

Pg. Jana J o z l o v á , VÚHU :

VÝSLEDKY DLOUHODOBÝCH ČERPACÍCH ZKOUŠEK V SHR

Hydrogeologický průzkum na území Severočeské hnědouhelné pánve je systematicky prováděn teprve od roku 1956. Do této doby byly hydrogeologické práce a měření prováděny bez jednotné koncepce, pro různé speciální účely, jako odvodňování dolu, zásobování vodou, sledování případných spojitostí s minerálními vodami apod.

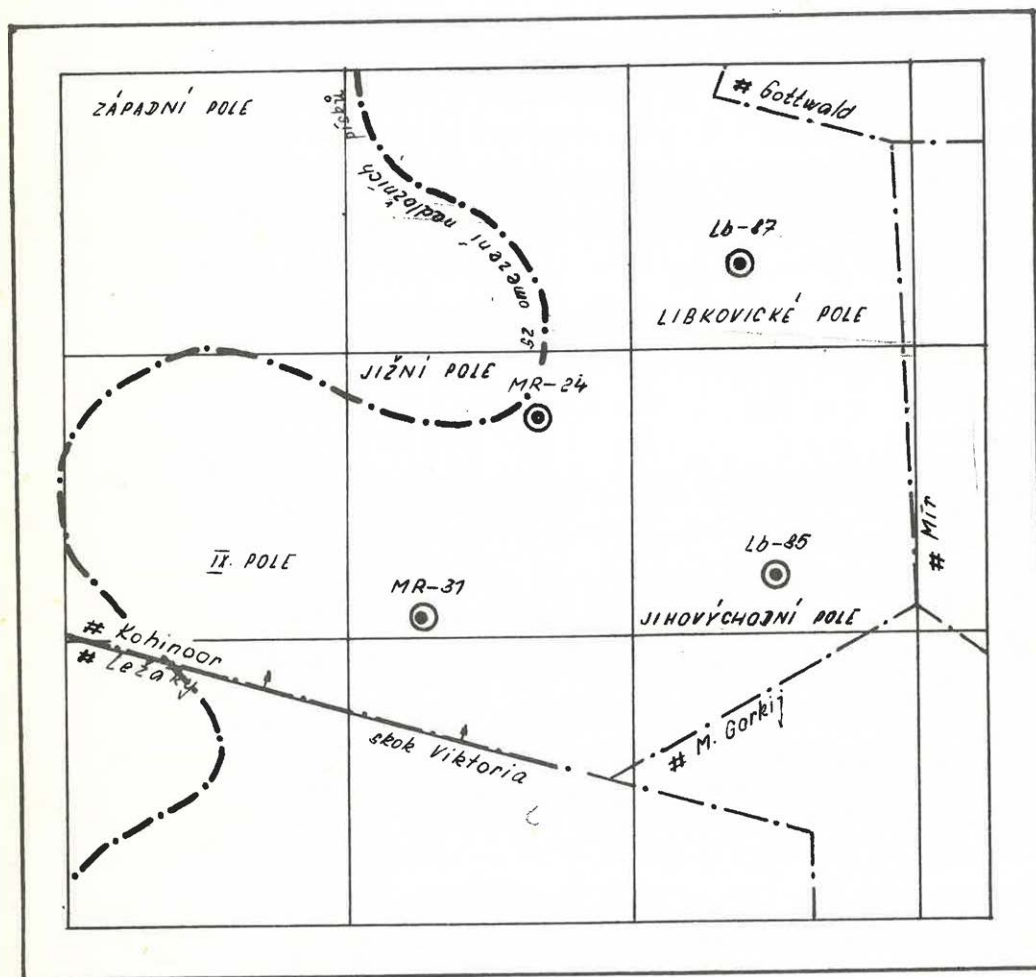
Vedle toho probíhaly v revíru od druhé poloviny 19. století odvodňovací práce bez jakéhokoli hydrogeologického průzkumu. Jednalo se především o nadložní písky, kuřavky, které způsobovaly těžbě značné potíže. Řízené odvodňování kuřavek vycházelo především z praktických zkušeností a do jisté míry stačilo k zabezpečení důlního provozu v omezeném rozsahu těžebních úseků. Širší souvislosti zkoumány nebyly, pro tože investice s tím spojené nesouvisely přímo s těžbou a nezaručovaly okamžitou návratnost. Tak se stalo, že rozsáhlé kuřavkové oblasti zůstaly neprozkoumány a kuřavkové písky byly dokonce pokládány za neodvodnitelné. Scházely prakticky všechny hydrogeologické údaje, jako uložení kuřavek, tlakové poměry, propustnost a odvodnitelnost.

Podobná situace byla v odvodňovací technice, která byla v polovině padesátých let zhruba na stejné úrovni jako před druhou světovou válkou. Odvodňovalo se výhradně spádovými vrty, jejichž použití bylo omezeno na hlubinné doly.

V důsledku rychlého rozvoje hlubinných dolů i lomů bylo nutno rozšiřovat těžbu do neprozkoumaných a neodvodněných oblastí. Protože pro velkolomy byly dosavadní zkušenosti s odvodňováním použitelné jen v omezené míře, vznikla potřeba vyzkoušení nové technologie, čerpání na povrch. S touto metodou, používanou v jiných terénech, např. v NDR a PLR, nebyly do té doby v SHR žádné zkušenosti. Protože technické problémy, použití vhodných čerpadel, omezení proplavování písku do vrtu apod., bylo nutno řešit v úzké souvislosti s hydrogeologií, bylo navrženo provést několik dlouhodobých čerpacích zkoušek, které by svým provedením nejvíce odpovídaly podmínkám při pravidelném odvodňování. Proto bylo nutno navrhnout co nejdelší trvání čerpacích zkoušek a vyzkoušení čerpacích vrtů i za nejméně příznivých podmínek, tj. snížení hladiny vody pod strop zvodněného obzoru, pulzace hladiny vody ve vrtu ap.

Dosud byly uskutečněny a vyhodnoceny tři dlouhodobé čerpací zkoušky v severozápadní části mostecko-bílinsko-duchcovské kuřavkové oblasti na území dolu Kohi - noor II (viz situační náčrt), a jedna v pětipeské oblasti na vrtu Vd-39 u obce Za-

hořany pro důl Nástup.



Situační náčrt rozmístění čerpacích vrtů

Hydrogeologické poměry

Písky v nadloží hnědouhelné sloje mostecko-bílinsko-duchcovské kuřavkové oblasti jsou usazeninami facie podvodní delty. Tvoří bezodtokovou artéskou nádrž s velmi omezeným doplňováním. V místech hydrovrtů jsou vyvinuty 1 - 2 zvodněné polohy, generelně upadající k severovýchodu, které se tímto směrem štěpí a vyklínují. Tvořeny jsou jemně až středně zrnitými písky a pískovci, které často přecházejí do písčiv-

tých jílu. Oba zvodněné obzory mají samostatný hydrogeologický režim, tlak napjaté hladiny dosahoval 9 - 12 atp. Leží v hloubce 150 - 210 m pod povrchem, 30 - 110 m nad slojí, od níž jsou odděleny nepropustnými jíly.

Poněkud odlišné poměry jsou v oblasti hydrouzlu Vd-39 u Zahořan. V profilu terciálních sedimentů výběžku pětipeské pánve byly zastíženy tři samostatné zvodněné obzory, uhelná sloj, nadložní písky a kvartérní štěrkopísky. Horizont sloje je silně zvodněný, přesto však je z hlediska technického poměrně snadno odvodnitelný a štěrkopískový obzor rovněž není z hlediska odvodňování problémem. Těžkostí mohou působit nadložní písky. Jsou zde až 30 m mocné a od sloje je dělí pouze několik metrů mocná poloha jílu. Jsou uloženy poměrně mělce pod povrchem a voda má vztlak 1 - 2,5 atp. Vertikálně je jejich zrnitost značně proměnlivá, směrem dolů přecházejí středně zrnité písky ve velmi jemné až prachové písky.

Technické provedení hydrogeologických vrtů

Vlastní čerpací zkoušky byly prováděny na hydrouzlech, sestávajících z vrtu čerpacího a několika vrtů pozorovacích. Čerpací vrt byl vystrojen perforovanými pažnicemi o $\varnothing$ 305 mm, který umožňoval zapustit do nich ponorná čerpadla. První z čerpacích vrtů, MR-31 z roku 1962, byl vystrojen sypaným filtrem. Byl sice pečlivě proveden, byla zajištěna soustřednost filtru, přesto však nezabránil proplavování značného množství písčitého materiálu z okolní horniny do vrtu. Další hydrovrt Lb-85, Lb-87 a Vd-39 byly již vystrojeny perforovanými pažnicemi s lepeným filtrem, 2,5 cm silným, vyrobeným ze štěrčíku s průměrným zrnem 3,7 mm, tmeleným epoxidovou pryskyřicí.

Jako pozorovací vrt sloužily zčásti starší, dosud nespouštěné spádové vrt, zčásti nové vrt, zvláště pro tento účel vyhloubené a vystrojené perforovanými pažnicemi menších průměrů (98 - 159 mm) se sypaným filtrem. Na hydrouzlu Lb-85 byly 4 pozorovací vrt, dva z nich byly vystrojeny dvěma pozorovacími trubkami, odděleně pro vrchní a spodní zvodněný obzor. Na hydrouzlu Lb-87 nebylo možno sledovat případné hydrogeologické spojitosti mezi těmito obzory na žádném z pěti pozorovacích vrtů, protože, pokud byl spodní obzor vystrojen, byly perforace i obsyp průběžné přes oba zvodněné obzory. Na hydrouzlu Vd-39 byly 2 pozorovací vrt vystrojeny lepeným filtrem, další 2 sypaným filtrem, zato však pozorovacími trubkami na sledování případných hydrogeologických souvislostí mezi obzorem zvodněných písků, kvartérních štěrkopísků a sloje. Citlivost pozorovacích vrtů na kolísání hladiny v čerpacím vrtu byla dána kvalitou jejich provedení.

Na čerpacích vrtech byla použita ponorná čerpadla Nautila, typ 100 F - 876, která mají výtlačnou výšku 210 m a mohou čerpat až 600 l/min vody.

Po dobu trvání čerpacích zkoušek byly na všech vrtech hydrouzlu pravidelně měřeny hladiny vody, na čerpacím vrtu pak bylo sledováno též množství a teplota čerpané vody.

Způsob provádění čerpacích zkoušek

Čerpací zkouška na vrtu MR-31 byla prvním pokusem tohoto druhu v SHR. Byla projektována na ustálená snížení, dosažená čerpáním konstantního množství vody a měla trvat 6 měsíců. V téže době však byly nafárány nedaleko ležící spádové odvodňovací vrty u projektované mariánsko-radčické jámy a na vrtu MR-24 došlo k průvalu kuřavkových vod do důlních chodeb. V důsledku toho došlo k prudkému poklesu napjaté hladiny i na vrtech hydrouzlu. Aby se odlehčilo průvalovým vrtům, bylo rozhodnuto zvýšit čerpané množství na vrtu MR-31. Došlo k proplavování písku do vrtu a k havárii čerpadla. Protože se vlivem průvalu značně změnily hydrogeologické podmínky celého okolí, bylo bezpředmětné pokračovat v čerpání na hydrouzlu.

V časovém sledu druhá čerpací zkouška, na vrtu Vd-39, trvala od listopadu 1963 do června 1964. Vzhledem k mocnosti zvodněného obzoru byla rozvržena na 5 snížení, z nichž každé trvalo asi 1 měsíc. Při posledním snížení byla záměrně stržena hladina vody ve vrtu hluboko pod 1/3 výšky vodního sloupce, jak dovolila průchodnost vrtu. V tomto případě byly snad nejmarkantněji prokázány výhody lepených filtrů, které i při největším zatížení nepropustily jemný písčitý materiál do vrtu a umožnily nerušený průběh celé čerpací zkoušky.

Další dlouhodobá čerpací zkouška byla provedena v druhé polovině roku 1964 a na začátku roku 1965 na vrtu Lb-85. Na základě zkušeností z předešlých čerpacích zkoušek bylo rozhodnuto čerpat na ustálenou depresi, protože vzhledem k neustálému snižování tlakové hladiny v celé oblasti vlivem odvodňování, by bylo obtížné získat ustálenou hladinu při konstantním čerpáním množství. Čerpací zkouška byla rozvržena na 4 snížení, na každé z nich se čerpalo asi 1 měsíc a po každém byla provedena stoupací zkouška do ustálené hladiny. Při čtvrté depresi byla hladina vody v čerpacím vrtu snížena až 10 cm nad bází zvodněné vrstvy. Znamenalo to značné přetížení studny a velké nároky především na filtr. Díky výborným vlastnostem lepených filtrů se však ani v tomto případě neproplavoval do vrtu písek a čerpací zkouška byla dokončena podle plánu.

Na vrtu Lb-87 probíhala dlouhodobá čerpací zkouška od června do listopadu 1965. Byla rozvržena pouze na 3 snížení, z nichž poslední mělo dosáhnout pod strop zvodně-

ného obzoru. Z technických důvodů však nebylo možno poslední snížení provést až do stanovené úrovně a maximálně dosažená deprese byla 4,5 m nad strop zvodněného obzoru. Čerpání na jednotlivé deprese trvalo opět asi 1 měsíc. Mezi depresemi byly prováděny stoupací zkoušky pro zjištění rychlosti celkového snižování tlakové hladiny vlivem vlastního čerpání na hydrovrtu a odvodňování na okolních spádových odvodňovacích vrtech.

Výsledky dlouhodobých čerpacích zkoušek

Dlouhodobé čerpací zkoušky přinesly mnoho cenných poznatků pro odvodňovací praxi. V první řadě byly na základě při nich naměřených hodnot vypočítány základní hydrogeologické parametry.

K určení poloměru depresního kužele bylo použito jednak grafické metody (rekonstrukce depresního kužele na základě měření na pozorovacích vrtech), jednak pro zdejší poměry upraveného Kusakina vzorce. Na obr. č. 1 jsou hodnoty vypočítaných poloměrů deprese R v závislosti na snížení hladiny vody v čerpacích vrtech s . Kromě toho byl počítán též teoreticky maximální dosah deprese při snížení hladiny v čerpacím vrtu až na strop zvodněného obzoru. Pro vrt MR-31 byl pro $s_{\max}$ asi 100 m vypočítán $R_{\max}$ rovný 6 900 m. Při dalších čerpacích zkouškách v kuřavkové oblasti se již značně snížila tlaková hladina, takže maximální dosah deprese byl již také menší, 1800 - 2600 m. Depresní křivka má charakteristický tvar. V blízkosti čerpacího vrtu poměrně strmě stoupá, dále se značně zplošťuje. Proto je nutno počítat s tím, že vzájemné ovlivňování jednotlivých odvodňovacích vrtů bude působit na podstatně menší vzdálenosti, alespoň v počátečním stadiu odvodňování. Protože velikost poloměru depresního kužele závisí do značné míry na délce provozu odvodňovacího zařízení, je nutno vzdálenosti mezi odvodňovacími vrty volit tak, aby odpovídaly nárokům na požadovanou rychlost odvodnění daného území.

Křivky vydatnosti (obr. č. 2) znázorňují závislost čerpaného množství vody Q na snížení. Pro krajní podmínky - $s = 100$ m - byla na těchto vrtech vypočítána maximální možná vydatnost asi 10 l/s. V praxi by však bylo nutno počítat pro tyto průměry vrtů s poněkud menšími vydatnostmi, zvláště při déle trvajícím čerpání. V závislosti na snižování tlakové hladiny se totiž podstatně snižuje i vydatnost odvodňovacích vrtů.

Poněkud odlišně vypadá křivka vydatnosti na vrtu Vd-39, kde byla čerpáním uvolněna tlaková hladina na čerpacím vrtu již při druhém snížení. Vydatnost vzrůstá tudíž se zvětšující se depresí pomaleji a teoreticky možná maximální vydatnost je asi 5 l/s.

Koeficienty filtrace byly vypočítány na základě hodnot naměřených při čerpacích zkouškách podle Dupuitova vzorce, použitého v několika úpravách pro všechny deprese. Takto získaná množství hodnot byla pro každý hydrouzel zprůměrována. Pro vrt MR-31 byl vypočítán $k = 1,689 \text{ m/24 hod}$, pro vrt Lb-85 $2,2 \text{ m/24 hod}$, pro vrt Lb-87 $1,52 \text{ m/24 hod}$ a pro vrt Vd-39 $1,25 \text{ m/24 hod}$. Hodnoty koeficientu filtrace se pohybují v rozmezí řádu $1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$. Znamená to, že jde o písky slabě až středně propustné. Z hlediska odvodnitelnosti je hodnota k dostatečně vysoká a záleží pouze na použití vhodné technologie v tomto případě lepených filtrů, aby bylo v praxi dosaženo požadovaného efektu.

Výsledky dlouhodobých čerpacích zkoušek jsou nejlepší, zároveň však nejméně dostupným podkladem pro výpočet koeficientu filtrace. Několik takto získaných skutečných hodnot k bylo porovnáno s výsledky běžně používané metody Mallet-Pacquantovy, kdy se k zjišťuje na základě zrnitostních rozborů. Podle Mallet-Pacquanta vycházejí přibližně trojnásobně vysoké hodnoty k . Této zkušenosti lze velmi dobře využít při orientačním zjišťování koeficientu filtrace v územích, kde nejsou k dispozici výsledky speciálních hydrogeologických prací.

Dále byla dlouhodobou čerpací zkouškou prokázána hydraulická samostatnost spodního a svrchního zvodněného obzoru v kuřavkové oblasti. Na dvou pozorovacích vrtech hydrouzlu Lb-85 bylo pozorováno, že čerpání ze svrchního obzoru na čerpacím vrtu neovlivňuje hladinu vody ve spodním zvodněném obzoru. Stálý pozvolný pokles piezometrického nívó v obou horizontech, který bylo možno v průběhu čerpacích zkoušek pozorovat, je následkem odvodňovacích prací na dolech Mír, Gottwald a Kohinoor II.

Hydraulická samostatnost jednotlivých zvodněných obzorů byla prokázána také na hydrouzlu Vd-39. Hladiny vody ve všech zvodněných obzorech však reagovaly, jak bylo na základě dlouhodobých pozorování zjištěno, na množství atmosférických srážek.

Ve spolupráci s HoÚ ČSAV byly na hydrouzlech, pokud to bylo účelné, provedeny barvicí zkoušky. Jejich úkolem bylo ověřit správnost vypočtených koeficientů filtrace, zjištěných na základě dlouhodobých čerpacích zkoušek. Propustnost se při barvicích zkouškách zjišťovala na základě stanovení skutečné rychlosti proudění v_s .

První barvicí zkouška byla provedena na hydrouzlu MR-31. Jako indikátory zde byly použity dusitany a tritium. S ohledem na bezpečnostní požadavky hygienika nemohlo však být tritium použito v požadované koncentraci. Pozitivní výsledky vykázaly pouze dusitany a koeficient filtrace tímto způsobem zjištěný byl $3,08 \text{ m/24 hod}$.

Na hydrouzlu Lb-85 byly použity tři indikátory, fluorescein, dusitany a NaCl. Poslední dva daly pozitivní výsledek. Zprůměrovaný koeficient filtrace, zjištěný na

základě barvicích zkoušek byl 2,47 m/24 hod.

Na hydrovrtu Vd-39 byly provedeny dvě barvicí zkoušky s použitím fluoresceinu, v průběhu čerpání na 3. a 5. snížení. Obě měly kladný výsledek a K , vypočítaný na jejich základě, byl v prvním případě 2,2 m/24 hod a v druhém 1,25 m/24 hod, tedy opět téměř shodný s výsledkem dlouhodobé čerpací zkoušky.

Skutečnost, že bylo dvěma na sobě zcela nezávislými metodami dosaženo ve všech případech prakticky shodného výsledku, je objektivním potvrzením správnosti výpočtů.

Přínos dlouhodobých čerpacích zkoušek pro odvodňovací praxi

Hlavním efektem dlouhodobých čerpacích zkoušek bylo získání základních znalostí o hydrogeologických vlastnostech horniny, kterou je nutno odvodnit. Stejně důležité pro vlastní odvodňovací praxi však je to, že bylo s konečnou platností prokázáno, že kuřavkové písky, které byly vzhledem k jiným terénům považovány za velmi těžce odvodnitelné, je možno technicky odvodnit. Záleží pouze na volbě vhodné technologie. Dlouhodobé čerpací zkoušky jasně ukázaly přednosti lepených filtrů; při způsobení zrnitosti filtrů zrnitosti odvodňovaných písků a zajištění soustřednosti obsypu stmelením, zaručilo vhodné podmínky pro činnost ponorných čerpadel i za nejnepříznivějších podmínek. Prakticky bylo vyloučeno proplavování písku do vrtů. Tím se omezily poruchy čerpadel, způsobené zapískováním a zvýšila se jejich životnost.

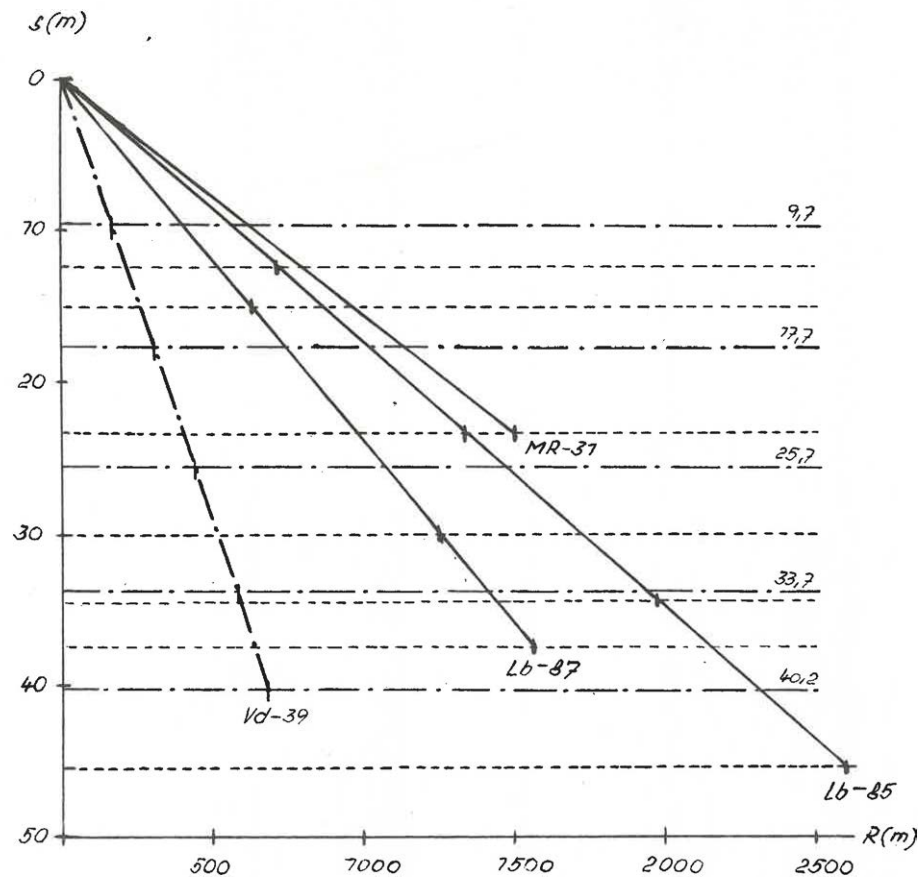
Zatímco čerpací vrt MR-31, vystrojený sypaným filtrem, selhal při prvním neočekávaném zatížení, další hydrovrty vystrojené již lepenými filtry, prokázaly spolehlivost za všech okolností a ponorná čerpadla na nich byla bez oprav v chodu po dobu několika měsíců.

Je však nutno zdůraznit, že petrografický charakter a hloubka uložení kuřavkových písků kladou vysoké nároky na provedení a vystrojení odvodňovacích vrtů, mají-li tyto splnit řádně svůj účel.

Použití ponorných čerpadel pro odvodňování bude vyžadovat dostatek rezervních čerpadel a náhradních dílů a hlavně pohotovou opravářskou službu. Tyto předpoklady je nutno splnit, má-li být snížen prostojový čas odvodňovacích vrtů na minimum.

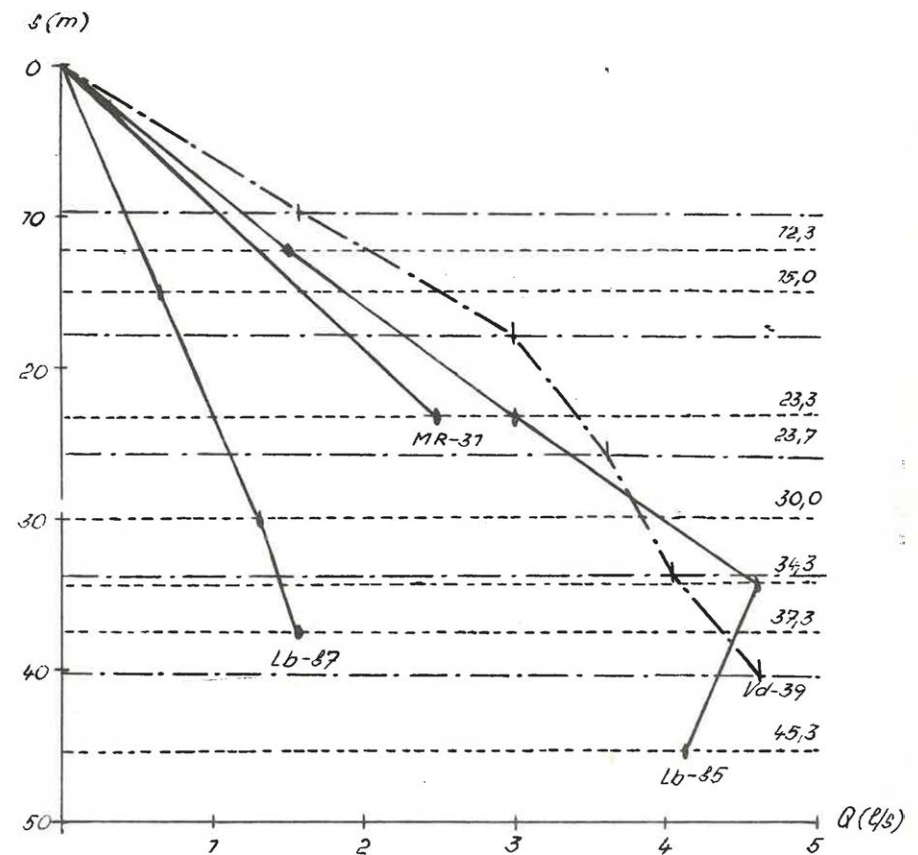
Projekce povrchových velkolomů s vysokým poměrem skrývky vyžaduje rychlé odvodnění jejich předpolí. To není možno provést pomocí spádových odvodňovacích vrtů, pro které je nutným předpokladem předchozí rozfárání odvodňovaného území důlními chodbami. Je dnes všeobecně známo, že odvodňování čerpáním na povrch je jedinou, technicky i ekonomicky vhodnou odvodňovací metodou, se kterou se již reálně počítá pro větší projekty, např. odvodnění předpolí velkolomu Maxim Gorkij. Nezbyvá proto, než uvést ji co nejdříve do praxe v co nejširším měřítku.

ZÁVISLOST DOSAHU, DEPRESE NA SNÍŽENÍ



obr. č. 1

KŘIVKY VYDATNOSTI



obr. č. 2