

## Vliv profilu terénu na vodorovné přetvoření liniových staveb

Jan Schenk<sup>1</sup>

### Effect of a shape of terrain on a horizontal deformation of the line structures

This paper deals with an influence of the mining subsidence on an intensity of the deformation of the line structures. The size of the deformation is depended not only on size of the horizontal movements but also on a different size of the mining subsidence in concrete segment of the construction. If the terrain is sloped down and the mining subsidence are increasing in the direction of a slope the deformation of a segment is also increasing. On the other hand if the terrain and the mining subsidence in the direction of a slope is rising, then the deformation decreases. It is necessary for appraisal of straining of the linear structures to take into consideration not only the horizontal movements but also the gradient of terrain for changes of the mining subsidence of the construction. The simulation of calculation of the global deformation is given as an example.

**Key words:** Mining subsidence, deformation, line structure.

### Úvod

Liniové stavby v poklesové kotlině se vyznačují tím, že jejich jednotlivé části jsou podrobeny různému druhu namáhání tak, jak jsou jednotlivé deformace v poklesové kotlině rozloženy. Dalším nepříznivým činitelem u liniových staveb je skutečnost, že i relativně malé deformace např. prodloužení 0,3 mm/m, které objekt při rovnoměrném rozložení přetvoření snese, se nemusí rozložit pravidelně, ale může se projevit v nejslabším místě, neboť celkové prodloužení např. 100 m úseku je až 30 mm.

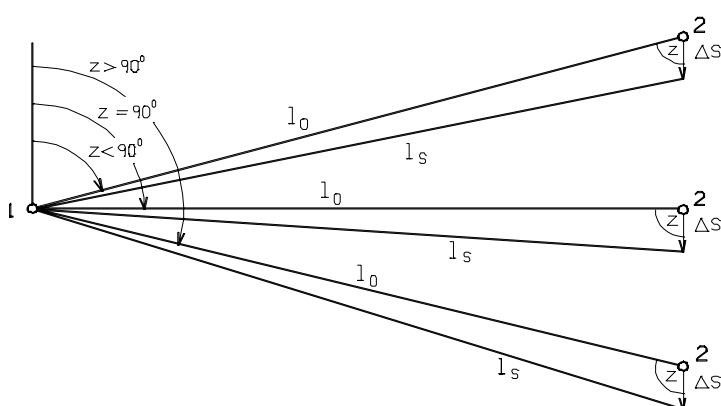
V poklesové kotlině rozeznáváme dva pohyby svislý a vodorovný. Výsledkem svislého pohybu jsou poklesy a v případě vodorovného povrchu dojde vytvořením poklesové kotliny obecně k jeho protažení. Jestliže liniová stavba prochází v přímém směru celou poklesovou kotlinou, je zřejmé, že rovněž dojde k jejímu protažení.

Vodorovný pohyb zvaný také posun má rovněž různou velikost a projeví se v poklesové kotlině různě velkým vodorovným přetvořením. Pro liniové stavby je rozhodující především přetvoření v ose stavby, když složka kolmá na osu nemá rozhodující vliv.

Výsledné přetvoření liniové stavby je pak součtem obou vlivů, tedy přetvoření vyvolaného poklesy a vodorovnými posuny.

### Vliv sklonu terénu na velikost přetvoření liniové stavby

Sklon terénu má rozhodující vliv na velikost přetvoření terénu vlivem nestejně velkých poklesů. Z obr. 1 je vidět, stoupá-li terén v úseku pod zenitovým úhlem  $z < 90^\circ$  a rozdíl poklesu  $\Delta s = s_2 - s_1 < 0$  bude výsledná délka úseku  $l_s < l_0$ , naopak při klesajícím terénu bude  $l_s > l_0$ . Při zmenšování poklesů v daném směru dojde k prodloužení případně zkrácení daného úseku.



Obr. 1. Vliv sklonu terénu a rozdílného poklesu na velikost přetvoření terénu.  
Fig. 1. The influence of a slope of terrain and the different size of subsidence on the extent of deformation of terrain.

Vztah mezi původní délkou terénu a novou délkou terénu se odvodí z kosinové věty

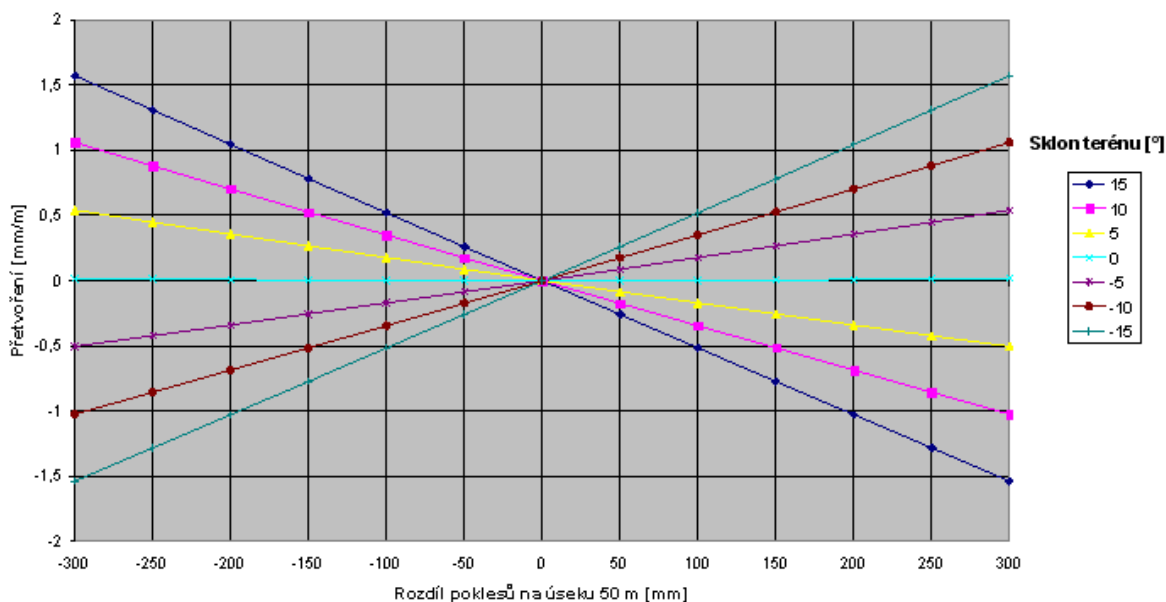
<sup>1</sup> prof. Ing. Jan Schenk, Miličova 19, 702 00 Ostrava, tel.: 420596121574, [jan.schenk@c-box.cz](mailto:jan.schenk@c-box.cz)  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 3.5.2007)

$$l_s^2 = l_0^2 + \Delta s^2 + 2 l_0 \Delta s \cos(z) \quad (1)$$

Nebo při zavedení rozdílu výšek vztahem  $\Delta H = l_0 \cos z$  bude

$$l_s^2 = l_0^2 + \Delta s^2 + 2 \Delta s \Delta H \quad (2)$$

kde  $l_0$  a  $l_s$  jsou délky úseku před a po poddolování,  $\Delta s$  rozdíl poklesů,  $z$  zenitový úhel sklonu úseku terénu a  $\Delta H$  výškový rozdíl daného úseku.

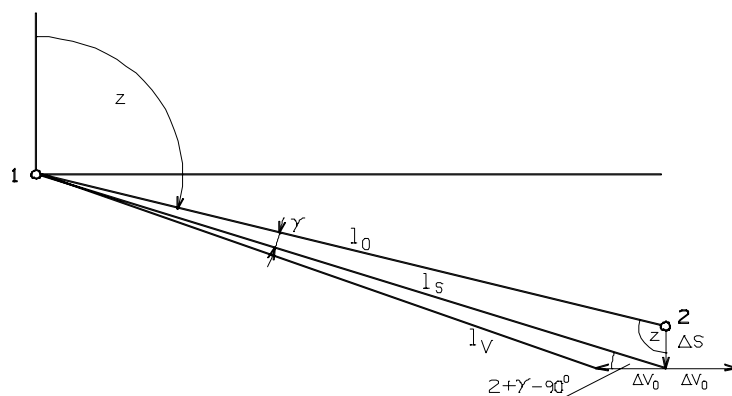


Graf 1. Přetvoření v závislosti na rozdílu poklesů a sklonu terénu.

Graph 1. The deformation depended on the difference of subsidence and the slope of terrain.

Jak velký vliv má naklonění terénu při různé velikosti poklesů na prodloužení nebo zkrácení úseku 50 m délky je zřejmé z grafu 1. Z grafu je vidět, že s rostoucím sklonem terénu se zvětšuje vliv nestejné velikosti poklesů na jeho přetvoření a že při řešení např. umístění kompenzátorů u potrubních řádů je třeba uvažovat i sklon terénu. Jak je z grafu vidět pro sklon terénu 10° při rozdílu poklesů 0,3 m na úseku 50 m dosahuje přetvoření hodnot, které překračují. V kategorii staveb na poddolovaném území. Sklon terénu však může mít

i příznivý vliv, když naopak může přetvoření vyvolané nakloněním terénu a rozdílnými poklesy mít opačné znaménko než přetvoření vyvolané vodorovnými posuny v daném úseku.



Obr. 2. Změna délky úseku vlivem nestejných vodorovných posunů.  
Fig. 2. The variation of the length of a segment due to the effect of different horizontal movements.

V důsledku rozdílného poklesu se změni i naklonění terénu o úhel  $\gamma$  (obr. 2), který se vypočte ze sinové věty

$$\gamma = \arcsin \frac{\Delta s \cdot \sin z}{l_s} \quad (3)$$

Vliv rozdílných vodorovných posunů  $\Delta v_p$  na koncích měřeného úseku v ose liniové stavby je zřejmý z obrázku 1.

Změna vzdálenosti úseku  $l_v$  v ose, která je ovlivněna jak poklesy, tak i posuny, se vypočte opět z kosinové věty jako

$$l_v^2 = l_s^2 + \Delta v_o^2 + 2 l_s \Delta v_o \sin(z + \gamma) \quad (4)$$

kde  $\Delta v_o$  rozdíl posunů v ose stavby. Nakonec se připočte ještě příčný posun úseku  $\Delta v_q$  a dostane se nová délka úseku jako

$$l_c^2 = l_v^2 + \Delta v_q^2 \quad (5)$$

Přetvoření úseků vyvolané poklesy  $\varepsilon_s$ , posuny  $\varepsilon_v$  a celkové  $\varepsilon_c$  se pak vypočtou podle vzorců

$$\varepsilon_s = \frac{l_s - l_0}{l_0} \quad \varepsilon_v = \frac{l_v - l_0}{l_0} \quad \varepsilon_c = \frac{l_c - l_0}{l_0} \quad (6)$$

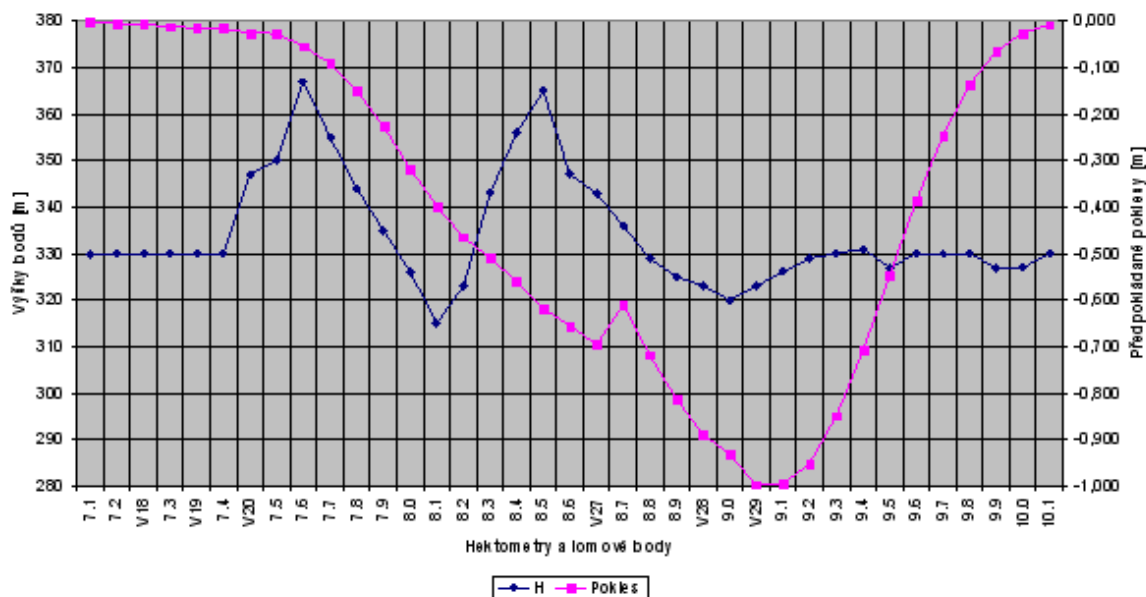
### Metodika výpočtu přetvoření liniové stavby

Při posuzování celkového přetvoření stavby je třeba liniovou stavbu rozdělit na úseky pro jejichž koncové body vypočteme poklesy a vodorovné posuny a z nich odvodíme přetvoření jednotlivých úseků. Při výpočtu postupujeme takto:

- Vlastní výpočet přetvoření liniové stavby spočívá v určení polohových  $X$ ,  $Y$  a výškových  $H$  souřadnic liniové stavby v hektometrových nebo v kratších úsecích (50 nebo 25 m) a v lomových bodech. Polohu i výšky lze určit z mapové dokumentace interpolací.
- Pro takto vytvořené povrchové bodové pole vypočteme potřebné poklesy a vodorovné posuny vyvolané dobýváním plánovaných porubů.
- Vypočte se původní vodorovná délka úseků  $s_0$  a šikmá délka  $l_0$  podle
 
$$s_0^2 = (Y_{i+1} - Y_i)^2 + (X_{i+1} - X_i)^2 \quad l_0^2 = s_0^2 + (H_{i+1} - H_i)^2$$
- Podle rovnice (2) se vypočte zkrácení nebo prodloužení terénu vlivem poklesů  $l_s$ .
- Dále pak se vypočte podle rovnice (3) úhel  $\gamma$  mezi  $l_0$  a  $l_s$  a podle rovnice (4) vypočte délka  $l_v$ .
- Nakonec se podle rovnice (5) vypočte nová délka úseku  $l_c$ , ve které jsou započteny jak poklesy, tak i vodorovné posuny koncových bodů daného úseku.
- Velikost přetvoření se pak vypočte podle vzorců (6).

### Příklad výpočtu přetvoření přívaděče DN 500

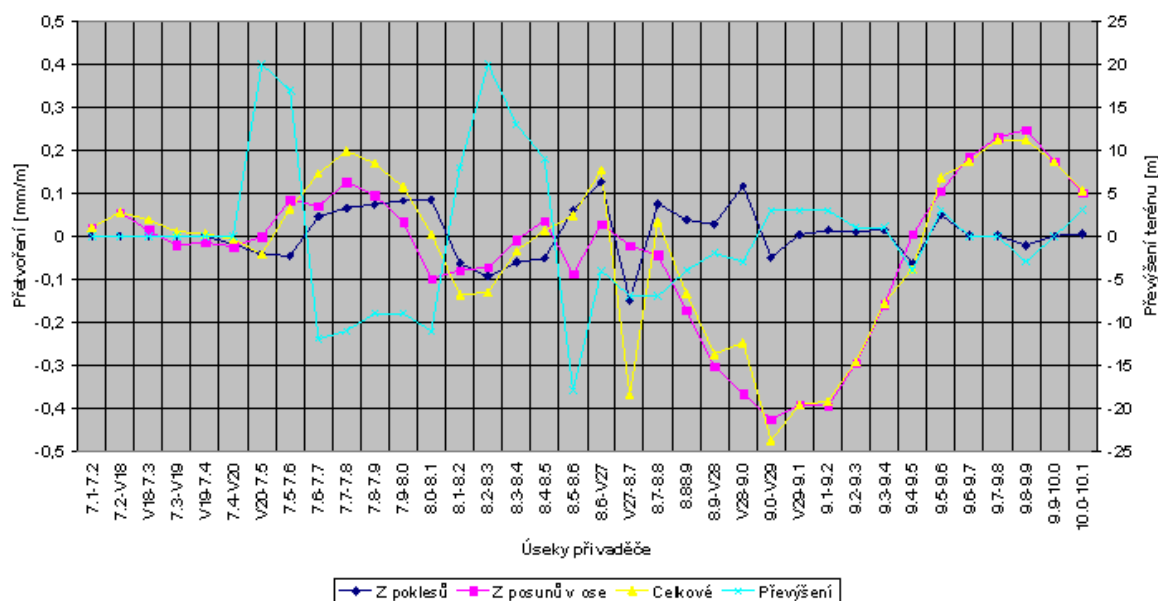
Přivaděč bude podrubán poruby ve dvou slojích o průměrné mocnosti okolo 1 m z hloubky asi 1000 m. Průběh poklesové kotliny je zřejmý z grafu 2, maximální poklesy budou okolo 1 m. Přivaděč je veden terémem, jehož výška se pohybuje od 315 do 368 metru nad mořem, a překračuje dvě vyvýšeniny.



Graf 2. Komplexní přetvoření přívaděče DN 500 vlivem poklesů a posunů.

Graph 2. The total deformation of the upstream waterway DN 500 due to the subsidence and horizontal movements.

Na základě provedených výpočtů jsou jednotlivá přetvoření znázorněna v grafu 3, který obsahuje přetvoření vyvolané poklesy, dále vyvolané poklesy a vodorovnými posuny v ose sběrače a nakonec komplexní přetvoření se započtením i příčných vodorovných posunů. Současně jsou uvedeny i velikosti převýšení jednotlivých úseků.



Graf 3. Komplexní přetvoření přivaděče DN 500 vlivem poklesů a posunů.  
Graph 3. The total deformation of the upstream waterway DN 500 due to the subsidence and horizontal movements.

### Závěr

Vyhodnocení deformací na přetvoření citlivé liniové stavby, jako jsou různé potrubní řady, nacházející se ve vznikající poklesové kotlině, vyžaduje zahrnout do výpočtu i její výškový průběh. Neboť, jak bylo ukázáno, ovlivňují přetvoření liniové stavby i rozdílné poklesy jednotlivých úseků především při jejich větším převýšení. Naznačený způsob výpočtu umožňuje pak lépe stanovit úseky, kde dochází k zvětšení přetvoření vlivem poklesů a vodorovných posunů a naopak k jejich zmenšení. Uvedený příklad je odvozen pro relativně malé hodnoty poklesů a vodorovných přetvoření, přesto však ukazuje, že vliv poklesů na přetvoření liniové stavby není zanedbatelný a jak bylo uvedeno v úvodu, je důležité stanovit citlivá místa stavby pro její zabezpečení kompenzátory proti nebezpečné velikosti přetvoření.

### Literatura – References

- Kratzsch, H.: Bergschadenkunde, *Deutscher Markscheider-Verein e.V., Bochum, 1997.*  
 Neset, K.: Vlivy poddolování, *SNTL Praha 1984.*  
 Schenk, J., Novák, J.: Znalecký báňský posudek o vlivu dobývání porubů 063 603, 063 604, 063 605, 063 606 a 063 607 ve sloji 17 b (063), 059 604, 059 605 a 059 606 ve sloji 16 (059) na přivaděč vody Stará Bělá – Chlebovce DN500 v dobývacím prostoru Staříč dobývaných OKD, a.s., Důl Paskov, *IGDM, VŠB-TUO 2006.*