VPLYV KLIMATICKÝCH A HYDROGEOLOGICKÝCH POMEROV NA VZNIK ZOSUVOV V SR

INFLUENCE OF CLIMATICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS ON THE ORIGIN OF LANDSLIDES IN SLOVAKIA

Miloslav Kopecký

ABSTRACT
In the paper there is demonstrated that using graphic representation of rainfall data it is possible to analyse and to predict occurrence of landslides in certain areas of Slovak Republic. A method of cumulative mass curve of effective precipitation has proved to be competent for determining of relation between climatic conditions and ground water level in slopes. Based on knowledge of intensity of daily effective precipitations and of variations of ground water table it is possible to predict ground water level rising and if measuring data on landslide activity are at disposal, it is possible to predict future development of any landslide.

KEY WORDS
landslides, climatic conditions and groundwater regime, rainfall, evapotranspiration

KĽÚČOVÉ SLOVÁ
zosuvy, klimatické pomery a režim hladín podzemných vôd, zrážky, výpar

ÚVOD

Rozhodujúcim faktorom pre vznik väčšiny zaznamenaných svahových deformácií na prírodných svahoch je podzemná a povrchová voda (Marschalko et al. 2001), ktorej výskyt a stav úzko súvisí s klimatickými pomermi danej oblasti. Toto plne potvrdili aj údaje z ankety o výskyte zosuvov a podmienkach ich vzniku, ktoré boli získané od obecných úradov v SR.

ANALÝZA DLHODOBÝCH ZRÁŽKOVÝCH ÚHRNOV Z HĽADISKA ICH VPLYVU NA VZNIK A REAKTIVÁCIU ZOSUVOV NA SLOVENSKU

Najjednoduchšou a zároveň najekonomickejšou metódou na hodnotenie vzniku alebo reaktivácie zosuvov, prípadne na prognózovanie ich výskytu v určitom území je analýza klimatických údajov. Ide predovšetkým o zrážky, pretože sa nachádzajú na začiatku uvedených procesov a často iné údaje pred vznikom svahových pohybov ani nie sú k dispozícii.

Prvotným podkladom pre takúto analýzu bol časovo zaznamenaný výskyt zosuvov na Slovensku podľa rôznych zdrojov. V tých oblastiach, kde bol najvyšší počet záznamov o vzniknutých svahových pohyboch, sa z údajov vybranej zrážkomernej stanice analyzoval časový vzťah ich vzniku k množstvu spadnutých zrážok.

Ako najvýhodnejšia forma zobrazenia ročných úhrnov zrážok sa javí buď metóda 3-ročných postupne rozptýlených zrážkových úhrnov alebo kumulatívna (súčtová) čiara rozdielov zrážkových úhrnov od ich dlhodobých priemerov.

3-ročné postupne rozptýlené zrážkové úhrny

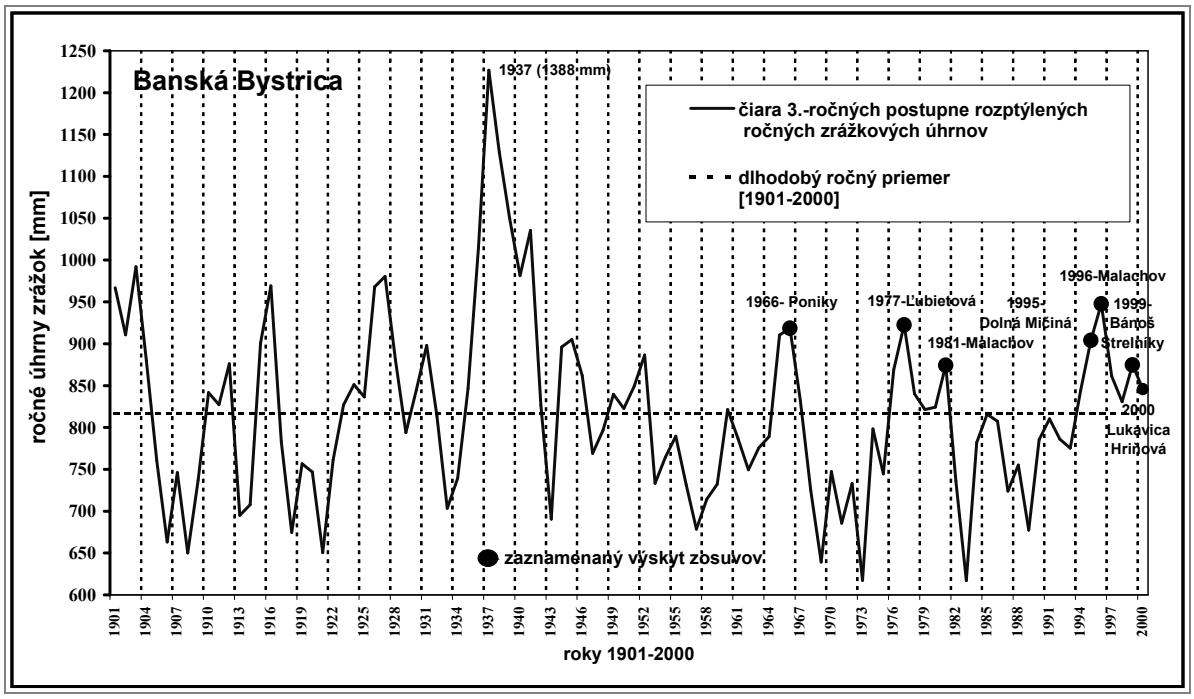
Na základe realizovaných analýz, možno konštatovať, že zobrazenie ročných úhrnov zrážok vo forme čiary 3-ročných postupne rozptýlených zrážkových úhrnov (Novotný, 2002) pomerne dobre odráža vzťah medzi výskytom zosuvov a úsekmi uvedenej čiary nad dlhoročným zrážkovým priemerom (obr. 1).

Veľmi vhodné je použitie tejto metódy najmä v územiach s pomerne dlhším nasycovaním horninového prostredia. V územiach, tvorených flyšovými horninami, môže viesť použitie tejto metódy k istým nepresnostiam. Treba však povedať, že táto metóda umožňuje vysvetliť vznik zosuvov predovšetkým v minulom období. Len veľmi orientačne možno na jej základe vypracovať prognózu vývoja územia s ohľadom na výskyt zosuvov.

Súčtová čiara rozdielov zrážkových úhrnov od ich dlhodobých priemerov

Lepšie využitie pre uvedenú prognózu poskytuje metóda kumulatívnej čiary rozdielov ročných zrážkových úhrnov od ich dlhodobých priemerov.

RNDr. Miloslav Kopecký, PhD.
Katedra geotechniky, Stavebná fakulta STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, miloslav.kopecky@stuba.sk

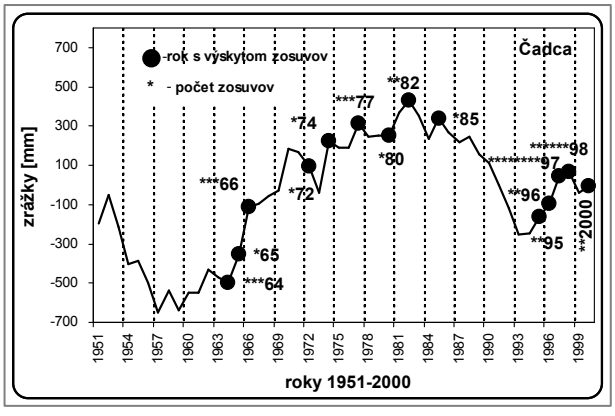


Obr. 1: 3-ročné postupne rozptýlené ročné úhrny zrážok zo stanice Banská Bystrica. Obdobia s výskytom zosuvov sa nachádzajú nad čiarou dlhodobého ročného priemeru zrážok

Fig. 1: Gradually dispersed 3-year precipitation totals from the Banska Bystrica station. Periods with landslides occurrence are situated above the line of the long-term yearly precipitation average

Úhrny zrážok v takejto podobe vyjadrujú svoj trend v klesajúcich a stúpajúcich úsekoch. Ukázalo sa, že najviac zosuvov sa objavuje práve počas trvania stúpajúcich úsekov (obr. 2).

Takto získanú kumulatívnu čiaru je možné aproximovať určitou funkciou (napr. polynómom n-tého stupňa), matematicky odhadnúť ďalší vývoj čiary a tak orientačne prognózovať ďalší možný výskyt zosuvov.



Obr. 2: Výskyt zosuvov v okolí zrážkomernej stanice Čadca viazaný na stúpajúce časti súčtovej čiary rozdielov ročných zrážkových úhrnov od ich dlhodobých priemerov

Fig. 2: Occurrence of landslides (in the vicinity of the Cadca rain-gauge station) connected to rising parts of the cumulative line of differences of yearly precipitation totals from their long-term average

Je potrebné zdôrazniť, že ak pri hodnotení vplyvu zrážok na vznik zosuvov sú k dispozícii iba údaje o spadnutých zrážkach za určité obdobie, zanedbáva sa niekoľko významných skutočností a to predovšetkým evapotranspirácia a topenie snehu. Okrem týchto prírodných faktorov má na vzniku zosuvov významný podiel činnosť človeka (Vlčko, Vojtaško, 1991). Je však veľmi ťažko z údajov o vzniku zosuvov odfiltrovať tie, ktoré zapríčinil človek, pretože často ide o jeho skrytú činnosť, prípadne kombináciu prírodných a antropogénnych faktorov.

Aj napriek tomu možno uvedené metódy úspešne používať na hodnotenie vplyvu zrážok na vznik zosuvov pre väčšie regióny a pri použití kumulatívnej čiary ročných rozdielov zrážkových úhrnov od ich dlhodobých priemerov aj pre prognózu ich vzniku.

HODNOTENIE VPLYVU KRÁTKODOBÝCH INTENZÍVNYCH KLIMATICKÝCH OBDOBÍ NA VZNIK A REAKTIVIZÁCIU ZOSUVOV V SR

Z pozorovaní podmienok pri vzniku zosuvov vyplýva, že veľmi často rozhodujúcim (spúšťacím) faktorom je pomerne krátkodobý proces intenzívnej infiltrácie zrážkových vôd pod povrch terénu. Infiltrovaná voda potom čiastočne doplní vlhkosť v zóne aerácie a po jej nasýtení môže vyvolať vzostup hladiny podzemných vôd. Zdrojom môžu byť spomínané dažďové zrážky, ale veľmi dôležitý je aj proces topenia

snehu, predovšetkým pri jeho rýchlom priebehu.

Z dostupných údajov (anketa z 362 obcí Slovenska, SHMÚ) bol preukázaný regionálny vplyv pomerne krátkodobých klimatických javov na vznik zosuvov v nasledujúcich obdobiach:

- intenzívne zrážky v júli 1997, júli 1999 a iných letných obdobiach,
- topenie snehu a zrážky v marci a apríli 2000, 2006.

Na analýzu medzi kolísaním hladiny podzemných vôd a intenzitou zrážok, resp. množstvom vody uvoľneným z topiaceho sa snehu bola zavedená metóda súčtovej čiary denných efektívnych zrážok.

Pod pojmom efektívne zrážky (pri zohľadnení výparu) rozumieme maximálne potenciálne množstvo vody, ktoré môže infiltrovať pod povrch terénu. Zanedbáva sa tak časť zrážok, ktorá odtečie povrchovo, alebo sa zachytí na rastlinstve. Efektívne zrážky získame, keď od spadnutých zrážok odčítame hodnoty evapotranspirácie:

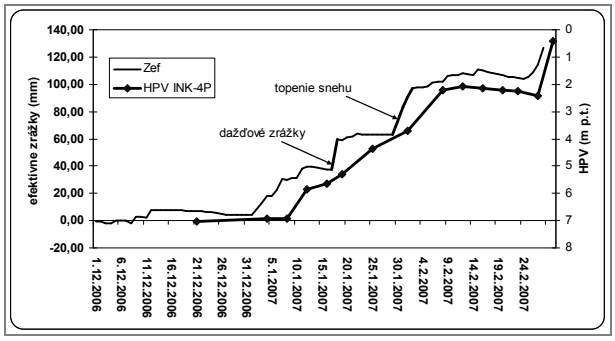
$$Z_{ef} = Z - ET_{pot}\left[mm\right] \qquad (1)$$

kde Z_{ef} = efektívne zrážky,
Z = spadnuté zrážky,
ET_{pot} = potenciálny výpar.

Denné hodnoty potenciálneho výparu ET_{pot} boli počítané podľa vzťahu Haudeho (in Hölting,1996).

Zo vzťahu (1) vyplýva, že efektívne zrážky v bezzrážkových obdobiach majú v dôsledku výparu zápornú hodnotu. V tomto období nedochádza teda k infiltrácii zrážok do horninového prostredia, ale naopak, uvoľňuje sa z neho vlhkosť.

Pre znázornenie období, keď dochádza buď k infiltrácii zrážok do horninového prostredia alebo k uvoľňovaniu vlhkosti z neho sa zaviedla už spomínaná metóda súčtovej čiary denných efektívnych zrážok (kladných aj záporných hodnôt).



Obr. 3: Závislosť medzi kolísaním hladiny podzemnej vody (INK-4P) a súčtovou čiarou efektívnych zrážok Z_{ef} na lokalite Považská Bystrica

Fig. 3: Dependence between groundwater level fluctuations and the cumulative curve of the effective rainfall (locality of Povazska Bystrica)

Stúpajúce úseky vyjadrujú obdobie s infiltráciou zrážok, klesajúce uvoľňovanie vlhkosti z prostredia. Vodorovné úseky čiary vyjadrujú vyrovnanú bilanciu medzi zrážkami a výparom (efektívne zrážky sú nulové). Priebeh takto zostavenej kumulatívnej čiary z efektívnych zrážok môže vcelku dobre odrážať aj kolísanie HPV, ako je to znázornené na obr. 3.

ZOSUVY NA SLOVENSKU VYVOLANÉ INTENZÍVNYMI ZRÁŽKAMI V JÚLI 1997 A V ĎALŠÍCH LETNÝCH OBDOBIACH

Júl 1997 sa stal známym predovšetkým v súvislosti s povodňami, ktoré boli sústredené prevažne do severozápadných regiónov Slovenska. Bol to druhý najbohatší júl na zrážky na Slovensku od r. 1881 (Faško et al.,1997). Najexponovanejšie bolo obdobie od 5. do 9. júla, keď počas 5 dní spadlo až do 192 mm zrážok.

Intenzívne zrážky sa v SR prejavili vznikom množstva zosuvov. Prevažne išlo o pomerne plytké posuvy typu zosúvania a tečenia, vyvinuté v deluviálnych sedimentoch nad hladinou podzemnej vody (zóna aerácie). Tieto zosuvy však nevznikali iba na území už postihovanom zosuvmi v minulosti (reaktivácia starších zosuvov), ale aj na dovtedy neporušených svahoch.

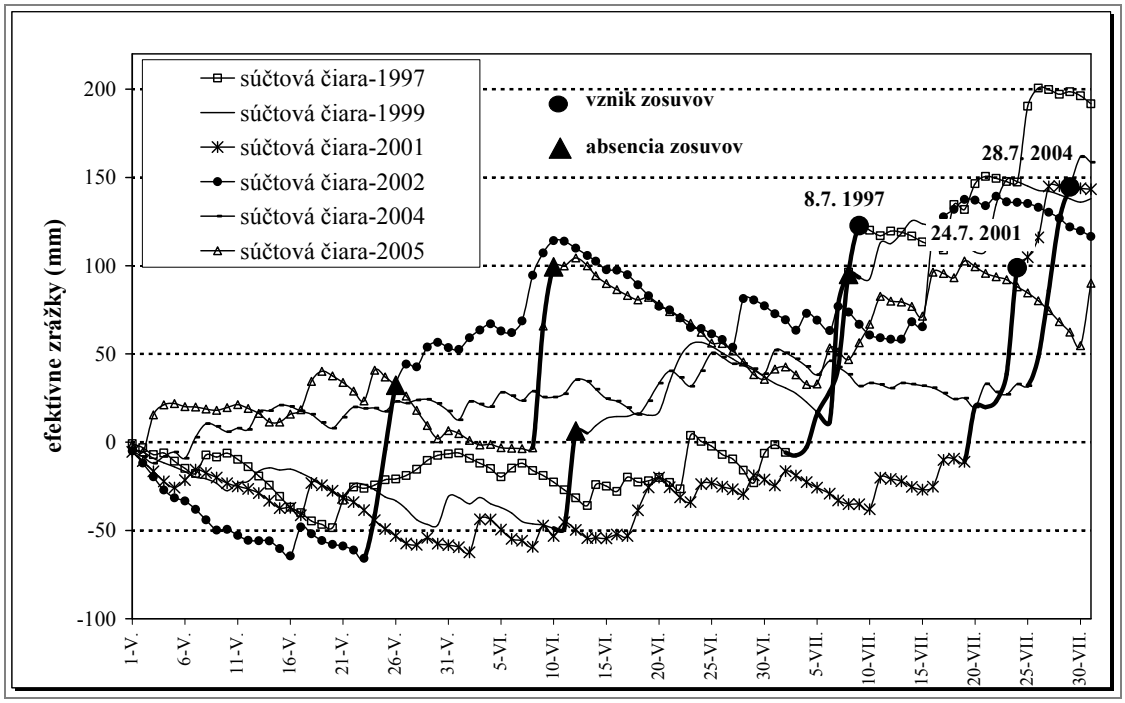
V oblasti Ľubovnianskej vrchoviny (flyšové pásmo) došlo k väčšiemu plošnému vzniku plytkých zosuvov v júli v rokoch 1997, 2001 a 2004. Veľkosť výparu pri takýchto zrážkach nemá až takú významnú úlohu ako stupeň nasýtenia zóny aerácie pred zrážkami a povrchový odtok spadnutých zrážok.

Ak znázorníme denné efektívne zrážky formou súčtovej čiary, na vznik takýchto zosuvov nás môže upozorniť jej tvar so strmým nástupom v podobe písmena „J“. Pre analýzu zrážok v oblasti Ľubovnianskej vrchoviny bol znázornený priebeh súčtových čiar efektívnych zrážok za mesiace máj až júl v rokoch 1997-2005 zo zrážkomernej stanice Plaveč (obr. 4).

Denné efektívne zrážky, ktoré boli spúšťacím impulzom zosuvov dosiahli dňa 8.7.1997 až 54,5 mm, dňa 24.7. 2001 až 60,2 mm a dňa 28.7.2004 až 50,16 mm. Približne rovnaký úhrn efektívnych zrážok bol však zaznamenaný aj v roku 1999 a to dokonca dvakrát – 12.6. 1999 (55,32) mm a 7.7.1999 dokonca 66,22 mm. K vzniku zosuvov nedošlo ani v ďalších dňoch s intenzívnymi zrážkami (16.7. 2002, 9.6. 2005 – denný úhrn 68,9 mm!). Z uvedeného vyplýva, že iba samotné denné efektívne zrážky, aj keď intenzívneho charakteru, neboli príčinou vzniku zosuvov.

Analýza efektívnych zrážok v dňoch pred vznikom zosuvov však poukázala na rôzny stav nasýtenosti horninového masívu. V tab. 1 je vyjadrený súčet efektívnych zrážok pred dňami s intenzívnymi efektívnymi zrážkami.

Z údajov v tab. 1 vyplýva, že súčet efektívnych



Obr. 4: Súčtové čiary efektívnych zrážok v mesiacoch máj-júl v rokoch 1997 až 2005
Fig. 4: Cumulative lines of the effective precipitation for the months of May-July for 1997- 2005 from the Plavec rain-gauge station

Tab. 1: Súčtové čiary efektívnych zrážok v mesiacoch máj-júl v rokoch 1997-2001 zo stanice Plaveč
Tab. 1: Cumulative lines of effective precipitation for months May-July in the years 1997- 2005 from the Plaveč station

	8.7.1997	12.6.1999	6.7.1999	24.7.2001	16.7.2002	28.7.2004	9.6.2005
Efektívne zrážky v deň udalosti (mm)	54,47	55,32	66,46	60,22	53,10	50,16	68,90
Suma efektívnych zrážok 5 dní pred udalosťou (mm)	46,77	-8,70	-21,92	47,86	4,65	47,39	-1,60
Suma efektívnych zrážok 10 dní pred udalosťou (mm)	51,42	-17,56	-39,13	60,67	-3,76	48,04	12,60

zrážok pred intenzívnymi zrážkami (5 a 10 dní) v dňoch 12.6. 1999, 6.7. 1999, 16.7. 2002 a 9.6. 2005 má zápornú hodnotu. To znamená, že prevažoval výpar nad zrážkami a dochádzalo k uvoľňovaniu vlhkosti z povrchových častí horninového prostredia. Preto časť z intenzívnych zrážok iba doplnila zónu aerácie. Naopak, kladné hodnoty súčtu efektívnych zrážok pred intenzívnymi zrážkami (5 a 10 dní) v dňoch 8.7.1997, 24.7. 2001 a 28.7. 2004 ilustrujú pomerne vysoké nasýtenie horninového prostredia. Na základe týchto analýz možno konštatovať, že plytké zosuvy sa v Ľubovnianskej vrchovine môžu objaviť, ak 5 dní pred efektívnymi zrážkami, ktorých úhrn je vyšší ako 50 mm za deň (teda zrážkami, ktoré zosuv vyvolali), je súčet efektívnych zrážok vyšší ako 45 mm.

ZOSUVY NA SLOVENSKU VYVOLANÉ TOPENÍM SNEHU A INTENZÍVNYMI ZRÁŽKAMI V MARCI AŽ APRÍLI 2000 A 2006

Ďalším obdobím, v ktorom sa na väčšom území Slovenska vyskytli zosuvy bol marec až apríl roku 2000 a začiatok apríla v roku 2006. O extrémnom stave, ktorý v tomto období vznikol kombináciou topenia snehovej pokrývky a intenzívnych zrážok poskytujú cenné informácie vodná hodnota snehovej pokrývky a úhrny dažďových zrážok. Pod vodnou hodnotou snehovej pokrývky (VHSP) rozumieme množstvo vody, ktoré je v nej naakumulované (v mm vodného stĺpca). V tab. 2 sú údaje pravdepodobnosti výskytu VHSP a ich doteraz zistené maximálne hodnoty a porovnanie s údajmi v roku 2000.

Tab. 2: Údaje o VHSP z vybraných klimatických staníc
Tab. 2: Data on the water content of the snow cover from selected climatic stations

stanica	pravdepodobnosť výskytu VHSP (mm) raz za n rokov					maximálna zistená hodnota		rok	2000
	2	10	50	80	100				
Plaveč	52	104	151	165	172	135 mm	22.2.1963	126,0 mm	31.1.
Oravská Lesná	171	318	452	490	509	396 mm	10.3. 1956	401,6 mm	20.3.
Huty	83	189	285	312	326	272 mm	10.3.1952	166,0 mm	20.3.

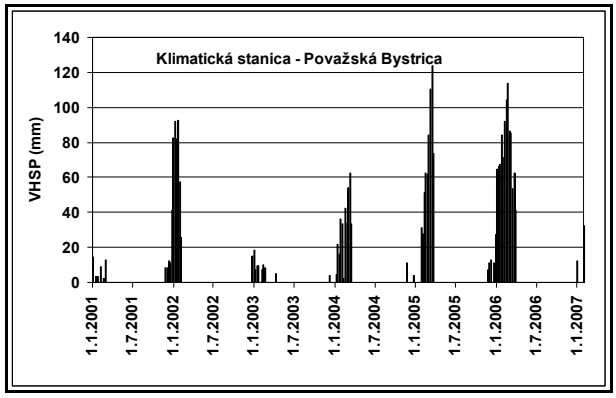
Z uvedených údajov vyplýva, že počas zimy roku 2000 sa skutočne nahromadila značná snehová pokrývka, z ktorej sa po jej roztopení uvoľnilo významné množstvo vody. Okrem topenia snehu spadli v tomto období aj dažďové zrážky a tie zvýšili množstvo efektívnych zrážok, ktoré mohli vsiaknuť do horninového prostredia.

Na základe zozbieraných informácií z rôznych zdrojov bolo zdokumentovaných 56 prípadov svahových deformácií v SR v období marec – apríl 2000. Fakt, že zrážkami boli ovplyvnené aj hladiny podzemných vôd hlbšieho obehu spôsobil vznik zosuvov prevažne typu zosúvania po hlbších šmykových plochách (8 - 20 m). Ako príklady možno spomenúť množstvo zosuvov vo flyšových súvrstviach po obvode Chočských vrchov. Dňa 6.4. 2000 vznikol zosuv pri úpravni vody – VN Hriňová (Kopecký, 2003), ktorý porušil dôležitý skupinový vodovod (obr. 5) zásobujúci pitnou vodou 60 000 obyvateľov. Podľa údajov SHMÚ mesačný úhrn zrážok v záujmovom území za marec dosiahol 112,7 mm, čo predstavuje 298 % dlhodobého normálu. Zároveň sa na začiatku druhej dekády marca roztopila snehová pokrývka a uvoľnila sa z nej naakumulovaná voda s úhrnom 70 mm.



Obr. 5: Vodovodné potrubie v akumulácii zosuvu pri VN Hriňová (apríl 2000)
Fig. 5: Water-pipe line in accumulation area of landslide near Hrinova dam (April 2000)

Ako už bolo spomenuté, ďalším obdobím, kedy pri rýchlom topení mohutnej snehovej pokrývky došlo k masovejšiemu výskytu zosuvov na Slovensku bol prvý aprílový týždeň roku 2006. Ako príklad uvádzam analýzu údajov VHSP, ktoré spôsobili reaktiváciu zosuvov pod projektovaným odpočívadlom diaľnice D-1 v Považskej Bystrici.



Obr. 6: Údaje o VHSP v rokoch 2001-2007
Fig. 6: Data on the water content of the snow cover in years 2001-2007

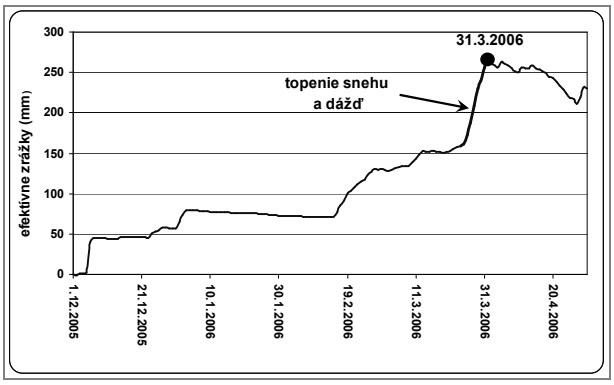
Na obr. 6 sú zobrazené údaje VHSP zistené počas posledných siedmich rokov v oblasti Považskej Bystrice. Je zrejmé, že najvýraznejšie zásoby vody v snehovej pokrývke boli vytvorené práve počas zimy v roku 2006.

Aj z meraní SHMÚ od r. 1955 (tab. 3) vyplýva, že práve v roku 2006 bol zaznamenaný maximálny údaj VHSP na viacerých staniciach v okolí záujmového územia za posledných 50 rokov.

Tab. 3: Vodná hodnota snehovej pokrývky VHSP [mm] na vybraných staniciach (obdobie: 1954/1955 - 2005/2006)
Tab. 3: Data on the water content of the snow cover in years 1955-2006

stanica	VHSP (mm)		rok výskytu maxima
	priemerná hodnota	maximum	
Považská Bystrica	42,19	124,1	2005, 2006
Prečín	40,77	160,0	2006
Vydrná	78,31	214,2	2006
Mojtín	65,60	223,0	2006

K aktivizácii zosuvov došlo v dôsledku náhleho roztopenia snehovej pokrývky v kombinácii s dažďovými zrážkami. Od 26.3. do 31.3. sa roztopila snehová pokrývka reprezentujúca cca 50 mm zrážok a v tom istom čase spadlo cca 54,5 mm dažďových zrážok. To znamená, že za 6 dní mohlo do horninového prostredia infiltrovať až 100 l vody z 1 m^2 plochy územia. Predpokladáme teda, že k aktivizácii zosuvov došlo takmer okamžite po roztopení snehovej pokrývky v dňoch 1. až 2.4. 2006.



Obr. 7: Kumulatívna čiara efektívnych zrážok v období 1.12.2005-10.4.2006 (klimatická stanica Považská Bystrica)
Fig. 7: The cumulative line of the effective rainfall (Povazska Bystrica rain-gauge station)

Formou kumulatívnej čiary efektívnych zrážok, ktorá pomerne dobre odráža vzťah s hladinou podzemnej vody (obr. 4) je uvedené obdobie znázornené na obr. 7. Na základe analógie s obr. 3 môžeme predpokladať, že v uvedenom období došlo k výraznému zvýšeniu hladín podzemných vôd a k následnej aktivizácii zosuvov na lokalite.

ZÁVER

Na základe skúseností zhrnutých v príspevku možno konštatovať, že vhodné zobrazenie zrážkových údajov umožňuje analyzovať a prognózovať vznik zosuvov. Metódy využívajúce dlhodobé zrážkové priemery umožňujú vysvetliť vznik zosuvov predovšetkým v minulom období. Len veľmi orientačne možno na ich základe vypracovať prognózu vzniku alebo reaktivácie zosuvov.

Ako nová je prezentovaná metóda súčtovej čiary denných efektívnych zrážok, ktorá je vhodná na analýzu možnosti vzniku zosuvov pri intenzívnych zrážkach, prípadne pri topení snehu. Na základe poznania intenzity efektívnych zrážok možno určiť vzostup hladín podzemných vôd a ak sú k dispozícii aj merania pohybovej aktivity konkrétneho zosuvu (inklinometrické, geodetické), možno predpovedať jeho ďalší vývoj.

Príspevok je jedným z výstupov grantovej úlohy č. 1/0599/08 agentúry VEGA.

LITERATÚRA

Faško P., Nejedlík P., Šťastný P. 1997: Atmosférické zrážky na Slovensku v júli 1997. Zborník z konferencie : Stoleté výročí extrémních atmosférických srážek. ČHMÚ Praha.

Hölting, B. 1996: Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. Stuttgart : Enke. 441 pp.

Kopecký, M. 2003: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia zosuvu Hriňová. In: Zbor. 6. Geotechnická konferencia, STU SvF Bratislava. 79-82.

Marschalko, M., Ides, D. 2001: Vliv zvodnění na gravitační pohyby sesuvného typu ve svazích Karpatského flyše. In Sborník ref. Konference Recyklace odpadů V, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.

Novotný, J., 2002: Analysis of water effect on slope stability in clay rocks. Acta montana, No.10, IRSM AS ČR, Praha, 2002. 7-47.

Vlčko, J., Vojtaško, I. 1991: Engineering geology and urban environment: a contribution to two problems. Acta geologica et geogr. Univ. Com., Geologica Nr. 46.

INFLUENCE OF CLIMATICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS ON THE ORIGIN OF LANDSLIDES IN SLOVAKIA

SUMMARY

Ground water and surface water are decisive factors for development of a majority of recorded landslide deformations of natural slopes. Their occurrence is connected with climatic conditions of the affected area and this connexion was confirmed by data of inquiry into occurrence of landslides and into conditions of their rise, which were obtained from 362 local authorities in Slovakia.

The main part of paper deals with analysis of impact of climatic and hydrogeologic conditions on origin of landslides within territory of Slovakian Republic. Analysing of climatic data is the easiest and the most economical method of assessment of rise or reactivation of landslides, which enables to predict their occurrence in a particular area. Above all rainfalls are to be considered because they are at beginning of the above-mentioned processes and the other data are not available prior to rise of slope movements.

Application of cumulative mass curve of fluctuations of precipitation totals from their long-term average values is very interesting for use in Slovakia conditions. It is suitable for representing of long-term trends of precipitation (months, years). By a rising part of mass curve a "wet" period" is indicated and by a descending part of the curve a "dry" period is indicated. It was proved that a majority of landslides occur just during duration of the rising parts of curve.

For analysis of relation between fluctuation of ground water level and rainfall intensity, or eventually quantity of water released from melting snow, the method of mass curve of daily precipitation was applied. Assessment of effective rainfall is based on subtraction of evapotranspiration value from fallen rainfall value. By such detailed analysing in areas with Flysch rocks the occurrence of shallow landslides can be indicated, if during five (5) days prior to them an effective rainfall with precipitation total exceeding 50 mm per day or rainfall totals exceeding 45 mm occurred. At the Benus municipality which is situated in a Flysch area landslides of similar nature occurred during July of 1999 after five (5) days of effective rainfall (precipitation total was 58.5 mm) and even a 91.2 mm effective rainfall was documented on a single day. It seems that if precipitation total is higher than 50 mm in five days (surface zone is water saturated) and if another precipitation follows with a magnitude or more than 50 mm day, shallow landslides would occur in all probability in other areas, as well.

It was demonstrated that by means of application of the proposed method of cumulative mass curve of effective rainfall it was possible to co-relate quite significantly an effective rainfall to ground water level fluctuation. Having at disposal the data concerning ground water level from arbitrary locality it is possible to construe a correlation graph based on data or ground water level rise and effective precipitation intensity. Subsequently, based on climatic data a ground water level fluctuation can be modelled. It is equally possible to assess the pressure conditions on the slope and to find out which conditions have contributed to breakdown of slope stability.