© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

DIAMANTWIRESAGING I FJELL OG ARMERAD BETONG

Kjell Gustavsen, Atlas Copco Anlegg- og Gruveteknikk A/S,
Postboks 334, 1401 Ski, Norge.
Telf. 00947-9860319.

DIAMANTWIRESAGING

I

FJELL OG BETONG

HISTORIKK.

Saging i fjell har i mange år vært benyttet for å ta ut blokker i løsere bergarter innen steinindustrien.

Metoden ble utviklet i Italia for omkring 70 år siden. I den løse marmoren benyttet man til å begynne med kun vanlig stålwire som ble trukket av en maskin. Wiren gikk overalt i stenbruddet da man monterte brytehjul slik at man ble istand til å legge wiren dit man ønsket.

Teknikken ble etter hvert mer utviklet og man begynte å fylle sagesprekken med sand slik at sagingen skulle bli mer effektiv. Ennå i dag benyttes denne teknikken i enkelte stenbrudd i Italia.

I 1985 ble de første forsøk med saging i hardere stensorter utført. Det var da utviklet en diamantwire som skulle klare og kutte hardere bergarter med kvartsinnhold. De første forsøkene ble gjort i Bretagn i Frankrike.

I Norge startet de første forsøk i 1986 i Larvik. I dag finnes det ca. 10 diamantsager i dette området. 90 % av alle steinbrudd har investert i slikt utstyr. Beregninger viser at skrotprosen har gått ned med ca. 20 %. Dette vil si mer enn en dobling av bruddets produksjon av god stein for salg.

Siden 1986 har utviklingen både innen diamantwireteknologi og maskiner kommet langt. I dag er vi istand til å kutte alle typer stein effektivt.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Steinmarkedet.

Med steinmarkedet menes tradisjonelt steinbruddsindustrien dvs. uttak av store "kubber"(blokker) fra fjellet som senere oppdeles i mindre enheter som er tilpasset utstyret i en fabrikk for videre bearbeidelse. Størrelsen på slike mindre blokker kan være 2.5 x 1.0 x 2.0 m.
Kubbene kan skjæres ut av fjellet med vårt system og blokkene oppdeles med saging eller ved boring og kiling. Blokkene kan deretter renskjæres med en stasjonært blokksagesystem.

Videre er det også et nytt marked innen veibygging, jernbanebygging, tunellbygging, tomteutvidelser etc.
Ved dette markedet er det gjort meget lite markedsmessig sett.

Ved f.eks. saging istedenfor boring og sprenging ved kryssing av veiskjæringer etc. der dette er mulig, vil gi store besparelser vedrørende opprensking, rydding etc. av løst fjell hvert eneste år.
Å sage ut fjelltomter istedenfor å sprenge i f.eks. tettbygd strøk, vil miske risikoen for skadeerstatninger for entreprenøren. Dessuten er det mange plasser ikke tillatt å sprenge pga. av miljømessig art eller pga. EDB utstyr etc.

Betongmarkedet.

Betongmarkedet sett på verdensbasis er meget stort. Ustyret kan med letthet benyttes til å lage åpninger i f.eks. vanlig hus, bunkers, kjernekraftverk, damanlegg, kapping av bruer etc. I Norge benyttes systemet svært lite til nå. Men sett på Japan og USA er forbruket formidabelt.
Markedet her er like stort eller større enn steinbrudds-industrien, men det forutsetter av dette bearbeides og at det finnes tilpasset utstyr.

VARE PRODUKTER.

Diamantwire.

Wiresagesystemet kan inndeles i følgende kategorier:

- lettsaget stein(marmor etc.)
- harde steinsorter med mye kvarts(gneis, granitt etc.)
- betong

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Våre maskiner er diesseldrevet og går på en 10 m skinnegang. Maskinen er helautomatisk. Diamantwiren løper med en hastighet på ca. 25 - 30 m/sek. og avkjøles under kutteprosessen med vann. Etter hvert som maskinen har kommet til enden av skinnegangen, kuttes wiren 10 m, skjøtes med en enkel pressehylse, maskinen kjøres fram til fjellet og kutteprosessen starter opp på nytt. Dette gjentar seg helt til kuttet er ferdig.

BNS Diamant Verktøy AS utfører ovennevnte tjenester.
Når man benytter ovennevnte teknikk, må man allerede i prosjektfasen nøye planlegge hvordan sagingen skal utføres, slik at unødig rigging og unødvendige kutt unngås.

Vårt firma vil delta i planleggingen ved nye prosjekter av denne type.

En ny metode er konstruert for å ta ut siloer i fjell og utak av blokker i stenbrott.

Av miljömessige hensyn kan skrotet deponeres i siloen når utak av blokksten er avsluttet.

Metoden muliggjör også saging av bunn, bak og sider.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

WIRE SAGING

BRUKSOMRÅDER

STEN :
- LARVIKITT
- GRANITT
- GNEIS
- MARMOR
- SKIFER
- *TUNNELER* : SÅLE, SLETTING, VED BETONG/STÅLKONSTRUKSJONER M.M.

BETONG :
- ARMERT BETONG
- ÅPNINGER I VEGGER
- KUTTING AV BETNGSTOLPER OG ANDRE KONSTRUKSJONER
- DILATASJONSFUGER M.M.

FORDELER:
- LAVT STØYNIVÅ (KUN MOTORSTØY)
- STORE FLATER
- FLEKSIBEL FORM
- SKÅRE FLATE
- FORÅRSAKER IKKE SPREKKDANNELSE
- FAST KUTTETID
- UBEMANNET
- STØVFRI

HAR VÆRT BRUKT I TEMPERATUR UNDER -12°C

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Tilløp og avløp

Tunnelfriksjon

Der det ikke er installert måleutstyr for registrering av falltapet i tunnelen, kan dette beregnes v.hj.a. Mannings formel.

Det anbefales å foreta kontrollmålinger av falltapet i tunnelene, og sammenligne resultatet med beregnede verdier, evt. med gjennomsnittsverdiene gitt i fig. 2. Da vil man få kjennskap til om falltapet forandrer seg, og dessuten kunne vurdere om tapet er rimelig.

Helst bør det installeres permanent måleutstyr. Det gir den beste informasjon om falltapsforholdene, som nødvendige grunnlagsdata for økonomiske vurderinger.

Reduksjon av friksjonstapene

Friksjonstapet i vannveiene kan reduseres ved å:

- [illegible].
- Øke tverrsnittene.
- Utglatte sålen med betong eller asfalt.

Det kan ikke sies noe generelt om hvor store tunneltverrsnittene bør være. Foruten energiprisen er dette avhengig av entreprenørenes sprengningspriser, ruhetsforholdene i tunnelen, og dessuten av måten kraftverket blir kjørt på. En vurdering av det økonomisk beste tverrsnitt må derfor utføres i hvert enkelt tilfelle. Slike optimaliseringsbetraktninger og vurderinger av det totale kostnadsnivå er vist i flere av våre delrapporter.

Erfaringer sier at:

- Der mulighetene for magasinering av tilsiget er til stede, bør strossing av nåværende tunnel vurderes.
- Der tilsiget ikke kan magasineres, bør utvidelse av vannveien skje ved å drive en ny parallell tunnel for å unngå vanntap. Dette er dyrere enn strossing, og vil ofte ikke være økonomisk.
- Det kan være riktig å vurdere tverrsnittsutvidelser utført samtidig med annet omfattende revisjonsarbeid ved kraftverket.

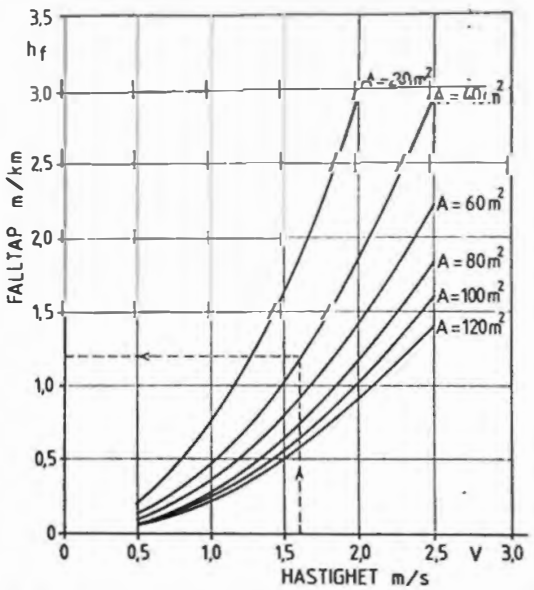
Regneeksempel

Falltapsberegning med Mannings formel

$$h_f = \frac{V^2 \cdot L}{M^2 \cdot R^{4/3}}$$

der: V = vannhastigheten
L = lengde av tunnel
h_f = falltap
R = hydraulisk radius (areal/våt omkrets)
M = ruhetskoeffisient
finrensket tunnel: 30<M<35
grovrensket tunnel: 32<M<37

a) Finrensket tunnel. M = 32,7



b) Grovrensket tunnel. M = 35

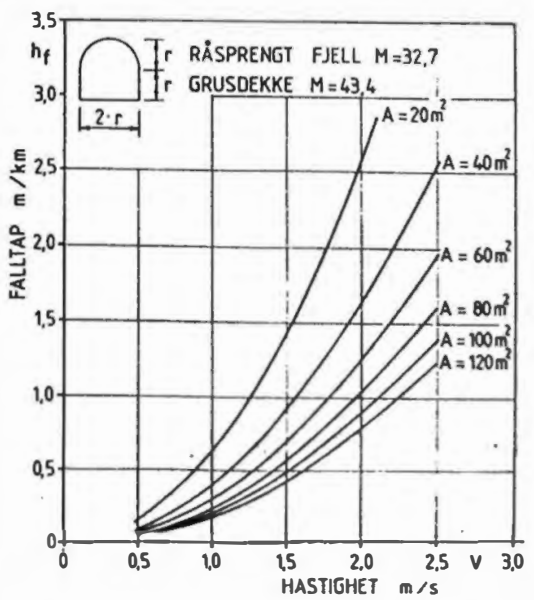


Fig. 2. Normalt falltap i fin- og grovrenskede tunneler.
A = virkelig areal.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

WIRESAGER I NORGE

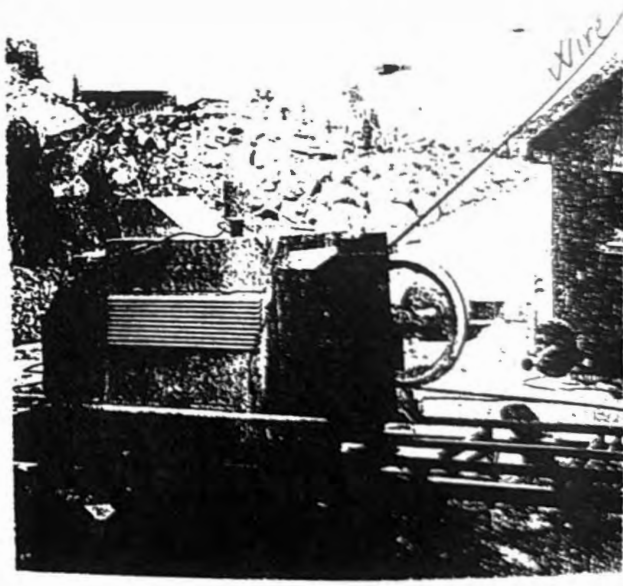
10	stk.	PELLEGRINI, ITA., LARVIK
1	"	BERNICCI, ITA., LARVIK
1	"	BNS DIAMAX N., LARVIK
1	"	PELLEGRINI, SKIFER OG NATURSTEIN, OTTA
1	"	PELLEGRINI ANKERSKE MARMOR, FAUSKE
5	"	BENETTI, ANKERSKE MARMOR, FAUSKE
1	"	BENETTI, BRASET MARMOR, FAUSKE
1	"	PELLEGRINI, SAGA ROSE, ROGNAN
1	"	BNS DIAMAX, FLISA GNEIS
1	"	PELLEGRINI, NORSK NEFELIN, STJERNØYA
23	stk.	

WIRESAGER I SVERIGE

1	stk.	PELLEGRINI, EMMABODA
1	"	BNS DIAMAX, ØREBRO

WIRESAGER I USA

BRUKES BARE I BETONG.
40 STK. I 1989.
FORBRUK AV WIRE : 4.500 METER I 1989.



WIRESAGER I JAPAN

BRUKES BARE I BETONG.
40 STK. O 1989.
FORBRUK AV WIRE : 30.000 METER I 1989

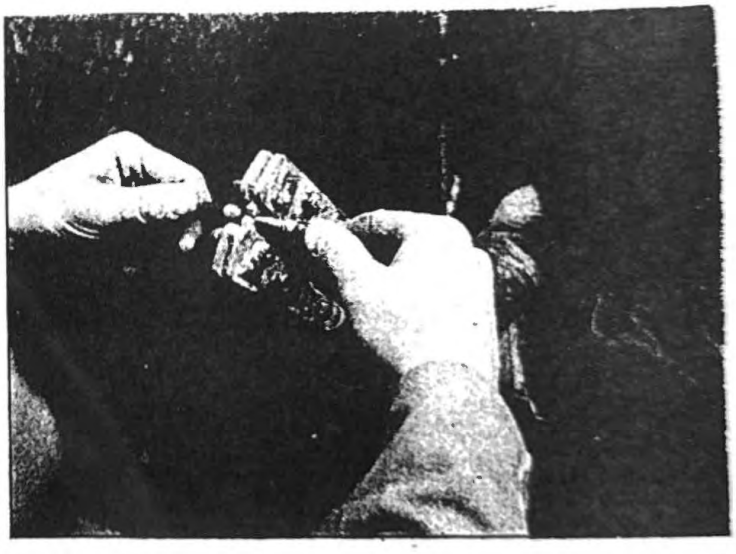
WIRE - FORBRUK I EUROPA I 1989 : 20.000 METER

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

WIRE

Wire består av 40 stk. segmenter pr. meter som er belagt med syntetisk diamantpulver.
Pulveret sintires på stålsegmentene, men kan også festes med elektrolysebehandling.
Livslengden er da mindre, men raskere skjæring. Segmentene har en diameter på 11 mm. Avstandshylser mellom segmenter er ekstrudert plast.

Skjøting av wire gjøres med en hylse av kobber som klemmes sammen med en spesialtang.



Diamantwiren skjøtes ved at en hylse settes mellom diamantperlene og .....

.....klemmes sammen.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

FREMGANGSMÅTE

For å få plassert diamantwiren bores det to hull vinkelrett på hverandre som repet trekkes gjennom. Deretter skjøtes wiren og monteres rundt sagemaskinens drivhjul.
Når vannspylesystemet er montert, drives diamantwiren av sagemaskinens drivhjul med en hastighet på ca 30 m/s.
Maskinen beveges automatisk bakover slik at det oppstår konstant trekkraft på wiren, som gir en jevn sagehastighet.

Maskinen kjøres på skinner og stopper automatisk ved enden av skinnegangen. Når den kommer dit returnerer den til startposisjon. Diamantwiren som er satt sammen av 5, 10, 15 eller 20 meters lengder, blir kortet inn ved fjerning av en av seksjonene når en sagesyklus er unnagjort.

Deretter skjøtes wiren og sagingen kan fortsette.

Sagemaskinen settes igang og stoppes via et fjernstyringspanel. Redskapen er utstyrt med automatisk stopp hvis spylevannet forsvinner, ved endestopp av skinnene, ved wirebrudd og ved feil og/eller oljetrykk på motor og konverter.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

WIREKOSTNADER

I mørk Larvikitt, Tjølling, slites segmentene ut på 12 m² pr. m. wire, dvs. kr 166,- pr. m² i wirekostnad.

I lys Larvikitt, Tvedalen, slites segmentene ut på 8 m² pr. m. wire, dvs. kr 250,- pr. m² i wirekostnad.

Østergren Ganitt, Tvedalen, har i disse dager saget ut en blokk på 260 m².
Wirekostnad for dette kutt er kr 65.000,-.

I vanlig granitt vil slitasjen være 2 - 3 m² pr. m. wire.

I marmor 40 - 50 m² pr. m. wire.

I armert betong 1 - 2 m² pr. m. wire.

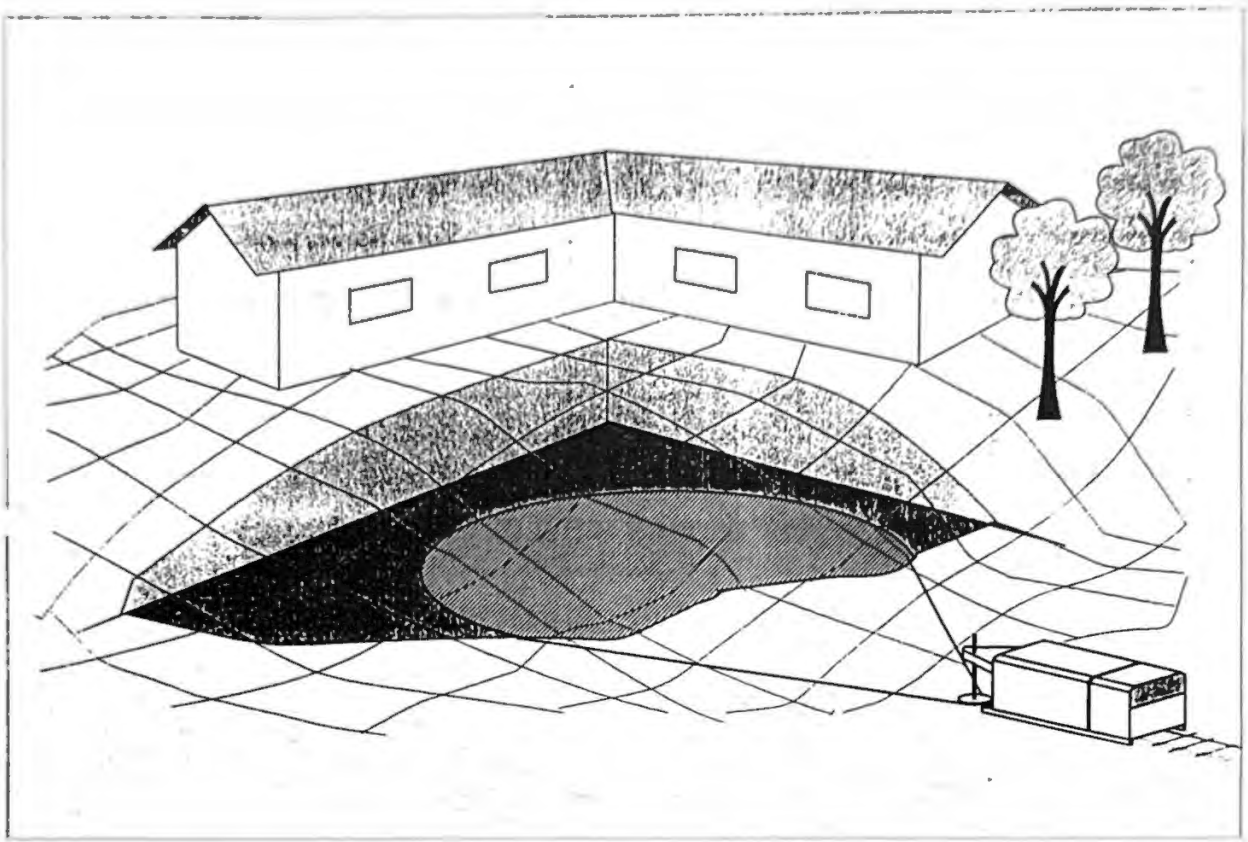
Kostnad pr. m² i armert betong ca kr 3.000,-

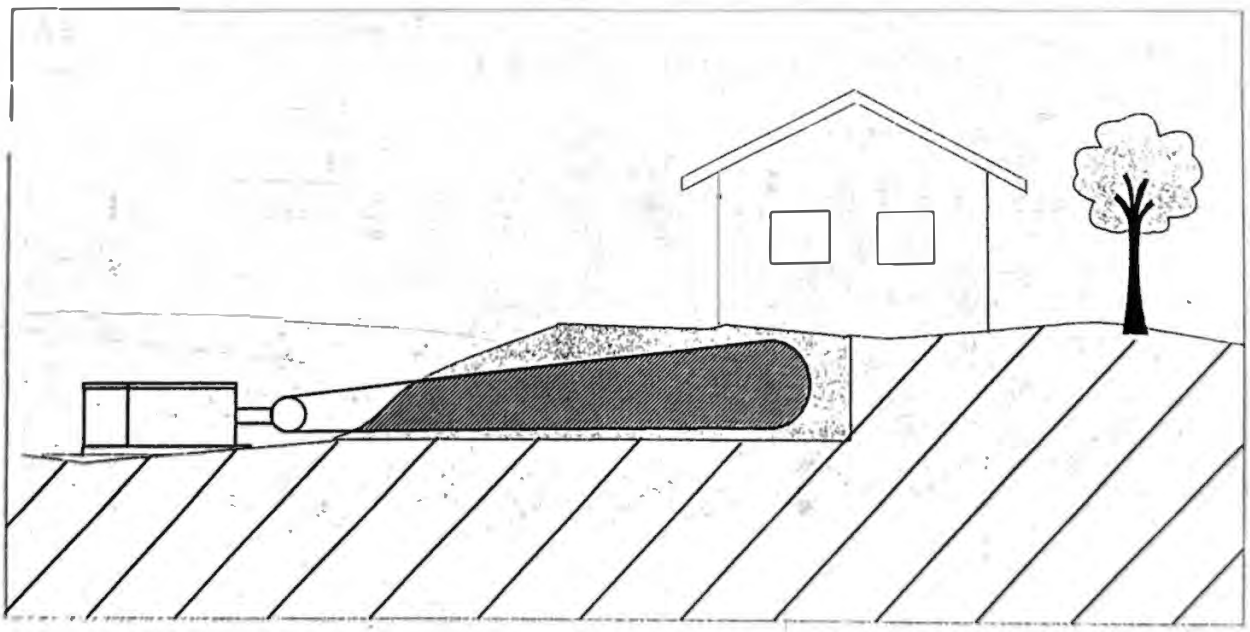
Skjærehastighet i armert betong : 3 - 5 m² pr. time

KJELL GUSTAVSEN

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

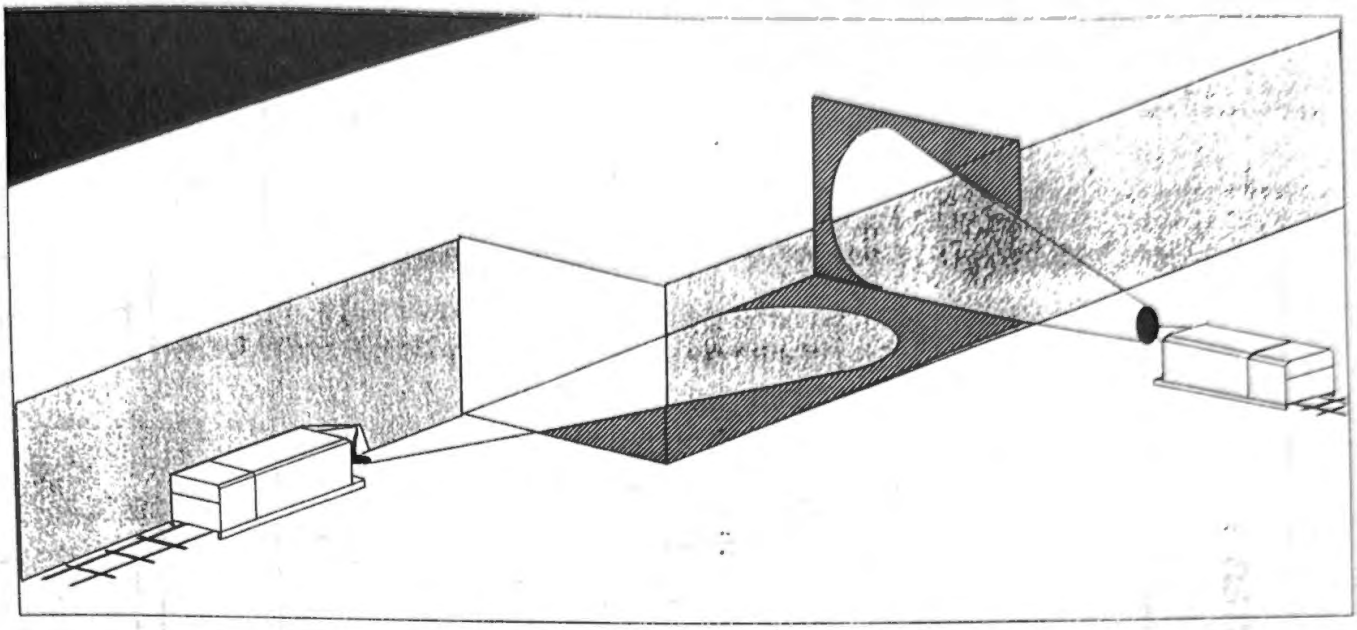
SKJÆRING INNTIL EKSISTERENDE BEBYGGELSE

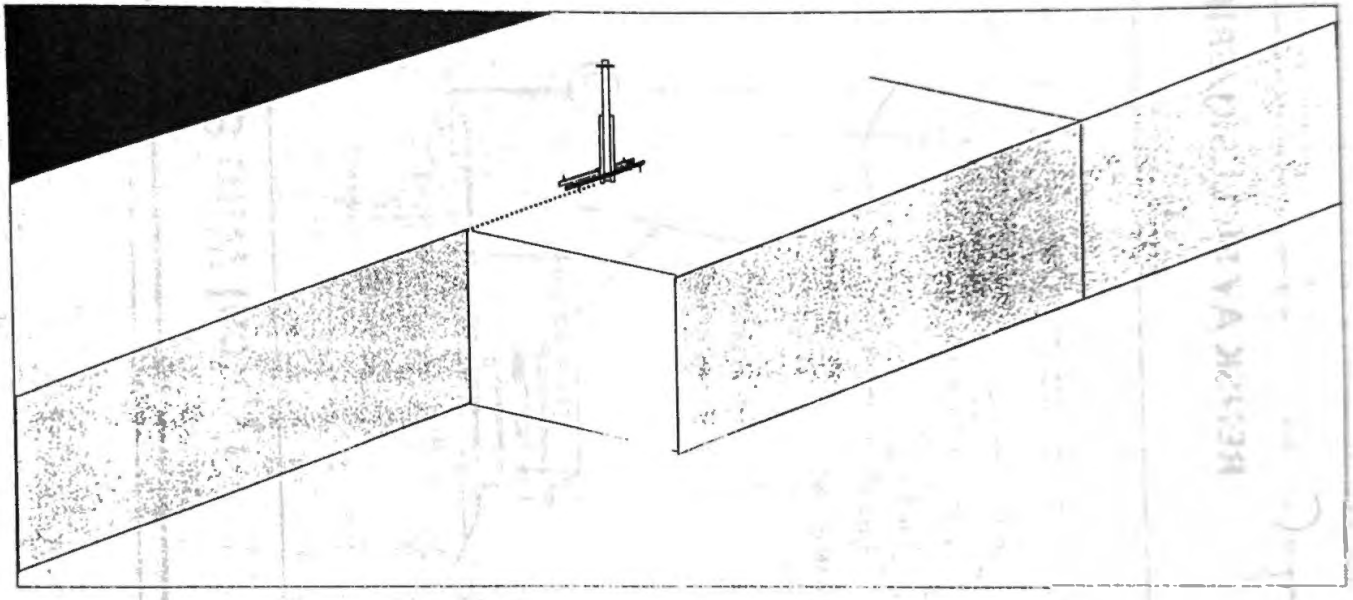


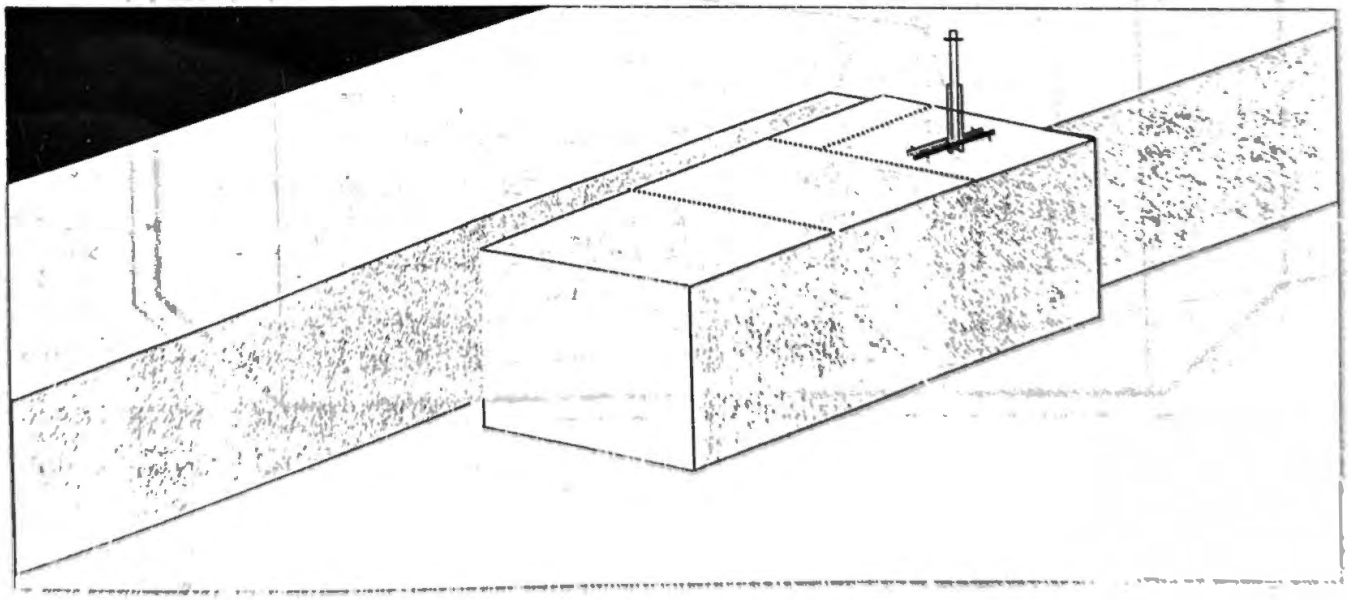


© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

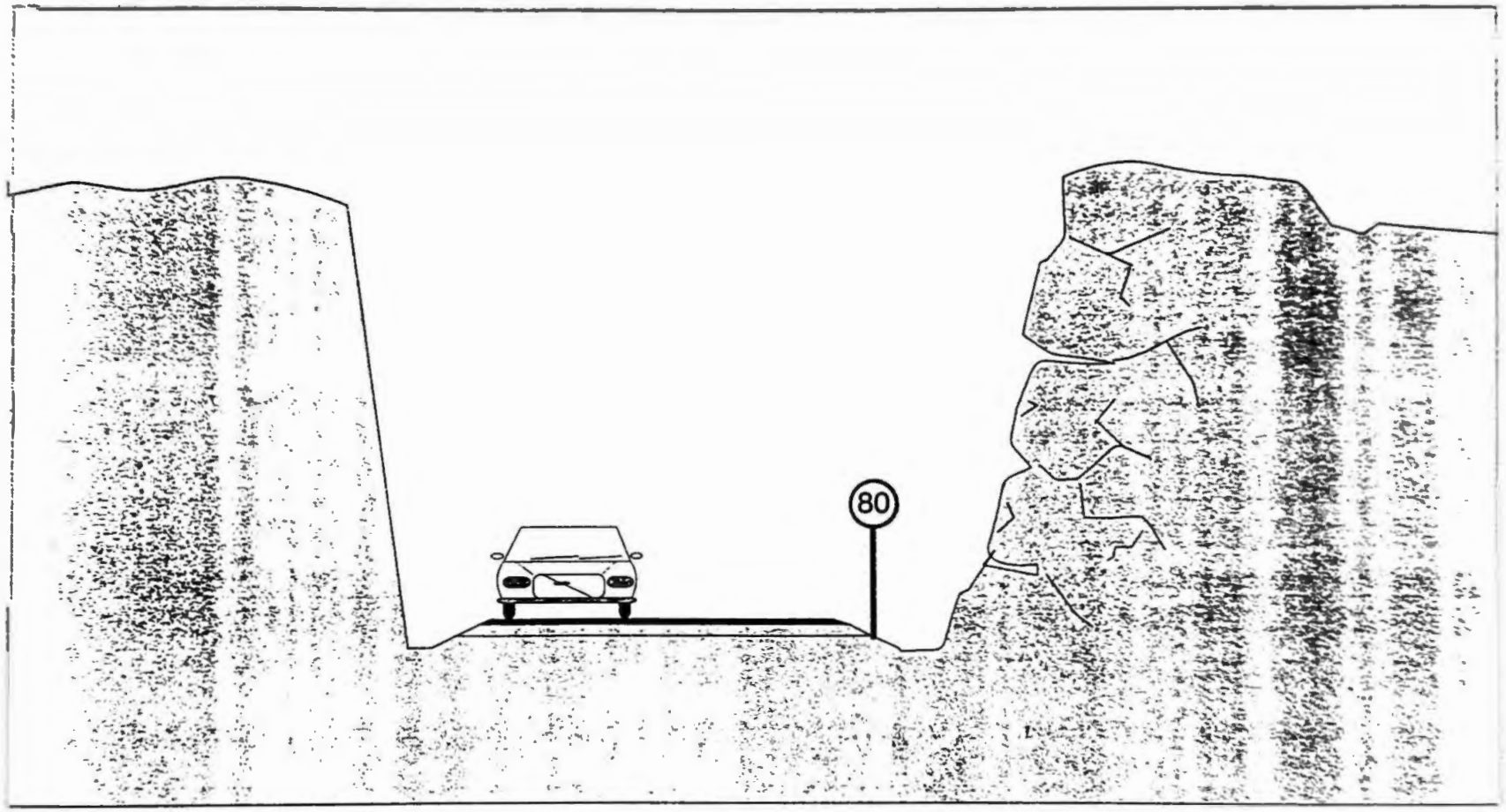
SKJÆRING I FJELL





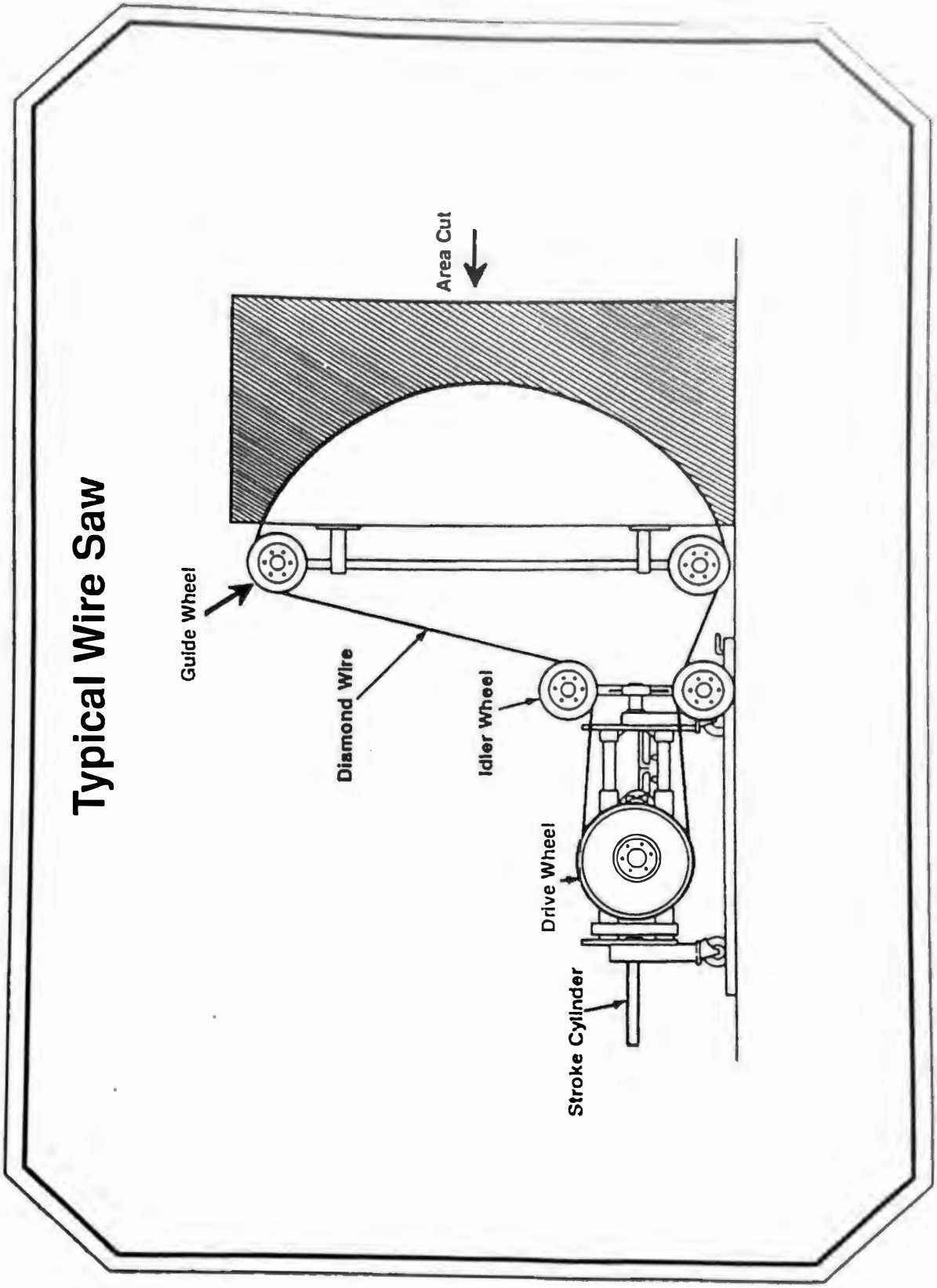


RENSK AV FJELLSKJÆRINGER



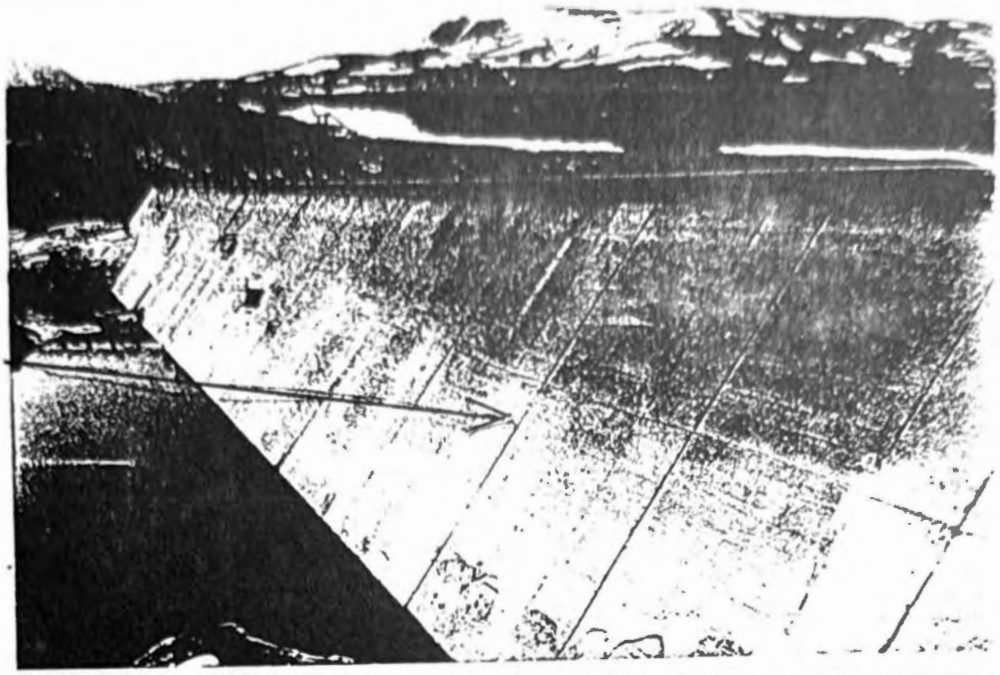
© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

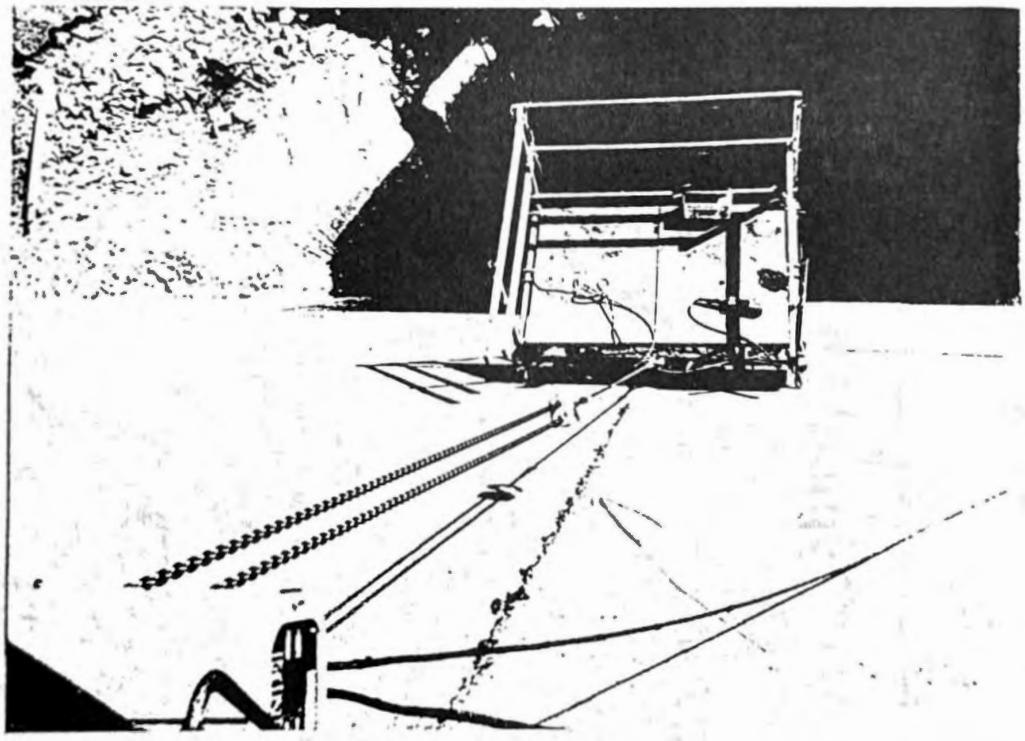
© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare



© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

DILATASJONSFUGER





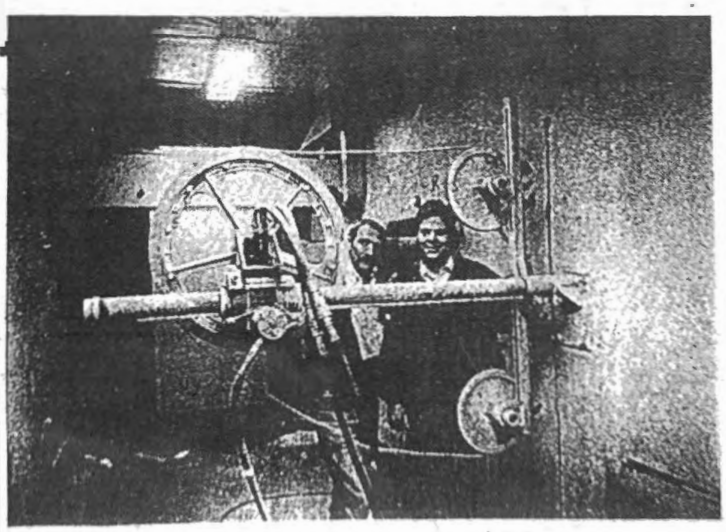
DILATASJONSFUGER KAN SKJÄRES MED WIRESAG.
FAREN FOR AT WIREN KOMMER I KLEM MÅ LÖSES
I H VERT ENKELT TILFELLE.
BREDDEN PÅ KUTTE BLIR 11 mm.
VED BEHOV FOR STÖRRE BREDDE SKJÄRES TO KUTT.

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Hvelvet i gamle Norges Bank moderniseres.

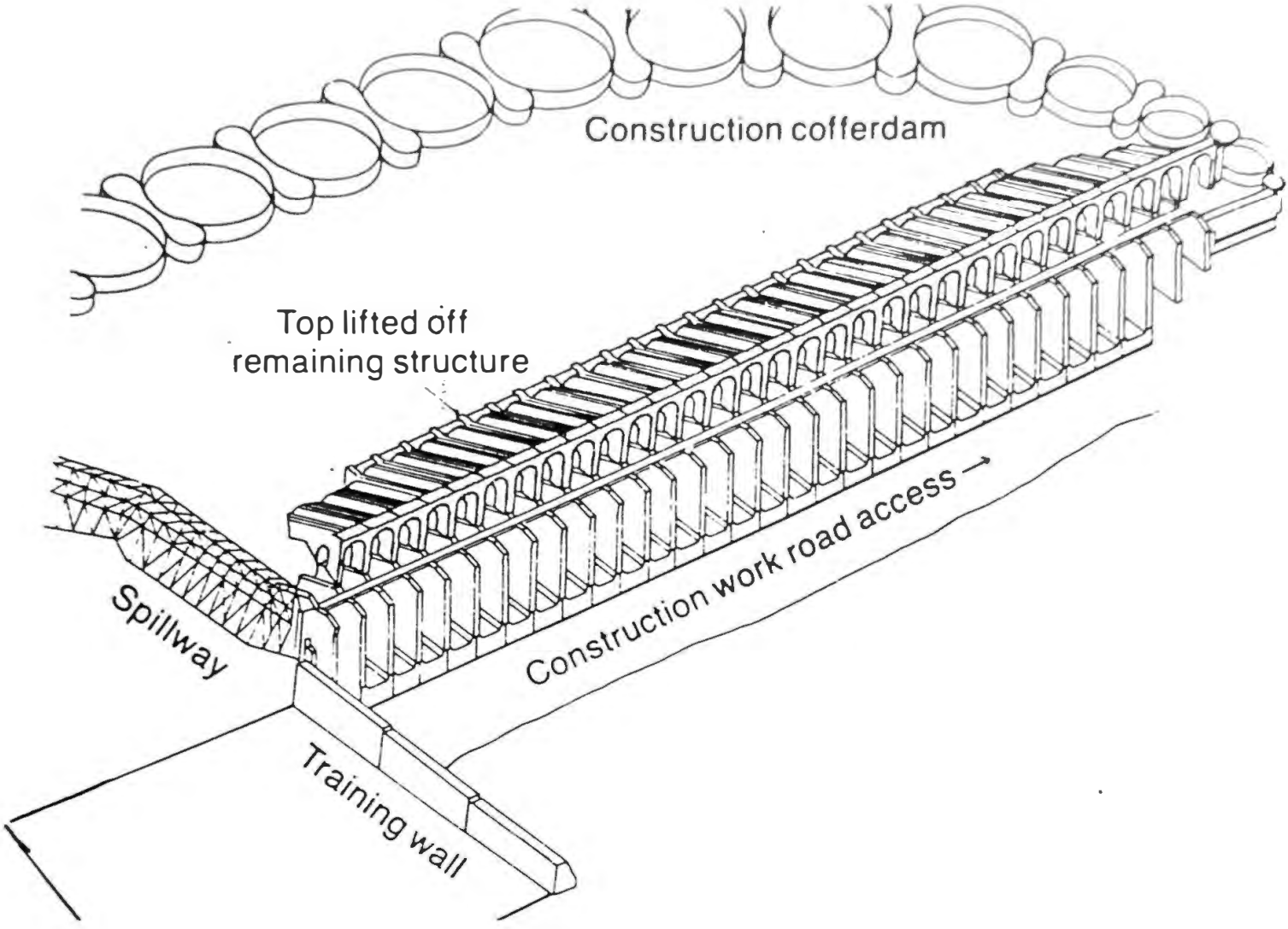
Hemmeligheten er denne diamantvaieren med diamantringer og stykker av vulkanisert plast. Den går gjennom betong som smør, det fikk hvelvet t.h. oppleve.

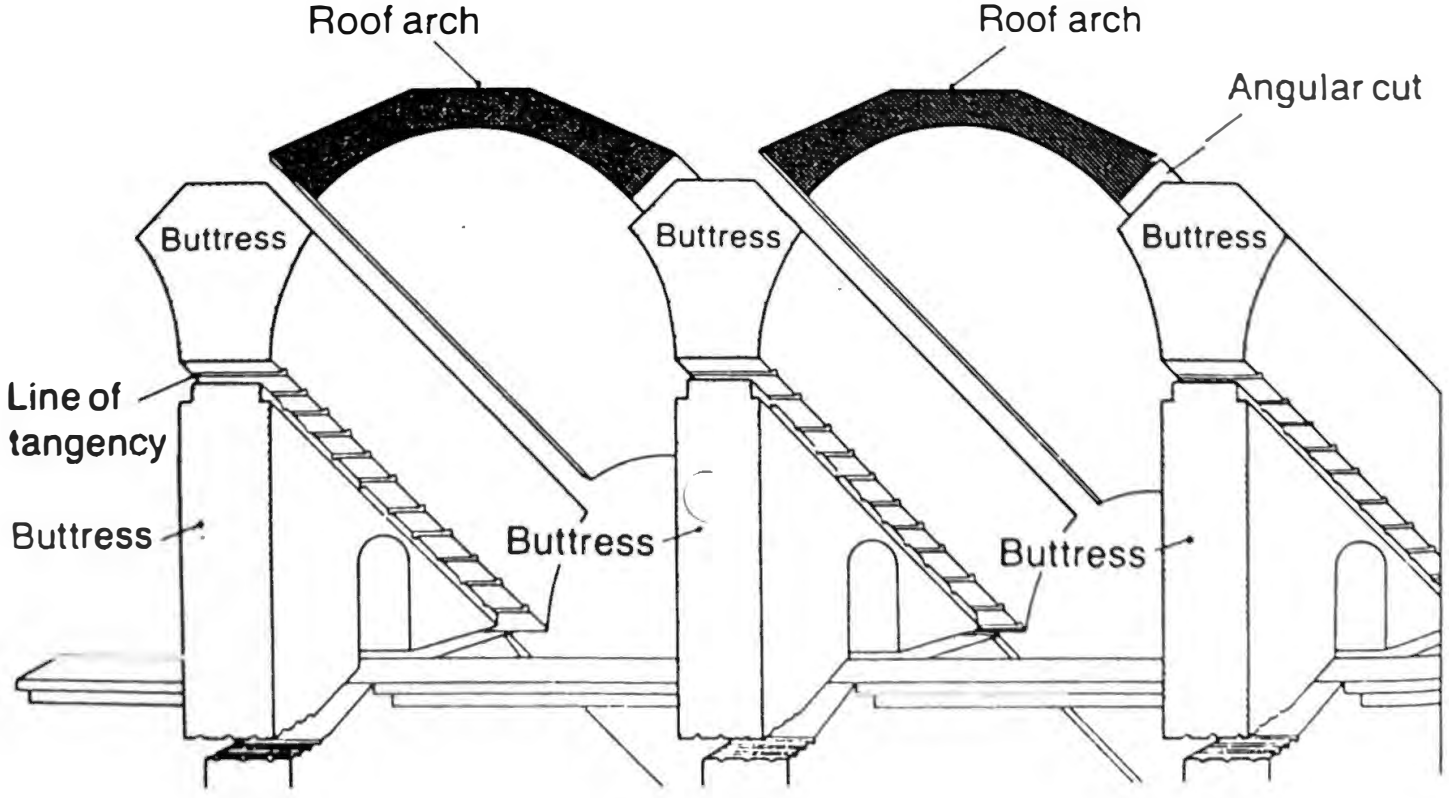
Diamantrepet knekte hvelvet i Norges Bank



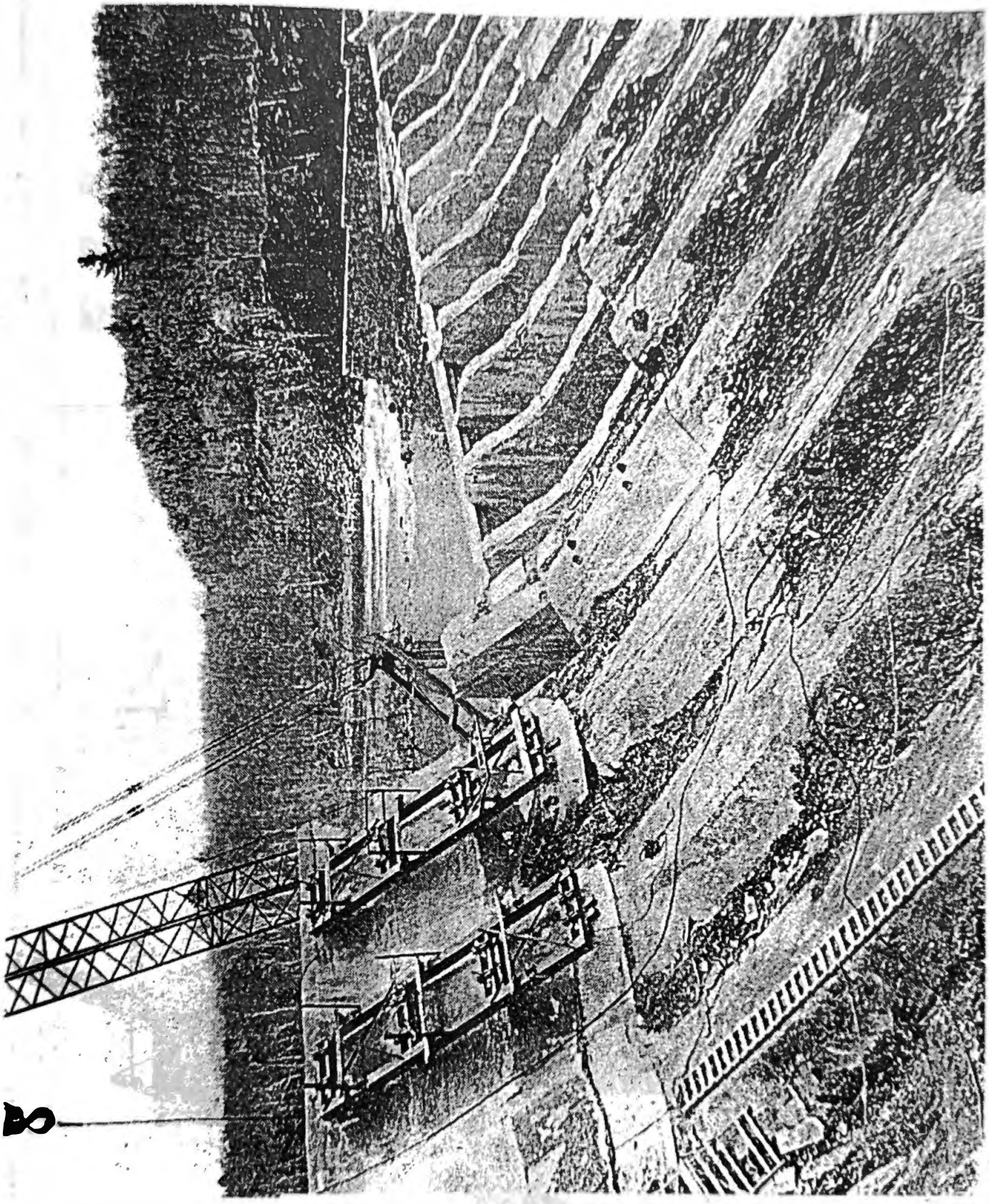
Det er ikke alle forunt å få betalt for å bryte seg inn i hvelvet i Norges Bank, og lett er det heller ikke. Det fikk ikke minst den såkalte kloakkgjengen erfare da de for noen år siden forsøkte seg. Men nå har altså noen klart det. Og de greide til og med å lage en nesten 5 kvadratmeter stor åpning i den 1,10 meter tykke hvelvveggen av

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare





© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare



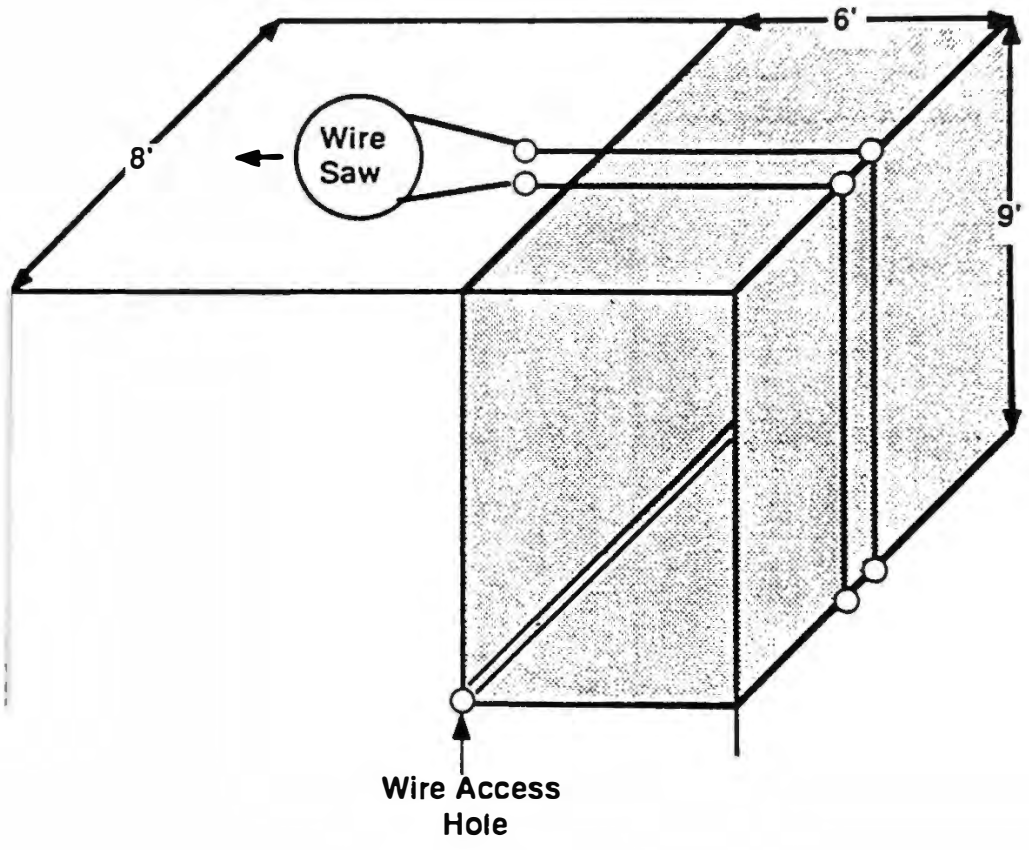
© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

WIRESAGING AV 32 TONN PIER I ILLINOI.

BETONG: 10.000 PSI

DEMOLERING MED HD HAMMER: 6 MANN 600-800 MANNTIMER

WIRESAG: 3 MANN 72 MANNTIMER



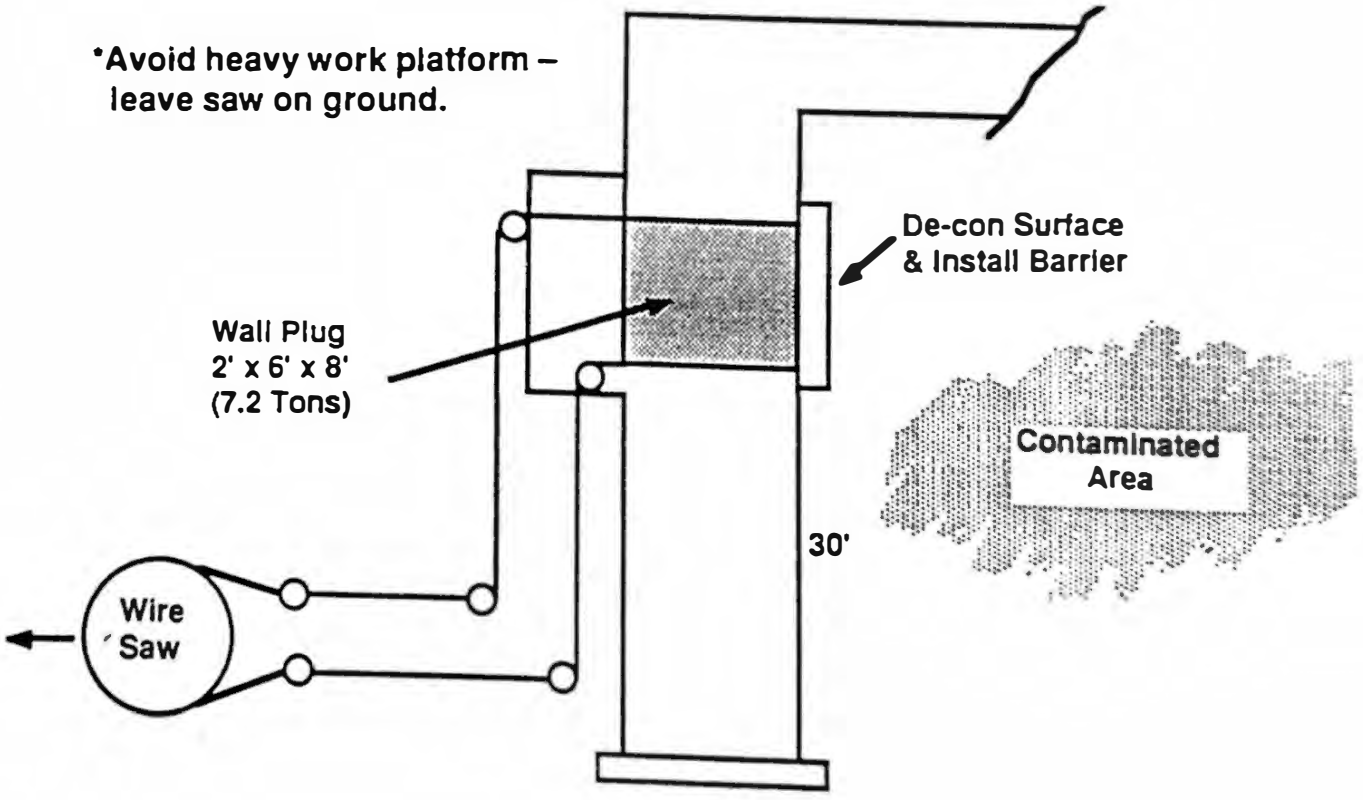
© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

ATOMKRAFTVERK I USA.

ÅPNING AV KONSTRUKSJONEN FOR

INSTALLASJON AV NY DEL.

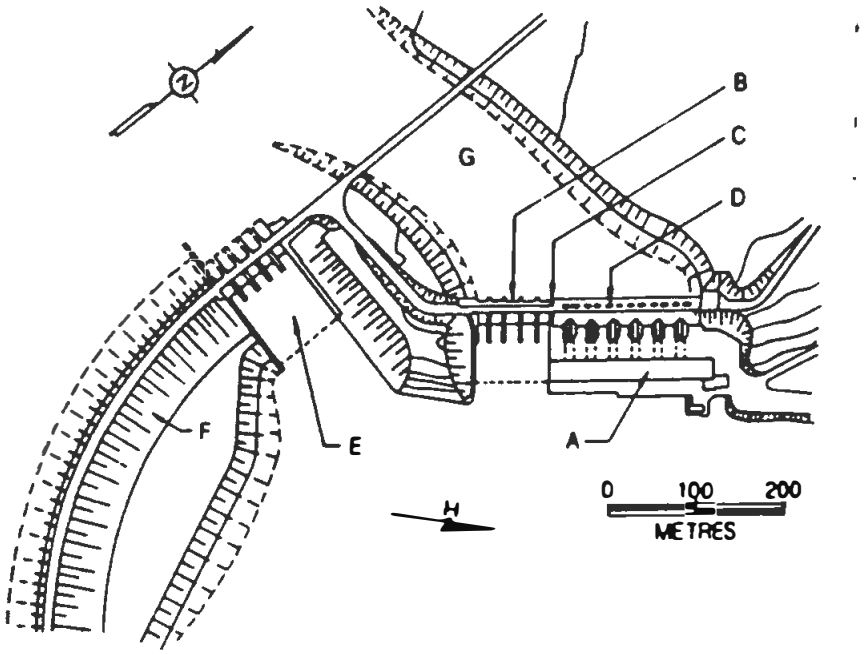
2 MANN 40-60 MANNTIMER.



© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

På dette tidspunkt i 1985 var man fremdeles usikker på årsaken til betongskadene på kraftstasjonen og på dammen. En rekke teorier om dette ble diskutert. Blant disse var bevegelse i fjellfundamentet, vanntrykk fra turbinrøret utøvet på kraftstasjonens betongfundament, alkali-kisel reakajoner, kjemisk endring av fjellfundamentets sammensetning, utløsning av restspenninger i fjellet og utvidelse osv. osv. Dess flere teorier som ble lansert, jo flere instrumenter ble installert for å overvåke bevegelsene. Først i 1986 var man enige om diagnosen; det var en såkalt langsom (!) alkali-kisel reaksjon man var vidne til.

Kraftverksledelsen besluttet å konsentrere skadebegrensings-tiltakene mot bevegelse av flomløpspillarene til inntaket. Dette var fordi inntaket ligger vis á vis det 131 meter lange flomløpet. (Se figur 6). Inntakskonstruksjonen består av en 162 meter lang og 48 meter høy massivdam med ett inntak (med midtpillar) til hvert av de seks aggregatene. Bredden på inntaket til hvert aggregat er 19.8 meter, og avstanden mellom hvert aggregats inntak et 4.6 meter. Etter å ha vurdert flere alternative typer mottiltak, besluttet man seg for å skjære "ekspansjonsfuger" ved hjelp av diamantwire i betongen i inntaket.



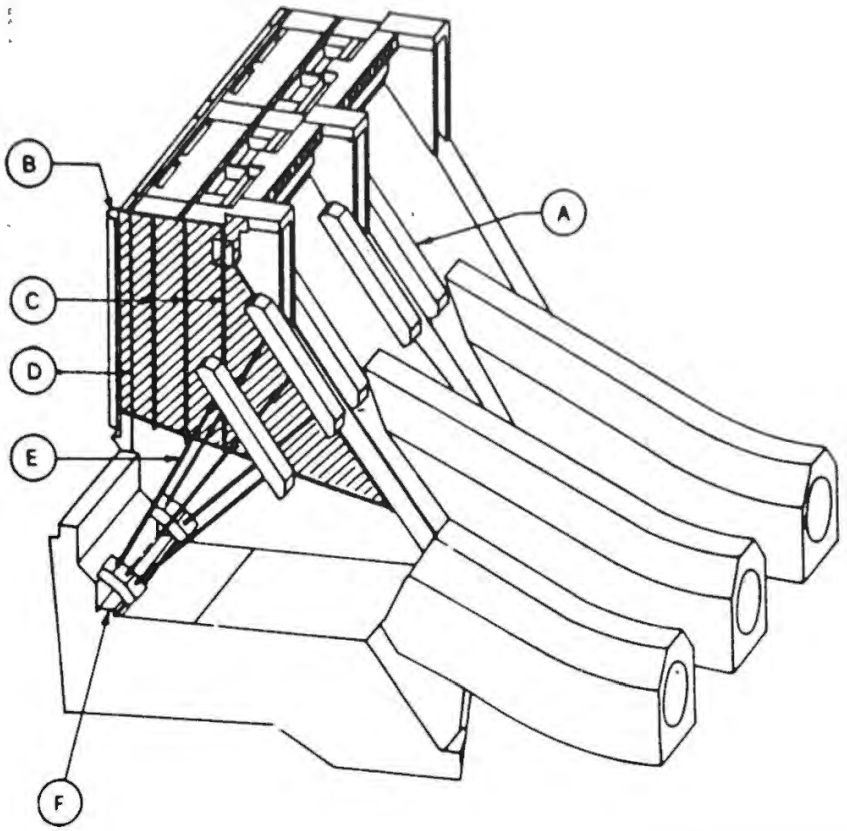
Figur 6. Planskisse av kraftverket og dam

(A) Kraftstasjon
(B) Hovedflomløp
(C) Endepillar i hovedflomløpet
(D) Inntak
(E) Omløp
(F) Hoveddam
(G) Inntakskanal
(H) Saint John River

For å beregne langtidsvirkningen av "ekspansjonsfugene" som mottiltak mot alakali-kisel reaksjonene, brukte man finite element analyser. Beregningsmodellen viste blant annet at alkali-kisel reaksjonene førte til størst ekspansjon øverst på tvers av inntaket hvor bevegelsene møtte mindre fysisk motstand enn lengre nede og langsetter fundamentet. Dessuten bekreftet modellen at virkningen av ekspansjonen kulminerte i pillaren mellom flomløpet og inntaket. Man regnet derfor med at en "ekspansjonsfuge" her ville være mest effektivt. (Se figur 7).

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

"Ekspansjonsfugen" som ble saget her, lukket seg delvis, altså på grunn av spenningene i dammen. Dette forte til bevegelse i dammen slik at den trakk seg nesten 5 millimeter tilbake mot sin opprinnelige fasong. Spenningene i betongen ble redusert med 1.5 MPa. Den gjenværende delen av "ekspansjonsfugen" ble til slutt tettet.



Figur 7. Den første "ekspansjonsfugen" ble saget i hovedflomløpets endepillar

Skyggelagt område viser "ekspansjonsfugen".
(A) Betongforankring
(B) Fangdam
(C) Utsparinger
(D) Waterstop
(E) Stag
(F) Drensgalleri

Man besluttet å sage flere "ekspansjonsfuger" i årene som kommer, og en fremdriftsplan ble lagt opp. Dette innebar å skjære 6-10 mm brede vertikale "ekspansjonsfuger" fra damkronen og nedover på fem forskjellige steder i inntaket, samt å forankre hver enkelt av seksjonene ved hjelp av stag fra inntaksdammens øvre luftside og på skrå ned til dammens drensgalleri. Dessuten la man inn skrå armering på tvers av "ekspansjonsfugene" fra damkronen og fra inntakets luftside, samt dren og waterstop.

Etter som man vinner mere erfaring med virkningen av "ekspansjonsfugene", har man til hensikt å lage enda flere og kanskje utvide de "fugene" man allerede har laget dersom dette viser seg hensiktsmessig.

Hvis noen ønsker mere informasjon om det kanadiske innlegget om alkali-kisel reaksjoner på ICOLD-konferansen, så ta kontakt med Eystein Kallhovde i VR (tlf. 02-780065). VR kan også formidle kontakt med representanter fra det kanadiske kraftselskapet.

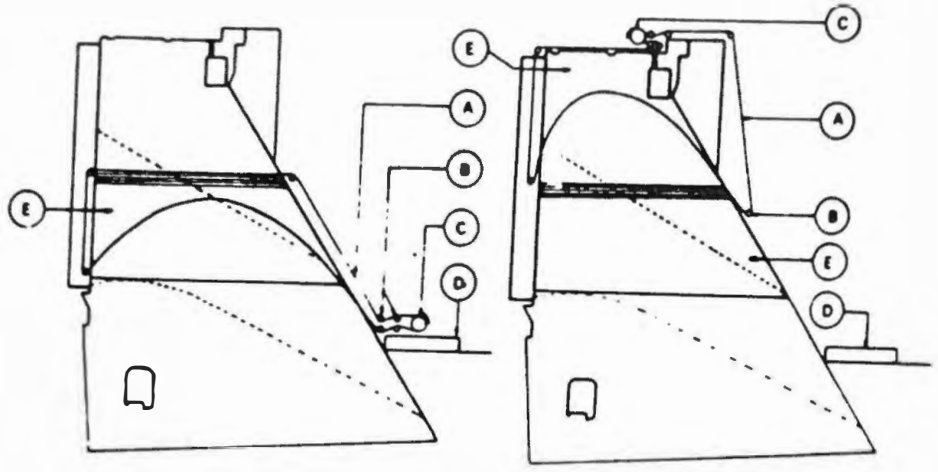
KILDE: DRIFTSERFARINGER VR 03-91

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

DIAMANTSKÅRNE "EKSPANSJONSFUGER" I MASSIVDAM

I artikkelen "Alkali-kisel reaksjoner, mottiltak i Kanada" i denne utgaven av TD-nytt beskrives en relativt ukjent måte å håndtere alkali-kisel skader på. Metoden baseres på skjæring av vertikale "ekspansjonsfuger" ved hjelp av diamantwire. Denne artikkelen gir en kort sammenfatning av teknikken og hvordan den kan brukes på dammer.

Diamantwiren som ble brukt til å skjære "ekspansjonsfugene" bestod av en kontinuerlig løkke drevet av en motor med et gummibeskyttet drivhjul på 1.22 meters diameter. Løkken ble ledet inn i dammen ved hjelp av en rekke gummibeskyttede trinser og ble holdt stram via en hydraulisk glideskinne. (Se figur 8). Diamantskjæringen begynte høsten 1988. Entreprenøren arbeidet 24 timer i døgnet, 7 dager i uken og skar en 10 mm bred ekspansjonsfuge" på 480 kvadratmeter på 14 dager. (Se figur 9).



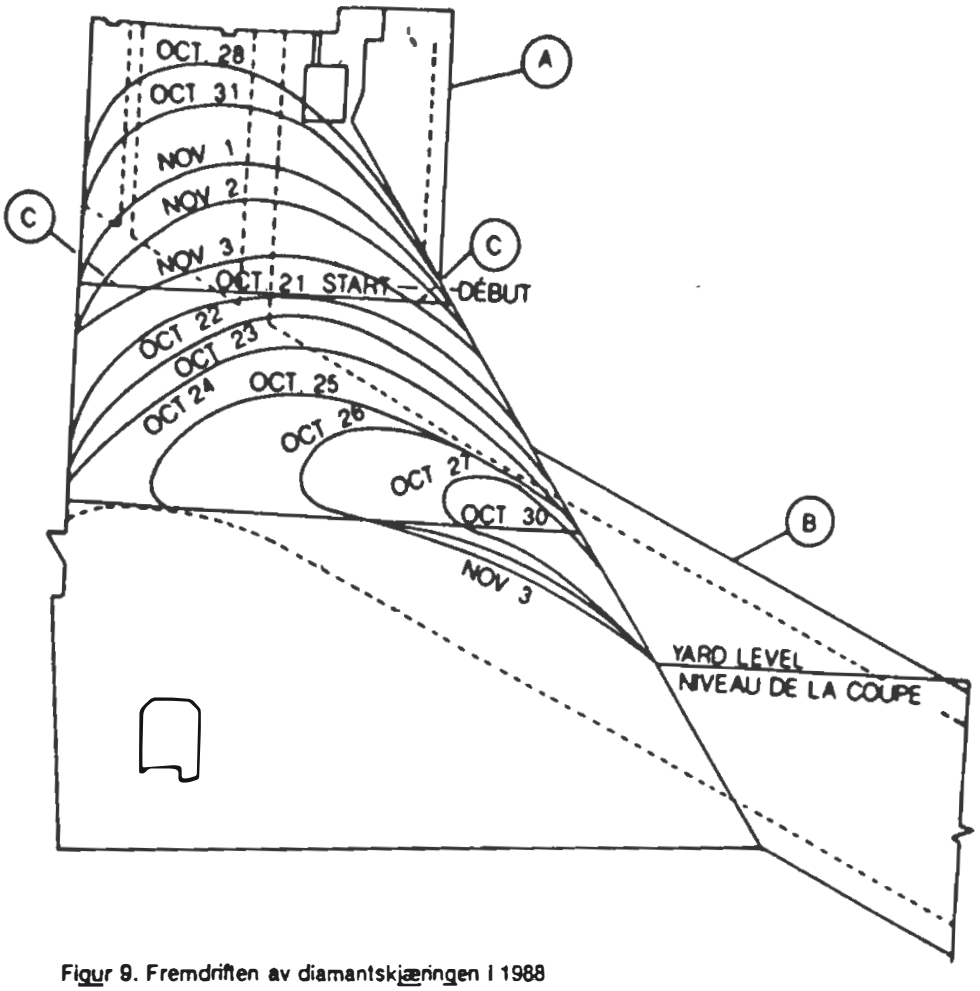
Figur 8. Utstyr for diamantskjæring i dam.

(A) Diamantwire
(B) Trinse
(C) Drivhjul
(D) Slamsamler
(E) Ferdigskåret areal

Høye spenninger i betongen på tvers av "ekspansjonsfugene" på grunn av temperaturutvidelse og alkali-kisel reaksjonene kunne føre til at diamantwiren kilte seg fast under skjæring. Faren for dette var særlig stor et stykke ned i dammen hvor spenningene ennå ikke hadde fått utløsning. For å unngå fastkiling, vurderte man diverse mottiltak. Blant disse var å etablere en midlertidig dempende ispute inne i fugen, å bruke flatjekker samt å anvende et konsept basert på lokal knusning av betongen. Det var sistnevnte alternativ som ble valgt.

Knusekonseptet innebar å bore endel horisontale hull fra dammens luftside mot vannsiden nær "ekspansjonsfugen". Hensikten med hullene var at disse skulle ta opp endel av spenningene ved å kollapse når trykket ble stort nok. Det viste seg i ettertid at knusningssonen var unødvendig da spenningene forplantet seg i oppover i dammen og i tidligere sprekker og "ekspansjonsfuger".

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare



Figur 9. Fremdriften av diamantskjæringen i 1988

(A) Inntak
(B) Turbinrør
(C) Startsted for skjæring

Dersom noen ønsker mere informasjon om denne teknikken og hvilke andre erfaringer man har høstet med denne, kan VR v/Eysteln Kallhovde formidle kontakt med aktuelle personer. Ring 02-780065.

KILDE: DRIFTSERFARINGER VR 03-91