VLIV KLIMATU NA VÝVOJ RŮZNÝCH TYPŮ SVAHOVÝCH POHYBŮ

Climatic effects in the development of different types of slope movements

JAN RYBÁŘ

Ústav struktury a mechaniky hornin Akademie věd České republiky, V Holešovičkách 41, 182 09 Praha 8

Key words: slope movement activity, climatic factors, water saturation, groundwater level, cyclic acceleration in movement activity

Abstract: The effect of individual climatic components is evaluated that can trigger and develop different types of movements on natural as well as on man-made slopes. The evaluation method of climatic factors was verified on selected examples from different engineering geological regions of Central Europe.

Příspěvek byl prezentován na odborném semináři České geologické služby a Ústavu struktury a mechaniky hornin Akademie věd České republiky „Svahové deformace a pseudokras“ 10.–13. 5. 2006 v Ostravici.

Svahovými pohyby se rozumí přemisťování horninových hmot na svazích účinkem zemské tíže. Tyto pohyby přirozeného původu i vyvolané lidskou činností patří k velmi rozšířeným geodynamickým jevům, které způsobují v České republice vážné přímé i nepřímé škody na budovách, komunikacích, liniových vedeních, důlních a vodohospodářských stavbách i na lesních a zemědělských porostech.

Při studiu příčin svahových pohybů jsou analyzovány podmínky, ve kterých svahové pohyby vznikají, a faktory, které porušení svahů vyvolávají (NEMČOK et al. 1974). Jako faktory jsou označovány přírodní a antropogenní procesy, které ovlivňují stabilitní poměry svahů. Základní podmínkou je vhodná geologická stavba svahu. V podmínkách mírného klimatu střední Evropy je chování svahů ovlivňováno především klimaticky podmíněnými faktory. Klimatogenní faktory zahrnují dešťové a sněhové srážky, teplotou podmíněné změny objemu horninové hmoty, odpar, narůstání čočkovitého a puklinového ledu, vliv větru apod. Hlavním (spoušťovým) faktorem je ten, který bezprostředně narušil rovnovážný stav svahu a tak přispěl ke vzniku, zrychlení nebo k oživení svahového pohybu. Jednoznačné stanovení spoušťového faktoru je často obtížné. Stále častěji se potvrzuje, že narůstají negativní vlivy lidské činnosti na chování přirozených i uměle vytvořených svahů. Přitom některé z antropogenních faktorů působí skrytě a jsou obtížně zjistitelné zejména v případech, kdy působí současně s faktory přírodního původu.

K nejrozšířenějším druhům svahových pohybů v České republice i ve střední Evropě patří sesuvy, tj. relativně rychlé klouzavé pohyby horninových hmot podél jedné nebo více průběžných smykových ploch. Citlivost sesuvných pohybů na klimatické výkyvy je ovlivňována řadou parametrů. Snižuje se s narůstající hloubkou a objemem svahové deformace i s narůstajícím stupněm zpevnění, u zemin je ovlivňována změnou smykové pevnosti v závislosti na obsahu vody v zemině.

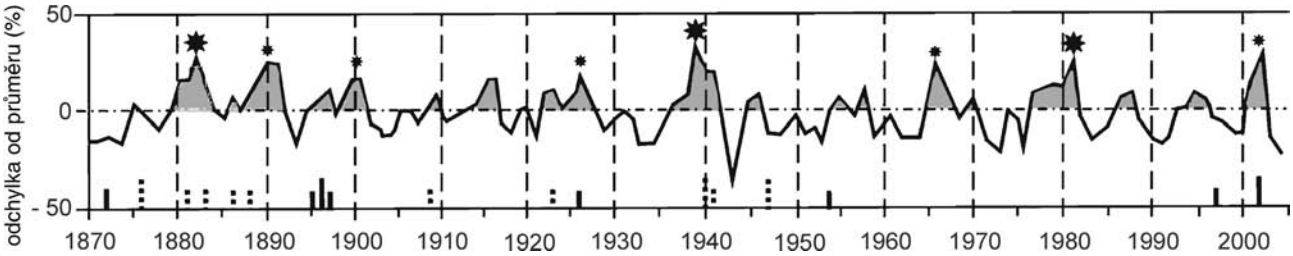
V reliéfu vrchovin i hornatin vznikají často zemní a přívalové proudy, kdy se vodou nasycené nezpevněné horninové hmoty přemisťují po povrchu terénu na velké vzdálenosti. V regionech tvořených skalními horninami se vyskytují katastroficky rychlé pohyby skupiny řícení. Jde o náhlý krátkodobý pohyb horninových hmot na strmých svazích, přičemž se postižené hmoty rozvolní a ztrácejí krátkodobě kontakt s podložím. Při pohybu se přednostně uplatňuje volný pád. Ohrožení životů i majetku obyvatel je značné. V České republice dochází k nebezpečným případům řícení skalních bloků především v české křídové tabuli, například v CHKO Labské pískovce. Vliv srážek ustupuje do pozadí a naopak rozhodující podíl na deformacích mají výkyvy teploty.

Zdánlivě nejméně nebezpečné jsou pomalé a velmi pomalé pohyby, kde je převládajícím mechanismem hlubinné ploužení. Z geologického hlediska jde o dlouhodobý, zpravidla se nezrychlující pohyb horninových hmot na svahu, přičemž hranice vůči pevnému podloží je ve většině případů nezřetelná. Dlouholetá měření pohybů na přirozených svazích postižených hlubinným ploužením nejčastěji potvrzují stálou rychlost pohybů, zpravidla nepřesahující několik milimetrů za rok.

V přírodních podmínkách se uplatňují klimatické cykly různých řádů: cykly denní, sezónní, víceleté, klimatické výkyvy v holocénu a pleistocénu. Denní výkyvy teploty se uplatňují při rozvolňování skalních svahů a při vzniku padání kamenů a malých odvalových řícení. Krátkodobé, ale intenzivní srážky jsou často spoušťovým faktorem svahových pohybů typu stékání. Sezónní a víceleté klimatické cykly ovlivňují vývoj mělkých i hlubokých sesuvů, uplatňují se při přípravné fázi aktivace zemních a přívalových proudů a zčásti i malých řícení. Významná je víceletá periodicita, která je nejčastěji spojována se solární aktivitou.

Středně hluboké a hluboké sesuvy

Pro sesuvy středně hluboké (cca 4 až 10 m) a hluboké (hlubší než 10 m) je rozhodující dlouhodobá srážková bilance, která je v přímém souladu s nasycením masivu vodou. Pro aktivaci pohybů musí být zpravidla dosažena určitá kritická úroveň zvodnění. V jílovitých, jílovitoprachovitých a slínitých horninách sedimentárních pánví Českého masivu taková situace většinou nastává teprve po dvouletém až tříletém období abnormálních dešťových srážek (RYBÁŘ 1999a). Jsou sestavovány křivky tzv. dvouletých nebo tříletých postupných srážkových úhrnů, jejichž průběh dobře koreluje se změnou zvodnění v jílovitém horninovém prostředí. Na obr. 1 je zobrazena čára dvouletých rozptýlených srážkových úhrnů pro území středních a se-



Obr. 1. Křivka dvouletých rozptýlených ročních úhrnů srážek pro území středních a severních Čech; v procentech je vyjádřena odchylka od dlouhodobého průměru. Větší hvězdičkou je označeno oživení sesuvné činnosti velkého rozsahu, menší hvězdičkou oživení lokálního významu. Na dolní ose je plnou čarou znázorněn výskyt největších letních povodní a tečkovanou čarou výskyt povodní předjarních.

verních Čech. V procentech je vyjádřena odchylka od dlouhodobého průměru ročních srážkových úhrnů. Z obrázku je patrné, že dlouhodobá srážková bilance v hodnoceném časovém úseku od roku 1870 do roku 2004 má cyklický charakter, kdy se střídají období nadnormálních srážek s obdobím srážek podnormálních, přičemž určitý trend může přetrvávat i několik desítek let. V Čechách lze například sledovat období podnormálních srážek v letech 1942 až 1963. Naopak na srážky bohaté bylo období 1880 až 1901, ale také válečná léta 1939 až 1941 a období 1980 až 1982. Obdobný kolísavý průběh má vývoj srážek, ale i teplot ve střední Evropě v průběhu celého posledního tisíciletí.

Období označená v obr. 1 velkou hvězdičkou se projevila lavinovitým výskytem sesuvů na území Českého masivu. V extrémních meteorologických situacích došlo k maximálnímu nasycení svahů v širokém regionu nebo v několika regionech současně. Příkladem je zimní období 1981/82 v severní polovině Čech i v obdobných zeměpisných šířkách západní Evropy. Jednou z oblastí, kde došlo v závěru roku 1981 k rozsáhlým sesuvným pohybům, je okolí obce Třebenice u Litoměřic. Výsledky dlouhodobého sledování jsou využívány k zobecňujícímu hodnocení vztahu mezi kolísáním hladiny podzemní vody, klimatickými vlivy a aktivitou sesuvných pohybů (Novotný 2002).

S reakcí na dlouhodobou srážkovou bilanci se setkáváme i u sesuvů hlubokých až několik desítek metrů. K aktivizaci pohybů zpravidla dochází se značným zpožděním za vyvrcholením srážkové bilance. Příkladem jsou až 60 m mocné sesuvné pohyby v bočním svahu hnědouhelného Lomu Čs. armády u Mostu, obdobně jako kolem 50 m hluboký sesuv laterálního typu v bývalém hnědouhelném lomu Zwenkau u Lipska. V obou případech byly pohyby zaznamenány v létě 1983, rok a půl po kulminaci srážkové bilance z přelomu let 1981 a 1982.

Mělké sesuvy, zemní a přívalové proudy

S přímějším vztahem mezi dešťovými srážkami, změnami teploty a oživením pohybů se setkáváme u svahových pohybů, kterými jsou postiženy málo mocné pokryvné útvary, popř. jen jejich povrchové části. Proces sesouvání často přechází do procesu stékání, které představuje krátkodobý pohyb horninových hmot ve viskózním stavu. Mělké sesuvy bývají mocné od několika decimetrů do několika metrů. Rozhodující pro jejich vznik je vytvoření lokální občasné zvodně, zpravidla oddělené od hlouběji zakleslé trvalé zvodně. Většinou není nutné hluboké nasycení masivu, ale stačí krátkodobé intenzivní promočení povrchové části svahu při krátkodobých přívalových srážkách nebo po tání sněhové pokrývky.

Se zvyšujícím se obsahem vody přecházejí mělké povrchové sesuvy do zemních, případně bahnitých nebo hlinitokamenitých přívalových proudů. Zatímco u sesuvů se setkáváme s rychlostí až v m/h, u proudů až v km/h. Typické příklady zemních proudů se vyskytují mimo území Českého masivu v inženýrskogeologickém regionu flyše Západních Karpat. K lavinovitému výskytu zemních proudů, ale i sesuvů došlo v období mimořádně nadnormálních srážek, které mezi 5. až 9. červencem 1997 postihly východní polovinu České republiky, tvořenou flyšovými horninami Západních Karpat (Rybář 1999b). V tomto srážkově nejvydatnějším období spadlo 450 až 600 mm (zaznamenané maximum 617 mm) srážek. Místy překročily srážkové úhrny až 500 % dlouhodobého měsíčního normálu. V povodí Odry a Moravy se současně vyskytly ničivé povodně, při nichž v České republice zahynulo 48 lidí. V územích s nejpříznivějšími geologickými, morfologickými a hydrogeologickými poměry pro vývoj svahových deformací extrémní srážky vyvolaly pohyby lavinovitého charakteru. Projevila se specifičnost prostředí flyše, kdy se střídají rigidní, silně rozpukané propustné horniny a horniny víceméně plastické, málo propustné. Během intenzivních dešťů došlo k rychlé infiltraci srážkových vod do horninového masivu, kde byly zcela prosyceny propustné pískovce i připovrchová zóna. Po ukončení dotace ze srážek proběhlo rychle gravitační odvodnění. Většina vzniklých svahových pohybů měla krátkodobý, ale nebezpečně rychlý průběh. Potvrdilo se, že v pahorkatinách, vrchovinách a hornatinách regionu karpatského flyše může dojít k lavinovitému porušení stability svahu po krátkodobých intenzivních srážkách i v případech, kdy předcházející období bylo srážkově podnormální.

Svahové pohyby a povodně

V Českém masivu došlo ke zvýšení aktivity svahových pohybů také v roce 2002. Od podzimu roku 2000 docházelo vlivem srážkové činnosti k postupnému nárůstu hladin podzemní vody, které kulminovaly ve druhé polovině roku

2002, zejména po období ničivých povodní v srpnu 2002. Sesuvné jevy se objevily zejména v územích pelitických hornin křídového a terciérního stáří. Oproti tomu v regionu krystalinika Českého masivu v jižních a jihozápadních Čechách v horninách odolných k sesouvání se poruchy vyskytly ojediněle, i když zde extrémní dešťové srážky a ničivé povodně v srpnu 2002 dosáhly nejvyšších hodnot.

S cílem posoudit, do jaké míry souvisejí sesuvné kalamity v Českém masivu s ničivými povodněmi, je na dolní ose obr. 1 znázorněn výskyt velkých letních povodní (plnou čarou) a předjarních povodní (tečkovanou čarou). Většinou nedochází k souběhu sesuvných kalamit a ničivých povodní (RYBÁŘ – NOVOTNÝ 2003); nepřekvapuje to u předjarních povodní, spojených s táním a často s ledovými zácpami. Většina letních povodní vzniká v obdobích kladné srážkové bilance, kdy je horninové prostředí dostatečně zvodněné z předcházejících období, hromadný výskyt sesuvů lze však očekávat jen v regionech s výskytem hornin náchylných na sesouvání.

Literatura

NEMČOK, A. – PAŠEK, J. – RYBÁŘ, J. (1974): Dělení svahových pohybů. – Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. inž. Geol., 11, 77–97, Praha.

NOVOTNÝ, J.(2002): Analýza vlivu vody na stabilitu svahu v jílovitých horninách. – Acta Montana IRSM AS CR, AB, 10 (127), 51–90, Praha.

RYBÁŘ, J. (1999a): Vliv klimatu na vývoj sesuvů a jiných nebezpečných svahových deformací. – Sbor. předn. Geotechnické dny 1999, Inf. centrum ČKAIT, 36–45, Praha.

RYBÁŘ, J. (1999b): Rozbor příčin zvýšeného výskytu svahových deformací v České republice v červenci 1997. – Geotechnika, 2, 7–14, Praha.

RYBÁŘ, J. – NOVOTNÝ, J. (2003): Vliv zvodnění horninového prostředí na vývoj sesuvů a povodní. – Sbor. 31. konf. Zakládání staveb, 209–214, Brno.

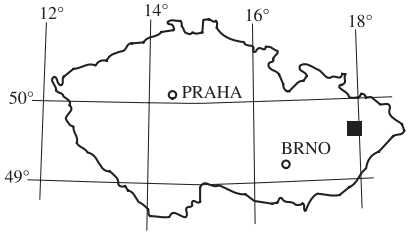
ROZPAD SYNKLINÁLNÍHO HŘBETU ONDŘEJNÍKU V PODBESKYDSKÉ PAHORKATINĚ

Disruption of Ondřejník Hill synclinal chine in Podbeskydy hully country

JAN RYBÁŘ – VÍT JÁNOŠ – JAN KLIMEŠ – TOMÁŠ NÝDL

Ústav struktury a mechaniky hornin Akademie věd České republiky, V Holešovičkách 41, 182 09 Praha 8

(21-21 Nový Jičín, 21-22 Frýdek-Místek)



Key words: landslide inventory, deep seated creep, sliding, flow

Abstract: The study concerns slope development in the geomorphological region of Ondřejník Hill in Podbeskydy hilly country. Engineering-geological maps 1:10 000 of stability conditions and derived prognostic slope movement susceptibility maps were prepared. The most extensive and complex landslide area was found on slopes oriented to the East. There is a characteristic phenomenon of the Ondřejník deformation – disruption of a flat field at the synclinal chine where even a graben-like structure developed.

S finanční podporou podprogramu MŽP ČR ISPROFIN č. 215124-1 Dokumentace a mapování svahových pohybů v ČR se v roce 2006 uskutečnilo inženýrskogeologické mapování masivu Ondřejníku v Podbeskydské pahorkatině v měřítku 1 : 10 000. Pro listy 25-21-20, 25-21-25 a část listu 25-22-16 Základní mapy ČR byly sestaveny účelové inženýrskogeologické mapy stabilitních poměrů a odvozené prognostické mapy náchylnosti území k sesouvání (RYBÁŘ et al. 2006).

Geomorfologický okrsek Ondřejník leží ve v. části Štramberské vrchoviny. Je charakterizován jako členitá vrchovina, která je erozí oddělenou troskou godulského souvrství slezského příkrovu. Vznikla inverzí reliéfu a má podobu synklinálního hřbetu, tvořeného v morfologicky výrazné horní části převážně pískovci středních godulských vrstev.

Nejvyšším místem mapovaného území je vrch Skalka (964,2 m n. m.) na j. okraji hřbetu. Od vrchu Skalka probíhá hřbetnice ve směru k SSV na vrch Stanovec (898,6) a dále k S na kótu 900,1. Hlavní linie hřbetu pokračuje ve směru k SSV na vrch Ondřejník (889,6). Dále k SV se nadmořská výška hřbetnice snižuje až ke kótě 627,5. U kóty 900,1 odbočuje od hlavní linie dílčí hřbet k SZ k vrchu Suché úbočí (863,9). Vrcholová partie masivu je plochá, a tak někteří autoři ji považují za mladotřetihorní zarovnaný povrch. Plošina podél hřbetnice je místy téměř vodorovná (při uvažování sklonu území od 0° do 5°) v šířce od 50 do 200 m. K okraji plochého území přiléhají strmé svahy, s průměrným sklonem kolem 25°. Směrem k patě svahů sklonitost pozvolna klesá a zpravidla nepřekračuje 5°.

Úpatí svahů je zejména na z. a j. straně lemováno pásmem elevací, které lze považovat za kuesty. Hřbet je při úpatí erodován četnými vodními toky. Nejdále zasáhla zpětná eroze řeky Ondřejnice, která pramení na s. svazích vrchu Skalka.

Táhlý hřeben mezi Skalkou a Ondřejníkem je nápadnou krajinnou dominantou. Masiv je výrazně oddělen především na j. a v. straně sníženinou Frenštátské brázdy od hornatiny Moravskoslezských Beskyd. Nejnižší místo mapo-