talet har gjorts och redovisas i bilaga 1. Förutom fastighetsbeteckning och grundförstärkningsentreprenör har de faktorer som kan tänkas inverka på sättningsbilden medtagits. Dessa faktorer är påltyp, lastöverföringssystem, pållängd samt uppgifter om förborrning för och eventuell "förspänning" av pålarna. Tiden under vilken grundförstärkningen utförts har också medtagits. Med "utförandetid" avses här tiden från byggstart till slutbesiktning av grundförstärkningsarbetena. Angivna uppgifter har huvudsakligen erhållits från den entreprenör som utfört den aktuella grundförstärkningen.

6.2 PÅLTYPEN

I följande text lämnas en kortfattad orientering om de olika påltyper som nyttjats för grundförstärkningsändamål i Gamla Stan sedan slutet av 70-talet.



Borring av foderrör och och pålning i åsen.

● SW-PÅLE (X-PÅLE)

SW-pålen eller X-pålen är en stålpåle med X-formad sektion. Den finns i dimensionerna (bredd x godstjocklek) 130 x 16, 155 x 23 och 180 x 24 mm. Skarvning kan ske genom bultning. Ett annat sätt är skarvning med hylsskarv, som placeras på den uppstickande påländen och slås fast. Överpålen placeras därefter i skarven och slås ihop med underpålen.

Tillåten pållast varierar beroende på stoppslagingsklass. Pålarna slås normalt med tryckluftshejare.

● STÅLPLASTPÅLE

Stålplastpålen är en stålrörspåle som finns i dimensionerna (diametern x godstjockleken) 76,1 x 4,0 och 101,6 x 5,6 mm. Stålröret är utvändigt korrosionsskyddat med en 1,8 mm tjock beläggning av etenplast. Skarvning sker med utvändiga rörhylsor, som trängs på pålen sedan plastbeläggningen mjukats upp genom upphettning. Då pålen stoppslagits och rakhetskontrollerats fylls den med cementbruk eller betong.

Tillåten last är normalt 170 resp 300 kN för vanligt lastfall (vid exceptionellt lastfall tillåts 20% högre last). Tidigare (före 85-09-24) var tillåten last för den mindre pålen 140 kN vid vanligt lastfall. Pålarna slås normalt med tryckluftshejare.

● BJURSTRÖMSPÅLE, BESABPÅLE

Bjurströmspålen består av ett stålrör (diametern x godstjockleken) 60,3 x 5,0, 76,1 x 5,0 och 88,9 x 5,1 mm. Pålarna skarvas med utvändiga rörhylsor som svetsas i det ena pålelementet. Hela pålen korrosionsskyddas genom varmförzinkning. Efter stoppslagning och rakhetskontroll fylls pålen normalt med cementbruk.

Tillåten last är 140, 170 resp 240 kN vid vanligt lastfall. Pålarna slås med tryckluftshejare eller hydraulhejare.

● STÅLKÄRNEPÅLE

Stålkärnepålen består av en bärande stålkärna nedförd i berg och monterad i ett foderrör. Sedan kärnans bärförmåga verifierats kringgjuts den med injekteringsbruk. Foderröret kvarlämnas normalt som korrosionsskydd. Rörens dimensioner varierar vanligen mellan 3" (78 mm) och 5" (129 mm).

● GUSTAVSBERGSPÅLE (G-PÅLE)

G-pålen består av rörformade påldelar av segjärn i dimensionerna (diametern x godstjockleken) 118 x 10, 170 x 11 och 170 x 13 mm med konisk muff och sko. Skarvning sker genom att påldelarna slås fast i varandra.

Tillåten last varierar beroende på stoppslagingsklass. Neddrivning av pålarna sker med tryckluftshejare eller hydrauldriven hejare.

● EXPANDERPÅLE

Pålen består av ett pålskaft (stålrörspåle) och en pålfot, sk expanderkropp. Expanderkroppen är ett på längden veckat, rörformat plåtpaket, som vid injektering expanderar radiellt och bildar en betongfot. Expanderpålen tillverkas i storlekarna 300, 400, 500 och 800 mm expanderad diameter och i längder upp till 3 m.

Tillåten last i det fall i Gamla Stan som här studerats var ca 200 kN (pålar \varnothing 400 mm).

● TYPHONPÅLE

Pålen består av ett rör (stålrörspåle), vilken kompletteras med en specialjord spets. Neddrivning sker till önskat djup, varefter pålspetsen avlägsnas. Därefter utförs cementinjektering under och kring pålens nedre partier så att en "betongfot" utbildas.

Tillåten last var 400 kN i det fall i Gamla Stan som här studerats.

● RUBINPÅLE

Pålen består av ett foderrör, som borras ner till önskat djup. En armeringskorg förs ner genom foderröret och utvecklas (slås ut) därunder. Foderröret och pålfoten injekteras därefter med cementbruk.

● JETPÅLE

Ett foderrör borras ned till önskat djup. En specialutformad injekteringsutrustning sänks ned i röret. Själva pålen åstadkoms genom samverkan av luft, vatten och cementblandning under högt tryck och samtidig rotation av injekteringsrörets munstycke. Under injekteringsskedet trycks slam med överskottsmassor upp genom foderröret.

6.3 ÖVRIGA FÖRSTÄRKNINGSMETODER

● UNDERGJUTNING

Schaktgropar tas upp etappvis under grundmurarna. Groparnas dimensioner bestäms av murens mått. De är vanligen ca 1,5 meter i längd längs muren och ca 1 meter i höjd. I groparna gjuts en betongmonolit mellan gropbotten och nästan upp till grundmuren. Sedan betongen härdat gjuts den översta delen med "överhöjd" betongyta. Därefter utförs schaktning och gjutning för nästa monolit osv.

● INJEKTERING

För att öka jordens hållfasthet eller minska deformationerna kan jorden injekteras. Cement och vattenglas är de vanligaste injekteringsmedlen, men även andra kemiska medel kan användas.

6.4 LASTÖVERFÖRINGSSYSTEM

Lastöverföring från huset till pälarna kan anordnas på olika sätt.

- pälarna placeras direkt under befintliga grundmurar
- ok av stål- eller betongbalkar monteras under eller genom grundmurarna
- stål- eller betongbalkar konsolas in i grundmurarna
- en hel armerad betongplatta konsolas in i grundmurarna

De olika lastöverföringsmetoderna har för- och nackdelar betraktat ur olika aspekter. Metoden med lastöverföring via balkar antingen som ok eller som konsoler in i murarna är vanligast i de objekt i Gamla Stan som här studerats.

7. UTFÖRDA SÄTTNINGSMÄTNINGAR

För att kunna bedöma grundförstärkningsbehovet i Gamla Stan har Geobyran vid Stockholms Fastighetskontor låtit installera ca 1300 mät-dubbar. Flertalet dubbar är placerade utomhus i byggnadernas socklar. I gatumark har ca 40 sättningspeglar monterats.

Sedan 1979 har dubbarna avvägts genom precisionsavvägning. Fram till 1984 utfördes avvägningar två gånger om året och därefter har mätningar gjorts en gång per år. I FIG 7.1 visas i två exempel hur sättningmätningarna är redovisade i diagramform. FIG 7.1a är exempel på mät-dubbar där inga sättningar sker. Dubbarna i FIG 7.1b däremot visar stora och kontinuerligt fortgående sättningsrörelser. Mätnoggrannheten för precisionsavvägningarna kan enligt Geobyran normalt bedömas vara ca ± 1 mm.

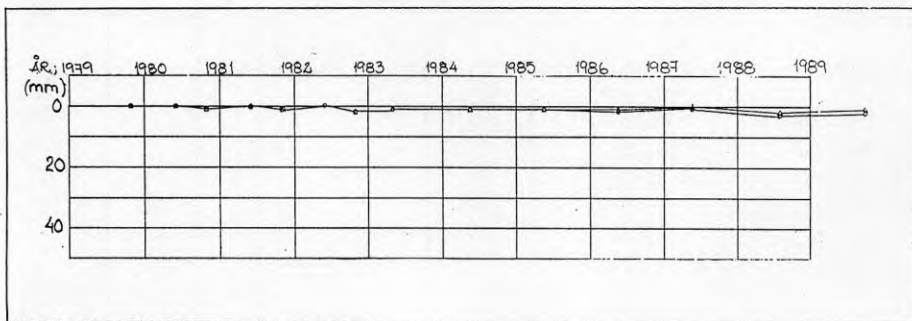


Fig 7.1 a Exempel på sättningmätning där inga sättningar kan noteras.

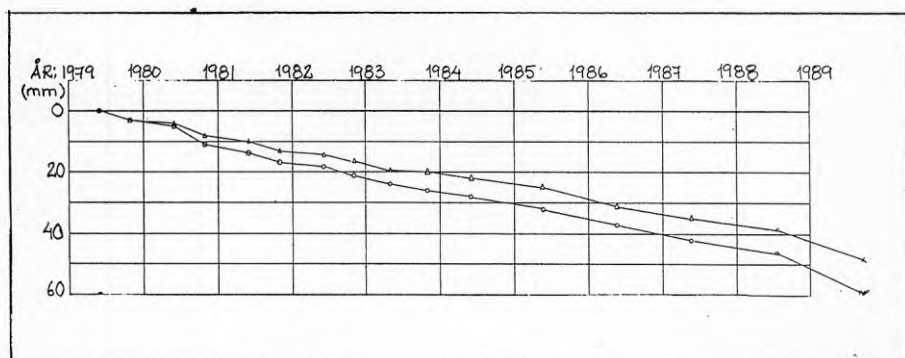


Fig 7.1 b Exempel på sättningmätning med kontinuerligt fortgående sättningsrörelser.

Då en byggnad grundförstärks utförs ofta kompletterande sättningmätningar under grundförstärkningsperioden både i eget hus och grannhus. Ytterligare dubbar monteras då vanligen både inuti byggnaden och längs fasaderna.

Underlaget för utvärderingen i denna studie har huvudsakligen varit Geobyråns sättningmätningar. I ett fåtal fall, exv kv Bootes och kv Proserpina, har även tätare sättningsobservationer varit tillgängliga och utnyttjats vid utvärderingen.



Mätdubb för sättningmätning.

8. TIDIGARE SÄTTNINGSANALYSER

Resultat från sättningsuppföljning i samband med grundförstärkningar i Gamla Stan har tidigare rapporterats för enskilda objekt. Ett sammandrag av tillgängliga rapporter redovisas i följande text.

I Löwe (1978) anges att sättningsmätningar (före 1978) visat att sättningarna i allmänhet är större i gator än i hus. Det synes som att sättningarna är störst omkring medeltida strandlinjen och att de avtar ned mot Skeppsbron resp Munkbron. Sättningarna synes vara något större på östra sidan än på västra. Genomsnittligt för samtliga tillgängliga mätningar anges sättningshastigheten till 2-4,5 mm/år för östra sidan och till 1,5-3,3 mm/år för västra sidan. I rapporten redovisas två fall av omgivningspåverkan - kv Glaucus och kv Achilles. Inom kv Glaucus drabbades intilliggande hus av 5-25 mm sättning vid nybyggnad. Ny- och ombyggnad i kv Achilles medförde ca 15 mm sättning i en byggnad i grannkvarteret Cadmus.

I Hagblom & Stjerngren (1979) redovisas sättningsmätningar från tre grundförstärkningsobjekt utförda 1978-79 med olika påltyper; förborrade SW-pålar (kv Pollux), stålplastpålar (kv Narcissus) och stålkärnepålar (kv Atomena). Sättningarna inom den grundförstärkta byggnaden anges normalt uppgå till:

- förborrade SW-pålar: 30-40 mm
- rörpålar: 20-30 mm
- stålkärnepålar: 10-20 mm

I kv Pollux (förborrade SW-pålar) redovisas en sättningspåverkan på grannhus främst inom kvarteret av 10 à 15 mm på ca 10 m avstånd från det grundförstärkta huset. För övriga objekt redovisas ej någon nämnvärd sättningspåverkan på grannhus.

I Eriksson et al (1980) redovisas följande mätningar av inträffade sättningar vid förstärkning av byggnaden på fastigheten Cadmus 1 med förborrade stålplastpålar:

- inom egen byggnad: 30-50 mm
- i grannhus: 5 à 10 mm

I samma rapport redovisas också sättningsmätningar från förstärkning av byggnaden på fastigheten Marsyas 10 med slagna/tryckta SW-pålar:

- inom egen byggnad: 10-40 mm
- i grannhus: 5 à 10 mm

Bohm & Stjerngren (1981) redovisar att pågående sättningar i byggnader i Gamla Stan normalt är 1-4 mm/år och i vissa fall 5-10 mm/år.

Mattsson et al (1988) redovisar sättningsmätningar från en samordnad grundförstärkning av flera byggnader i kv Bootes med rörpålar, flertalet förborrade genom fyllningslagren. Under förstärkningsperioden uppmättes sättningar inom kvarteret som uppgick till 20-80 mm. I rapporten har också redovisats storleken av grundförstärkningarnas influensområde, dvs hur långt bort som pålningsarbetena orsakat sättningar. Denna studie visade att påverkan erhållits så långt som till 28 à 35 m från pålningsplatsen. Sättningsmätningarna i kv Bootes ingår även i underlaget till den sättningsuppföljning som redovisas i denna utredning.

I kv Proserpina, som förstärkts i sin helhet med förborrade stålplastpålar, redovisar Eriksson & Hultgren (1988) följande uppgifter om inträffade sättningar:

- inom egen byggnad: 83-115 mm (lokalt 35 mm)
- i grannhus: - upp till 53 mm (kv Argus)
- upp till 38 mm (kv Pluto)

I rapporten anges att sättningshastigheten efter avslutad grundförstärkning synes vara 2-4 mm/år (gäller perioden 860625-871123).

Det framgår klart av dessa rapporter att stora variationer är att förvänta vad gäller sättningar i eget hus i samband med grundförstärkning. Vad gäller påverkan på omgivningen ger dessa fall en tydlig indikation på att rörelserna i närliggande hus kan vara av betydande storlek.

9. SÄTTNINGAR I GRUNDFÖRSTÄRKTA HUS

9.1 UTVÄRDERINGSMETODIK

För att kunna särskilja olikheter mellan olika delar av Gamla Stan har en uppdelning i delområden gjorts vid utvärderingen. Gränserna för den valda områdesindelningen samt vald metodik för utvärdering av sättningsarnas storlek och inverkan av pållängder redovisas i detta avsnitt. Som tidigare nämnts är redovisade uppgifter om byggnadernas grundläggning hämtade från Geobyråns kvartersbeskrivningar.

● TRE DELOMRÅDEN

Vid utvärdering av de sättningar som inträffat i samband med grundförstärkning har Gamla Stan uppdelats i tre delområden - områdena väster, söder och öster om åsen, (jfr kartbilaga). Områdesindelningen motiveras dels av rådande geologiska/geotekniska förhållandena (jfr avsnitt 4), men också av den sättningsbild som byggnaderna uppvisar. Någon distinkt gräns mellan det södra och de två andra områdena går ej att dra. Avgörande för var gränsen dragits har främst varit skillnader i sättningsbild för närliggande grundförstärkningar. Till det södra området har inräknats grundförstärkningar i södra delen av kvarteret Typhon och förstärkningarna i kvarteren Deucalion, Medusa, Proserpina och Argus.

● UTVÄRDERING AV SÄTTNINGAR

Sättningsuppföljningen har utförts för de ca 40 grundförstärkningsobjekt som utförts under tidsperioden 1980-89.

Storleken av pågående sättningar - före grundförstärkning - har bestämts utifrån lutningen på sättningskurvan oftast över flera år. Vid utvärderingen av sättningarna i grundförstärkta hus har en strikt uppdelning gjorts i sättning under grundförstärkningsperioden och sättning efter densamma (här kallad eftersättning). Under grundförstärkningsperioden utvärderad sättning är den sättning som erhållits utöver den pågående sättningen. Pågående sättningar (ibland betecknade som bakgrundssättningar) har alltså frånräknats den totala sättningen under den aktuella tidsperioden (jfr FIG 9.1). Eftersom Geobyråns mätningar utförts endast en à två gånger per år har i ett flertal fall grundförstärkningsperioden infallit mellan två mätningar. Lutningen på sättningskurvan före och efter grundförstärkningen har då extrapolerats vid utvärderingen.

I några fall har tätare sättningsmätningar utförda speciellt under grundförstärkningsperioden studerats. Jämförelse mellan dessa mätningar och de ur Geobyråns mätningar utvärderade sättningarna visar god överensstämmelse.

De av Geobyran använda sättningsdubbarna är främst placerade i husfasader. Mätningar inuti husen har studerats i några fall. Dessa jämförelser tyder inte på att sättningen inuti husen i Gamla Stan konsekvent skulle skilja sig storleksmässigt från fasadernas sättning.

Tiden tills sättningskurvan planat ut efter avslutad grundförstärkning och under denna tid erhållen sättning har utvärderats. Typiskt utseende för en sättningskurva visas i FIG 9.1. Kurvans lutning är fortfarande ganska brant direkt efter avslutad grundförstärkning för att successivt avta tills sättningen helt planat ut. Ibland visar mätningarna en ökad sättning efter grundförstärkningen jämfört med sättningen före (bakgrundssättningen). Detta beror normalt på att sättningarna ännu inte hunnit börja plana ut.

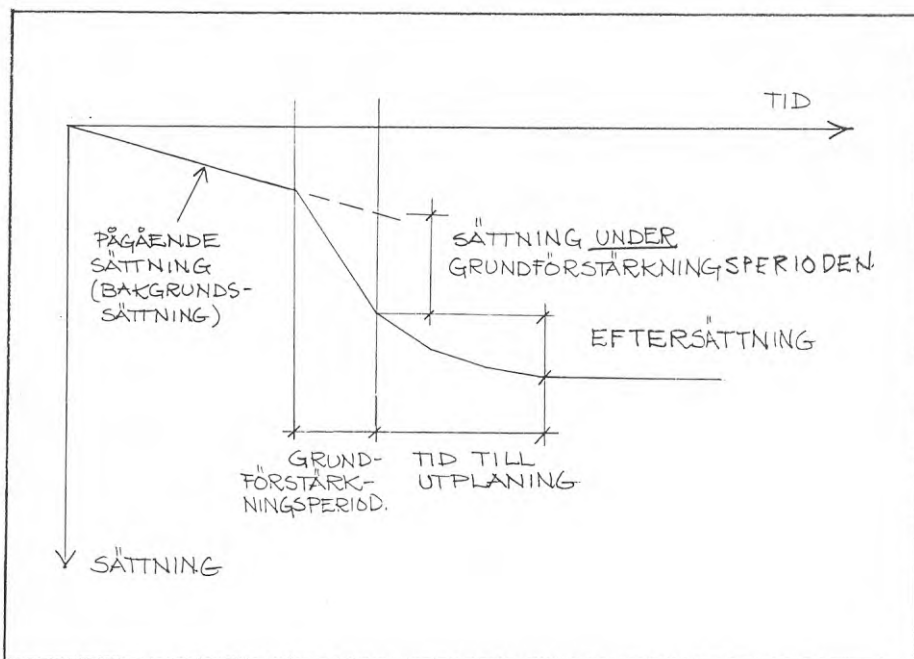


Fig 9.1 Tillvägångssätt vid utvärdering av sättningar.

Grundförstärkning har ibland påbörjats i intilliggande hus innan sättningsarna avstannat i ett tidigare grundförstärkt hus. Det har i sådana fall ibland ej varit möjligt att urskilja påverkan från den senare grundförstärkningen. Utvärderingen har i vissa fall försvårats av att mätningar saknats året närmast efter grundförstärkningen. I sådana fall har kurvans lutning efter grundförstärkningen extrapolerats till tiden för förstärkningen. Eftersom eftersättningen normalt avtar successivt kan viss eftersättning i dessa fall ha inräknats i den sättning som utvärderats som sättning under grundförstärkningsperioden. Beloppet av eftersättningen har i dessa fall ej utvärderats.

I vissa fall har det varit svårt att avgöra om sättningsarna verkligen avstannat efter grundförstärkningen. Vissa grundförstärkta hus fortsätter att sätta sig under relativt lång tid. Eftersättningen är i dessa fall oftast liten. För att med säkerhet kunna avgöra om byggnadens sättningar ej avstannar utan fortsätter under längre tid krävs mätningar under många år.

● PÅLLÄNGDER

Pållängderna kan för vissa grundförstärkningsobjekt variera kraftigt inom byggnadsytan. Vid utvärderingen har objektets medelpållängd använts. Någon hänsyn till pållängdsvariationer inom objektet har ej kunnat tas vid utvärderingen eftersom detaljerade uppgifter om de enskilda pålarna längder ej varit tillgängliga i underlagsmaterialet.

9.2 SÄTTNINGAR I DIREKT SAMBAND MED GRUNDFÖRSTÄRKNINGSARBETEN

Vid utvärderingen har vissa resultat bedömts vara mera "generellt" giltiga. Härmed avses ej att de har allmän giltighet utan att resultaten överensstämmer för de objekt som studerats i utredningen. Andra resultat är mer att betrakta som "karakteristiska exempel" och har därför redovisats för sig.

9.2.1 Generella resultat

● INVERKAN AV JORDLAGERFÖRHÅLLANDEN

Sättningsarna under grundförstärkningsperioden, dvs från det att entreprenadarbetena påbörjades till de slutbesiktigades, har studerats. Grundförstärkningsperioden varierar vanligen från 3 à 4 månader upp till ca 1 år, jfr uppgifterna i BILAGA 1.

Vissa påtagliga skillnader finns mellan resultaten från de västra, östra och södra delarna av Gamla Stan. Bakgrundssättning och medelsättning under grundförstärkningsperioden har sammanställts i följande tablå:

Bakgrundssättning

● Västra Gamla Stan	0-7 mm/år
● Östra " "	0-8 mm/år
● Södra " "	0-5 mm/år

Medelsättning under grundförstärkningsperioden

● Västra Gamla Stan	ca 2 cm
● Östra " "	ca 3 cm
● Södra " "	ca 5 cm

Variationen hos objektens störst uppmätta sättning under grundförstärkningsperioden redovisas i följande uppställning:

● Västra Gamla Stan	1-4 cm
● Östra " "	2-8 cm
● Södra " "	2-12 cm

Bakgrundssättningen är frånräknad i uppgifterna ovan.

Sammanställningen visar att den sättning som inträffat i direkt samband med grundförstärkningsarbetena vanligen är störst i södra området. Sättningsarna är också vanligen större på östra sidan än på västra sidan av åsen.

Särskilt har kontrollerats om några generella skillnader finns mellan grundförstärkningsobjekt belägna närmast åsen (i åsens randzon) och objekt belägna på de utfyllda partierna med måttiga fyllningslager. Några påtagliga skillnader härvidlag har dock ej konstaterats. Närmast åsen finns byggnader som erhållit sättningar av samma storlek som för området i övrigt. Sättningskillnaderna inom byggnader belägna närmast åsen är däremot vanligen större än de som gäller för byggnaderna i området i övrigt.

● INVERKAN AV PÅLTYP

De påltyper som främst använts vid grundförstärkningarna i Gamla Stan är slanka stålrörspålar av några olika typer, jfr AVSNITT 6. Pålarna slås normalt med lätta tryckluftshejare. I några fall har pålarna tryckts (utan slagning) för att minska risken för skador i samband med installationen av pålarna. Vid några grundförstärkningar i början av 80-talet användes stålrörspålar av grövre typ, Gustavsbergspålar (G-pålar). I tre fall har grundförstärkning utförts med påltyper som utformats för att vara "skonsamma" mot eget och närliggande hus. Dessa pålar har försetts med någon typ av pålfot. Pålfoten har installerats på relativt hög nivå i åsmaterialet. Syftet har varit att undvika påldrivning till djupare nivåer i åsen med risk för stor och utbredd sättningspåverkan.

Några skillnader i sättningar under grundförstärkningsperioden mellan G-pålar och stålrörspålar kan ej konstateras. I ett enstaka fall har stålrörspålar installerats genom tryckning (i den södra delen av Gamla Stan). Då erhöles anmärkningsvärt stora sättningar (upp till 9 cm). Dessa sättningar har emellertid sannolikt inträffat i samband med den förborrning som föregick själva tryckningen av pålarna.

Samtliga grundförstärkningar med s k skonsamma påltyper har utförts i den södra, mest sättningsbenägna delen av Gamla Stan. Vid det objekt där Rubinpålen användes inträffade relativt stora sättningar (upp till 5 cm) under grundförstärkningsperioden. Grundförstärkning med Typhonpålen medförde måttliga sättningar (upp till 3 cm). I det objekt där Expanderpålen användes har något mindre sättningar (ca 1,5 cm) inträffat. De båda senare objekten har innan grundförstärkningen genomfördes påverkats av tidigare grundförstärkningar i närområdet, jfr särskilt avsnitt nedan. Objektet med Expanderpålen utfördes med kontrakterat sättningsincitament (max 2 cm).

● INVERKAN AV PÅLLÄNGD

Generellt över hela Gamla Stan kan konstateras att de största sättningarna under grundförstärkningsperioden erhållits för de objekt där pålarna är relativt långa. Även vid uppdelning av Gamla Stan i tre delområden (väster, öster, söder) har de största sättningarna inom varje delområde inträffat för objekten med de större pällängderna.

● INVERKAN AV EGEN GRUNDLÄGGNING

Den övervägande delen av de hus som grundförstärkts har haft trägrund, dvs varit grundlagda på trärustbädd och/eller träpålar. Någon tydlig skillnad i sättningar uppkomna under grundförstärkningsperioden mellan hus med trägrund och hus grundlagda direkt på fyllning har ej kunnat konstateras. Sättningarnas storlek beror troligen mer på i vilken grad träpålar/rustbädd varit angripna av röta. Ett par av de grundförstärkta husen har varit grundlagda på tryckta betongpålar, s k tryckpålar. I ett av dessa fall har, vid grundförstärkning, sättningar av samma storlek inträffat i det tryckpålade huset som i ett intilliggande träpålhus. Det andra fallet med tryckpålar grundförstärktes skonsamt, varför jämförelser här ej kunnat göras.

● PÅVERKAN FRÅN TIDIGARE UTFÖRD GRUNDFÖRSTÄRKNING

Hus som grundförstärkts har ibland tidigare (före egen grundförstärkning) påverkats av grundförstärkningsarbeten i närbelägna hus. Något generellt samband mellan sådan påverkan och minskad sättning för det egna huset under grundförstärkningsperioden har ej konstaterats. För enstaka grundförstärkningsobjekt eller dubbar (som påverkats tidigare) har dock en jämförelsevis liten sättning inträffat. För flertalet objekt inträffar dock sättningar av samma storlek som för tidigare utförda, närliggande grundförstärkningar.

9.2.2 Karakteristiska exempel

● OBJEKT I ÅSENS RANDZON

Ett flertal exempel på grundförstärkningar i åsens omedelbara närhet visar att sättningen ökar med avståndet till åsen. Detta innebär att sättningsarna ökar med ökad fyllnadstjocklek inom ett och samma grundförstärkningsobjekt. Exempel på detta visas i FIG 9.2a. I västra området ökar sättningen från 0 à 4 mm närmast åsen till 35 resp 27 mm längst bort från åsen. Husen var tidigare grundlagda direkt på åsmaterial närmast åsen och på rustbädd respektive träpålar längst bort från åsen. I östra området finns exempel på en variation från 8 och 13 à 20 mm närmast åsen till 56 resp 39 à 63 mm längst bort från åsen. Ett av husen var tidigare grundlagt med kallmur eller betongsulor på åsen. Det andra huset av troligen grundlagt via rustbädd på ås/fyllning.

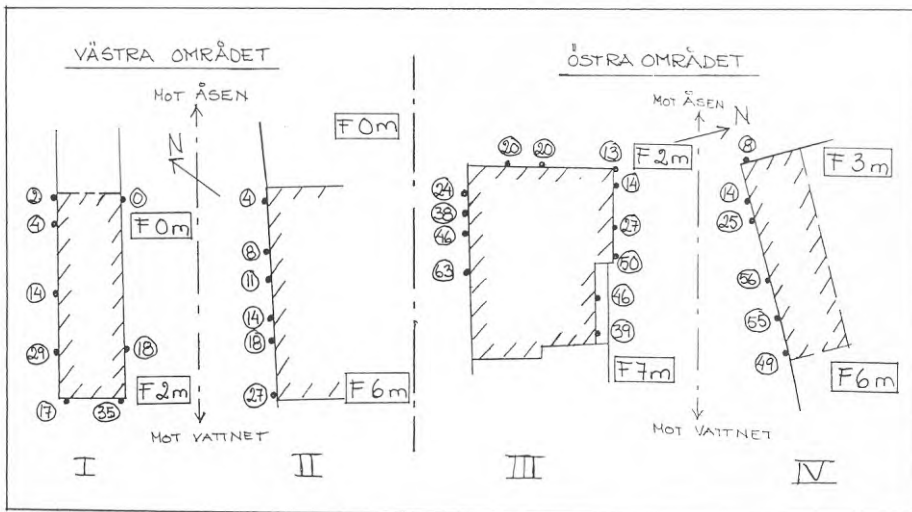


Fig 9.2 a Exempel på grundförstärkningar i åsens randzon där sättningen ökar med avståndet till åsen.

En grundförstärkning i åsens randzon där störst sättning erhållits närmast åsen har också påträffats. Sättningsarna var här ca 80 mm närmast åsen (fyllningstjocklek ca 2 m) och ca 45 mm längst bort från åsen (fyllningstjocklek ca 10 m), jfr FIG 9.2b. Här har de längsta pålarna slagits närmast åsen, vilket kan vara en orsak till den "omvända" sättningsbilden. Huset var tidigare grundlagt på träpålar.

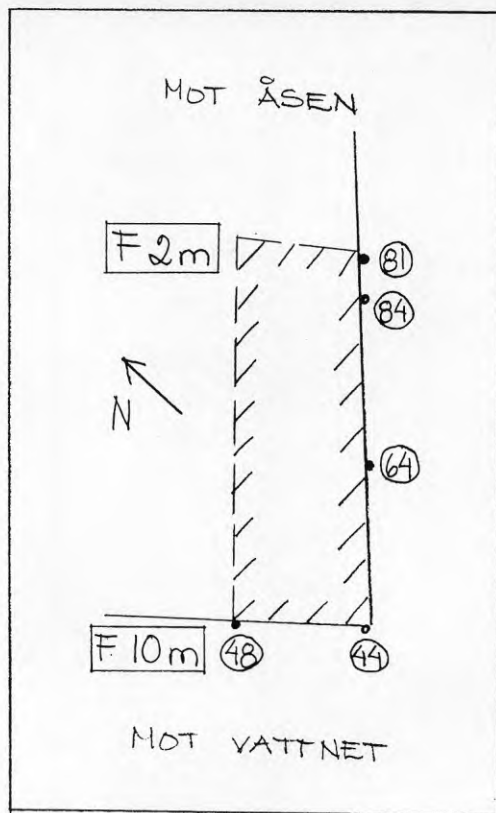


Fig 9.2 b Grundförstärkning i åsens randzon där störst sättning erhållits närmast åsen.

● OBJEKT I PARTIER MED MÄKTIG FYLLNING

För grundförstärkningar på större fyllningstjocklek finns inget samband mellan sättningens storlek och fyllningens tjocklek (dvs avståndet till åsens överyta). I de flesta fall varierar sättningen oberoende av fyllningens tjocklek. FIG 9.2 c visar dock ett exempel på det omvända förhållandet, dvs att sättningarna är störst där fyllningens tjocklek är minst. Sättningen varierar här från 20 mm där fyllningens tjocklek är ca 7 m till 0 mm där fyllningstjockleken är ca 11 m. Byggnaderna var i detta fallet grundlagda på träpålar.

För ett objekt i västra området har mycket små sättningar inträffat under grundförstärkningsperioden. Hälften av dubbarna (5 st) uppvisar ingen mätbar sättning. För övriga fem dubbar varierar sättningen mellan 3 och 8 mm. Fyllningens tjocklek varierar här mellan 8 och 13 m. Grundläggningen utgjordes tidigare av träpålar.

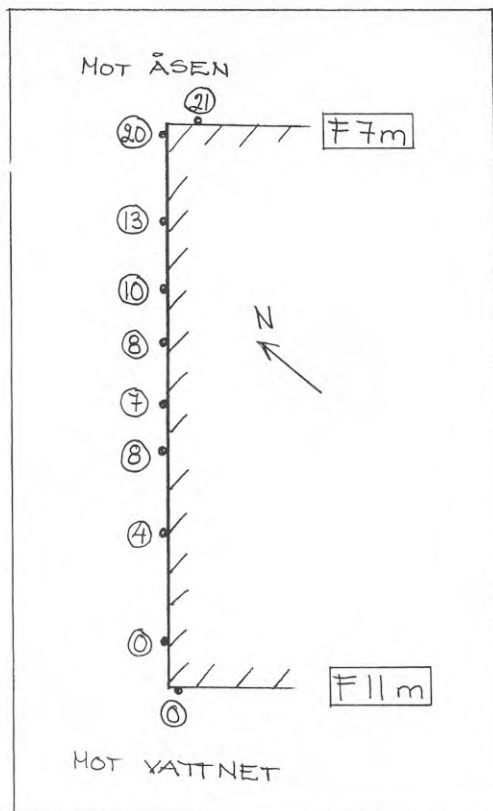


Fig 9.2 c Grundförstärkning på mäktig fyllning där störst sättning erhållits vid minst tjocklek hos fyllningen.

● PÅVERKAN FRÅN TIDIGARE UTFÖRDA GRUNDFÖRSTÄRKNINGAR

Tre objekt som påverkats av tidigare utförda grundförstärkningar finns inom det södra - mest sättningsbenägna - området i Gamla Stan. Två av dessa har påverkats av grundförstärkning i mellanliggande fastighet. Sättningen var här 47-57 resp 20-33 mm under grundförstärkningsperioden trots att tidigare påverkan medfört 30-55 resp 50-80 mm sättning. I det första fallet (47-57 mm) är sättningen av samma storlek som för närbelägna grundförstärkningar. I det senare fallet är sättningen något mindre. Här har dock en sk skonsam påltyp använts. I båda fallen utgjordes tidigare grundläggning av rustbädd och/eller träpålar. Även den tredje grundförstärkningen har utförts med s k skonsam påltyp. Här har, relativt sett, små sättningar (14 mm) inträffat. Sättningen i samband med tidigare grundförstärkning var i det senare fallet 39-49 mm. Husen var tidigare grundlagda direkt på åsmaterial i ena delen och tryckpålade i den andra delen av byggnaden.

Ett intressant exempel är det grundförstärkningsobjekt som i FIG 9.2a betecknats med III. Dubben längst ner till vänster i figuren (63 mm) har i samband med en tidigare grundförstärkning erhållit 14 mm sättning. Två dubbar längst ner till höger i figuren (46 resp 39 mm) har tidigare erhållit 10 resp 15 mm sättning. Skulle dessa sättningar adderas till de sättningar som inträffat under grundförstärkningsperioden ökar sättningarnas storlek med avståndet från åsen, dvs med ökade fyllningstjocklek. Byggnaderna var före förstärkningen grundlagda direkt på fyllning.

9.3 SÄTTNINGAR EFTER AVSLUTADE GRUNDFÖRSTÄRKNINGSARBETEN

9.3.1 Generella resultat

● INVERKAN AV JORDLAGERFÖRHÅLLANDEN

Lastöverföringen till nyslagna pålar är normalt en relativt långsam process. Detta innebär att byggnaden vanligen fortsätter att sätta sig en tid efter avslutade grundförstärkningsarbeten. Att så är fallet framgår mycket tydligt av sättningsobservationerna i Gamla Stan. Även när det gäller eftersättningar (sättningar efter avslutade grundförstärkningsarbeten) kan vissa påtagliga skillnader noteras i olika delar av Gamla Stan.

För objekten i västra Gamla Stan gäller:

- För huvuddelen av objekten har sättningarna avstannat (sättningskurvan planat ut) under den period som studerats (1980-1989).
- Eftersättningen är högst ca 1 cm. Sättningen motsvarar ofta 20 à 30% av den sättning som inträffat i direkt samband med grundförstärkningsarbetena.
- Eftersättningen har inträffat relativt snabbt. Inom högst ca 2 år efter avslutade grundförstärkningsarbeten har sättningskurvan helt planat ut.

Situationen för förstärkningsobjekten i östra Gamla Stan är mera komplex. Sammanlagt har observationer på ca 80 dubbar fördelade på 14 objekt studerats. För dessa objekt gäller att:

- Sättningarna har helt avstannat i 3 av de studerade 14 objekten. (47 av 80 sättningsdubbar).
- Eftersättningen (högst ca 2 cm) har i de objekt där sättningarna avstannat inträffat under relativt lång tid (upp till 4 år).

- För de objekt där sättningarna ännu ej avstannat varierar sättningstakten från 3 à 4 mm inom tidsperioden 2 à 3 år upp till 5 à 20 mm inom tidsperioden 4 à 6 år.

I södra Gamla Stan är antalet tillgängliga sättningsmätningar relativt litet. Några av förstärkningsobjekten har utförts relativt sent (1986-88). Detta innebär att sättningarnas tidsförlopp ännu ej kan utvärderas. Underlaget är för litet för att generella resultat skall kunna redovisas. Vissa uppgifter är dock av intresse. För en tredjedel av mätdubbarna har sättningen med något undantag planat ut inom något år efter det att grundförstärkningsarbetena avslutats. Eftersättningen är för dessa mätdubbar högst 20 à 30% av den sättning som inträffat i direkt samband med grundförstärkningsarbetena. För övriga mätdubbar i södra Gamla Stan fortsätter sättningarna efter avslutad grundförstärkning. Sättningstakten är 5 à 40 mm inom tidsperioden 2 à 6 år.

● INVERKAN AV PÅLTYP

De objekt som förstärkts med Gustavsbergspålar är belägna i västra delen och uppvisar en obetydlig (i de flesta fall ingen) mätbar eftersättning. Objekt som förstärkts med Rubin-, Typhon- och Expanderpålar är belägna inom det södra området. Dessa har utförts så sent (avslutade 88-89) att eftersättningen ännu ej kan utvärderas.

● INVERKAN AV PÅLLÄNGD

Någon direkt inverkan av pållängden på eftersättningarnas storlek och tiden till sättningskurvan planat ut har ej kunnat konstateras.

9.3.2 Karakteristiska exempel

● SÄTTNINGSEFFEKTER EFTER UTFÖRD GRUNDFÖRSTÄRKNING

Störningar orsakade av grundförstärkningar i grannfastigheter kan leda till att "nya" sättningar inträffar. De nya sättningsförloppen sker ofta med liten sättningshastighet, men har sannolikt relativt lång avklingningstid. Mätperioden är relativt kort för flertalet av dessa objekt, varför utvärderingen blir förenad med viss osäkerhet.

I några fall fortsätter sättningarna under lång tid efter grundförstärkningen. Sättningskurvan planar ej ut inom den mätperiod (högst ca 10 år) som föreligger. Några objekt grundförstärkta strax före 1980 visar också på fortsatta sättningar för vissa dubbar.

Vissa byggnader visar en tydlig tendens till att åter börja sätta sig - visserligen långsamt (1 à 2 mm/år) - några år efter det att sättningskurvan efter avslutad grundförstärkning planat ut. I dessa fall kan effekterna inte direkt hänföras till störningar från grundförs-

tärkningar i intilliggande grannfastigheter. Sådana "nya" sättningsförlopp har konstaterats förekomma såväl i de västra som i de östra delarna av Gamla Stan.

● EFTERSÄTTNINGARNAS STORLEK, TID TILL UTPLANING

Exempel på objekt där ingen mätbar eftersättning inträffat visas i FIG 9.3a. Här har sättningskurvan planat ut direkt efter avslutad grundförstärkning. Pällängden var ca 12 m. Under de närmaste tre åren efter avslutad grundförstärkning har således inga sättningar inträffat. Dock finns därefter en tendens till "nya" sättningar. Grundförstärkningen har i detta fallet utförts med Gustavsbergspålar. Det kan konstateras att flera objekt med denna påltyp har uppvisat obetydliga eftersättningar.

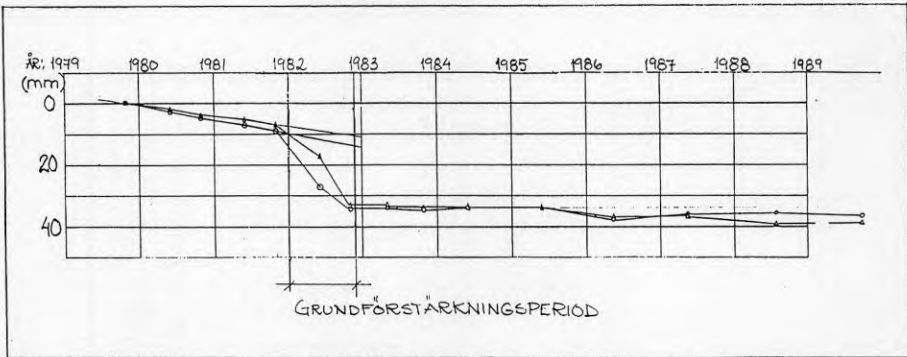


Fig 9.3 a Exempel på objekt där ingen eftersättning inträffat.

Även objekt med särskilt stor eftersättning kan urskiljas, jfr FIG 9.3b. Eftersättningen var här 10 resp 21 mm jämfört med en sättning under grundförstärkningsperioden av 6 resp 8 mm. Tiden till sättningskurvan planat ut var 3 å 4 år. I detta fall har en grundförstärkning i intilliggande hus påbörjats några månader efter avslutad grundförstärkning. Inverkan från denna förstärkning har sannolikt påverkat storleken på eftersättningarna. Pällängden var här ca 10 m.

Ett annat exempel på relativt stor eftersättning visas i FIG 9.3c. Eftersättningen var här 17 mm jämfört med 28 mm sättning under grundförstärkningsperioden. Även om sättningarna ej avstannat helt inom mätperioden är sättningshastigheten betydligt lägre efter än före grundförstärkningen. Relativt glea sättningsmätningar och ungefärliga uppgifter om tidpunkten för grundförstärkning har gjort det svårt att i detta fall exakt avgöra hur stor del av sättningen som skett under resp. efter grundförstärkningsperioden. Pällängden var här ca 18 m.

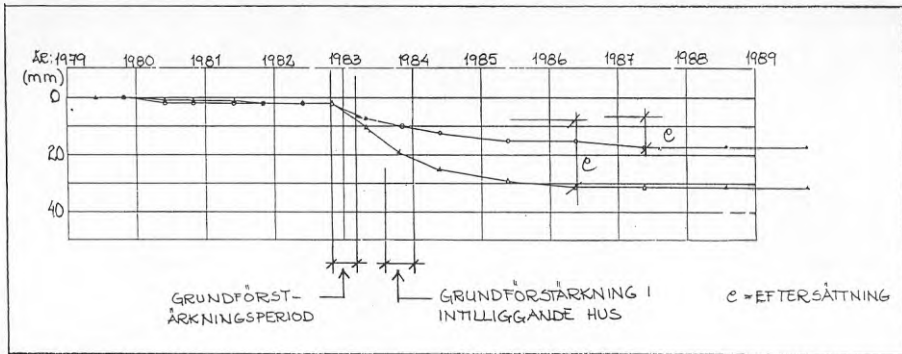


Fig 9.3 b Exempel på objekt där särskilt stor eftersättning inträffat.

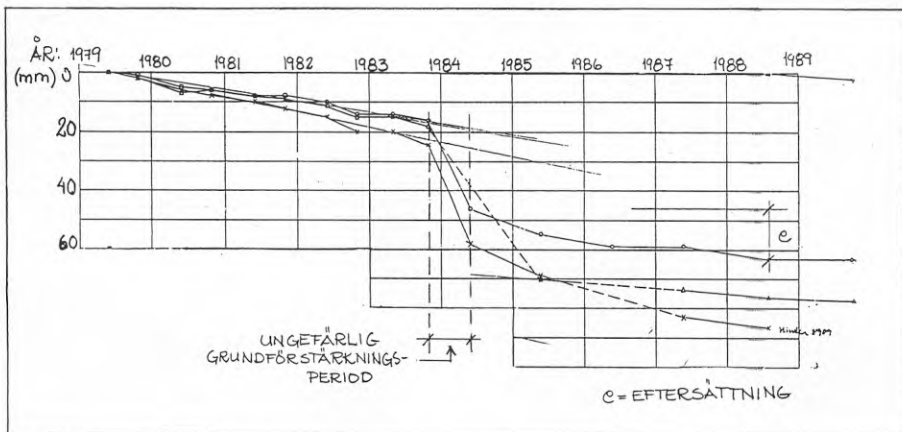


Fig 9.3 c Exempel på relativt stor eftersättning.

Tiden tills sättningskurvan planar ut efter en grundförstärkning kan variera betydligt. Inom ett kvarter med fyra olika grundförstärkningsobjekt har tiden till utplaning varit 0 (direkt utplaning), ca 2 år och ca 4 år (2 fall).

● FORTSÄTTA SÄTTNINGAR LÅNG TID EFTER GRUNDFÖRSTÄRKNING

Ett exempel där mätningarna tydligt visar på "nya" sättningar efter avslutad grundförstärkning visas i Fig 9.3 d. Dessa dubbar har satt sig 10 à 13 mm under en period av 6 år. Flertalet dubbar i detta objekt har efter utplaning (eller tendens till utplaning) åter börjat sätta sig vid olika tidpunkter efter grundförstärkning. Objektet är beläget i åsens randzon. Pällängden är ej känd.

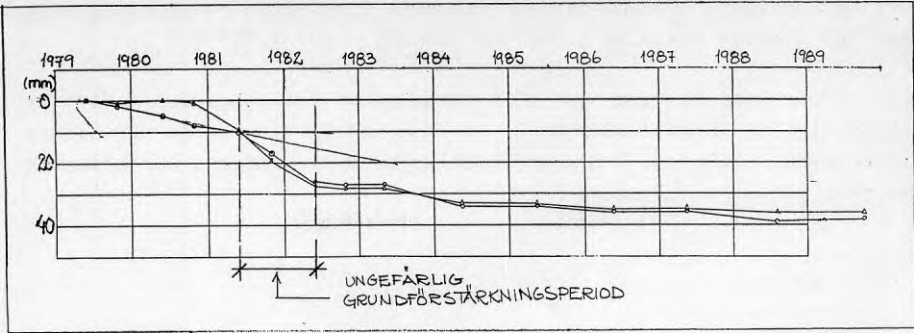


Fig 9.3 d Exempel där dubbar visar på "nya" sättningar efter grundförstärkning.

Byggnader - eller delar av byggnader - där sättningarna fortsätter med relativt jämn hastighet även efter avslutad grundförstärkning förekommer också. Ett exempel på detta förhållande visas i FIG 9.3 e. Byggnaden har erhållit 10-19 mm sättning under de 9 år som gått sedan förstärkningen genomfördes. Även "hack" i sättningskurvan orsakade av senare grundförstärkningar i grannfastigheter kan urskiljas. Pållängden var i detta fall ca 14 m.

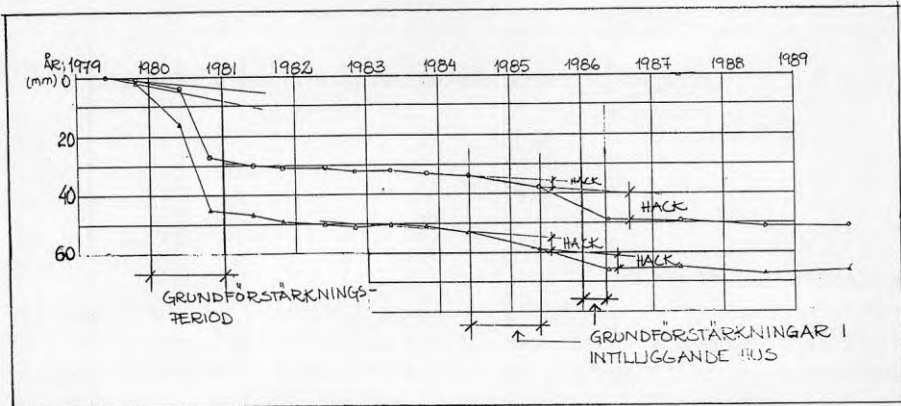


Fig 9.3 e Exempel där sättningarna fortsätter med jämn hastighet även efter grundförstärkning. "Hacken" i sättningskurvan är orsakade av senare grundförstärkningar i grannfastigheter.

Ett ytterligare exempel där sättningarna fortsätter med relativt jämn hastighet efter avslutad grundförstärkning visas i FIG 9.3 f.

Ett annat objekt med ca 20 m långa pålar har i ena delen fortsatt sätta sig (18-38 mm) under de 6 år som förflutit sedan grundförstärkningen utfördes. I den andra delen av samma byggnad har sättningsskurvan planat ut efter ca 5 år.

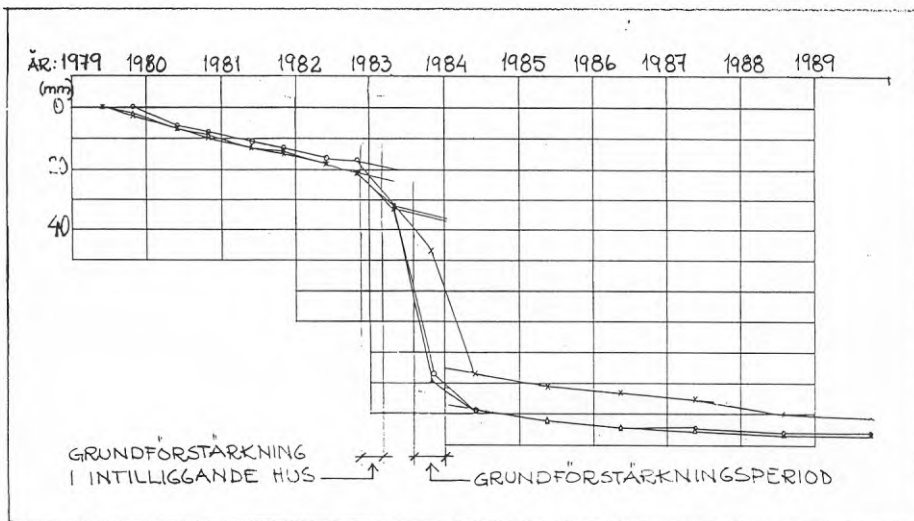


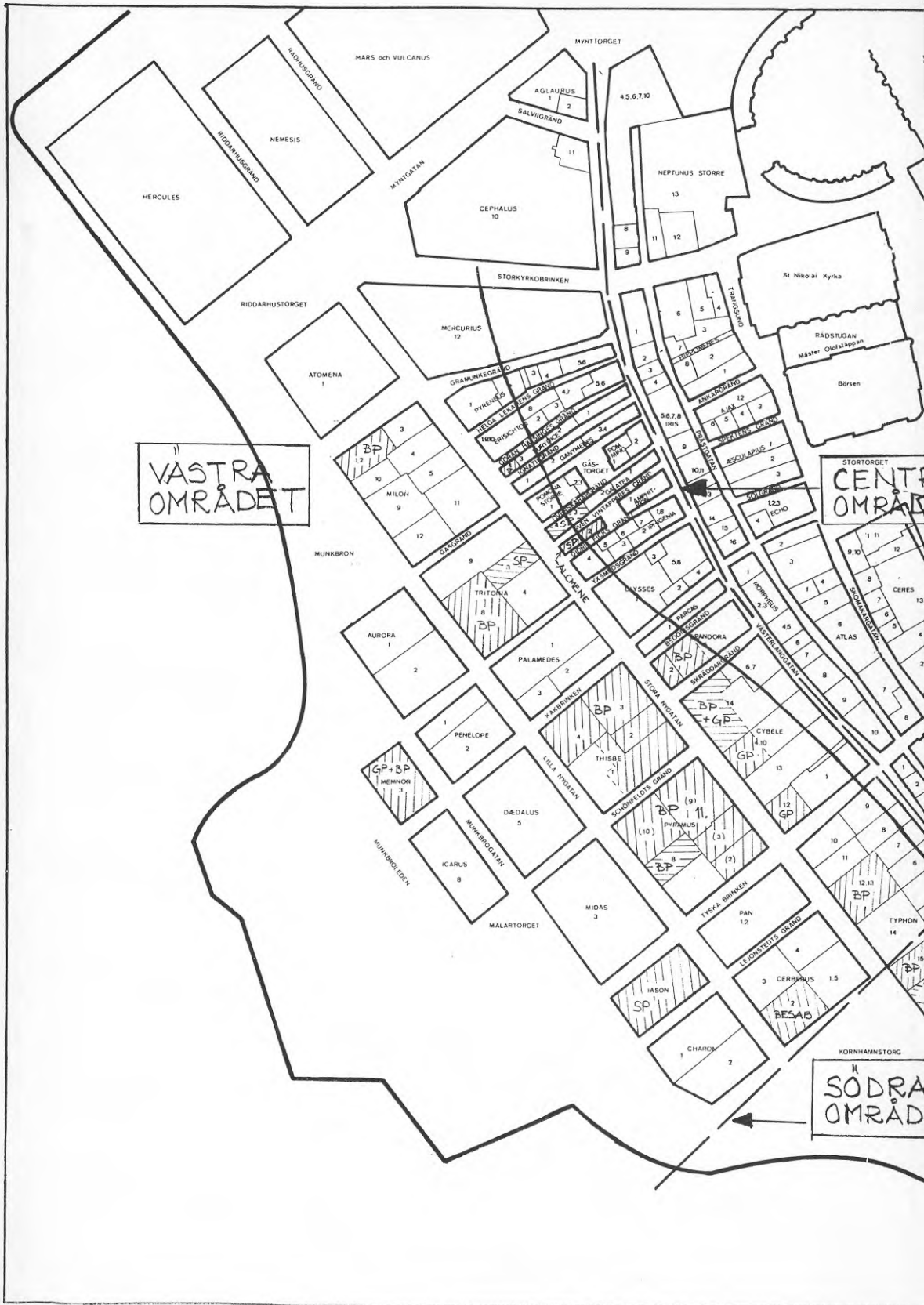
Fig 9.3 f Exempel på fortsatta sättningar efter utförd grundförstärkning.

● FÖRSPÄNNING AV PÅLAR

Med "förspänning" avses här att pålarna i samband med installationen sätts under spänning. Detta kan utföras med hjälp av domkrafter och uppkilning av påltoppen mot den konstruktion som överför byggnadslasten till pålarna.

Tre objekt där pålarna förspänts på detta sätt har studerats. Två av dessa är utförda relativt sent, varför endast få mätresultat ännu föreligger. För det tredje objektet har eftersättningen varit relativt liten (ca 7 mm) jämfört med de sättningar som inträffat under själva grundförstärkningsperioden.

Det underlag i form av mätningar som föreligger från Gamla Stan är ej tillräckligt för att närmare kunna utvärdera vilken inverkan som förspänning av pålarna kan ha på sättningsförloppet efter genomförd grundförstärkning.



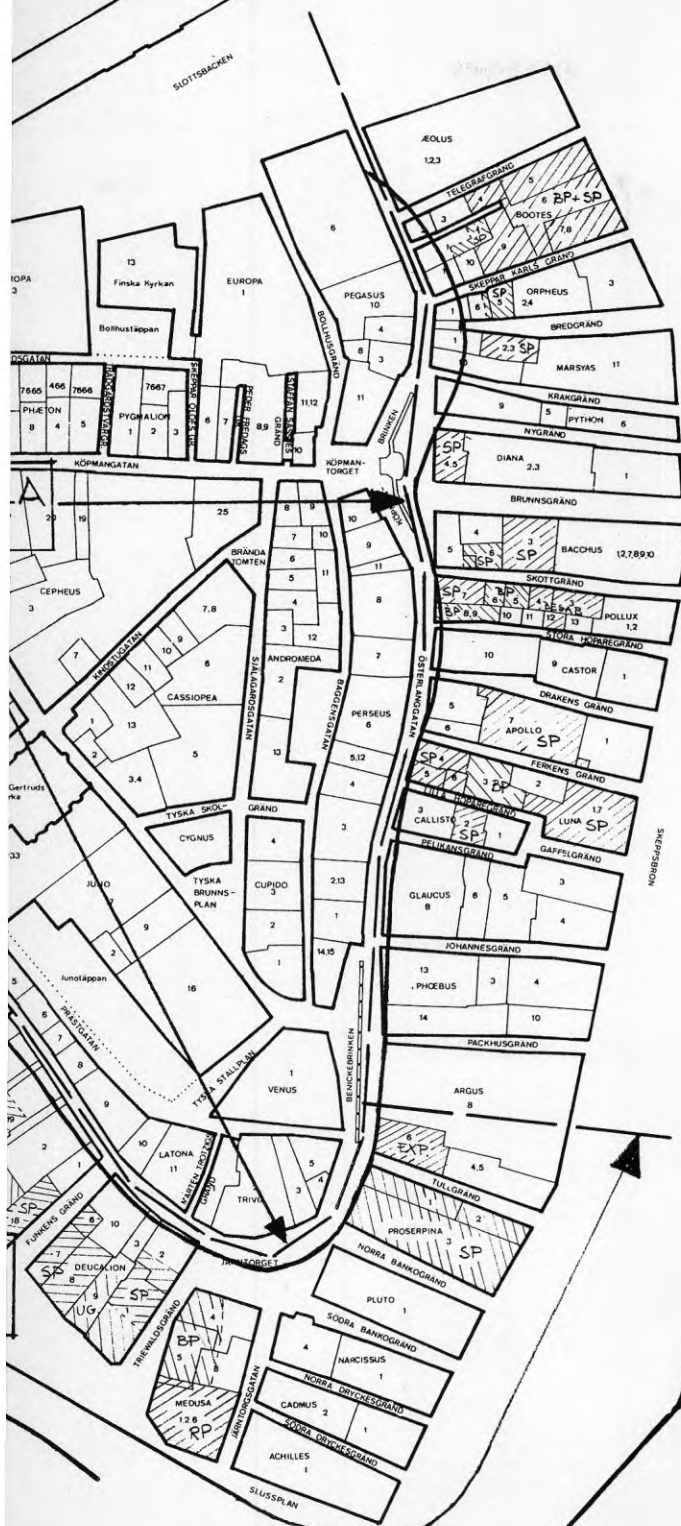
VÄSTRA
OMRÅDET

CENTRALT
OMRÅDE

SÖDRA
OMRÅDE

KRONOR

GAMLA STAN



OSTRA
OMRÅDET

MEDELTIDA STRAND-
LINJEN ca 1300
enl. H. Bahm

GRUNDFÖRSTÄR-
NING UTFÖRT
EFTER 1980
SP, BP GRUNDFÖRSTÄR-
NINGSMETOD
(se bil. 1)

SÄTTNINGSUPPFÖLJNING
KVARTERSINDELNING
1:2000

10. SÄTTNINGAR I NÄRLIGGANDE HUS - OMGIVNINGSPÅVERKAN

Omgivningspåverkan i form av sättningar i samband med utförda grundförstärkningsarbeten har studerats. Observera att utredningen endast avser inträffade sättningar. Om och i vilken grad sättningspåverkan medfört skador på byggnader behandlas ej. Sättningspåverkan har antagits förekomma om mätningarna visar 3 mm sättning (eller mer) utöver bakgrundssättningen.

Redovisade uppgifter om byggnaders grundläggning är, som tidigare nämnts, hämtade från Geobyråns kvartersbeskrivningar, vilka är baserade på besiktningar utförda i provgropar. Förutsättningar i övrigt samt vald metodik för utvärderingen, som tidigare redovisats i AVSNITT 9.1 "Utvärderingsmetodik" gäller även i tillämpliga delar för AVSNITT 10.

10.1 GENERELLA RESULTAT

● INVERKAN AV JORDLAGERFÖRHÅLLANDEN

De sättningar som inträffat under grundförstärkningsperioden i de närmast grundförstärkningsobjekten belägna husen har studerats. Storleken av sättningspåverkan och avståndet till aktuell grundförstärkning har utvärderats. Även när det gäller sättningspåverkan kan vissa påtagliga skillnader konstateras mellan olika delar av Gamla Stan.

För västra Gamla Stan kan noteras:

- För de flesta objekten har sättningar uppmätts på avstånd upp till 10 m från grundförstärkningen. Sättningsarnas storlek är 5 à 8 mm på detta avstånd.
- I några fall sträcker sig sättningspåverkan 15 à 17 m från grundförstärkt hus. Sättningen är 5 à 10 mm på detta avstånd.
- Vid fyra av grundförstärkningsobjekten i västra Gamla Stan har inte någon sättningspåverkan på omgivningen uppmätts. Vid tre av dessa objekt finns närbelägna hus med påverkanskänslig grundläggning.

Sättningspåverkan vid grundförstärkningarna i östra Gamla Stan är av ungefär samma storlek och utsträckning som i den västra delen.

- I flertalet fall har påverkan konstaterats på avstånd upp till 10 m från grundförstärkt hus. Uppmätt sättning är då 5 à 15 mm.
- I några fall har sättningspåverkan konstaterats på 17 à 20 m avstånd från grundförstärkt hus. Sättningen är 4 à 10 mm på detta avstånd.

I södra Gamla Stan är sättningspåverkan på omgivningen ofta större än i de västra och östra delarna.

- Sättningspåverkan kan för flertalet studerade objekt konstateras på avstånd upp till ca 20 m från grundförstärkt hus. Storleken av sättningarna är 4 à 8 mm på detta avstånd.
- Sättningarna på 10 m avstånd från grundförstärkt hus är av storleken 15 à 25 mm.

● INVERKAN AV PÅLTYP

Huvuddelen av grundförstärkningarna i Gamla Stan är utförda med slanka stålrörspålar. Andra påltyper har använts i enstaka objekt. Någon allmängiltig jämförelse mellan olika påltyper kan därför ej göras. Tolkingen av tillgängliga mätresultat är att grundförstärkningarna utförda med Rubin- och Expanderpålar ger en mer begränsad omgivningspåverkan än förstärkningar med övriga påltyper. Omgivningspåverkan vid grundförstärkning med Typhonpålen kan ej säkert utvärderas eftersom uppmätt sättning i närliggande hus kan härröra från egen grundförstärkning, som blev utförd två år tidigare. För Gustavsbergspålen kan ingen skillnad i omgivningspåverkan konstateras i jämförelse med övriga påltyper.

● INVERKAN AV PÅLLÄNGD

I västra Gamla Stan kan konstateras att de båda objekt som givit störst utsträckning av sättningspåverkan har grundförstärkts med relativt långa pålar (12 à 20 m och 30 m). Pällängden i denna del av Gamla Stan är normalt ca 10 m. Ett annat objekt med ca 30 m långa pålar har dock medfört endast begränsad sättningspåverkan på omgivningen. Grundkonstruktionerna i närliggande hus är i det sistnämnda fallet sannolikt i relativt god kondition.

I södra Gamla Stan är pålarna normalt relativt långa (20-30 m). Det är inom detta område som den största omgivningspåverkan inträffat.

I östra Gamla Stan kan omgivningspåverkan för de objekt som grundförstärkts med korta pålar ej generellt sägas vara mindre än för objekten med långa pålar.

● INVERKAN AV EGEN GRUNDLÄGGNING

De hus som främst påverkas av närliggande grundförstärkningar är grundlagda på träpålar/trärustbädd eller direkt på fyllning och åsmaterial. I ett flertal fall har även påverkan på tidigare tryckpålade hus konstaterats.

På den västra sidan är sättningen för tryckpålade hus av samma storleksordning som för hus grundlagda direkt på åsmaterial. Sättningarna för tryckpålade hus på den östra sidan är i de flesta fall mindre än för hus grundlagda på träpålar/trärustbädd, direkt på fyllning eller åsmaterial. I södra Gamla Stan har ingen större skillnad i sättning kunnat noteras för hus grundlagda på tryckpålar, träpålar/trärustbädd, fyllning eller åsmaterial.

Sättningspåverkan har konstaterats även på hus som tidigare grundförstärkts med slanka stålörspålar. Påverkan har i några sådana fall kunnat avläsas på samtliga mätdubbar i husen.

● INVERKAN AV FYLLNINGENS MÄKTIGHET

I den västra delen av Gamla Stan kan man konstatera att omgivningspåverkan sträcker sig något längre för grundförstärkningsobjekt belägna på stor fyllningstjocklek. Inom området närmast grundförstärkningen är dock sättningarna av ungefärligen samma storlek oberoende av fyllningens tjocklek. Grundförstärkningsobjekt belägna nära åsen har främst orsakat sättningar på byggnader inom eget kvarter och ej tvärs över gränderna.

Generellt giltiga resultat för inverkan av fyllningens tjocklek saknas i området öster om åsen. För mätpunkter på lika avstånd från grundförstärkt hus har i ett flertal fall inträffat sättningar av samma storleksordning oberoende av fyllningens tjocklek. Omfattningen av sättningspåverkan kan ej heller generellt sägas vara större vid större mäktighet hos fyllningen. Grundkonstruktionerna i byggnaderna på den östra sidan är ofta mindre påverkanskänsliga ut mot vattnet, där fyllningens tjocklek är störst. Någon skillnad i sättningspåverkan inom kvarter och tvärs gränderna har ej heller kunnat konstateras i denna del av Gamla Stan.

I det södra området ökar i de flesta fall sättningarna i grannhus då fyllningens tjocklek ökar, dvs med ökande avstånd från åsen. I ett par fall är dock sättningspåverkan upp mot åsen anmärkningsvärt stor. Någon skillnad i sättningspåverkan inom kvarter jämfört med förhållandena tvärs gränderna kan ej konstateras i södra Gamla Stan.

● INVERKAN AV UPPHANDLINGSINCITAMENT

Ett objekt där tidsincitament funnits vid upphandlingen av grundförstärkningsarbetena har medfört stor omgivningspåverkan åt alla håll. Såväl storleken som utsträckningen av sättningspåverkan blev i detta fall betydande.

En mycket begränsad sättningspåverkan har erhållits för ett grundförstärkningsobjekt där sättningsincitament funnits vid upphandlingen. Endast en av dubbarna i eget kvarter har satt sig (7 mm) vid genomförandet av grundförstärkningen. I samband med en tidigare genomförd grundförstärkning i grannkvarteret inträffade 4-66 mm sättnings i den byggnad där sättningsincitament senare användes vid förstärkningen.

10.2 KARAKTERISTISKA EXEMPEL

● UTSTRÄCKNING AV SÄTTNINGSPÅVERKAN

Att storleken och särskilt utsträckningen av sättningspåverkan vid grundförstärkningsobjekt uppvisar stora variationer exemplifieras i detta avsnitt.

I FIG 10.2a visas ett exempel där ingen mätbar omgivningspåverkan inträffat. Kvarteret är beläget i den västra delen av Gamla Stan. Fyllningens tjocklek är 6 å 11 m. Ett träpålat hus beläget inom kvarteret har i detta fall också helt undgått påverkan från grundförstärkningen.

Ett annat exempel från västra Gamla Stan där endast begränsad omgivningspåverkan inträffat visas i FIG 10.2b. Fyllningens tjocklek är här 7 å 11 m.

FIG 10.2c visar en grundförstärkning belägen i västra Gamla Stan med relativt stor omgivningspåverkan åt alla håll. Påverkan sträcker sig som mest till ca 25 m avstånd från grundförstärkt hus. Fyllningens tjocklek varierar i detta fall mellan 10 och 20 m.

En grundförstärkning i södra Gamla Stan där relativt omfattande sättningspåverkan erhållits åt alla håll visas i FIG 10.2d. Sättningspåverkan har uppmätts intill ett avstånd av ca 20 m. Inga skillnader finns i sättningspåverkan för hus grundlagda på åsmaterial, fyllning, träpålar eller tryckta betongpålar. Fyllningens tjocklek varierar i detta fall mellan 0 och ca 13 m.

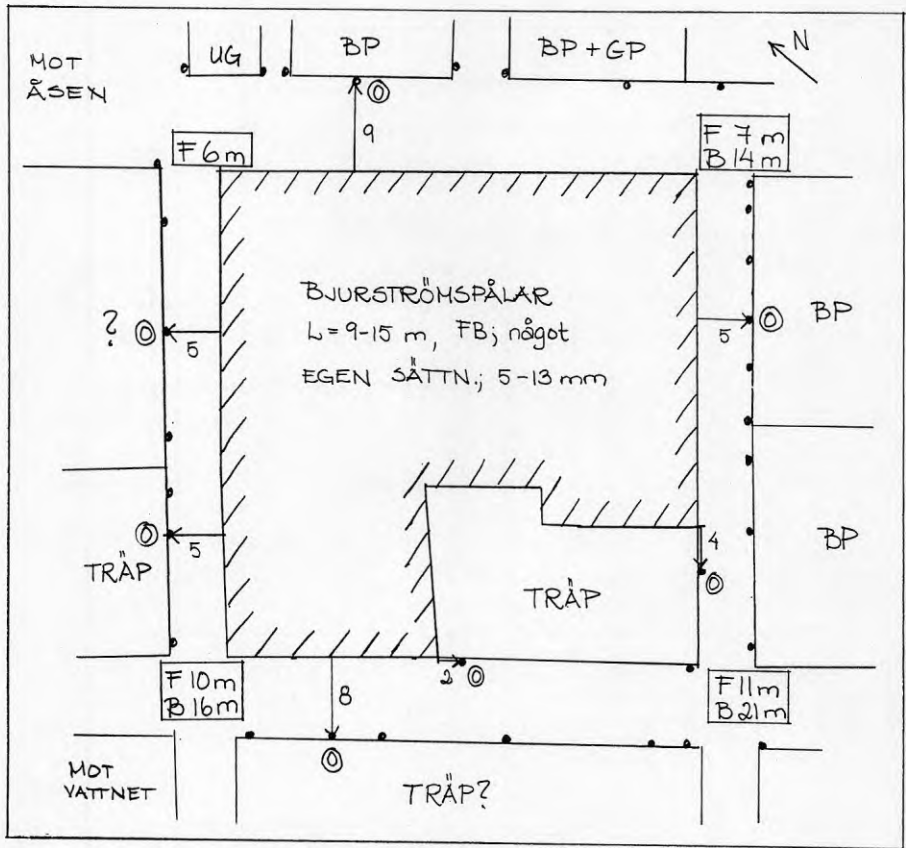


Fig 10.2 a Objekt i västra delen av Gamla Stan där ingen mätbar omgivningspåverkan inträffat.

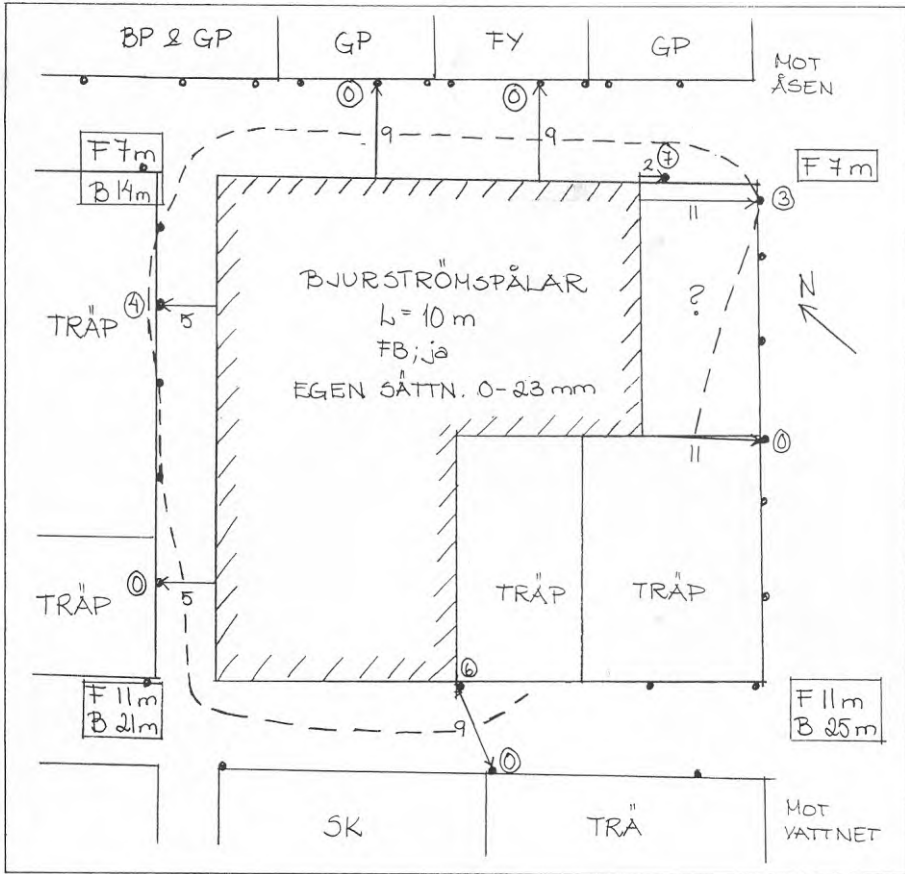


Fig 10.2 b Grundförstärkning i västra delen av Gamla Stan där endast begränsad omgivningspåverkan erhållits.

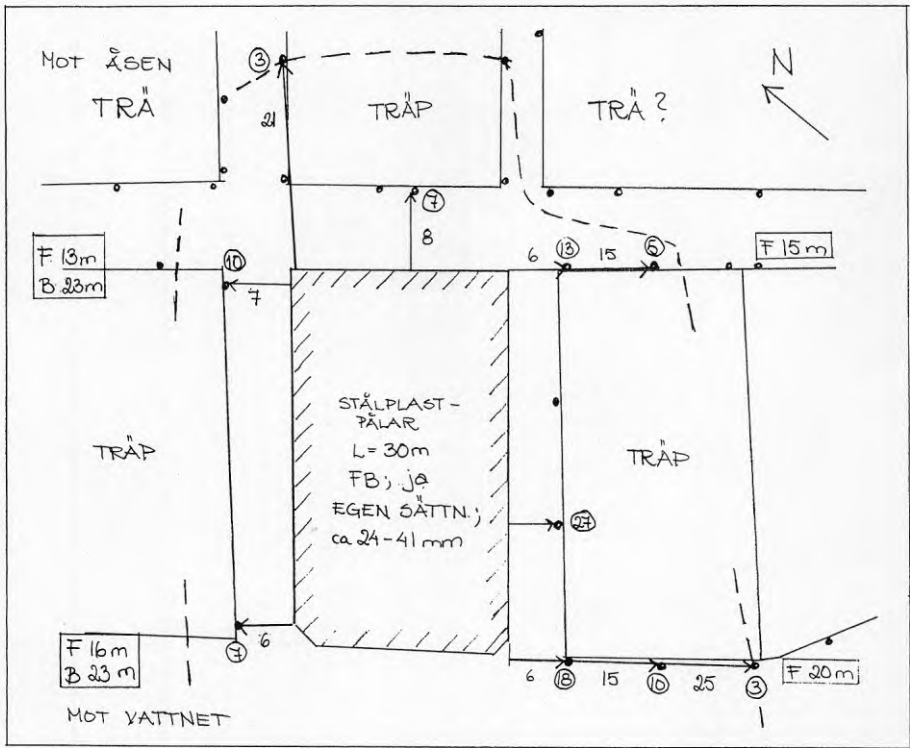


Fig 10.2 c Objekt i västra Gamla Stan där stor omgivningspåverkan erhållits åt alla håll.

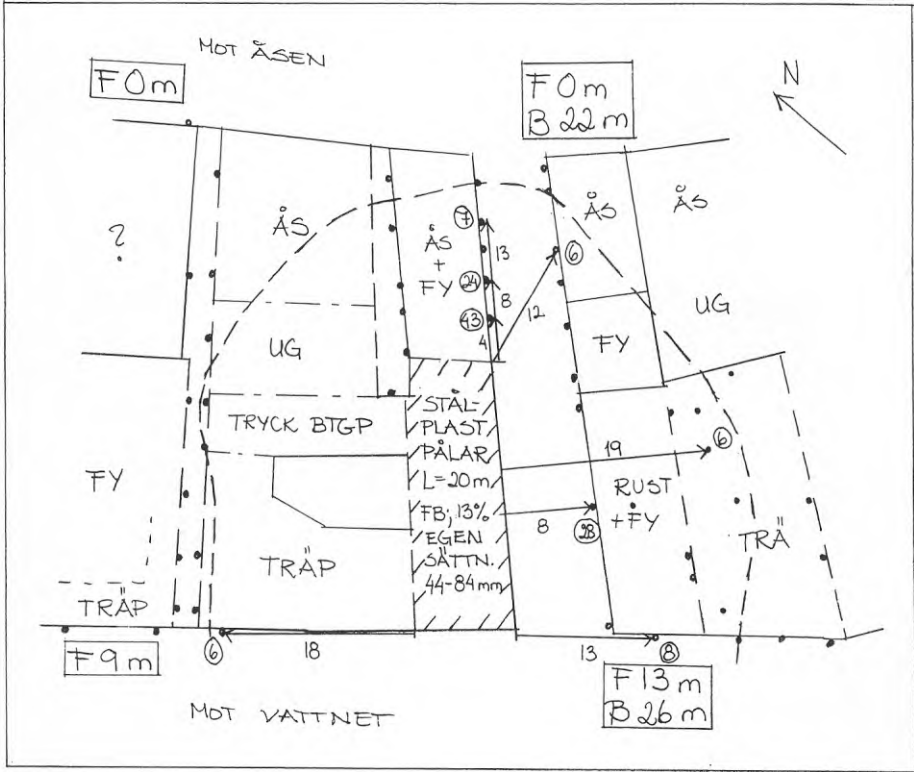


Fig 10.2 d Grundförstärkning i södra Gamla Stan där relativt omfattande sättningspåverkan erhållits åt alla håll.

Exempel finns också på grundförstärkningsobjekt där påverkan utsträckt särskilt långt åt ett håll, jfr FIG 10.2e. Trots att samtliga närliggande byggnader är grundlagda på rustbädd har en av byggnaderna satt sig betydligt mer än de övriga.

Grundförstärkningen i FIG 10.2f har medfört mer än dubbelt så stor sättningsutbredning söderut och österut (där husen är grundlagda på fyllning och träpålar/trärust) jämfört med förhållandena vid de norrut belägna tryckpålade husen.

Den i FIG 10.2g visade grundförstärkningen har medfört anmärkningsvärt stor omgivningspåverkan trots att förborrning utförts genom fyllningen. Gränsen för påverkan ligger i detta fall på ca 20 m avstånd från grundförstärkningen. Endast ett tidigare grundförstärkt hus i norr har undgått sättningspåverkan. Grundförstärkningen är utförd med ca 18 m långa pålar.

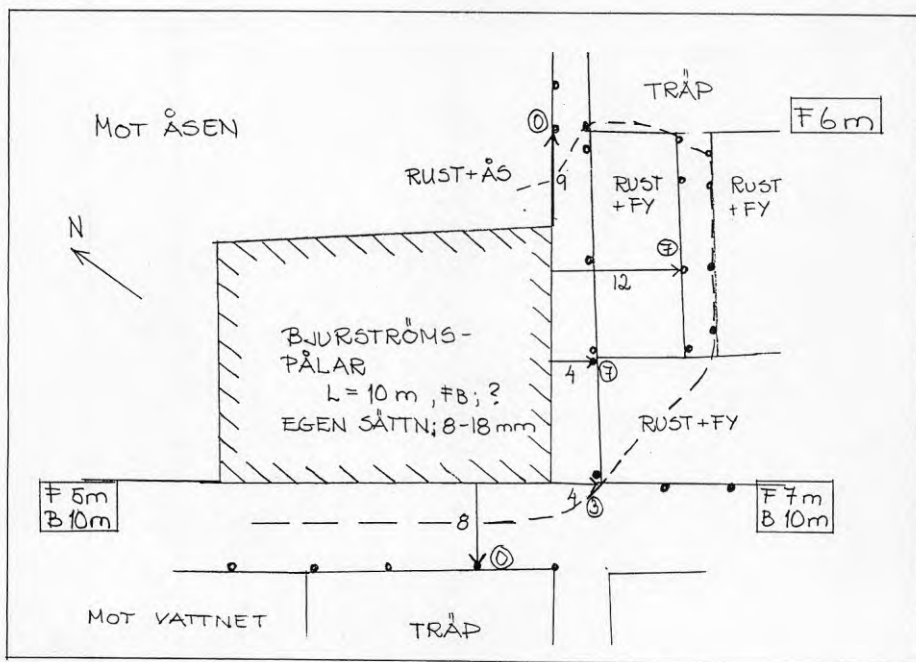


Fig 10.2 e Grundförstärkningsobjekt där sättningspåverkan utsträckt särskilt åt ett håll.

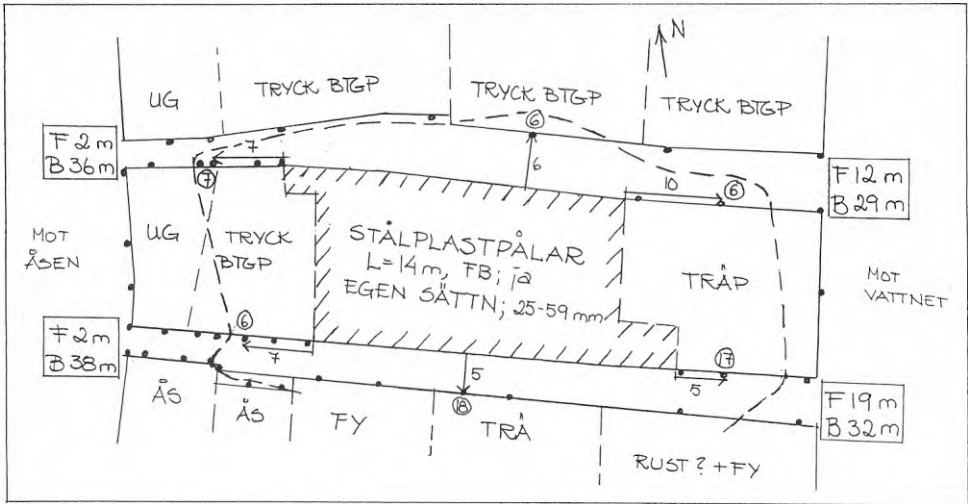


Fig 10.2 f Objekt där omgivningspåverkan sträcker sig mer än dubbelt så långt söderut och österut (hus på fyllning respektive tråpålar/trårust) som norrut (tryckpålade hus).

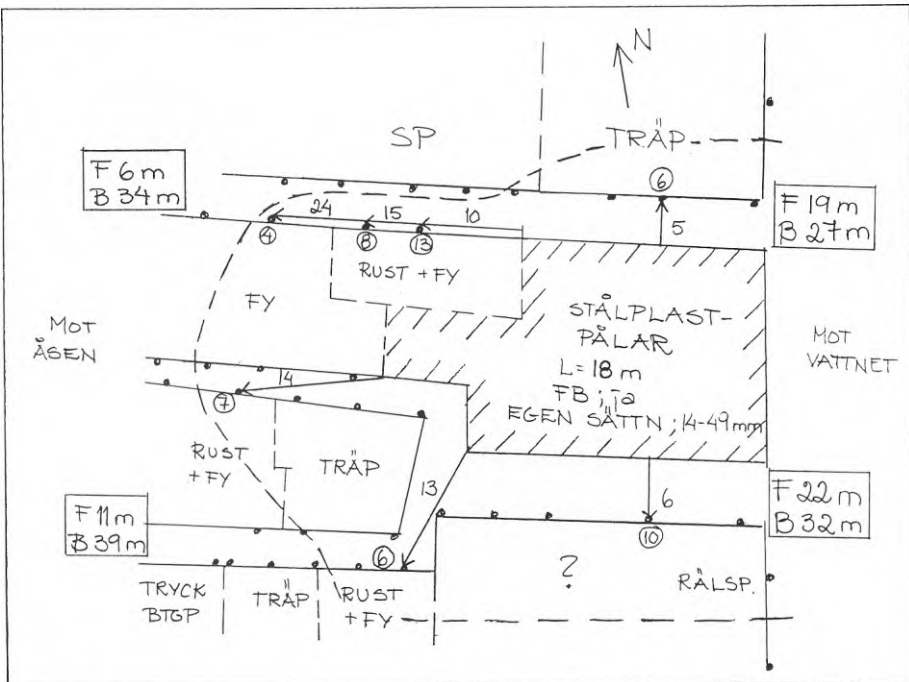


Fig 10.2 g Grundförstärkning där anmärkningsvärt stor påverkan på omgivningen erhållits trots förborrning genom hela fyllningen.

● OMGIVNINGSPÅVERKAN VID OLIKA MÄKTIGHET HOS FYLLNINGEN

Inverkan av fyllningens mäktighet har tidigare allmänt diskuterats i AVSNITT 10.1. Här redovisas några exempel på storlek och utsträckning av sättningspåverkan vid genomförande av grundförstärkningsobjekt belägna på olika fyllningstjocklek.

I ett fall från södra Gamla Stan, (FIG. 10.2h) ökar storleken av inträffade sättningar successivt från 7 till 55 mm när fyllningens tjocklek ökar från ca 2 till ca 14 m. Avståndet till aktuell grundförstärkning är ungefär lika stort hela tiden.

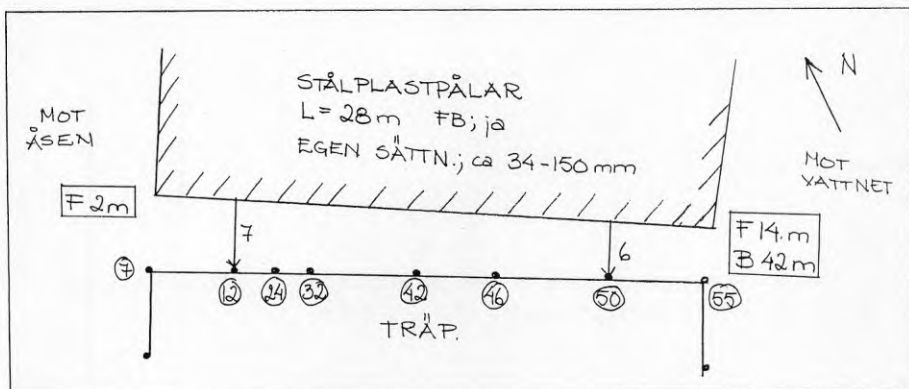


Fig 10.2 h Objekt där storleken av sättningspåverkan ökar successivt med ökande fyllningstjocklek.

Ett annat fall i den östra delen där omfattningen av sättningspåverkan är betydligt mindre upp mot åsen visas i FIG 10.2i. Där fyllningens tjocklek är ca 3 m (närmast åsen) begränsas utsträckningen av sättningspåverkan till ca 7 m avstånd från grundförstärkt hus. Där fyllningen är 6 à 7 m mäktig når sättningspåverkan ca 18 m från grundförstärkt hus. Detta innebär att sättningar i detta fall inträffar intill ett avstånd av upp till dubbla pållängden. Omfattningen av påverkan når här lika långt inom eget kvarter som i kvarteret tvärs över gränden. Samtliga omgivande byggnader har påverkanskänslig grundläggning.

Ett exempel från den östra delen av Gamla Stan, där utsträckningen av påverkan upp mot åsen är lika stor som från åsen visas i FIG 10.2j. Fyllningens tjocklek varierar här mellan ca 2 m (närmast åsen) och ca 14 m. Denna grundförstärkning har även orsakat sättningar (ca 4 mm) i ett hus som tidigare grundförstärkts med slanka stålrörspålar. Påverkan når som längst ca 15 m från grundförstärkningen. Grundförstärkningspålarna var ca 20 m långa.

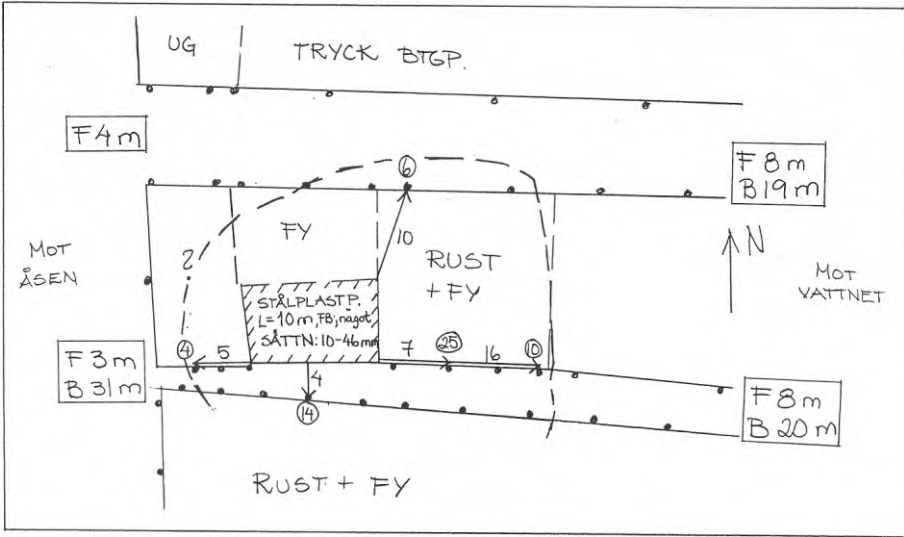


Fig 10.2 i Grundförstärkning där omfattningen av sättningpåverkan är betydligt mindre upp mot åsen.

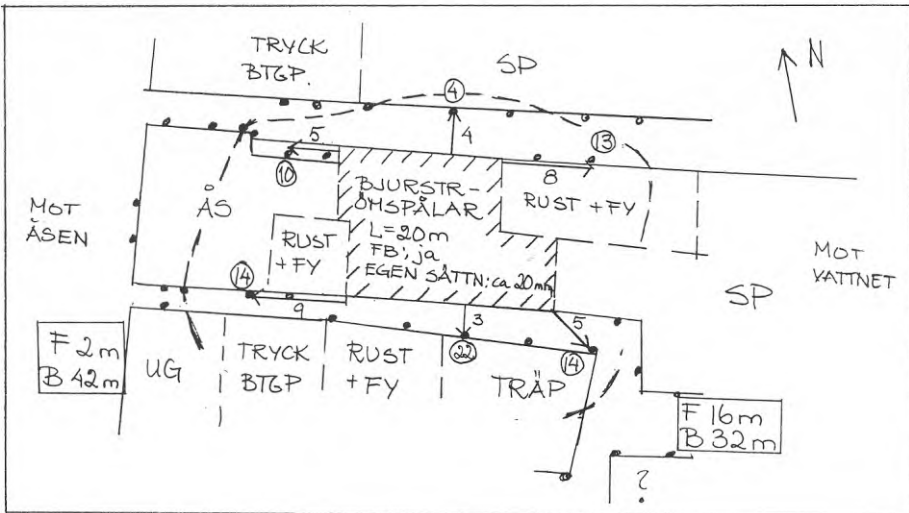


Fig 10.2 j Objekt där utsträckningen av påverkan är lika stor upp mot som från åsen.

Ett exempel hämtat från den södra delen där utsträckningen av påverkan är ungefär lika stor åt alla håll visas i FIG 10.2k. Gränsen för påverkan ligger här på 15 à 25 m avstånd från grundförstärkningen. Fyllningens tjocklek varierar i detta fall mellan 0 och ca 10 m. Jämfört med pållängden (ca 30 m) är utsträckningen av sättningspåverkan i detta fall ändå relativt sett begränsad (mindre än pållängden).

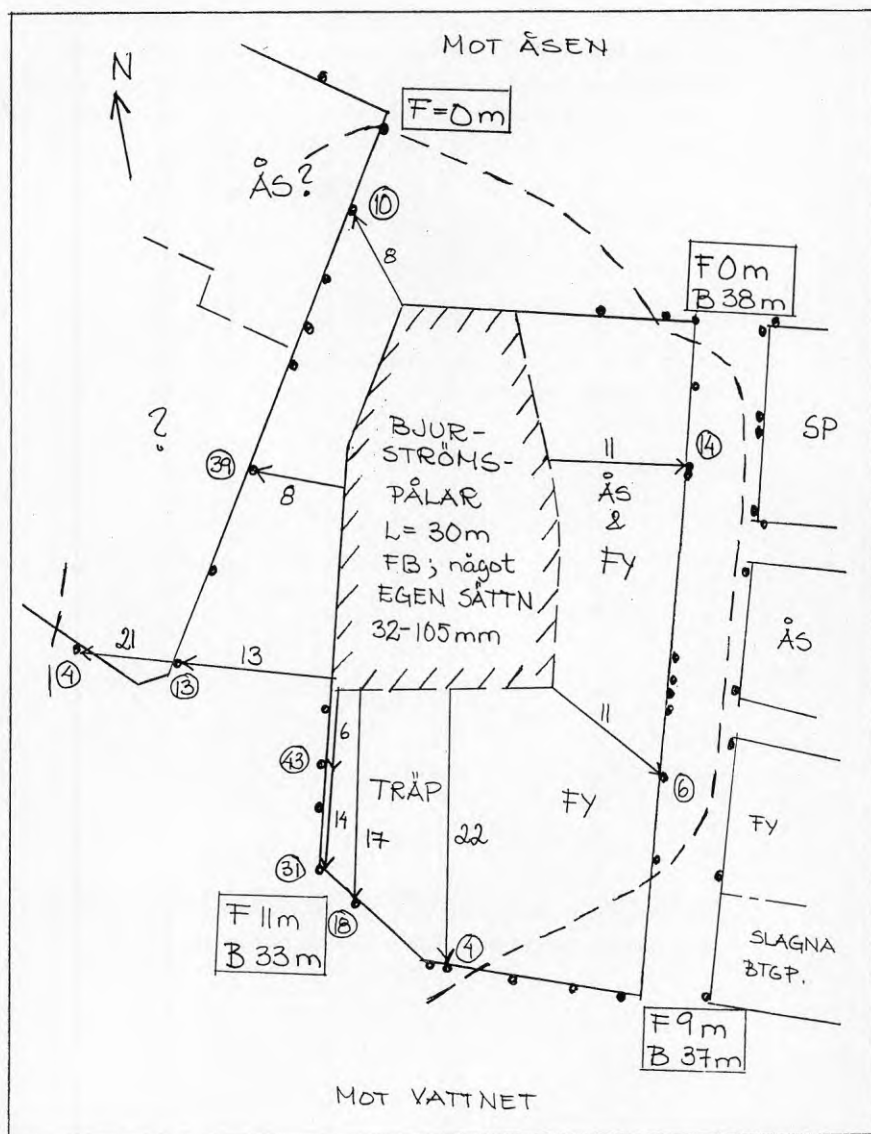


Fig 10.2 k Objekt där utsträckningen av omgivningspåverkan är lika stor åt alla håll.

● PROVADE METODER ATT REDUCERA OMGIVNINGSPÅVERKAN

I ett fall i södra Gamla Stan har stålrörspålar neddrivits genom hydraulisk tryckning (utan slagning). Trots detta har ungefärligen lika stora sättningar (36 å 49 mm) inträffat i ett intilliggande grannhus som i det grundförstärkta huset (28 å 70 mm sättning). Grannhuset var tidigare grundförstärkt genom nedkapning av träpålar och undergjutning.

I ett annat fall (jfr FIG 10.2 1) har stoppslagningskravet för stålrörspålar mildrats för att minska omgivningspåverkan. Likväl har ett 20-30 m stort område från grundförstärkningen påverkats. Även ett tidigare grundförstärkt hus beläget ca 25 m från grundförstärkningen har erhållit sättningar. Någon skillnad i påverkan för hus grundlagda på träpålar och tryckpålar kan ej konstateras i detta fall.

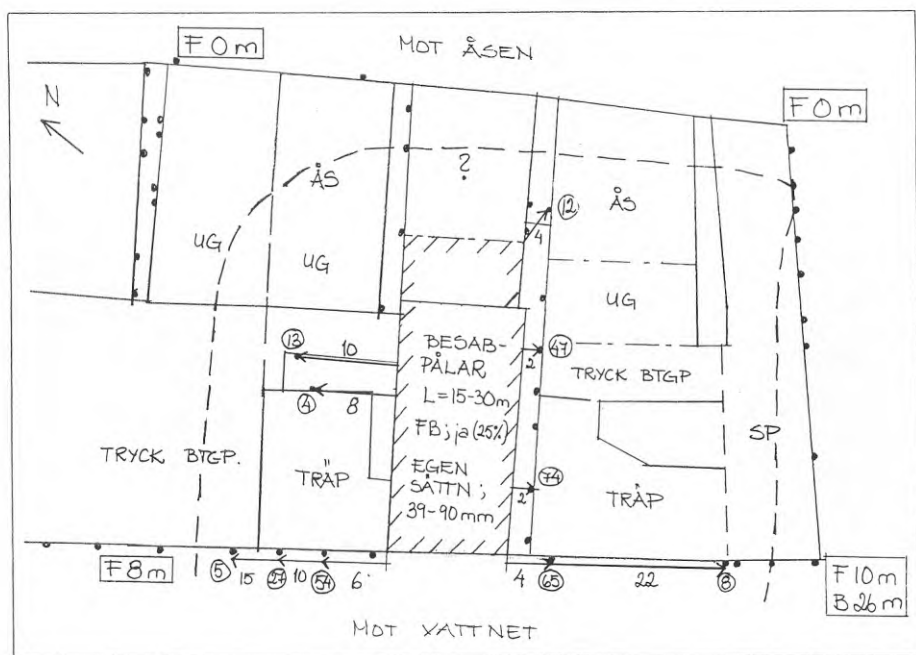


Fig 10.2 1 Sättningspåverkan vid ett grundförstärkningsobjekt där stoppslagningskravet för stålrörspålar mildrats.

● PÅVERKAN PÅ TIDIGARE GRUNDFÖRSTÄRKTA HUS

Även hus som på senare tid grundförstärkts med slanka stålrörspålar har påverkats i samband med senare genomförda grundförstärkningsarbeten i byggnader intill.

I den södra delen av Gamla Stan finns ett fall där grundförstärkning av grannhus påverkat samtliga dubbar i ett tidigare grundförstärkt hus. Huset - beläget tvärs över gränden relativt det grundförstärkta - har erhållit sättningar av storleken 3-11 mm. Vid en tidigare utförd grundförstärkning längre bort i samma kvarter påverkades också ett par av husets dubbar (3 å 6 mm sättning).

Även i den östra delen har en grundförstärkning av grannhus påverkat samtliga dubbar i ett tidigare grundförstärkt hus. Sättningarna blev i detta fall betydligt större (25-43 mm), jfr FIG 10.2m. Det påverkade huset är beläget vägg i vägg med det grundförstärkta.

Ytterligare ett exempel, är ett grundförstärkt hus som påverkats vid tre olika tillfällen av senare grundförstärkningar i grannkvarteret, jfr FIG 10.2d. Olika dubbar har påverkats vid de tre tillfällena och storleken av sättningspåverkan är relativt liten (4 å 8 mm). En orsak kan vara att pålarna i byggnaden här är betydligt kortare än de pålar som senare slagits i grannkvarteret.

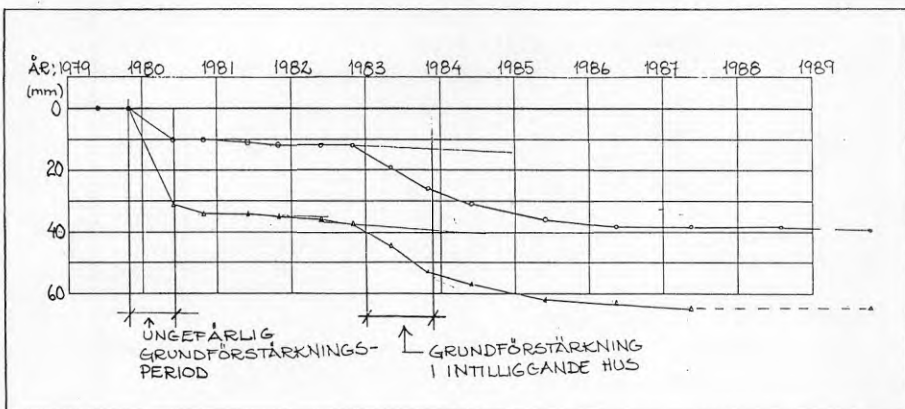


Fig 10.2 m Sättningspåverkan på tidigare grundförstärkt hus.

11. SLUTSATSER

Tidigare i rapporten (AVSNITT 9 och 10) har sättningsförhållandena beskrivits och belysts dels genom vissa "generella" resultat och dels genom ett antal karakteristiska exempel. Sammantaget visar denna genomgång att sättningsförhållandena är mycket komplexa i Gamla Stan. Inverkan på sättningsituationen av olika förhållanden i byggnaderna och undergrunden stöds av vissa mätresultat. Ofta påträffas emellertid exempel på motsatt inverkan. Vid bedömningen av sättningsituationen för vissa av byggnaderna är mätunderlaget otillräckligt. En längre mätperiod skulle i dessa fall behövas för att säkrare kunna bedöma sättningsituationen.

Vissa påtagliga effekter framträder dock tydligt vid den genomgång som utförts i denna utredning. I vissa fall visar sättningsmätningarna för grundförstärkta hus ett oväntat förlopp. Orsakerna till ej förväntade sättningsförlopp skulle kanske kunna utrönas genom en noggrannare analys av förhållandena vid det enskilda objektet. Sådana analyser har dock ej legat inom ramen för denna utredning. Syftet med denna studie har varit att översiktligt analysera sättningsituationen i Gamla Stan.

I följande text redovisas tänkbara förklaringar till observerade sättningar. Liksom tidigare har en uppdelning gjorts i sättningar för själva grundförstärkningsobjekten (AVSNITT 11.1) och sättningar i närliggande hus (AVSNITT 11.2).

11.1 SÄTTNINGAR I GRUNDFÖRSTÄRKTA HUS

● ALLMÄNT

Att vissa sättningsrörelser måste förväntas i samband med genomförandet av en grundförstärkning med pålar i Gamla Stan är ingen nyhet. Jordlagerförhållanden och befintliga grundkonstruktioner är sådana att sättningar med en storlek av ca 5 cm normalt ej upplevs som anmärkningsvärda. Sådana mätresultat har tidigare redovisats i utredningar från Gamla Stan, jfr AVSNITT 8. Många av byggnaderna i Gamla Stan har under tidigare år utsatts för betydligt större sättningar och sättningskillnader. Att sättningsförloppet normalt avslutas något år efter färdigställd grundförstärkning är troligen en vanlig uppfattning. Sättningsobservationer som verifierar detta förhållande för de enskilda grundförstärkningsobjekten har sannolikt utförts relativt sällan.

Storleken av de sättningar som kan accepteras varierar från fall till fall. Vid kommande genomgripande restaurering och ombyggnad av hus kan relativt stora sättningar (som följd av grundförstärkningsarbetena)



Byggnad som lutar till följd av ojämna sättningar.

accepteras. Samtidigt ställer detta krav på att sättningarna avstannar relativt snabbt efter grundförstärkningen och framförallt att sättningar ej uppkommer ojämnt i byggnaden framöver.

● SÄTTNINGAR UNDER GRUNDFÖRSTÄRKNINGSPERIODEN

Som medelvärde för samtliga här studerade grundförstärkningsobjekt har 2, 3 och 5 cm sättning inträffat i de olika delområden som Gamla Stan uppdelats i. Sättningarna är minst i västra och störst i södra Gamla Stan. Objekt som påverkats betydligt mindre (1 à 2 cm sättning) och även betydligt mer (ca 12 cm sättning) förekommer dock också.

Sättningarna registreras på mätdubar installerade i byggnadernas fasadväggar. De rörelser som uppmäts på detta sätt kan således härröra från:

- rörelser inom själva väggkonstruktionerna
- kompressioner i ev trägrund, särskilt i delar med av röta nedsatt bärförmåga
- kompression av förekommande fyllningslager
- sättningar i naturligt lagrad jord under fyllning
- sättningar vid successiv lastöverföring till pålarna

Förändringar av lastfördelningen i byggnaderna och lastöverföringen till pålarna kan ibland ha medfört rörelser inom själva byggnadskonstruktionerna. Att en samtidig ombyggnad av huset skulle ha någon inverkan på sättningarnas storlek har dock ej kunnat konstateras.

Det råder ingen tvekan om att betydande kompressioner av grundläggningens virket kan ha inträffat i hus med rötangripna trägrunder.

Påtagliga skillnader i sättningsbeteende har ej kunnat konstateras mellan objekt belägna nära åsen och objekt belägna på mäktiga fyllningslager. Ett exempel finns där sättningen i ett tryckpålat hus (där byggnadslasterna kan förväntas vara nedförda till naturligt lagrad jord) ej nämnvärt avviker från sättningsutvecklingen i övriga hus, jfr Mattsson et al (1988). Detta skulle tyda på att huvuddelen av de sättningar som registrerats under grundförstärkningsperioden härrör från effekter i den naturligt lagrade jorden under fyllningen.

Jordlagerförhållandena i de södra delarna av Gamla Stan är uppenbart ogynnsammare än i övriga delar. Sättningarna i samband med utförandet av grundförstärkningar är här anmärkningsvärt stora. Förklaringen till detta skall troligen sökas i de naturliga jordlagren under byggnaderna. Exempel finns i området på geotekniska undersökningsresultat som indikerar mycket löst lagrat åsmaterial. En annan förklaring är möjligheten att skikt av finkornigt jordmaterial tränger ned i underliggande grövre jord (med stor porvolym) i samband med själva installationen av pålar.

Att pållängden inverkar på sättningarnas storlek styrks av de mätningar som studerats. Inom varje delområde i Gamla Stan har de största sättningarna under grundförstärkningsperioden inträffat för objekten med de största pållängderna.

Antalet grundförstärkningsobjekt som utförts med s k skonsamma påltyper är hittills få i Gamla Stan. Sättningarna under grundförstärkningsperioden har i dessa fall ej uteblivit, men blivit betydligt mindre än för jämförbara objekt utförda med slagna, slanka stålrörspålar inom samma delområde av Gamla Stan.

● SÄTTNINGAR EFTER AVSLUTAD GRUNDFÖRSTÄRKNING

I så gott som samtliga fall som här studerats fortsätter det grundförstärkta huset att sätta sig efter färdigställd grundförstärkning. Sättningarna uppvisar olika förlopp:

- sättningarna avstannar inom den här tillgängliga mätperioden
- sättningar fortsätter (detta kan gälla även många år efter färdigställd grundförstärkning)
- sättningarna avstannar, men startar igen efter något/några år

För de fall där sättningarna avstannat inom mätperioden är eftersättningen (den andel av sättningen som inträffar efter färdigställd grundförstärkning) högst ca 1 och ca 2 cm i de västra resp östra delarna av Gamla Stan. Eftersättningarna utbildas inom ca 2 år i västra delarna och inom högst ca 4 år (gäller hälften av mät dubbarna) i de östra delarna.

Fortsatta sättningar även relativt lång tid (upp mot 10 år) efter avslutad grundförstärkning förekommer för flera av objekten i de östra delarna av Gamla Stan. De fortsatta sättningarna är vanligen ojämna inom byggnaden. Enligt vissa av mät dubbarna synes sättningen ha avstannat, medan fortsatta rörelser registreras för andra dubbar. Att sättningarna fortsätter en tid efter avslutad grundförstärkning är delvis effekter av att lastpåföringen på pålarna ej sker omedelbart. En viss sammantryckning av pålarna erfordras för att byggnadslasten skall kunna överföras via pålarna till jorden. Skillnader i sättning kan delvis förklaras av att pålarna installeras vid olika tidpunkter. Lastöverföringen och därmed eftersättningarna blir då ojämnt fördelade över byggnadsytan.

Pålar som slagits till relativt stora djup i åsmaterialet (men sannolikt ej stoppslagits på berg) kan förväntas överföra stor del av lasten till jorden via manteln. Endast en begränsad del av lasten överförs således i dessa fall via pålspetsarna. Dessa förhållanden kan ändras med tiden och påverkas av senare påslagning i närheten.

I vissa fall är eftersättningarna av sådan storlek att de ej kan förklaras som erforderlig sammantryckning av pålarna ens om pålarna

antas överföra byggnadslasten helt via pålspetsarna. En tänkbar möjlighet är att pålarna utsätts för relativt stora påhängskrafter, som medför en långsam fortgående sättning hos huset. Risken för påhängskrafter bör beaktas vid dimensioneringen av pålgrundläggningen.

Vissa små kryprörelser måste påräknas i byggmaterial och pålar även i den situation då lastöverföringen sker via pålarna till jord/berg och utan att ytterligare laster påförs genom att jordlagren runt pålarna sätter sig. Att så är fallet indikeras av sättningsobservationer som utförts på byggnader grundförstärkta med stålkärnepålar, dvs där byggnadslasterna nedförs till berg. Även i dessa fall finns indikationer på små kryprörelser i byggnaderna.

Ytterligare en förklaring till eftersättningarna är kryprörelser i jordlagren under pålspetsarna. Detta kan vara aktuellt i situationer där pålarna stoppslagits på högre nivåer i åsmaterialet och där underliggande åsmaterial har relativt lös lagring. Tillgängliga uppgifter om åsmaterialets lagringstäthet är tyvärr fåtaliga i Gamla Stan. Man har anledning att misstänka att löst lagrat åsmaterial förekommer relativt frekvent i åsen och att därav föranledda kryprörelser är en sannolik förklaring till de eftersättningar som förekommer i vissa av byggnaderna i Gamla Stan.

Vissa grundförstärkningsobjekt visar en tydlig tendens till att åter börja sätta sig några år efter det att sättningarna (alstrade av grundförstärkningen) avstannat. Sättningsstakten är i dessa fall ej större än 1 à 2 mm/år. I vissa fall kan ett "nytt" sättningsförlopp i ett tidigare grundförstärkt hus sammanhånga med utförandet av senare grundförstärkningar i närliggande hus. Sådan påverkan inträffar inte enbart där intilliggande hus har samverkande väggar utan även mellan hus åtskilda av gränder. Exempel finns där fler "hack" i sättningskurvan uppenbart sammanhänger med nya grundförstärkningar i närområdet. Det synes som att ett "nytt" sättningsförlopp startar i samband med den störning som byggnaden då utsätts för. Ny lastpåföring sker sannolikt efter störningen och en "ny" utplaningskurva erhålls för sättningarna.

Ovan redovisade fall av under lång tid fortskridande sättningar efter grundförstärkning och förnyade sättningsförlopp kan vid första anblicken tolkas som "misslyckade" grundförstärkningar. Sättningsstakten är dock i dessa fall relativt liten och den mätperiod som studerats är begränsad. I detta sammanhang är även 10 år en begränsad tidsrymd. En fortsatt sättning med låg hastighet innebär heller ingen olägenhet för byggnader förutsatt att sättningen är jämn utefter byggnadsytan. Betydligt allvarligare kan effekterna av "hack" i sättningskurvan vara för den utsatta byggnaden. Det finns därför anledning att noga överväga riskerna för sådan sättningspåverkan på närliggande byggnader när grundförstärkningar planeras i Gamla Stan.



Vy från Gamla Stan med sättningskadat hus.

Skillnaden mellan olika påltyper när det gäller eftersättningar kan ej utvärderas allmängiltigt. Här redovisade erfarenheter avser främst stålrorsspålar. Utförda förstärkningar med Gustavsbergsspålar synes i studerade fall (4 objekt, samtliga belägna i västra Gamla Stan) ha medfört endast begränsad eftersättning. Grundförstärkningar utförda med Rubin-, Typhon- och Expanderpålar är utförda relativt sent. En säker utvärdering av eftersättningarna för dessa objekt fordrar en längre mätperiod än den som nu föreligger. Hydraulisk tryckning av pålar har ej utförts på senare tid mer än i något enstaka fall. Metoden har fördelar där hinder i fyllningslagren ej förekommer och där riskerna för framtida störningar från omgivningen är små.

Förspänning av pålar i syfte att reducera eftersättningarna är en metod som det borde finnas skäl att utnyttja i högre grad än vad som hittills varit fallet i Gamla Stan.

11.2 SÄTTNINGAR I NÄRLIGGANDE HUS

● ALLMÄNT

Att vissa sättningar drabbar närliggande hus i samband med genomförandet av en grundförstärkning i Gamla Stan är ej någon nyhet. Omfattningen av sättningspåverkan är dock ej tidigare närmare kartlagd. Resultat från enskilda objekt har rapporterats (jfr AVSNITT 8), men någon överblick över situationen i stort i Gamla Stan har ej tidigare presenterats.

Storleken av sättningspåverkan kan för de fastighetsägare som drabbas vara av stor betydelse. Kostnaderna för reparationer av skador i husen ökar ofta språngvis. Smärre sprickskador kan åtgärdas till relativt små kostnader jämfört med de kostnader som uppkommer om sättningarna leder till att fönster och dörrar måste bytas ut eller liknande åtgärder.

I denna utredning har storlek och utsträckning av sättningspåverkan under grundförstärkningsperioden studerats. Effekterna av sättningspåverkan har sannolikt ibland en utsträckning till tiden efter avslutade grundförstärkningsarbeten. Någon systematisk genomgång av sättningspåverkan efter grundförstärkningsperioden har ej genomförts här.

● INTRÄFFADE SÄTTNINGAR

Det område i omgivningen som påverkats av sättningar vid genomförandet av grundförstärkningsobjekten har kunnat inringas relativt väl av tillgängliga mätresultat.

I västra och östra Gamla Stan sträcker sig sättningspåverkan ofta ca 10 m från det grundförstärkta huset. Vid detta avstånd har 5 à 15 mm sättning inträffat. Exempel finns dock både på mindre och större utsträckning av sättningspåverkan.

I södra Gamla Stan är påverkan ofta större. Sättningar har här registrerats på upp till 20 m avstånd från grundförstärkt hus. Sättningarna är ofta av storleken 15 à 25 mm på 10 m avstånd från grundförstärkningsobjektet. Även när det gäller omgivningspåverkan är således förhållandena i södra Gamla Stan uppenbart ogynnsammare än i övriga delar. Tänkbara förklaringar till dessa förhållanden har tidigare redovisats i AVSNITT 11.1 "Sättningar under grundförstärkningsperioden".

Påverkanskänsligheten hos omgivningen är beroende av konditionen hos närliggande byggnaders grundkonstruktioner. Hus grundlagda på träpålar/trärustbädd eller direkt på jord påverkas mest. Tryckpålade hus påverkas normalt i mindre grad, även om exempel finns där sättningspåverkan är lika stor som för hus grundlagda på träpålar.

I allmänhet sträcker sig omgivningspåverkan längre för objekt belägna på måktiga fyllningslager. En förklaring till detta är att fortplantning av rörelser sker via hinder (exv trästockar) i fyllningsmassorna.

I många fall i västra Gamla Stan har längre pålar medfört större omgivningspåverkan vid i övrigt jämförbara förhållanden. Detta gäller ej för jämförbara objekt i östra Gamla Stan, vilket kan anses vara anmärkningsvärt.

Vid de objekt där skonsamma påltyper använts har omgivningspåverkan blivit begränsad. Att installera pålarna så att lastöverföringen sker i åsmaterialets övre del innebär samtidigt en risk för att byggnaden kan påverkas av senare grundförstärkningar i närliggande hus.

Incitament vid upphandling av förstärkningsarbetena har tillämpats i två enstaka fall. I det fall där tidsincitament tillämpats har förhållandevis stor sättningspåverkan inträffat. Där sättningsincitament tillämpats blev sättningspåverkan begränsad. Tidsincitament bör endast användas där sättningar/skador kan accepteras både i egen byggnad och i omgivningen. Metoden med sättningsincitament borde vara en möjlighet att begränsa omgivningspåverkan.

● SÄTTNINGAR VID UPPREPAD PÅVERKAN FRÅN GRUNDFÖRSTÄRKNINGAR

En successiv grundförstärkning av ett antal byggnader i ett område medför att den byggnad som senast förstärks utsätts (sammanlagt) för större sättningspåverkan än övriga byggnader i området. Sättningspåverkan synes ej reduceras i takt med att ett antal förstärkningar genomförs. För att reducera sättningspåverkan är det därför till fördel om grundförstärkningarna inom ett område samordnas och genomförs samtidigt. Sådan samordning har hittills utförts endast i begränsad omfattning i Gamla Stan.

● BEDÖMNING AV FÖRVÄNTAD OMGIVNINGSPÅVERKAN

Resultaten från denna utredning visar på svårigheterna att vid förhållanden som i Gamla Stan bedöma utsträckning och storlek av omgivningspåverkan vid grundförstärkningsarbeten. Enkla tumregler som begränsar området för förväntad påverkan kan ej ställas upp. Det är önskvärt att modeller för en nyanserad riskanalys utvecklas. Innan sådana modeller föreligger och dessa testats mot verkliga praktikfall måste förhållandena i varje enskilt fall noga studeras. De resultat som framkommit i denna utredning kan då vara vägledande vid bedömning av förväntad omgivningspåverkan.

12. FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNING

Det är angeläget att sättningsobservationerna på mät dubbarna i Gamla Stan fortsätter. Mät dubbar som skadas bör ersättas med nya. Tidsperioden mellan mätningarna bör ej heller utökas. Det har framgått av denna utredning att observationsperioden är alltför kort för att sättningsbeteendet hos vissa grundförstärkta byggnader skall kunna utvärderas. Då utredningen påvisar oväntade sättnings effekter på vissa grundförstärkta hus bör åtminstone ett urval av objekt fortsättningsvis observeras om resurser för fortsatta mätningar i samma omfattning som hittills ej kan tillskapas.

Utredningen har visat att sättningspåverkan på omgivningen relativt väl kan inringas med det mätunderlag som föreligger. Inom ramen för denna utredning har endast typiska fall kunnat studeras. Det vore av intresse att på en plankarta markera utsträckningen av inträffad sättningspåverkan för varje objekt och att med utgångspunkt härifrån mer systematiskt studera effekten av upprepad påverkan från närliggande grundförstärkningsobjekt utförda vid olika tidpunkter.

En mer djuplodande analys av särskilt de tidsberoende sättningsrörelser som inträffar även relativt lång tid efter färdigställd grundförstärkning är angelägen. En sådan analys bör utföras för ett antal utvalda grundförstärkningsobjekt. Den här genomförda studien kan då tjäna som urvalsunderlag.

Det är angeläget att sättningspåverkan på omgivningen studeras i andra lokaler. Förhållandena i Gamla Stan är ur flera aspekter särpräglade. Slutsatser från sättningsobservationerna i Gamla Stan kan självklart ej bilda underlag för allmängiltiga tumregler när det gäller storlek och utsträckning för sättningspåverkan. Det finns ett stort behov av erfarenhetsinsamling från andra lokaler, exempelvis Norrköpings innerstad, centrala Göteborg och Malmarna i Stockholm.

Särskilt i samband med genomförande av kommande grundläggningsarbeten och grundförstärkningsarbeten skulle man önska att erfarenhetsåterföringen till branschen tillgodoses bättre. Hittills har de entreprenadjuridiska/skandeståndsrättsliga aspekterna av sättningsobservationer i omgivningen bevakats. Ibland har omfattande mätningar med sannolikt stort värde ur erfarenhetsåterföringssynpunkt arkiverats utan analys. Situationen kan förbättras om konsulter och forskare inom grundläggningsområdet medverkar i pågående grundförstärkningsobjekt och där tar på sig rollen att särskilt bevaka dessa aspekter.

13. REFERENSER

- Asterö, D. & Angberg, P.O. (1988). Typhonpålen - en skonsam grundförstärkningsmetod. Bygg & Teknik Vol 80, nr 8, s 37-38.
- Betongfyllda svällkroppar och jet-påle klarar svår grundförstärkning (1984). Byggindustrin Vol 54, nr 1, s 31-32.
- Bohm, H. & Stjerngren, U. (1981). Grundförstärkning i Gamla Stan, Stockholm. Byggforskningsrådet, Rapport R39:1981.
- Bonarek, M. & Chatys, W. (1989). Kraftförändringar i Bjurströmspålar och sättningar vid grundförstärkning av ett gammalt hus - Redovisning av utförda mätningar. Examensarbete, Kungl Tekniska Högskolan, Inst för jord- och bergmekanik, Stockholm.
- Eriksson, P-O, & Hultgren, S, (1988). Sättningseffekter av grundförstärkningsarbeten - Studie av Proserpina, Gamla Stan. Examensarbete. Kungl Tekniska Högskolan, Inst för jord- och bergmekanik, Stockholm.
- Eriksson, U., Hellman, L. & Hultsjö, S. (1980). Grundförstärkning av Cadmus 1 och Marsyas 10 i Gamla Stan, Stockholm. Byggforskningsrådet. Rapport R 113:1980:
- Grundförstärkningsgruppen (1979). Grundförstärkning av befintliga byggnader. Byggforskningsrådet, Rapport T15:1979.
- Grundförstärkning till stora djup i friktionsmaterial - Rubin-pålen (1988). SBUF informerar; 88:06.
- Grundförstärkning. Expanderpålning minskar risken för skador på omgivande hus... (1988). Byggnadstidningen nr 6/7, s 6.
- Hagblom, O. & Stjerngren, U. (1979). Grundförstärkning med skarvade stålspålar i Gamla Stan, Stockholm - Studier och jämförande analyser av tre byggnader förstärkta med olika påltyper. Byggforskningsrådet, Rapport R96:1979.
- Löwe, A. (1978). Bevara Gamla Stan, Byggforskningsrådet, Rapport T18:1978.
- Mattsson, B., Wahlström, L. & Zackrisson, P. (1988). Skadepåverkan vid grundförstärkningsarbete - Precisionsmätningar och utvärdering av skadepåverkan vid grundförstärkning av kv Bootes, Stockholm.
- Pletikos, C. (1986). Grundläggning av befintliga byggnader. Seminarierapporter i kursen aktuella problem.

Silén, M. (1988). Sveriges äldsta krog rustas upp från grunden.
Byggindustrin nr 18, s 11-14.

Stockholms Fastighetskontor (1989). GEOB & Gamla Stan - "Bara 50 hus
kvar att rädda".

Stockholms Fastighetskontor, Geobyran (1983-) Översiktlig utredning om
grundläggningsförhållandena i Gamla Stan - Kvartersvisa beskrivning-
ar (pärm K-N).

FASTIGHET	ENTRE- PRENÖR	UTFÖRANDE- TID	PÅLTYP	FÖRBÖRR- NING UTFÖRD	PÅLARNA FÖRSPÄNDA	PÅLLÄNGD (m)	LASTÖVERFÖRINGS- KONSTRUKTION
Alcmene	GF	8702-05	SP	-	-	5	nr 2; B nr 3; P (I)
Apollo 7	GF	8001-12	SP	ja (100%)	-	14	B + (P)
Argus 6	GF1)	8710-8804	EXP	-	ja (alla)	8-11	(I) 2)
Atomena	Stabilator	1978	SK	-	-	-	-
Baccus 3	GF	8301-11	SP	nej	-	10	B
Baccus 5, 6	GF	1980?	SP 140 kN	något	-	5 m ner i åsen	-
Bootes 1	GF	8801-04	SP 170 kN	något	nej	15-17	P
Bootes 4-9	GF + Stab	8610-8710	BP + SP	ja	nej	15	BB
Cadmus 1	GF	7906-11	SP 140 kN	ja	-	25-30	B
Callisto 2	GF	8606-11	SP 170 kN	delvis	nej	-	P
Cerberus 2	Besab	8508-8606	BESAB 170 kN	ja	nej	26-30	BB + (P)
Cybele 4, 10	Hercules	8104-10	GP	nej	nej	9-12	BB
Cybele 12	Hercules	8201-11	GP	nej	nej	12	B
Cybele 14 (del av)	ByggPaul?	83-84	BP + GP	-	-	-	-
Deucalion 1, 6, 7, 8, 9	bl a GF	nr 1; 8709-11 nr 2; 8711-8805	SP3)	ja	-	20-22	P
Diana 4, 5	GF	nr 6, 7, 8; 8605-8703	SP 140 kN4)	nej	ja (alla)	15	betongladda5)
Galatea 3, 4	GF	8804-08	SP (nr 4)	nej	-	6	P, (I)
Iason 1	GF+Stab	8801-10	SP 300 kN	ja (alla)	ja (ca 40%)	30-32	P6)
Luna 1, 7	GF	83-84	SP 140 kN	ja (mycket)	-	18	SB + (P)
Luna 3	Stabilator	höst 84-höst 85	BP 170-140 kN	ja (flertalet)	nej	20	BB
Luna 4, 5, 6	GF	8601-05	SP 170 kN7)	nej	-	15-17	B

FASTIGHET	ENTRE- PRENÖR	UTFÖRANDE- TID	PÅLTYP	FÖRBROR- NING UTFÖRD	PÅLARNAS FÖRSPÅNDA	PÅLLÄNGD (m)	LASTÖVERFÖRINGS- KONSTRUKTION
Marsyas 2, 3	GF	8608-11	SP 170 kN	nej	-	15-18	B + (P)
Medusa 1, 2, 6	Hercules	8612-8803	RP 500 kN	ja	nej	12-16	BB eller P
Medusa 3, 4, 5	Stabilator	81-82	BP 170 kN ⁸)	något	-	30	BB
Memnon	Hercules	8501-8601	GP + BP	nej	nej	10	BB
Milton 1, 2	Stabilator	höst 82-som -83	BP 170 kN	nej	nej	8	BB
Narcissus 4	GF	7808-7902 (?)	SP 140 kN ⁸)	nej	-	5-6 m ner i åsen	BB
Orpheus 5	GF	8803-10	SP 170 kN	ja(1/3-del)	ev	15	B, (I)
Pandora 2	Stabilator	81-82	BP	-	-	-	-
Pollux 1, 2	Hercules	7712-7810	SW	ja (de flesta)	nej	14	BB
Pollux 3, 4, 12	Besab ABV (L)	8706-12	BESAB	ja (de flesta)	-	18	BB
Pollux 5	Stabilator	8402-04	BP	nej	-	7-21 flertalet 17-21	B
Pollux 6	Stabilator	8404-07	BP 170 kN	nej	-	15-20	B
Pollux 7	GF ByggPaul (L)	8210-8302	SP 140 kN	trol inte	-	10?	B
Pollux 8, 9	Stabilator GF9)	8308-12 8504-8602	BP 170 kN	nej	-	-20	BB
Proserpina	Stabilator	8810-8908	SP 170 kN	mycket	-	28	BB
Pyramus 8	Stabilator	8704-8803	BP 170 kN	ja(40%)	nej	12-20	BB
Pyramus 11	Stabilator	8704-8803	BP 170+140 kN	ja (en hel del)	nej	10	BB + (P)
Thisbe 1,2,3,4	GF + Stab	8808-8907	BP 240+140 kN	något i 1 inget i 2,4	inget i 1,2 något i 4	9-15	B + (P)

FASTIGHET	ENTRE- PRENÖR	UTFÖRANDE- TID	PÅLTYP	FÖRBORR- NING UTFÖRD	PÅLARNA FÖRSPÅNDA	PÅLLÄNGD (m)	LASTÖVERFÖRINGS- KONSTRUKTION
Tritonia 3	GF	8909-	SP 170 kN	lokalt	nej	10	BB
Tritonia 8	Stabilator	8409-8512	BP 140 kN(10)	-	-	10	BB
Typhon 12,13	Stabilator Frio (L)	8308-11	BP 170 kN	nej	nej	19-23	BB
Typhon 15	Stabilator	8801/02-06	BP 140+170 kN	nej	samt 1 170	25	BB
Typhon 16-19	Besab	860208	BESAB 170 kN	ja(25%)	nej	15-30	P
Typhon 17	Hercules	8802-8901	TP 450 kN	ja(50%)	nej	7-12	SB+P
Typhon 18	GF	8304-08	SP 170 kN	ja(13%)	nej	20(18-25)	P

BETECKNINGAR OCH NOTER

PÅLTYP

SP	= Stålpålar
EXP	= Expanderpålar
BESAB	= BESAB-pålar
BP	= Bjurströmpålar
GP	= Grustavsbergspålar
RP	= Rubinpålar
SW	= Smedjebackenpålar
TP	= Typhonpålar
SK	= Stålkärnepålar

LASTÖVERFÖRINGSKONSTRUKTIONER

B	= Balkar	1)	Sättningsincitament
BB	= Betongbalkar	2)	Befintliga stålbalkar kringgöts
SB	= Stålbalkar	3)	Tryckta stålplåstpålar, delvis undergjutning
P	= Betongplatta	4)	Delvis plattgrundläggning
(P)	= Betongplatta lokalt	5)	Ny källare
?	Markerar osäkra uppgifter	6)	Betongplattor med klämförband
-	Markerar att uppgifter saknas	7)	Vissa pålar - värmepålar
(L)	Entreprenör för lastöver- föringskonstruktion	8)	Delvis undergjutning
		9)	Tidsincitament
		10)	Lokalt jetpålar + stålkärnepålar

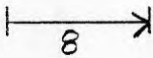
BETECKNINGAR

BP	Bjurströmspålar
B 19	Djup till berg: 19 m *
FB	Förborrning
FY	Grundläggning på fyllning
F 6	Fyllningslager med 6 m tjocklek *
GP	Gustavsbergspålar
L	Pållängd
RUST	Grundläggning på rustbädd
RÄLSP	Rälspålar
SLAGNA BTGP	Slagna betongpålar
SK	Stålkärnepålar
SP	Stålplastpålar
TRYCK BTGP	Tryckta betongpålar
TRÄ	Trägrundläggning
TRÄP	Träpålar
UG	Undergjutning
ÅS	Grundläggning på åsmaterial
?	Okänd grundläggning

* Uppgifterna är interpolerade från tolkade kartor baserade på geotekniska borrhningar.



Betecknar bedömd gräns för omgivningspåverkan



Avstånd i meter (8 meter)



Mätdubb



Sättning i mm (5 mm)

R39 : 1991

ISBN 91-540-5352-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6811039

Abonnemangsgrupp:
T. Fastighetsförvaltning
Z. Konstruktioner och material

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 52 kr exkl moms