

Sesuvy – hrozba i krása

Sesuvy jsou zajímavým přírodním jevem, který významně ovlivňuje tvář krajiny. Jsou výsledkem svahových pohybů, které jsou vyvolané působením gravitace na hmotu svahu. Na vznik sesuvů má vliv celá řada dalších faktorů, od přírodních až po antropogenní. Sesuvy mají velký vliv na geodiverzitu i biodiverzitu. Jsou ale také přírodní hrozbou, s níž je třeba počítat.

Co je to sesuv?

Většina souše planety Země je tvořena svahy. Ty jsou nejdynamičtějším prvkem reliéfu a jedním z projevů této dynamiky jsou sesuvy. Sesuv (obr. 1) je výsledný produkt svahového pohybu – sesouvání. Jedná se o relativně rychlý pohyb (cm až m/den) a dochází u něj k přesunutí hmoty do nižších částí svahu či dokonce na předpolí. Při sesouvání se horninová hmota pohybuje podél jedné nebo více ploch, které se označují jako smykové plochy. Podle charakteru ploch dělíme sesuvy do tří základních typů. Prvním typem jsou sesuvy podél rotační (válnové) smykové plochy. Jelikož je smyková plocha zakřivená, dochází k rotaci pohybující se horninové hmoty a povrch sesunutých bloků se může uklánět proti svahu. Dalším typem jsou sesuvy podél rovinné neboli planární smykové plochy. Rovinná smyková plocha je zpravidla předurčena např. vrstevními plochami. Existují i kombinace obou typů sesuvů.

U sesuvů zjišťujeme kromě tvaru smykové plochy délku a šířku sesuvu. Důležitým parametrem, který definuje velikost sesuvu, je objem sesunuté horniny. Největší terestrické (suchozemské) sesuvy na Zemi mohou mít objem až desítky km³, ale existují výjimky. Američtí geologové v nedávné době objevili sesuv starý asi 21–22 milionů let, který má 90 km na délku, rozprostírá se na ploše větší než 3400 km² a jeho objem odhadují na 1700–2000 km³ (Hacker et al. 2014). Zatím největší zjištěná koncentrace obrovských sesuvů je ale na Marsu v údolí Valles Marineris (Brunetti et al. 2014).

Sesuvy lze charakterizovat podle celé řady dalších kritérií. Jedná se například o stáří sesuvu (recentní – současný, čerstvý; fosilní – starý), aktivitu (aktivní, dočasně uklidněný, stabilizovaný), genezi a další. Na základě tvaru půdorysu lze rozdělit sesuv na proudový (délka převažuje nad šířkou), frontální (šířka převažuje nad délkou) a plošný (nepřevažuje ani jeden rozměr).

Příčiny sesuvů

Co je ale příčinou vzniku sesuvů? Ve svazích probíhá neustálý souboj mezi dvěma silami. Nazývají se smykové napětí (τ) a pevnost ve smyku (s). Smykové napětí se snaží uvést hmotu svahu do pohybu, tedy způsobit přeměnu potenciální energie hmoty svahu na kinetickou energii. Pevnost ve smyku působí opačným směrem a drží tak svah v celku.

Velikost obou sil ovlivňuje celá řada faktorů. Důležitou roli hrají geomorfologické poměry, zejména sklon, výška svahu a jeho orientace. Změna sklonu svahu nebo podemletí boční erozí řeky může způsobit oslabení svahu – snížení stability, případně až vznik sesuvu. Neméně důležitou roli hrají i geologické poměry. Jinak se bude chovat svah, který tvoří nepevněné nebo málo zpevněné sedimenty, a svah tvořený např. žulou. Vlastnosti hornin, jako je pevnost a deformovatelnost, dále pak orientace a sklon puklin, vrstevních ploch a přítomnost zlomů jsou důležitým vstupem při studiu stability svahu. Dobrým příkladem vlivu geologie území na sesuvy jsou Vnějši

Západní Karpaty, jež jsou budovány flyšem (soubor hornin, kde se střídají zejména vrstvy pískovců a plastických jílovců). Jílovce jsou zde „slabým článkem“, jelikož právě po nich často ujíždějí pískovcové vrstvy.

Velký vliv na vznik sesuvů má voda. Nejběžnější příčinou vzniku sesuvů v Česku je nasycení svahu vodou nadměrnými srážkami nebo vodou z tání sněhu. Krátkodobé intenzivní srážky zpravidla způsobují mělčí sesuvy. Pro vznik hlouběji založených sesuvů je obvykle zapotřebí delší období zvýšených srážek před vznikem sesuvné události.

Voda pronikající do podloží puklinami zvyšuje hydrostatický tlak, který negativně ovlivňuje pevnost ve smyku, zároveň může voda působit jako „mazadlo“ a snižovat tření na potenciálních smykových plochách. Voda také působí na svah svou vahou a zvyšuje tak smykové napětí.

Sesuvy bývají často vyvolané zemětřesením. Česka se to naštěstí netýká, ale v seizmicky aktivních oblastech mají sesuvy mnohdy za následek více obětí než samotné zemětřesení. Například když v roce 2008 postihlo zemětřesení ($M_w = 7,9$) provincii Sečuán v Číně, vzniklo v důsledku otřesů na 15 000 sesuvů, skalních řícení a blokovobahenních proudů. Jen následkem sesuvů zahynulo přibližně 20 000 lidí (Yin et al. 2009).

Člověk svou činností a zásahy do krajiny ovlivňuje stabilitu svahů a může tak zapříčinit vznik sesuvů. Rizikové jsou třeba dopravní stavby, při nichž se vytvářejí hluboké zářezy do svahu. Příkladem může být nechvalně známá dálnice D8, na jejíž úsek u Litochovic se sesunula část svahu. Mnohé antropogenní sesuvy souvisejí s těžbou surovin. Velmi problematická je i stavba přehrad. Voda zadržovaná za hrází zatěžuje podloží i svahy. Hladina podzemní vody se dostává výš a zvyšuje tlak v pórech, což způsobuje snižování pevnosti ve smyku. S napouštěním přehrady jsou často spojena drobná zemětřesení. Tragický příklad antropogenně vyvolaného sesuvu je z Itálie – Vaiont (viz Křížek 2007). Při této události se 9. října 1963 uvolnil svah hory Monte Toc a sjel do téměř napuštěné přehrady. Celkový objem sesuvu je odhadován asi na 270 000 000 m³ (Kilburn a Petley 2003). Vzniklá přílivová vlna se přelila přes korunu hráze a smetla městečko Longarone a několik menších vesnic. Tato tragédie si vyžádala životy asi 2600 lidí.

Snižování rizik

Sesuvy jsou jednou z významných přírodních hrozeb. V období 2004–2010 bylo zaznamenáno ve světě 2620 fatálních sesuvů, které



Obr. 1: Sesuv na Gírové, který vznikl po mohutných srážkách v květnu 2010. Foto: T. Pánek

VÝZKUM A VÝVOJ

nebyly způsobeny zemětřesením (viz mapka v Materiálech na webu Geografických rozhledů). Zemřelo při nich 32 322 lidí. Avšak toto číslo je s největší pravděpodobností silně podhodnocené (Petley 2012).

Pro snižování rizik plynoucích ze sesuvů se dělá celá řada opatření. Jedním z nich je tvorba map náchylnosti svahů k sesouvání. Pak mohou být vymezena problematická území, kde je nutné přijmout taková opatření, aby riziko sesuvu bylo co nejmenší. Důležité jsou informace o již existujících sesuvech. Databázi sesuvů a dalších svahových nestabilit má i Česko. Její vznik byl iniciován v tehdejší Československu po katastrofickém sesuvu v Handlové (1960–1961), který zničil 150 domů a významně poškodil infrastrukturu. V současnosti tuto databázi spravuje Česká geologická služba a je dostupná na stránkách <http://www.geology.cz/svahovenestability>.

A co když už sesuv vznikne? Pro odstranění škod a zamezení dalšího pohybu svahu je třeba sesuvy sanovat (obr. 2). Pro stabilizaci svahu mnohdy stačí pouhé odvedení vody z tělesa sesuvu. To se dělá pomocí odvodňovacích příkopů a téměř horizontálních vrtů, které, aby byly co nejúčinnější, musejí procházet smykovou plochou. V případě nutnosti se budují např. opěrné zdi nebo se svah stabilizuje pomocí kotev, injektáží ad.

Krása sesuvů

Může se zdát, že sesuvy jsou v přírodě pouhým destruktivním prvkem. Není to ale pravda. Ano, něco starého zaniká, ale reliéf nabývá nových tvarů a vlastností a krajina se stává bohatší, rozmanitější. A to nejen z pohledu geodiverzity, která kvůli přítomnosti skalních stěn v odlučné oblasti sesuvů, příkopů, různě ukloněných skalních bloků a sut'ovisk je mnohem vyšší – sesuvy mohou rovněž přehradit údolí a vytvořit specifický typ hrazených jezer (viz Smolková 2009), ale také z hlediska biodiverzity, která se prá-



Obr. 2: Sanace sesuvu Nakajyo-gawa ze severu prefektury Nagano/Honšú. Sesuv vznikl podobně jako tisíce podobných po zemětřesení Tohoku v březnu 2011. Snímek z listopadu 2012. Foto: T. Pánek

vě váže na různorodost stanovišť v sesuvném území (Alexandrowicz, Margielewski 2010). V důsledku svahových pohybů vznikly v přírodních oblastech jeskyně, které poskytují úkryty pro živé organismy, od netopýřů a vrápenců po hmyz. Asi jedny z nejznámějších jeskyní v Beskydech jsou přírodní památka Kněhyňská jeskyně, která má hloubku přes 57,5 m, a Cyrilka s délkou průlezných chodeb přes 500 m (viz Lenart 2012).

Sesuvná území bývají špatně dostupná, a tak jejich hospodářské využití by bylo obtížné a nerentabilní. Není tedy divu, že na těchto územích, kvůli jejich nedotčenosti člověkem a pestrosti, jsou často vyhlášována maloplošná zvláště chráněná území. Pěknou ukázkou je přírodní rezervace Ropice, která se nachází ve východní části Moravskoslezských Beskyd, nebo přírodní památka Kopce u Lidečka. Díky sesuvům mohou vznikat i nádherné sce-

nérie, které se mohou stát vyhledávanou turistickou lokalitou, jak to dokazuje například Quiraing na severu ostrova Skye (Skotsko).

Závěr

Sesuvy jsou nedílnou součástí vývoje krajiny. Projevují se destruktivně, ale také dávají možnost vzniku novým ekosystémům a celkově krajinu obohacují. Hrají také velkou roli při celkovém snižování reliéfu – denudaci. Na druhou stranu jsou sesuvy nevyzpytatelnou přírodní hrozbou, se kterou je nutné počítat. Je tedy důležité, aby člověk svou činnost v krajině plánoval a realizoval s ohledem na tuto hrozbu, aby nedošlo k podobné tragédii jako například ve Vaiontu.

*Michal Břežný,
doktorand na PrF OSU v Ostravě
michal.brezny@osu.cz*

Landslides – A Threat and a Wonder. Landslides are an interesting natural phenomenon that significantly effects the landscape. They result from slope movements, induced by the force of gravity on a slope mass. The formation of landslides is, however, influenced by many other factors, from natural to anthropogenic. Landslides have a significant impact on geo- and biodiversity. At the same time, they are a natural threat to be reckoned with. This article seeks to outline the causes of landslides and to highlight their negative and positive consequences.

APLIKACE DO VÝUKY:

1. Podívejte se na registr svahových nestabilit na stránkách http://mapy.geology.cz/sesuvy_cgs/. Zkuste zdůvodnit, proč je rozšíření sesuvů v Česku tak nerovnoměrné.
2. Sesouvání je pouze jeden z několika typů svahových pohybů. Zjistěte, které další svahové pohyby existují a jak se projevují.
3. Pozorujte při jízdě vlakem nebo autem přiléhající svahy. Byla na nich provedena opatření, aby se zamezilo vzniku sesuvů? Popište je.

LITERATURA A ZDROJE DAT:

- ALEXANDROWICZ, Z., MARGIELEWSKI, W. (2010): Impact of mass movements on geo- and biodiversity in the Polish Outer (Flysch) Carpathians. *Geomorphology*. 123, 3–4, s. 290–304.
- BRUNETTI, M. T., et al. (2014): Analysis of a new geomorphological inventory of landslides in Valles Marineris, Mars. *Earth and Planetary Science Letters*. 405, s. 156–168.

- HACKER, D. B., et al. (2014): Catastrophic emplacement of the gigantic Markagunt gravity slide, southwest Utah (USA): Implications for hazards associated with sector collapse of volcanic fields. *Geology*. 42, 11, s. 943–946.
- KILBURN, C. R. J., PETLEY, D. N. (2003): Forecasting giant, catastrophic slope collapse: Lessons from Vajont, Northern Italy. *Geomorphology*. 54, s. 21–32.
- KŘÍŽEK, M. (2007): Zemětřesení. *Geografické rozhledy*, 17, 2, s. 2–3.
- LENART, J. (2012): Rozsedlinové jeskyně ve flyši Karpat. *Geografické rozhledy*, 22, 1, s. 28–29.
- PETLEY, D. (2012): Global patterns of loss of life from landslides. *Geology*. 40, 10, s. 927–930.
- SMOLKOVÁ, V. (2009): Sesuvy hrazená jezera a jejich význam pro poznání krajiny. *Geografické rozhledy*. 18, 5, s. 4–5.
- YIN, Y., et al. (2009): Landslide hazards triggered by the 2008 Wenchuan earthquake, Sichuan, China. *Landslides*. 6, 2, s. 139–152.
- ZÁRUBA, Q., MENCL, V. (1987): Sesuvy a zabezpečování svahů. Academia, Praha, 221 s.