



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.



MICHAEL LINDBERG
OLE PAUS
BENGT PRAMBORG

Att introducera nya kunskaper i geoteknik

R42: 1993

R42:1993

ATT INTRODUCERA NYA KUNSKAPER I GEOTEKNIK

Michael Lindberg
Ole Paus
Bengt Pramborg

Denna rapport hänför sig till forsknings-
anslag 871091-1 från Byggforskningsrådet till
AB Jacobson & Widmark/J&W Bygg & Anläggning AB,
Lidingö.

REFERAT

För att klarlägga hur nya kunskaper inom geoteknik och grundläggningsområdet introduceras på bästa sätt har introduktionen av tre framgångsrika nya "metoder" studerats. Dessa är kalkpelarmetoden, lätta stålörspålar och stötvågsmätning. Studien har för var och en omfattat historik, teknik, ekonomi samt spridningsvägar. Man kan därvid konstatera att produkten eller metoden måste uppfylla vissa grundläggande positiva kriterier som t ex vara ekonomisk, spara tid eller lösa ett problem. Dessutom måste efterfrågan på marknaden finnas eller kunna skapas.

Den enskilt viktigaste faktorn för en lyckad introduktion är att produkten drivs framåt av en eller flera kompetenta entusiaster stöttade med långsiktiga, målinriktade FoU-medel anpassade till produktens läge i livscykeln.

Det kan också konstateras att det är mycket viktigt att information om praktikfall, dimensioneringsanvisningar m m med stöttning från FoU-organ förs ut på marknaden så snart som möjligt. De viktigaste kanalerna förefaller därvid vara tidningsartiklar, seminarier/kurser samt personliga kontakter.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R42:1993

ISBN 91-540-5578-4
Byggforskningsrådet, Stockholm

gotab 98625, Stockholm 1993

INNEHÅLL

FÖRORD	4	
SAMMANFATTNING	5	
1	INLEDNING	6
2	STUDERADE INTRODUKTIONER	7
2.1	Kalkpelarmetoden	7
2.1.1	Historiebeskrivning	7
2.1.2	Teknik, kalkpelare	9
2.1.3	Ekonomi	10
2.1.4	Spridningsvägar	11
2.1.5	Slutsatser	11
2.2	Lätta stålörspålar	11
2.2.1	Historiebeskrivning	11
2.2.2	Teknik lätta stålörspålar	15
2.2.3	Ekonomi	16
2.2.4	Spridningsvägar	17
2.2.5	Slutsatser	17
2.3	Stötvågsmätning	18
2.3.1	Historiebeskrivning	18
2.3.2	Teknik stötvågsmätning	19
2.3.3	Ekonomi	20
2.3.4	Spridningsvägar	21
2.3.5	Slutsatser	21
3	EN LYCKAD INTRODUKTIONS LIVSCYKEL	22
3.1	Förhistoria	22
3.2	Utvecklingsfas	22
3.3	Introduktionsfas	22
3.4	Expansionsfas	22
3.5	Den mogna fasen	23
4	VIKTIGASTE FAKTORERNA FÖR EN LYCKAD INTRODUKTION	24
4.1	Produkten- Kunnandet	24
4.2	Omvärlden - Marknaden	24
4.3	Forskning	24
4.3.1	Grundforskning/kunnande	24
4.3.2	Tillämpad FoU	25
4.4	Ekonomiska resurser	25
4.5	Entusiaster	25
4.6	Samarbete	25

Bilaga 1 Medverkande

FÖRORD

Projektet har genomförts med bidrag från BFR samt FoU-medel från J&W Bygg & Anläggning AB.

Vi vill tacka alla de som på olika sätt aktivt medverkat med informationer och synpunkter under arbetets gång.

Ett speciellt tack vill vi rikta till Evert Vedung, Uppsala Universitet för hans värdefulla stöd i frågor rörande innovationsforskning och innovationsspridning.

Lidingö i juni 1993

Ole W. Paus

Michael Lindberg

Bengt O. Pramborg

SAMMANFATTNING

För att klargöra hur nya kunskaper inom geoteknik och grundläggningsområdet introduceras på bästa sätt har introduktionen av tre framgångsrika nya "metoder" studerats. Dessa är kalkpelarmetoden, lätta stålrörspålar och stötvägsmätning. Studien har för var och en omfattat historik, teknik, ekonomi samt spridningsvägar. Man kan därvid konstatera att produkten eller metoden måste uppfylla vissa grundläggande positiva kriterier som t ex vara ekonomisk, spara tid eller lösa ett problem. Dessutom måste efterfrågan på marknaden finnas eller kunna skapas.

Den enskilt viktigaste faktorn för en lyckad introduktion är att produkten drivs framåt av en eller flera kompetenta entusiaster stöttade med långsiktiga, målinriktade FoU-medel anpassade till produktens läge i livscykel.

Det kan också konstateras att det är mycket viktigt att information om praktikfall, dimensioneringsanvisningar m m med stöttning från FoU-organ förs ut på marknaden så snart som möjligt. De viktigaste kanalerna förefaller därvid vara tidningsartiklar, seminarier/kurser samt personliga kontakter.

1 INLEDNING

Under de senaste 20 åren har ett flertal nyheter presenterats inom geotekniken och grundläggningstekniken. En del har blivit framgångsrika medan andra har blivit mindre uppmärksammade. Introduktionen hos branschen har därvid varit en viktig faktor.

I etapp 1 av projektet togs fram vad marknaden uppfattade som viktiga landvinningar inom området sedan slutet av 1960-talet. Marknaden företrädades av utvalda nyckelpersoner (se bilaga 1) på kommuner, statliga verk, högskolor samt konsult- och entreprenadföretag. Med en relativt brett upplagd enkät fick dessa personer ange ett fritt antal viktiga landvinningar. Sammanställningen visade entydigt att kalkpelarmetoden, lätta stålörspålar och stötvågsmätning uppfattas som mycket viktiga.

Avsikten har sedan varit att i här föreliggande etapp 2 utvärdera introduktionen av de tre framgångsrika nya metoderna.

Med projektets slutsatser som grund bör man i framtiden ha bättre förutsättningar att på ett framgångsrikt sätt introducera nya kunskaper och tekniker inom geo-området, vunnna t ex inom ramen för BFR-anlag.

2 STUDERADE INTRODUKTIONER

2.1 Kalkpelarmetoden

2.1.1 Historiebeskrivning

Kunskapen om att kalk stabiliserar jord har varit känd i minst 5000 år. Ytstabilisering med kalk började allmänt användas i USA i början av 1900-talet, i Europa omkring 1950 och i Sverige i början av 1960-talet.

De första djupstabiliseringarna med drill-hole lime-stabilization utfördes, av tidningsartiklar att döma, i USA 1961. Kalkhydrat och vatten hälldes i 75 cm djupa hål och jorden återfylldes och packades. 1963 gjordes djupstabilisering, där man fyllde uppborrade hål med finkrossad eller finpulveriserad osläckt kalk. Hålen var här tre meter djupa och kalken släktes av markvätskan, vilket innebär att hålet snarast är att likna vid en sanddrän.

I Bua (Halland), 1963, trycktes rör ned till 6 m djup, varefter kalkhydratpasta fylldes i och röret drogs upp. Någon effekt av behandlingen kunde dock inte märkas.

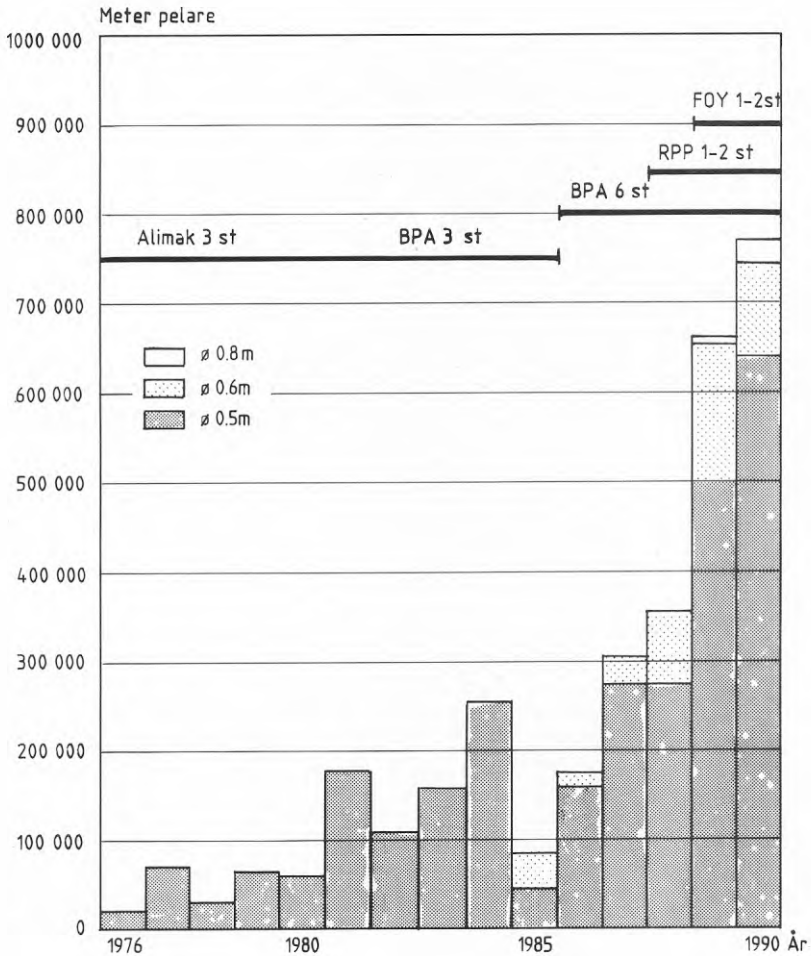
En metod att djupstabilisera lera med kalk - kalkpelarmetoden - uppfanns 1967 av Kjeld Paus, BPA Byggproduktion AB. I samarbete med Linden-Alimak utvecklades maskin- och inblandningsverktyg. Linden-Alimak har tillsammans med BPA, SGI och KTH stått för vidareutvecklingen som pågått sedan slutet av 60-talet. Detta resulterade bl a i beräknings- och produktionsanvisningar samt i ett typgodkännande 1979 för användning av kalkpelare för att uppnå sättningsreducerande effekt vid grundläggning av småhus och dylika lätta byggnader.

Metod- och maskinpatent söktes och beviljades i en rad länder där förutsättningar fanns för praktisk användning av metoden, dock ej i Japan. Under sista hälften av 70-talet sökte Linden-Alimak, efter övertagande av patenträttigheter från BPA, patent på vissa utrustningsdetaljer i Japan.

Ansökan om patent i Sverige avlogs efter ingripande från ett svenskt företag, som hade kontrakt med ett amerikanskt företag om en liknande stabiliseringsmetod (se ovan). Den amerikanska patentbeviljande myndigheten ansåg emellertid att kalkpelarmetoden hade eget nyhetsvärde och beviljade patent. Skillnaden mellan metoderna består i att man med kalkpelarmetoden blandar ut kalken i lerjorden med ett vispliknande verktyg, medan den andra metoden går ut på att fylla kalk i ett hål i jorden.

KTH, Institutionen för jord- och bergmekanik, tog emot en japansk gästforskare som deltog i laboratorieprovningar och utvärderingar av pågående kalkpelarförsök. Samtidigt började japanska maskintillverkare och forskningsinstitutioner att satsa mycket stora belopp på metod- och maskinutveckling. Detta har under 80-talet resulterat i tillverkning av såväl små som mycket stora maskinutrustningar och i utförandevolymer av helt annan storleksordning än motsvarande i Norden.

De första kalkpelarna i verklig produktion installerades i Sverige 1975. Uppföljning av denna installation utfördes med medel från BFR och presenteras i BFR-rapporten "Kalkpelarmetoden, Uppföljning i kv Myren, Huddinge (R138:1979). Alltsedan dess har den årliga produktionen ökat stadigt, vilket tydligt visas i nedanstående figur 2.1.



Figur 2.1. Pelarproduktion 1976-1990. Entreprenörer och maskiner i Sverige under perioden (efter Åhnberg, 1991)

Under perioden 1975-1985 utfördes pelarna med osläckt kalk, utom i ett fåtal fall då prov utfördes med gips, cement eller flygaska som stabiliseringsmedel (ensamt eller i kombination med kalk). Totalt har något mer än 100 projekt med ca 1,3 miljoner meter kalkpelare utförts och 25 à 30 FoU-projekt bedrivits i Sverige under perioden 1975-1985. Cementpelare och kalk/cementpelare har använts i ökande omfattning från 1986. Den första cementpelarförstärkningen i Sverige utfördes 1986 vid byggandet av Ölandsleden i Kalmar. Cement har sedan använts i ökande omfattning. Under 1990 installerades drygt 750 000 meter pelare av vilka cementpelarna utgjorde ca 7% och kalk/cementpelarna ca 35% av pelarproduktionen.

Under senare delen av 80-talet kom även finländska entreprenörer in på den svenska marknaden, vilket bl a resulterat i nya maskiner och verktyg samt nya kontrollmetoder.

2.1.2 Teknik, kalkpelare

Kalkpelarmetoden förbättrar lerors hållfasthetsegenskaper. Vertikala eller lutande pelare tillverkas i marken med hjälp av ett roterande verktyg och genom tillsats av osläckt kalk. Metoden kan användas för att säkerställa stabiliteten och för att minska sättningar och sättningsskillnader i lerjord, exempelvis i samband med påförande av vägbankar eller vid grundläggning av småhus. Kalkpelare kan även användas som sidostöd och bottenförstärkning i rörgravar och andra öppna schakter.

I huvudsak äger följande fyra olika processer rum när osläckt kalk blandas med lös lera:

- Släckning av kalken varvid vattenkvoten reduceras
- Jonutbyte och flockulering
- Cementering (puzzolana reaktioner)
- Karbonatisering

Kalkinblandningen sker direkt i jorden och man använder ett vispliknande verktyg med snedställda blad. Den osläckta kalken blåses ut i jorden under samtidig rotation, med början från botten. Med detta inblandningsverktyg åstadkommer man normalt pelare med ca 0,5-0,8 m diameter till max 15 m djup. För en pelare med 0,5 m diameter erfordras som regel 10-20 kg kalk per meter pelare.

Den dränerande och stabiliserande effekten är praktiskt taget helt begränsad till själva pelaren. Vid användning av kalkpelare för att exempelvis reducera sättningarna på belastade större ytor krävs därför många pelare. Ett sätt att uppnå kostnads- och tidsbesparingar kan då vara att öka diametern på pelarna och därigenom få ett mindre antal pelare på samma aktuella yta. Dessa överväganden har lett till tillverkning av nya maskiner som kan producera pelare med diameter upp till 1,0 m. Provinstation av sådana pelare har utförts för utvärdering.

På senare år har man i stor utsträckning övergått till att producera pelare med olika blandningsförhållanden mellan osläckt kalk och cement.

Cementinblandning ger snabbare hållfasthetstillväxt, högre hållfasthet och andra deformationsegenskaper. Cement ger även bättre effekt i siltiga och sandiga jordar eller då det organiska innehållet är stort. Pelare med påtagligt förhöjda

hållfasthetsegenskaper, genom inblandning av en stor del cement, fungerar mera som pålar än som pelare.

LC Markteknik Scandinavia, Cementa och SGI har ett BFR-uppdrag att "skapa ett översiktligt och lättillgängligt underlag för bedömning av möjligheterna att djupstabilisera lös jord med cement eller cementbaserade bindemedel. Avsikten är även att kunna lämna enkla projekterings- och tillämpningsregler". I detta projekt ingår såväl laboratorie- som fältförsök.

Jan Ekström, CTH, utreder (med anslag från bl a Vägverket) för närvarande olika kontrollmetoder för pelare med bindemedelsinblandning av kalk, kalk och cement eller enbart cement. I ett annat projekt utförs fältförsök med fyllning över en cementpelarförstärkt yta, där syftet är att se om man kan grundlägga hus med platta på mark på denna fyllning.

Utvecklingen pågår ständigt med maskiner och blandningsverktyg samt blandningsförhållanden och användningsområden. Exempelvis har pelare utförts som tätskärm med en blandning av cement och bentonit.

2.1.3 Ekonomi

När tekniken att förstärka lösa jordlager på djupet utvecklades, var denna anpassad i första hand för vägar. Åtgärden sattes in för att minska sättningen i lerlagren då tunga vägöverbyggnader normalt skulle ge stora sättningar. Genom att förstärka lösa jordlager på djupet uppnår man flera kostnadsbesparande effekter. De alternativ som erbjuds, vad gäller sättningsreduktion, innebär antingen utsträckt byggtid eller utökat arbetsområde ytmässigt. När det gäller anläggning av vägar kan vägområdet, dvs den mark som måste lösas in från markägare, begränsas till att omfatta området för vägbanken och erforderliga diken. Vid t ex urgrävning eller, då stabilitetsproblem föreligger, tryckbankar behövs mera utrymme i sida.

Vid jämförelse med överlast eller vertikaldränering, då man skyndar på sättningsförloppet, är tidsaspekten ofta av ekonomisk natur. Att skynda på innebär här att man tar ut ca 70-80% av den totala sättningen under ett eller några år, vilket utan åtgärd hade uppnåtts efter t ex 30-40 år. Efter en pelarinstallation kan man påföra en vägbank redan efter ca 2-3 månader, utan skadliga sättningar som påföljd. Överlast kan i sin tur även förorsaka tryckbankar.

I områden där det råder underskott i massbalansen, kan pelarinstallation vara ett alternativ till urgrävning eller överlast, enbart av den anledningen att man slipper köpa och transportera jordmassor till arbetsplatsen.

När det gäller grundläggning av byggnader är det oftast så att ett snabbt byggförlopp är avgörande för finansieringen av hela projektet. Det gäller ju ofta att kunna få hyresintäkter så fort som möjligt.

Metoden har även använts som sido- och bottenförstärkningar i rörgravar och schaktgropar i stället för spont och pålar samt för att förbättra stabiliteten vid uppfyllnader varvid kostnadsbesparingar har gjorts i jämförelse med alternativa förslag till utförande.

2.1.4 Spridningsvägar

Vid introduktionstidpunkten i mitten av 1970-talet diskuterades flitigt sättnings- och stabilitetsproblemen i Huddinge centrum, Huddinge Tingshus och vid planeringen av Huddinges kommande bebyggelse vid Kungens Kurva. På Tekniska kontoret i Huddinge kommun arbetade ingenjören Ebbe Svensson. Svensson såg kalkpelarmetodens möjligheter i Huddinge kommuns byggande. Idéer och teorier kom därför att bli praktiskt prövade i ett antal Huddinge-projekt, som blev omskrivna i forskningsrapporter och tekniska tidskrifter samt storstadsområdets dagspress. Huddinge kommun har alltså i detta fall fungerat som grogrund för tekniken och gett en erfarenhetsbas med pilotprojekt och uppföljning av tekniken.

BPA, som entreprenör och Linden-Alimak, som tillverkare av utrustning, har naturligtvis bidragit till utvecklingen av kalkpelarmetoden samt dess introduktion på marknaden.

Det har framkommit vid intervjuer med de särskilda nyckelpersonerna inom kalkpelartekniken, att artiklar, skrifter, föredrag och dylika framträdanden har spelat en avgörande roll vid introduktionsperioden. De intervjuade framhåller att marknaden har varit trög. Beställare, entreprenörer och konsulter har efterfrågat långtidserfarenhet från tekniken i fråga.

Framtagande av dimensionerings- och projekteringsregler har ofta krävts innan entreprenörer och projektörer vågat använda sig av en metod som upplevts som positiv.

2.1.5 Slutsatser

Varför har det tagit så lång tid innan resultaten av forsknings- och utvecklingsarbetet har accepterats och lett till 1990 års utförandevolym 750 000 m pelare enbart i Sverige? Svaret torde vara att byggherrar och projektörer har varit överdrivet försiktiga och väntat på långtidserfarenheter. Först när Vägverket och deras geotekniker använt metoden i en rad projekt och kunnat påvisa mycket stora kostnadsreducerande effekter och samtidigt tekniska fördelar jämfört med andra utförandealternativ, har även andra byggherrar och projektörer mera allmänt börjat använda sig av denna metod. De personliga insatserna i form av skrifter, föredrag och dylika framträdande av prof Bengt Broms, geotekniker Allan Ekström, geotekniker Göran Holm, uppfinnaren civ.ing Kjeld Paus m fl torde därvid ha varit av mycket stor betydelse.

2.2 Lätta stålörspålar

2.2.1 Historiebeskrivning

Lätta stålörspålar utvecklades som ett smidigt och skonsamt system för i första hand grundläggning och grundförstärkning av småhus. Men systemet visade sig vara så bra att det senare även kom att användas vid grundläggning och grundförstärkning av stora och tunga hus.

IVA Pålkommisionen, Ulf Bergdahl, redovisade i särtryck och preliminära rapporter nr 32 (1971), behovet av forskning inom pålområdet. Under rubriken "lätta slagdon" behandlas stoppslagning av klena rörpålar för småhus. Bergdahl ansåg att det var angeläget att klarlägga vilka stoppslagningsskriterier som skall

gälla för lätta slagdon samt förklarade att det är nödvändigt att begränsa användningen i vissa jordlagerföljder. Bergdahl föreslog att slagningsförsök med åtföljande statiska provbelastningar görs.

Geoteknikern Gösta Bjurström vid Bjurströms Geotekniska Byrå AB tog fasta på ovanstående och insåg behovet av en påle som är lätthanterlig och kan skarvas med korta bitar samt slås med lätt utrustning. Allmänt ansågs dock bärförmågan hos slanka stålrör vara liten på grund av risk för knäckning och avrostning. Bjurström och examensarbetarna Bredenberg och Broberg vid KTH utförde provbelastning av rörprofiler i lös lera. Bjurströms Geotekniska Byrå AB fick ett forskningsanslag från BFR 1973, vilket resulterade i en rapport om provbelastning av slanka stålpålar i lös lera (R53:1982, H Bredenberg) i vilken man konfirmerade gällande teori för slanka pålars knäckning i lös jord. I samband med dessa belastningsförsök vidareutvecklades Bjurströmspålen av Stabilator AB.

Det är väl känt att uppfinningar och spridning av innovationer inte bara är resultatet av planerat arbete utan att också slumpen spelar in. Detta är uppenbart i vårt fall med lätta stålrörspålar. Det kom nämligen ett varuprov någon gång i början av 70-talet till Hagconsult AB (senare AB Grundförstärkningar). Varuprovet bestod i ett 2" stålrör med utvändigt beläggning av 2 mm etenplast. Enligt avsändaren dominerade rörtypen området markförlagda medierör (gas, fjärrvärme, etc) i ursprungslandet Tyskland. Korrosionsskyddet var godkänt för dold rörtryckning genom stenfyllning och efterföljande transport av petroleumprodukter genom grundvattentäkter. Allt var dokumenterat med en imponerande lista DIN-normer.

"Säkert mycket bra, men knappast något för landets ledande grundförstärkare med hydrauliskt nedpressade delpålar av betong", tänkte Kjell Söderström.

Provet blev liggande på skrivbordet. Senare råkade Söderström prova om plasten möjligen var brännbar och konstaterade att den snarast plasticerades och smälte från ytan, när röret värmdes med öppen låga. Ännu något senare upptäckte han att plasten vid stelnandet limmat fast röret i bordsskivan. Teknikentusiastiska kollegor insåg därefter möjligheterna att få fram en lätt korrosionsskyddad, skarvbar stålrörspåle. En ansökan om patent på Stålpåle pålen, vilket alltså avser sättet att göra en pålskarv med ett plastbelagt stålrör, skickades till Patentverket.

I innovationsforskningen brukar framhållas att statliga regleringar kan vara innovationshämmande genom att de hindrar innovationer från att spridas. Detta skulle ha kunnat inträffa i fallet lätta stålrörspålar. Svensk Byggnorm 1975 tillät nämligen inte högre påkänningar på rörpålar än andra stålpålar. För att kringgå detta valde två företag därför att efter erforderlig utveckling och provning låta Statens Planverk typgodkänna sina rörpålingssystem. Företagen var Hagconsult AB (senare AB Grundförstärkningar) med Stålpåle pålen och Stabilator AB med Bjurströmspålen.

År 1975 slogs de första Stålpåle pålarna mot betalning, för att grundförstärka ett par småhus i Danderyd.

År 1977 utfärdade Statens Planverk de första typgodkännandena för ovanstående pålsystem med lätta stålrörspålar. De typgodkända pålarna tilläts ta högre last än vad Svensk Byggnorm 1975 normalt medgav.

I Stockholm hade byggnadsnämnden långt tidigare (1960) tillsatt en kommitté för att utreda frågan om sanering av Gamla Stan, vilken föreslog att bebyggelsen skulle upprustas och bevaras. Förslaget antogs av kommunfullmäktige år 1967. I anslutning härtill tillsattes "Expertutskottet för Gamla Stan" med uppgift att organisera och samordna saneringsarbetena. År 1974 ansökte Expertutskottet hos BFR om forskningsanslag för ett projekt kallat "Grundförstärkningsmetodik för byggnader på utfylld mark i Gamla Stan". Underlaget för utredningen med analyser och resultat presenteras utförligt i BFR-rapporten "Grundförstärkning i Gamla Stan, Stockholm" (R39:1981). År 1978 framlades ett stadsplaneförslag, vilket omfattar merparten av bebyggelsen. Hela planområdet har utlagts som reservat för kulturhistoriskt värdefull bebyggelse.

I och med ovanstående förslag, och senare beslut, att bevara Gamla Stan i Stockholm skapades en stor marknad för grundförstärkningar med lätta stål-rörspålar.

Grundförstärkning av byggnader i Gamla Stan utfördes från början nästan uteslutande med tryckta korta betongpålelement. Denna förstärkningsmetodik är arbetskrävande och därför dyr. Det fanns alltså ett behov av billigare alternativ och framför allt fanns behov att kunna ta sig genom fyllning och rustbäddar, vilka kan ha en mäktighet av tillsammans omkring 10 m, och vidare ner genom lösa jordlager.

År 1978 föreskrev Edvin Lindell, konstruktör vid Stockholms Fastighetskontor, "stora knippor" av Stålpålar i konsolbalkar av betong för grundförstärkning av ett stort innerstadshus i Gamla Stan. Premiärprojekt demonstrerade den radikala sänkning av totalkostnaden för grundförstärkning, som de nya pålarna möjliggjorde.

En uppföljning av grundförstärkning av de båda byggnaderna Cadmus 1 och Marsyas 10 redovisas i en rapport (R113:1980) från BFR, där man hänvisar till samma forskningsanslag till Stockholms Fastighetskontor, som tidigare nämnda rapport (R39:1981). Uppföljningen tillkom på initiativ från Stockholms fastighetskontor i dess ambition att på bästa sätt lösa grundförstärkningsproblemen i Gamla Stan. Syftet var att vunna erfarenheter skulle tjäna som vägledning vid fortsatta förstärkningsarbeten i Gamla Stan. Förhoppningen var också att använda förstärkningsmetoder skulle utvecklas och förbättras. Byggnaderna förstärktes med två olika metoder, varav den ena var slagna Stålpålar kombinerade med foderrörsborrning genom fyllningen. Den andra metoden var hydraulisk tryckning av SW-stålpålar kombinerade med förborrning genom fyllningen med augerborr.

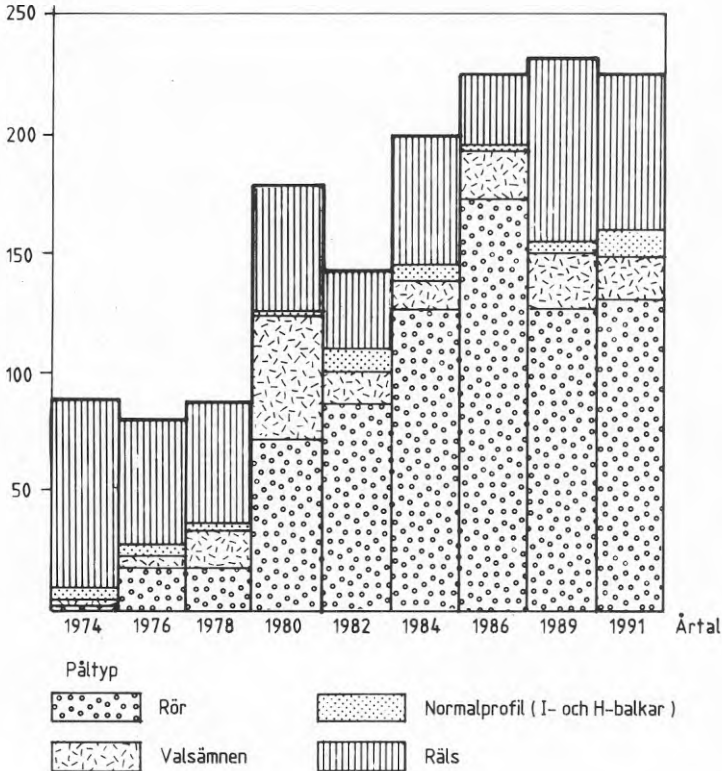
Det första tygodkännandet av lätta stålörspålar innehöll en begränsning av total pållängd (eller antal skarvar) eftersom man ansåg att den begränsade tillförda energin på påltoppen förlorades ner mot pålskon. Inför förnyandet av tygodkännandet 1982 insamlades därför en stor mängd resultat från statiska provbelastningar av långa pålar i olika jordar. Dessa resultat visade att pålarnas spetsbärförmåga, vid en given stoppsjunkning, var tämligen oberoende av pållängden.

1985 års tygodkännande innehöll ingen längdbegränsning, men angav en specificerad, ombyggd, hammare och högre tillåten last.

IVA Pålkommisionen¹ har sedan 1962 samlat in statistik om pålningsverksamheten i Sverige. De insamlade uppgifterna baseras på svar på en enkät som skickas ut till företag verksamma inom pålningsbranschen. Sedan 1974 har uppgifter om mängden slagna stålplålar och fördelningen på olika typer samlats in. Uppgifterna, vilka visas i nedanstående diagram, har samlats in vart annat år och är då gällande för ett år.

I begreppet rör, i diagrammet, ingår även plålar av grövre dimension, men de slanka rörpålar utgör huvuddelen av dessa. Under 1990 slogs totalt mer än 150 km slanka rörpålar i Sverige och därtill exporterades ca 30 km till utländska licenstagare (främst i Sydostasien).

Totalt antal
km plålar



Figur 2.2. Totalt antal meter slagna stålplålar per år samt fördelning på olika typer (efter Pålkommisionen, rapport 85).

Pålkommisionens enkät omfattar sedan 1976 även frågor om grundförstärkningspålning. Med betongplålar menas här tryckta korta betongpål-element.

¹Pålkommittén för påslagning och pålbärighet bildades 1959 och efter några år införlivades kommittén med Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA) och fick sitt nuvarande namn IVA Pålkommisionen. Pålkommisionen har till uppgift att bedriva forsknings- och informationsverksamhet inom pålningsområdet. Verksamheten finansieras dels med årliga kostnadsandelar från medlemmarna (entreprenörer) dels med forskningsanslag från Byggnadsrådet (BFR).

Tabell

Totalt antal meter grundförstärkningspålar samt fördelning på olika påltyper (Pålkommissionens rapport 85)

Pål-typer	1976		1978		1980		1982		1984		1986		1989	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
Betongpålar	10	63	6	21	5	11	4	10						
Räls	1	6	2	7	2	4	1	2						
Stålrörspålar	5	31	21	72	38	81	34	81	89	99	112	100	32	91
Valsämnen					2	4	3	7	1	1			3	9
TOTALT	16		29		47		42		90		112		35	

Vid ingången till lågkonjunkturen, omkring 1989-90, avtog marknaden för grundförstärkning. En liten marknad inom nygrundläggning för småhus återstår dock.

2.2.2 Teknik lätta stålrörspålar

Idag finns i Sverige fem typgodkända pålssystem, där pålen är ett korrosionsskyddat höghållfast stålrör, som drivs ned med lätta höghastighetshejare. Typgodkännandena sker på ett för Sverige nytt sätt och omfattar bl a kvalitetssäkring enligt SS-ISO 9001 med certifierad organisation (pålentreprenören), extern kvalitetsrevisor och årlig granskning av ett särskilt kontrollråd, vars huvudmän är Boverket och Pålentreprenörföreningen.

Pålelementen består av tunnväggiga rör av höghållfast stål. Typiska tvärsnitt är $\phi 75-100$ mm och godstjocklek 4-6 mm. Skarven utförs med en utvärdig hylsa, för Stålpålar med smältlimning (patenterat) och för övriga med en kraftig svets i det ena pålelementet. Pålarna har utvärdig korrosionsskydd som standard, Stålpålen med extruderad etenplast + varmförzinkade skarvhylsor och övriga påltyper med varmförzinkning. Skyddet anses tillräckligt för måttligt aggressiv miljö. Alla pålar fylls invändigt med cementbruk eller betong, vilket ökar formstabiliteten vid böjning ("knäckning") och förhindrar lokalbuckling samt utgör ett inre korrosionsskydd. Pålspetsen i stål är svetsad i första röret och den finns även med bergsko. Som tryckfördelande platta används en stålplatta med påsvetsad styrtapp.

Pålarna drivs ned och stoppslås med en lätt höghastighetshejare som hör till systemet och alltså inte kan bytas till "likvärdig".

I sin senaste utformning omfattar pålssystemen också beräkningsmodeller för dimensionerande bärförmåga i brottgränstillstånd och typprovningar av bärförmåga vid angivna gränsvärden för slagutrustningens prestanda. Systemen innehåller även ett QA-system med omfattande standarder för, och kontroller av material och utrustning. Härvid ingår även kontroll av arbetsplatsens geotekniska överensstämmelse med de typgodkända jordprofilerna (väsentligen spetsbärförmågan) och varje påles raket efter slagning, etc.

Den dimensionerande bärförmågan är ca 150-350 kN beroende av pålsystem och säkerhetsklass.

De lätta pålarna har utvecklats i syfte att skapa ett på arbetsplatsen lätthanterligt pålningsssystem med minsta möjliga krav på lyfthjälpmiddel. Pålarnas låga vikt tillåter drivning och stoppslagning med lätta utrustningar, i vissa fall handhållna. Med korta skarvlängder och låg egenvikt hos pålarna och hejaren är pålsystemen lätthanterliga och användbara även i trånga utrymmen och i lokaler med låg takhöjd.

Pålarna kan kapas och anslutas under arbetsplanet. Förborrningsssystem är utvecklade i en storlek avpassad för inomhusarbeten.

Rörprofilens fördel är stor böjstyvhet vid låg vikt och liten tvärsnitts- och mantelarea. Pålarna är spetsbärande med liten total mantelfriktion, innebärande mindre risk för knäckning på grund av påhängskrafter.

Kontroll av rörpålen är lätt att utföra genom att sänka ned lod eller t ex en ficklampa invändigt i pålen. Rakhet kan även kontrolleras med en elektrisk tolk.

2.2.3 Ekonomi

En stor fördel med lätta stålrörspålar är att nödvändig slagutrustning är liten och lätt. Upplags- och transportytorna vid arbetsplatsen är oftast begränsade. Utrustningen och pålarna är avpassade för trånga utrymmen.

Vid nybyggnad inne i städer kan lätta stålrörspålar vara lämpliga, eftersom de kan placeras tätt intill grannfastigheter utan medförande skadliga vibrationer.

I industrier i drift kan pålning med lätta stålrörspålar ske relativt snabbt, och med små ingrepp, så att vanlig produktion kan pågå samtidigt.

I motsats till stålkärnepålar behöver oftast inte lätta stålrörspålar drivas till berg, utan erforderlig bärförmåga kan uppnås i ett fast friktionsjordslager varvid pålen blir kortare och billigare.

Lätta stålrörspålar kan i vissa fall även vara ett ekonomiskt alternativ vid nybyggnad av småhus.

Pålgrunden för ett småhus, som väger 100 ton, kan t ex inte konstrueras för färre pålar än 6-9 st, även om 3 konventionella pålar skulle klara lasten. För att fullt utnyttja pålar med hög bärförmåga skulle pålarna slås med relativt stora avstånd, vilket medför att golvet eller kantbalkarna måste göras mycket kraftiga. Kraftiga betongkonstruktioner med armering är väsentligt dyrare än att slå fler pålar. Detta förhållande gäller i högsta grad även vid grundförstärkning, där befintliga golv eller kantbalkar inte är dimensionerade för detta och alltså måste göras om.

De aktuella pålarna är allmänt sett dyra per uppburet kN och meter. All marknadsföring har dock tagit fasta på att egenskaperna hos pålarna i många fall ger en god totalekonomi. Själva begreppen "totalkostnadsanalys", "Riskvärdering och -hantering" m fl har beträffande innerstadsgrundläggning introducerats av ledande branschföreträdare med erfarenhet av de aktuella pålsystemen och intresse av att praktiskt demonstrera dess egenskaper i sammanhanget.

2.2.4 Spridningsvägar

Utifrån de lätta stålrörspålarnas inbyggda egenskaper (lätthanterlighet, skonsamhet, etc) har engagerade entreprenörer skapat kompletta system för att t ex grundförstärka hus billigare och bättre. Därtill har entreprenörerna arbetat för ökad grundförstärkning av hus t ex genom lobbyverksamhet för billigare finansiering, kurser i teknik osv. Sven Hultsjö, Hagconsult (senare AB Grundförstärkningar), har varit en drivande person i spridningsarbetet. Hultsjö har hållit föredrag, skrivit artiklar och engagerat sig i normarbetet samt drivit produktutveckling i löpande produktion.

Nya grundläggande teorier om pålars bärighet har utvecklats utifrån fenomen, som noterats vid användning och provning av de aktuella pålsystemen. Engagemanget från ledande forskare och publicerandet av deras nya rön i vetenskapliga sammanhang, har medvetet använts för marknadsföring och påtagligt bidragit till den snabba ökningen av pålarnas användning.

De avancerade och successivt utvecklade beräkningsmodellerna i kombination med ett, för Sverige, högt materialutnyttjande kräver annan projektering än den traditionella. Den tekniska bygglovsprövningen bör lämpligen ej ske projektvis i den lokala Byggnadsnämnden. Redan från början satsade därför entreprenörerna på typgodkännande av produkten inklusive sättet att beräkna och verifiera dimensionerande bärförmåga (tillåten last) samt sättet att installera pålen. Boverket (tidigare Planverket) hade tillgång till egen expertis, som var villig att engagera sig i detta specialområde.

En stor vikt måste läggas vid Stockholms fastighetskontors engagemang vad gäller grundförstärkning av Gamla Stan, där metoder och arbetssätt har utvecklats i en målmedveten satsning, vilken stöttats av BFR och STU. Spridning av resultat i form av rapporter och artiklar, där man kan följa hela projekt, har en avgörande betydelse som erfarenhetsbas.

2.2.5 Slutsatser

Den ekonomiska bilden i Sverige under slutet av 70-talet och under större delen av 80-talet har inneburit ett högt värde på fastigheter, vilket i sin tur givit utrymme för grundförstärkningsåtgärder.

Entreprenörerna har själva med stöd från BFR, SBUF och STU drivit fram sina produkter genom medvetna satsningar på forskning och utveckling var och en för sig samt i samverkan (Pålkommissionen).

En bidragande orsak till framgången med lätta stålrörspålar är att man parallellt med utvecklingen av själva pålsystemen, även har kunnat utveckla helt nya maskiner samt metoder för schaktningsarbete i trånga utrymnen, vilket har underlättat grundförstärkningsarbetena. En kraftig utveckling inom området hydrauliska borr- och slagmaskiner har således t ex underlättat utförandet, vilket i sin tur inneburit minskade personalkostnader. En mycket viktig faktor har därvid varit BFR:s satsning på "grundläggning i tätort".

2.3 Stötvågsmätning

2.3.1 Historiebeskrivning

Slagna pålars bärförmåga bestämdes före 1960 nästan uteslutande med hjälp av stoppslagningskriterier baserade på någon beräkningsmetod, s k pålformel. Mer än hundra olika pålformler existerar. Det har vid upprepade tillfällen visat sig att en viss formel endast gäller under vissa speciella omständigheter och att noggrannheten allmänt sett är mycket dålig. Det fanns således anledning att söka efter bättre och mer tillförlitliga metoder att avgöra pålars bärighet. Det har visat sig att stötvågsmätning är en sådan metod.

Stötvågsmätning började på 1960-talet att användas på flera olika sätt bl a för att vid slagning jämföra effekten av olika slagverktyg såsom fallhejare, dieselhejare och tryckluftshammare, att utvärdera energiförluster i pålskarvar, bedöma påkänningar i pålen vid användning av olika dynor och mellanlägg samt att kontrollera pålars integritet. Vad som i den följande texten behandlas är stötvågsmätning på pålar för att därigenom bedöma pålars bärförmåga.

Den praktiska tillämpningen av stötvågsteori för pålar är av relativt sent datum, 1960-talet. Teorin för vågors utbredning i fasta material är däremot gammal och fanns redan på 1700-talet. Under 1930- och 1940-talen gjordes stötvågsmätningar på pålar i England (Glanville, Fox m fl). I Sverige tillämpade C.H. Fischer, först verksam vid Atlas Copco och senare vid Uppsala Universitet, under 1950- och 1960-talen stötvågsteori främst för bergborrstänger men även för pålar. Därvid betraktades hejare (hammare), mellanlägg och påle (stång) som kontinuerliga kroppar. E.A. Smith, utvecklade, i USA, ungefär samtidigt en beräkningsmodell där hejare, mellanlägg och påle delades upp i masselement, sammankopplade med fjädrar. Intresset för stötvågsmätning ökade allt eftersom mät- och analystekniken utvecklades.

Ett av de första arbeten inom Pålkommittén för påslagning och pålbärighet, redovisades i en rapport 1964 som behandlade slagning och provbelastning av långa betongpålar. Stötvågsmätning användes därvid för att jämföra effektskillnader mellan olika slagverktyg, studera energiförluster i skarvade pålar samt påkänningar i pålen vid användning av olika dynor och mellanlägg. Som ett delresultat av pålkommitténs arbete presenterades ett utkast till stoppslagningsregler för betongpålar enligt stötvågsteori av L. Hellman, 1967, kommitténs dåvarande sekreterare och verksam vid SGI. Vidare pågick under slutet av 1960-talet vid Uppsala Universitet arbeten med att överföra mätresultat vid stötvågsmätningar till datorer och att utvärdera resultaten genom jämförande beräkningar för pålar. Som grund för arbetet tjänade C.H. Fischers tidigare forskning om stötvågsmätning i bergborrstänger.

För beräkning av pålars bärförmåga baserad på stötvågsmätning finns olika metoder, som alla förutsätter datorer för rimlig tidsåtgång för nödvändiga beräkningar.

Vid s k CASE-analys görs beräkning direkt på uppmätta stötvågskurvor med antagna värden för jorrdämpning. Analysen bygger på förenklad teori och förutsätter att pålarna huvudsakligen är spetsburna. Dämpningsfaktorn är en hastighetsberoende del av slagningsmotståndet och är en slags korrektionsfaktor mellan parallellt utförda statiska och dynamiska försök. CASE-metoden utvecklades i USA vid Case Western Reserve University (1964-70).

En noggrannare metod är att jämföra mätresultat med beräknade resultat för en numerisk pålmodell. När uppmätta och beräknade resultat nöjaktigt överensstämmer kan pålens statiska bärförmåga beräknas med god noggrannhet.

Ett flertal företag och organisationer har utvecklat datorprogram för numeriska pålmodeller, bl a

- Pile Dynamics: Goble & Rausche, USA
- TNO, Inst. för building materials and structures, Holland
- Franki Pile Int. Belgien
- CEBTP, Centre Experimental de Recherche et d'Etudes du batiment et de Traveaux Parblics, Frankrike
- Piling Development, Sverige

Till Sverige inköptes utrustning för CASE-mätningar 1977 av dåvarande Göteborgs Betongpålar och började praktiskt användas 1978. Utrustning för datoranalys av numeriska pålmodeller som utvecklats vid Pile Dynamics Inc, CAP-WAP, inköpte samma företag något år senare.

Under 1980-talet har kunskapen om stötvågsmätning ytterligare breddats bl a genom H. Bredenberg's doktorsavhandling (1982) och BFR-rapport (R-26:1980). Vidare har H. Eriksson i sin avhandling (1992) behandlat möjligheterna att med hjälp av stötvågsmätning vid hejarsondering förutsäga slagna pålars bärighet och uppförande. Handboken Bygg Del G (1984) redovisar stötvågsteoriens möjligheter att beräkna pålkrafter och rörelser samt CASE-metoden för beräkning av pålars bärförmåga.

Stötvågsmätning som grund för kvalitetskontroll är accepterad och rutinmässigt använd sedan slutet av 1970-talet.

2.3.2 Teknik stötvågsmätning

Hejaranslaget alstrar en stötvåg vars front rör sig nedåt med ljudhastigheten. Då vågen når spetsen sker en reflexion och en vågfront fortplantas uppåt.

Genom att fästa givare och accelerometrar på pålen ett stycke under pålskallen kan både nedåt- och uppåtgående vågor registreras. Registreringen av de snabba förloppen fordrar elektroniska instrument som dessutom måste vara fältpassade för praktiskt bruk på arbetsplatserna.

Mätresultaten lagras och behandlas i fältdator, en förutsättning för att på kort tid få fram önskade uppgifter om pålarnas beräknade bärförmåga (CASE-metoden).

Mätresultaten kan även jämföras med beräkningsresultat för antagna modeller, för samverkan mellan påle och jord där CAPWAP är den vanligast använda modellen och analysprogrammet. Dessa beräkningar kräver större datorkapacitet och tar längre tid än CASE-metoden men ger i gengäld mer detaljer om t ex fördelningen av pålens bärförmåga längs manteln och på spetsen.

En osäkerhetsfaktor är att pålarnas bärighetsförmåga oftast förändras med tiden efter slagningen. Mätningarna och analysen bör därför göras så lång tid efter slagningen att pålarna bedöms ha "vuxit fast".

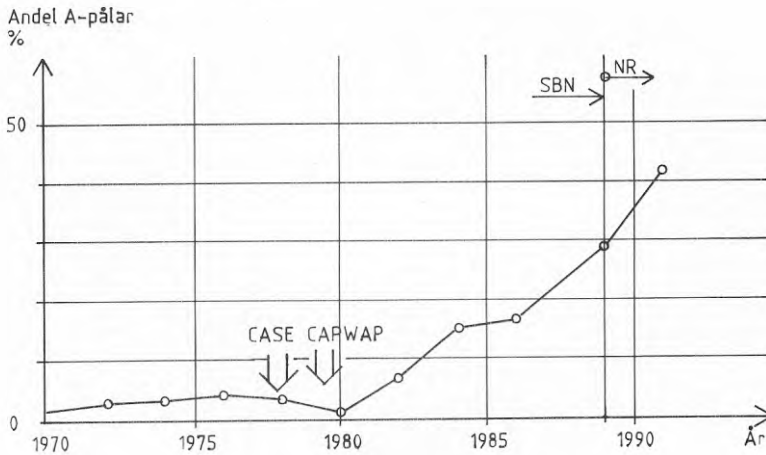
2.3.3 Ekonomi

Fram till att Boverkets Nybyggnadsregler (NR) började gälla 1989 indelades enligt Svensk Byggnorm (SBN) pålningen i klasserna A, B och C. För klasserna B och C var pållasterna normerade till 330, 450 och 600 kN. För pålar i klass A fastställdes normerad last - lägst 600 kN - av Planverket.

Pålningssklass A innebar "specialpålning med stödpålar av betong eller stål som, efter noggrann utredning av slagningvillkoren samt av pålens och jord- eller berggrundens bärförmåga, påvisas kunna bära högre last än som erhålls enligt dimensioneringsreglerna för pålningssklass B. För pålningssklass A ställs särskilda krav på pålningsarbetets förberedelse, utförande och kontroll."

Pålens bärförmåga kan påvisas med stötvågsmätning eller belastningsförsök. Eftersom stötvågsmätning är en betydligt snabbare insats än belastningsförsök, har denna metod gett ett ökat utrymme för pålning i klass A.

Av pålkommissionens statistik framgår att 1-4% av det totala antalet betongpålar utfördes i pålningssklass A fram till 1980. Andelen A-pålar har därefter snabbt ökat. Se figur 2.3.



Figur 2.3 Andel A-pålar av totala mängden betongpålar

Uppgifterna 1970-89 gäller A-pålar. För de allra flesta A-pålar efter 1980 har stötvågsmätning sannolikt utförts. För 1991 finns särskild uppgift om stötvågsmätning. (Uppgifterna hämtade från Pålkommissionens statistik)

Anledningen till den lilla andelen A-pålar 1970-80, och förmodligen även före 1970, är sannolikt att nödvändigt utredningsarbete oftast var omfattande och dyrbart. Det var inte lönsamt att t ex göra noggranna geotekniska undersökningar och tidsödande statiska provbelastningar för att undersöka pålarnas verkliga bärförmåga och höja tillåten pållast.

När CASE-metoden och CAPWAP-analys började användas ändrades förutsättningarna påtagligt. Det blev nu möjligt att snabbt och till jämförelsevis låg

kostnad få snabba och säkra besked om pålarnas bärigförmåga. CAPWAP-analysen ger dessutom värdefull information om hur lasten fördelas längs pålen. Sedan CASE och CAPWAP introducerades har andelen A-pålar eller motsvarande stadigt ökat och utgör nu ca 50% av totala antalet pålar. Se figur 1. Detta innebär i praktiken att kostnaden per uppburet ton last totalt sett har kunnat reduceras kraftigt under 1980-talet.

2.3.4 Spridningsvägar

Möjligheterna att använda stötvågsteori för pålar beskrevs i Sverige först av Sven Sahlén 1957. Därefter redovisade främst C.H. Fischer och L. Hellman under 1960-talet i olika sammanhang hur stötvågsteori skulle kunna utnyttjas vid pålning. Ett problem var dock att lämpliga mätinstrument var dyra och olämpliga för praktisk användning.

Den snabba utvecklingen av elektrisk mätteknik och elektronik under 1970-talet medförde att lämplig utrustning utvecklades. Kontakter mellan det inom området ledande företaget Goble & Rausche, USA och Göteborgs Betongpålar förmedlades av H. Bredenberg, KTH. Samarbetet mellan den svenska pålningsentreprenören och den amerikanska konsulten och tillverkaren av mätinstrument ledde till att CASE-metoden och CAPWAP-analys introducerades i Sverige. Kunskapen om dessa metoders tekniska och kommersiella tillämpningar har sedan spridits av i första hand C-J. Grävare och I. Hermansson, Göteborgs Betongpålar (senare Pålanalys AB) genom artiklar i tekniska facktidskrifter och genom kursverksamhet. Det är åtskilliga av Sveriges byggare, beställare och geotekniker som deltagit i deras endagskurser om CASE och CAPWAP.

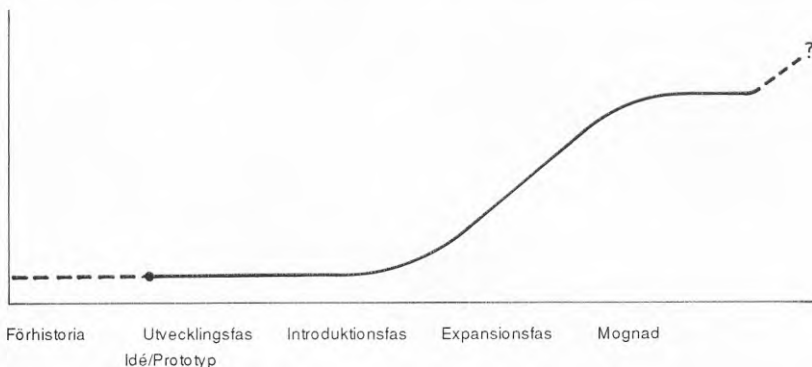
De forskningsarbeten av senare datum som resulterat i doktorsavhandlingar (H. Bredenberg 1982 och H. Eriksson, 1992) har ytterligare bidragit till att göra stötvågmätning till den internationellt accepterade metod den är idag.

2.3.5 Slutsatser

Introduktionen av stötvågmätning på den svenska marknaden har letts av ett fåtal entusiaster på ett entreprenadföretag, vilket insåg möjligheten till ett konkurrensmedel. Dessa har fångat upp svenskt och internationellt kunnande inom området och vidareutvecklat detta för svenska förhållanden. Introduktionen har stöttats av FoU-medel bl a från BFR, men avgörande har dock varit entusiasternas personliga insatser i form av bl a forskningsrapporter, tidskriftsartiklar och kursverksamhet.

3 EN LYCKAD INTRODUKTIONS LIVSCYKEL

Karakteristiskt för de studerade, lyckade introduktionerna är att de alla tre har gått igenom en systematisk utveckling som kan delas in i ett antal faser eller skeden vilka översiktligt beskrivs i figur 3.1 nedan.



Figur 3.1. En lyckad introduktions livscykel

3.1 Förhistoria

Produkterna har en lång förhistoria i form av teoretisk grundforskning (t ex runt stötvågsteorin), allmän kunskap (t ex att kalkinblandning i lös lera gör den fastare) eller teknikutveckling (t ex datorutvecklingen som gjorde det möjligt att omsätta stötvågsteorin i praktisk tillämpning).

3.2 Utvecklingsfas

Vid någon tidpunkt föddes en idé som relativt snabbt omsattes i framtagandet av en prototyp eller ett första försök, ofta stödda av olika forskningsorgan. Under utvecklingsfasen klarades alla stora tekniska och teoretiska frågor ut, vilket gjorde att produkterna var redo för de första kommersiella projekten.

3.3 Introduktionsfas

I början av introduktionsfasen utfördes de första "kommersiella" projekten. De stöttades i flera fall med FoU-medel från företag och forskningsorgan för att komma till stånd. Entusiasterna var kraftigt pådrivande. Resultaten fördes ut av dessa genom tidningsartiklar, seminarier, kurser och i viss mån forskningsrapporter.

3.4 Expansionsfas

När omgivningsförutsättningarna efter en viss tid var de rätta nåddes en kritisk massa av erfarenhet, informationsspridning, kompetensuppbyggnad m m hos byggherrar, entreprenörer och konsulter, vilken överbyggade bygg-branschens traditionellt konservativa inställning. Då inleddes för alla tre metoderna en kraftig volymexpansion vilken till att börja med drevs på av entusiasterna, men varefter tiden gick anslöt sig allt fler pådrivande krafter från olika håll.

3.5 Den mogna fasen

Produkterna täcker nu med hjälp av flera aktörer en stor del av den potentiella marknaden. Kontinuerlig vidareutveckling finansierad av statliga forskningsorgan som t ex BFR samt företagens egna FoU-medel bäddar dock för möjligheter till en ny framtida expansionsfas (jfr kalk-/cementpelare).

4 VIKTIGASTE FAKTORERNA FÖR EN LYCKAD INTRODUKTION

Som framgått av vår studie krävs att ett antal fundamentala faktorer samverkar för att en produkt eller nytt kunnande skall bli efterfrågad. Den enskilt viktigaste faktorn är därvid det personliga engagemanget hos någon eller några entusiaster. Ju fler av nedanstående positiva faktorer som sedan adderas till detta, desto större är chansen att introduktionen skall lyckas.

4.1 Produkten - Kunnandet

Den produkt eller det kunnande som skall introduceras på marknaden måste naturligtvis ha vissa positiva kvalitéer för att introduktionen skall bli lyckad. I vårt arbete har vi funnit tre viktiga sådana kvalitéer, som kan finnas var och en för sig eller samverka.

Produkten kan således vara:

Ekonomisk, vilket normalt innebär att både den som säljer och köper produkten kan tjäna pengar på att utnyttja denna istället för en alternativ produkt.

Tidsbesparande, vilket innebär att byggprocessens allt kortare tider mellan planering, projektering, byggande och färdigställande kan innehållas, vilket i sin tur innebär stora ekonomiska vinster.

Problemlösande, vilket innebär att produkten på ett nytt och bättre sätt löser ett tekniskt problem och skapar ett slutresultat med en högre kvalité.

4.2 Omvärlden - Marknaden

För att en produkt eller kunnande skall få en lyckad introduktion krävs naturligtvis att det finns eller kan skapas en marknad för produkten. Det som karakteriserar våra tre produkter är att den potentiella marknaden i omvärlden har varit stor och expansiv, vilket givit en hävstångseffekt åt produktens introduktion. Som exempel på positiva omvärldsfaktorer kan nämnas boomen i fastighetsbranschen under 1980-talet som gjorde det ekonomiskt möjligt att grundförstärka ett stort antal byggnader. Detta var i sin tur kraftigt pådrivande vid utvecklingen av t ex lätta stålörspålar. En annan omvärldsfaktor som blivit allt mer tydlig och som redan nämnts ovan är de pressade tiderna i byggprocessen, vilket gynnat kalkpelarmetoden på bekostnad av t ex vertikaldränering.

4.3 Forskning

4.3.1 Grundforskning/kunnande

En idé till en ny produkt baseras ofta på svensk eller internationell grundforskning som givit de grundläggande teoretiska förutsättningarna (t ex stötvågs mätning) eller ett sedan länge känt kunnande (t ex att kalk kan stabilisera lera). Denna forskning eller kunnande bildar den så viktiga stabila teoretiska grunden för den nya produkten.

Förutom den systematiskt genomförda grundforskningen spelar också ofta slumpen en mycket viktig roll vid framtagande och introduktion av ny teknik.

Detta är speciellt markant i det tidiga idéskedet. Ett exempel som tidigare nämnts är det varuprov som kom att bli starten på utvecklingen av Stålplastpålen.

4.3.2 Tillämpad FoU

När idén till produkten är "kläckt" krävs att den omsätts i praktiska försök som noggrant följs upp, dokumenteras och publiceras (i forskningsrapporter, artiklar, seminarier, etc).

4.4 Ekonomiska resurser

Introduktioner av nytt kunskande är som framgår av föregående kapitel en lång process som kan omfatta många år. För att introduktionen skall bli lyckad krävs uthålliga ekonomiska resurser anpassade till projektets läge i livscykel.

I grundforskningsskedet krävs naturligtvis ekonomiska resurser till högskolor, enskilda forskare m fl. När idén väl är kläckt erfordras ekonomiska resurser för att stötta framtagande av prototyp eller motsvarande samt för uppföljning av de första försöken inklusive publicering av resultaten. Därefter krävs resurser för att följa upp de första verkliga projekten samt sprida information genom t ex artiklar och i föredrag.

En mycket viktig del i forskningsstödet är att forskningsorganen således fortsätter att stötta den nya produkten även efter det att de grundläggande frågorna är lösta. Det är som framgår tidigare i rapporten minst lika viktigt att stötta olika typer av referens- och pilotprojekt samt publiceringen av deras resultat som att stötta själva produkten.

Ansvar för finansiering förefaller vara logiskt uppbyggd med statligt finansierad grundforskning på Högskolorna i de initiala skedena som därefter följs av insatser från bl a BFR, NUTEK, SBUF samt enskilda företags FoU-satsningar.

Förutom de ovan nämnda ekonomiska resurserna för FoU-verksamhet har också de kommunala insatserna i form av tidiga beställningar av pilotprojekt (ex kalkpelare i Huddinge kommun) och utvecklingsprojekt (ex lätta stål-rörspålar för grundförstärkning av Gamla Stan i Stockholms kommun) varit mycket viktiga för den lyckosamma introduktionen.

4.5 Entusiaster

Den för en lyckad introduktion enskilt viktigaste parametern är enligt vår uppfattning att "produkten" drivs framåt av en eller flera entusiaster. Dessa entusiaster skall naturligtvis även de omfattas av vissa kriterier. Tydliga sådana är:

Personliga kvalitéer. Entusiasterna är kreativa och uthålliga personer som har stor förmåga att skapa positiv kommunikation med omgivningen.

Position. Entusiasterna har en nyckelposition i företag, myndigheter eller organisationer som gör det möjligt för dem att med kraft driva utvecklingen framåt.

Drivkraft. Entusiasterna eller deras företag har egen stor vinning av att driva utvecklingen framåt. Vinningen kan vara direkt ekonomisk eller indirekt genom vunna konkurrensfördelar.

Närhet till marknaden. Entusiasterna har i våra fall verkat nära marknaden genom anställning i entreprenadföretag eller i nära samarbete med dessa.

4.6 Samarbete

En mycket tydlig och viktig faktor för en lyckad introduktion har också varit ett nära samarbete mellan marknads olika aktörer. Dessa representeras i våra fall främst av entreprenörer, konsulter, kommunala förvaltningar samt forskningsorgan som t ex BFR.

HUR INTRODUCERAS NYA KUNSKAPER INOM GEOTEKNIK, GRUNDLÄGGNING OCH GRUNDFÖRSTÄRKNING?

Medverkande personer i Etapp 1 år 1991 (dåvarande anställning)

Kommuner:

Ingemar Blomgren	Stadsbyggnadskontoret Göteborg
Håkan Bohm	Stockholms Fastighetskontor
Lennart Boström	Umeå Kommun
Staffan Ekenbark	Stockholm Vatten AB
Torbjörn Gustavsson	Luleå Kommun
Eddy Ismael	Göteborgs Kommun
Birger Karlsson	Tekniska Verken Eskilstuna
Eddie Nord	Uppsala Kommun

Statliga myndigheter och verk:

Östen Andersson	Vägverket, Solna
Ulf Bergdahl	SGI, Linköping
Walter Berglund	Luftfartsverket, Norrköping
Lars Bjerin	Byggnadsstyrelsen, Stockholm
Inge Brorsson	Vägverket, Borlänge
Allan Ekström	Banverket, Sundbyberg
Sven Hansbo	CTH
Jan Hartlén	SGI, Linköping
Bengt Rydell	SGI, Linköping
Bo Stigson Malmborg	Lunds TH
Göran Sällfors	CTH

Konsultföretag:

Jan Berntson	SGAB, Göteborg
Per Engström	VBB VIAK AB, Vällingby
Håkan Ehnström	ELU Konsult AB, Danderyd
Anders Eliasson	VBB VIAK AB, Stockholm
Anders Eriksson	AIB, Solna
Ulf Eriksson	Uppsala Byggstatik AB/J&W
Axel Hallin	ADG Grundteknik AB, Stockholm
Lars Hellman	L H Byggråd AB, Linköping
Rudolf Komarek	Geo-Projektering AB, Stockholm
Rune Lundström	Lundström Geoteknisk Rådgivning AB, Lidingö
Tord Olsson	Bo Alte AB, Göteborg
Bo Orre	Bo Orre Markråd AB, Sollentuna
Olof Sahlberg	Kjessler & Mannerstråle, Solna
Eskil Sellgren	Jacobson & Widmark AB, Lidingö

Entreprenadföretag:

Dick Asterö	Hercules Grundläggning, Kista
Bengt Grävare	Europile Pålteknik, Västra Frölunda
Ingemar Hermansson	Europile Pålteknik, Västra Frölunda
Lars Holmqvist	BPA, Göteborg
Sven Hultsjö	AB Grundförstärkningar, Spånga
Leif Jendeby	NCC, Göteborg
Björn Lundahl	Stabilator AB, Danderyd
Ove Magnusson	Skanska AB, Danderyd
Per Murén	NCC, Solna
Ove Ribberström	AB Vävra Jordtunnlar, Partille
Kurt Sjökvist	Byggentreprenörerna, Stockholm
Håkan Stille	Skanska AB, Danderyd

Medverkande personer i Etapp 2 år 1992-93

Ulf Bergdahl	SGI
Bo BergLars	Piling Development
Håkan Bredenberg	Bredenberg Geo
Allan Ekström	Banverket
Carl-John Grävare	Pålanalys AB
Ingemar Hermansson	Pålanalys AB
Sven Hultsjö	AB Grundförstärkningar
Kjeld Paus	tidigare BPA
Eskil Sellgren	J&W Bygg & Anläggning AB
Ebbe Svensson	tidigare Huddinge Kommun
Evert Vedung	Uppsala Universitet
Helen Åhnberg	SGI



R42:1993

ISBN 91-540-5586-5
Byggforskningsrådet, Stockholm

Art.nr: 6813042

Abonnementsgrupp:
X. Samhällsplanering
V. Anläggningsteknik

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 75 kr inkl moms