

Håltagning i grövre betongkonstruktioner

Utveckling av miljövänlig metod

Kjell Larsson
Martin Leidvik
Thomas Åkerblad

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr 82-0004

Plac *ser*

K/
Bl

K
Bl

R6:1982

HALTAGNING I GRÖVRE BETONGKONSTRUKTIONER
Utveckling av miljövänlig metod

Kjell Larsson
Martin Leidvik
Thomas Åkerblad

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 791530-1
från Statens råd för byggnadsforskning till Martin Leidvik
Borr AB och AB Hålmetoder, Stockholm.

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

R6:1982

ISBN 91-540-3615-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1981 136960

INNEHÅLL

0	SAMMANFATTNING.....	5
0.1	Bakgrund och syfte.....	5
0.2	Studerad metod.....	5
0.3	Spräckningsutrustningar.....	5
0.4	Fältprov.....	6
0.5	Utveckling.....	6
0.6	Slutsats.....	6
1	INLEDNING.....	7
1.1	Förord.....	7
1.2	Syfte.....	7
1.3	Bakgrund.....	7
1.4	Projektets inriktning.....	8
1.5	Miljövänlig metod.....	9
2	DEFINITION AV PROBLEM.....	11
3	INVENTERING AV METODER.....	12
3.1	Bilning.....	13
3.2	Slagborrning.....	17
3.3	Skärborrning.....	20
3.4	Sågning.....	24
3.5	Spräckning.....	29
3.6	Lansning.....	38
3.7	Skärning med vattenstråle.....	40
3.8	Sprängning, laserskärning och kemiskt expanderande medel.....	40
3.9	Resultat av metodgenomgång.....	41
3.10	Slutsats.....	41
4	SPRÄCKNINGSUSTRUSTNINGAR.....	44
4.1	Utrustningar från andra branscher.....	44
4.2	Olika spräcksystem.....	44
4.3	Tillverkare av hydrauliska spräckningsutrustningar....	44
4.4	Atlas Copco.....	45
4.5	Bendof.....	46
4.6	Bieri Hydraulik.....	46
4.7	Gullick-Dobson.....	46
4.8	Hydrocrack.....	47
4.9	Hydrostress AG.....	48
4.10	Torque Tension Ltd.....	48
4.11	Jämförelse mellan de olika spräckningsutrustningarna..	48
5	FÄLTFÖRSÖK.....	50
5.1	Metodgenomgång.....	50
5.2	Fältprov.....	51
5.3	Prov nr 1.....	53
5.4	Prov nr 2.....	57
5.5	Prov nr 3.....	59
5.6	Prov nr 4.....	61
5.7	Prov nr 5a.....	63
5.8	Prov nr 5b.....	66
5.9	Exempel på andra, av projektgruppen genomförda arbeten	68

6	UTVÄRDERING AV FÄLTFÖRSÖK.....	71
6.1	Armeringens inverkan.....	71
6.2	Utslagshål.....	72
6.3	Åtgärder för begräsning av håltagningsytan.....	72
6.4	c/c-avstånd.....	72
6.5	Betongkvalitetens inverkan.....	74
6.6	Samband mellan diameter på uppborrat hål och spräckkraft.....	74
7	ARBETARSKYDD.....	76
8	PRISJÄMFÖRELSE.....	77
8.1	Bilning.....	77
8.2	Skärborrning.....	77
8.3	Sågning.....	77
8.4	Spräckning.....	78
8.5	Lansning.....	78
8.6	Sprängning.....	78
8.7	Sammanfattning av prisjämförelse.....	78
9	FRAMTIDEN.....	80
9.1	Utveckling av utrustning.....	80
9.2	Hantering av styckefall.....	82
9.3	Hur skall en idealutrustning se ut?.....	82
9.4	Metoder på försöksstadiet.....	84
9.5	Helt nya metoder.....	84
9.6	Önskvärd forskning.....	85
	LITTERATUR.....	87
	BILAGA	
	Rapport 8104 från Cement- och Betonginstitutet.....	89

0 SAMMANFATTNING

0.1 Bakgrund och syfte

Håltagning förekommer vid ombyggnad av alla sorters byggnader, oavsett om det är industribyggnader, bostadshus, förvaltningsbyggnader, atomkraftverk m m. Håltagningens storlek varierar dock högst avsevärt.

Det finns idag några olika typer av arbetsmiljöanpassade håltagningsmetoder. Det gemensamma för dem är dock att de enbart klarar arbete i klenare konstruktioner. Väggar och valv upp till 0,5 m tjocklek kan för närvarande rationellt bearbetas med skärborrnig och sågning - metoder som bilning och slagborrnig är här inte aktuella, då de inte fyller miljökraven när det gäller vibrationer, buller, damm m m.

Men idag finns ett allt större behov av arbeten i grova konstruktioner. Vi har kärnkraftverk, bankvalv, grundmurar, broar, skyddsrum m m som behöver byggas om. Konstruktioner där håltagningar kräver stora insatser i fråga om utrustning och personal. I de flesta fallen krävs det att omkringliggande aktiviteter skall kunna fortgå utan störning.

Projektets målsättning är att skapa underlag för rationell håltagning i armerade, grövre betongkonstruktioner. Den valda metoden måste uppfylla stränga miljökrav - både från användarens sida (arbetarskydd) och från omgivande verksamheter.

0.2 Studerad metod

En kombination av skärborrnig och spräckning med hydraulutrustning ger en miljöanpassad håltagning i grova konstruktioner. Kostnaden är konkurrenskraftig i förhållande till alternativa metoder. Miljömässigt medför denna kombination av metoder stora fördelar då håltagningsarbetet kan utföras dammfritt och driften inte störs i omkringliggande lokaler.

Spräckning är en lämplig metod för allt från demolering av stora konstruktioner ned till öppningar ca 1 x 1 m. En förhållandevis måttriktig öppning erhålls men efterlagning kan erfordras.

Bullernivån är låg. Skärborrnig av spräckhålen är det mest bulleralstrande momentet. Spräckningen ger inte upphov till något buller.

Dammproblemen är små och uppstår i regel vid uttransport av materialet.

0.3 Spräckningsutrustningar

Det finns två typer av spräckningssystem:

- o Spräckkolvsystem som fungerar så att kolvpaket med 2-5 kolvar förs in i borrhål - \varnothing 100-200 m, beroende på fabrikat. Kolvarna trycker därefter mot en fördelningsplatta.

- o Spräckkilsystem där en kil trycks eller dras in mellan två spräckjärn. I regel kräver dessa utrustningar borrhål med ca \varnothing 50 mm.

0.4 Fältprov

Fältprov har utförts i olika konstruktioner och studier har utförts med avseende på:

- o armeringens inverkan
- o placering av utslagshål
- o begränsning av håltagningsyta
- o hålsättning - c/c-avstånd, läge
- o betongkvalitetens inverkan
- o samband håldiameter - spräckningsresultat

Fältproven samt erfarenheter från utförda entreprenader visar (se kapitel 5 i denna rapport) att spräckkolvsystemet är att föredra framför spräckkilsystemet, ur både teknisk och ekonomisk synvinkel.

0.5 Utveckling

Bristerna i nuvarande utrustningar och metoder kan sammanfattas enligt följande:

- o spräckkolvutrustningarnas tryckkolvar bör utrustas med returordning
- o kapning av armeringsjärn bör (bl a med hänsyn till brandrisk) utföras på mekanisk väg
- o losstagnation av spräckta block samt uttransport av avfallsmassorna bör rationaliseras och mekaniseras
- o beräkningsmetoder måste utvecklas för att tillåta optimalt utnyttjande av personal och utrustning.

0.6 Slutsats

Håltagning och demolering av grövre betongkonstruktioner kan med spräckning ske på ett arbetsmiljömässigt, teknisk och ekonomiskt riktigt sätt.

Spräckningen är idag inte färdigutvecklad utan kan förbättras både maskin- och metodmässigt.

1 INLEDNING

1.1 Förord

Ansvariga för projektet är ing Martin Leidvik, Martin Leidvik Borr AB och ing Kjell Larsson, AB Hålmeter.

Civ ing Christer Molin, Cement- och Betonginstitutet (CBI) har konsulterats för utförande av vissa teoretiska beräkningar angående spräckmönster m m. Resultatet av dessa beräkningar finns redovisat i rapportens bilaga.

För projektets genomförande har disponerats AB Hålmeterers resurser i fråga om personal, material och maskiner. Proven har utförts på AB Hålmeterers arbetsplatser.

Rapporten är sammanställd och skriven av arkitekt Thomas Åkerblad.

1.2 Syfte

Projektets målsättning är att skapa underlag för en rationell håltagning i armerade, grövre betongkonstruktioner.

Syftet med rapporten är att ge en överblick över de metoder och maskiner som kan användas för detta ändamål. Vidare att skapa en praktisk guide för hur och när metoderna kan, får och bör användas.

Det innebär att rapporten främst vänder sig till entreprenörer och andra praktiskt verksamma inom håltagningsområdet. Den kan användas av bygglidare och konstruktörer, av projektörer och tidplanerare vid ombyggnader, men även som t ex handledning för en beställare.

Eftersom ca 70% av all håltagning sker inom ombyggnadssektorn (med många inblandade parter) finns det ett stort behov av att sprida kunskap om håltagningsproblem på beställarsidan!

1.3 Bakgrund

Håltagning förekommer vid ombyggnad av alla sorters byggnader, oavsett om det är industribyggnader, bostadshus, förvaltningsbyggnader, atomkraftverk osv. Håltagningens storlek kan variera högst avsevärt. Det kan vara allt ifrån hål för rör och kablar upp till öppningar för rulltrappor eller ännu större objekt.

Vid förändringar i planlösningar erfordras rivning av väggar, ibland t o m av stora golvsnitt. Vid ombyggnad är de aktuella håltagningsbehoven för VVS-installationer, sophantering, fönster och dörrar samt hisschakt.

Håltagning på byggarbetsplatserna utfördes fram till 1950-talet i huvudsak manuellt. Först därefter användes maskinella metoder i större omfattning, speciellt vid håltagning i betong. Dessa metoder var främst bilning och slagborrning (hammarborrning) med tryckluftdrivna maskiner.

Nästa steg i utvecklingen blev skärborrning (diamantborrning). Metoden började utnyttjas i byggnader med komplicerade installationer, t ex sjukhus, där man fann den miljövänlig och lönsam. Idag är den allmänt spridd och accepterad inom hela byggsektorn.

En metod som tillkommit under senare år är sågning. I betongkonstruktioner används den för större håltagningar, t ex öppningar för dörrar och hissar. Metoden ger här en mycket stor måttnoggrannhet.

Spräckning är en metod som förekommer i mindre omfattning men i och med nya utrustningar så öppnas ett stort verksamhetsområde, speciellt vid grövre betongkonstruktioner.

Lansning används i vissa sammanhang för demolering av grövre konstruktioner.

Metoder som befinner sig under utveckling är skärning med vattenstråle, sprängning, laserskärning och kemiskt expanderande medel.

1.4 Projektets inriktning

De faktorer som varit styrande under projektarbetet har varit:

Miljömässiga krav

- o Bullernivån skall vara så låg att
 - personal med hörselskydd skall vara helt skyddade från risk för bullerskador
 - stomljud undviks, då det sprider sig långt i såväl horisontell som vertikal riktning
 - buller till närliggande utrymmen inte är störande. Vid ombyggnad får ofta pågående verksamhet i närheten inte störas, t ex affärer, banker m m.
- o Damm bör undvikas då det är svårt att förhindra dess spridning genom utsug (det går att använda skyddsmask som personligt skydd, - men att arbeta med mask är både obekvämt och försämrar effektiviteten).
- o Tunga lyft och obekväm arbetsställning måste undvikas, se Bygghälsans sk miljöprofil (kod nr 008) i "Miljöbeskrivning av sysselsättningar inom byggbranschen" (7) om detta.

Betongtjocklek över 0,5 m.

De stora problemen uppträder vid grövre betongtjocklekar, speciellt vid hårt armerade konstruktioner. För mindre tjocklekar finns t ex sågning.

Befintlig teknik - teknisk utveckling.

- o Öppningar skall vara så måttriktiga som möjligt och metoden skall inte skada omgivande betongstruktion.
- o Maskiner skall vara anslutningsbara till normala elanslutningar.
- o Styckefallet bör vara hanterbart, men dock så stort som möjligt i förhållande till utlastningsanordningar.

Tidsmässiga aspekter

Snabbhet. Ofta måste t ex en dörröppning tas upp snabbt så att man omedelbart kan sätta in en ny dörr med hänsyn till risken för inbrott, brand m m.

1.5 Miljövänlig metod

Vid större håltagningar i grövre betongkonstruktioner uppstår ofta problem på arbetsplatsen. I de flesta fall är önskemålet att omkringliggande aktiviteter skall kunna fortgå utan störningar. Bilning och slagborrning är då av miljöskäl inaktuella.

Dessa metoder har en miljöprofil som ej är tillfredsställande varken för handhavaren eller omgivningen. Skärborrning och sågning är däremot miljövänliga metoder och maskinerna är väl utvecklade. Miljöproblemen är belysta i Byggforskningens Informationsblad Håltagning (4).

Efter en inventering av marknaden koncentrerades arbetet på en kombination av skärborrning och spräckning. Skärborrningen används till att ta upp utslagshål och hål för spräckningsutrustningen. Miljömässigt har en sådan kombination stora fördelar då håltagningsarbetet kan utföras dammfritt och driften i omkringliggande lokaler inte störs.

I samråd med bl a Byggdok har marknaden av befintliga spräckningsutrustningar inventerats. Olika typer av utrustningar och deras lämplighet för betongspräckning har undersökts. Dessutom har undersökts om alternativ utrustning inom annan industriverksamhet kan användas.

Efter denna kartläggning har bl a följande problemställningar studerats och utvärderats:

- armeringens inverkan
- placering av utslagshål
- metoder för begränsning av håltagningsyta
- hålsättning, c/c-avstånd
- betongkvalitetens inverkan
- sambandet mellan håldiameter och spräckningsresultat

Projektet är ett första steg i en utveckling av rationellare håltagningsmetoder vid grövre, armerade betongkonstruktioner. Forskningsresultaten bör följas upp med utprovning och anpassning av metoden till arbetsplatsernas krav på bl a lyftanordningar och transport av losspräckta betongblock.

Denna satsning på forskning och metodutveckling bör möjliggöra att tung och svårbehandlad del av byggnadsverksamheten kan utföras på ett såväl ekonomiskt som miljömässigt godtagbart sätt. Detta kommer hela byggbranschen och speciellt byggnadsarbetarna tillgodo.

2 DEFINITION AV PROBLEM

Det finns ett flertal olika typer av håltagningsmetoder (se kapitel 3). Det gemensamma för de flesta av dem är att de enbart klarar arbete i klenare konstruktioner.

Men idag finns ett allt större behov av arbeten i grova betongkonstruktioner. Det finns här ett flertal håltagningsproblem som är svårlösta när man måste ta hänsyn till kraven på god arbetsmiljö och minimal störning av omgivningen.

Trots ett begränsat kärnkraftsprogram har vi redan kärnkraftverk som behöver byggas om - och mer blir det efterhand. Så består t ex reaktoromslutningarna av metertjocka, hårt armerade betongkonstruktioner som det idag är väldigt svårt att göra förändringar i. Även banker, grundmurar, skyddsrum m m erbjuder likartade problem.

Andra exempel på problem är första generationens betongbroar från 1920-30-talet, vilka idag är mogna för renovering eller rivning - den tidens betong fyllde inte samma höga krav som dagens. Här är det ofta fråga om kontrollerad demolering.

Men problemen är inte enbart att finna den metod som bäst tar upp ett hål eller demolerar en konstruktion - man måste också kunna ta hand om styckefallet. Detta kan bestå av många olika material och medför ofta genom sin storlek svåra problem vid bortforslingen.

Kan dessa arbetsuppgifter lösas med dagens teknik och metoder?

I detta forskningsprojekt har vi undersökt marknaden och jämfört metoder. Tittat på för- och nackdelar. Vägt miljövänlighet mot kostnader. Testat metoderna för att försöka få fram gränser för vad de klarar.

3 INVENTERING AV METODER

Följande håltagningsmetoder är idag i användning eller under framtagande:

- bilning
- slagborrning
- skärborrning
- sågning
- spräckning
- lansning
- skärning med vattenstråle
- sprängning
- skärning med laserstråle (på experimentstadiet)
- kemiskt expanderande medel (också på experimentstadiet)

Metoderna redovisas med för- och nackdelar i detta kapitel.

3.1 Bilning

Av de olika håltagningsmetoderna torde denna vara den mest förekommande.

3.1.1 Användningsområde

Metoden lämpar sig för håltagningar från ϕ 100 mm och uppåt samt för demolering av betong.

Den betongtjocklek som kan bearbetas beror på armering, håltagningens läge m m. Generellt är dock tjocklekar upp till 500 mm inget hinder. Håltagning kan ske såväl i valv som vägg.

3.1.2 Utrustning och arbetsutförande

Maskinen består av ett slagverk som drivs av tryckluft, hydraulik eller av en el-, alternativt förbränningsmotor.

Slagverkets kolv slår direkt på bilningsverktyget och överför på så sätt rörelseenergin. Bilningsverktyget, t ex en pik- eller flatmejsel, bryter loss eller krossar materialet.

Utrustningen kan vara handhållen eller monterad på en bärvagn. De bilmaskiner som är monterade på bärvagn (traktor, lastmaskin eller liknande) är oftast hydrauldrivna och används där buller och dammproblem är lösta i lokalerna. Under dessa omständigheter är de en bra, miljömässig och ekonomisk metod. Maskiner finns att få i utföranden från 400 till 2000 J slagenergi/slag. Vikterna ligger mellan 200 till 650 kg beroende på maskinens slagkraft.

3.1.3 För- och nackdelar

+ Maskin och verktyg är okomplicerade och enkla att handskas med. Metoden är som helhet ganska billig.

- Snittytan blir sårig och ojämn med dålig måttnoggrannhet. Armeringsjärn måste vanligen kapas med annan utrustning. Buller och vibrationer är besvärande för både maskinskötare och omgivning. Vid handhållen utrustning är metoden ur ergonomisk synvinkel mycket dålig.

3.1.4 Kommentar

I Bygghälsans publikation "Ergonomi" (1970) ges följande kommentarer till arbetsmoment där handhållna bilnings- och slagborrningsmaskiner används:

"Här fanns de flesta belastningsfaktorerna representerade. Arbetet innehöll knappast någon faktor som ur ergonomisk synpunkt kan försvaras. Efterhand som reparations- och ombyggnadsarbetena ökar blir denna typ av arbetsuppgifter allt vanligare. Här är det angeläget att få fram lämpligare metoder och bättre utrustning".

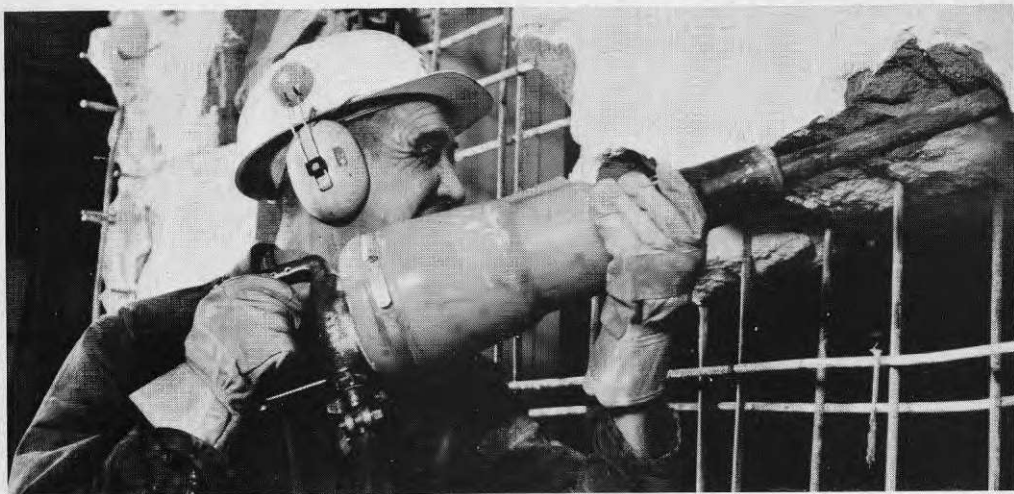
"Med de hjälpmedel vi för närvarande har utnyttjas människan som "maskinstativ" för bilningsutrustningen".

Hjälpmiddel som underlättar bilningsarbetet är under utveckling bl a vid Byggnadsergonomilaboratoriet på KTH. Dessa hjälpmedel är avsedda att minska vibrationer och tunga lyft och därmed kravet på människan som maskinstativ.

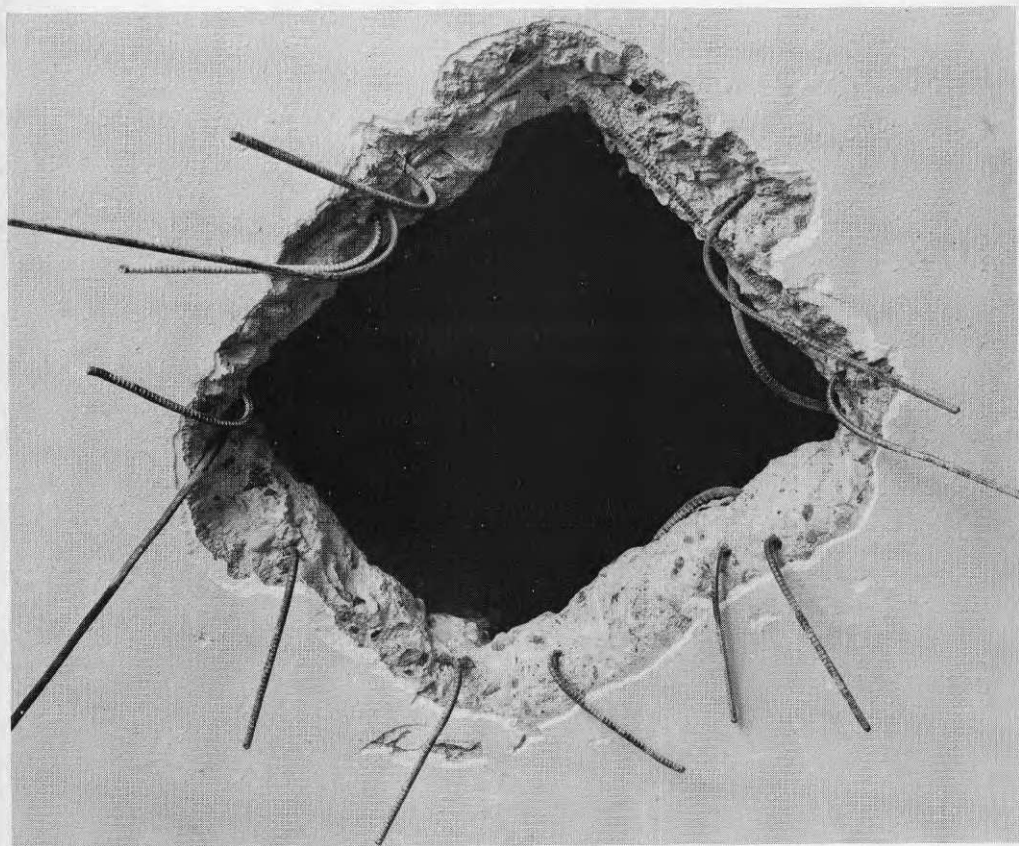


Figur 1. Bilning med handhållna maskiner. Människan fungerar som ett stativ som tar upp maskinens vibrationer.

a) Även när man bilar rakt ner utsätts kroppen för påfrestningar pga vibrationerna.



Figur 1. b) Att bila i en vägg är ansträngande.



Figur 2. Arbetsresultat vid maskinbilning. Konturen blir sårig och ojämn med betydande efterlagring som följd. Armeringsjärnen måste kapas med annan teknik.



Figur 3. Rivning av gamla Riksbankens guldvalv på Helgeands-
holmen. Rivningen utfördes med en hydrauldriven bil-
maskin monterad på en bärvagn. Observera att föraren
står bredvid vagnen och styr, på så sätt undgår han
maskinens vibrationer.

3.2 Slagborrning

3.2.1 Användningsområde

Slagborrning används för upptagning av runda hål i såväl valv som vägg.

För handhållna maskiner, som i regel används inom byggnadsindustrin, ligger hålens diameter mellan 8-70 mm. Om maskinen monteras på stativ eller borrhvagn är den maximala diametern ca 125 mm.

Betongtjocklekar upp till flera meter är inget hinder vid håltagning.

3.2.2 Utrustning och arbetsutförande

Slagborrmaskinen liknar den tidigare beskrivna bilmaskinen och är liksom denna el-, hydraul- eller tryckluftsdreven. Skillnaden är att verktyget i detta fall roterar.

Verktyget har i regel skär av hårdmetall och kan vara ett fyrskärs- eller spiralborr.

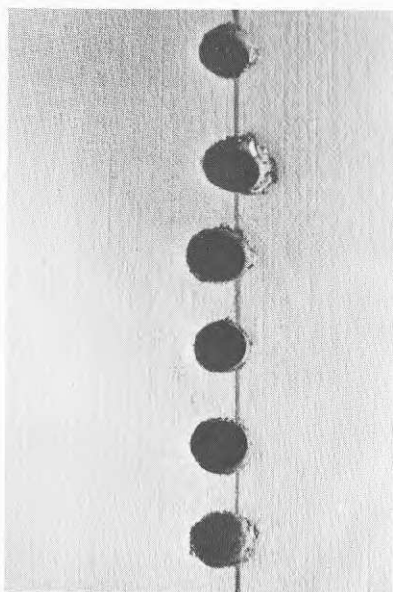
3.2.3 För- och nackdelar

För- och nackdelar sammanfaller i stort sett med de för bilning. Arbetsresultatet är tillfredsställande på ingångssidan men utslag kan inte undvikas på den motsatta ytan. Borrning genom armeringsjärn är i de flesta fall inte möjligt utan hålet måste då flyttas.

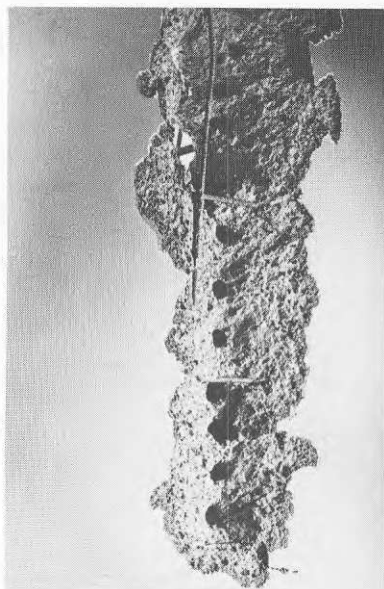
För att minska problemen med dammspridning har det kommit fram system med utsug av damm genom borren eller genom punktutsug.



Figur 4. Slagborrning med tryckluftsdreven maskin.



a)

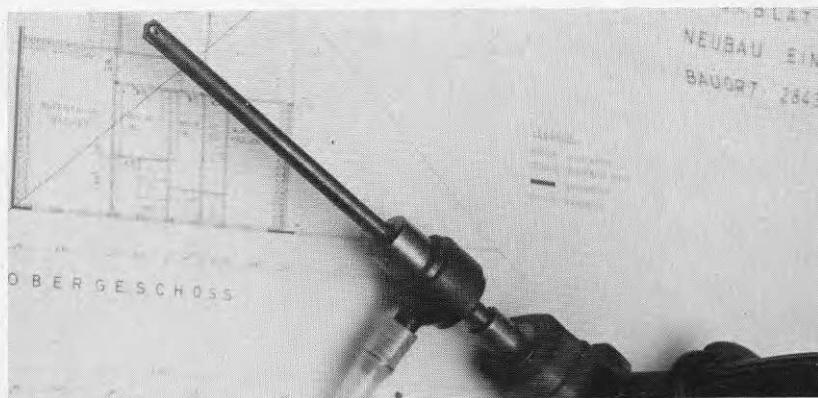


b)

Figur 5. Arbejtsresultat ved slagborrning.
a) Ingangshål.
b) Udgangshål med kraftigt utslag.



a)



b)

Figur 6. Slagborrning med punktutsug. Utsuget sker genom ett ihåligt specialborr som med adapter kan användas till alla bormaskiner.

- a) Slagbormaskin med utrustning för punktutsug.
b) Närbild av koppling slang/specialborr.

3.3 Skärborrning

3.3.1 Användningsområde

Med skärborrning kan man ta upp runda hål med diametrar mellan 20-500 mm. Upptagningen av större öppningar kan ske genom skärborrning. Det innebär att man borrar hål tätt intill varandra längs den önskade öppningens kontur, varefter mittpartiet kan avlägsnas.

Håltagning kan ske såväl i valv som vägg och armeringsjärn eller stora betongtjocklekar utgör inte något hinder.

3.3.2 Utrustning och arbetsutförande

Maskinen är försedd med en roterande borrar-krona som på mekanisk eller hydraulisk väg trycks mot betongen vid borringen. Kronans skärsegment är försedda med diamantpulver. Vid borringen, som sker under vattenspolning, lösgörs en kärna.

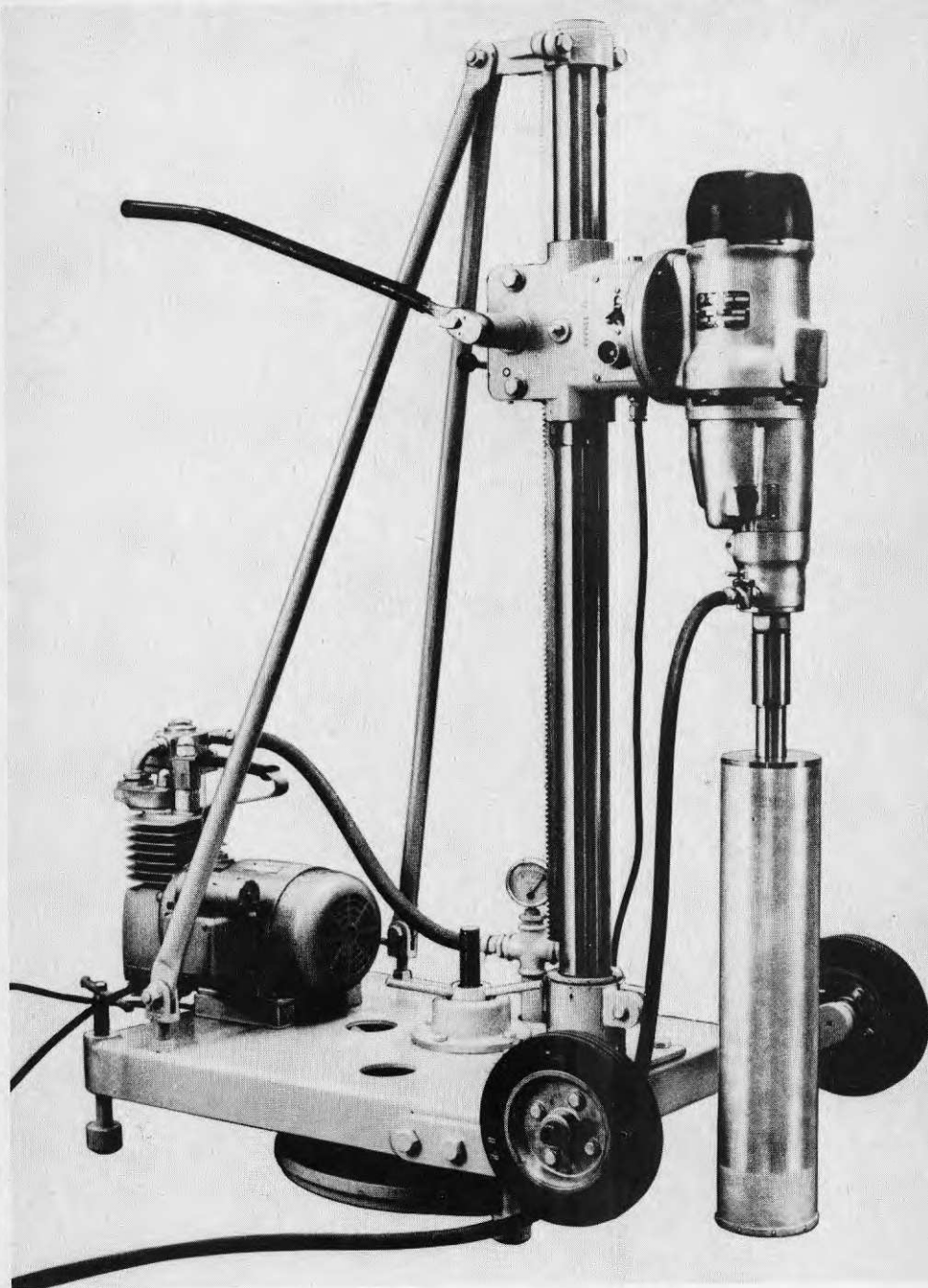
Borrutrustningen är monterad på ett stativ som fästs med vakuumplatta, späns fast mellan golv och tak eller bultas fast.

För maskinen erfordras eluttag, enfas 10 A vid hål max \varnothing 300 mm och trefas 16 A för hål \varnothing 300-500 mm.

3.3.3 För- och nackdelar

+ Armeringsjärn utgör inte något hinder och utslag vid genomgång kan undvikas. Metoden medför lågt stömljud och buller, inget damm eller vibrationer, varför den ur ergonomisk synvinkel kan rekommenderas. Arbetsresultatet uppvisar en mycket god mått noggrannhet med jämna snittytor.

- Metodens enda nackdel är att den erfordrar vattenspolning, vilket kan orsaka skador på omgivningen. Man använder här in-vallning med sågspån och uppsugning med våtdammsugare, men detta är inte en helt tillfredsställande lösning. Uppsamlingsmetoder är dock under snabb utveckling hos ett flertal företag varför förbättringar på bl a denna punkt kan väntas.



Figur 7. Skärbormaskin, fastsatt med vakuumpatta, för borrar i valv.



Figur 8. Skärborrning i vägg.



Figur 9. Arbetsresultat vid skärborrning.

3.4 Sågning

3.4.1 Användningsområde

Sågning är lämplig för upptagning av större öppningar (minst 1 x 1 m) i såväl valv som vägg. De flesta sågar klarar en betongtjocklek upp till 300 mm. För grövre konstruktioner finns utrustningar för 500 mm snittdjup samt i extremfall, specialsågar som klarar ända upp till 1,2 m.

3.4.2 Utrustning och arbetsutförande

Maskinen är vanligen utformad som en cirkelsåg med en stålklina som har skärsegment av diamantpulver. För att binda damm, transportera bort material samt kyla klingan erfordras vattenspolning.

Man skiljer mellan vägg- och valvsågar. Väggsågen monteras fast på väggen, medan valvsågen är monterad på en vagn som rullas fram i takt med sågningen. Sågen fordrar eluttag, trefas 16-63 A beroende på det sågade materialets tjocklek.

För mindre snittdjup finns handhållna sågar.

En annan sågtyp är utrustad med ett fram- och återgående stick-sågblad och lämpar sig för mycket grova konstruktioner.

3.4.3 För- och nackdelar

+ Metoden är bra ur ergonomisk synvinkel då den ger upphov till ringa stomljud, inget damm eller vibrationer och orsakar - totalt sett - endast ett ringa buller. Ljudnivån från sågklingen är dock störande i den närmaste omgivningen, varför operatören måste vara försedd med hörselskydd.

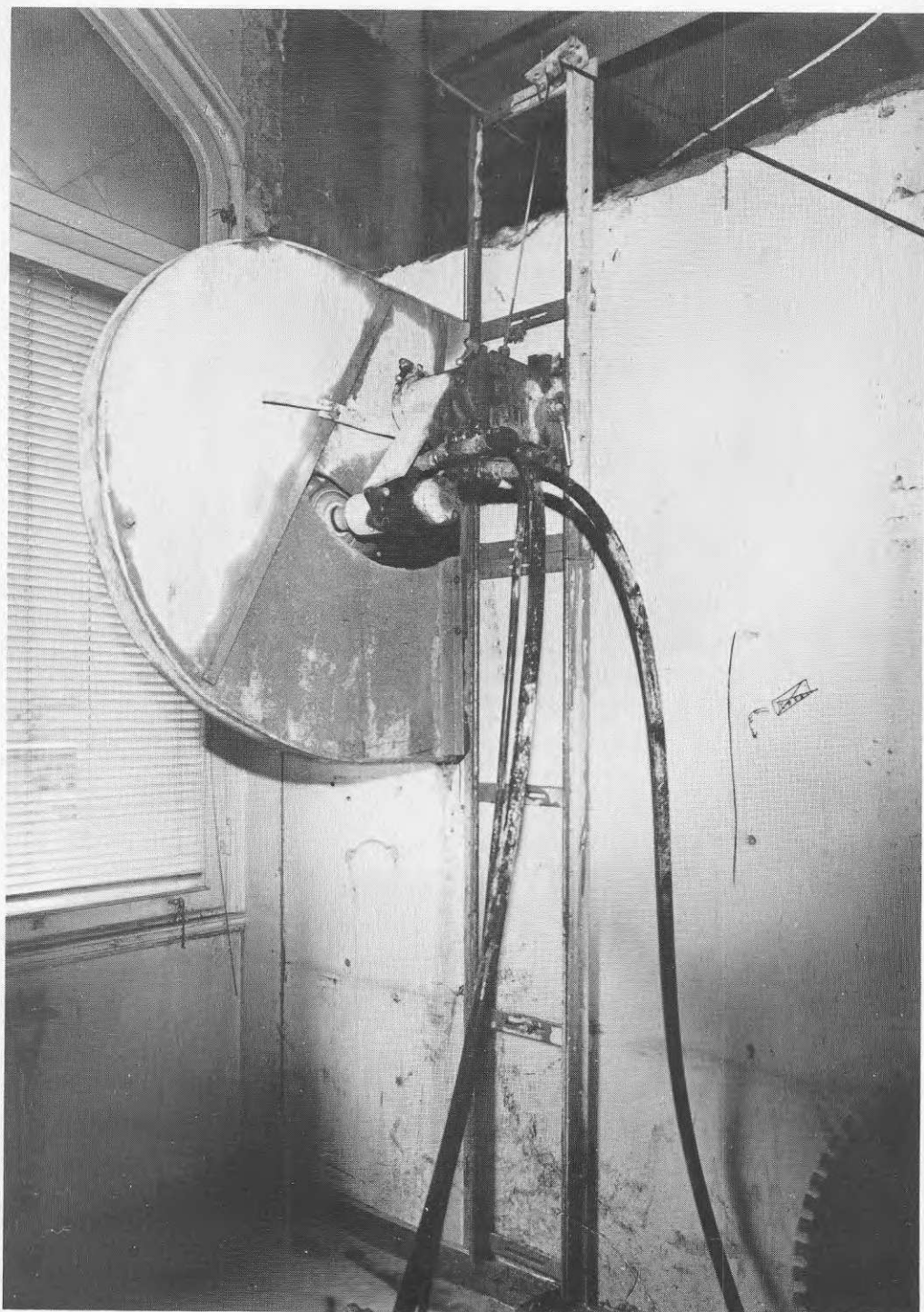
Sågningens arbetsresultat blir en jämn snittyta med god mått noggrannhet. Eventuella armeringsjärn utgör inte något hinder utan kapas samtidigt med sågningen.

- Vattenspolningen är en nackdel och kan förorsaka skador på omgivningen. Att såga förbi hörnen för att få dem skarpa är en annan - kan dock undvikas om man tar upp hörnen med hjälp av skärborrnig. En tredje nackdel är att de flesta väggsågar är skrymmande och att monteringen är tidskrävande - utvecklingen går dock mot lättare, hydrauliska utrustningar.

I likhet med skärborrnig har problemet med uppsamling av spolvattnet inte fått sin slutgiltiga lösning.



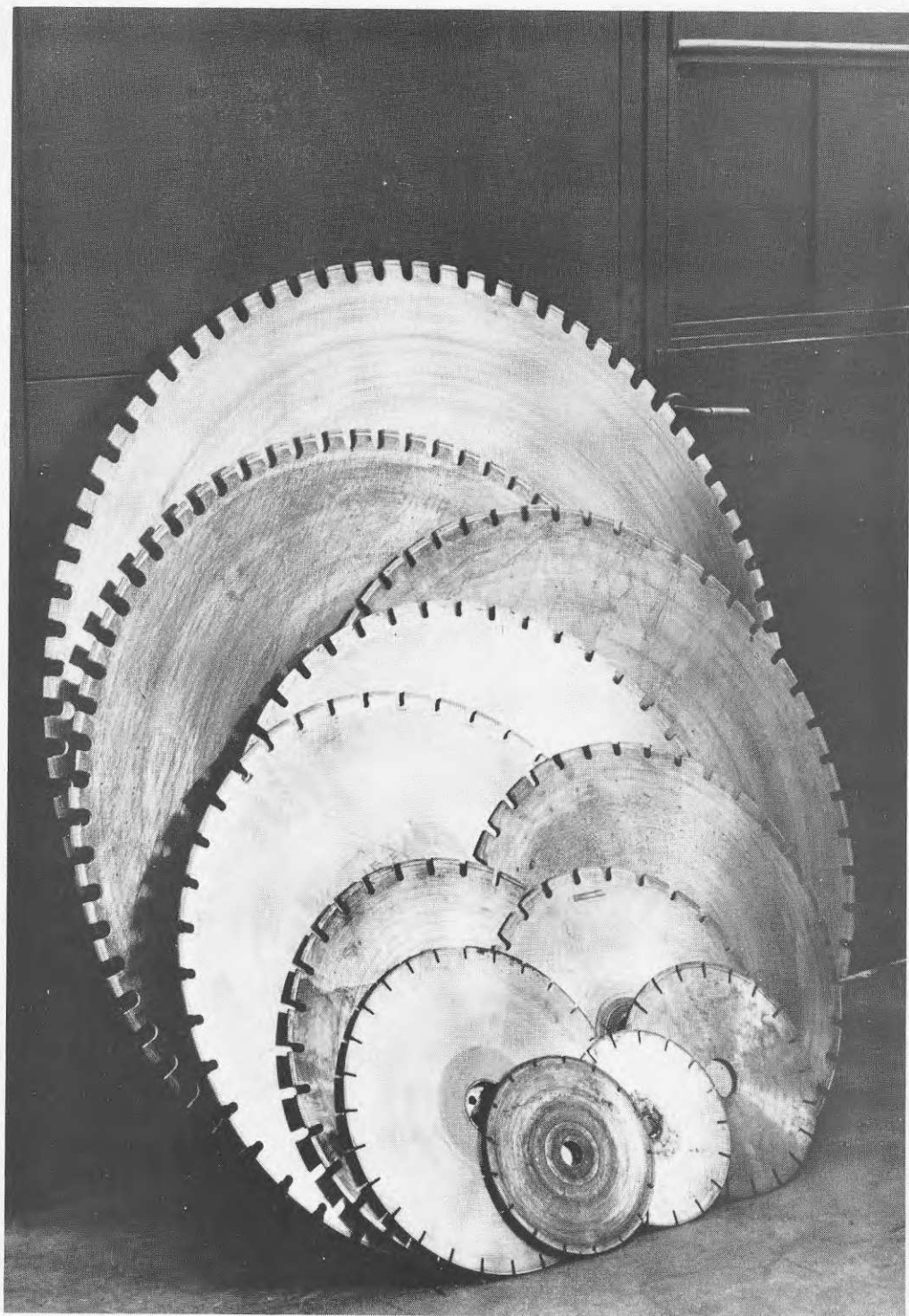
Figur 10. Sågning i valv.



Figur 11. Sågning i vägg. Sågen sitter monterad på en "stege" som bultas eller på annat sätt fästs på väggen.



Figur 12. Arbetsresultat vid sågning. Observera de översågade hörnen.



Figur 13. Sågklingorna finns i ett stort antal diametrar.

3.5 Spräckning

3.5.1 Användningsområde

Spräckning är en kominationsmetod som lämpar sig för större öppningar i grova konstruktioner eller för delning av utsågade block.

3.5.2 Arbetsutförande

Längs öppningens konturlinje tar man (i regel med skärborrning) upp hål med 0,2-0,5 m avstånd (avståndet beror på typ av spräckningsutrustning). I hålen placeras sedan et hydrauliskt kil- eller kolvverktyg som spräcker materialet mellan hålen.

Kilverktygen (t ex typ Darda) har ett max spräckningsdjup av 0,5 m. Själva spräckningsaggregatet består av en grov cylinder, nedtill försedd med två, smalare kilbackar. Kilbackarna förs ned i det borrarade hålet och en kil tvingar isär dem (se figur 15) varvid materialet runt hålet spräcks.

Kolvverktygen (t ex typ Hydrocrack) har i princip ett obegränsat spräckningsdjup. Spräckningsaggregatet (upp till 5 stycken kan anslutas till ett hydraulaggregat) består av en cylinder med ett antal kolvar som förs in i det borrarade hålet. Kolvarna trycks ut vinkelrätt mot cylinderns längsriktning - observera att kolvarnas tryck samlas i en huvudriktning, varför man i motsats till kilverktygen kan styra tryckkraftens riktning.

Kolvarna trycks inte ut med en konstant kraft, utan hydraultrycket varierar mellan 0 och max med 0,75 s intervall. Spräckeffekten blir på så sätt större än om tryckkraften varit konstant hela tiden. För att fördela kolvarnas tryck jämnare lägger man en stålskena över dem.

Spett och slägga används för att bryta loss mindre betongstycken. När sprickan vidgats tillräckligt för att föra in en gas-skärbrännarens munstycke kan blottad armering skäras av. Om så erfordras fortsätts tryckningen tills dess att alla armeringsjärn är blottlagda och avskurna. Bortforsling av betongblock görs med de transportmedel som utrymme och transportvägar, t ex hiss, tillåter.

Maskinerna kräver eluttag med trefas, 32 A.

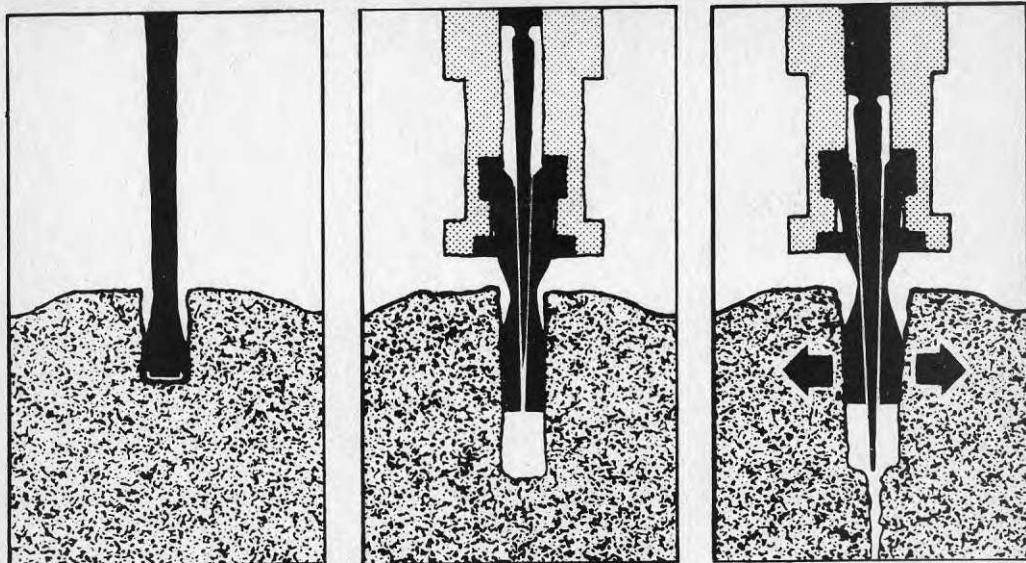
3.5.3 För- och nackdelar

+ Metoden är miljövänlig och är ett bra komplement till de övriga håltagningsmetoderna. Vid tjockare betongkonstruktioner än 0,5 m är den många gånger enda alternativet till bilning. Med rätt placering av spräckhål erhålls en förhållandevis jämn snittlinje.

- Metoden är inte färdigutvecklad. De idag tillgängliga utrustningarna tillåter inte retur av tryckkolvarna medan dessa befinner sig i hålet. Vidare behövs det bättre utrustning för att kapa av armeringsjärnen - en utrustning som kräver så smala sprickor som möjligt.



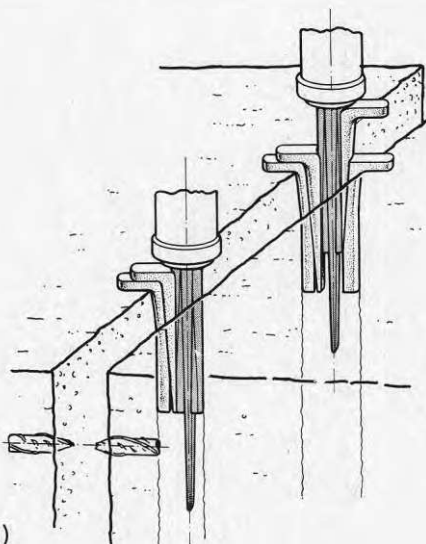
Figur 14. Spräckning med spräckkilutrustning.



a)

b)

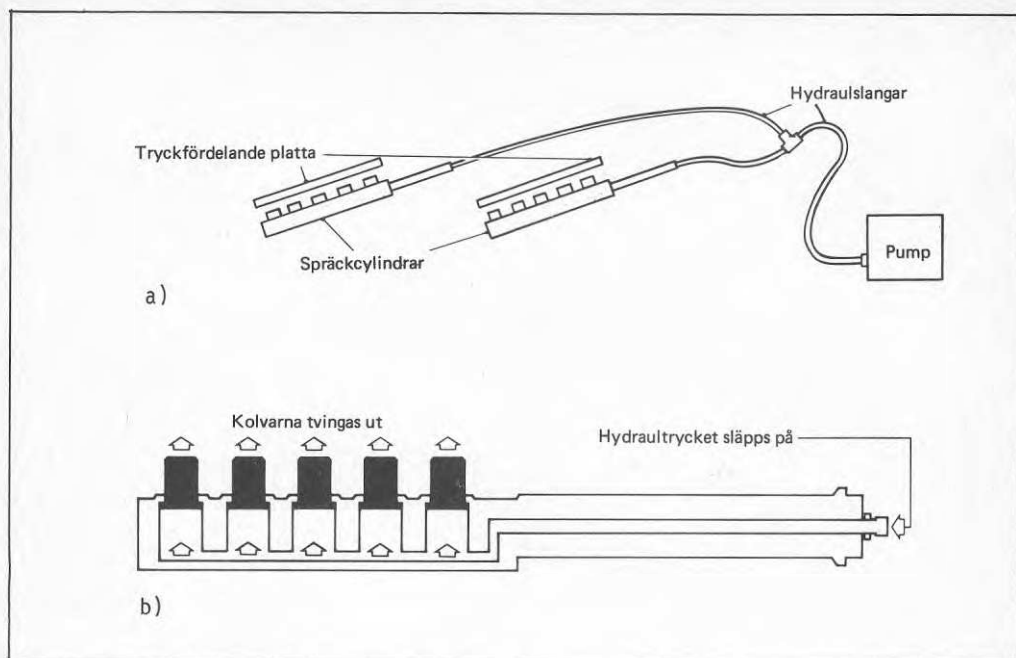
c)



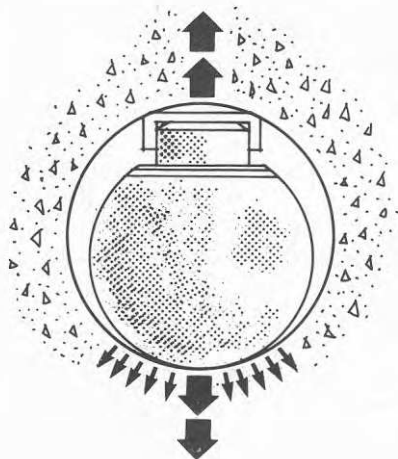
d)

Figur 15. Funktionsprincip för spräckkilutrustning.

- a) Först borras ett hål.
- b) Därefter placeras kilinsatsen i hålet och hydraultrycket släpps på.
- c) En kil i spräckningscylinderns nedre del pressas av hydraultrycket nedåt och påverkar de båda kilbackarna som pressas i sär och spräcker materialet.
- d) Sprickan vidgas med hjälp av mellanlägg.



Figur 16. Principbild för spräckkolvutrustning.
 a) Två spräckcylindrar anslutna till en hydraulpump.
 b) Genomsnitt av en spräckcylinder.



Figur 17. Principskiss av tryckkraftens fördelning vid användande av spräckkolvsystem. Genom att vrida spräckcylindern kan man i viss mån styra spräckbildningen.



Figur 18. Spräckning med spräckkolvutrustning.
a) Hålen för spräckcylindrarna tas upp med hjälp av skärborrning.



Figur 18 b) Spräckcylindrarna placeras i hålen.



Figur 18 c) En stor bit av väggen är bortspräckt.



Figur 18 d) Spräckcylinder med utpressade kolvar.



Figur 18 e) Kolvarna trycks tillbaka in i cylindern, med hjälp av en press som man här har ställt ovanpå hydraulaggregatet.

3.6 Lansning

3.6.1 Användningsområde

Lansning används i första hand i grövre konstruktioner samt för rivningsarbeten.

3.6.2 Utrustning och arbetsutförande

Lansen består av ett stålrör med inneslutna elektroder. Genom lansen strömmar syrgas som antänds vid mynningen - observera att inte bara syrgasen, utan även stålrör och elektroder brinner. Detta innebär att lansen förbrukas.

Med lansen bränner man hål, något större än lansen egen diameter (\emptyset 40 mm), utefter den önskade öppningens kontur. Metodiken är alltså densamma som vid sömborrning.

Lansen kan skarvas i ett flertal längder och även användas vid undervattensarbete.

3.6.3 För- och nackdelar

+ Metoden kan användas i trånga utrymmen och under vatten.

- Skärytan blir ojämn och betongen värmeskadas 20-50 mm utanför snittytan. På grund av den kraftiga värmeutvecklingen är brandrisken överhängande. Det alstras rök vid bränning av betong. Röken består främst av järnoxid som fälls ut som en gul beläggning på väggar i närheten. Det fordras därför omfattande skyddsåtgärder för att metoden skall kunna användas.



Figur 19. Lansning. Observera personalens omfattande, personliga skyddsutrustning.



Figur 20. Arbetsresultat vid lansning.

3.7 Skärning med vattenstråle

Detta är en metod som fortfarande är under utveckling. De utrustningar som hittills finns framtagna arbetar med alltför lågt tryck för att skärningen skall bli tillräckligt effektiv och ekonomisk.

Atlas Copco har en ny typ av utrustning, Crac 200, under utveckling. Metoden fungerar så att man med en "vattenkanon" skjuter en 30 mm bred vattenstråle ned i ett borrarat hål. Vattenstrålen har en hastighet av över 200 m/s. För att underlätta arbetet är vattenkanonen monterad på den hydrauliska bormaskin som tar upp borrhålen.

Metoden har vid hittills utförda prov visat sig klara av stenspräckning. I nuvarande utförande fordras dock att blocken är frilagda så att sprickbildningen inte hindras. Vid inspända konstruktioner (som håltagning i betong) hindras sprickbildning och den går heller inte att kontrollera.

Det är möjligt att metoden går att utveckla vidare så att den även klarar av betongkonstruktioner. Det är dock fråga om en utveckling på flera års sikt.

3.8 Sprängning, laserskärning och kemiskt expanderande medel

Detta är tre metoder som ännu bara befinner sig på experimentstadiet.

Sprängning används till största delen för demoleringsarbeten. Man använder här ofta s k intervallsprängning med en kort fördröjning (det gäller millisekunder mellan laddningarnas detonationer) för att få bästa effekt och kunna styra skeendet.

Det är möjligt att denna teknik på sikt kan utvecklas för håltagningsarbeten i grövre betongkonstruktioner. Idag återstår ännu mycket arbete i form av tekniska beräkningar och praktiska prov för att tekniken skall vara praktiskt användbar.

Prov i regi av Cement- och Betonginstitutet pågår, men det är ännu för tidigt att dra några slutsatser beträffande effektivitet, ekonomi, eventuella skador på betong, miljö, buller, damm m m.

Lasertekniken utvecklas främst inom det militära området. Den civila utvecklingen är ganska blygsam. En betydande svårighet är att få tillräcklig effekt på laserstrålen och hindra att den sprids utanför arbetsområdet.

Kemiskt expanderande medel har vid provspräckningar av Hålmeter AB visat anmärkningsvärt goda resultat. Enligt tillverkaren är medlet helt miljöanpassat. Prov och utvärdering av metoden fortsätter.

3.9 Resultat av metodgenomgång

Denna metodgenomgång visar att

Bilning pga buller- och dammproblem är oacceptabel om miljöaspekterna skall beaktas. Vid handhållna bilningsmaskiner tillkommer hård arbetsbelastning. Metoden har dålig måttnoggrannhet.

Slagborrning har samma miljöprofil som bilning. Håldiametern är begränsad. Vid armering måste hålet flyttas.

Skärborrning är bra från arbetsmiljösynpunkt. Måttnoggrannheten är god vid enkla, runda hål. Vid större öppningar kan sömborrning tillämpas.

Sågning ger god måttnoggrannhet men betongtjockleken är begränsad till 0,5 m.

Spräckning är en snabb och miljövänlig metod som främst används i tjockare konstruktioner.

Lansning har ett begränsat användningsområde pga brandrisk och miljöskäl som t ex rökutveckling.

Vattenstråle, sprängning m fl är ännu på utvecklingsstadiet och finns inte tillgängliga för praktiskt bruk än på en del år.

3.9.1 Slutsats

Som framgår av de uppräknade faktorerna är spräckning en intressant metod för vidare utveckling. Inom detta projekt har vi därför närmare granskat utrustning, arbetsmetodik m m.

Om man kombinerar spräckning och skärborrning får man en metod som är miljövänlig främst genom att borrningen kan ske utan damm, max buller är 80-90 dBA och tyngsta del att lyfta väger ca 20 kg.

Själva spräckningen sker helt ljudlöst. Vid håltagning i betongkonstruktioner fordrar omgivande konstruktioner en sådan hålsättning att styckefallet sällan överstiger 200 kg. Damm uppkommer i viss mån vid spräckning, t ex vid håltagning i vägg, då utspräckta stycken faller ned till marken.

Sammantaget bör metoden vara fördelaktig ur såväl ergonomisk som ekonomisk synvinkel.

Material	Metod					
	bilning	slagborrning	skärborrning	sågning (betong)	spräckning	lansning
natursten	●	●	●			
armerad betong	●	●	●			●
oarmerad betong	●	●	●			●
lättbetong, tegel	●	●	●			
trä			●			
trä med puts			●			
yllning			●			

Upptagning av *hål* för rör, ledningar, etc. Upp till 300–500 mm diameter eller sida.

Material	Metod					
	bilning	slagborrning	skärborrning	sågning (betong)	spräckning	lansning
natursten	●		●	●	●	
armerad betong	●		●	●	●	●
oarmerad betong	●		●	●	●	●
lättbetong, tegel	●		●	●		
trä						
trä med puts						
yllning						

Upptagning av *öppningar* för dörrar, hissar, etc. Från 300–500 mm diameter eller sida.

Figur 21. Metodsammanfattning. Vilka metoder är lämpliga att använda vid olika material?

Metod	Problem					
	buller	vibrationer	damm/rök	vatten	värme	efterlagning
bilning	▲	▲	▲			▲
slagborrning	▲	▲	▲			▲
skärborrning				▲		
sågning (betong)				▲		
spräckning						▲
lansning			▲		▲	▲

Figur 22. Sammanställning av de problem som uppkommer vid användning av olika håltagningsmetoder. Ingen metod är helt utan problem.

4 SPRÄCKNINGSUTRUSTNINGAR

4.1 Utrustningar från andra branscher

En arbetshypotes under projektarbetet var att de stora, etablerade tillverkarna av hydraulutrustningar skulle ha system som kunde anpassas för våra behov. Tyvärr visade sig detta vara fel. Inget av dessa företag hade någon hydraulisk utrustning som kunde användas i kvalificerade håltagnings-sammanhang.

Som exempel på några större tillverkare vi haft kontakt med, kan nämnas:

AB Bahco Verktyg, Eskilstuna
 Holmatra Hydraulics, Holland
 AB Nike Hydraulik, Eskilstuna
 Petrometalic, Frankrike
 Teledyne-Sprague Engineering, USA

Resultatet av marknadsundersökningen blev ironiskt nog: Enbart vissa tillverkare av håltagningsutrustning hade någon utrustning som var användbar för spräckning!

4.2 Olika spräcksystem

Efter val av metod (spräckning) undersöktes de två typer av spräcksystem som finns på marknaden:

- o Spräckkilar, t ex typ Darda
- o Spräckkolvar, t ex typ Hydrocrack

Spräckkilutrustningen är i regel av små dimensioner och har en tendens att krossa betongen innan den spricker. Möjligheten att genom mellanlägg öka spräckningsmöjligheterna är begränsad. Ett lämpligt c/c-avstånd på borrhålen verkar vara 200 mm.

Den provade spräckkolvutrustningen kräver större håldiameter, ϕ 160 mm. Spräckkraften är tillfredsställande. Mellanlägg mellan kolv och hålvägg kan vara upp till ca 60-70 mm, vilket ger en total slaglängd på ca 100 mm. Vid hårt armerade konstruktioner kan så stor slaglängd erfordras.

Generellt kan sägas att kolvutrustningarna är överlägsna kilutrustningarna när det gäller:

- håltagningsdjup
- tryckkraft
- robust konstruktion

4.3 Tillverkare av hydrauliska spräckningsutrustningar

Följande fabrikat och typer har studerats närmare under projektets gång:

Atlas Copco
 kilspräckning - typ Darda

Bendof (agent B Vilhelm Byggprodukter AB)
kilspräckning

Bieri Hydraulik (agent Bahco)
kilspräckning

Gullick Dobson

Två typer

- GD kilspräckning
- G76 kolspräckning

Hydrocrack (agent ESS-Diam Produkter AB)
kolspräckning

Hydrostress AG
kolspräckning

Torque Tension Ltd
kolspräckning

De utrustningar som funnits tillgängliga för försök har varit Darda och Hydrocrack. Övriga fabrikat har studerats genom katalogmaterial samt kontakter med respektive fabriker.

4.4 Atlas Copco, Darda spräckkilsystem

Data

Hydraulaggregat:

Finns i el-, diesel eller tryckluftsförande.

Vikt, elutförande	65 kg (max 2 anslutningar) 110 kg (max 5 anslutningar)
Vikt, dieselutförande	101 kg (max 2 anslutningar) 108 kg (max 3 anslutningar) 138 kg (max 5 anslutningar)
Vikt, tryckluftsförande	111 kg (max 5 anslutningar)
Max arbetstryck	50 MPa

Spräckcylindrar:

Finns i 9 olika typer. Data anger minsta respektive största storlekens prestanda.

Vikt	9/36 kg
Spräckkraft	85/350 ton
Kilrörelse	7,5/12 mm
Håldiameter	21-24/42-47 mm
Håldjup	215/790 mm

4.5 Bendof, spräckkilsystem (agent B Vilhelm Byggprodukter AB)

Maskinen drivs av en elmotor som i sin tur driver ett hydraulaggregat (motor och kolv). Både elmotor och hydraulaggregat är monterade i spräckaggregatet. Detta utförande innebär att man inte hindras av några hydraulslangar vid användandet.

Data

Modell	DS-85	DS-230
Vikt	16 kg	29 kg
Spräckkraft	85 ton	230 ton
Arbetstryck	35 MPa	35 MPa
Håldiameter	25-28 mm	33-36 mm
Håldjup	230 mm	430 mm

4.6 Bieri Hydraulik, spräckkilsystem (agent Bahco)

Data

Hydraulaggregat:

Finns i el-, bensin- eller tryckluftsförande.

Vikt, elutförande	24 resp 27 kg (1,4 resp 2 kW)
Vikt, bensinutförande	24 kg
Vikt, tryckluftsförande	18 kg
Max arbetstryck	70 MPa
Antal anslutningar	4

Spräckcylindrar:

Finns i 4 olika typer. Data avser minsta respektive största storlekenes prestanda.

Vikt	8/57 kg
Spräckkraft	160/450 ton
Kilrörelse	12/26 mm
Håldiameter	51/125 mm
Håldjup (max)	420/500 mm

4.7 Gullick-Dobson

4.7.1 GD spräckkilsystem

Data

Hydraulaggregat:

Arbetstryck	82 MPa
Antal anslutningar	8

Spräckcylindrar:

Vikt	39 kg
Spräckkraft	100 ton
Kilrörelse	21 mm
Håldiameter	50 mm
Håldjup	200 mm

4.7.2 G76 spräckkolvsystem

Data

Hydraulaggregat:

Antal anslutningar 8

Spräckcylindrar:

Utförande med	<u>5 kolvar</u>	<u>10 kolvar</u>
Vikt	10,9 kg	18,1 kg
Arbetstryck	82 MPa	82 MPa
Spräckkraft	39 ton	79 ton
Kolvrörelse	30 mm	30 mm
Håldiameter	76 mm	76 mm
Spräckcylinderns längd	632 mm	902 mm
därav kolvdelen	308 mm	578 mm

4.8 Hydrocrack spräckkolvsystem
(agent ESS-Diam Produkter AB)Data

Hydraulaggregat:

Arbetstryck 300 MPa
Antal anslutningar 4

Spräckcylindrar (finns i utföranden med 2, 3, 4 eller 5 kolvar):

Spräckkraft	
2 kolvar	160 ton
5 kolvar	400 ton
Kolvrörelse	60 mm
Håldiameter	160 mm
Vikt	
2 kolvar	18 kg
5 kolvar	42 kg

4.9 Hydrostress AG spräckkolvsystem

Data

Hydraulaggregat:

Pumpar (el)	2,2 kW
(bensin)	2,2 kW
Hydraultryck	200 MPa
Antal anslutningar	4

Spräckcylindrar:

Spräckkraft	280 ton
Kolvrörelse	130 mm
Håldiameter	200 mm
Vikt	43 kg

"Uttryckstid" med 4 anslutningar 110 s.

4.10 Torque Tension Ltd, spräckkolvsystem

Detta engelska fabrikat är intressant eftersom flera spräckcylindrar kan fogas ihop med varandra och placeras i samma hål. Detta är en finess som inget av de andra spräckkolvsystemen uppvisar. Dessutom är kolvarna dubbelverkande, alltså med retardation. Tyvärr fick projektgruppen reda på detta fabrikat först vid rapportens utskrift (genom kontakter på en tysk mäsas), varför inga prov har kunnat utföras.

Data

Hydraulaggregat:

Arbetsstryck	69 MPa
--------------	--------

Spräckcylindrar:

Modell	100	150
Vikt	28 kg	82 kg
Spräckkraft	98 ton	138 ton
Kolvrörelse	28 mm	37 mm
Håldiameter	100 mm	152 mm
Antal kolvar	7 st	6 st
Längd	914 mm	914 mm

4.11 Jämförelse mellan de olika spräckutrustningarna

Spräckning är idag en relativt okänd metod i Sverige. Den spräckningsmetod som funnits här längst är spräckkilsmetoden, t ex Darda.

Denna metod är ursprungligen avsedd för spräckning av berg. I betong, speciellt vid armerad betong, har den sin begränsning - dock förbättras resultatet om man sågar igenom ytarmeringen i den önskade sprickriktningen. Metoden är begränsad i djupled

till max ca 0,5 m. Klyvdistansen (även med extra kilbackar) är inte tillräcklig för att sprickan skall bli så stor att armeringsjärnen dras av, eller kan skäras av.

Vid för stora c/c-avstånd på hålen, ca 200 mm, krossas betongen innan sprickbildningen startar.

Spräckverktyget skadas lätt - kilen kröker sig om den slår i hålets botten. Detta gäller de fabrikat där kilen trycks ned mellan kilbackarna. Det finns kilspräckningsutrustningar där kilbackarna pressas isär genom att kilen dras in i cylindern. Där är givetvis risken för att kilen skall kröka sig betydligt mindre.

Den provade spräckkolvutrustningen, typ Hydrocrack, ger följande spräckkraft:

2 kolvar min 160 ton
3 kolvar min 240 ton
4 kolvar min 320 ton
5 kolvar min 400 ton

Konstruktionen är robust och kompakt. Med mellanlägg kan sprickorna vidgas till ca 100 mm. Slangarna från hydraulaggregatet till kolvpaketet är ca 10 m.

Önskvärda förbättringar av metod och utrustning behandlas i kapitel 9 Framtiden.

5 FÄLTFÖRSÖK

5.1 Metodgenomgång

För att läsaren lättare skall kunna överblicka de redovisade försöken ges här en generell redovisning av en håltagnings förlopp.

5.1.1 Åtgärder innan start av håltagning

Första momentet är att välja lämplig metod. De faktorer som är styrande vid detta val är:

- o miljöskäl
- o omgivande konstruktioner
- o transportmöjligheter vid uttransport
- o tillgång till eluttag
- o erforderliga skyddsåtgärder
- o tidsfaktorn
- o utrymme för maskiner
- o aktiviteter i närmaste omgivning eller vid uttransport

För en noggrannare genomgång av metodiken vid val av håltagningsmetod, se Bygghörsnings Informationsblad Håltagning (4).

När man tagit hänsyn till samtliga dessa faktorer kan den bästa metoden väljas, dvs den metod som motsvarar de flesta av beställarens krav - det är inte nödvändigtvis den billigare metoden. Kraven kan vara mycket svåra att följa helt och hållet. Naturligtvis är det lättare för de större håltagningsfirmorna att välja metod då de har tillgång till alla typer av utrustning samt van personal för de olika metoderna.

5.1.2 Arbetsgång vid håltagning

Om spräckning väljs är arbetsgången följande:

En ytterligare genomgång av ritningarna samt kontroll på arbetsplatsen för att undersöka håltagningens närmaste omgivning, t ex bärande konstruktioner, fristående väggar, gjutfogar, material i konstruktionen etc.

Efter genomgång av dessa frågor bestäms läge för utslagshål och hålsättning. Erforderliga skyddsåtgärder vidtas. Detta kan vara skyddsvägg mot delar i verksamhet, golvtäckning vid vägghål och rasskydd vid golvhål.

Borrningen startas och om möjligt borrar samtliga hål för hela håltagningen, även med "risk" för att man borrar några hål för mycket.

Eventuell sågning av håltagningens kontur, på en eller på båda sidor om konstruktionen - väljs sågning för att förbättra konturen på håltagningen fördyrar detta arbetsmoment givetvis själva håltagningsarbetet. Men kostnaden tas igen vid återställandet av omgivningen då efterlagningen kan minimeras.

Spräckningscyklindern placeras i avsett hål närmast utslags-hålet. Uppkommande sprickor kontrolleras noggrant så att ingen oförutsedd vek zon i konstruktionen gör att sprickor bildas i oönskad riktning. I så fall måste annat hål väljas för tryckning.

Sprickorna utvidgas så att eventuella armeringsjärn kan kapas med skärbrännare. Beroende på armeringens läge fordras en spricka på ca 20-30 mm bredd.

Slaglängden på den i projektet använda utrustningen är 60 mm. Vid utvidgning av sprickor åtgår i regel en spräckkraft av 10-100 ton.

Kolvpaketet tas ut och kolvarna trycks tillbaka i startläge i en speciell anordning, samt placeras åter i hålet tillsammans med olika mellanlägg - beroende på hur mycket sprickan utvidgats. Ny tryckning (eventuellt) med ytterligare mellanlägg tills sprickan vidgats tillräckligt för armeringsjärnen skall kunna skäras av.

Bortforsling av betongblock görs med de transportmedel som utrymme och transportvägar, t ex hiss, tillåter.

5.2 Fältprov

Inom projektet har utförts prov med spräckning i olika betongkonstruktioner.

Vid proven har använts:

- Hydrocrack kolvutrustning med 2, 3 respektive 5 kolvar
- Darda typ A

5.2.1 Förteckning över utförda prov

<u>Prov nr</u>	<u>Maskintyp</u>	<u>Typ av spräckning</u>	<u>Plats</u>	<u>Anmärkning</u>
1	Hydrocrack	Valv	Ålvsjö	
2	Darda	Valv	Ålvsjö	Utvidgning av öppning
3	Hydrocrack	Vägg, oarmerad	Tunnelgatan	
4	Hydrocrack	Stödmur	Zinkensdamm	
5 a och b	Hydrocrack	Provkroppar	Upplands Väsby	Förspänd betong

5.2.2 Förteckning över andra av projektgruppen utförda arbeten

<u>Prov nr</u>	<u>Plats</u>
6	Krångede
7	Barsebäck
8	Mariehamn
9	Skoghall

5.2.3 Kommentar

De valda typerna av konstruktioner är de mest vanligt förekommande håltagningsobjekten.

De faktorer som undersökts är t ex:

- arbetsmetodik
- behov av tryckkraft/hålstorlek
- armeringens inverkan
- hålsättning

Vidare har vi tittat på olika typer av begränsningar för håltagningsarbetet, som t ex:

- transport av betongavfall
- hjälpverktyg (utveckling, ändringar, nytillverkning)

5.3 Prov nr 1

Plats	Industrihus, Älvsjö, Stockholm.
Byggnadsdel	Valv. Över- och underkantsarmering, c/c 150 mm, ϕ 16 mm.
Håltagning, dimension	Mått 1,0 x 2,5 m. Tjocklek 0,3 m + ytbetong.
Utrustning	Pixi skärborrmaskin. Hydrocrack med kolvpaket om 2 och 3 tryckkolvar. Skärutrustning.
Antal borrarade hål	18 st.
Antal hål använda vid spräckning	12 st.
Borrhålsdiameter	160 mm.
Max tryckkraft vid spräckning	ca 150 ton.
Skyddsåtgärder	Endast avspärrning med flaggspel i våningen under.

5.3.1 Tidsåtgång

<u>Aktivitet</u>	<u>Tid (timmar)</u>
Borrning	
- etablering	1,5
- borrning (ϕ 160 mm, tjocklek 0,3 m, 16 hål)	7,0
Spräckning	
- etablering	1,5
- spräckning	3,5
- borrning inklusive etablering (2 extra hål)	1,0
- avveckling av arbetsplats	<u>1,0</u>
Total tid	<u>15,5</u>

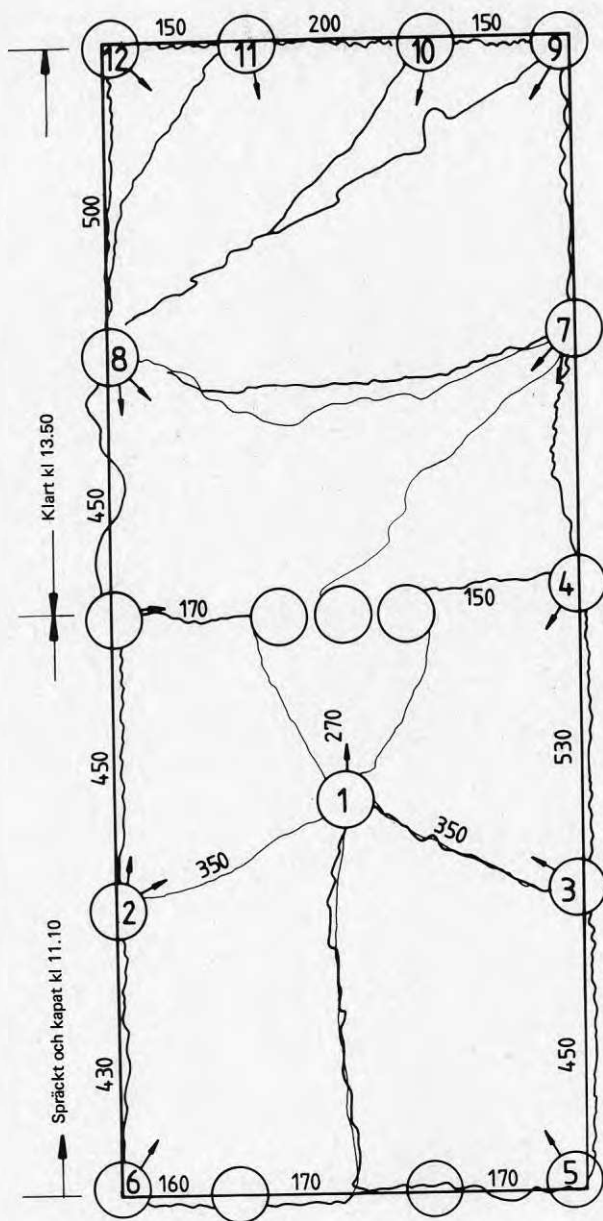
5.3.2 Tidsschema över egentliga spräckningsarbetet

För att visa arbetsgången och ge en mer exakt redovisning av de olika momentens tidsåtgång, redovisas här spräckningsförloppet kronologiskt.

<u>Klockan</u>	<u>Aktivitet</u>
09.10	Start spräckning. 2 kolvar, pumptryck 5 MPa.
09.20	Inget utslag. 0,1 m i botten orört. Omflyttning av kolvar. Utslag enligt figur 23. Utspettning av material.
09.30-10.00	Rast
10.00-10.05	Skärbränning av 2 armeringsjärn.
10.05-11.10	Spräckning, skärning, spettning. 50% av arbetet klart.
11.10-11.30	Etablering av bormaskin.
11.30-12.00	Borrning av 2 kompletterande hål.
12.00-12.25	Spräckning, skärning, spettning. Spräckningen klar fram till linjen mellan hål 7 och 8.
12.25-13.25	Lunch
13.25-13.45	Spräckning med 3-kolvcylinder.
13.45-13.50	Rensning med spett, skärning av armeringsjärn. Arbetet klart.
13.50-14.30	Avveckling av arbetsplatsen.

5.3.3 Kostnad

	<u>Pris (kr)</u>	<u>Pris/m3</u>
Borrning		
- etablering	300	
- borrning (5,75 m x 440 kr)	2.530	3.392
Spräckning		
- etablering	450	
- spräckning (3,5 timmar x 300 kr)	<u>1.050</u>	<u>1.875</u>
Totalt kr	<u>4.330</u>	<u>5.267</u>



Figur 23. Hålsättning och spräckningsförlopp vid prov 1. Siffrorna i hålen anger i vilken ordning de spräckts.

5.3.4 Kommentar

Samtliga hål utom nr 7 och 8 borrades innan spräckningen startade. Vid tryckningen användes kolvpaket med 2 respektive 3 kolvar.

Efter spräckning av halva öppningen (t o m hål nr 6) borrades hål nr 7 och 8. Detta pga att det erfordrades relativt höga tryck, ca 150 ton, vid spräckning i hål 2 och 3. Vid fortsatt spräckning blev högsta tryck ca 100 ton i hål 8. I övriga hål varierade trycket mellan 10-75 ton.

Vid inget tillfälle brast armeringsjärnen utan de måste skäras av med skärbrännare. Sprickbildningen skedde efter längsgående armering mellan konturhål, däremot följde inte sprickbildningen armeringsjärn i andra riktningar (med få undantag). Inriktningen av tryckkolvarna har stor inverkan på sprickriktningen.

Uttransport av material utfördes ej.

I detta prov har även Cement- och betonginstitutet (CBI) medverkat. Med försöket som grund av CBI gjort vissa, enklare beräkningar angående optimal placering av borrhål för spräckning. Detta material finns redovisat i CBI-rapport 8104, vilken i sin helhet finns medtagen som bilaga. I rapporten finns följande kommentar till Älvsjöförsöket:

"Vissa allmänna kommentarer kan göras angående spräcksschemat. Spräckhål 1 bör ej ligga närmare de tre starthålen än som nu var fallet. Betongstycket bortspräckt från hål 2 och 3 får vid nuvarande utförande svårt att vridas in mot fri kant, vilket innebär energiförluster vid markerade krosszoner, dvs större kraft från domkraften än nödvändigt. Spräckning i hål 10 och 11 kunde förmodligen slopas, dvs spräckning skulle kunna ske direkt i hål 12.

Utborrade prover \varnothing 150 mm gav en tryckhållfasthet (brotthållfasthet) på omkring 14 MPa".

5.4 Prov nr 2

Plats	Industrihus, Älvsjö, Stockholm.
Byggnadsdel	Valv. Över- och underkantsarmering, c/c 150 mm, ϕ 16 mm.
Håltagning, dimension	Utvidgning av prov nr 1 ca 0,2 m. Tjocklek 0,32 m.
Utrustning	Kompressor 3,5 m ³ /min 130 kr/dag Darda typ A 175 kr/dag Cylinder C5 186 kr/dag Mellanlägg 435 kr/st (ej hyra) Skärbormaskin inkl material och manskap ca 80 kr/hål
Antal borrarade hål	9 st.
Antal hål använda för spräckning	9 st.
Borrhålsdiameter	ϕ 43 mm.

5.4.1 Spräckningsförlopp

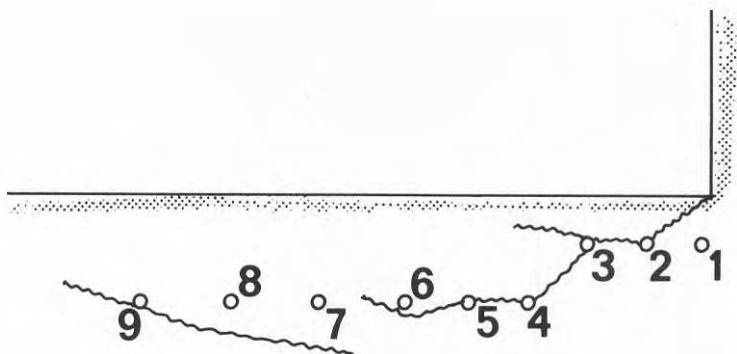
<u>Hål nr</u>	<u>Aktivitet</u>
1	Ingen tryckning.
2	Start tryckning, spricka mot hörn och mot hål 3 fortsatte 0,3 m (med 2 kilar var sprickan 3 mm).
3	Spricka mot 5 samt vidgade sprickan mot 2 till 4 mm.
4	Spricka förbi 5:an och framför 6:an.
5	Vidgade föregående spricka något till ca 3 mm.
6	Spricka mot 7:an bakom 8:an och slutade mellan 8:an och 9:an. Sprickbredd 1 mm.
11	Spricka snett bakåt. Sprickbredd 1 mm, sedan krossning av betongen.
3	Med 1 kil vidgades sprickan från hörnet till 5:an till 5 mm. Med 2 kilar vidgades samma spricka 7 mm. Med 3 kilar vidgades den 9 mm. Denna del kunde sedan skrotas ut med spett och slägga.

5.4.2 Kommentarer

Tryckcylindern lätt att handskas med. Kilen är dock lätt deformera - den kan lätt krökas. Kilinsatserna är svåra att få ner i hålet. Utrustningen är i nuvarande utförande ej lämplig för armerad betong. Den kan möjligen vara ett alternativ om tryckluftsbörning kan accepteras, då hålkostnaderna sjunker och kompressorerna kan utnyttjas bättre. Två - tre cylinderpaket bör då troligen användas för rationell drift.

Max försättning på hålen syns vara 20-25 m och med samma c/c-avstånd mellan hålen.

Ingen kostnadskalkyl kunde utföras då dagshyra utgår på maskinerna och användandet här endast var ca 2 timmar.



Figur 24. Hålsättning och spräckningsförlopp vid prov 2. Siffrorna vid hålen anger i vilken ordning de spräckts.

5.5 Prov nr 3

Plats	Tunnelgatan, Stockholm.
Byggnadsdel	Darmerad vägg.
Håltagning, dimension	Mått 2,70 x 2,40 m. Tjocklek 0,60 m. Volym 3,9 m ³ .
Utrustning	Hydrocrack.
Antal borrhål	28 st.
Antal hål använda vid spräckning	21 st.
Borrhålsdiameter	ø 160 mm.
Max tryckkraft vid spräckning	120 ton.
Skyddsåtgärder	Inga.
Uttransport	Med truck.

5.5.1 Kostnad

	<u>Pris (kr)</u>
Transport, etablering, avveckling	1.500
Borrning (28 hål, ø 160 mm à 264 kr)	7.392
Spräckning (4 timmar x 300 kr)	<u>1.200</u>
Totalt kr	<u>10.092</u>
Pris/m ³ = 2.588 kr.	

5.5.2 Spräckningsförlopp

<u>Hål nr</u>	<u>Aktivitet</u>
1	Tryck 70 ton, 3 kolvar. Spricka genom hela konstruktionen.
2	Sprickor rakt upp till nästa hål.
3	En liten spricka lodrätt uppåt. Spräckte ut fint, ca 200.
4	Stort sjok, halva djupet.
3	Fullt djup. Även 4 och 5 fullt djup.
2	Fullt djup till hål 5 och 1. Tid ca 1 timma.
6	Fullt djup till hål 5 och 2. 7 loss till hål 6 och 4.
8	Loss till hål 7 och 4. 9 fullt djup till hål 7 och 6. 10 loss till hål 9 och 2.

Hål nr	Aktivitet (forts)
11	Loss till hål 9 och 10. 12 fritt till hål 10 och 1.
15	Loss till hål 14 och 8.

5.5.3 Kommentar

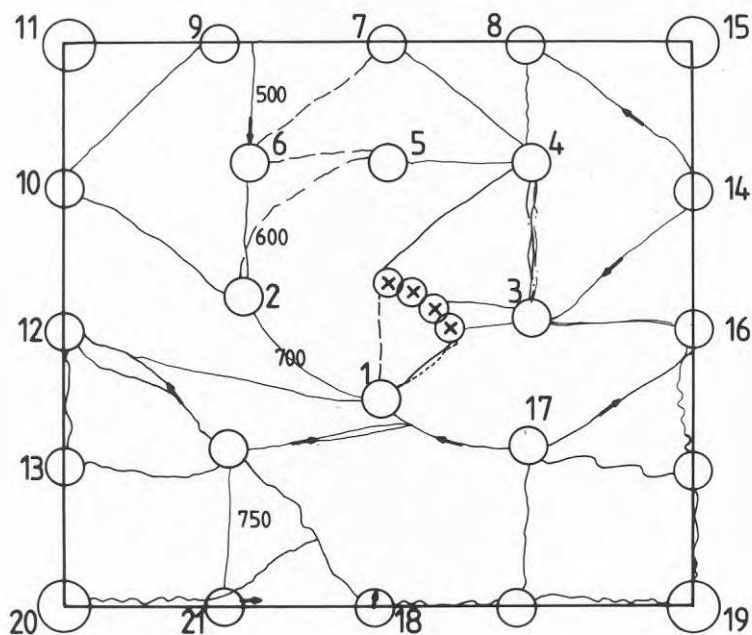
Arbetsplatsen var belägen i gatuplanet och bestod av en oarmerad vägg. Uttransport kunde ske med truck. Största betongblock var omkring 100 kg.

Vid spräckningen användes ett kolvpaket om 3 kolvar. Högsta uppmätta tryck var 120 ton i hål 2 då en klar sprickbildning uppstod mot hål 6. Därefter fortsatte en fin spricka rakt upp vid sidan om hål 9.

För att ej riskera skador i omkringliggande betong avbröts tryckningen och kolvarna flyttades till hål 3. Två placeringar erfordrades i hålen 3, 4 och 5 för att uppnå fullt utslag. Därefter trycktes hål nr 2 varefter öppningen helt igenom var klar mellan hålen 1-2-5-4-3-utslagshål-1.

Håltagningen ovan hålen 13-1-17-6-blindhål (ca 4,5 m²) var helt utspräckt efter 2,5 timmar.

Efter utlastning fortsatte spräckningen av undre delen. Total tid för spräckning exklusive utlastning ca 4 timmar.



Figur 25. Hålsättning och spräckningsförlopp vid prov 3. Siffrorna vid hålen anger i vilken ordning de spräckts. Hål med kryss markerar utslagshål.

5.6 Prov nr 4

Plats	Tunnel, Zinkensdamm, Stockholm.
Byggnadsdel	Stödmur, inspänd i över- och underkant.
Håltagning, dimension	Mått 3,5 x 2,0 x 0,40 m (del av spräckning). Volym 2,8 m ³ .
Utrustning	Hydrocrack.
Antal borrade hål	13 st.
Antal hål använda vid spräckning	11 st.
Borrhålsdiameter	ø 160 mm.
Max tryckkraft vid spräckning	220 ton.
Skyddsåtgärder	Inga.
Uttransport	Truck.

5.6.1 Kostnader

	<u>Pris (kr)</u>
Borrning (13 hål x 176 kr)	2.288
Etablering och avveckling	500
Spräckning (12 timmar x 300 kr) *	3.600
Etablering och avveckling	<u>500</u>
Totalt kr	<u>6.888</u>

* Därav ca 7 timmar för skärning av armeringsjärn och utbrytning av block.

Pris per m³ = 2.460 kr.

5.6.2 Kommentar

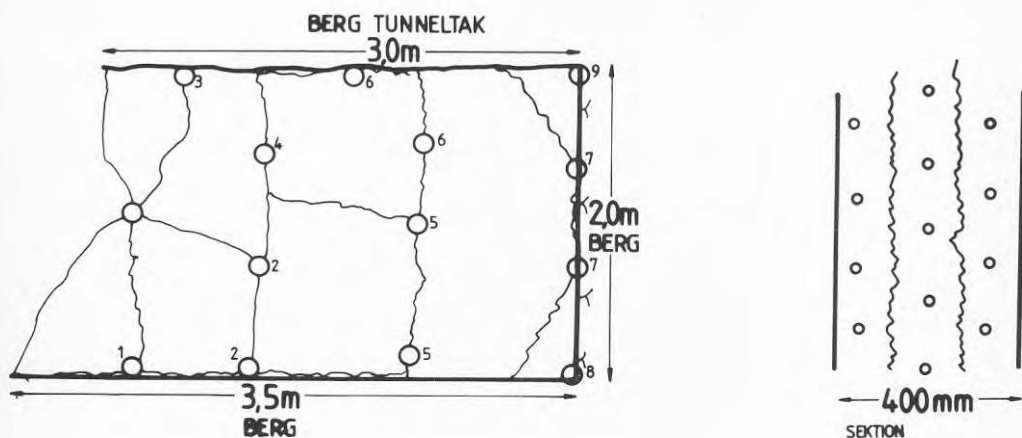
Provplatsen var belägen i en tunnel där en vägg till ett skyddsrum skulle tas bort. Konstruktionen var inspänd i tunnelns golv och tak samt hårt armerad.

Uttransport utfördes med truck. Största betongblock för uttransport var ca 75 kg.

Vid spräckningen användes kolvpaket om 2 respektive 3 kolvar. Högsta uppmätta tryck var 220 ton - i hål nr 2. Vid insättning av ytterligare en kolv i närliggande hål uppstod sprickbildning vid 120 ton.

I regel uppstod inte sprickbildning rakt igenom konstruktionen. Sprickbildningen började i en yta varefter sprickor (krossning) uppstod i betongen mellan de tre armeringsskikten. Således uppstod ofta tre skivor av betong med armering i centrum av varje skiva. Skivorna kunde i flera fall krossas med slägga och brytas loss med spett. Därefter skars armeringen av.

Ett system med två kolvpaket som används växelvis i samma hål är den snabbaste metoden. Detta eftersom kolvpaketet måste tas ur hålet och kolvarna tryckas in igen innan ytterligare utvidgning av sprickorna kan ske. Arbetsgången blir då att ett kolvpaket placeras i hålet och spräckning startas samtidigt som det andra kolvpaketet får sina kolvar returtryckta. Därefter sker växling av kolvpaketet.



Figur 26. Hålsättning och spräckningsförlopp vid prov 4. Siffrorna vid hålen anger i vilken ordning de spräckts. I sektionen visas armeringens läge i konstruktionen. Vidare visas hur sprickbildningen vid spräckning tenderar att dela upp väggen i tre "skivor".

5.7 Prov nr 5 a

Plats	Skånska Cementgjuteriets förråd, Upplands Väsby.
Byggnadsdel	Provkroppar.
Håltagning, dimension	Mått 6 x 3 m. Tjocklek 1,5 m.
Utrustning	Hydrocrack.
Antal borrarade hål	12 st.
Antal hål använda vid spräckning	6 st.
Borrhålsdiameter	160 mm.
Max tryckkraft vid spräckning	160 ton.
Skyddsåtgärder	Inga.
Borttransport	Lyftkran och lastbil.
Provet utföres i samarbete med	Studsviks Energiteknik Internordisk Spännarmering Skånska Cementgjuteriet Hålmetoder AB

5.7.1 Kommentarer

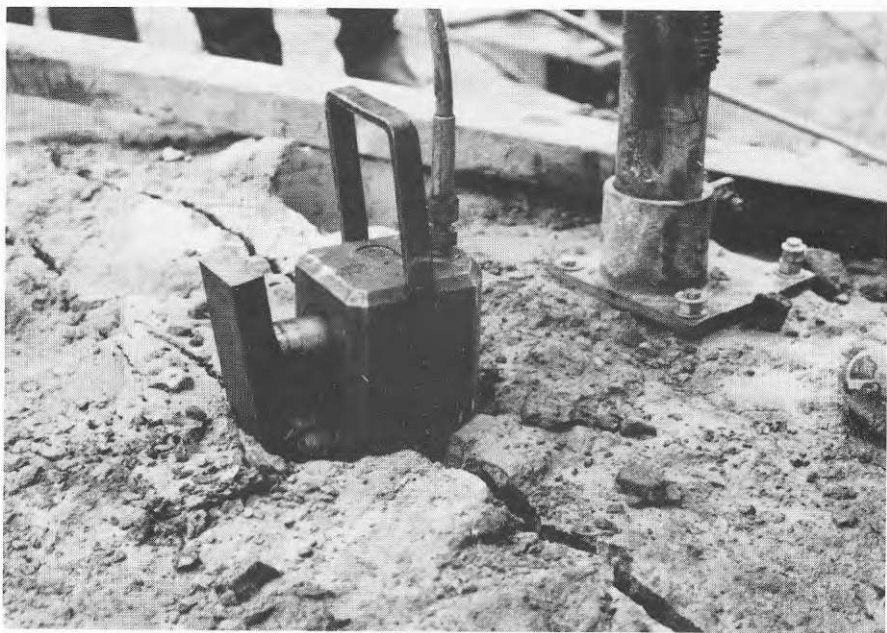
Provet ingick i ett annat projekt. Vår del bestod i att undersöka spräckning av förspända konstruktioner samt borrning genom förspänd kabel. Utformningen av provblocken samt armering se figur 28.

Vid spräckningen användes 2 kolvpaket om 5 kolvar (kolvpaketen användes ett i taget). Högsta uppmätta tryck vara 160 ton i hål nr 4. I övriga hål var högsta trycket mellan 112-140 ton.

Sprickbildningen framgår av figur 28. Sprickorna har i regel följt tvärarmeringen och utan undantag gått, närmast vertikalt, genom hela konstruktionen.

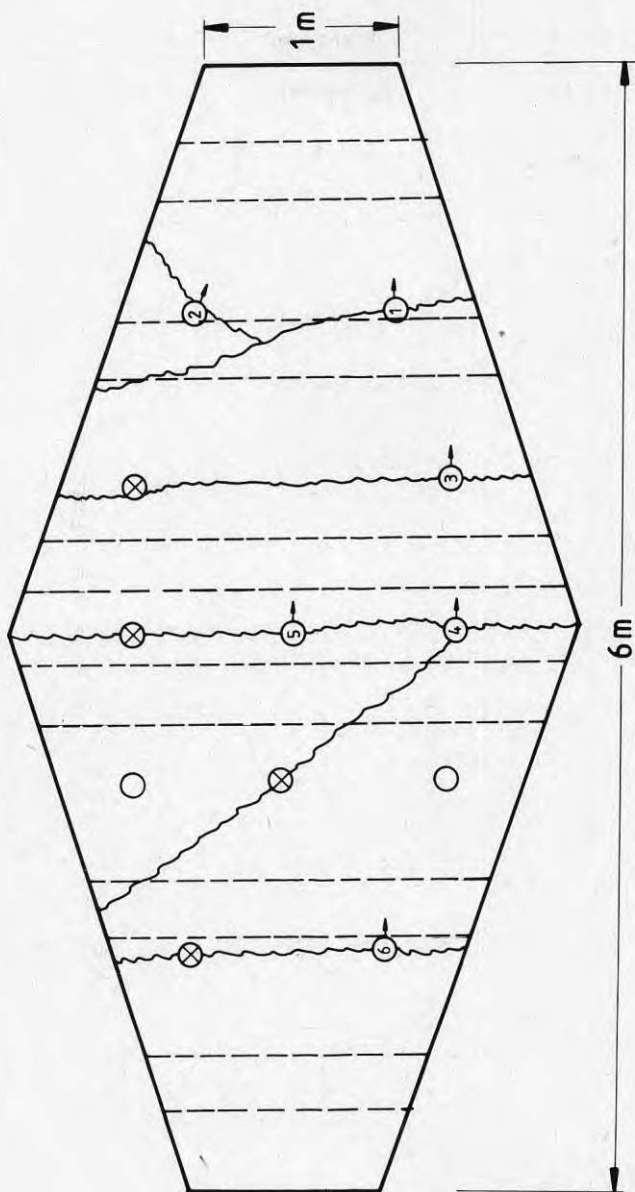


a)



b)

Figur 27. Spräckning i provkropp, prov 5a.
a) Provkroppen betraktad uppifrån.
b) Spräckning med mellanlägg.



Figur 28. Hålsättning och spräckningsförlopp vid prov 5a. Siffror i hål anger spräckningsförloppet. Hål med kryss markerar tryckning för att utvidga sprickor så att armeringen skall kunna skäras av. Streckade linjer markerar riktningen av provblockets huvudarmering.

5.8 Prov nr 5 b

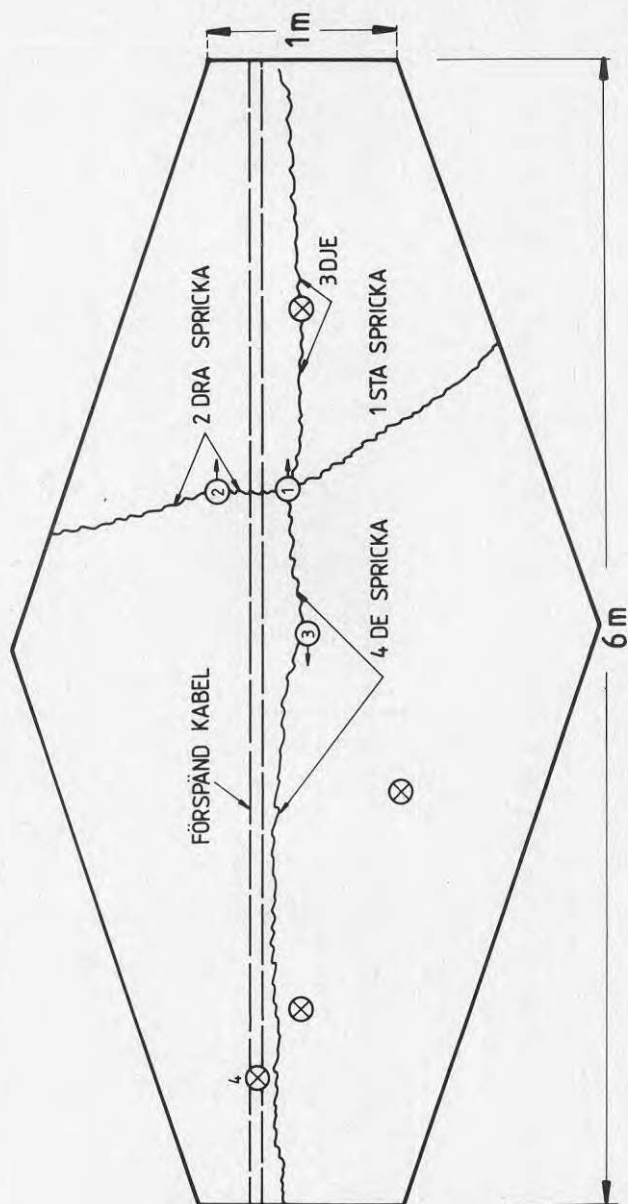
Plats	Skånska Cementgjuteriets förråd, Upplands Väsby.
Byggnadsdel	Provkroppar.
Håltagning, dimension	Mått 6 x 3 m. Tjocklek 0,75 m.
Utrustning	Hydrocrack.
Antal borrarade hål	7 st.
Antal hål använda vid spräckning	4 st.
Borrhålsdiameter	160 mm.
Max tryckkraft vid spräckning	180 ton.
Skyddsåtgärder	Inga.
Borttransport	Lyftkran och lastbil.

5.8.1 Kommentar

Provet ingick i samma projekt som prov 5 a. Provblockets armering, se figur 29. Blockets höjd var 0,75 m.

Vid spräckningen användes 2 kolvpaket om 5 kolvar - dock endast ett kolvpaket i taget. Högsta uppmätta tryck var 180 ton i hål nr 3. I övrigt framgår sprickbildningen av figur 29.

Ett klart faktum är att det förspända vajerpaketet (19 vajrar, \emptyset 13 mm, förspända till 260 ton) har styrt sprickbildningen. Vidare konstaterades att borrning genom förspänd kabel ej medförde några problem.



Figur 29. Hålsättning och spräckningsförlopp vid prov 5b. Siffrorna i hålen anger spräckningens förlopp. Hål med kryss anger tryckning för ytterligare uppdelning.

5.9 Exempel på andra, av projektgruppen genomförda arbeten

5.9.1 Prov nr 6

Plats Kraftstation, Krångede kraftverk.

Byggnadsdel Turbinsnäcka av armerad betong.

Håltagning, dimension ca 75 m³ (demolering).

Borrhålsdiameter \varnothing 160 mm

5.9.2 Prov nr 7

Plats Barsebäcks atomkraftverk.

Byggnadsdel Öppningar i hårt armerade väggkonstruktioner.

Håltagning, dimension Mått 2,5 x 2,5 m. Tjocklek 1,2 m.

Utförande Kombinerad kontursågning från båda sidor med snittdjup ca 300 mm. Borrning c/c 500 mm i kontursnittet. Utslagshål i samma utsträckning och mönster som i prov nr 1.

Kommentar Jäma kontursnitt i första hand genom sågsnitten men även mellanliggande betongyta var jämn. Genom kapningen av armeringsjärnen

5.9.3 Prov nr 8

Plats Bankhus, Mariehamn, Åland.

Byggnadsdel Ombyggnad av hårda tegelväggar.

Håltagning Demolering av väggar och håltagning med tjocklek 0,6 m.

Hålsättning c/c ca 2 m.

Kommentar De första håltagningsförsöken gjordes med bilning. Detta fungerade dåligt då teglet var glashårt och närliggande lokaler med pågående verksamhet stördes. Spräckning visade sig då vara ett lönsamt alternativ.

5.9.4 Prov nr 9

Plats	Skoghallsverken, Skoghall.
Byggnadsdel	Betongfundament i fabrik.
Håltagning	Demolering av armerat fundament i fabrik där verksamhet pågår kontinuerligt. Särskilda hänsyn måste därför tas så att inte övrig verksamhet påverkas.
Hålsättning	c/c ca 1 m.
Kommentar	Provspräckning för att undersöka sprickbildning. I fundamentets ena sida har gjorts ett sågsnitt för att styra sprickbildningen (se figur 30).



a)



b)

Figur 30. Spräckning av fundament, prov 9.

- a) För att styra spräckbildningen har ett spår sågats upp i fundamentets ena sida.
- b) Fundamentets motstående sida. Spräckbildningen har här utvecklats fritt mellan borrhålen.

6 UTVÄRDERING AV FÄLTFÖRSÖK

6.1 Armeringens inverkan

Armeringens största inverkan på spräckningsförloppet är att den sällan knäcks vid spräckningen. Detta medför att uppkomna sprickor måste vidgas så mycket att en gasskärbrännare kan föras in för att kapa järnen. Vid dubbelarmering erfordras ofta en spricköppning av 100 mm för att man skall nå fram till armeringen med brännarmunstycket. Vid grova konstruktioner och med hög betonghållfasthet förekommer dock att armeringen brister vid spräckningen.

Vid spräckning är kolvarnas tryckriktning mera avgörande för spickornas riktning än armeringens läge. Man kan dock konstatera att betongen ofta spricker osymmetriskt och då troligen följer veka zoner i konstruktionen. Av den anledningen är det viktigt att konturhålen ej är placerade med för stort c/c-avstånd utan att hålen utgör sprickanvisning.

Vid användning av Hydrocrack har armeringen mindre inverkan om den ligger väl förankrad i betongen.

Vid användning av Darda har armeringen stor inverkan. Då vi fann Dardan mindre lämplig för spräckning av armerade konstruktioner har inga ytterligare prov (utöver prov 2) utförts med denna utrustning.

6.1.1 Olika armeringsutföranden

Armeringen har en klar inverkan då den ligger mindre än 30 mm från ytan, dvs ytarmering. Vid dessa tillfällen spricker betongen eller krossas i ytan mot närmaste armeringsjärn.

Vid prov med förspänd kabel uppstod sprickbildning parallellt med spännkabeln. Samma sprickmönster bör därför uppkomma även vid hårt armerade konstruktioner med endast en huvudarmeringsriktning.

Sprickbildning sker naturligtvis i närheten av armering då valv är dubbelarmerade, men det verkar ofta som sprickor uppkommer även mellan armeringslagren.

Vid korsande armering är den först initierade sprickan i betongen styrande. Genom att styra kolvens tryckriktning och välja lämpligt c/c-avstånd för hål (därför fler hål än som erfordras för tryckning) kan man styra sprickbildningen.

6.1.2 Konturlinje

I betongväggar är armeringen alltid monterad vågrätt eller lodrätt. I golv ligger armeringen i regel parallellt med rummets väggar - vilket öppningarna också vanligtvis gör.

Av den anledningen orsakar armeringen sällan några problem beträffande öppningens konturlinje. Betongen spricker lika ofta i anslutning till armeringsjärnen som mellan dem. Öppningarna blir

därför till övervägande del parallella med armeringen.

6.2 Utslagshål

Läge för utslagshål bestäms av öppningens form och hänsyn till omgivande konstruktioner.

Om inga hänsyn till omgivande konstruktioner erfordras placeras utslagshålen i centrum och man arbetar sig utåt mot öppningens kanter. I vissa fall är dock utslagshål i ett hörn av öppningen att föredrag, speciellt vid smala öppningar.

Man bör sträva efter att trycka från det håll där den omgivande konstruktionen är stabilast, då högre tryck kan tillåtas utan att omgivningen skadas.

Exemplen i figur 31 visar några olika mönster för utslagshål som kan användas. Vilket mönster som skall användas kan bara avgöras på platsen - då man känner till alla lokala förhållanden.

6.3 Åtgärder för begränsning av håltagningsytan

Det har visat sig att det vid rätt hålsättning, speciellt av konturhål, blir små avvikelser från konturlinjen.

Vid hörn kan man genom att rikta kolvpaketet påverka sprickbildningen så att snittytan i regel blir relativt jämn. Konturhålen bör placeras med så litet c/c-avstånd att de kan användas som sprickanvisning.

För förbättring av resultatet kan sågning av konturerna tillgripas. Detta har ytterligare en pluseffekt. Då konstruktionen ofta är ytarmerad underlättar en genomsågning själva spräckningsarbetet.

Som exempel på det sistnämnda kan nämnas en håltagning i ett atomkraftverk som projektgruppen studerat. En öppning 2,5 x 2,5 m skulle tas upp i en 1,2 m tjock, hårt armerad betongvägg. Kontursågning (sågdjup 0,3 m) utfördes från båda sidor. Borrhål placeras med c/c 0,6 m.

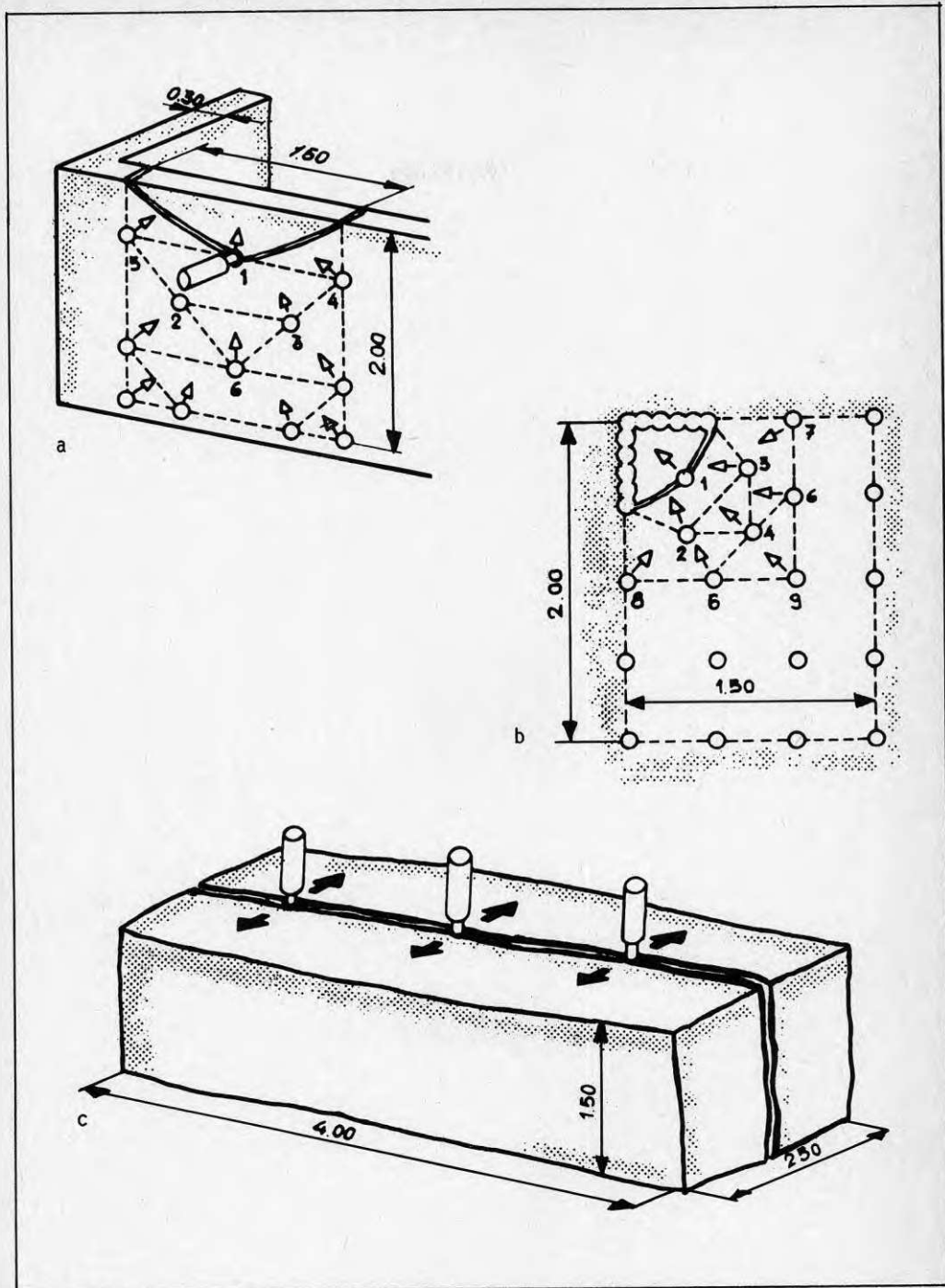
Den efterföljande spräckningen gav ett mycket tillfredsställande resultat. Ingen sprickbildning eller några krosszoner i omgivande betong kunde noteras.

6.4 c/c-avstånd för borrhål

Stora c/c-avstånd ger naturligtvis stora styckefall. Vid många tillfällen kan det ge problem med uttransporten.

Små c/c-avstånd ger jämnare hålöppning och mindre styckefall.

Omgivande (mothållande) konstruktioner tål ej alltid stora hål-avstånd och därmed uppkommande höga tryck. Den provade utrustningen har en max-tryckkraft av 400 ton, men det normala vid spräckning är att använda upp till ca 200 ton tryck. - Maxtrycket kan sällan användas eftersom man inte vet mothållande



Figur 31. Olika mönster av utslagshål.

- a) Fritt utslag.
- b) Utslag mot hörn.
- c) Fundament.

konstruktioners styrka. Säkerheten måste vara stor.

Konturhål skall placeras så att en jämn kant uppstår - i regel c/c 0,5 m.

6.5 Betongkvalitetens inverkan

Utförda prov visar att betongkvaliteten har ringa inverkan på spräckresultatet.

Vid spräckning av konturhål med samma c/c-avstånd ger dock god kvalitet på betongen bättre noggrannhet på öppningen. Orsaken är att konturhålen är den klart svagaste linjen. Vid sämre kvalitet på betongen kan svaghetszoner uppstå mera oregelbundet.

God kvalitet på betongen erfordrar högre spräckningstryck. Med provad utrustning uppkom inga problem i god betong. Däremot var tendensen till krossning av betongen, innan sprickbildning uppstått, betydligt större vid dålig betongkvalitet. Speciellt uppstod detta vid spräckning med spräckkilar med små diametrar.

Enbart vid grova konstruktioner och god betongkvalitet uppstår brott på armeringsjärn vid spräckning.

6.6 Samband mellan diameter på uppborrat hål och spräckkraft

All borrning för spräckning utförs vanligen (av tekniska skäl - men även av buller och andra miljöskäl) med skärborrnig. Detta innebär att borringen utgör den största kostnaden. Totalkostnaden för de mindre spräckutrustningarna (ca 50 mm håldiameter) är omkring dubbelt så stor som för de större spräckutrustningarna (ca 160 mm håldiameter). Detta beror på att de mindre utrustningarna kräver ett betydligt större antal hål än de större utrustningarna.

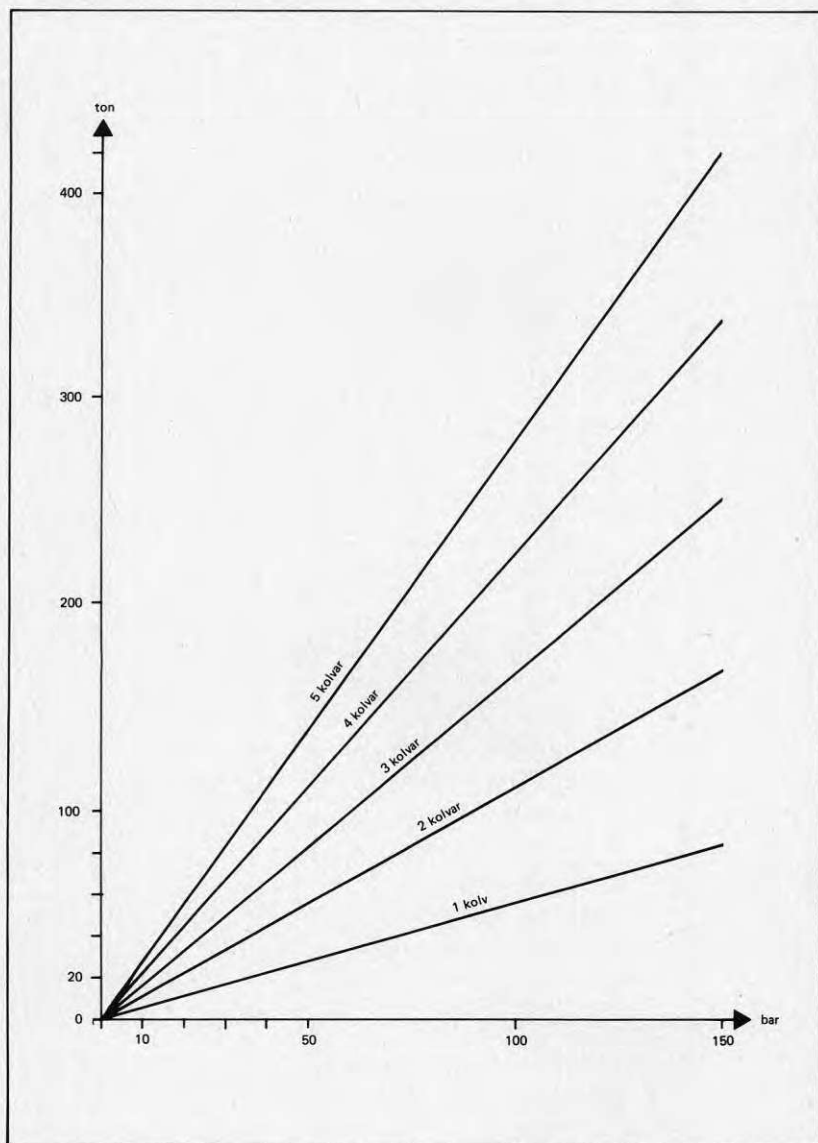
Erfarenheten visar dessutom att vid små håldiametrar uppkommer ofta krossning av betongen före den önskade sprickbildningen. Med tanke på att den provade utrustningen (håldiameter 160 mm) ofta inte utnyttjade hela den tillgängliga tryckkraften kan ett något mindre spräckningspaket anses vara tillräckligt.

Borrningskostnaden per meter skiljer sig försumbart mellan t ex \varnothing 100 mm och \varnothing 160 mm. Den eventuella överkapaciteten i tryckresurser (med kolvar som erfordrar \varnothing 160 mm hål) är därför idag befoget ur såväl teknisk som ekonomisk synvinkel.

Maxtrycket vid kolvspräckningssystemet (400 ton) uppnås sällan. Det beror på följande:

- o Kolvpaket med 5 kolvar försöker man undvika pga vikten. Detta gäller speciellt vid håltagning i vägg.
- o Max arbetstryck vill man naturligtvis undvika. 10-12,5 MPa är att föredra.

- o Med detta arbetstryck och kolvpaket med 2-3 kolvar blir den totala tryckkraften 150-200 ton (se figur 32).
- o Denna tryckkraft är lämplig med hänsyn till omgivande konstruktioner och ger ett fördelaktigt samband mellan styckefall och begränsning av håltagningens yta.



Figur 32. Diagram som visar förhållandet mellan antalet kolvar och max tryckkraft.

Håltagningsarbetet har under långa tider utförts på ett sätt som inneburit stora påfrestningar på de inblandade personerna. Männskan har fått tjänstgöra som stativ för maskinerna och tvingats ta emot buller, avgaser, damm m m.

Arbete pågår för att försöka utveckla metoder som bilning och slagborrning till former som är mindre ansträngande både för arbetaren och för hans omgivning. Men metoderna är, och kommer att förbli, problem trots alla försök till förändringar. Man lyckas ta bort vissa problem men får i stället andra. Om man vid bilning monterar utrustningen på en bärvagn undgår den som betjänar maskinen att utsättas för vibrationer men man får i stället problem med maskinens storlek.

Vi inom projektgruppen anser därför det vara bäst att i stället ytterligare förbättra de miljövänliga metoder vi idag har tillgång till, t ex skärborrning och spräckning. Genom att göra dessa metoder bättre och billigare kan vi förhoppningsvis minska användningen av de arbetsmiljömässigt dåliga metoder, som lever kvar pga sina låga kostnader.

Att förbättra goda metoder så att de blir ur alla synvinklar överlägsna anser vi vara den bästa form av arbetarskydd som man idag kan bedriva inom detta område!

<u>Belastningsfaktorer</u>	<u>Graderingsskala</u>
01 Arbetsbelastning (pulsfrekvens)	1 2 3 4 5
02 Belastning på övre extremiteter (hand och handled, armbågs- och axelled)	1 2 3 4 5
03 Belastning på rygg	1 2 3 4 5
04 Belastning på undre extremiteter (fot och fotled, knä- och höftled)	1 2 3 4 5
28 Damm från stenmaterial (betong)	1 2 3 4 5
40 Buller	1 2 3 4 5
41 Vibrationer och skakningar	1 2 3 4 5
45 Väta på grund av arbetsprocessen	1 2 3 4 5
60 Nedstörtning	1 2 3 4 5
61 Snubbling och halkning	1 2 3 4 5
62 Fallande föremål	1 2 3 4 5
63 Klämning	1 2 3 4 5
64 Trampning på, stöt av eller mot föremål	1 2 3 4 5
67 Splitter och stänk	1 2 3 4 5
Kommentar	
05 Statisk muskelbelastning (02, 03, 04)	
31 Allergiframkallande ämnen (krom i cement och gummilist i andningskydd)	

Figur 33. Bygghälsans miljöprofil för arbete med el- och tryckluftsdrivna bilnings- och borrmaskiner. Miljöprofilen redovisar belastningen vid bilning i golv och vägg samt borrning i golv, vägg och tak.

8 PRISJÄMFÖRELSE

8.1 Bilning

8.1.1 Handhållet luftspett

Maskinkostnad	50-70 kr/h (exkl manskap).
Volymkostnad	2.000-5.000 kr/m ³ .
Anskaffnings- kostnad	Utrustning kan hyras.

8.1.2 Hydraulhammare

Maskinkostnad	300 kr/h (exkl manskap och slitage).
Volymkostnad	1.000-3.000 kr/m ³ .
Anskaffnings- kostnad	400.000 kr inkl bärvagn.

8.2 Skärborrning

Maskinkostnad	120 kr/h (komplett utrustning inkl 1 man, men exkl slitage).
Håltagnings- kostnad	ϕ 110 mm = 400 kr/hålmeter ϕ 125 mm = 410 kr/hålmeter ϕ 160 mm = 440 kr/hålmeter ϕ 200 mm = 500 kr/hålmeter ϕ 300 mm = 900 kr/hålmeter
Anskaffnings- kostnad	25-40.000 kr (komplett utrustning).

Håldiameter vid
sömborrning 110-125 mm.

Antal hål/löpmeter ϕ 110 mm = 10 hål
 ϕ 125 mm = 8-9 hål

8.3 Sågning

Maskinkostnad	120 kr/h (komplett utrustning inkl 1 man, men exkl slitage).
Håltagnings- kostnad	Valvsågning = 5-10 kr/cm och löpmeter Väggsågning = 15-20 kr/cm och löpmeter Oarmerad betong -20%
Anskaffnings- kostnad	60.000-100.000 kr.

8.4 Spräckning

Maskinkostnad	100 kr/h (komplett spräckutrustning).
Håltagningskostnad	2.000-4.000 kr/m ³ (både borrhning och spräckning).
Anskaffningskostnad	300.000 kr (komplett utrustning, både borrh- och spräckutrustning).

8.5 Lansning

Håltagningskostnad	4.000 kr/m ³ .
--------------------	---------------------------

Lansning bör utföras av specialfirmor pga skyddsaspekten.

8.6 Sprängning

Kostnader för sprängning finns inte framtagna ännu. CBI håller på och bearbetar diverse försöksresultat, varför kostnadsberäkningar kan väntas senare under 1981.

8.7 Sammanfattning av prisjämförelse

8.7.1 Ekonomisk rangordning

Ur strikt ekonomisk synvinkel kan metoderna graderas i följande ordning (billigaste metoden först):

- 1 Bilning med hydraulhammare är vid större arbeten - utan speciella miljökrav - den billigaste metoden.
- 2 Handbilning - som trots sin dåliga anpassning till miljökrav fortfarande används i stor utsträckning. Här bör anslutning till utsug anordnas, samt om möjligt anordningar som minskar såväl skador från vibrationer som tunga lyft.
- 3 Sågning, max tjocklek 500 mm, är därefter den billigaste metoden. Kostnader per m³ beror mycket på hur stora block som kan fraktas ut.
- 4 Spräckning. Oberoende av betongtjocklek - dock speciellt vid tjocklekar över 500 mm - är det en lämplig metod.
- 5 Lansning är av miljöskäl inte använd i någon större utsträckning. Den har dock fördelen av att samtidigt skära av såväl balkar som armering. Detta kan vid t ex brodemolering vara av betydelse.

8.7.2 Kommentar

Håltagningskostnaden kan kalkyleras på många sätt

- vid små hål, dim x håldjup
- vid större öppningar, per m² eller m³

Eftersom denna rapport gäller större öppningar och grova konstruktioner med stor tjocklek är m³ det mest relevanta måttet.

Vid bedömning av kostnaderna måste följande aspekter vägas in

- miljökrav
- uttransport av material
- möjlighet att använda större maskiner, t ex bärvagn för hydraulhammare

Samtliga dessa aspekter är ofta mer styrande än den rena kostnadsjämförelsen mellan metoderna.

Vid stora arbeten kan dammsugning genom punktutsug eller ventilation vara en viktig ekonomisk faktor.

Vid enstaka hål, och där miljökraven är svåra att åtgärda, är spräckning den metod som bäst klarar grova konstruktioner. Ett alternativ är sömborrning, men det är ofta betydligt dyrare.

9 FRAMTIDEN

9.1 Utveckling av utrustning

9.1.1 Spräckning

För rationalisering av metoden erfordras i första hand en anordning för automatisk retur av tryckkolvarna. Arbetsförloppet är idag följande:

- tryckcylindern tas ur hålet efter tryckningen
- tryckcylindern placeras i en hållare för intryckning av cylindrarna
- tryckcylindern placeras åter i hålet
- mellanläggsbrickor läggs in
- ny tryckning

Arbetet med att plocka ner kolvarna och trycka tillbaka dem är idag omständligt. En önskvärd arbetsgång är:

- o retur av cylindrarna i hålet
- o placering av nytt mellanlägg
- o ny tryckning

Fördelarna med detta är tidsbesparing och att lyft av cylindrarna, speciellt vid spräckning av vägg, minimeras.

Ett sätt att underlätta arbetet kan vara att hänga spräckaggregat och annat i s k balansblock. Dessa används idag t ex inom bilindustrin (se figur 34). Blocken bultas fast i taket och "tar hand" om det tunga lyftarbetet.

9.1.2 Kapning av armeringsjärn

Utbudet av hydraulsaxar på marknaden har undersökts, för att föröka finna någon som är användbar i detta sammanhang. Alla undersökta verktyg är för breda och om de skall kunna klippa av armeringsjärn \varnothing 20 mm är de dessutom otympliga.

En för detta användningsområde idealisk hydraulsax bör vara öppen som en vanlig sax. De flesta klippverktyg som finns idag är dock tillverkade som en krok. Dessutom är de för stora för att komma ned i sprickor.

En förlängd variant av saxar enligt denna typ (Bahco bultsax eller räddningssax) ger möjlighet att nå armeringsjärn i en spricka som är 30-50 mm bred och max 0,5 m djup.

Att slå av armeringsjärn med någon form av lång mejsel fungerar inte heller. Antingen halkar verktyget av eller också sviktar järnet.



Figur 34. Balansblock monterat i taket. Arbetsredskapet eller utrustningen - i detta fallet en bildörr - blir "viktlöst" och lätt att hantera om det hänger i balansblocket.

9.1.3 Lossbrytning av betongblock

Någon form av hydraulspett, t ex rensspett, skulle vara önskvärt.

9.2 Hantering av styckefall

På detta område finns det mycket att göra. Arbetet är tungt och dammigt och styckefallet måste vara av relativt liten dimension.

De metoder som används idag är mycket primitiva och består i att bära bort avfallet eller forsla det på en skottkärra till någon avfallsstört. Ett lovande hjälpmedel finns dock under utprovning, lyftkärran Motor-Pirra. Med hjälp av en elmotor lyfter den sig själv upp för eller ned för trappor (se figur 35). Vid vissa större arbeten kan lastmaskin användas.

9.2.1 Utvecklingslinjer

I regel är en öppning ca $2 \times 2 \times 0,5 \text{ m} = 2 \text{ m}^3$. För så små mängder lönar det sig inte att arrangera några speciella anordningar. Vid större håltagningar eller demolering arrangeras oftast speciella utfarter eller bygghissar.

En lätthanterlig krossanordning i kombination med något tätare hålsättning och en suganordning skulle vara en lyckad lösning och möjliggöra att det mesta av den spräckta betongen kunde sugas ut, direkt i containern.

Idag finns det några metoder för bortventilering av damm som skulle kunna utvecklas vidare enligt dessa principer. I "Arbetsmiljön vid ombyggnad - undersökning av planerings- och projekteringsrutiner" (6) finns en sådan beskriven: "Den består av en dammsugare med filter som placeras utanför byggnaden. Med hjälp av den kan man suga ut dammet under själva rivningsskedet och sedan suga arbetsplatsen ren med ett särskilt dammsugningsmunstycke. Kapaciteten är så hög att anordningen kan användas för uttransport av finare rivningsmaterial och bjälklagsfyllning".

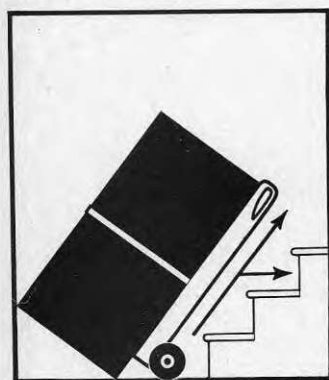
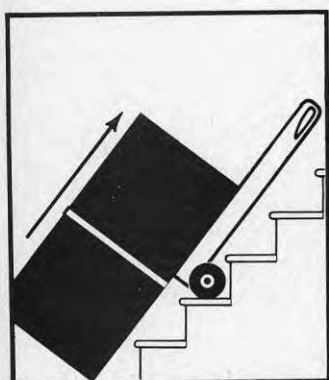
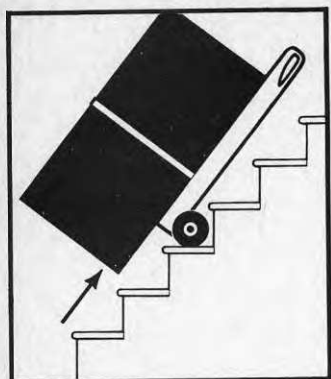
9.3 Hur skall en idealutrustning se ut?

Med utgångspunkt från att håltagningen skall vara miljövänlig och att betongkonstruktionen är tjockare än 0,3-0,5 m bör en komplett håltagningsutrustning se ut på följande sätt:

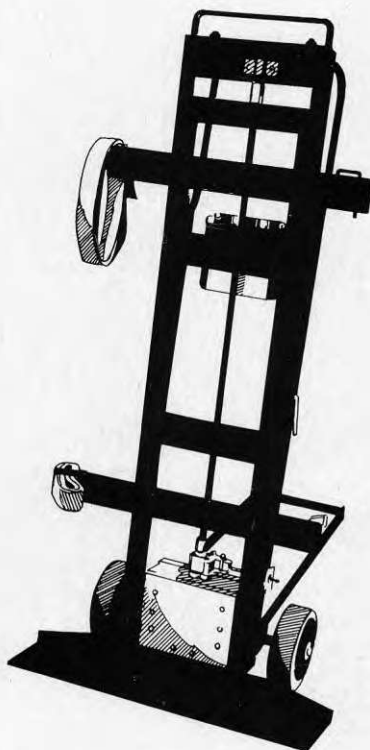
9.3.1 Borring

Nuvarande skärbormaskiner är väl utvecklade men håltagningskostnaden kan minskas. Tänkbara förbättringar är

- bättre vattenuppsamling
- stadigare maskiner som tillåter högre periferihastighet och därmed ökad borrarjunkning
- längre livslängd på borrhonor



uppför en trappa



Figur 35. Funktionsprincipen för "Motor-Pirran". Stativet lyfter först sig självt till en högre nivå och sedan lasten. Det är alltså kärran som bär lasten uppför trappan - inte föraren.

9.3.2 Spräckning

Anordning för retur av tryckkolvar med kolvpaketet sittande kvar i hålet. Detta är en förbättring som skulle spara mycket tid och arbete.

9.3.3 Klippning av armeringsjärn

Klipptång för armeringsjärn som tillåter klippning i smala sprickor. Alternativt kan man tänka sig en sliptrissa med motsvarande egenskap. Gasskärning är en effektiv metod för detta ändamål, men den har följande nackdelar:

- brandrisk
- risk för skador på slangar
- begränsat djup för skärning med standard skärmunstycke

9.4 Metoder på försöksstadiet

Vissa av de metoder som idag är på försöksstadiet har ganska stora möjligheter att utvecklas till användbara håltagningsmetoder på sikt.

Metoder som idag är under utveckling är

- skärning med vattenstråle
- sprängning
- laserskärning
- kemiskt expanderande medel

Av dessa fyra torde skärningen med vattenstråle och kemiskt expanderande medel vara de som är lättast att utveckla till en bra håltagningsmetod. Användbar utrustning och metodik för sprängning - och framför allt laserskärning - torde ligga betydligt längre framåt i tiden.

9.5 Helt nya metoder

Den utveckling som ägt rum på håltagningsområdet har varit ganska långsam och mest bestått i utveckling av befintlig teknik - kanske beroende på att branschen är konservativ?

Diamantverktygen har slagit igenom, bättre och starkare motorer har tillkommit, men det har aldrig varit fråga om enorma, snabba förändringar.

Om framtiden skall utveckla sig på samma sätt är givetvis svårt att sia om. Men då den tekniska utvecklingen - och framför allt kraven på god arbetsmiljö - driver även denna bransch framför sig - kan man kanske förutsätta att utvecklingen går något snabbare i fortsättningen.

Några tänkbara metoder i framtiden skulle kanske kunna vara

- håltagning med nya syror eller andra frätande media. Svårigheten bör ligga i att rikta insatsen och hindra att resten av konstruktionen förstörs.

- håltagning med ultraljud. Att med ljud vibrera sönder materialet i det hål man önskar ta upp. Här är givetvis arbetsmiljöproblemen enorma - hur skyddar man personalen?

9.6 Önskvärd forskning

Utvecklingen inom detta område är inte enbart en fråga om utveckling av nya maskiner. Även den teoretiska bakgrunden till spräckningens förlopp måste utredas noggrannare.

För att kunna göra teoretiska beräkningar måste dock en stor mängd praktiska försök utföras för att få fram orsakssamband som kan ligga till grund för teorin. Man måste studera inverkan av betongtjocklek, armeringstäthet m m på spräckningens förlopp.

För att kunna göra detta måste man i sin tur få fram bättre metoder för att bestämma betongkvalitet, armeringstäthet m m i en okänd konstruktion.

Cement- och Betonginstitutet säger i rapport 8104:

"För att kunna göra mer ingående teoretiska studier som underlag för eventuell beräkningsmetod, vore det önskvärt med dels spräckförsök i identiska konstruktioner där systematiskt endast enstaka variabler ändras och materialdata är helt kända och konstanta, dels enkla datorberäkningar för att få fram det elastiska spänningstillståndet.

Det vore naturligt att försöka använda brottmekanik till spräckstudier. Beräkningsmetodiken är emellertid komplicerad och kan idag bara göras för väl definierade, enkla oarmerade konstruktionsdelar och lastfall där man vet var sprickan uppkommer. Inga av dessa förutsättningar finns normalt i aktuella spräckssituationer, varför brottmekaniska beräkningar ej idag torde kunna användas".

LITTERATUR

- (1) Andersson, R. "Handhållen maskinbilning - produktutveckling ur ergonomisk synpunkt". Kungliga Tekniska Högskolan, byggnadsergonomilaboratoriet. Stockholm 1981.
- (2) Andersson, Å m fl. "Arbetsmiljön vid ombyggnadsarbeten". Bygghälsan. Stockholm 1976.
- (3) Kirudd, H. "Ombyggnadsarbeten - dammelimerande åtgärder vid rivningsarbete". Bygghälsan. Stockholm 1979.
- (4) Leidvik, M. "Håltagning". Byggeforskningsrådet, Informationsblad B4:1976. Stockholm 1976.
- (5) Mikaelsson, L-Å. "Arbetsmiljön vid ombyggnad - en inventering". Bygghälsan, BHF 1978:1. Stockholm 1978.
- (6) Mikaelsson, L-Å. "Arbetsmiljön vid ombyggnad - undersökning av planerings- och projekteringsrutiner". Bygghälsan, BHF 1980:3. Stockholm 1980.
- (7) "Miljöbeskrivning av sysselsättningar inom byggbranschen". Bygghälsan. Stockholm 1977.
- (8) Wändell, G & Zlotnik, E. "Dammproblem vid ombyggnad av stenhus". Tekniska Högskolan i Stockholm i Stockholm, Institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation. Examensarbetet 112. Stockholm 1978.

BILAGA

Rapport 8104 från Cement- och Betonginstitutet

Rapport nr 8104

1981-01-13

HÅLTAGNING MED SPRÄCKNING. EN TEORETISK DELSTUDIE.

Christer Molin

Civilingenjör

CEMENT- OCH BETONGINSTITUTET

Uppdragsfunktionen

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

- 1 ORIENTERING
 - 2 SYFTE
 - 3 UTREDNINGENS UTFÖRANDE
 - 4 BERÄKNINGAR OCH RESULTAT
- BILAGA 1 Fotografier
2 Snitt av hållkanter
3 Provtryckningsresultat

HÅLTAGNING MED SPRÄCKNING. EN TEORETISK DELSTUDIE

1 ORIENTERING

Föreliggande teoretiska utredning ingår som en mindre del i ett forskningsprojekt: "Håltagning i grövre betongkonstruktioner. Utveckling av miljövänlig metod," som behandlar utveckling av spräckningsmetoder med inriktning främst på praktiska frågor. Projektet finansieras av BFR. CBI:s arbete har beställts av Martin Leidvik som är ansvarig för spräckningsprojektet. Metoden är främst intressant för sin arbetsmiljöprofil. Detta gäller framför allt själva spräckningsförfarandet.

2 SYFTE OCH BEGRÄNSNING

Utredningens målsättning är att översiktligt studera inverkan av kärnborrhålens placering. Strävan bör vara att reducera antalet kärnborrhål och att förenkla spräckmönstret. Borrningsarbetet är nämligen det mest tidsödande och arbetsamma momentet i metoden.

Projektet som delstudien ingår i, är som nämnts tidigare, främst praktiskt inriktat och endast en mycket begränsad teoretisk satsning kan här göras med de medel som finns tillgängliga. Spräckning av ett större hål i ett kraftigare bjälklag har lagts som grund för arbetet.

3 UTREDNINGENS UTFÖRANDE

Spräckning av hål 1 x 2,5 m i bjälklag med 0,3 m konstruktionsbetong med kraftig armering har studerats. Spräckmönstret lades upp enligt tidigare praktisk erfarenhet. Spräckning måste naturligtvis utföras mot fri kant, så att för dragning utsatta sprickor kan uppstå. Här har en första fri kant skapats med tre närliggande borrhåll i centrum av hålet som avses spräckas upp. Uppspräckningen har sedan successivt skett mot ett allt större hål i punkt 1,2,3 o s v. Tyvärr har ej exakta hydraul-

trycksvärden kunnat registreras. Domkraften torde dock ha arbetat i registret 0 - 2,4 MN (240 T).

Betonghållfastheten har bestämts på 3 prover. Betongen har mätts in och fotograferats. Se bilagor. Beräkningar under förenklade förhållanden har utförts.

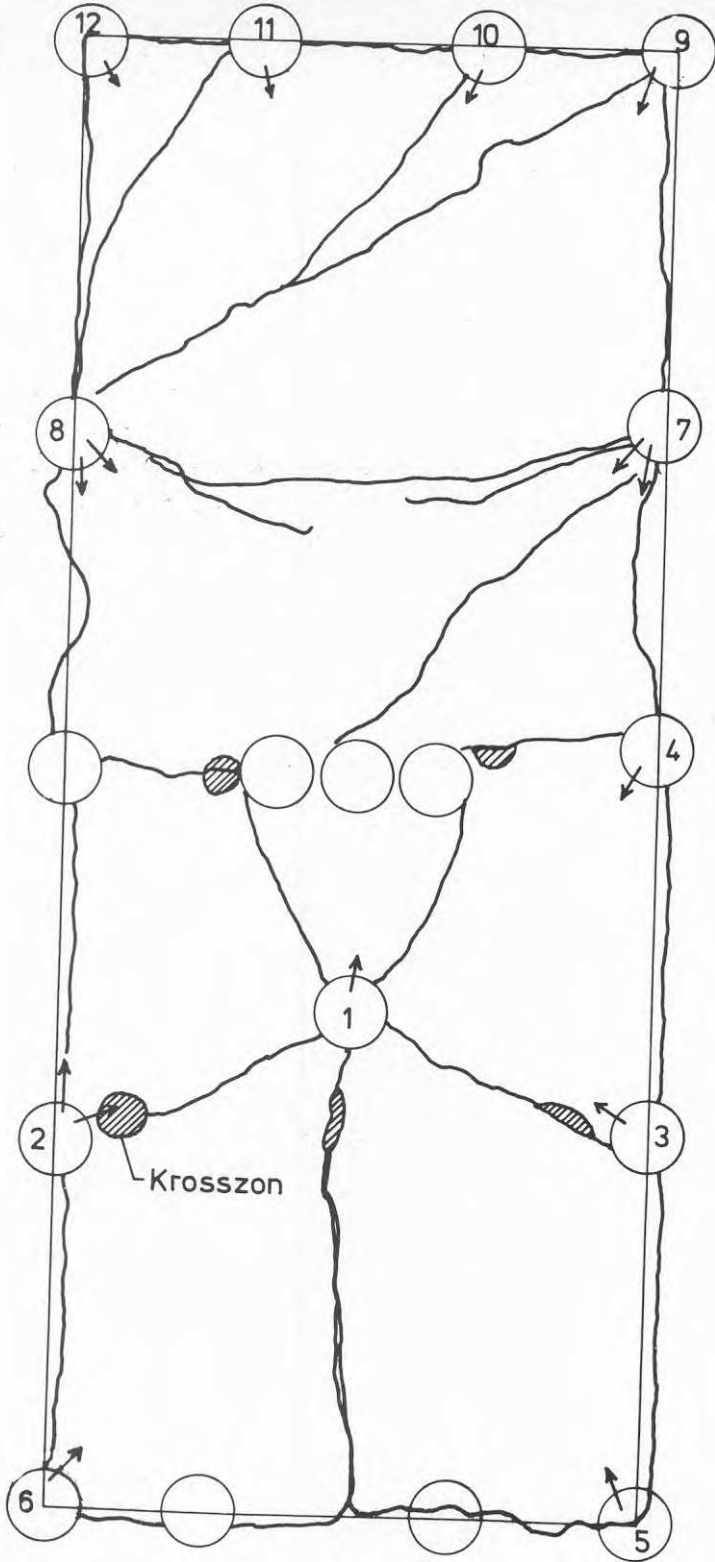
4 BERÄKNINGAR OCH RESULTAT

Vissa allmänna kommentarer kan göras angående spräckeschemat. Spräckhål 1 bör ej ligga närmare de tre starthålen som nu var fallet. Betongstycket bortspräckt från hål 2 och 3 får vid nuvarande utförande svårt att vridas in mot fri kant, vilket innebär energiförluster vid markerade krosszoner, d v s större kraft från domkraften krävs än nödvändigt. Spräckning i hål 10 och 11 kunde förmodligen slopas, d v s spräckning skulle kunna ske direkt i hål 12. Se plan av spräckningsprovet, sid 4.

Utborrade prover $\varnothing 150$ gav en tryckhållfasthet (brotthållfasthet) på omkring 14 MPa. Draghållfastheten ligger då kring 1,4 MPa. Se BILAGA 3.

Själva arbetsresultatet, alltså hålets utseende framgår av fotografier, BILAGA 1, samt sektion BILAGA 2.

Plan av spräckningsprov, Älvsjö. 1:10



För att på ett enkelt sätt få en grov uppskattning av de viktigaste parametrarna för kraftspelet kan följande jämviktsekvation ställas upp, se FIG 1. Armeringen inverkan är mindre än betongens. I denna grova överslagsberäkning försummas armeringen.

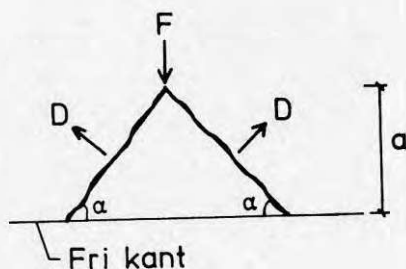


FIG 1. Förenklat kraftspel vid spräckning.

F = kraft från domkraft

σ = dragspänning i spräckspricka

H = konstruktionens tjocklek

$$F - \cos\alpha \cdot D \cdot 2 = 0$$

Vidare gäller att

$$D = \sigma \cdot \frac{a}{\sin\alpha} \cdot H$$

eliminera D

$$\sigma = \frac{1}{2} \cdot \tan\alpha \cdot \frac{F}{a \cdot H}$$

eller

$$F = 2 \cdot \cot\alpha \cdot \sigma \cdot a \cdot H$$

Utspärkt volym (V) i triangeln blir

$$V = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \frac{2a}{\tan\alpha} \cdot H = \cot\alpha \cdot a^2 \cdot H$$

Av formeln framgår att den utspräckta volymen ökar kraftigt med a .

Kraften i domkraften sätts till 1 MN (100 ton), vilken torde vara en vanlig belastning. Konstruktionstjockleken är i vårt fall 0,3 m. Dragspänningen i spräcksnittet σ (MPa) varierar då med a (m) och α enligt TABELL 1.

TABELL 1. Dragspänning i spräcksnitt σ (MPa) som funktion av a och α . Domkraftsbelastning = 1 MN.

$\alpha \backslash a$	0,3	0,6	0,9
60°	9,6	4,8	3,2
45°	5,6	2,8	1,9
30°	3,2	1,6	1,1

Av tabellen framgår att en så stor triangel som $a = 0,9$, $\alpha = 45$ ($\sigma = 1,9 > \sigma_{\text{prov}} = 1,5$) skulle teoretiskt sett kunna spräckas ut. Utförda försök tyder dock på att man i praktiken ej lyckats spräcka loss så stora stycken. Troliga förklaringar är:

Ogynnsam form på utspräckt stycke som ger fastklämning med krosszoner

Armering vinkelrätt sprickan håller mot till viss del

Dymlingverkan av armering parallellt med sprickan

Krossning vid domkraften

Excentrisk belastning från domkraften

"Interlockning" av betongytorna ("ihakning")

Det är önskvärt att spräckning utförs med fler domkrafter samtidigt så att ren dragning uppstår i fält. Se FIG 2.

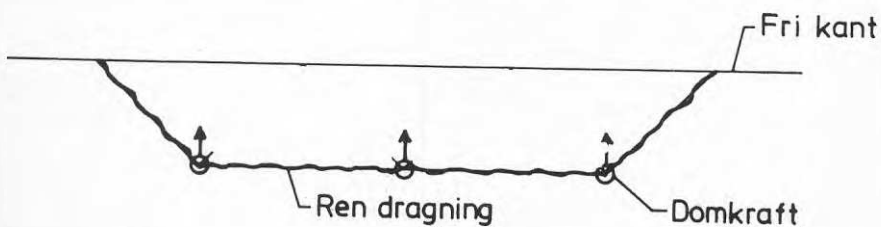


FIG 2. Önskvärt spräckmönster vid längre fri kant.

Vid håltagning föreligger inte så ofta ovanstående gynnsamma situation. Spräckningsschemat bör då byggas upp av successiva trianglar helst likbenta med $\alpha \leq 45$ om möjligt, se FIG 3.

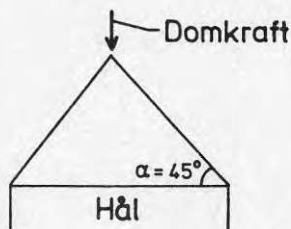


FIG 3. Spräcktriangel.

Spräckmönstret följer ofta armeringen. Den fungerar som sprickanvisning. Denna anvisning är lämplig att utnyttja för att få raka hålkanter.

För att kunna göra mer ingående teoretiska studier som underlag för eventuell beräkningsmetod, vore det önskvärt med dels spräckförsök i identiska konstruktioner där systematiskt endast enstaka variabler ändras och materialdata är helt kända och konstanta, dels enkla datorberäkningar för att få fram det elastiska spänningstillståndet.

Det vore naturligt att försöka använda brottmekanik till spräckstudier. Beräkningsmetodiken är emellertid komplicerad och kan idag bara göras för väl definierade, enkla oarmerade konstruktionsdelar och lastfall där man vet var sprickan uppkommer. Inga av dessa förutsättningar finns normalt i aktuella spräcksituationer, varför brottmekaniska beräkningar ej idag torde kunna användas.

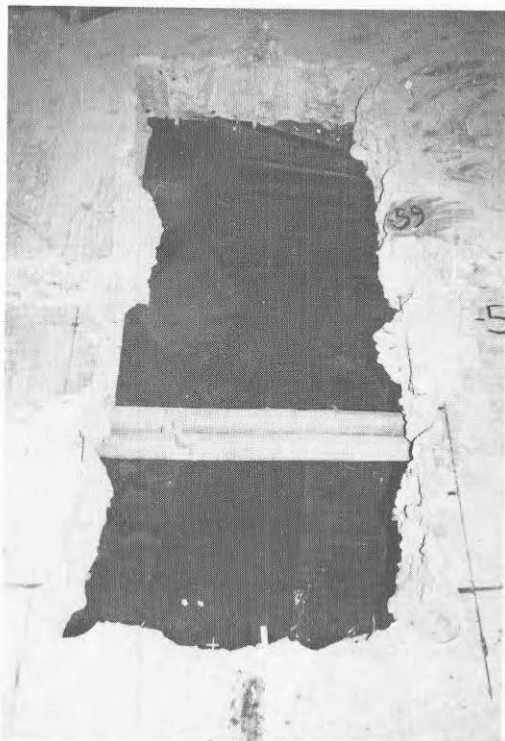
Stockholm den 13 januari' 1981

CEMENT- OCH BETONGINSTITUTET
Uppdragsfunktionen

Christer Molin

Christer Molin

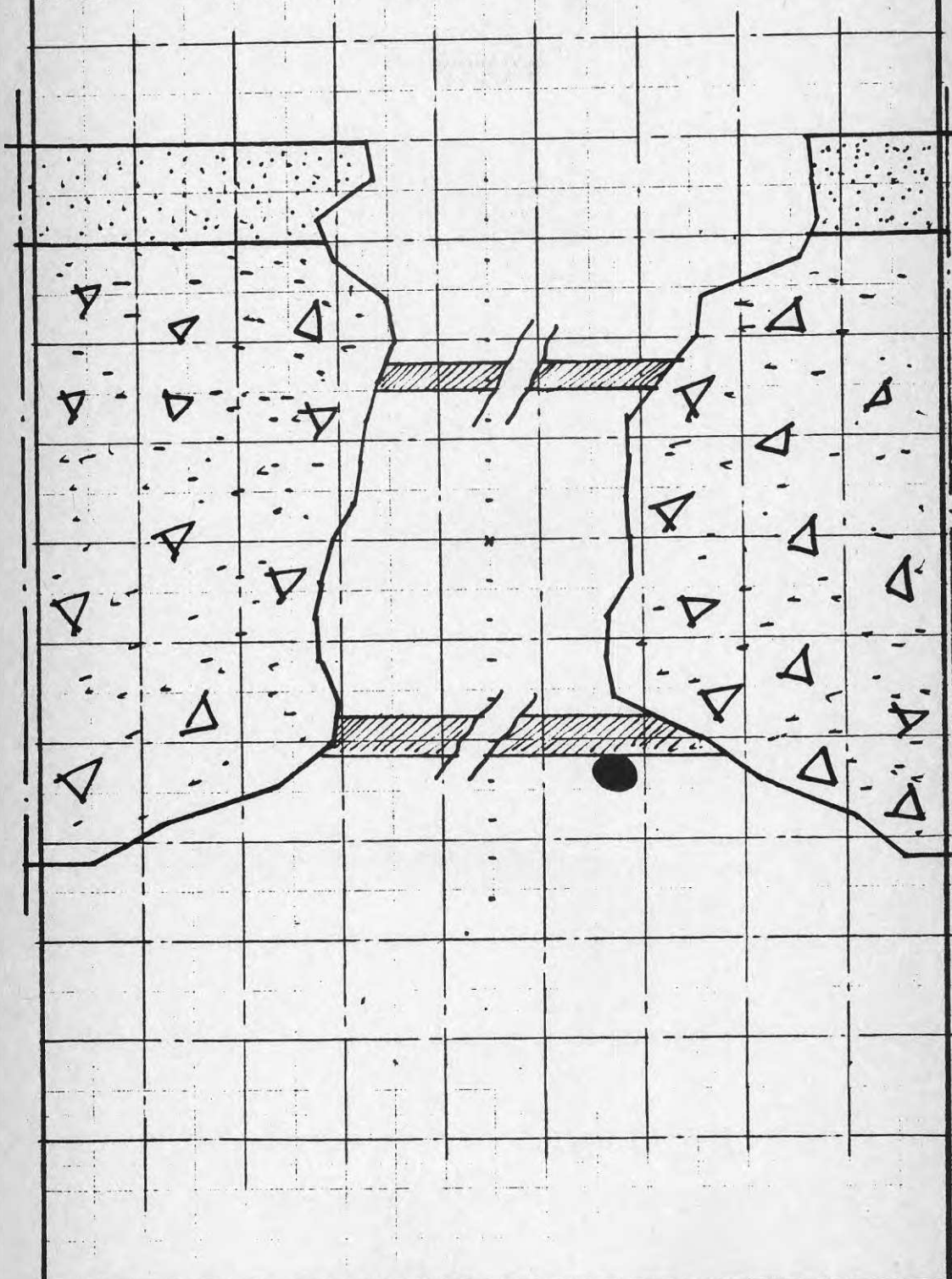
Lars Johansson
Vidi: Lars Johansson

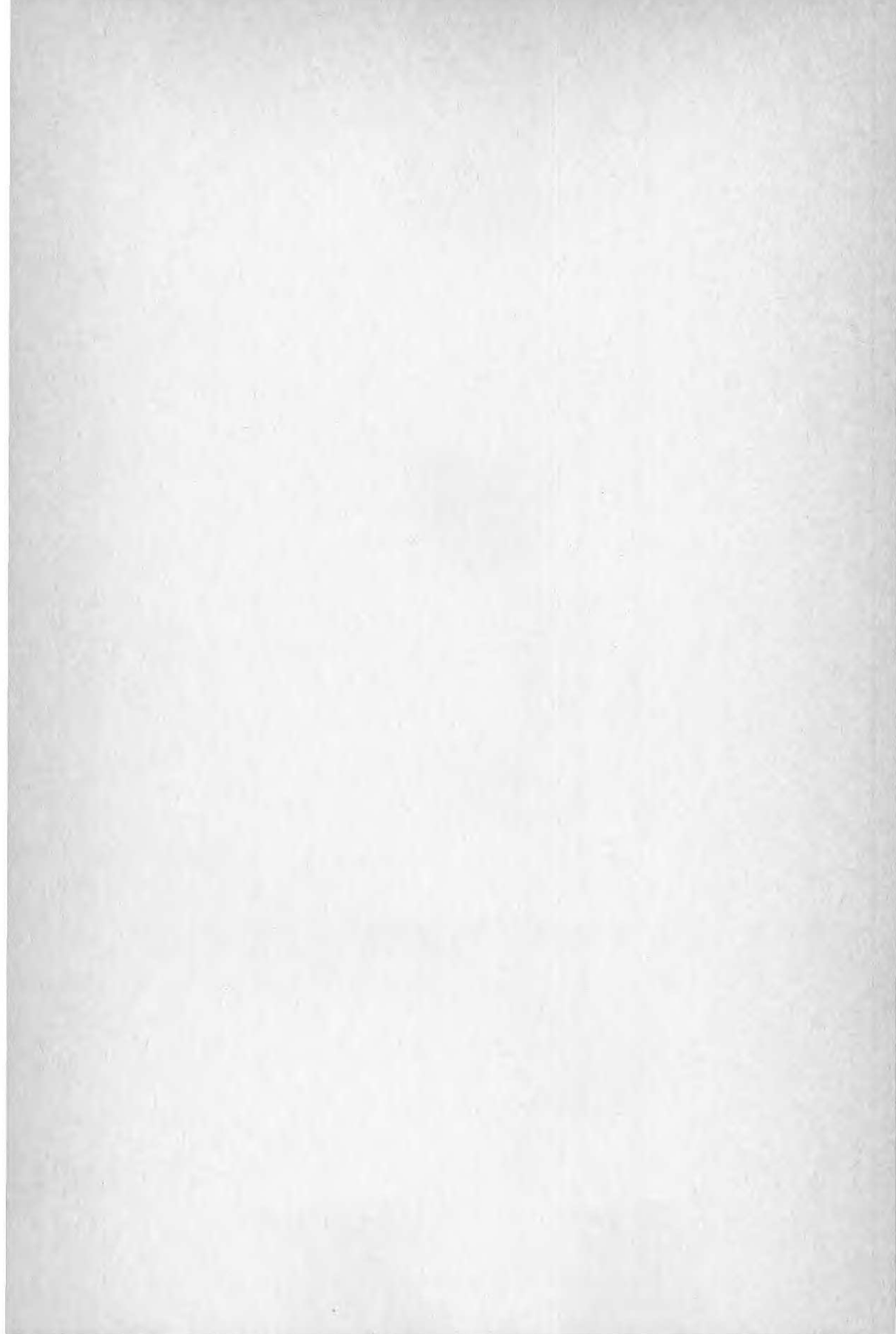


Spräckt hål, överkant, bjälklag

HÄL, NR, NAMN, DATUM

SNITT I RENSAD KONTUR SKALA 1:2.5





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791530-1 från Statens råd för byggnadsforskning
till Martin Leidvik Borr AB och AB Hälmetoder,
Stockholm.**

☺

Art.nr: 6700506

**Abonnemangsgrupp:
S. Byggplatsens verksamhet**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 35 kr exkl moms

R6: 1982

ISBN 91-540-3615-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm