

Ing. Pavel T r ý z n a, VÚHU

Ing. Zdeněk F o r m á n e k CSc., VÚHU

Možnosti použití techniky měření přirozených obsahů radionuklidů ve vodách při řešení báňsko-hydrogeologických problémů

Úvod

Metodika měření přirozených obsahů tritia a uhlíku 14, vyvinutá a používaná v LUJF VÚHU, byla již podrobně popsána /1/. Tato nová technika měření byla bezprostředně použita při řešení různých úkolů z oblasti báňsko-hydrogeologických problémů. V článku jsou popsána vybraná měření, která provedla LUJF v posledních letech.

Proudění vody přes skok Viktoria

Jako jedna z prvních aplikací techniky vlastního obsahu tritia, bylo provedeno ověření spojitosti a směru proudění podzemních vod přes skok Viktoria.

Poruchové pásmo, tzv. skok Viktoria (na obr. 1 vyznačen šipkami), tvoří demarkaci IX. pole dolu Kohinoor vůči dolu Ležáky a je také důležitým činitelem z hlediska odvodňování.

Předpokládalo se, že tato porucha tvoří nepropustnou bariéru, oddělující režim podzemních vod na severní a jižní straně poruchy. Výška skoku se pohybovala od 20 do 30 m a je vyšší než mocnost zvodnělých písků v místě poruchy.

Rozdíl hladin podzemní vody na obou stranách poruchy je 35 m a více. Tato okolnost nasvědčuje o hydrogeologické samostatnosti obou ker.

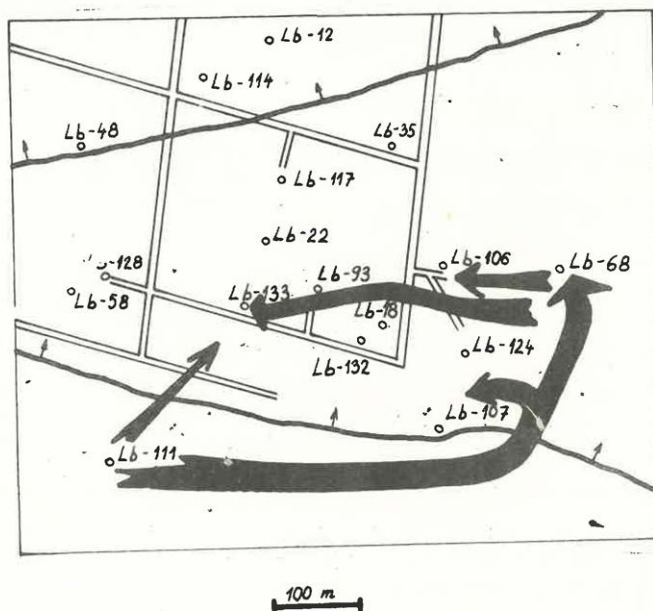
Vlivem odvodňování na severní straně poruchy začala klesat i hladina v jižní kře. Tento pokles byl vysvětlován obtékáním zlomu na východě, kde se zmenšuje výška skoku vlivem jeho vyznívání. Další pochybnosti o těsnosti zlomu vznikly po měření hladin, když po uzavření všech odvodňovacích vrtů ve východním křídle IX. pole (Lb 106, Lb 68, Lb 107) stoupla během dvou dnů hladina na pozorovacím vrtu Lb 111 o 2,1 metru. Bylo proto rozhodnuto o provedení stopovací zkoušky k ověření předpokladu, zda existuje přímá komunikace vody přes zlom Viktoria, která by představovala akutní nebezpečí průvalu vod v prostoru střední (východní) části IX. pole, kde se v tehdejší době začínala těžba.

Měření bylo provedeno tak, že 22. října 1970 byla do vrtu Lb 111 injektována dávka uměle připravené tritiované vody a zalita vodou k zatlačení do vodního horizontu. Ve vrtech Lb 107, Lb 68, Lb 132, Lb 133, Lb 106 byl prováděn odběr vzorků s intervalem odběru 24 hodin.

Na obr.1 je silnou čarou vyznačen pohyb aktivní vlny. Maximum aktivity, naměřené ve vrtě Lb 107 bylo dosaženo 4.XI.1970, stejně jako ve vrtu Lb 68. Vzhledem k tomu, že nebyl zaznamenán průchod stopovače vrtem Lb 132 a Lb 133 ve srovnatelných měrných aktivitách, je možno tvrdit, že došlo skutečně k obtékání zlomu Viktoria z východní strany. Po provedení syntézy benzenu ze vzorků vody odebraných z vrtu Lb 132 a Lb 133 z jejich proměření bylo zjištěno, že již druhý den po injekci došlo k zvýšení přirozeného obsahu tritia z původních 20 T.U. na 150 T.U. Tato aktivita je však nejméně o tři řády nižší, než na vrtech Lb 107 a Lb 68.

Je tedy možno konstatovat, že proudění přes skok Viktoria existuje, je však z báňsko-hydrogeologického hlediska bezvýznamné. Je tedy vyloučena možnost náhlého průvalu vody do střední části IX. pole. Tento směr průsaku je vyznačen čarou mezi vrtem Lb 111 a vrty Lb 132 a Lb 133.

V odběru a měření vzorků bylo pokračováno a byl sledován pohyb aktivní vlny přes vrty Lb 106, Lb 93. Po třech týdnech došlo k průchodu aktivní vlny vrtem Lb 133 ze směru uvedeného na obr. 1.



Obr. č. 1

Určení původu vody z řezu na lomu Vrbenský

Jednou z dalších aplikací měření přirozeného obsahu tritia bylo ověření původu vody, která podmáčí a působí skluz zeminy na svahu prvního řezu lomu Vrbenský. Tento skluz ohrožuje stabilitu důležité silnice Most - Komořany.

Podle názorů hydrogeologů by zdrojem vody, která způsobuje podmáčení svahu a skluz zeminy, mohla být mokřina, napájená odpadní užitkovou vodou z dílen a koupelen, vzdálená 200 m. od míst výtoku na řezu, s hydraulickým spádem 4 m. Odhad doby průchodu činil dva měsíce.

Terénní měření bylo provedeno tak, že z mokřiny byly nejdříve odebrány vzorky vody, u kterých byl změřen obsah tritia jako srovnávací hodnota. Potom byla do mokřiny injektována malá dávka tritia, která způsobila zvýšení aktivity v této akumulaci z 168 T.U. na 2 až 3 tisíce T.U. Akumulace vody v mokřině byla odhadnuta na 1000 m³. Přítok odpadní vody do této akumulace se pohyboval v $\varnothing$ 10 m³ za den. Výtok vody z řezu byl 0,75 l/min. Vzorky vody z řezu byly pravidelně odebírány po dobu tří měsíců. Orientačně byly odebrány vzorky vody z odvodňovací strouhy podél železniční tratě, která vede vedle mokřiny.

V tabulce č.1 jsou uvedeny výsledky měření aktivity tritia odebraných vzorků. Pro porovnání jsou uvedeny aktivity srážkových vod v jednotlivých měsících za rok 1972 a 1973 a obsah tritia z Dřínovské vodní nádrže jako zdroje užitkové vody. Z naměřených výsledků vyplývá, že aktivita tritia vzorků vody z řezu, který je ohrožen skluzem, je prakticky na stejné úrovni, která kolísá kolem střední hodnoty 126 T.U. Porovnáme-li tuto aktivitu s aktivitou vody před injekcí, tj. 168 T.U. a po injekci 2 až 3 tisíce T.U., je možno konstatovat, že doba průsaku, pokud by existovala hydraulická souvislost mezi mokřinou a výtokem vody z řezu, je delší než 3 měsíce.

Srovnáme-li dále obsah tritia ve vodě z výtoku s průběhem obsahu tritia v Dřínovské nádrži, je možno tvrdit, že voda z výtoku řezu na lomu Vrbenský je starší než 7 měsíců. Z výsledků obsahu tritia z odvodňovací strouhy podél železniční tratě je zřejmé, že převážná část vody z mokřiny odtéká do této vodoteče.

Závěrem je možno konstatovat, že během odběru vzorků nebyla prokázána hydraulická souvislost mezi mokřinou u dílen lomu Vrbenský a výtokem vody na prvním řezu téhož lomu.

Tabulka č. 1

Obsah tritíia ve výtoku z řezu v T.U.	Obsah tritíia ve vod.sráž- kách v roce 1972 v T.U.	Obsah tritíia v Dřínovském jezeře v T.U.	Obsah tritíia v mokřině v T.U.	Obsah tritíia v odvod.strou- ze v T.U.
	leden 84 únor 130 březen 187 duben 151 květen 230 červen 196 červenec 192 srpen 159 září 120 říjen 58	25.7. 166 12.10. 160	12.10. 168	12.10. 165
12.10.72 141 19.10. 121 26.10. 133 2.11. 120 9.11. 131 26.11. 133 23.11. 126 7.12. 124 14.12. 123 4. I.73 112 18.1. 120	listopad 46 prosinec 36	13.11. 127 18.12. 101 5.1. 95	2000-3000	26.11. 1210 18.1. 1006

Byla však stanovena dolní hranice stáří této vody. Tento fakt má velký význam pro další ekonomické záměry.

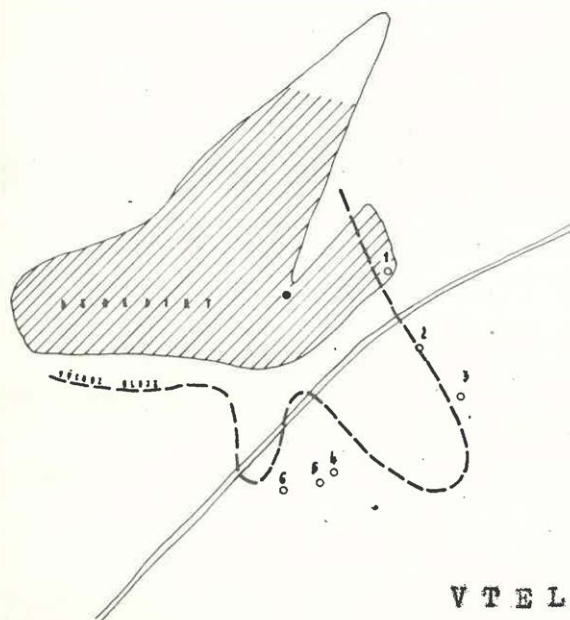
Vzhledem ke stáří vody, ať již je její původ jakýkoliv, není možné očekávat okamžitý výsledek zákroku pro další zamezení výtoku vody z řezu, nýbrž se může projevit nejdříve po 7 měsících v nejpriznivějším případě. Protože do jednoho roku má být místo skluzu zasypáno, bylo by zbytečné provádět nějakou sanaci mokřiny v souvislosti s likvidací výtoku vody ze skluzu.

Ověření těsnosti hráze lomu Benedikt

Jednou z aplikací měření obsahu tritíia v poslední době bylo ověření těsnosti hráze na zatopeném lomu Benedikt upraveném na přírodní koupaliště.

Ve vybudované hrázi byla provedena cementová injektáž k jejímu utěsnění. Vzhledem k obavám obyvatelů blízké obce Vtelno na možné ovlivnění výtoků vody v obci průsakem vody ze zatopeného lomu, bylo provedeno

terénní měření, které mělo ověřit možnou komunikaci mezi vodní nádrží a výtoky vody v obci Vtelno. Bylo vybráno 5 odběrových míst v obci Vtelno vzdálených 180 až 250 m od hráze nádrže (obr.č.2). Ve vodní nádrži byla zvýšena 30.8.1973 aktivita z původních 134 T.U. na úroveň kolem 1000 T.U. V jednotlivých odběrových místech byl prováděn pravidelný odběr vzorků (obr.č.2).



Obr. č. 2

V T E L N O
M = 1 : 5000

V tabulce č. 2 jsou uvedeny aktivity tritia v jednotlivých odběrových místech.

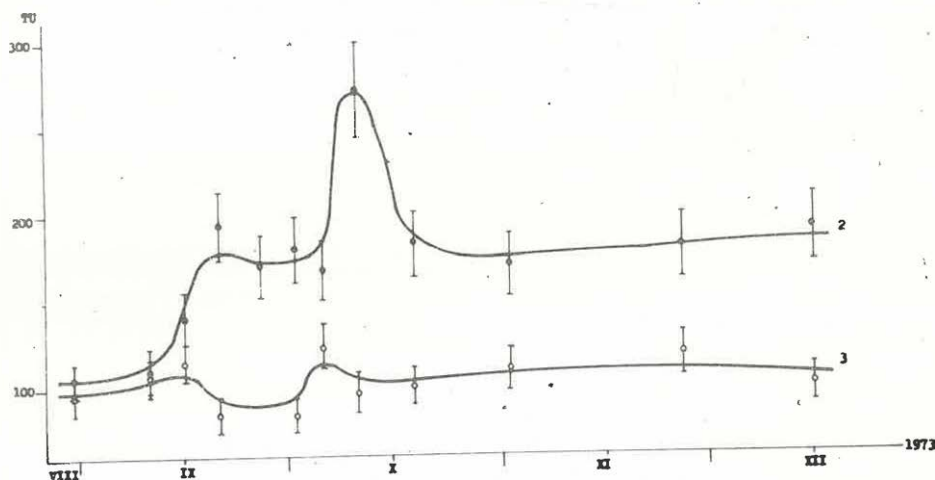
Tabulka č. 2

Datum odběru	Odběrová místa					
	1	2	3	4	5	6
29. 8. 1973	134					
30. 8.		105	95	40	71	95
10. 9.		110	104		80	
15. 9.		140	115		75	115
20. 9.	1000	193	84		78	96
26. 9.		170		37	69	130
1. 10.		180	83			160
5. 10.		168	122			170
10. 10.		272	97		73	160
18. 10.		182	100			180
1. 11.		170	110	35	82	210
26. 11.		180	119	37	81	202
15. 12.	680	190	100	40	70	190

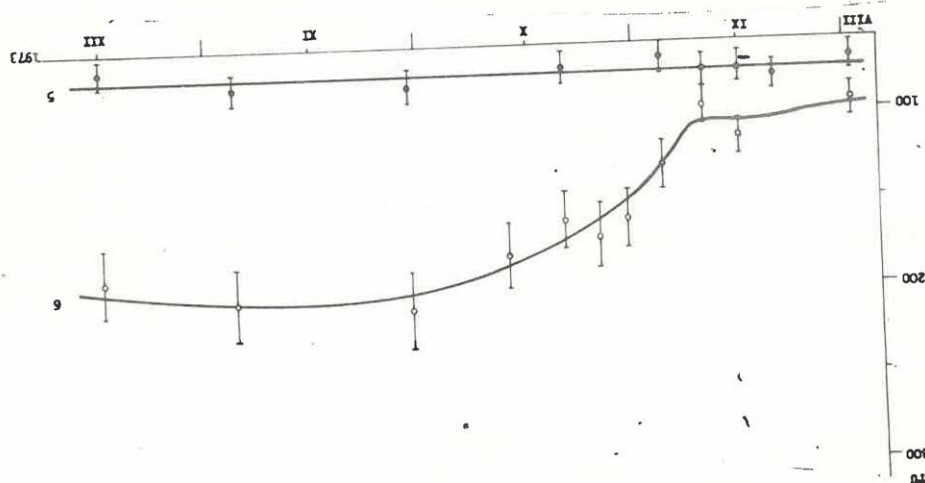
Z průběhu aktivity tritia v jednotlivých odběrových místech vyplývá, že tritium z nádrže se objevilo pouze ve dvou místech, a to v odběrovém místě č. 2 na levém okraji obce a ve sklepě na odběrovém místě č. 6 na pravém okraji obce. Ve středu obce nebylo pozorováno žádné zvýšení aktivity tritia. V odběrovém místě č. 4 byla naměřena úroveň tritia odpovídající podle modelu "piston flow" 13-14 rokům. Grafický průběh aktivity tritia v odběrových místech č. 2 a 3 je na obr. 3, v místě č. 5 a 6 je na obr. 4.

Výsledky měření budou sloužit jako objektivní podklad pro hospodářské jednání mezi zástupci stavební organizace a obcí Vtelno.

Popsanou metodiku a techniku měření by bylo možno aplikovat i na vodních dílech, pokud by bylo žádoucí zjišťovat intenzitu průsaků, příspěvek průsaků z vodního díla od vodních zdrojů, které existovaly před vybudováním vodního díla.



Obr. č. 3 - Průběh měrného obsahu tritia ve vodách odběrových míst 2 a 3



Obr. č. 4 - Průběh měrného obsahu tritia ve vodách odběrových míst 5 a 6

Posouzení velikosti průsaku vod z nádrže u jámy Mír v Břežánkách na skrývkové řezu VMG

Tento požadavek vyplynul z provozních obtíží při těžbě na skrývkových řezech velkolomu Maxim Gorkij, které jsou způsobeny výtokem vody z boku skrývkových řezů.

Vznikla domněnka, že voda, která vytéká na skrývkových řezech, by mohla být dotována průsakem vody ze sběrné nádrže u jámy Mír.

V první etapě bylo rozhodnuto provést odběr vzorků na stanovení přirozených obsahů tritia, v druhé etapě by na základě měření přirozených obsahů tritia bylo provedeno ověření pracovní hypotézy o komunikaci vody mezi nádrží u jámy Mír a výtoky na skrývkových řezech.

Pro první etapu byla vybrána následující odběrová místa: K 59 druhý řez, K 61 štěrkopisky, K 61 písky, koryto Lomského potoka za vodní nádrží, nádrž u jámy Mír, K 65 písky v podloží kvartéru, zářez III přes K 65, důlní voda z Dolu Mír, Lomský potok před nádrží. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Interpretace výsledků

Z tabulky obsahu tritia vyplývá, že při aplikaci modelu "piston flow" pro proudění vody v zemi, je možné přiřadit vzorkům podzemní vody podle jejich obsahu tritia modelové "stáří".

Tabulka č. 3

Datum odběru	Odběrové místo	Obsah tritia (T.U.)	Modelové stáří (roky)
5.5.1975	K 59 II. řez	136±13	12
5.5.	K 61 štěrkopisky	651±30	10
5.5.	K 61 písky	330±18	11
28.5.	K 65 písky v podlož.kvart.	297±17	9
28.5.	Zářez III před K 65	100±10	7
5.5.	Koryto Lomského potoka za vodní nádrží	209±15	dešťová voda
30.5.	Důlní voda z Míru	123±12	(4-8), (14-15)
30.5.	Lomský potok před nádrží	175±15	-
23.5.	Nádrž Mír	149±13	-

V našem konkrétním měření je možné přiřadit jednoznačně "stáří" prakticky všem odebraným vzorkům. Aktivita vody u vzorku K 61 štěrkopisky byla zjištěna hodnota 651 T.U., která odpovídá právě maximální hodnotě aktivity vodních srážek z let 1963 - 1974, kdy vrcholily pokusy s vodíkovými bombami. Z výškových relací ostatních odebraných vzor-

ků, vzhledem k poloze vzorku K 61 štěrkopísky, je možné přiřadit opět jednoznačně "stáří". Pouze u vzorku vody odebrané z čerpání vody Dolu Mír by bylo potřeba měření s intervalem půl až jeden rok.

Vzhledem k naměřenému vysokému obsahu tritia u vzorku vody z řezu K 61 a jeho jednoznačné interpretaci a rozdílu aktivity tritia ve vodě v nádrži u jámy Mír a ve vodě v bývalém korytě Lomského potoka za touto nádrží, je možné konstatovat, že průsak z vodní nádrže u jámy Mír do bývalého koryta je zanedbatelný, pokud vůbec existuje. Dále je možno konstatovat, že je možno vyloučit rychlý, z báňsko-hydrologického hlediska významný, průsak z vodní nádrže u jámy Mír do nadložních písků a kvartérních zemín odkrytých na skrývce VMG. Ze "stáří" vody vyplývá, že voda vytékající nyní na řezu K 61 se vsakovala v době, když ještě vodní nádrž nebyla postavena.

Z provedeného měření je možné konstatovat, že naměřené aktivity tritia je možné jednoznačně přiřadit "stáří" vody podle modelu "piston flow" /2/. Na základě zjištěného "stáří" vod na skrývkových řezech VMG bylo doporučeno za současného stavu skrývkových řezů neprovádět žádné stavební či jiné opravy na vodní nádrži, či bývalém korytě Lomského potoka. Současně bylo možno upustit od druhé etapy měření s uměle zavedenými stopovači. Je možné vyčíslit i ekonomický přínos měření, který je dán poměrem mezi cenou měření (řádově tisíce korun) a náklady na sanaci, nebo přeložení nádrže (řádově 100 tisíc), od které bylo možno upustit.

Datování vybraných pramenů

V další tabulce č. 4 jsou uvedeny hodnoty přirozeného obsahu tritia a ^{14}C , pokud byl měřen, u některých vybraných pramenů. Pokud jsou tyto prameny používány jako zdroj pitné vody (pramen "Stříbrník" ve Mšeně u Mělníka), je na základě znalosti "stáří" možno usuzovat na závislost nebo nezávislost vydatnosti pramene na vodních srážkách, jeho kvalitu apod. Zajímavé je rovněž srovnání "tritiového" a "uhlíkového stáří" u téhož zdroje. Dobré shody bylo dosaženo u pramene pod Bořněm, kde je zřejmé, že vysoký obsah ^{14}C svědčí o tom, že se jedná o uhlík pocházející z jaderných pokusů, a proto je "stáří" vody limitováno rokem 1953 jako termínem pro vsak srážkové vody do podzemní vody.

Úplně opačná je situace pro vody u Karlových Varů. Z naměřených

Tabulka č. 4

Odběrové místo	Obsah tritia v T.U.	"Tritiové stáří" roky	Obsah ^{14}C rozp./min	Obsah ^{13}C ‰ PDB	"Uhlíkové stáří" roky
Pramen "Stříbrník" (10.8.1973)	25 ± 5	15 - 17	-	-	-
Pramen pod Bořněm (12.12.1974)	5 ± 4	19 - 20	9,76	- 9,9	mladší než 21 roků
Pramen na Spravedlnosti Louny (12.12.1974)	0	více než 30	$0,0057 \pm$ $\pm 0,0025$	- 0,3	53 000 ^(a)
Mlýnský pramen K.Vary (5.6.1973)	2 ± 3	více než 20	0,19 0,04	+ 1,1	nelze datovat
Sadový pramen K.Vary	21 ± 4	16 - 18	-	-	-
Pramen kníž.Václava (10.6.1974)	32 ± 4	16 - 18	-	-	-
Pramen Karla IV.			$0,875 \pm$ $\pm 0,27$	neměřeno	-
Vřídlo (16.5.1975)	25 ± 8	17 - 19	$0,045 \pm$ $\pm 0,048$	- 3,7	20 000

(a) Pro vysoký obsah ^{13}C na hranicích datovatelnosti

hodnot je možno usoudit, že voda v jednotlivých pramenech byla kontaminována "mladou" vodou bez velkého obsahu uhlíkatů. Tato skutečnost byla potvrzena měřením HO_2 -ČSAV komunikačními pokusy /5/.

Uvedené příklady ukazují, že měření nízkých koncentrací tritia a ^{14}C má značný význam jak vědeckobadatelský, tak i ryze praktický.

Určení stáří vod umožňuje korigovat hypotézy o režimu podzemních vod, směru jejich toku a zdrojích, ze kterých pochází voda zkoumaných pramenů. U řady pramenů v severočeských a západočeských lázních bylo možno nejen dát hydrogeologům podklady pro teorie o původu a cestě minerálních vod, ale současně i upozornit na jejich případnou kontaminaci povrchovými vodami.

Recenzoval: Ing. Vladimír Hrubý

Literatura

- /1/ Veselý K. - Použití měření velmi nízkých aktivit tritia a uhlíku ^{14}C kapalnými scintilátory v hydrogeologii, při kontrole životního prostředí a v archeologii; zpráva VÚHU 1975
- /2/ Martinec J., Siegenthaler V., aj. - In Symposium on Isotope Techniques in Ground-Water Hydrology - Vienna 1974, 182/9
- /3/ Mook W.G. - In Proceedings of the 8th International Conference on Radiocarbon Dating - Wellington 1972, E 39
- /4/ Vogel J.C. - In Isotope Hydrology - Vienna 1970, 225
- /5/ Hanzlík J. - Referát na semináři "Jaderné metody v hornictví, hutnictví a geologii - Nová Rábyň 1975

S h r n u t í

Možnosti použití techniky měření přirozených obsahů radionuklidů ve vodách při řešení báňsko-hydrogeologických problémů

Použití techniky měření přirozených obsahů tritia a uhlíku ^{14}C , stejně jako připravované měření stabilních nuklidů při měření komunikací mezi vodami, určování průsaků, těsností hrází, doby oběhu vody a podobně, přináší značný ekonomický efekt. Překládání vodních toků, těsnění hrází, protiprávalové prevence a podobné investiční akce jsou rozsáhlé a jejich náklady dosahují milionových hodnot. Naproti tomu měření v ceně několika tisíců, jak byla provedena, umožní v mnoha případech zvolit z řady alternativ tu, u níž je největší pravděpodobnost úspěchu, eventuálně prokázat zbytečnost nebo neúčinnost plánované akce, a tím uspořít značné náklady.