

Ing. Antonín H i l s e, VÚHU

Vlivy sypání výsypek na provoz hlubinných dolů

Problematika střetu zájmů báňské činnosti a výsypkového hospodářství je stále živá. Nedostatek výsypných prostorů vedl již v minulosti, ale i v současné době k přesypání dosud provozovaných dolových polí hlubinných dolů SHR převýšenými výsypkami. Byly to postupně hlubiny Centrum, Kolumbus a v poslední době Vítězný únor, Pluto a Kohínoor.

Sypání převýšených výsypek vyvolává přetížení povrchu, které se přenáší do hloubky horninového masivu. Přitom nutno rozlišit dva základní případy:

- a) sypání na neporušené nadloží sloje
- b) sypání na nadloží, porušené hlubinným dobýváním.

V prvním případě se jedná o výsypku nad dosud nerubným pilířem, ve druhém nad dolovým polem, ve kterém současně probíhá hlubinné dobývání komorováním.

Protože mechanicko-fyzikální vlastnosti nadložních hornin se v obou těchto případech liší, liší se i projevy přetížení důlních děl, kterými jsou v dosud nepřerubaných úsecích sloje chodby, v přerubaných chodby i poruby, situované v dosud nerubané části sloje pod stařinami (2. lávka, eventuálně podjezd).

Přetížení, tj. zvýšení primárních napětových složek, se projevuje v provozu hlubinných dolů vždy nepříznivě. Při malých hodnotách přetížení pouze růstem objemu údržby důlních děl, při vysokých destrukcemi objektů v nepoddajné výztuži, neúnosnými deformacemi poddajné výztuže chodeb a z toho vyplývající nutností změny typu výztužných prvků - například celokruhová ocelová namísto otevřená oblouková, nutností zvýšit hustotu výztuže apod. Extrémně může dojít i k úplnému zaboření výztuže a závalu důlních děl.

Abychom zabránili takovým havarijním případům, je třeba koordinovat hlubinnou důlní činnost a sypání výsypek tak, aby přetížení v dole

bylo ještě provozně únosné. Přitom je nutné vyčíslit alespoň zhruba přetížení, které sypání výsypky nad důlními díly vyvolá.

Z teoretických prací, které se zabývají problematikou zvýšení napětí v horninovém masivu vlivem přetížení povrchu možno uvést práce prof. V. Limberka, J. N. Maljušického a H. M. Westergaarda. Sladováním a měřením tlakových projevů, vyvolaných výsypkou v dole se VÚHU v Mostě zabýval v letech 1967 - 71.

Měřením na výztužních prvcích - betonových objektech i ocelových obloucích otevřené i uzavřené důlní výztuže - bylo prokázáno, že přetížením povrchu výsypkou jsou tlakově ovlivněna důlní díla i při nadloží větším než 300 m (doly Pluto, Kohinoor). Nebylo však možno zjistit míru vlivu vlastního přetížení výsypkou, neboť nelze rozlišit, jaká část celkového napětí výztuže přísluší vlastním napětí v horninovém masivu a jaká je vyvolána pouze sypáním výsypky.

Napětí v horninovém masivu je místně závislé na řadě podmínek, především na parametrech mechaniky hornin, ale i na tektonice a především mikrotektonice, která ovlivňuje tzv. trhlinovitost uhoelné sloje a nadloží. Mechanické vlastnosti vzorku zeminy - především vzorku uhoelné sloje - se v důsledku toho podstatně liší od vlastností horninového masivu jako celku.

I když známe řadu teorií, které odvozují napěťové složky důlní výztuže, nelze dostatečně spolehlivě ověřit provozním měřením napětí výztuže, jak dalece tyto teorie odpovídají skutečnosti. Tzv. odpor výztuže, tj. reakce napětí výztuže vůči tlaku horninového masivu v okolí důlního díla, je i po obvodu výztuže velmi proměnlivý, jak prokázala fotoelasticimetrická měření - v různých místech betonové, ocelové obloukové a kruhové výztuže. Závisí totiž také na předpětí výztužních prvků při jejich zabudování, na tvaru výlomu a na zprostředkování styku výztuže s horninou.

Stručný výčet těchto okolností, na nichž závisí napětí výztužních prvků dokazuje, že teoretický výpočet napěťových složek důlní výztuže bude ještě dlouho z provozního hlediska velmi nepřesný a skutečnosti neodpovídající.

Situace se ještě komplikuje v oblastech dolového pole pod stařinami, tj. pod nadloží již porušeným dobýváním. Je evidentní, že se mechanické vlastnosti stařin podstatně liší od vlastností neporušeného horninového masívu. A právě v důlních dílech pod stařinami nutno očekávat nejsilnější projevy horského tlaku a přetížení výsypkou. Jedná se především o důlní chodby, ať již těžní či větrní aj., situované ve 2. eventuálně další spodní komorové lávce. Tyto chodby jsou již vlivem nadrubání vždy značně více tlakově exponovány, než chodby 1. lávky, které se kromě toho nacházejí zhruba uprostřed nejpevnější části tzv. hlavní sloje.

Rovněž díla v bezprostředním předpolí rubaných ploch jsou tlakově více postižena, než díla v plných pilířích, od stařin dostatečně vzdělaná. Projevuje se zde vliv tlaků vyvolaných rozrušeným nadložím, který následuje po závalu dostatečně velké plochy (většího počtu komor) směrem do plného pilíře pod tzv. zálomovým úhlem (cca 60°).

Při posuzování tlakového ovlivnění důlních děl výsypkou nutno vždy nejprve uvážit, která díla budou nejvíce tlakově exponována již za normálních podmínek tj. bez vlivu výsypky. V těchto dílech pak zjistíme orientačně výpočtem přetížení vlivem výsypky.

Obecně možno předpokládat maximální tlakové projevy bez vlivu výsypky: - na porubních základních aj. blokových chodbách 2. eventuálně 3. lávky;

- na hlavních dopravních chodbách s dlouhou životností, vyražených ve zbytkových pilířích mezi stařinami a na všech objektech, budovaných v litém betonu, nebo tvárnících, které jsou již tlakově viditelně narušeny (trhliny).

Před vlastním posouzením vlivů sypané výsypky nutno tedy určit podle místních podmínek místa (důlní díla eventuálně objekty) pod plochou a v nejbližším předpolí budoucí výsypky, která budou v době sypání výsypky zřejmě nejvíce tlakově exponována již vlivem vlastních horských tlaků. V těchto místech se zvolí body, ve kterých se provede orientační vyčíslení přídavného zatížení (svislé složky přetížení) výsypkou.

Největší přitížení vzniká pochopitelně v ploše, kde je výška výsypky maximální, menší pod svahem výsypky, směrem do předpolí výsypky přitížení ubývá.

Obecně se předpokládá, že důlní chodby, rovnoběžné s patou svahů výsypky jsou tlakově více ovlivněny, než díla k obrysu paty kolmá.

Základním podkladem pro posouzení vlivů sypání na důlní díla je plánovací mapa postupu sypané výsypky. Do mapy nutno zakreslit jednotlivé prsty s uvedením doby sypání, body plání i paty svahů a kóty původního povrchu, aby bylo možno určit sypané výšky v celém prostoru výsypky.

Vyčíslení hodnot přitížení výsypkou pozůstává ze dvou operací. Nejprve nutno vyčíslit sypané výšky a přitížení povrchu, potom teprve možno odvodit vlastní přitížení v dole.

Jednotlivé výrazy pro výpočet svislé složky přitížení byly konfrontovány a aplikovány na praktické případy. Bylo shledáno, že jako nejvýhodnější se jeví výraz pro svislou složku přitížení od rovnoměrného zatížení povrchu ve formě kruhové desky H. M. Westergaarda:

$$\sigma_z = q \left[1 - \left(\frac{h}{r^2 - h^2} \right)^2 \right] \quad /1/$$

kde: σ_z = hledaná svislá složka přitížení v předmětném bodě v dole
(Mp.m^{-2})

q = rovnoměrné zatížení povrchu (Mp.m^{-2}) ve formě kruhové desky

h = hloubka uvažovaného bodu pod povrchem (m)

r = poloměr kruhové desky (m)

Část výrazu /1/ v závorce možno nahradit koeficientem A, jehož hodnoty jsou tabelárně vyčísleny pro různé poměry r/h , tedy zjednodušeně:

$$\sigma_z = q \cdot A \quad /2/$$

Westergaard předpokládá úhel vlivu 45° , tedy poměr $r/h = 1$, přičemž $A = 0,423$, tedy $\sigma_z \text{ max.} = 0,423 q$. Maximální přitížení bodu v dole

nastane tedy podle této teorie při zatížení q ve formě kruhové desky o poloměru rovném hloubce pod povrchem.

Podobný výsledek dostaneme i při použití výrazu prof. V.Limberka.

$$\Delta \sigma_v^x = p (\sin \alpha - 2 \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi) \quad /3/$$

kde: $\Delta \sigma_v^x$ = svislá složka přetížení v dole

p = přetížení povrchu

α = mezní úhel vlivu $\hat{=} 60^\circ$

φ = koeficient tření nadloží na smykové ploše $\hat{=} 30^\circ$

Tento výraz odvodil autor pro přetížení bodu v dole pod rubáním porušeným nadložím (stařinami). Po dosazení za $\alpha = 60^\circ$ a $\varphi = 30^\circ$ bude:

$$\Delta \sigma_v^x = 0,459 p, \text{ tedy hodnota přibližně odpovídající } \sigma_z^{\max} \text{ podle Westergaarda.}$$

Pro praktické použití se jeví nejvýhodnějším Westergaardův výraz /2/, neboť hodnoty koeficientu A pro různé poměry $\frac{r}{h}$ jsou již tabelárně vypracovány a především proto, že kruhová zatížení možno odvodit i z plošně nepravidelného zatížení výsypkou, jaké se v praxi vyskytuje.

K tomu účelu bylo využito analogie s vyhodnocením průměrného plošného koeficientu vlivu velikosti vyrubané plochy q na pokles nadloží ze známého Balseho vztahu:

$$S_{\max} = m \cdot a \cdot z \cdot e$$

/4/

Jelikož Balse uvažuje tzv. plně účinnou plochu rovněž kruhovou, byla ve VÚHU aplikovaná metodika Balseho kružnic vlivu využita i pro průměrování místně nepravidelných hodnot povrchového přetížení výsypek.

Základní kružnice vlivu bude tedy o poloměru $\frac{r}{h} = 1,0$, tedy s poloměrem, který se rovná hloubce uvažovaného bodu v hlubíně pod povrchem. Aby bylo možno odvodit vliv menšího plošného zatížení, než v celé této kruhové ploše, rozdělí se tato plocha na 5 pásmových mezikruží a na 8 oktantů (průměry, svírajícími 45°). Poloměry jednotlivých pásmových mezikruží musí být takové, aby vliv každého mezikruží

odpovídal $1/5$ celkového vlivu ($=1$). Nutno tedy určit tyto poloměry tak, aby plochy jednotlivých mezikruží vyhovovaly uvedené podmínce.

Přitom vycházíme ze vztahu:

$$k = \int_{\alpha_0}^{\alpha_1} \frac{m}{s^2} \cdot d\alpha = \int_{\alpha_0}^{\alpha_1} \frac{m \cos^2 \alpha}{h^2} \cdot d\alpha \quad /5/$$

Výsledek této integrace je:

$$k = \frac{1}{4} (\sin 2\alpha + 2\alpha) \quad /6/$$

Kde α = pásmový úhel pro celé kruhové pásmo = 45° , koeficient k rozdělíme na 5 dílů tak, aby každé pásmo mělo stejný vliv na uvažovaný bod.

$$k_1 = \frac{k}{5}$$

$$k_2 = \frac{2k}{5}$$

.

.

.

$$\text{až } k_5 = k$$

Potom pásmové úhly pro jednotlivá mezikruží stejného vlivu budou:

$$4 k_1 = \sin 2\alpha_1 + 2\alpha_1 = \sin 2\alpha_1 + 2 \arcsin \alpha_1$$

$$4 k_2 = \sin 2\alpha_2 + 2\alpha_2 = \sin 2\alpha_2 + 2 \arcsin \alpha_2$$

.

.

$$4 k_5 = \sin 2\alpha_5 + 2\alpha_5 = \sin 2\alpha_5 + 2 \arcsin \alpha_5$$

Takže poloměry pásmových kružnic budou:

$$r_1 = h \cdot \operatorname{tg} \alpha_1$$

$$r_2 = h \cdot \operatorname{tg} \alpha_2$$

.

$$r_5 = h \cdot \operatorname{tg} \alpha_5 = h$$

Průměrování nepravidelných hodnot přetížení výsypkou tedy provedeme takto:

V bodě důlního díla, ve kterém choeme vyčíslit přetížení, vykreslíme jednotlivé kružnice vlivu o r_1 až r_5 a rozdělíme celou kruhovou plochu 4mi průměry na oktanty.

Tím se celá kruhová plocha rozdělí do 40 dílčích segmentů. Očíslujeme jednotlivá mezikruží I až V a výseče číslly 1 - 8. Dílčí segmenty potom označujeme:

např. I/1, I/2 až I/8

II/1, II/2 atd.

až V/1, V/2 až V/8.

Do takto vykreslené kružnice zakreslíme stav povrchu pod výsypkou s potřebnými výškovými údaji i projektovaný stav výsypky - viz obr. 1. Pro přehlednost je výhodné stav povrchu - kterým může být terén, ale i staré těleso výsypky - výrazně odlišit od projektovaného stavu výsypky.

Vlastní průměrování se provádí v každém jednotlivém segmentu každého mezikruží celkové plochy - odhadem. Stanoví se jednak $\bar{\rho}$ výška výsypky $\bar{v}$ v každém segmentu, jednak koeficient překryté plochy segmentu výsypkou $\bar{k}$. Odhad $\bar{\rho}$ výšky výsypky v zasypané ploše segmentu se provede na základě rozdílů kót výsypky a povrchu, na který je sypáno. Podíl plochy segmentu, zasažený výsypkou k celé ploše segmentu se vyjádří dílčím koeficientem k .

Zápis odhadových hodnot je proveden v tabulce na obr. č.1. Hodnoty $\bar{k}$, $\bar{v}$ v každém segmentu jednotlivých mezikruží jsou sumarizovány pro každé mezikruží:

$$\text{Průměrná výška výsypky } \bar{\rho} h = \frac{\sum k \cdot v}{\sum k}$$

$$\bar{\rho} k = \frac{\sum k}{8}$$

Tyto $\bar{\rho}$ hodnoty jsou dále použity pro vlastní výpočet přetížení povrchu a následné vyčíslení svislé složky přetížení v dole $\bar{\sigma}_z$.

Způsob odhadování δ výšky výsypky δh a δ plošného koeficientu δk se zdá sice nepřesný, ale i při větších dílčích chybách v jednotlivých segmentech je celková chyba ve výsledné hodnotě σ_z v uvažovaném bodě nejvýše do 5 % i při velmi nepravidelné podložce výsypky (např. stará výsypka), což je vzhledem k účelu výpočtu dostatečné.

Pro vlastní výpočet svislé složky přitížení σ_z v uvažovaném bodě je možno použít tabelární úpravy podle obr.2.

Přítížení se vypočte v každém mezikruží I až V. Vstupní parametry jsou:

r_{1-5} = poloměry příslušných mezikruží

z = hloubka bodu pod povrchem

$n = \frac{r}{z}$

A_{1-5} = tabelární koeficient podle Westergaarda pro příslušný poměr n

δh = δ výška výsypky v mezikruží

$\gamma = 1,7$ = objemová hmotnost výsypkového materiálu (při nakypření cca 1,2).

Abychom vyjádřili dílčí přitížení v ploše jednotlivých mezikruží, vyčíslíme je jako rozdíl přitížení sousedních kruhových ploch:

v kružnici I kruhová plocha r_1 s δ zatížení povrchu $q_1 = h_1$

v mezikruží II kruhové plochy r_1 a r_2 --- $q_2 - q_1 = (h_2 - h_1) \cdot \gamma$

.

.

v mezikruží V --- $q_5 - q_4 = (h_5 - h_4) \cdot \gamma$

Tato dílčí zatížení v jednotlivých mezikruzích vyvolávají svislé složky přitížení v dole:

vlivem kruhové plochy	I	σ_{z1}^m	=	$q_1 \cdot A_1$
--- mezikruží	II.....	σ_{z2}^m	=	$q_2 A_2 - q_1 A_1$
--- ---	III.....	σ_{z3}^m	=	$q_3 A_3 - q_2 A_2$
--- ---	IV.....	σ_{z4}^m	=	$q_4 A_4 - q_3 A_3$
--- ---	V.....	σ_{z5}^m	=	$q_5 A_5 - q_4 A_4$

Výsledná svislá složka přetížení v uvažovaném bodě v hlubině je potom:

$$\sum_{1}^5 \sigma_{z1-5}^m$$

Takto vyčíslené hodnoty přetížení $M_p \cdot m^{-2}$ nutno uvažovat jako poměrné, neboť jak již bylo uvedeno, nelze jejich správnost ověřit přímým měřením hodnot přetížení důlní výztuže.

Orientačně možno považovat vyčíslené hodnoty přetížení:

do $5 M_p \cdot m^{-2}$	za mírné
$5 - 10 M_p \cdot m^{-2}$	za výrazné
nad $10 M_p \cdot m^{-2}$	za silné

Provozní projevy těchto kategorií přetížení nutno uvažovat v souvislosti s typem výztužního elementu.

Mírné přetížení se projeví na poddajné důlní výztuži pouze postupným zvětšováním deformací, tedy i zvýšeným objemem údržby stávající výztuže. Totéž přetížení nepoddajné výztuže - např. betonové výztuže vidlic lokochodeb či jiných hlavních děl však již může způsobit trvalé porušení i ztrátu stability, pokud toto dílo bylo již před přetížením výsypkou blízko svého meznímu stavu napětí, eventuálně již vykazovalo trvalé deformace (trhliny).

Při posuzování možných vlivů výrazného až silného přetížení nutno uvažovat současný stav předmětné důlní výztuže a její údržby.

Obecně budou v 1. lávkách tlakové projevy stejného přetížení mírnější než v lávce 2., či dalších. Proto zde většinou vystačíme s otevřenou ocelovou výztuží, pokud je tato užívána. Nutno však počítat se zvýšeným objemem údržby výztuže, případně i s vložením mezioblouků při velkých hodnotách vyčísleného přetížení.

V komorových porubech se mírné přetížení výsypkou viditelně neprojeví. Větší hodnoty přetížení však mohou způsobit menší soudržnost stropů i piliřů nad ústím komor, takže je vhodné budování ústí podvlakovými dveřemi.

V úrovni druhých eventuálně dalších lávek a podjezdů jsou již primární tlakové projevy výraznější, než v lávkách prvních. Pokud je

nutno budovat díla s větší životností jako hlavní dopravní a větrní ohodby i porubní základny v uzavřené celokruhové výztuži, vyžadující již primárně značnou údržbu, nutno se bránit projevům přetížení výsypkou zhuštěním této výztuže - na nově ražených základnách již preventivně. Tam, kde byla ve 2. lávce používána otevřená výztuž nutno většinou počítat s budováním výztuže uzavřené.

Velkoprofilová díla v nepoddajné výztuži, zvláště pokud jsou situována ve zbytkových piliřích, nebo byla již dříve tlakově narušena, bývají často vlivem vysokých přetížení destruuována. U betonových zásobníků nutno počítat s jejich včasným přeložením do místa s malou hodnotou přetížení.

V rámci tohoto článku nelze vyhodnotit všechny eventuality vlivů přetížení výsypkou v dole. Nutno proto zdůraznit, že při posuzování projevů teoreticky vyčíslených hodnot přetížení třeba vždy uvážit současný stav těchto děl tj. projevy primárních tlaků horninového masivu včetně případných vlivů přiblížení porubních front, jak jsou z provozu známe.

Rovněž je třeba zmínit se o časovém faktoru vlivu přetížení výsypkou. Na základě vyhodnocených měření napětí výztužních prvků pod vlivem výsypky možno přibližně odhadnout dobu, kdy se přetížení povrchu projeví v dole na cca 2 měsíce od přesypání uvažovaného místa.

Vrací-li se zakladač nad jednou již částečně přesypaný prostor, takže vzrůstá zasypaná plocha povrchu, dochází k novému přetížení bodu v dole. Pokud jsou intervaly sypání na kruhový prostor (o poloměru = hloubce pod povrchem) krátké, dochází i k několika fázím přetížení během jednoho roku. Přitom se projevují nepříznivé tlakové vlny, které takto vznikají. Principiálně je tedy vhodnější paralelní řazení dlouhých prstů výsypky než vějířové.

Při nadloží 300 m a více možno orientačně stanovit praktickou hranici vlivu výsypky ve vzdálenosti 150 m od paty výsypky.

Vůči jamám je třeba zvýšit tuto vzdálenost na 200 m.

Vlivy sypání výsypky na provoz hlubinných dolů jsou vždy nepříznivé. Zhoršení tlakových poměrů v dole vlivem přetížení je trvalé, neboť

dochází k zvětšení oblasti rozvolnění hornin v oblasti díla, které již nikdy nemohou nabýt svých původních mechanicko-fyzikálních vlastností. Proto je žádoucí, postupovat v časovém programu sypání výsypky tak, aby byly pokud možno přesypávány jen plochy již hlubinně vyrubané, kde již nebude dobýváno. Nutno tedy uvažovat při plánování výsypných prostorů i plán postupu porubních front příslušného hlubinného dolu.

Pokud se nelze vymnout přesypání hlubinně provozovaného úseku, třeba provést v dostatečném časovém předstihu minimálně 2-3 let posouzení vlivů výsypky na důlní díla. Na základě tohoto posouzení nutno vypracovat plán potřeby výztužných materiálů i pracovních sil, které umožní realizaci příslušných opatření.

Literatura:

Prof. ing. V. Limberk: Posudek vlivu převýšení Růžodolské výsypky na současné hlubinné dobývání na dole Pluto a Vítězný úmor, 1966

Dodatek k posudku vlivu převýšení výsypek na stabilitu důlních děl, 1963

Ing. J. Mašek: Modelové měření vlivu převýšení výsypky na hlubinná důlní díla, 1968

Recenzoval: Ing. M. Vrbíček

S h r n u t í

Vlivy sypání výsypek na provoz hlubinných dolů

Z nedostatku výsypných prostorů dochází k přesypávání provozních dolových polí hlubinných dolů SHR vaějšími výsypkami. Přetížení důlních děl, a z toho vyplývající zhoršení tlakových poměrů, je prokázáno i při mocnostech 300 m a více, neboť nadloží je porušeno hlubinným dobýváním a ztratilo původní geomechanické vlastnosti. K orientačnímu výpočtu přetížení v dole se s výhodou používá metodiky H. M. Wester-

РЭДКА	г	в	в	в	в	г
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
11	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
12	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
13	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
14	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
16	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
17	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
18	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
19	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
21	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
22	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
23	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
24	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
26	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
27	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
28	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
29	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
30	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
31	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
32	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
33	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
34	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
35	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
36	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
37	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
38	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
39	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
40	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
41	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
42	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
43	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
44	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
45	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
46	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
47	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
48	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
49	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
50	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
51	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
52	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
53	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
54	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
55	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
56	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
57	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
58	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
59	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
60	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
61	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
62	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
63	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
64	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
65	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
66	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
67	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
68	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
69	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
70	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
71	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
72	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
73	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
74	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
75	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
76	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
77	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
78	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
79	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
80	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
81	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
82	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
83	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
84	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
85	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
86	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
87	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
88	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
89	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
90	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
91	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
92	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
93	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
94	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
95	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
96	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
97	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
98	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
99	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
100	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

[illegible]

	r	z	$n = \frac{r}{z}$	A	ϕh	γ	$q = h\gamma$	σ_z	k	$\Sigma \sigma_z$	σ_z^m
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			1 : 2	z tab.			5 . 6	7 . 4		9. 11	
I.	34,6 34,6	263	0,13	0,016	2,51 7,69	1,7	4,27 13,07	0,07 0,21	0,16	0,01	0,07
II.	72,9 72,9	263	0,28	0,070	7,69 16,50	1,7	13,07 28,05	0,96 1,96	0,39	0,29	0,75
III.	114,3 114,3	263	0,43	0,146	16,50 24,83	1,7	28,05 42,21	4,16 6,16	0,44	0,97	2,20
IV.	170,8 170,8	263	0,65	0,264	24,83 27,64	1,7	42,21 46,99	11,14 12,41	0,46	2,29	4,98
V.	263,0	263	1,0	0,423	27,64	1,7	46,99	19,88	0,48	3,59	7,47
$\Sigma \sigma_z$										$7,15 \text{ Mp} \cdot \text{m}^{-2}$	

Obr. č. 2