

Pg. Karel Haas, VÚHU:

### Problematika sanace zatopených důlních děl v SHR

V uplynulých deseti až patnácti letech došlo v Severočeském hnědouhelném revíru k zastavení některých hlubinných dolů a u většiny z nich bylo zároveň zrušeno čerpání důlních vod. V souvislosti s tím se vynořil postupně problém sanace nezavalených důlních děl v místech, kde se nacházejí pod důležitými povrchovými objekty jako jsou např. silnice, železniční tratě, budovy apod. Technické řešení sanace se často komplikuje tím, že nezavalená díla se zatopí důlní vodou po zrušení čerpacích stanic dříve, než dojde k jejich zaplavení nebo založení obvyklým hornickým způsobem.

Problémy sanace zatopených důlních děl byly řešeny v roce 1968 v souvislosti s ochranou trati ČSD Ústí nad Labem - Chomutov v km 7,53 - 8,53 v prostoru zastavených hlubinných provozů Milada II a Kateřina v teplicko-ústecké části revíru. V současné době nabývá otázka sanace zatopených důlních prostor stále větší důležitosti při řešení definitivní ochrany teplických termálních pramenů a řešení návrhu těsnění starých průvalových míst na zastavených dolech Döllinger, Gisela a Viktorín.

#### Sanace drážního pilíře trati ČSD Ústí n. L. - Chomutov v km 7,53-8,53

Drážní pilíř v uvedeném úseku železniční trati byl v hloubce zhruba 66,0 m (na kótě 114 m n.m.) prorazen čtyřmi dosud nezavalenými a nezaloženými chodbami o průřezu zhruba 12,5 m<sup>2</sup>. Ostatní díla, procházející pilířem v jiných úrovních, byla před vzestupem hladiny důlních vod sanována zaplavením směsí škváry a vody pomocí vrtů hloubených do důlních děl z povrchu terénu. Tento obvyklý způsob, o němž se nebudeme blíže šířit, vyhovoval ovšem pouze do té doby, než důlní voda po zrušení čerpací stanice na jámách Milada II a Kateřina stoupla na kótu 114 a pak úplně zatopila zbývající chodby v drážním pilíři. V době, kdy kóta zatopení dosáhla 120,5 m n.m., bylo pracovníky Dolů Antonína Zápotockého, n.p., úžín zji-

štěno, že dosavadní způsob zaplavování je v nových podmínkách neúčinný. Vrtý, ústící do zatopené chodby, se zahltily v krátké době a do chodby se podařilo založit maximálně několik desítek m<sup>3</sup> materiálu, který zřejmě vytvořil v ústí zaplavovacího vrtu v chodbě poměrně malý kužel, který se dále nerozplavoval, bránil tak příchodu dalšího materiálu a způsobil nakonec ucpání samotného vrtu.

Čtyři chodby č. 22, 23, 25 a 26 (obr. 1 a 2) zůstaly tedy nezaloženy a představovaly nadále vážné nebezpečí pro provoz na jmenované železniční trati.

Výsledkem řešení uvedené problematiky ve Výzkumném ústavu pro hnědé uhlí v Mostě byl návrh tří odlišných způsobů sanace, z nichž některé si zaslouží bližší pozornosti.

1. alternativa řešení uvažovala snížení hladiny důlní vody v zatopeném prostoru dolů Kateřina a zejména Milada pod počvu nezabezpečených chodeb v drážním pilíři a jejich zaplavení podle dřívější osvědčené technologie.

Úkolem bylo snížit hladinu čerpáním pomocí ponorných čerpadel na vhodných objektech (staré jámy, event. nově vyhloubené vrtý) z kóty 120,5 m na kótu 114 m n.m.

Snížení hladiny důlních vod v zájmovém území však znamená regionální snížení v rozsáhlé nádrži s dobrou komunikací a neobejde se bez odčerpání značného objemu vody.

Určitým specifickým důlně-hydrogeologickým problémem bylo určení objemu statických zásob důlních vod v intervalu mezi kótami 120,5 a 114,0 m n.m., určení doby potřebné k dosažení patřičného snížení a velikosti dynamického přítoku slojových vod, které bude nutno rovněž odčerpávat.

Pro celkový objem důlní vody  $W$ , který je nutno odčerpat k dosažení daného snížení v statické nádrži důlních vod, byl odvozen přibližný vztah

$$W = V \cdot z + \frac{(V \cdot z)^2}{s \cdot q \cdot t} = V \cdot z \left( 1 + \frac{V \cdot z}{s \cdot q \cdot t} \right); T_0 = \frac{W}{q},$$

kde  $V$  = objem zatopené sloje včetně chodeb, stařin a uhlí ve výškovém intervalu mezi kótami 114 až 120,5 m

$z$  = celkový koeficient aktivní dutinatosti rubané sloje (aktivní "porovitost" rubané sloje). Na základě předcházejících prací  $\lambda$  čísl v uvažovaném prostoru 0,055



$s$  = požadované snížení hladiny důlních vod

$q$  = celkový skutečný výkon čerpadel, která se použijí k odčerpávání objemu důlní vody  $W$ , neboli předpokládané čerpané množství vody v průběhu snižování hladiny

$t$  = průměrná doba, potřebná ke vzestupu hladiny důlních vod v uvažovaném výškovém intervalu o 1 m

$T_0$  = doba čerpání, potřebná k dosažení snížení  $s$

Podle uvedeného vztahu bylo zjištěno, že k dosažení požadovaného snížení by bylo nutno odčerpat ze statických zásob celkem  $1,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vody a z dynamických zásob  $0,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vody. K udržování deprese po dobu sanace by bylo nutno čerpat přítok  $6.465 \text{ m}^3/\text{den}$ . Při výkonu čerpadel  $8 \text{ m}^3/\text{min}$  by bylo nutno čerpat 7 měsíců, než by hladina klesla pod počvu sloje.

Bližší údaje o metodice přibližných výpočtů akumulace důlních vod a přítoku neuvádíme a odkazujeme na literaturu /1, 2, 3, 4/.

Je zřejmé, že tato alternativa je náročná jednak časově, technicky a zejména ekonomicky, a proto nebyla nakonec v uvažovaném případě realizována.

II. alternativa uvažovala zaplavení chodeb v drážním pilíři při nesnížené hladině důlních vod.

Navrhovaný způsob je založen především na předpokladu, že voda, popílek a jemnozrnná škvára po zahájení plavení vytvoří v zatopené chodbě fyzikální směs vody a klastického materiálu, jehož jemnozrnné frakce budou velmi dlouho sedimentovat a mohou být tedy ovlivněny i velmi pomalým prouděním vody v chodbě. Předpokládalo se, že pomalého proudění bude dosaženo čerpáním vody ze širokopráhového vrtu, umístěného do zaplavované chodby na protilehlé straně železniční trati (obr. 3).

Navržená alternativa tedy předpokládala vytvoření nuceného proudění vody v sanované chodbě, a to systémem dvou vrtů, z nichž jeden by sloužil k plavení popílku a druhý, situovaný na protilehlém konci chodby, pro čerpání vody pomocí ponorného čerpadla.

Systém dvou vrtů byl doplněn vrtem pozorovacím, umístěným 5 m od vrtu čerpacího směrem k trati. Pozorovací vrt měl sloužit v první fázi ke kontrole postupu zaplavování a v závěrečné fázi pro konečné zaplavení chodby na protilehlé straně. Uvedeným způsobem měla být sanována chodba v délce 42 m.

Profil chodby činí zhruba  $12,5 \text{ m}^2$ , provozní čerpané množství na čerpacím vrtu se uvažovalo  $1,3$  až  $1,5 \text{ m}^3/\text{min}$ . Kdyby uvedené množství vody protékalo plným profilem chodby jedním směrem, dosahovala by rychlost proudění  $0,10 - 0,12 \text{ m/min}$ . Poněvadž je však nutno počítat s tím, že k čerpacímu vrtu v úplně zatopené chodbě proudí voda z obou směrů, je možno reálně předpokládat, že skutečná rychlost proudění vody v chodbě k filtru čerpacího vrtu bude na počátku cca  $0,06 \text{ m/min}$ . S postupujícím plavením se průtočný průřez chodby zmenšuje, rychlost proudění částečně vzrůstá a popílek se tak dostává stále do větší vzdálenosti od ústí zaplavovacího vrtu. K zvýšení rychlosti proudění mezi dvojicí vrtů pravděpodobně rovněž přispívá plavení směsi vody a popílku pod tlakem pomocí kalového čerpadla.

Uvedená alternativa byla rovněž ekonomicky výhodná, a proto se v roce 1969 přistoupilo k její realizaci. V současné době je již ukončeno zaplavení chodby č. 25 a probíhají vrtné práce potřebné pro zaplavení zbývajících chodeb (obr. 1).

#### Situování, konstrukce a způsob provedení jednotlivých vrtů při sanaci chodby č. 25

Jelikož podle požadavku DBÚ je nutno sanovat zatopenou chodbu v drážním pilíři  $21 \text{ m}$  na každou stranu od osy železničního tělesa, byly vrty umístěny tak, aby vyhověly uvedenému požadavku.

- a) Zaplavovací vrt Vkl 42 byl navržen a proveden jako šikmý pod úhlem  $30^\circ$  od svislice, aby se proud vody a popílku (směs) usměrnil dodatečně ve směru k čerpacímu vrtu na protilehlé straně železniční trati. Strop chodby byl navrtán ve svislé bloubce  $64 \text{ m}$ , šikmá délka vrtu je  $74 \text{ m}$  a ústí vrtu v chodbě je vzdáleno od osy trati cca  $18 \text{ m}$ , při čemž ústí vrtu na povrchu je posunuto od osy trati  $55 \text{ m}$  (obr. 2). Vrt byl vystrojen pažnicemi o  $\varnothing 108/99 \text{ mm}$  v délce  $75,60 \text{ m}$ . Mezikruží mezi stěnou vrtu a pažnicemi bylo utěsněno cementovou tamponáží v úseku  $20 \text{ m}$ . Na povrchu terénu byly pažnice ukončeny přírubou pro připojení potrubí od kalového čerpadla. Provedení šikmého vrtu bylo náročnější z hlediska vrtné technologie. Vrt se prováděl rotačním způsobem na výplach s plnou čelbou pomocí prototypu vrtné soupravy pro šikmé vrtání navržené ve VÚHU Most v r. 1963 původně pro účely podzemního zplynování uhlí (obr. 4).



Vrtnou soupravu tvoří po konstrukční stránce nosný rám, vrtný stožár spojený s rotačním zařízením, těžní zařízení a výplachové čerpadlo. Vrtným stožárem se zde rozumí vodící dráha s těžním vozíkem, stavitelná pod úhlem  $15 - 45^\circ$  od svislice.

Základní parametry soupravy jsou následující:

|                                                                            |                       |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| počáteční průměr vrtu max.                                                 | 245 mm                |
| maximální konečný průměr zapáženého vrtu                                   | 152 mm                |
| maximální délka vrtu                                                       | 120 m                 |
| celkový zabudovaný výkon elektromotorů včetně pohonu výplachového čerpadla | 45,165 kWh            |
| celková váha bez nářadí                                                    | 6 000,00 kp           |
| výplachové čerpadlo LPV 4" x 6"                                            |                       |
| - dopravované množství výplachu                                            | 316 l/min             |
| - provozní tlak                                                            | 26 kp/cm <sup>2</sup> |
| průměrná rychlost vrtání                                                   | 4 - 6 bm/8 hod        |

b) Pozorovací vrt Vkl 35 byl umístěn 21 m od osy trati na protilehlé straně k vrtu šikmému. Vrt byl proveden rotačním způsobem na výplach soupravou AG 500 a vystrojen pažnicemi  $\varnothing 108/99$ , utěsněnými v mezikruží tamponážním cementem. Hloubka vrtu na strop chodby činila 64 m. V průběhu plavení sloužil ke sledování úrovně popísku v chodbě.

c) Čerpací vrt Vkl 41 byl situován 26 m od osy železniční trati (obr. 3). Průměr výstroje vrtu činil 355 mm, v úseku 61,2 a 65,6 m byl lepený filtr VP III. Ponorné čerpadlo typu 100 F-1364-44 o výkonu 1500 l/min bylo zapuštěno do hloubky 65,60 m na vrtných trubkách  $\varnothing 98$  mm. Sání čerpadla bylo v hloubce 64,20 m. Dále byly do vrtu zapuštěny vrtné tyče o  $\varnothing 2"$  do hloubky 61,20 m pro sledování úrovně hladiny vody.

#### Technologie plavení

Čerpací a šikmý vrt byly propojeny přírubovým potrubím  $\varnothing 125$  mm. Do uvedeného okruhu byl zařazen agregát, který se skládal z násypného a směšovacího zařízení, před nímž byl v potrubí zamontován průtokoměr a manometr, a z kalového čerpadla PAN-NZ-6 1000 - 1500 l/min, které bylo potrubím napojeno přímo na pažnice šikmému vrtu. V průběhu plavení vznikl tak uzavřený oběh vody v množství zhruba 1300 l/min, do něhož se přidával popílek a

jemnozrnná škvára tak, aby byl udržován poměr zhruba 1 : 13. Čerpané množství vody na čerpacím vrtu bylo po většinu doby sanace spolu s popílkem čerpáno opět kalovým čerpadlem do chodby.

Směšovací zařízení se skládalo jednak z trychtýře, kam byl popílek a škvára dopravován šnekovým dopravníkem, a jednak z trysky, která byla napojena na potrubí  $\varnothing$  125 mm, jímž se přiváděla voda z čerpacího vrtu. Experimentálně byl určen optimální průměr trysky 60 mm vyhovující daným hydraulickým poměrům plavícího zařízení. Rychlost proudění vody za tryskou ve směšovači dosahovala zhruba 8 m/sec.

Kalové čerpadlo přebíralo směs vody, popílku a škváry a dopravovalo ji dále do šikmého zaplavovacího vrtu pod tlakem  $2 \text{ kp/cm}^2$ . Průběh plavení i jeho výsledek je dobře patrný z přehledné tabulky hodnot (tab. 1).

Výsledek sanace chodby č. 25 byl nad očekávání úspěšný a zcela potvrdil teoretické předpoklady. Předpokládalo se, že při délce sanovaného úseku chodby 42 m a jejím průřezu  $12,5 \text{ m}^2$  musí být splaveno celkem  $525 \text{ m}^3$  klastického materiálu, aby sanace odpovídala požadavkům OBÚ. Ve skutečnosti bylo splaveno celkem  $620 \text{ m}^3$  popílku a škváry, která vyplnila chodbu, zaplnila i okolí pozorovacího vrtu až do výšky 30 cm pod strop sloje a ke konci plavení směs ucpala i filtr čerpacího vrtu a vyřadila z provozu ponorné čerpadlo.

Podle měření na pozorovacím vrtu se ukázalo, že úroveň zaplaveného popílku se zvyšovala až do čtvrtého dne po skončení plavení na šikmém vrtu. Dokazuje to, že sedimentace jemnozrnného popílku, u něhož průměr středního zrna  $d_{50}$  se pohybuje od 0,10 do 0,20 mm, probíhá v prostředí zatopené chodby velmi pomalu, takže popílek může být zanášen i pomalým proudem vody do značných vzdáleností.

Hloubka hladiny důlních vod před zahájením plavení byla změřena na vrtech Vkl 41 (čerpací) a na vrtu Vkl 35 (pozorovací) a dosahovala 58 m hloubky, tj. byla ustálená na kótě zhruba 120 m n.m. ve výšce 6 m nad stropem sanované chodby.

III. alternativa sanace předpokládala provedení hrází pod vodní hladinou tamponážním cementem, který by se do chodby dopravoval dvěma vertikálními vrty, situovanými po obou stranách trati v nejbližší vzdálenosti, kterou připouští předpisy ČSD. Tamponážní cement by se dopravoval do sanovaných prostor cementačními agregáty typu Ca 300, používanými pro cementační práce



na hlubinných vrtech v rámci n.p. České naftové doly, Hodonín a Geoindustria, závod hlubinných vrtů v Byšicích, okres Mělník.

Cementační agregát je vybaven směšovacími zařízeními o výkonu 1180 l/min a kalovým čerpadlem PAN-NZ-6.

Počítáme-li, že chodby by se zaplňovaly směsí 50 kg cementu + 25 litrů vody = 75 kg směsi, bylo by pro každou ze sanovaných chodeb zapotřebí 640 t cementu a 312 m<sup>3</sup> vody. Celková spotřeba cementu pro 4 chodby je 2 560 t.

Kromě toho doba tuhnutí cementové směsi se pohybuje okolo 100 min. Objem určený k sanaci je cca 263 m<sup>3</sup> a výkon cementačního agregátu max. 1,3 m<sup>3</sup>/min. Bylo by tedy třeba k provedení bezpečné sanace navrhovaným způsobem dvou cementačních agregátů, i když je možno dobu tuhnutí cementové směsi zvýšit přidáním zpoždovačů tuhnutí až na 150 min.

Nevýhody této alternativy jsou především ve velké spotřebě nedostatkového cementu, jeho dopravě na místo sanace a případného skladování. Pro daný úkol uvedená alternativa nevyhovuje, ovšem může být velmi úspěšná v jiných případech. Např. v roce 1968 byl pomocí subakvatické hráze utěsněn první průval porfyrových vod na dole Viktorin v osecko-duchcovské oblasti. Pomocí čtyř širokopráhových vertikálních vrtů byla cementem vyplněna zatopená průvalová komora s velmi dobrým konečným výsledkem. Před sanací přitékalo průvalovým místem do osecko-duchcovských dolů cca 50 - 60 m<sup>3</sup>/min porfyrové vody. Po provedené sanaci výše naznačeným způsobem činil přítok pouze 86 l/min (4).

### Z á v ě r

Sanace zatopených důlních děl není obvyklou báňskou a důlně-hydrogeologickou záležitostí a provádí se většinou jen v těch případech, kdy zatopená důlní díla by při zavalení ohrozila stabilitu důležitých povrchových objektů vlivem poklesu terénu nebo dokonce vznikem hlubokých propadlin při menších mocnostech nadloží.

V této souvislosti je nutno zdůraznit, že zatopení důlního díla nezabrání závalu, spíše jej může v mnoha případech usplšit. Voda v zatopené chodbě sice působí svým hydrostatickým tlakem na strop, boky i počvu chodby, ovšem tento tlak je vzhledem k horskému tlaku nadloží v podmínkách SHR zanedbatelný. Naopak podmáčením stropu důlních děl, zejména bezprostředního nadloží dobývaného ložiska, se může proces zavalování podstatně urychlit.

Dále sama důlní voda nemůže přenášet žádné horské tlaky, poněvadž soustava zatopených důlních děl není dokonale uzavřený hydraulický systém, ve kterém by se uplatňovala praktická nestlačitelnost vody jako kapaliny a kde by vlastně voda přejímala funkci základky.

Z ekonomického hlediska je sanace zatopených důlních prostor vždy podstatně nákladnější než zakládání, zaplavování apod. důlních děl nad hladinou podzemních vod. Je tedy účelné při zastavování hlubinných provozů udržovat v chodu čerpací stanice do té doby, dokud nejsou zcela provedena všechna báňsko-technická opatření, vyvolaná zastavením dolu a závislá na úrovni hladiny důlních vod v daném dobývacím prostoru.

### L i t e r a t u r a

- 1/ Haas K., : Zatápění některých hlubinných dolů v centrální části Severočeského hnědouhelného revíru  
Košťál L.
- 2/ Kamenskij B.N., : Hydrogeologie ložisek užitečných nerostů  
Klimentov P.P., SNTL Praha, 1968  
Ovčinnikov A.M.
- 3/ Businský S. : Problematika obsahu vod ve stařinách po komorování u zatopených dolů v SHR  
Technicko-ekonomický zpravodaj OR SHD Most č. 1, 1969, str. 1 - 14
- 4/ Löcker H. : Die Wassereinbrüche in die Dux-Ossagger Kohlengruben, ihre Einwirkung auf die Teplitzer Thermalquellen und ihre Ver-dämmung.  
Teplitz, 1899

### S h r n u t í

Speciálním technickým úkolem v SHR se stala sanace zatopených důlních děl pod důležitými povrchovými objekty. Bylo navrženo několik způsobů řešení, z nichž jako nejúčinnější se ukázalo zaplavování pod tlakem s nuceným oběhem vody. Podstatou řešení je systém vrtů, hloubených s povrchu do důlního díla. Zaplavovací vrt je šikmý, orientovaný směrem k protilehlému vrtu čerpacímu. Čerpáním vody ze zatopeného díla na čerpacím vrtu dochází v sanovaném prostoru k proudění, které velmi příznivě rozptyluje klastický materiál od zaplavovacího vrtu po celém sanovaném prostoru. Prostor se tak postupně zcela naplní plaveným materiálem, např. jemnozrnnou škvárou a popílkem a je tak znemožněn zával nadloží, který by porušil stabilitu chráněných povrchových objektů.



Tabulka č. 1

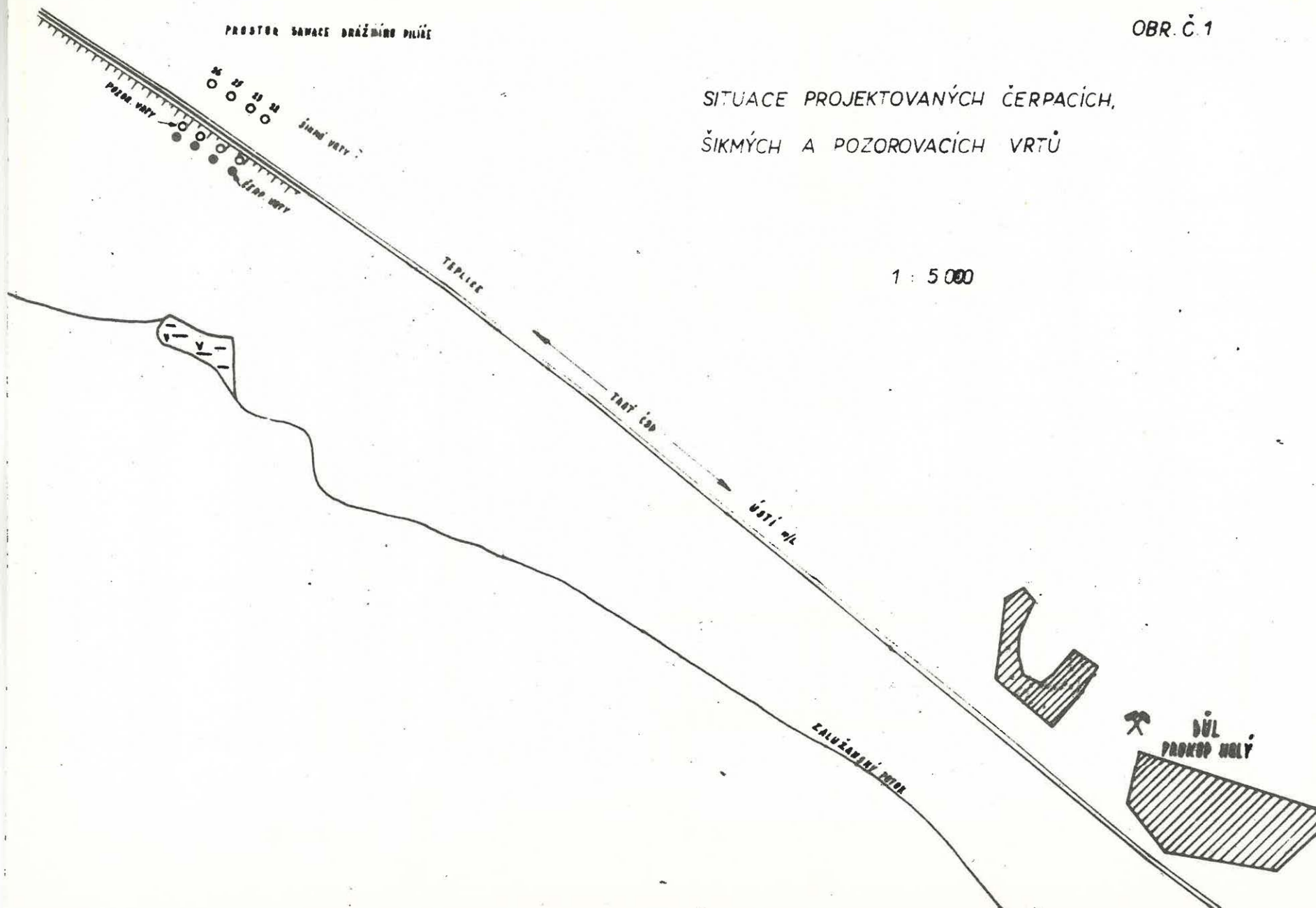
## Průběh sanace chodby č. 25

| Datum      | Množství materiálu<br>splaveného za směnu<br>(m <sup>3</sup> ) | Množství vody |                         | Poměr  | Úroveň popílku<br>v pozorov. vrtu |
|------------|----------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------|--------|-----------------------------------|
|            |                                                                | l/min         | m <sup>3</sup> za směnu |        |                                   |
| 25.10.1969 | 10 m <sup>3</sup> /5 hod.                                      | 1 300         | 390                     | 1 : 39 | 66,34                             |
| 29.10.1969 | -                                                              | -             | -                       | -      | 66,34                             |
| 30.10.1969 | -                                                              | -             | -                       | -      | 66,34                             |
| 31.10.1969 | 40 m <sup>3</sup> /8 hod.                                      | 1 300         | 620                     | 1 : 15 | 66,24                             |
| 3. 11.1969 | 80 m <sup>3</sup> /10 hod.                                     | 1 300         | 780                     | 1 : 10 | 66,24                             |
| 4. 11.1969 | 70 m <sup>3</sup> /10 hod.                                     | 1 300         | 780                     | 1 : 11 | 66,19                             |
| 5. 11.1969 | 60 m <sup>3</sup> /10 hod.                                     | 1 300         | 780                     | 1 : 13 | 66,19                             |
| 6. 11.1969 | 50 m <sup>3</sup> /10 hod.                                     | 1 300         | 780                     | 1 : 15 | 66,19                             |
| 7. 11.1969 | 80 m <sup>3</sup> /10 hod.                                     | 1 300         | 780                     | 1 : 13 | 66,11                             |
| 10.11.1969 | 60 m <sup>3</sup> /10 hod.                                     | 1 300         | 780                     | 1 : 13 | 66,06                             |
| 11.11.1969 | 50 m <sup>3</sup> /10 hod.                                     | 1 300         | 780                     | 1 : 15 | 65,82                             |
| 12.11.1969 | 60 m <sup>3</sup> /10 hod.                                     | 1 300         | 780                     | 1 : 13 | 65,45                             |
| 13.11.1969 | 50 m <sup>3</sup> /10 hod.                                     | 900           | 540                     | 1 : 11 | 65,18                             |
| 14.11.1969 | 30 m <sup>3</sup> /10 hod.                                     | 850           | 510                     | 1 : 17 | 64,94                             |
| 17.11.1969 | -                                                              | -             | -                       | -      | 64,46                             |
| 18.11.1969 | -                                                              | -             | -                       | -      | 64,23                             |
| 19.11.1969 | -                                                              | -             | -                       | -      | 64,20                             |
| Celkem     | 620 m <sup>3</sup>                                             |               |                         |        |                                   |

OBR. Č. 1

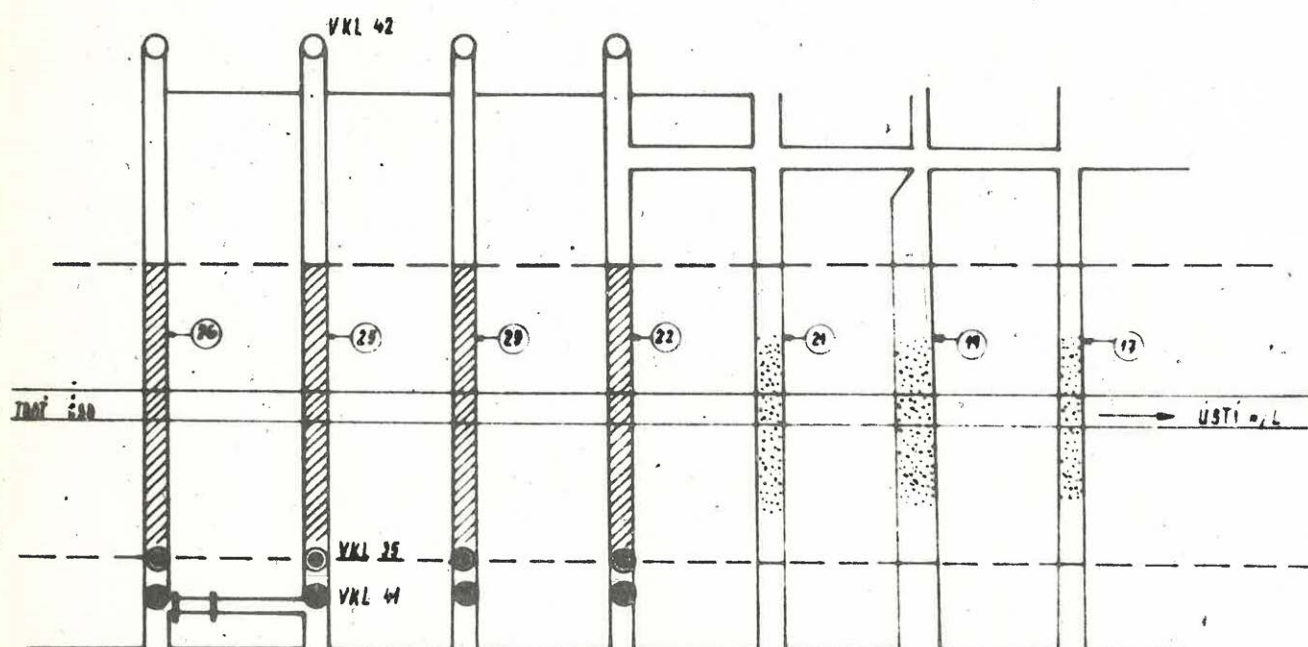
SITUACE PROJEKTOVANÝCH ČERPACÍCH,  
ŠIKMÝCH A POZOROVACÍCH VRTŮ

1 : 5 000





SCHEMA DŮLNÍ SITUACE  
V PROSTORU SANACE

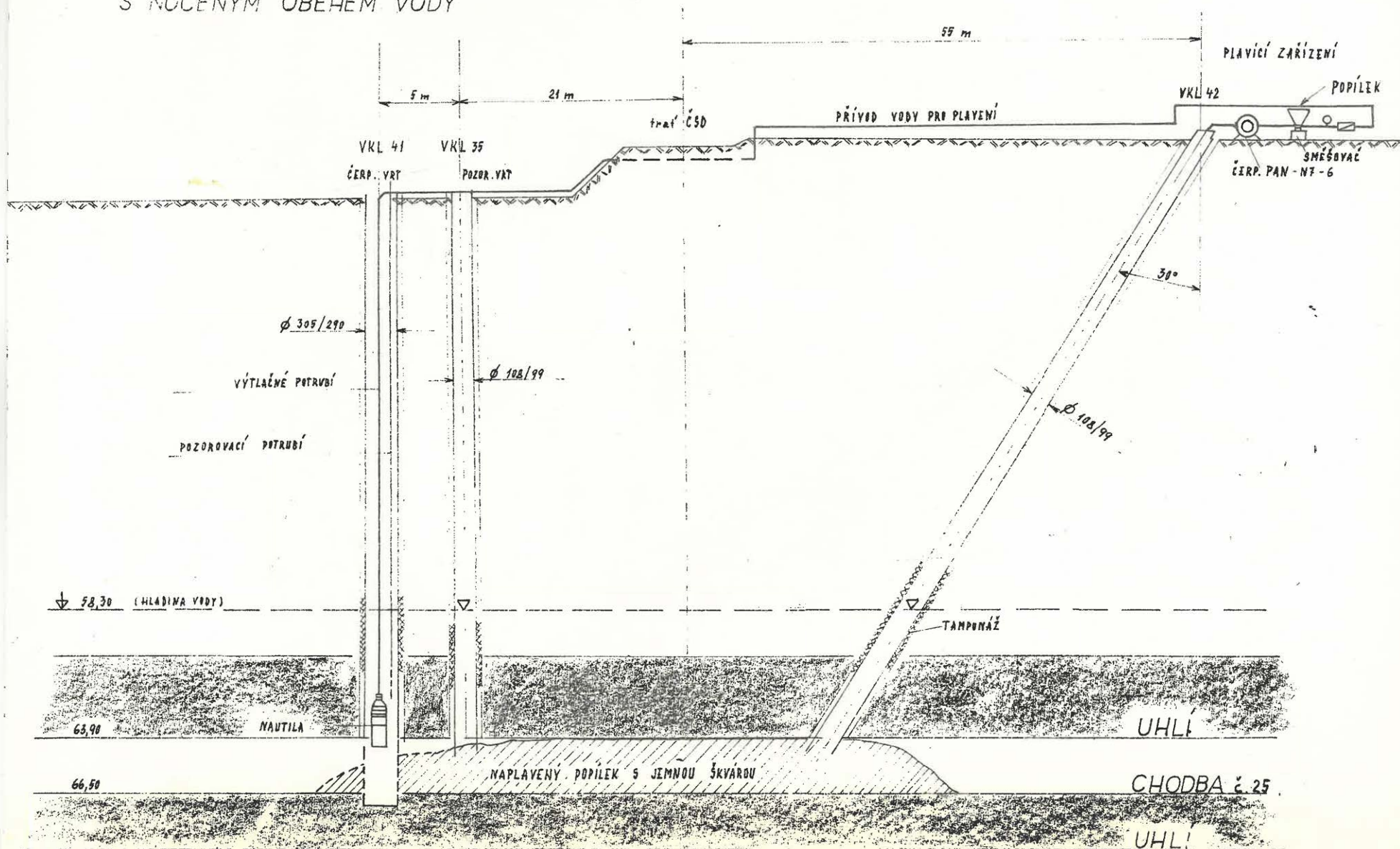


## VYSVĚTLIVKY :

-  DRÍVE ZALOŽ. CHODBY  
 CHODBY URČ. K ZAPLAVENÍ  
 ŠIKMÉ (ZAPLAVOVACÍ) VRTY  
 POZOROVACÍ VRTY  
 ČERPACÍ VRTY

1 : 5 000

SCHEMA ZAPLAVOVÁNÍ CHODBY  
S NUCENÝM OBĚHEM VODY





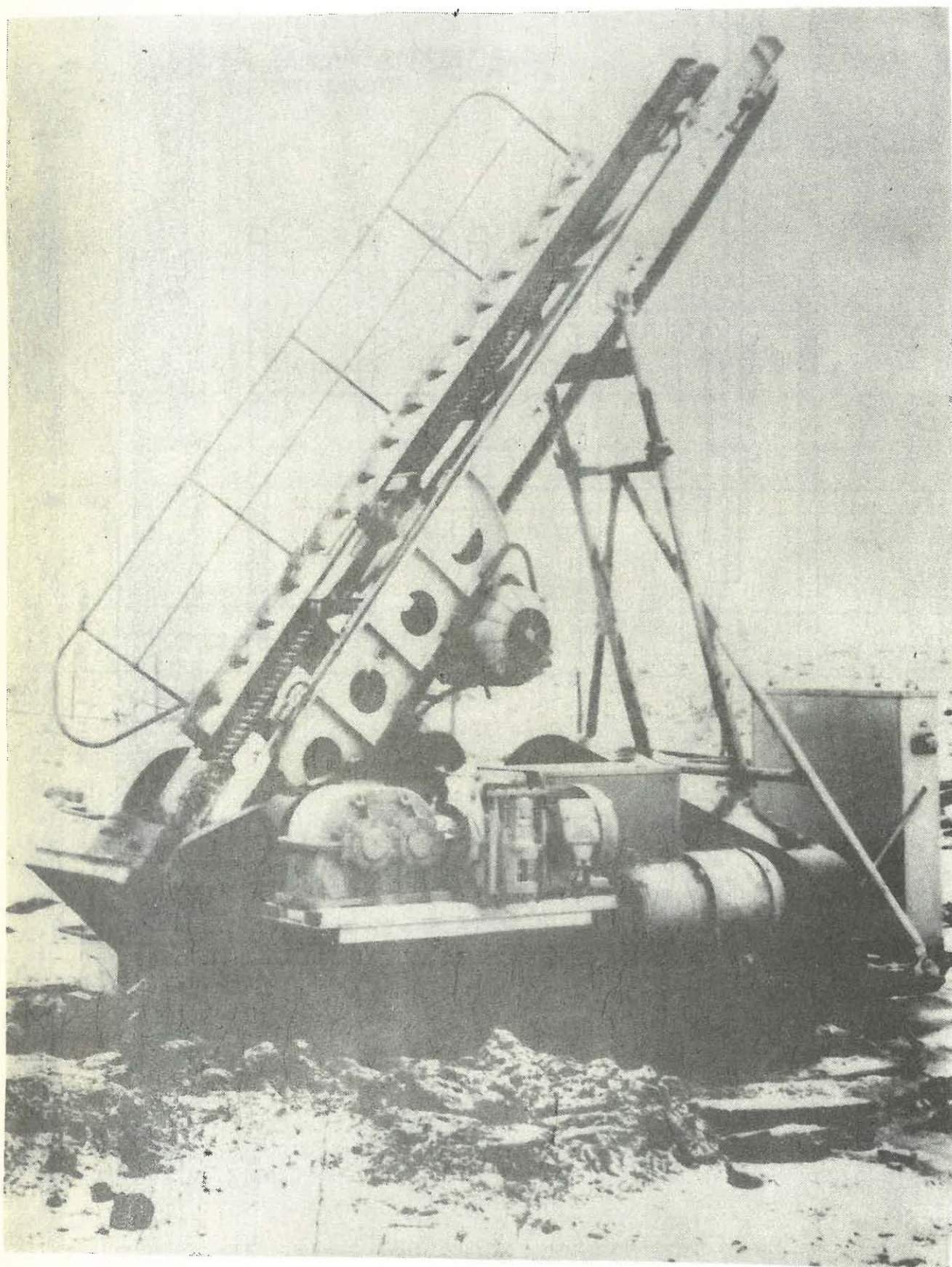


Fig. 4