

Ing. František Meisel

VÚHU

Určení polohy ztracených odvodňovacích vrtů geofyzikální metodou

V mocenních sedimentech severočeské hnědouhelné pánve jsou v jistých oblastech v jílových vrstvách interstratifikovány více méně čočkovité polohy čistého křemičitého písku s vysokým obsahem vody, známé v hornických kruzích pod názvem kuřavky. Tyto nejsou vázány na určitý horizont. Vyskytují se v několika polohách pod sebou a to jak v nadloží, tak také v podloží uhelné sloje. Poně- vadž jsou uzavřeny nepropustnými jíly, a jsou pod tlakem svých nadložných vrstev, mívají jejich vody vztlaky několik desítek a v ojedinělých případech přesahují i sto metrů. Jsou známy případy, kdy při navrtání kuřavky s povrchu bylo vrtné nářadí vytlačeno z vrtu a soutyčí bylo pokrouceno, zprohýbáno a zlámáno.

Pro hornické práce, hlavně v hlubině, jsou kuřavky velmi nebezpečné, neboť při porušení soudržnosti jílových vrstev následkem závalů vyrubaných prostorů mohou trhlinami v nadloží vniknout do porubu a zaplavit důlní dílo. Zdolání, případně zadržení záplavy jest právě s ohledem na vysoký tlak kuřavek obtížný a nákladný. Proto se k zabezpečení důlního provozu kuřavky odvodňují, neboť klesne-li obsah vody v kuřavce, pod jistou, pokusně stanovenou mez, změní se nebezpečná kuřavka v normální, neškodný písek.

Podle dosavadního stavu geologického a hlavně hydrogeologického průzkumu jsou hlavní kuřavkové oblasti omezeny na oblast mostcko- duchcovskou, kde jsou nejvíce ohroženy dva hlubinné velkodoly a to velkodůl Stalingrad v Břežánkách a Kohinoor II v Mar. Račicích.

V praxi zavedený způsob odvodňování kuřavky, který prozatím poskytuje nejvyšší provozní bezpečnost, je gravitační, t.j. voda z kuřavek se spouští do dolu, odkud se pak hromadně odčerpává hlavními čerpadly na povrch. Tento způsob však není jediný. Bylo by možno uvažovat také o čerpání kuřavkové vody přímo z vrtů. To

by ovšem vyžadovalo vrty o větší světlosti, jednak speciální nenor-
ná čerpadla / Nautilus / a dále svědomitě provedený filtr tak, aby
jemný písek nebyl čerpadlem strháván, což by mělo za následek brzké
opotřebování dosavadních, poměrně drahých ponorných čerpadel.

Odvodňování kuřavek se provádí takto : Území, v němž se ku-
řavky vyskytují, ještě systematicky s povrchu provrtáván ve více méně
pravidelné síti. Vzájemná vzdálenost vrtů se pohybuje kolem 50, 80 i
100 m podle aktivity, t.j. tlaku a vodnatosti navrtané kuřavky. Vr-
ty musí být prováděny takovou technikou, aby bylo možno s přesností
5 cm určit hloubku, mocnost a vztlak jednotlivých kuřavek, které bu-
dou navrtány. Z tohoto požadavku vyplývá, že musíme každou kuřavku
vodotěsně uzavřít, aby bylo možno bezpečně zjistit další, hlubší
kuřavkový horizont. Proto musíme počítat na každou kuřavku s jed-
nou kolonou pažnic. Při tom musí být dodržena minimální konečná
světlost poslední kolony, která slouží k zabudování perforovaných
odvodňovacích trubek s příslušným šterkovým filtrem, který má slou-
žit k zadržení kuřavkového písku. Podle průměru odvodňovacích trub
se řídí světlost poslední vrtné kolony pažnic, při čemž se počítá
pro filtr s nejmenší jeho tloušťkou 2 cm, tedy na průměr 4 cm. Je-
likož běžné odvodňovací pažnice mívají vnější průměr kolem 80 mm,
vychází minimální světlost poslední kolony vrtných pažnic kolem
120 mm.

Vrt má být ukončen asi 1 m pod slojí, aby zde bylo možno od-
vodňovací kolonu bezpečně zacementováním spojit pevně s horninou,
která nebude těžbou ovlivněna, aby nedošlo k jejímu strhávání před-
časně. Odvodňovací kolona je opatřena perforací v místech, kde přijde
do styku s kuřavkovými vrstvami. Délka perforace by měla být pro
jistotu asi o 1 až 2 m delší, než byla zjištěná mocnost kuřavky.
Kolona perforovaných pažnic má být usazena co možná přesně koncen-
tricky s poslední vrtnou kolonou, aby byla zaručena rovnoměrná
vrstva filtru po celém obvodu perforovaných pažnic. Kdyby někde
vrstva filtru scházela, mohl by kuřavkový písek vniknout do per-
forovaných pažnic a tyto ucpat tak, že by voda z kuřavek vůbec nevy-
tekla, takže vrt by byl neúčinný, tedy zbytečný, poněvadž v tako-
vém případě ani dodatečné vyčištění vrtu by mnoho neprospělo, neboť
trubky by se opět dalším pískem ucpávaly. Jako filtru se používá
prané čedičové drti zrnitosti od 6 do 10 mm, které se v malých dáv-
kách

aype mezi obě kolony, při čemž se vnější, vrtná kolona postupně vytahuje nahoru tak, aby dřevěná vyplnila mezeru mezi perforovanými pažnicemi a stěnou vrtu. Odvodňovací kolona je vyvedena asi 1 m nad úroveň terénu a její ústí je proti svévolnému poškození vrtu zasypáním kamením a pod. zajištěno anímátným uzávěrem.

Z důlního díla se potom razí k vrtu překop. Po nafárání vrtu se kolona dole navrtává, opatří výpustním ventilem a tím je příprava k odvodňování kuřavky skončena.

Kdyby byly vrty skutečně svislé a mapové podklady správné /což možno ve většině případů předpokládat /, pak by bylo v celku snadný měřičským úkolem vést prorážku úspěšně k vrtu. Avšak většina vrtů je od svislice odchýlena, někdy velmi značně. Byly zjištěny úchyly až 15 cm při celkové hloubce vrtu kolem 120m, tedy více než 10 % z hloubky. Inklinometrickým proměřením vrtu se sice jeho poloha zpřesní, avšak jak zkušenosti ukázaly ne v takové míře, aby nafáráání vrtu bylo jisté. K určení polohy dolního konce vrtu nestačí změřit pouze jeho odklon od svislice. Musíme ještě také určit směr, kterým vrt jest uhnut. Určení směru se u vrtů nezapažených provádí busolou. V zapažených vrtech však nelze busoly použít. K určení směru odklonu v tomto případě můžeme použít jedině gyroskopu, jehož provozní přesnost podle sovětské literatury se pohybuje v mezích $\pm 5^\circ$. Při hloubce 100 m může takto vzniknout nejistota v určení polohy paty vrtu v mezích $\pm 8,75$ m ! To odpovídá 4násobné šířce chodby, čili v žádném případě nemůžeme při takové odchylce jedinou raženou chodbou vrt nafárat.

Takto ztracené vrty byly dříve, kdy odchylky vrtů nebyly tak veliké, hledány obyčejnou závěsnou hornickou busolou, která byla posunována podél stěny chodby. Kde se střelka od normálního směru nejvíce odchýlila, byla založena prorážka. Tímto způsobem byly mnohé vrty, které nebyly příliš vzdáleny od stěny chodby, nalezeny. Okruh působnosti byl malý, pohyboval se v mezích kolem 2 až 3 m. Byly konány pokusy o zesílení magnetismu odvodňovací kolony a to tak, že na horní konec kolony byla nasazena velká cívka navinutá poměrně silným drátem. Cívka byla napájena stejnoměrným proudem o intenzitě několika ampérů. Podle orientačních teoretických výpočtů mělo být na dolním konci kolony magnetické pole o intenzitě kolem 2 Gaussů.

Tyto pokusy však naprosto selhaly.

Se zrychlováním vrtných prací však také úměrně vzrůstaly úchylnky vrtů od svislice, vrty byly dále od stěny chodeb a tu již citlivost hornické busoly nestačila. Proto bylo použito k řešení těchto problémů metod aplikované geofysiky.

První geofyzikální metoda, kterou bylo pracováno již v roce 1950, byla magnetometrie a to jak měření vertikální, tak také horizontální složky zemského magnetismu. Tato metoda dávala velmi přesné a spolehlivé výsledky, hlavně když byly chodby, v nichž se měření konalo, ve směru blízkém rovnoběžce, t.j. od západu k východu. Při meridiánovém směru chodby byly často výsledky dvojznačné, neboť vzhledem k poměrně úzké chodbě bylo možno konat měření pouze v jedné linii a bylo obtížno určit, je-li vrt na straně západní nebo východní. Byl-li vrt vpředu v ose chodby, nebylo ve většině případů vůbec možno určit, jak daleko před čelbou se nachází.

Největší potíží při interpretaci magnetických měření byl remanentní magnetismus na žníc, z nichž byla odvodňovací kolona sestavena. K výrobě odvodňovacích kolon se obvykle používají vyřazené kolejnice nebo jiné vhodné trubky příslušné světlosti, které i delší dobu ležely někde uskladněny a to různě orientované / pokud jde o jejich osu / k magnetickému místnímu meridiánu. Poněvadž jsou tyto trubky z dosti dobré oceli, zmagnetisovaly se indukcí a takto získaný magnetismus dosti dobře podržují, takže se jeví na venek jako permanentní magnet s normálně vyjádřenými póly. Při sesazení kolony, mohou se jejich magnetická množství buď sečíst a tím zesílit celkový magnetický účinek, čímž se jejich vliv sníží, po případě i zruší. Po zabudování mohou podle toho vznikat kombinací normálního zemského magnetismu kolony různé variace, takže se dolní konec kolony projeví jako silný pozitivní pól, jindy zase jako negativní a mezi oběma extrémy mohou být všechny možné přechody. Podle toho je působení na magnetometr různé, takže k interpretaci nelze prakticky použít teoretických formulí zaměřených na intensitu pole.

Velkým nedostatkem se jeví neobyčejná citlivost magnetometrů na železné předměty v okolí jako kolejnice, větrací lutny, dále rušivé elektrické proudy vznikající provozem elektrických lokomotiv atd.. Z vlastních zkušeností víme, jak nepříznivě může magnetické

měření ovlivnit např. ztracené kladivo, které je zahrabáno v narušeném uhlí, obvykle v takové chodbě ponechávané u stěn. Dále je nepříznivá okolnost, že magnetický pól kolony leží téměř v horizontální rovině magnetometrů. V důsledku toho jsou vlastně rozhodující horizontální magnetické složky, které již samy o sobě měří s mnohem menší přesností než složky vertikální, jejichž hodnota v uvedených podmínkách je problematická.

Velmi nepříjemné při používání této metody bylo, že chodba, v níž se mělo měření konat, musila být předem zbavena všech železných předmětů včetně elektrovodných kabelů. Také bylo obtížné osvětlování stupnice magnetometrů, neboť následkem enormní citlivosti / 1×10^{-5} Gaussů / rušily i t.zv. magnetické důlní lampy, které kompas prakticky vůbec nerušily.

Magnetometrie, ač dávala výsledky vysoké přesnosti, kdy chyby v určení polohy vrtů se pohybovaly v mezích kolem 2 až 5% ze skutečné vzdálenosti, byla velmi náročná jak na magnetickou čistotu chodby, tak také na potřebný čas k vlastnímu měření. Proto byly hledány jiné metody, které by byly méně závislé na přítomnosti běžného důlního zařízení, byly rychlejší a hlavně jednodušší z hlediska měřické techniky, dále aby interpretace naměřených hodnot byla snadná a jednoznačná i na úkor přesnosti v určení hledaného vrtu, neboť vzhledem k normální šíři prorážené chodby stačí úplně míra přesnosti v mezích kolem 10% ze vzdálenosti vrtu od nejbližšího bodu v němž se měření koná. Dalším požadavkem byl spolehlivý dosah alespoň na 20 : 25 m. Mimo to jsme se snažili vypracovat takový způsob, aby jak vlastní měření tak také interpretaci naměřených hodnot mohl konat měřič bez hlubších znalostí geofyzikálních disciplín.

Po zralém uvážení uvedených podmínek dospěli jsme k názoru, že by nejlépe vyhovovala geoelektrická metoda indukční, která byla v počátečním období aplikované geofyziky hojně užívána k sledování rudných žil a tektoniky a byla všeobecně známa pod názvem "Elboř". Název vznikl spojením počátečních písmen německého pojmenování : "Elektrische Bodenforschung" / překl.: Elektrický průzkum půdy /

**P r i n c i p n a v r ž e n é a z a t í m p o k u s n ě
p o u ž í v a n é g e o e l e k t r i c k é m e t o d y**

Z nauky o elektrině je všeobecně známo, že protéká-li vodičem

elektrický proud, vzniká v jeho okolí elektromagnetické pole charakterizované elektromagnetickým vektorem, jehož velikost je přímo úměrná intenzitě elektrického proudu vodičem protékajícího a nepřímo úměrná čtverci vzdálenosti uvažovaného bodu od dotyčného vodiče. Pokud jde o polohu tohoto vektoru platí, že elektromagnetický vektor leží v rovině procházející daným bodem a stojící kolmo k vodiči. Směr vektoru v této rovině odpovídá směru tečny sestrojené v daném bodě k ekvipotenciální linii, která uvažovaný vodič obklopuje v uzavřené křivce ekvidistantní s povrchem vodiče, pokud tento nevykazuje takové deformace povrchu, že by bylo nutno uvažovat vyšší intenzitu proudu na hranách. Ekvipotencionální linie jsou čáry, spojující body o stejném/elektrickém/ potencionálu procházející v uzavřené křivce kolem daného vodiče. Kolmice vztyčená v pozorovacím bodě k elektromagnetickému vektoru směřuje přímo k vodiči protékanému elektrickým proudem. Je-li vodičem válcové těleso, pak ekvipotenciální linie jako systém soustředěných kružnic, k nimž vektor v uvažovaném bodě tvoří tečnu příslušné kružnice. Kolmice na tečnu kružnice sestrojená v bodu dotyku jest poloměrem této kružnice. Provedeme-li podobnou úvahu o konstrukci pro jiný bod, který se nachází ještě v elektromagnetickém poli vybuzeném týž vodičem, protnou se kolmice / normály / v ose vodiče bez ohledu na to, je-li druhý měřený bod na téže ekvipotenciále jako bod první. nebo nachází-li se na jiné ekvipotenciále, neboť normály k tečnám téže serie soustředěných kružnic procházejí jejím středem. Tato prostá úvaha jest základem elektromagnetické metody určování polohy vrtu měřením konaným přímo v důlních chodbách. Umyslně upouštíme od fyzikálně matematických důkazů, abychom vyzdvihli jednoduchost popisované metody a poukázali na možnost úspěšné práce s tímto zařízením i pro matematické a geofyzikální laiky, pokud jsou tyto svědomitými pracovníky. Z uvedeného výkladu jest zřejmo, že stačí vykonat směrové měření elmag. vektoru pouze ve dvou různých bodech, jejichž vzájemnou vzdálenost změříme s přesností na 5 cm. Změříme-li úhel, který svírají vektory s určitou, s dostatečnou přesností / asi $\pm 1^\circ$ / definovanou a v přírodě realizovatelnou přímkou - obvykle s osou chodby, konáme-li měření v ose, pak jednoduchým vztyčením kolmic ke směru vektorů v daném bodě určíme polohu hledaného vrtu jako jejich průsečík. V přírodě však nikdy nenacházíme tak ideální poměry, jak to vyžaduje teorie. Jsou zde různé, většinou předem neznámé vlivy

původu geologického nebo technického a proto vykonáme několik re by-
tečných pozorování, jejichž počet závisí na místních poměrech, v
našem případě konkrétně na rušení nebo zkreslení / deformaci / ele-
ktromagnetického pole přítomností různých vodičů jako kolejnic, důlních
vozíků, elektromagnetického vedení atd.. Jest samozřejmé, že v ta-
kovém případě se kolmice neprotnou v jediném bodě, průsečíky budou
rozptýleny v jistém okruhu, jehož střed je nejpravděpodobnější po-
lohou hledaného vrtu.

Interpretaci naměřených hodnot provádíme většinou graficky ve
vhodném měřítku, poněvadž přesnost tohoto jednoduchého grafického
způsobu odpovídá přesnosti, s níž jsou zaměřeny směry vektorů. Jest
však také možné řešení početní na př. podle zásad analytické geo-
metrie v rovině tak, že si zavedeme osu souřadnic do osy chodby a
počátek nechť splývá s některým bodem, který je v chodbě pevně vy-
značen. Z bodů a příslušných směrů vektorů stanovíme směrové rovní-
ce přímek a početně určíme jejich průsečík v souřadnicích naší
soustavy. Aritmetický průměr souřadnic jednotlivých průsečíků jest
souřadnicí hledaného vrtu. Početní metoda jest zdlouhavější, dává
však možnost použít vyrovnávacího počtu a tím přesněji určit hleda-
ný bod. Polohu vrtu je také možno vypočítat trigonometricky.

Jde nyní o to, jakým způsobem určíme polohu elektromagnetického
vektoru v jednotlivých bodech měření. Za tím účelem obrátíme se opět
na fyziku a to na nauku o elektromagnetické indukci. Elektřina jest
nerozlučně spjata s magnetismem. V předchozí stati bylo vysvětleno,
že elektrický proud vyvolá magnetické pole. Tento úkaz je zvratný,
to znamená mag. pole zpět vyvolat ve vodiči elektrický proud. O pří-
tomnosti magnetického pole vzbuzeého elektrickým proudem můžeme
se přesvědčit známým školským pokusem s magnetickou střelkou. Měděný
drát napjatý nad magnetkou ve směru její osy, t.j. ve směru mag. me-
ridiánu magnetku navychýlí z její rovnovážné polohy. Jakmile zave-
deme do tohoto drátu stejnoměrný proud, třeba z obyčejné kapesní
baterie, vychýlí se magnetka ze svého původního směru na jednu
stranu podle Ampérova pravidla pravé ruky, které zní: "Položíme-li
pravou ruku dlaní k vodiči tak, že prsty směřují směrem proudu, vy-
chýlí se magnetka severním pólem na stranu palce."

Avšak stále magnetické pole nevybudí v žádném vodiči elektric-
ký proud. Teprve, když se jeho intensita měří, vznikne ve vodiči

proudu, jehož intenzita se bude měnit ve stejném rytmu se změnou magnetického pole. Procházejí-li magnetické siločivky rovnoběžně s osou vodiče, čili tento neprotínají, nevznikne ani změnou mag. pole proud. Podmínka pro vznik proudu působením mag. siločivky jest, aby tyto vodič protínaly, nebo aby byly vodičem protínány. Tento zjev jest znám pod názvem elektromagnetická indukce a je běžně známá v technice střídavých elektrických proudů. Poněvadž změna intenzity primárního elektrického proudu vyvolává souhlasnou změnu intenzity vybuzeného elektromagnetického pole, vznikne střídavým proudem, jehož polarita a tedy i směr toku se periodicky mění, rovněž střídavé pole elektromagnetické, a jelikož měnivé mag. pole indukuje v jímém vodiči, který se v tomto mag. poli nachází v takové poloze, že mag. siločivky jej protínají, zase v primárním okruhu, vznikne indukcí v sekundárním okruhu také střídavý proud. Abychom určili polohu elmagetického vektoru, který jest vyvolán primárním proudem, použijeme k jeho indikaci vodič v podobě smyčky / ploché cívky /. Pokud budou magnetické siločivky protínat plochu této smyčky, bude jejími závity protékat indukovaný proud. Avšak jakmile bude její plocha rovnoběžná ve směru mag. vektoru, proud indukcí nevznikne. Tohoto poznatku využíváme při určování polohy mag. vektoru.

P r a k t i c k á a p l i k a c e i n d u k č n í m e t o d y k u r č e n í p o l o h y v r t u

Při aplikaci indukčních metod v geofysice používáme výhradně proudů střídavých, poněvadž k proměřování elektromagnetického pole vyhovují poměrně jednoduché a lehce přenosné přístroje, kdežto k proměřování elektromagnetického pole stejnosměrného proudu se používají magnetometry zvláštní konstrukce, jejichž citlivost zůstává daleko pozadu za citlivostí přístrojů na proud střídavý.

S ohledem na pronikání proudu do hloubky působí rušivě povrchový zjev, známý pod názvem skin-effect / pokožkový efekt /. Proto jsme ve volbě frekvence proudu omezení většinou na akustickou čili zvukovou frekvenci / audiofrekvence / a to ještě v dolní části celé stupnice. Běžně se užívá proud o frekvenci 250, 500 a pro malé hloubky 1000 Hz. Jak vyplývá z elektrotechniky, jest indukovaný proud tím větší, čím rychleji probíhá změna primárního proudu, čili čím je vyšší frekvence proudu. Při vyšší frekvenci vystačíme se slabšími zdroji primárního proudu a menšími a tím lehčími in -

Indikátory. Pro orientaci uvádíme, že v průměrném terénu, t.j. běžné sedimenty karbonové, dosáhneme s frekvencí kolem 300 Hz hloubky max. kolem 200 m, při 1000 Hz pouze 50 až 80 m. Ve vodivějších, např. zvodněných terénech např. žulách, vápencích a pod. jsou hloubky až dvojnásobné. Pro naše poměry, kdy vrty končí v mohutné uhelné sloji, která má malou vodivost, můžeme použít frekvence vyšší a to 1000 až 5000 Hz, možná i více, což jest v současné době předmětem pokusů.

Při prvním použití indukční metody v otázkách odvodňovacích vrtů byla první otázka, jak zavádět primární proud, aby bylo možno považovat dolní konec kolony za bodový, případně liniový zdroj. Původně jsme uvažovali o napojení proudu přímo na horní konec kolony. Avšak s ohledem na to, že kolona se stýká s horninou na poměrně velké ploševznikly obavy, že proud bude soustředěn více do vrstev blíže povrchu a ve špatně vodivé uhelné sloji bude elektromagnetické pole poměrně slabé, které by bylo obtížné s dostatečnou přesností proniknout s ohledem na elektrifikaci našich dolů. Proto jsme od tohoto úmyslu upustili a zapouštíme do vrtu pokud možno až na dno měděnou tyč připojenou k izolovanému kabelu. V tomto případě se koncentruje proud ve vrtu na poměrně malou plochu a i když se po vstupu rozptýlí poněkud do délky, přece se v poměrně malé vzdálenosti / asi 3 až 5 m / jeví stejně jako bodový nebo krátký liniový vodič.

Jako indikátoru elmag. vektoru jsme použili dřevěný čtvercový rám ovinutý izolovaným drátem o ploše asi $0,3\text{m}^2$ montovaný svisle a otočný kolem svislé osy. Indukovaný proud v rámu jest veden na vstupní svorky čtyřstupňového elektronkového zesilovače, v jehož výstupním okruhu jest namontován jednak indikační mikroampérmetr, jednak telefonní sluchátka. Poloha roviny rámu byla dříve určována magnetickým azimutem pomocí busoly namontované přímo na kostře rámu. Jelikož se nepřísavně projevovala přítomnost železných předmětů / kolejnic, luten / , nahradili jsme busolu obyčejným úhloměrným zařízením s přesností čtení na $1/2^\circ$ a rám jsme opatřili vláknovým průzorem. Při prvních pracích jsme užívali jako zdroje primárního proudu alternátoru o frekvenci 250Hz a výkonu kolem 200W, který byl poháněn dvoutaktním benzínovým motorkem. Rám i zesilovač by-

ly částečně laděny na použitou frekvenci, a by byl vliv technického proudu o 50Hz zmenšen.

Na povrchu bylo instalováno průměrné vedení tak, že jedna elektroda byla spuštěna do vrtu, druhá byla důkladně usazena ve vzdálenosti 3 až 5 krát větší než byla hloubka vrtu. Měřicí aparatura byla snesena do dolu a měření se konalo v chodbách, které byly nejbližší předpokládané poloze vrtu. Zde byl zvolen základní bod, který byl fixován. Od něho v příince, obvykle v ose chodby, byly ve vzdálenostech 2,5 až 10 m vyznačeny další body měření. S přibývajícím počtem měření se ustálil krok měření, t. j. vzájemná vzdálenost jednotlivých bodů na 5 až 10 m. Na stanovišti byl rám urovnán do svislé polohy pomocí krabicové libely. Nyní byl zaměřen směr chodby /měřické základy/ původně busolou, načež byl rám natáčen podle svislé osy až do polohy, kde ve sluchátkách byl tón generátoru nej slabší nebo zcela úplně a indikátor při nastavení na nejvyšší citlivost ukazoval buď nulu nebo minimální výchylku. V tom případě souhlasí poloha rámu s rovinou elektromagnetického vektoru a kolmo k této poloze je směr ke zdroji proudu, tedy k vrtu. Tak byla proměřena celá řada bodů. Při grafické interpretaci byly na směr vektoru v jednotlivých bodech vstýčeny kolmice a jejich průsečíky byla dána poloha hledaného vrtu.

Jelikož při odečítání kompasu a při grafickém vynášení naměřených úhlů vznikaly chyby a ani poloha rámu v minimu intenzity příjmu nebyla přesně zjistitelná, bylo později postupováno tak, že byla určována poloha maximálního příjmu, tedy přímo směr k vrtu podle dvou údajů indikátoru nižších než maximální indikace / 2/3 maxima / symetricky položené po obou stranách maxima. Z obou úhlů byl vypočten střed, který byl přesnější než přímé odečtení nulové nebo maximální polohy. Jako příklad tohoto způsobu měření je uvedeno určení polohy odvodňovacího vrtu čis. 160 na velkole Stalingrad. Z výkresu na listě 1 jest vidět, že i ze vzdálenosti 20 m jsou indikace velmi spolehlivé. Možná, že by se poloha početně určila ještě s větší přesností, neboť při kreslení a vynášení úhlů vznikají nutně menší nepřesnosti, které se tím více projevují, čím je vrt dále od pozorovacího bodu. Poloha tohoto vrtu byla hornicky ověřena v dobré shodě s našimi údaji.

Při používání frekvence 250Hz byl příjem ve vzdálenosti kolem

25 až 30 m téměř nemožný pro malou intenzitu signálu, která byla ještě nad to přehlušena rušením technickým proudem. Proto jsme v dalších pracech přešli na frekvenci 1000Hz. Předpokládali jsme větší zisk zesílení, což by umožnilo i ve větších vzdálenostech. Dále jsme předpokládali podstatné potlačení rušení technickým proudem. O oba předpoklady byly plně potvrzeny.

Jako zdroj proudu o frekvenci 1000Hz byl použit elektronkový ténový generátor o výkonu asi 70W. Primární proud, který byl zaváděn do země převodním transformátorem, dosahoval intenzity 200 až 300 mA. Původní generátor 250 Hz dával proud o intenzitě 600 až 700mA. Zesilovač byl částečně naladěn na novou frekvenci, rám byl původní. Indukce byla tak silná, že bylo možno i ze vzdálenosti 80 m ještě spolehlivě měřit podle indikátoru i sluchátek. V příznivých podmínkách, kdy nebylo rušení cizími vlivy, bylo pomocí sluchátek možno identifikovat polohu maxima, při čemž indikátor již neukazoval.

Tento kmitočet však má další velmi významnou výhodu. Při hledání vrtu čís. 203 nebylo možno s původní frekvencí vůbec měřit pro silné rušení blízkým transformátorem. S kmitočtem 1000Hz mohli jsme dobře měřit v bodě číslo 6, který je asi 30 m vzdálen od transformace, aniž by rušení bylo nějak na závadu indikací. Další velkou předností je možno využít druhé veličiny k určení polohy hledaného vrtu a to intenzity elektromagnetického pole.

Z teorie podle zákona o elektroindukci plyne, že intenzita elmag. pole je přímo úměrná intenzitě primárního proudu a nepřímo čtverci vzdálenosti. bodu měření od primárního zdroje proudu. Jelikož v zesilovači a rámu přistupují ještě další faktory, které je těžko a nepřesně ryze matematicky podchytit, byla stupnice indikátoru experimentálně oceňována při intenzitě primárního proudu 300mA, kterou téměř vždy můžeme v terénu dosáhnout.

Cejchovní křivka pro danou aparaturu je vyznačena v jednotkách dílků stupnice, tedy ne v absolutních hodnotách, na příloze číslo 3. Poněvadž intenzita pole z počátku, t.j. v blízkosti zdroje rychle ubývá, a my konáme měření i velmi blízko vrtu, je indikátor opatřen 6ti rozsahy. Napětí E se vypočte dělením údajů mikroampérmetru nastaveným rozsahem.

Nyní měříme na každém bodě také intensitu příjmu a její průběh užíváme jako kontroly směrových údajů. Příklady tohoto měření jsou na listě čís. 2 při měření vrtu čís. 200 a 203.

V chodbě, která směřuje k vrtu č. 200 a na níž leží body 1 až 4 a bod č. 6, je instalován pásový dopravník, takže měření bylo konáno v mezeře mezi dopravníkem a stěnou vrtu, 80 cm vzdáleně od stěny. Přítomnost kovové konstrukce dopravníku ovlivňovala směry vektoru celkem bezvýznamně, kdežto při frekvenci 250 Hz bylo měření natolik nejisté, že vrt byl indikován ve směru záseku kde leží bod čís. 5. Zde byla pro kontrolu také měřena intensita příjmu v našich jednotkách čili relativně. Průběh intensity je vykreslen plnou čarou v horní části obrázku. Bodky jsou označeny naměřené hodnoty. Z hladkého průběhu křivky jest jasně vidět, že měření při použití frekvence 1000 Hz není prakticky ovlivňováno přítomností železných předmětů pokud intensita příjmu neklesne pod 2 až 3 jednotky. Při slabším poli jest již zkreslování směru značné, o čemž svědčí úchylky směru v bodech 4 a 6 při zaměřování polohy vrtu č. 203. Oba body ležely v blízkosti důlních vozíků seřazených do vládků o 5 až 8 vozech. Intensity pole zde byla mezi 1 a 2 jednotkami. Mimo to bylo v této chodbě hlavní elektrické vedení od blízké trafostanice a na směrové úchylce se pravděpodobně také podílí interference technické frekvence 50 a naší 1000 Hz. Úchylka směru v bodě 1^x je asi chyba v odečtení úhlu směru, nebo to může být způsobeno koncem kolejnic. V obou případech poloha maxima intensity příjmu potvrzuje polohu vrtu určenou ze směrů.

Oba vrty, t.j. č. 200 a 203 jsou typickým příkladem výhody použití frekvence 1000 Hz, neboť zde bylo konáno také měření původní frekvencí 250 Hz, které bylo n. prosto nemožné. Po ode telefonu sdělení byl vrt č. 200 již nafárán. Úchylka oproti námi vydané poloze činila 1/2 m ve směru, vrt leží ve vzdálenosti 3,5 m místo námi udaných 4 m. Hloubka ve stěně byla udána správně. Vzhledem k těžkým podmínkám geoelektrickým, které znemožnily měření o nižší frekvenci, je výsledek měření příznivý.

Závěrem můžeme právem prohlásit, že popsanou metodou můžeme určit polohu ztracených vrtů až do vzdálenosti kolem 20 až 30 m za dobrých podmínek, t.j. měřením ve volných chodbách a nejméně 5 až 10 m v podmínkách obtížných. Také je jasně vidět přednosti pou -

žívání proudu o vyšší frekvenci . Předpokládáme, že výsledkem právě konaných pokusů se zvyšováním frekvence bude nalezení selektivní frekvence, při níž docílíme nejvyšší přesnosti. Dosavadní odchylky jsou v průměru v hodnotách decimetrových. Vzhledem k šíře ražených chodeb jest i tak téměř nemožné vrt minouti.

Naší snahou je vybudování lehké avšak pevné soupravy, kterou bychom dodali přímo měřickému oddělení dolu, aby podle potřeby mohli měřiči sami tyto práce konat. Také chceme dosud užívané elektronky, které jsou přece jen při dopravě choulostivější, nahradit vhodnými transistory.

Konečný výsledek dosavadních měření opravňuje k názoru, že vrtání může být zrychleno bez ohledu na možnost úchylku vrtu, který je možné v každém případě indukční metodou nalézt.

Grafické přílohy :

1./Určení polohy odvodňovacího vrtu na dole Stalingrad, který byl zaměřen dne 6.7.1961 .

2./Určení polohy odvodňovacího vrtu na téže dole, který byl zaměřen dne 16.11.1961 .

3./Závislost napětí pole na vzdálenosti od zdroje, která byla zjištěna experimentálně .

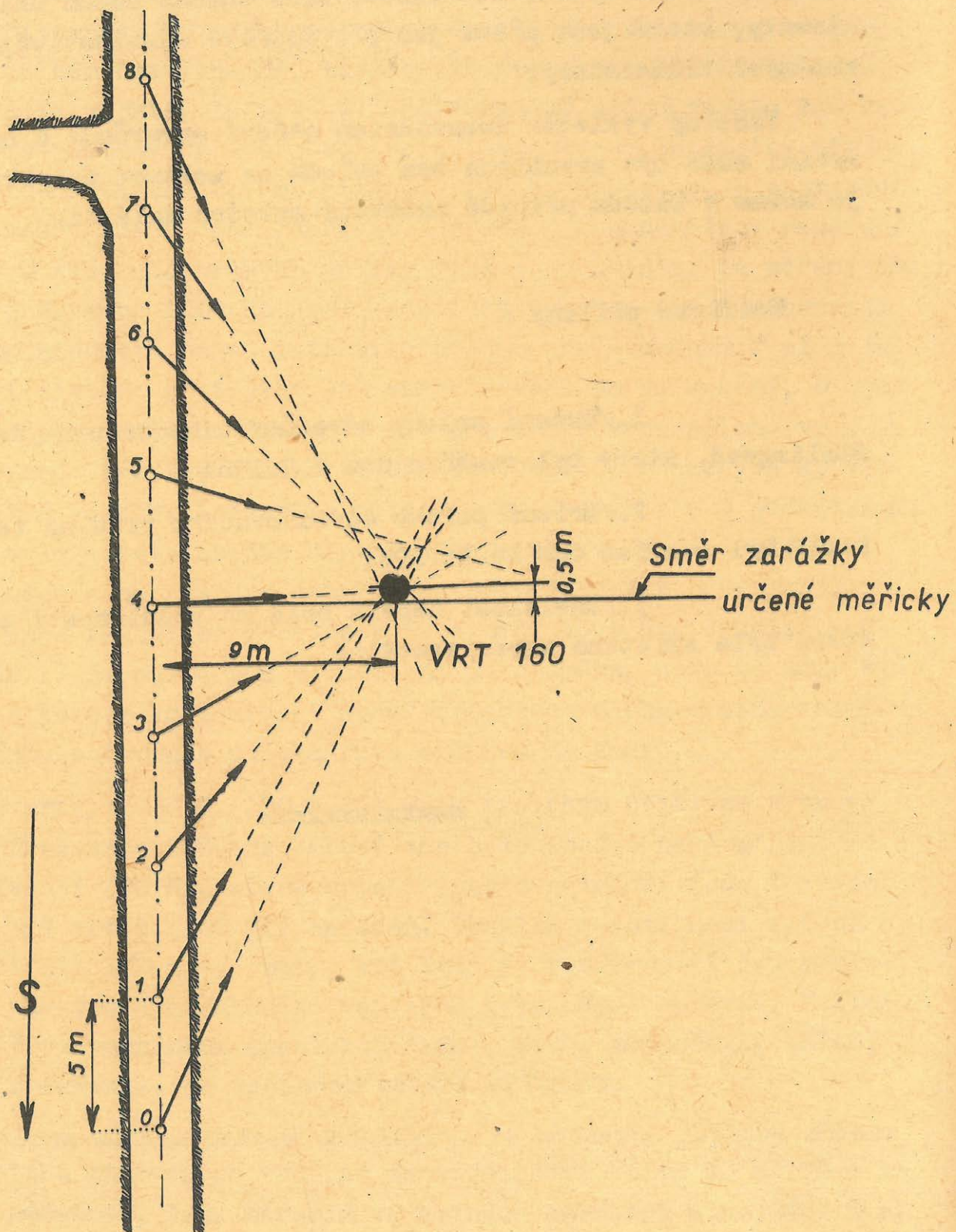
XXXXXXXXXXXXX

DŮL STALINGRAD

URČENÍ POLOHY ODVODŇOVACÍHO VRTU

MĚŘENO 6.7.61 - MĚŘ. 1:250

$f = 250 \text{ Hz}$

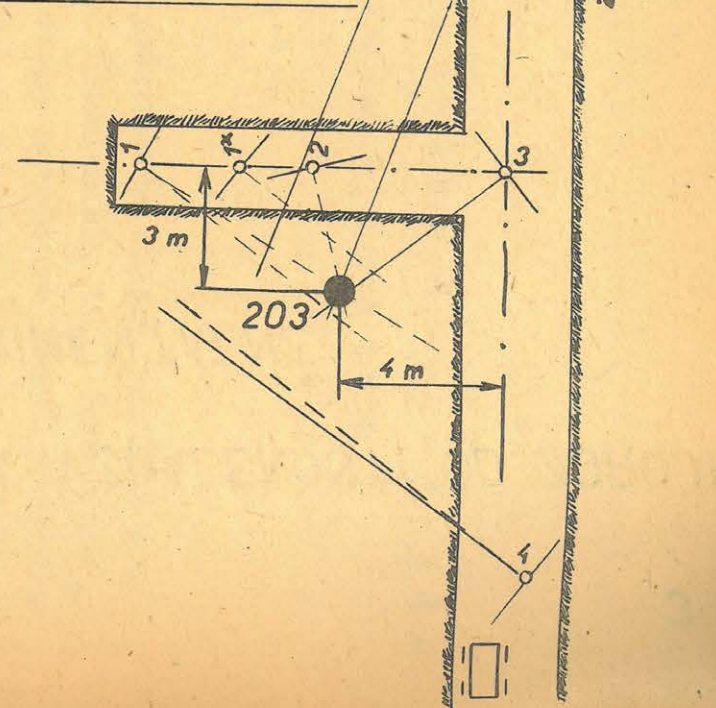
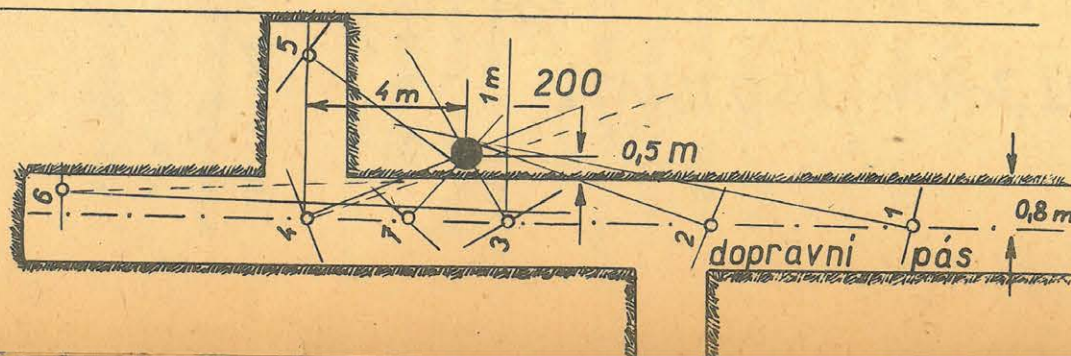
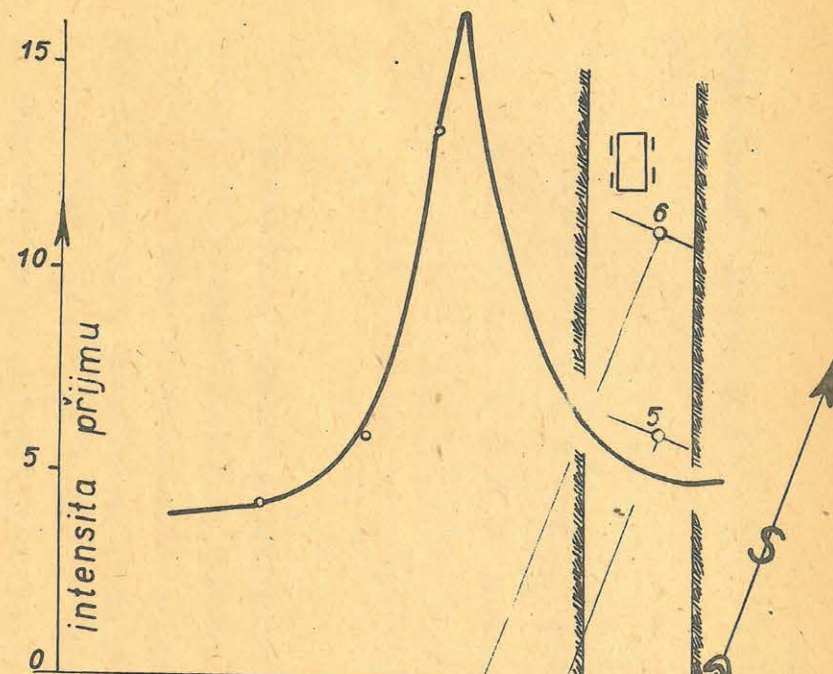
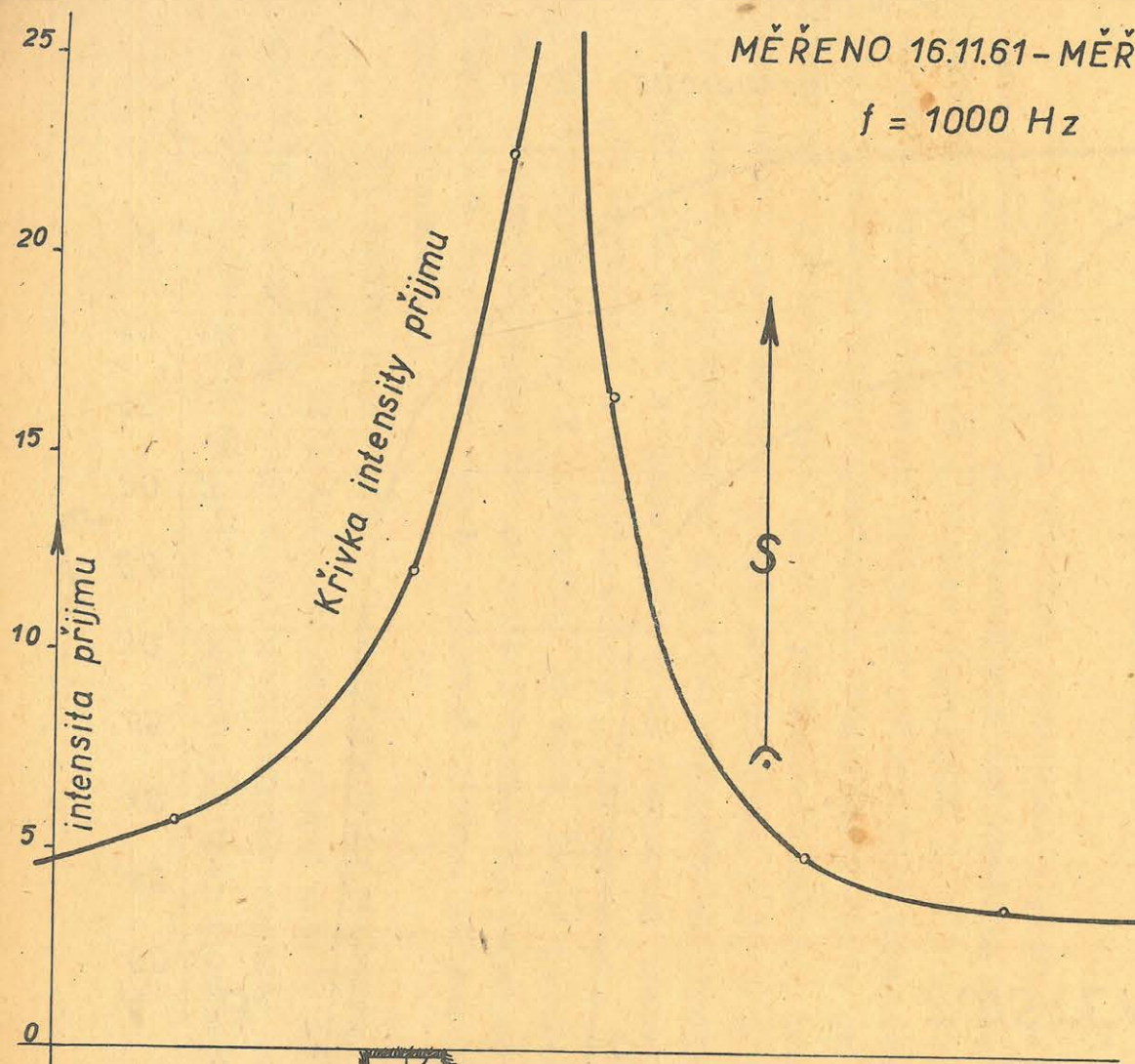


DŮL STALINGRAD

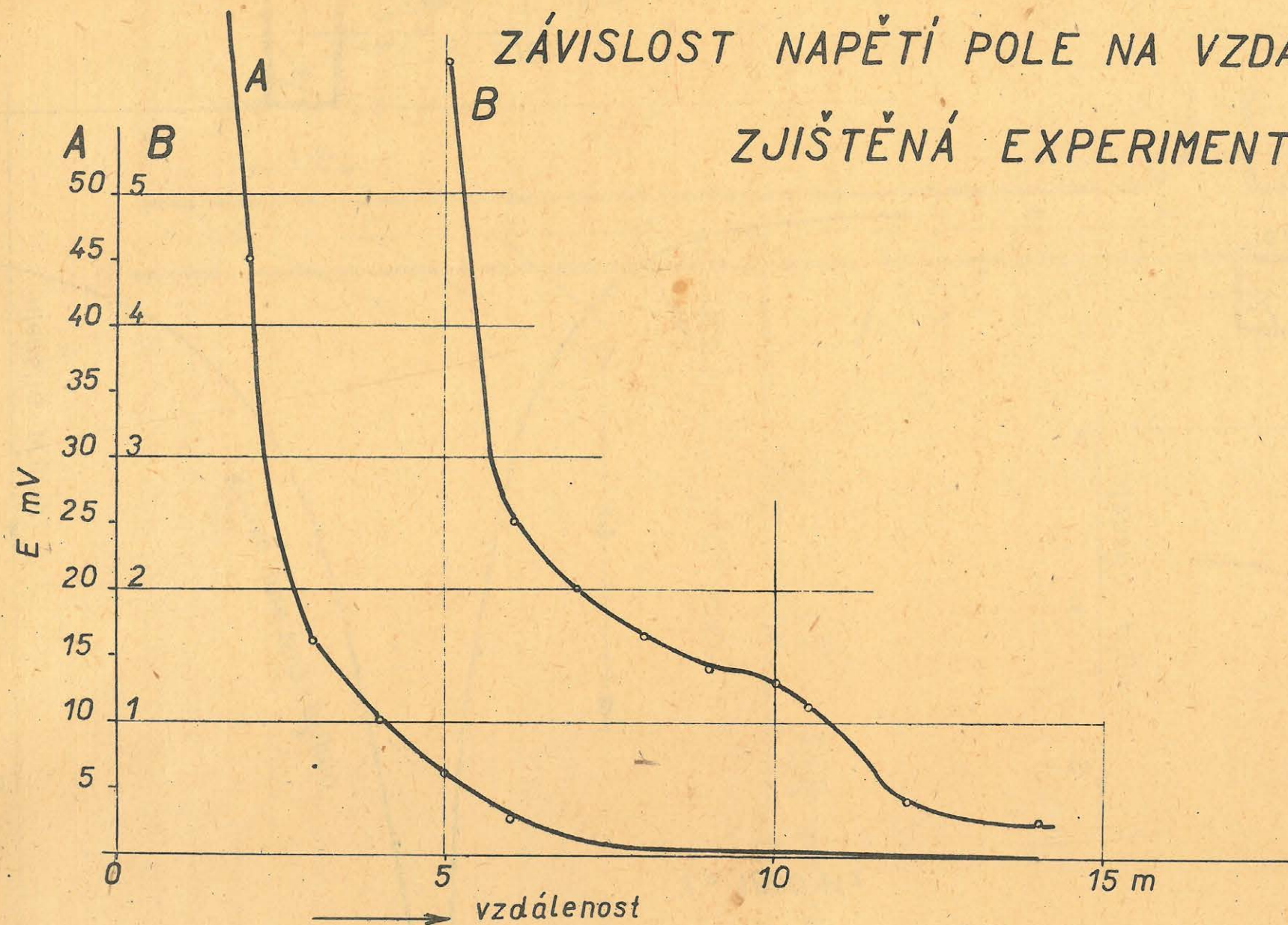
URČENÍ POLOHY ODVODŇOVACÍHO VRTU

MĚŘENO 16.11.61 - MĚŘ. 1:200

$f = 1000 \text{ Hz}$



ZÁVISLOST NAPĚTÍ POLE NA VZDÁLENOSTI OD ZDROJE ZJIŠTĚNÁ EXPERIMENTÁLNĚ



$$E = \frac{\mu A}{\text{rozsah}}$$

$$i_0 = 300 \text{ mA}$$

$$f = 1000 \text{ Hz}$$