

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSL OVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **18.11.2010**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **30.05.2012**
(Věstník č. 22/2012)

(21) Číslo dokumentu:

2010-849

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G01N 27/12 (2006.01)

G01N 27/04 (2006.01)

G01N 27/02 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha
5-Zbraslav, CZ

(72) Původce:

Kulhavý Zbyněk Ing. CSc., Pardubice, CZ
Vlčková Martina Ing., Praha 5, CZ
Benešová Veronika Ing., Praha 7, CZ
Pražák Pavel, Praha 10, CZ

(74) Zástupce:

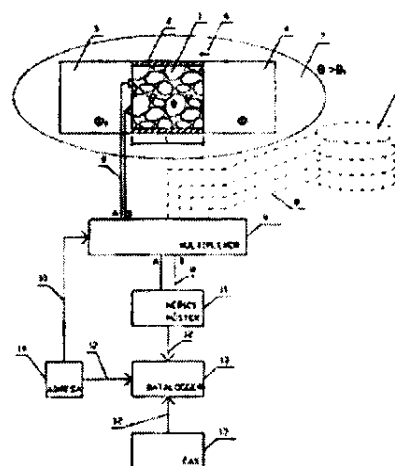
Ministerstvo zemědělství ČR, Mgr. Hana Jirkalová,
Těšnov 17, Praha 1, 11705

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Zařízení pro laboratorní stanovení
nenasycené hydraulické vodivosti pórovitého
materiálu**

(57) Anotace:

Řešení se týká zařízení (obr. 2) pro laboratorní stanovení nenasyčené hydraulické vodivosti pórovitého materiálu, které je přizpůsobeno k měření časové závislosti změny impedance pórovitého materiálu (například půdy) při jeho sycení vodou a které je charakterizováno tím, že se skládá z alespoň jednoho páru elektrod, které jsou umístěny na povrch nebo těsně pod povrch měřeného alespoň jednoho půdního vzorku (7), odebraného v odběrném válečku (2) a vloženého do komor (4) a (5) pro nastavení potenciálu vlhkosti Φ_1 a Φ_2 , přičemž je zařízení doplněno elektrickými vodiči (8), propojujícími elektrody se vstupy multiplexoru (9) a jeho prostřednictvím se vstupy měřicího můstku (11), kdy periodickou změnu adresy kanálu (10) multiplexoru (9) generuje generátor (14) cycklické adresy, který je řízený časovým generátorem (15) a datalogger (13) monitoruje impedanci právě připojeného páru elektrod i-tého měřeného vzorku (7).



Zařízení pro laboratorní stanovení nenasycené hydraulické vodivosti pórovitého materiálu

Oblast techniky

Vynález se týká laboratorního zařízení, sloužícího k měření časové závislosti změny impedance pórovitého materiálu (například půdy) při jeho syčení vodou a z takto pořízených dat k následnému odvození charakteristik nenasycené hydraulické vodivosti.

Dosavadní stav techniky

Nenasycená hydraulická vodivost je vlastnost nenasyceného prostředí vést vodu, charakterizovaná součinitelem v Darcy-Buckinghamově rovnici. Je závislá na vlastnostech prostředí a jeho aktuální vlhkosti (θ), resp. na vlhkostrním potenciálu (Φ). Nejčastěji se nenasycená hydraulická vodivost ($K_{\text{UNSAT.}}$) uplatňuje ve vodohospodářské praxi při popisu vlastností půdního prostředí – půdy. Křivka vyjadřující hydraulickou vodivost půdy v závislosti na její vlhkosti $K(\theta)$ je vedle retenční křivky $\theta(h)$ důležitou charakteristikou, využívanou mimo jiné při numerickém modelování proudění vody a transportu chemických látek v proměnlivě nasyceném pórovitém prostředí.

Jelikož je měření křivek nenasycené hydraulické vodivosti časově náročné a obtížné, využívá se velmi často metoda numerického odvození z retenční čáry na základě teorie kapilárních modelů (van Genuchten, 1980). V terénu se nenasycená hydraulická vodivost měří podtlakovým diskovým infiltrometrem a rozvíjejí se metody odporového měření (geoelektrické metody). Pracovní postupy jsou časově i organizačně náročné a poskytují výsledek pro jedno měřené místo. Dosavadní metody se nedají uplatnit na odebraných neporušených vzorcích pórovitého materiálu a tudíž se nedají využívat v laboratoři, která obecně poskytuje standardní podmínky měření, zvyšuje efektivitu prací i nezávislost na povětrnostních podmínkách

vyšetřovaného místa. Laboratorní metody (Klute, Dirksen, 1986), založené na dosažení podmínek ustáleného nenasyceného proudění nebo založené na aplikaci výparných metod (ISO 11275: 2004), vyžadují speciální aparaturu, náročnou přípravu vzorku a delší trvání zkoušky v řádu dní až týdnů.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky odstraňuje zařízení pro laboratorní stanovení nenasycené hydraulické vodivosti pórovitého materiálu, podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že se skládá z alespoň jednoho páru elektrod, které jsou umístěny na povrch nebo těsně pod povrch měřeného alespoň jednoho půdního vzorku, odebraného v odběrném válečku a vloženého do komor pro nastavení potenciálu vlhkosti Φ_1 a Φ_2 . Zařízení podle vynálezu je doplněno elektrickými vodiči, propojujícími elektrody se vstupy multiplexoru a jeho prostřednictvím se vstupy měřicího můstku, kdy periodickou změnu adresy kanálu multiplexoru generuje generátor cyklické adresy a datalogger monitoruje impedanci právě připojeného páru elektrod i -tého měřeného půdního vzorku.

Zařízení podle vynálezu je charakterizováno tím, že je přizpůsobeno k měření časové závislosti změny impedance vzorku pórovitého materiálu při jeho syčení vodou.

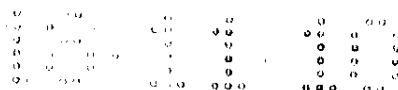
Zařízení podle vynálezu je dále charakterizováno tím, že se skládá z tolika párů elektrod, kolik je měřených půdních vzorků.

Zařízení podle vynálezu umožňuje provádět laboratorní měření současně na několika vzorcích a ve srovnání s obdobnými aparaturami je konstrukčně i uživatelsky nenáročná a zkouška je ukončena během několika hodin podle druhu půdy. Toto zařízení zvyšuje efektivitu práce a umožňuje kontrolovat veškeré podmínky provádění zkoušky za situací, které odpovídají požadavkům zadavatele a které přitom není možné dosáhnout standardně v terénu (např. zohlednění vlivu teploty, výchozí vlhkosti, resp. gradientu vlhkosti atd.).

Zařízení podle vynálezu umožňuje měřit nenasycenou hydraulickou vodivost, což je vlastnost nenasyceného prostředí vést vodu, charakterizovaná součinitelem v Darcy-Buckinghamově rovnici. Je závislá na vlastnostech prostředí a jeho aktuální vlhkosti (θ), resp. na vlhkostním potenciálu (Φ). K jejímu stanovení zařízením podle vynálezu dochází za podmínek nestacionárního proudění.

Na rozdíl od odporových metod pro přímé stanovení vlhkosti pórovitého materiálu, je vynález založen na principu stanovení časů, které charakterizují změny měřené impedance elektrod při vyvolání nenasyceného proudění vody ve vzorku. První čas charakterizuje počáteční zaznamenanou odchylku impedance elektrod, druhý čas charakterizuje ustávání změny impedance elektrod na konci zkoušky.

Zařízení podle vynálezu umožňuje současné měření několika obdobně vystrojených vzorků půdy, kdy je každý vzorek půdy v odběrném válečku opatřen párem elektrod a vložen do komor pro nastavení zvoleného potenciálu vlhkosti. Podstata zařízení podle vynálezu spočívá v tom, že páry elektrod jsou cyklicky přepínány párovým multiplexorem k měřicímu můstku, který měří impedanci mezi elektrodami a měřená data ukládá v dataloggeru, časově svázaná s momentálně nastavenou adresou zapnutého kanálu párového multiplexeru. V zařízení podle vynálezu jsou jednotlivé vzorky pórovitého materiálu zatíženy hydraulicky různými zápornými potenciály vlhkosti Φ na jedné a na druhé straně odběrného válečku Φ_1 a Φ_2 , což vyvolá nenasycené proudění vody ve vzorku půdy směrem od vyššího potenciálu k nižšímu, přitom je průběžně prováděno měření impedance mezi páry elektrod, umístěnými na straně vzorku s nižším potenciálem vlhkosti Φ_2 , přičemž saturace měřené hodnoty impedance indikuje dosažení stavu rovnováhy, odpovídajícímu nastavenému potenciálu vlhkosti na jedné i druhé straně vzorku pórovitého materiálu Φ_1 a Φ_2 . Z délky sloupce pórovitého materiálu L a z nastavené difference hladin ΔH_0 (tj. difference potenciálů vlhkosti u záporných tlaků) a z měřeného času dosažení rovnovážného stavu t_2 , kdy již nedochází



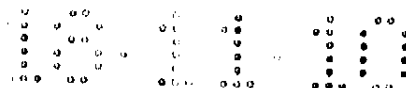
ke změně hodnot měřené impedance, je výpočtem stanovena nenasycená hydraulická vodivost, odpovídající ustálené vlhkosti θ .

V případě měření několika vzorků půdy najednou je v zařízení podle vynálezu každý pár elektrod připevněn k povrchu vzorku nebo bezprostředně pod tento povrch a pomocí elektrických vodičů se připojuje přes multiplexor na měřicí můstek nastavený pro měření impedance, přičemž se měří změna impedance v čase trvání zkoušky. Párový multiplexor cyklicky přepíná páry elektrických vodičů A, B vedoucích od elektrod vzorku na vstup měřicího můstku a cyklickou změnu adresy kanálu (určující číslo i-tého měřeného vystrojeného vzorku) zajišťuje generátor cyklické adresy, přitom data o čase nastavení adresy kanálu, generovaná časovým generátorem, jsou společně s daty, pořízenými měřicím můstkem, archivována v paměti dataloggeru.

Pracovní postup je přizpůsobován účelu měření a zvolenému konstrukčnímu řešení komor pro nastavení potenciálu vlhkosti Φ_1 a Φ_2 , což souvisí s orientací vzorku pórovitého materiálu (vodorovná nebo svislá orientace podélné středové osy) a požadovaným nastavením hodnot potenciálu (od sacích tlaků v řádu jednotek cm vodního sloupce až po sací tlaky velikosti desítek a stovek m vodního sloupce). Počet měřených vystrojených vzorků je třeba volit v závislosti na předpokládané době potřebné k dosažení ustálených podmínek ve vzorku (tj. na celkové době trvání zkoušky) a na době trvání jednoho opakovaného měření na jedné adrese kanálu, tj. na i-tém vzorku tak, aby byl k dispozici reprezentativní časový snímek každého měřeného vzorku (viz obr. 4).

Přednosti zařízení podle vynálezu lze shrnout takto:

- Univerzálnost zařízení pro širokou škálu volitelných nastavení difference vlhkostních potenciálů při měření a s tím související možnost kompletního vykreslení závislosti $K_{UNSAT.}$ na hodnotě aktuální vlhkosti.
- Univerzálnost pro použití různých typů a rozměrů odběrných válečků.
- Efektivita práce, která je dána možností zpracovávat současně několik vzorků na jednom zařízení.



- Nezávislost na klimatických podmínkách, které omezují provádění polních zkoušek.
- Rychlost provádění zkoušky, automatizace měření a vytvoření standardních podmínek (např. teplota prostředí) pro srovnávání naměřených výsledků.
- Reprezentativnost výsledků pro popis hydrofyzikálních charakteristik vzorku.

Přehled obrázků na výkresech

Na přiložených výkresech je na obr. 1 schématicky znázorněn obecný princip podmínek měření K_{UNSAT} za nestacionárních podmínek. Vzorek s aktuální vlhkostí je do hydraulického systému zapojen v čase t_0 (čas počátku zkoušky), kdy úrovně hladin jsou ve stejné výšce. V bezprostředně následujícím čase t_1 (t_1 v řádu sekund) dojde k přenastavení úrovní hladin na pozice H_1 a H_2 . Jsou tak vytvořeny podmínky nestacionárního proudění, kdy je zahájen nestacionární proces vyrovnávání vlhkosti vzorku.

Na obr. 2 je znázorněno blokové schéma zařízení podle vynálezu.

Na obr. 3 je fotodokumentace příkladu provedení vystrojení měřeného vzorku v laboratoři Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha – Zbraslav, CZ, při měření na keramické fritě s nastaveným sacím tlakem $\Phi_1 = -0,05$ bar a $\Phi_2 > -30$ bar (vlhkostní potenciál vzduchu v laboratoři při t [°C] a φ [%]).

Na obr. 4 je graf vykreslení měřených dat dvou vzorků půdy, vyjadřující průběh časové změny impedance elektrod při sycení vzorku sprašové a hnědé půdy vodou při různé volbě difference potenciálu vlhkosti. Vzorek č. 210 je spraš; Vzorek č. 888 je hnědá půda

Následující příklady provedení zařízení podle vynálezu pouze dokládají, ale neomezují.

Příklady provedení

Příklad 1

Zařízení podle vynálezu bylo vyrobeno pro účely testování vzorků půdy, odebraných do tzv. Kopeckého válečků (objemu cca 100 ml) pro rozsahy diferencí vlhkostního potenciálu, odpovídající podmínkám stanovení retenční křivky na pískovém či kaolínovém boxu. Osa vzorku byla orientována vertikálně, přitom Φ_1 odpovídá nastavenému sacímu tlaku ve vodní nádržce a Φ_2 odpovídá potenciálu vlhkosti vzduchu v laboratoři při nezakryté vrchní straně vzorku (viz obr. 3).

Páry elektrod 3 mají průměr 1 mm a jsou vyrobeny z nerezového drátu, fixovaného v izolantu PVC destičky a jsou připájeny k elektrickým vodičům 8, vyrobeným z tenkého měděného lanka s bužírkou. PVC izolační destička je rozepřena v mosazném prstenci, který slouží jako zátěž pro vytvoření souvislého tlaku elektrod na povrch 16 vzorku 7 v průběhu zkoušky. Multiplexor 9 je vyroben ze šestice mechanických, dvoukontaktních, hermeticky uzavřených relé se spínacím napětím 12 V, kdy jednotlivá relé jsou spínána na základě adresace generátoru 14 adresy. Adresa se cyklicky mění od 1 do 6 s volitelnou frekvencí od cca 1 do 0,1 Hz. Jeden cyklus měření pak trvá cca 5 až 60 sec. Při výrobě prototypu byl ve funkci měřicího můstku 11 využit laboratorní LCR měřič MOTECH MT 4090. V dalších aplikacích se uvažuje s vybavením účelově konstruovaného měřiče impedance, jaký se používá např. pro měření vlhkosti půdy sádrovými bločky, s rozšířeným rozsahem (od 1 k Ω do 200 M Ω). Měřená data jsou ukládána přes datový kabel RS232 na stolní PC společně s údajem pro identifikaci adresy kanálu 10 multiplexoru 9 (pro následné přiřazení dat měření i-tému měřenému vzorku 7). Pro identifikaci času jednotlivých měření je použito systémových hodin PC. Osobní počítač tak plní současně funkci dataloggeru 13 a časového generátoru 15.

Ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha – Zbraslav, CZ, byly provedeny v letech 2009 a 2010 první praktické testy zařízení podle vynálezu s výše popsanou konfigurací. Vzorky byly podle časového harmonogramu zkoušky pokládány na keramickou fritu s filtračním

papírem a syceny zespoda odvzdušněnou vodou při známém sacím tlaku. Výsledky měření vybraných typických vzorků půdy ukazuje obr. 4. Zpracování probíhá na PC v tabulkovém kalkulatoru. Před zkouškou a po jejím ukončení jsou stanoveny hydrofyzikální vlastnosti vzorku půdy (vlhkost gravimetricky, objemová hmotnost redukována).

Průmyslová využitelnost

Řešení se týká zařízení pro laboratorní stanovení časových změn impedance elektrod, připevněných ke vzorku a z těchto dat pro nepřímé odvození nenasycené hydraulické vodivosti pórovitého materiálu, která je využitelná při analytickém popisu charakteristik pórovitých materiálů (nejčastěji půd a zemin) ve vodním hospodářství, stavebnictví a životním prostředí při hydropedologickém a stavebním průzkumu. Zařízení lze průmyslově vyrábět.

Seznam použité literatury

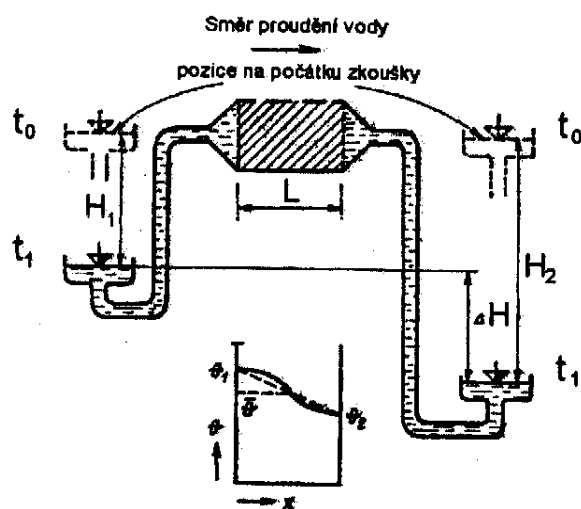
van Genuchten, M. T. (1980): A closed-form solution for predicting the conductivity of unsaturated soils, Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 892– 898.

Klute, A., and C. Dirksen (1986): Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods, in Methods of Soil Analysis, part I, edited by A.Klute, pp. 687– 734, Am. Soc. of Agron., Madison, Wis.

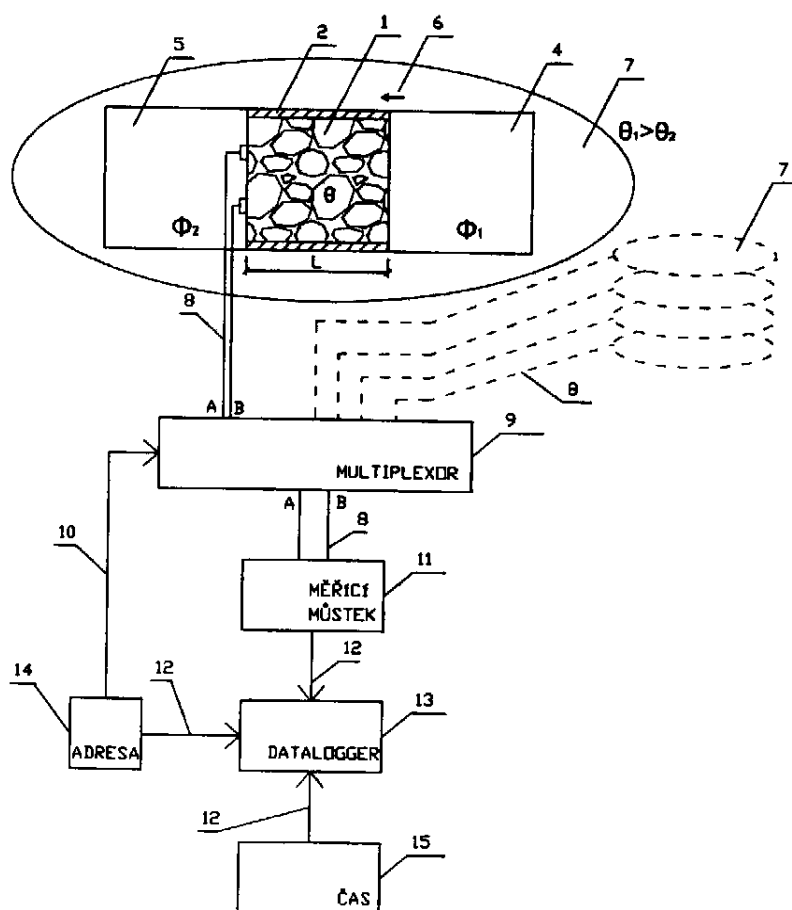
ISO 11275: 2004 Soil quality - Determination of unsaturated hydraulic conductivity and water-retention characteristic; Wind's evaporation method

PATENTOVÉ NÁROKY

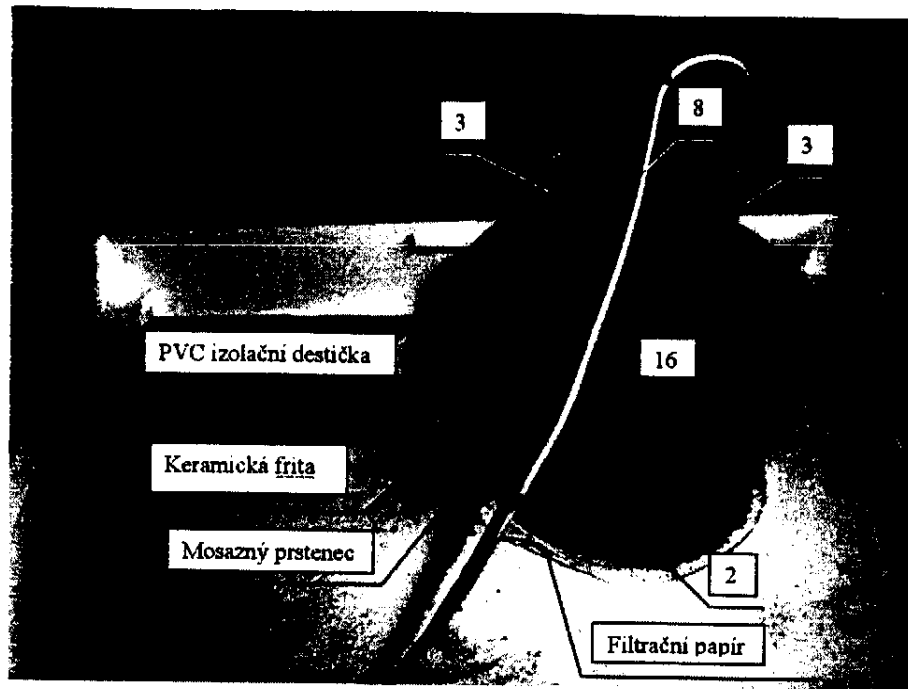
1. Zařízení pro laboratorní stanovení nenasyčené hydraulické vodivosti pórovitého materiálu, **vyznačující se tím**, že se skládá z alespoň jednoho páru elektrod (3), které jsou umístěny na povrch nebo těsně pod povrch (16) měřeného alespoň jednoho půdního vzorku (7), odebraného v odběrném válečku (2) a vloženého do komor (4) a (5) pro nastavení potenciálu vlhkosti Φ_1 a Φ_2 , přičemž je zařízení doplněno elektrickými vodiči (8), propojujícími elektrody (3) se vstupy multiplexoru (9) a jeho prostřednictvím se vstupy měřicího můstku (11), kdy periodickou změnu adresy kanálu (10) multiplexoru (9) generuje generátor (14) cyklické adresy řízený časovým generátorem (15) a datalogger (13) monitoruje impedanci právě připojeného páru elektrod (3) i-tého měřeného vzorku (7).
2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že je přizpůsobeno k měření časové závislosti změny impedance vzorku pórovitého materiálu (1) při jeho sycení vodou.
3. Zařízení podle nároku 1 a 2, **vyznačující se tím**, že se skládá z tolika párů elektrod (3), kolik je měřených půdních vzorků (7).



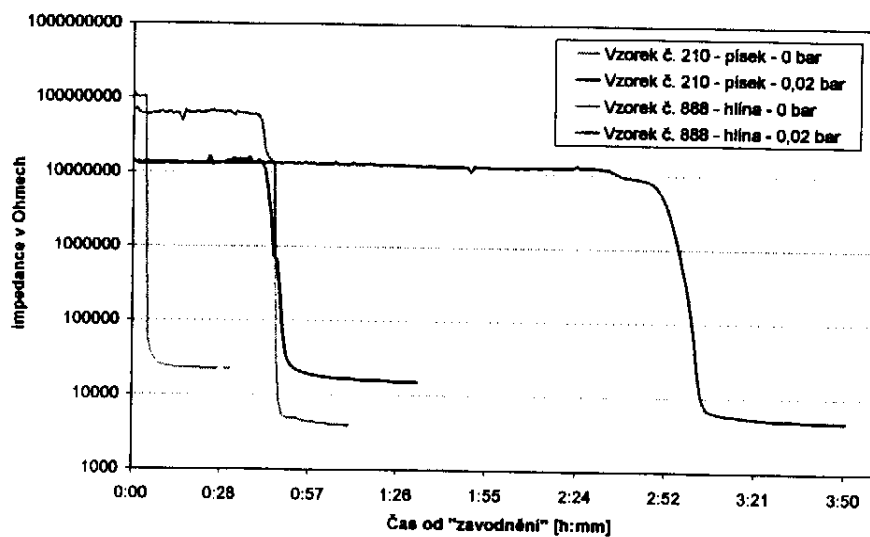
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4