

SESUVY



SESUVY

- NEJVĚTŠÍ

1911 - Pamír

M = 7,0 - 2,5 km³ suti - † 54 lidí

Murgab - hráz 301 m vysoká

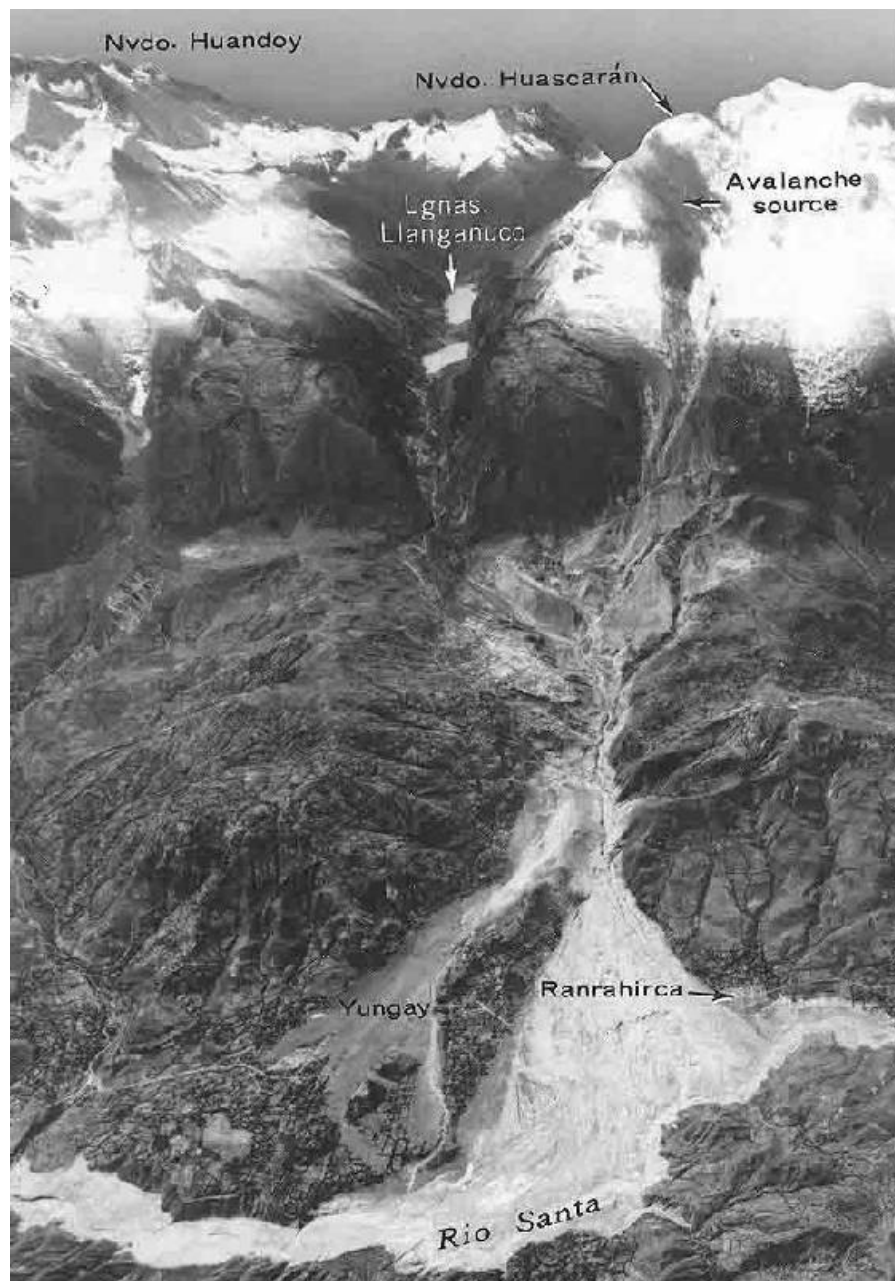
jezero 53 km dlouhé, 284 m hluboké

- NEJTRAGIČTĚJŠÍ

1920 - Čína, provincie Kan-Su

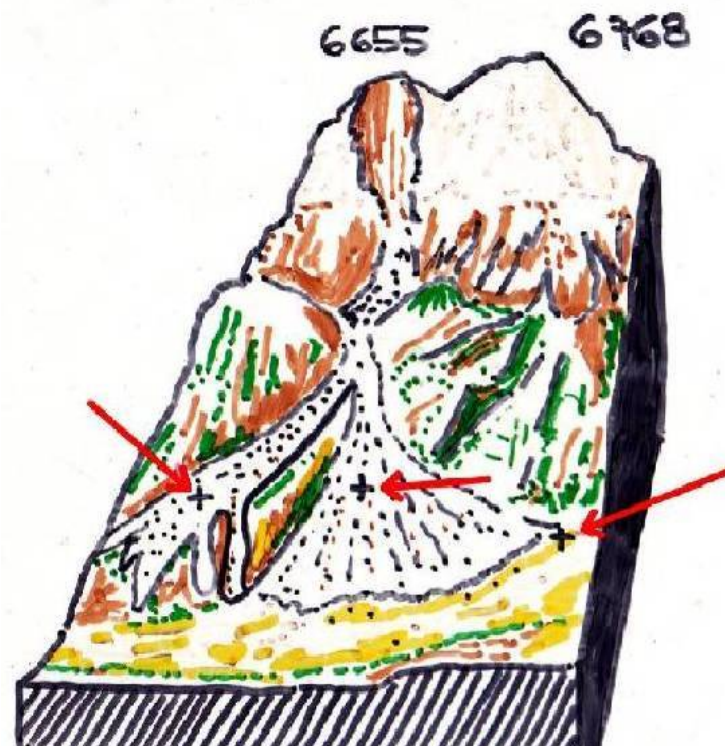
po zemětřesení, několik tisíc m³ spraše

† 200 000 lidí



Huascarán

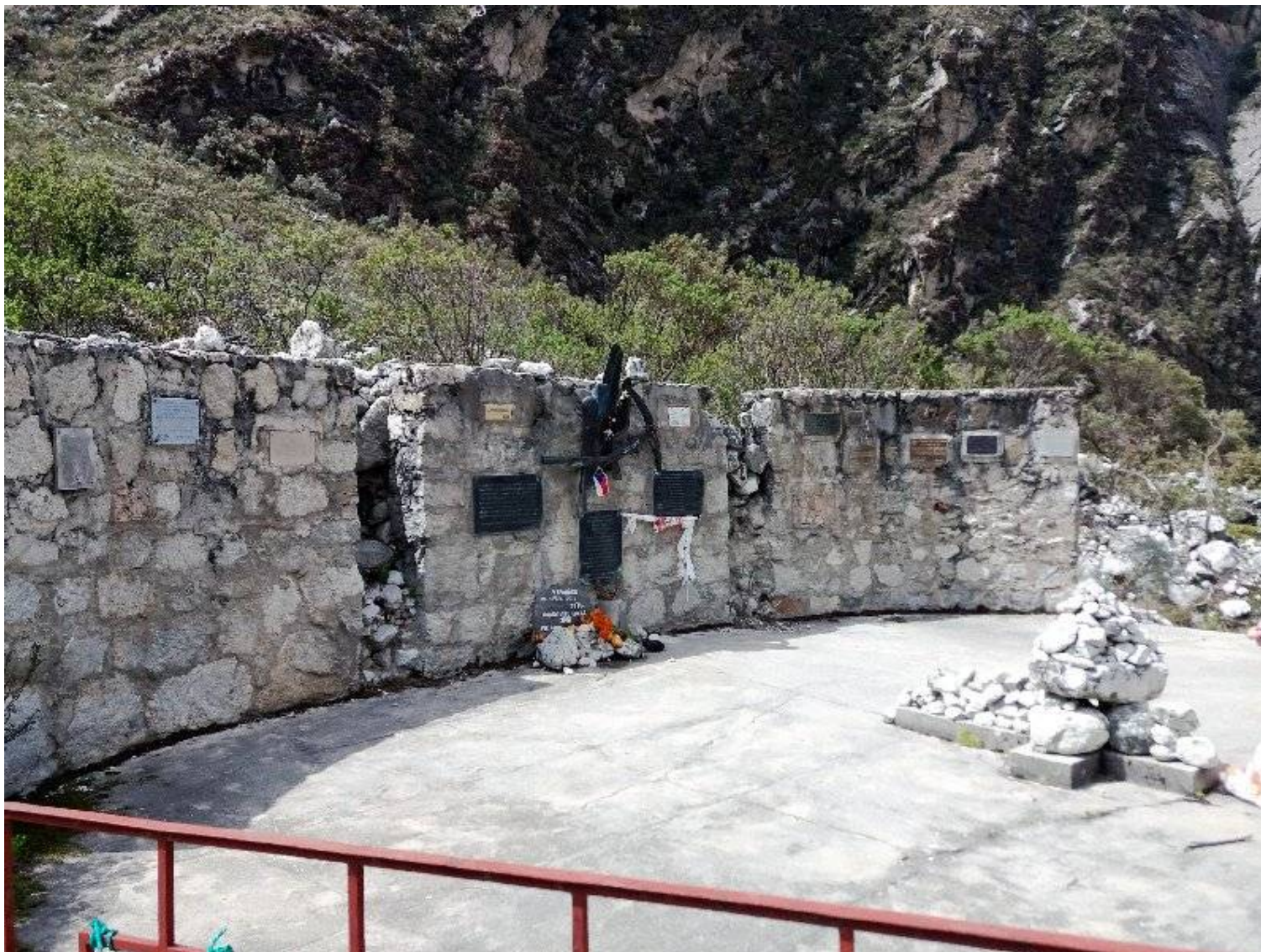
31. 5. 1970 zemětřesení 7,5 Richtera,
proud ledu, kamení a bahna - 20 km
dlouhý, 90 - 125 m/s, cca 50 mil. m³,
50 000 mrtvých (odhad až 66 000)
+ 14 československých horolezců
(+ fotograf Vilém Heckel)



Pohled na Huascarán a suťový proud, v levém dolním rohu řeka Rio Santa



Památník zahynulých československých horolezců



FAKTORY ZPŮSOBUJÍCÍ SESOUVÁNÍ

1. ZMĚNA SKLONU SVAHU NEBO VÝŠKY

- podemletí
- podkopání
- tektonické pochody

2. PŘITÍŽENÍ NÁSYPY HALDAMI apod.

3. OTŘESY, VIBRACE

4. ZMĚNA OBSAHU VODY

- atmosférické srážky (déšť, tající sníh)
- smršťování jílu (trhliny)
- rychlé změny hladiny (nádrže apod.)



FAKTORY ZPŮSOBUJÍCÍ SESOUVÁNÍ

5. PŮSOBENÍ PODZEMNÍ VODY

- vyplavování jemných částic (sufoze)
- tlak proudící vody
- pórový tlak
- rozpouštění tmelu
- artézská voda (vztlak)

6. ČINNOST MRAZU

7. ZVĚTRÁVÁNÍ HORNIN

8. ZMĚNY VEGETACE



Klasifikace sesuvů

Podle stupně stabilizace:

- aktivní (živý)
- dočasně uklidněné (potenciální)
- trvale uklidněné (stabilní)

Podle stáří

- recentní (současné)
- fosilní (staré; za dnešních klimatických a morfologických podmínkách se nemohou opakovat)

Podle průběhu smykové plochy -

F.P.Savarenský

- **a**sekventní - podél rotačních smykových ploch, stejnorodé soudržné zeminy
- **k**onsekventní - po předurčených rovinných plochách (vrstevnatost, břidličnatost, pukliny, povrch skalního podloží apod.)
- **i**nsekventní - napříč vrstvami, velké rozměry, smykové plochy zasahují hluboko do svahu

Podle regionálních poměrů – Záruba, Menci

A. Svahové pohyby pokryvných útvarů (svahové hlíny, sutě, zvětraliny)

- slézání sutí (hákování vrstev)
- plošné sesuvy
- proudové sesuvy
- suťové proudy (mury), vyplavování písků

B. Sesuvy v pelitických (soudržných) horninách (jíly, slíny, jílovce apod.)

- podél rotačních smykových ploch
- podél složených smykových ploch
- spojené s vytlačováním měkkých hornin (kerný, bulging)

C. Svahové pohyby pevných skalních hornin

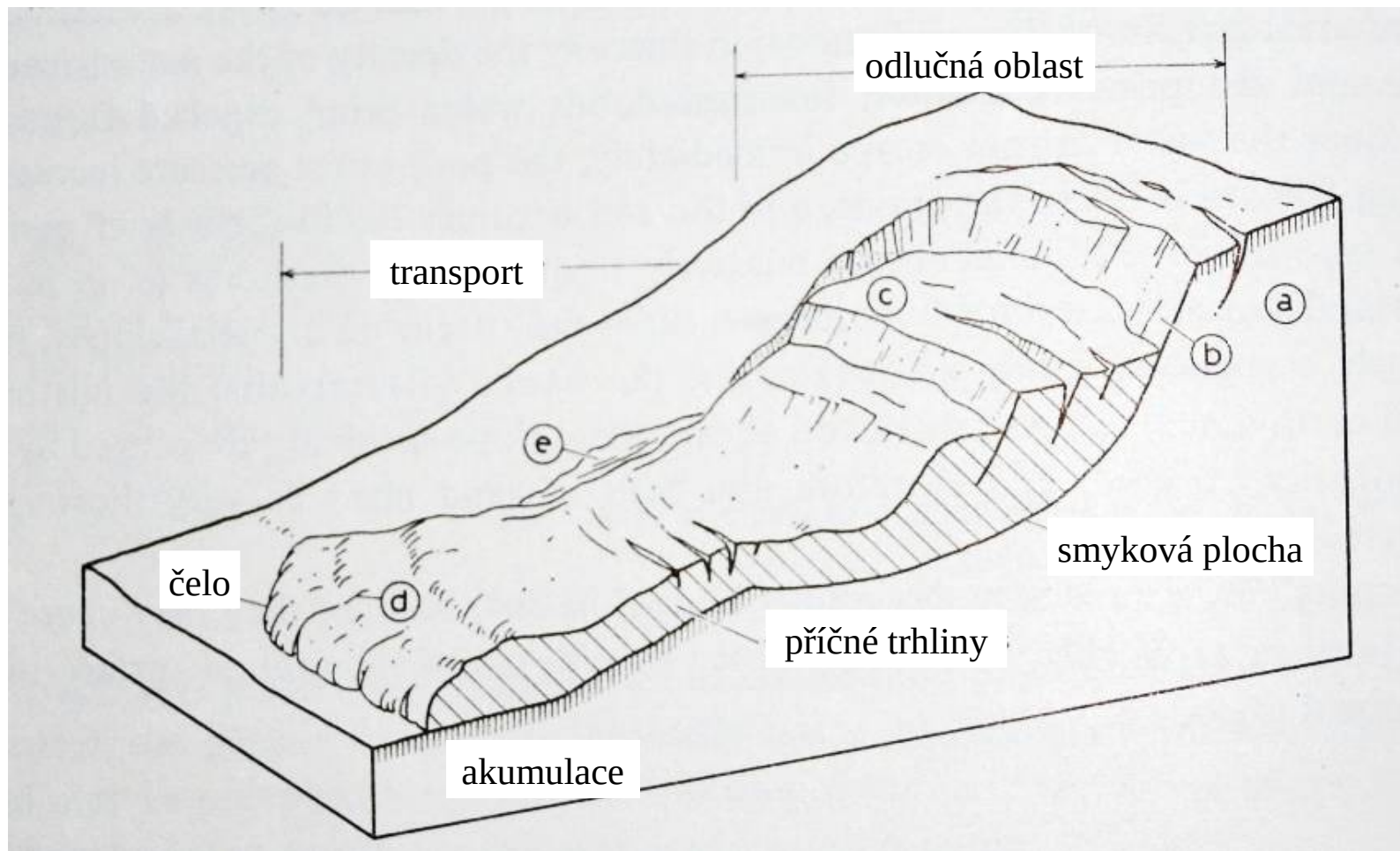
- po předurčených plochách (**vrstevnatost, břídičnatost, pukliny aj.**)
- dlouhodobé deformace horských svahů
- skalní řícení

D. Zvláštní případy svahových pohybů

- soliflukce
- sesouvání citlivých jílů
- subakvatické skluzy

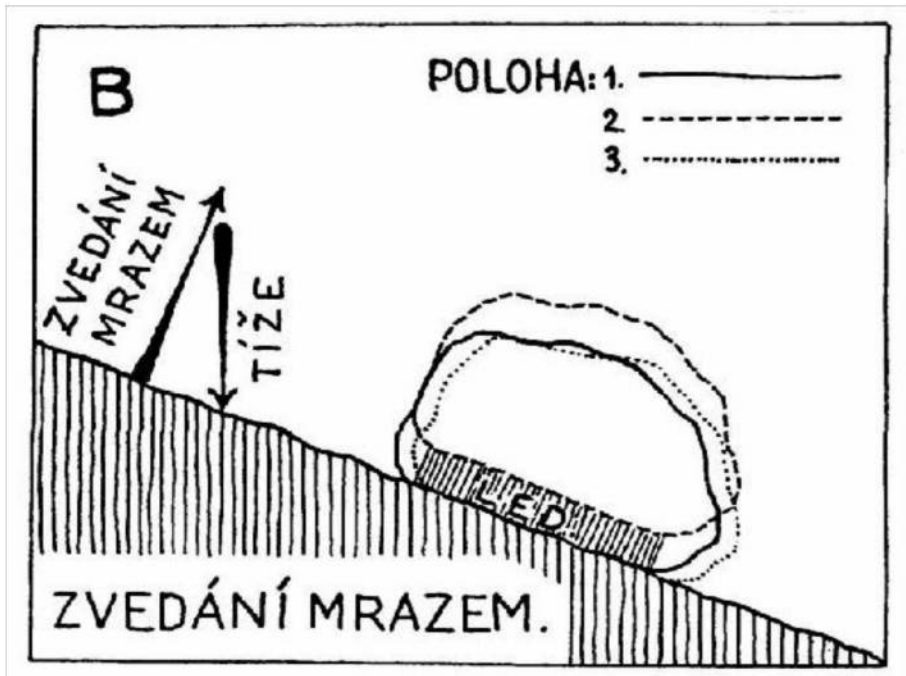
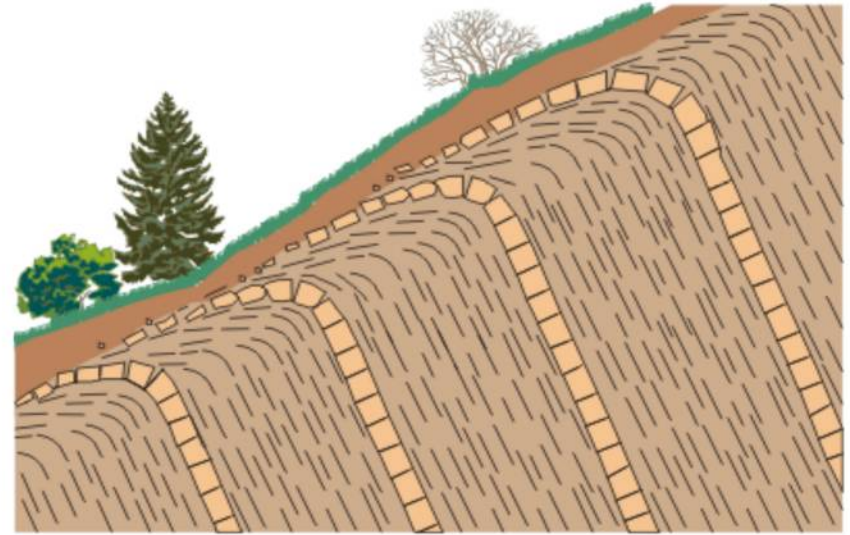
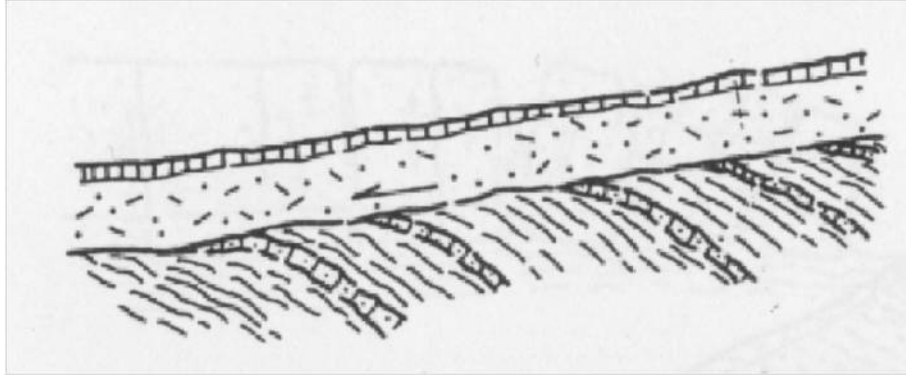
Podle rychlosti pohybu - (Němčok, Pašek, Rybář)

- **Ploužení** ~ mm - cm/rok
pomalé dlouhodobé gravitační pohyby (slézání sutí až dlouhodobé gravitační deformace horských svahů)
- **Sesouvání** ~ m/den
relativně rychlý, krátkodobý klouzavý pohyb hornin podél jedné nebo více zřetelných smykových ploch (rotační, planární, rotačně-planární, translační | plošný, proudový apod.)
- **Tečení** ~ m - km/hod.
rychlý krátkodobý pohyb horninových mas ve viskózním stavu, ostře ohraničené od neporušeného podloží (zemní a kamenité proudy apod.)
- **Řícení** ~ m/s
náhlý krátkodobý pohyb horninových hmot na strmých svazích, přičemž se postižené hmoty rozvolní a ztrácejí krátkodobě kontakt s podložím - alespoň část pohybu překonají volným pádem (padání kamenů, skalní řícení, predisponované plochy)



Parte principal del deslizamiento con una superficie cilíndrica y grietas características (según Záruba Q., Menci V. 1982)

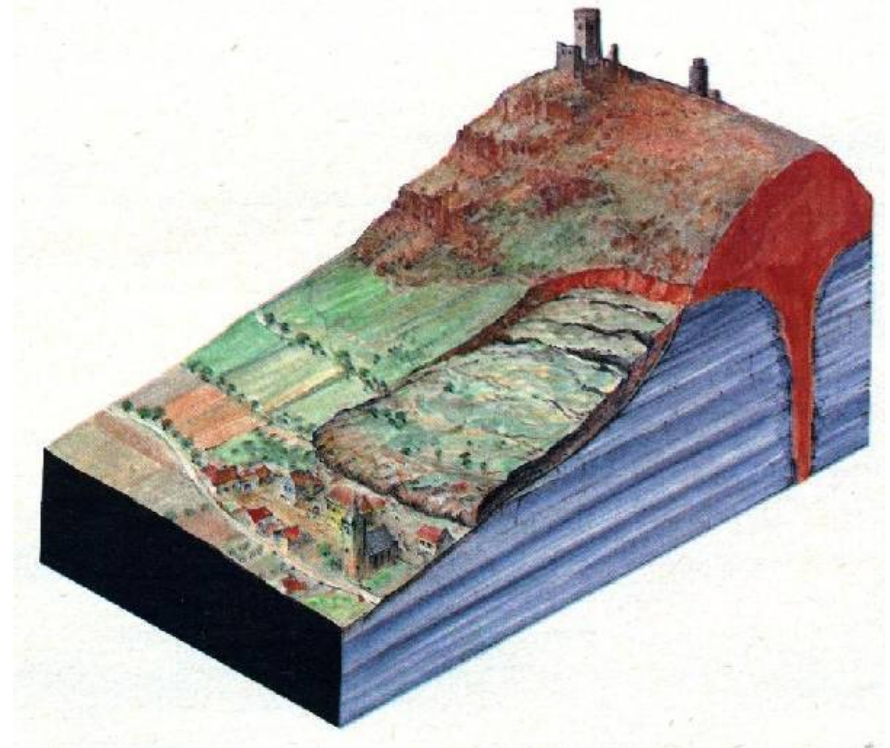
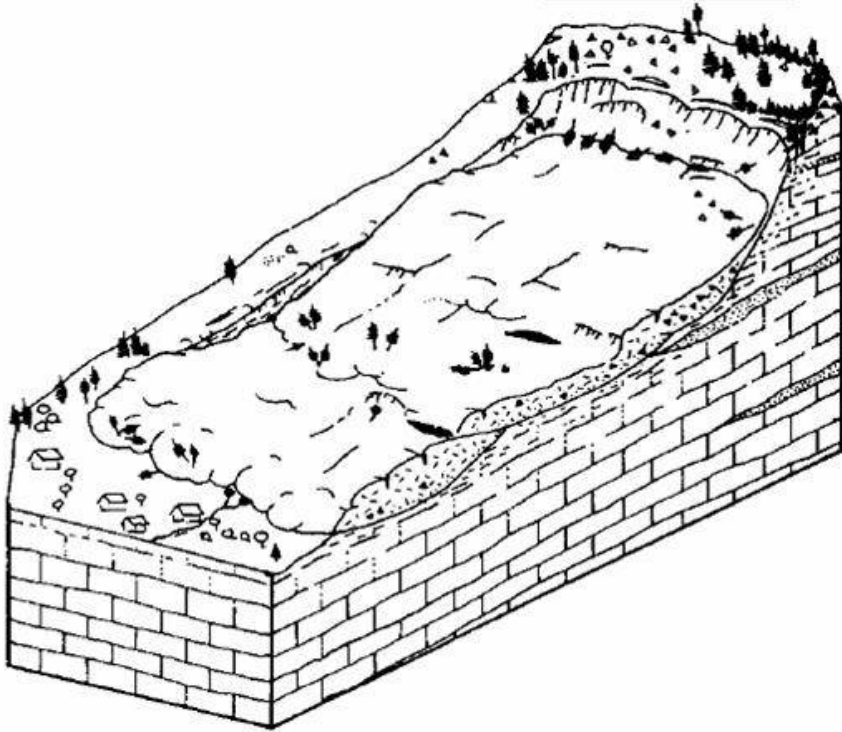
Slézání sutí, hákování vrstev, „opilý les“



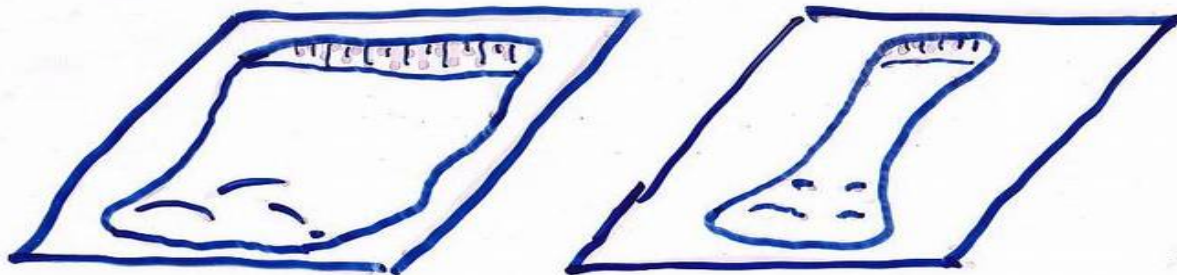
Proudový sesuv



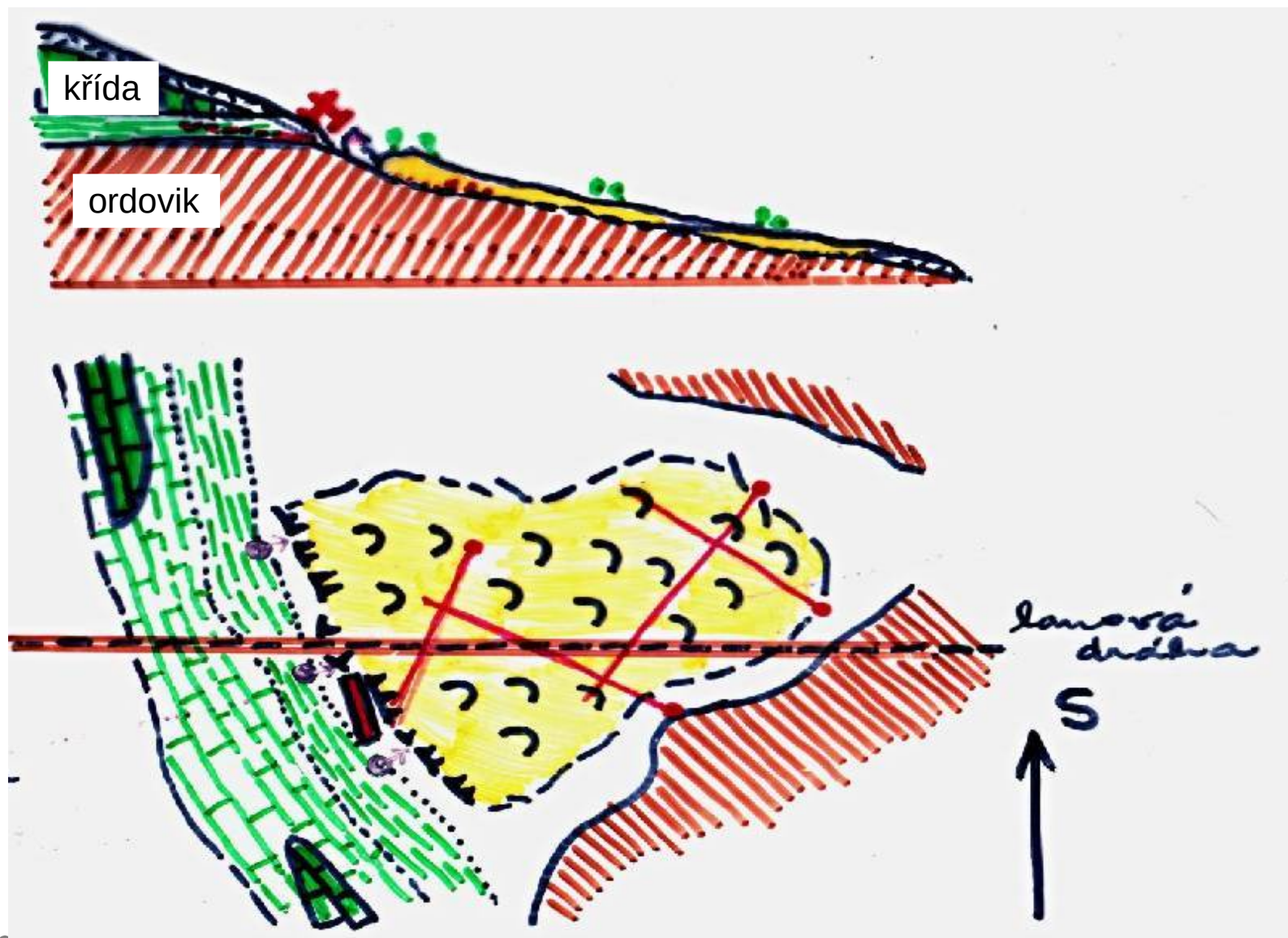
Plošný sesuv



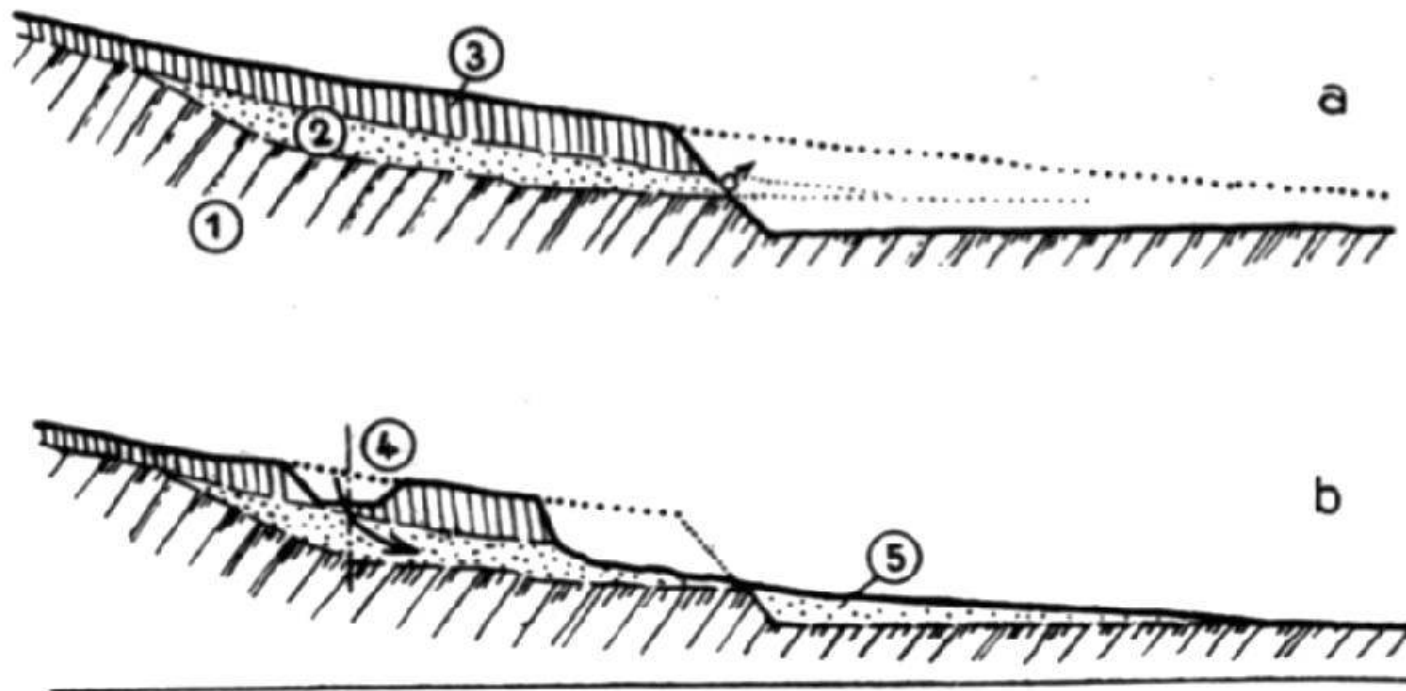
Jednoduchý rozdíl ve tvaru mezi plošným a proudovým sesuvem



Sesuv pod lanovkou na Petříně



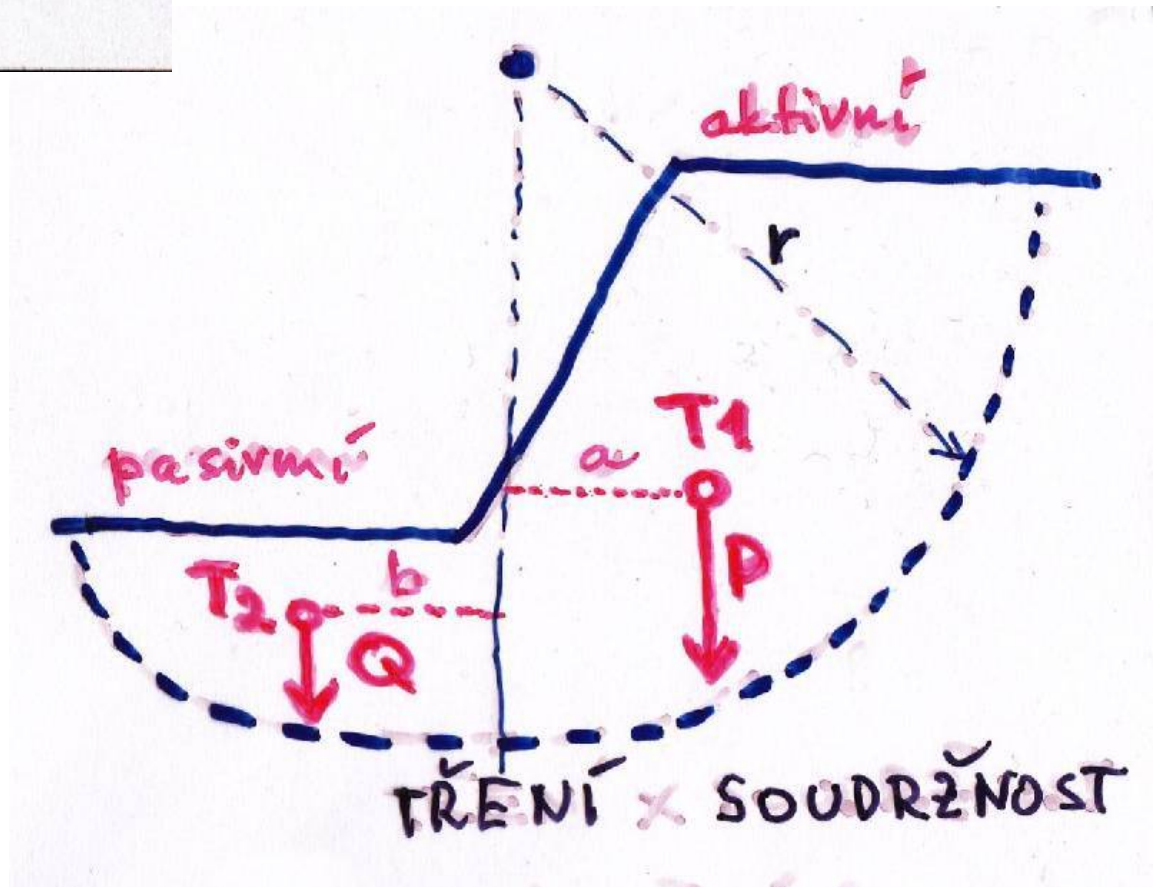
Vyplavování písků



Porušení svahu vyplavením písku – rozšiřování nádraží Libeň; 1 – ordovické břidlice, 2 – jemné písky, 3 – svahové hlíny, 4 – výkop pro novou silnici, 5 – naplavený kužel jemného písku. Svah výkopu ve stavu *a* zůstal stabilní po dobu 2 let, dokud nebyl porušen povrch svahových hlín novým výkopem pro silnici (převzato ze Záruba et al., 1972)

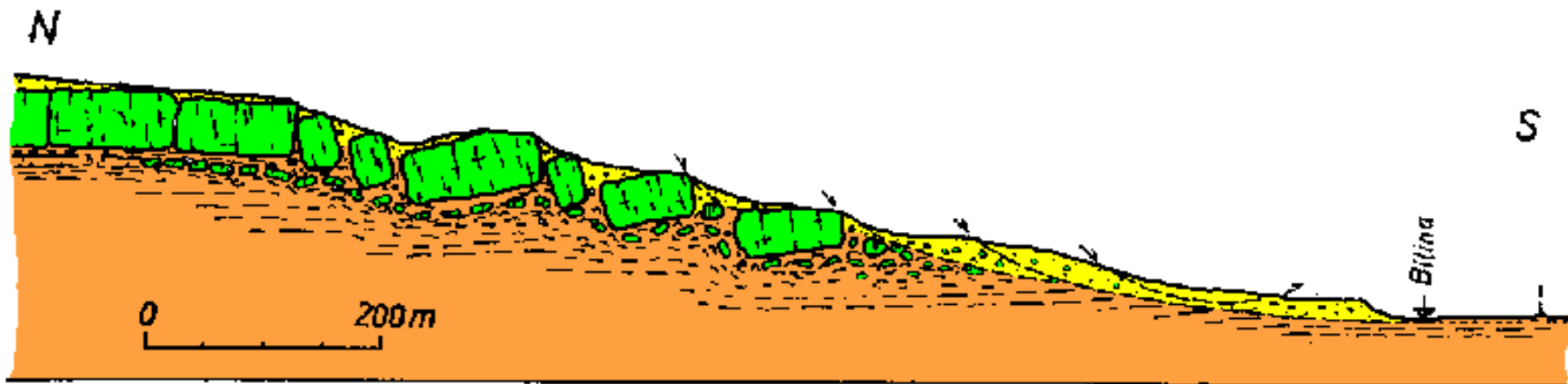
Podle rotačních smykových ploch

$$P \cdot a = Q \cdot b + c \cdot l \cdot r$$
$$m = \frac{c \cdot l \cdot r}{P \cdot a - Q \cdot b}$$



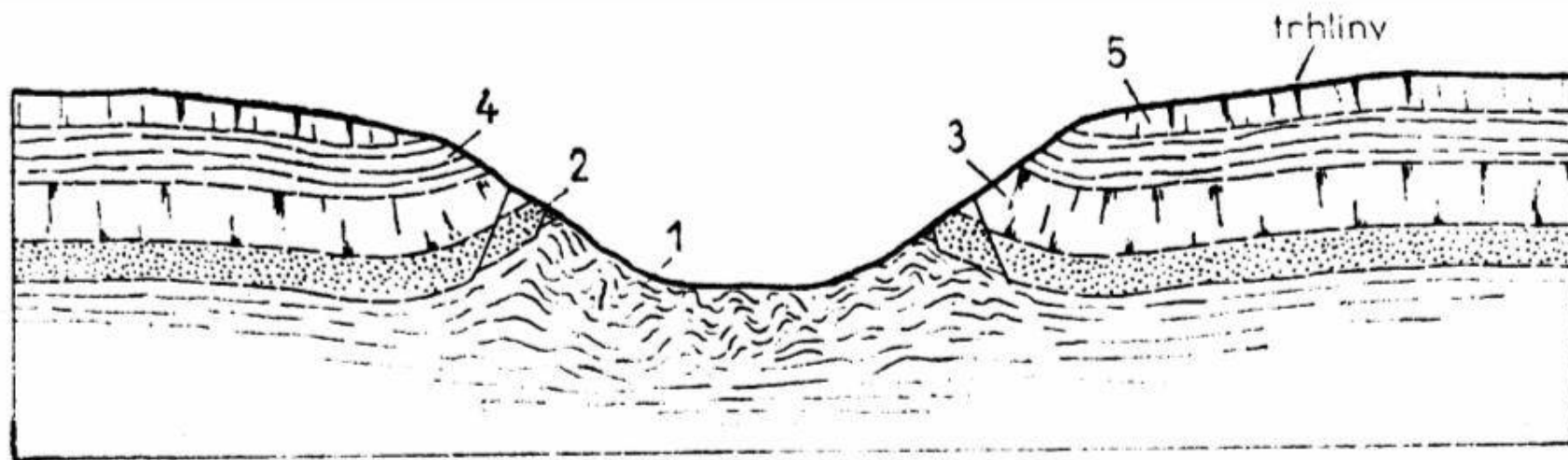
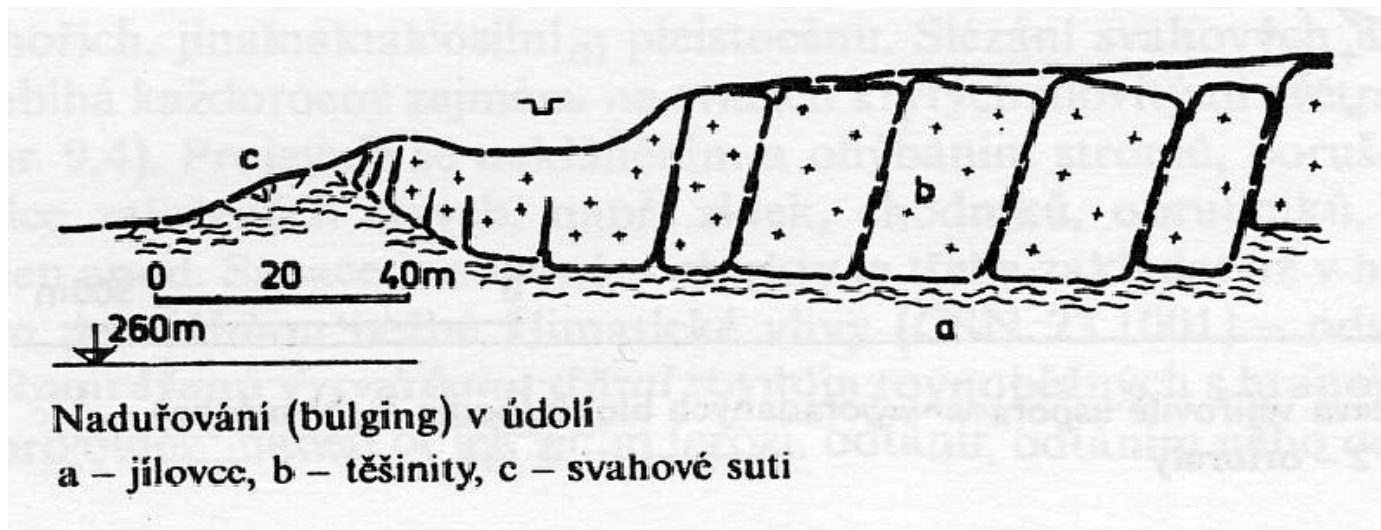
Spojený s vytlačováním měkkých hornin

Kerný sesuv



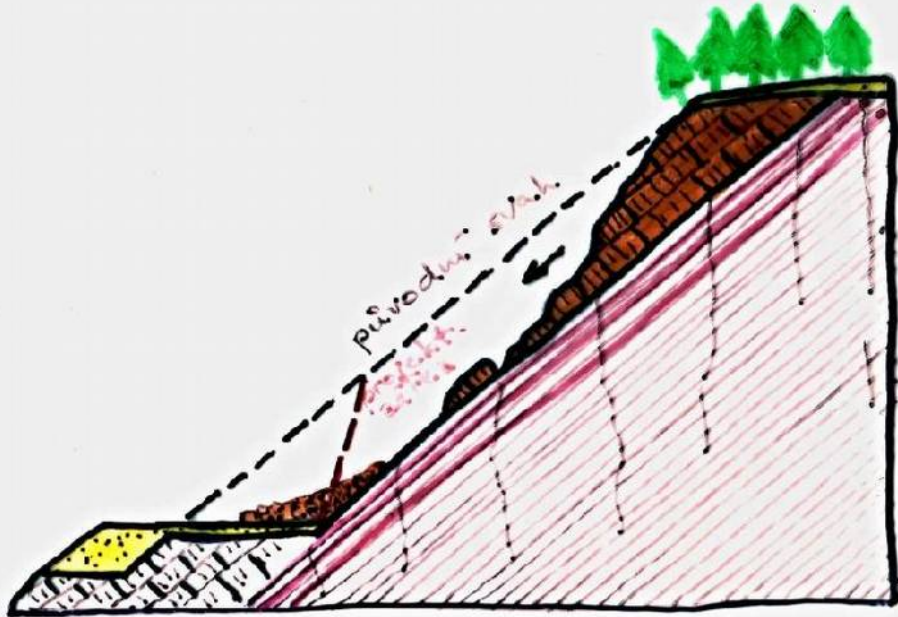
Spojený s vytlačováním měkkých hornin

Bulging

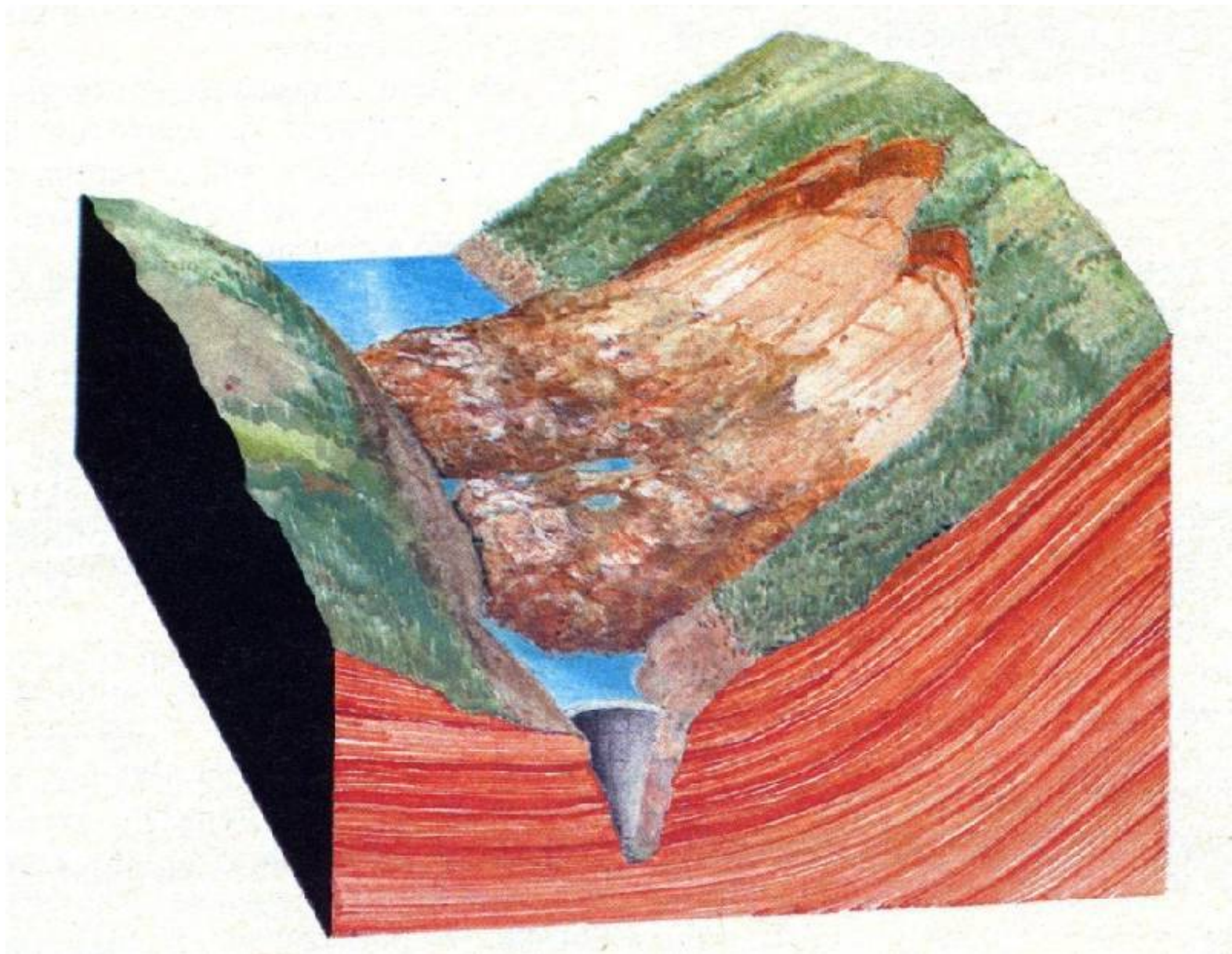


Sesuvy podle předurčených ploch

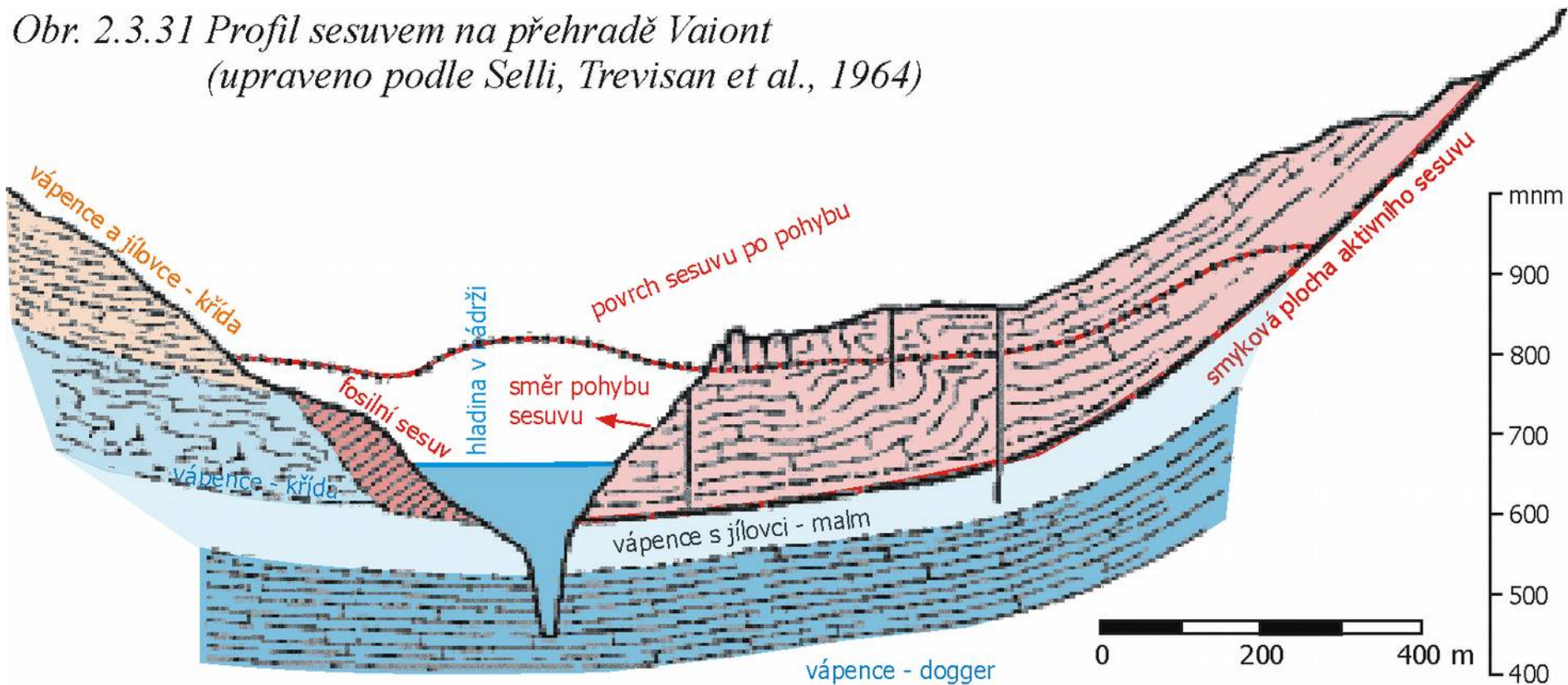
Povltavská silnice Strnady - Davle



Vajont - 9. říjen 1963



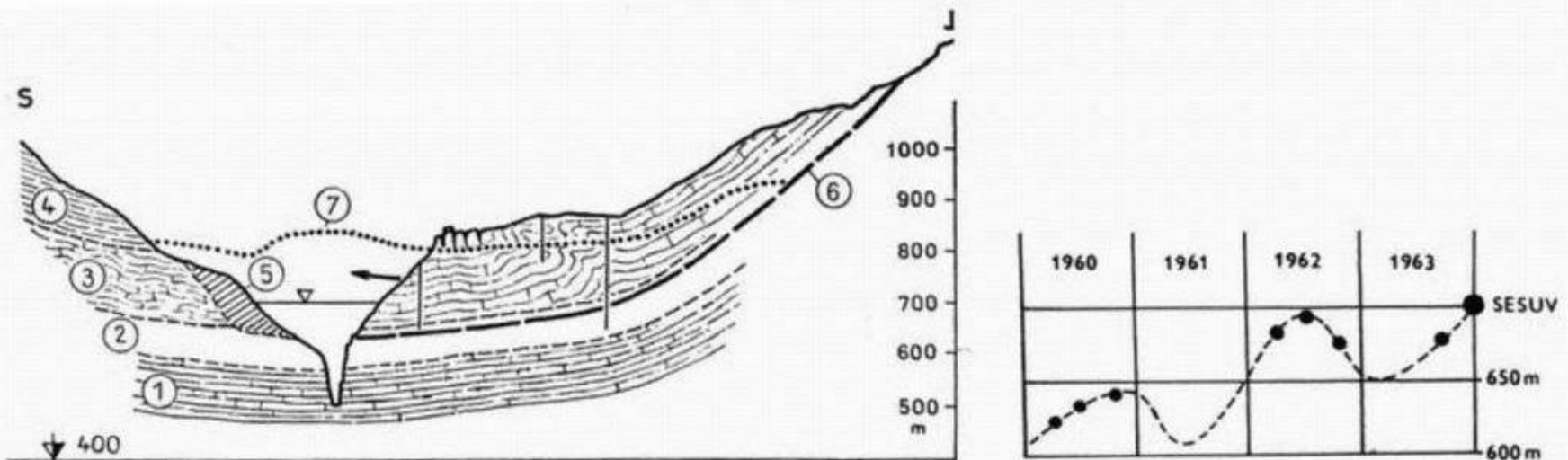
Obr. 2.3.31 Profil sesuvem na přehradě Vaiont
 (upraveno podle Selli, Trevisan et al., 1964)



Dva roky po dokončení výstavby katastrofální sesuv 100 mil. m³ horniny, výška vzniklé vlny 250 m, přes hráz se přelilo 30 mil. m³ vody, 3500 životů.

Vajont

Obr. 9.1.10 Schéma přehradního profilu Vaiont v italských Alpách (in Záruba, Mencl, 1987)

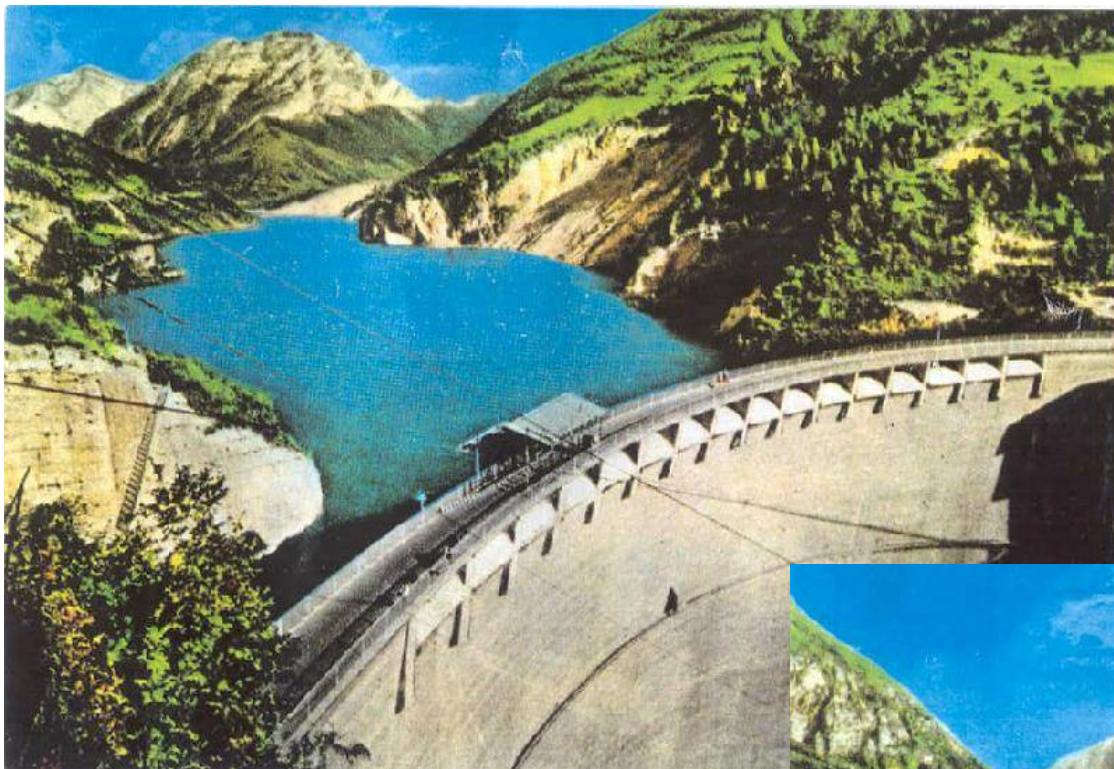


1,2 jurské vápence a jíly. Vápence, 3,4 - křídové vápence,
5 - starý sesuv, 6 - smyková plocha, 7 - sesuv hornin

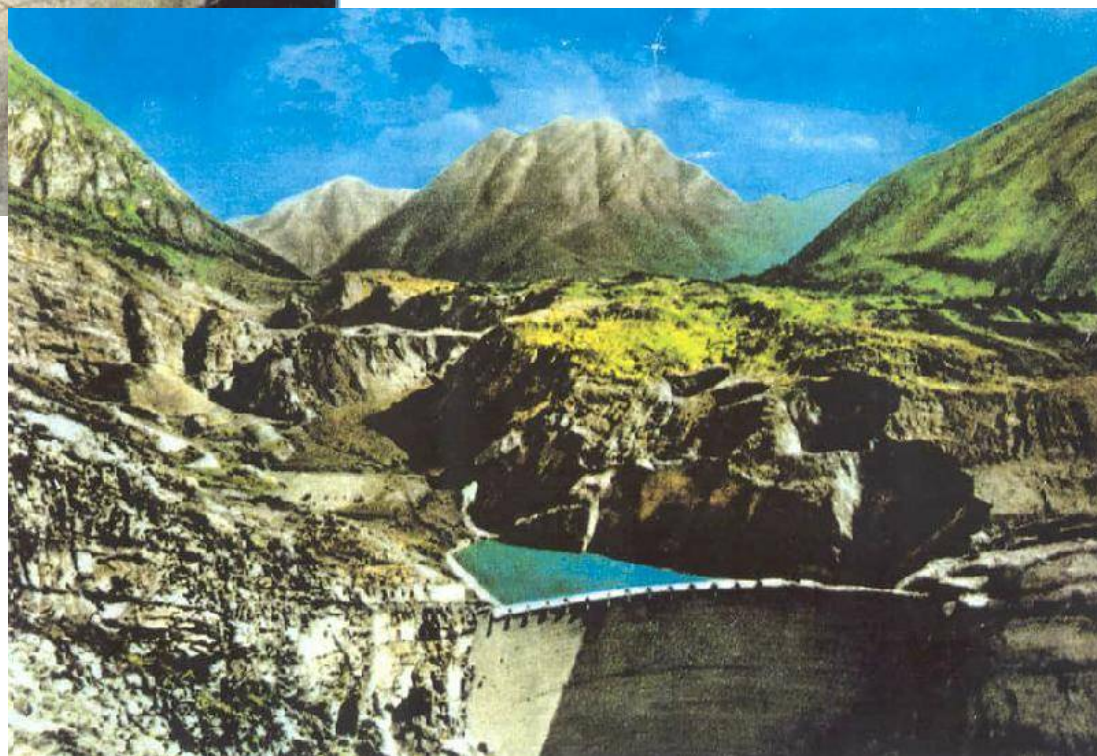
Projevy otřesů při zkušebním
napuštění nádrže

Vajont

Po sesuvu



Před sesuvem



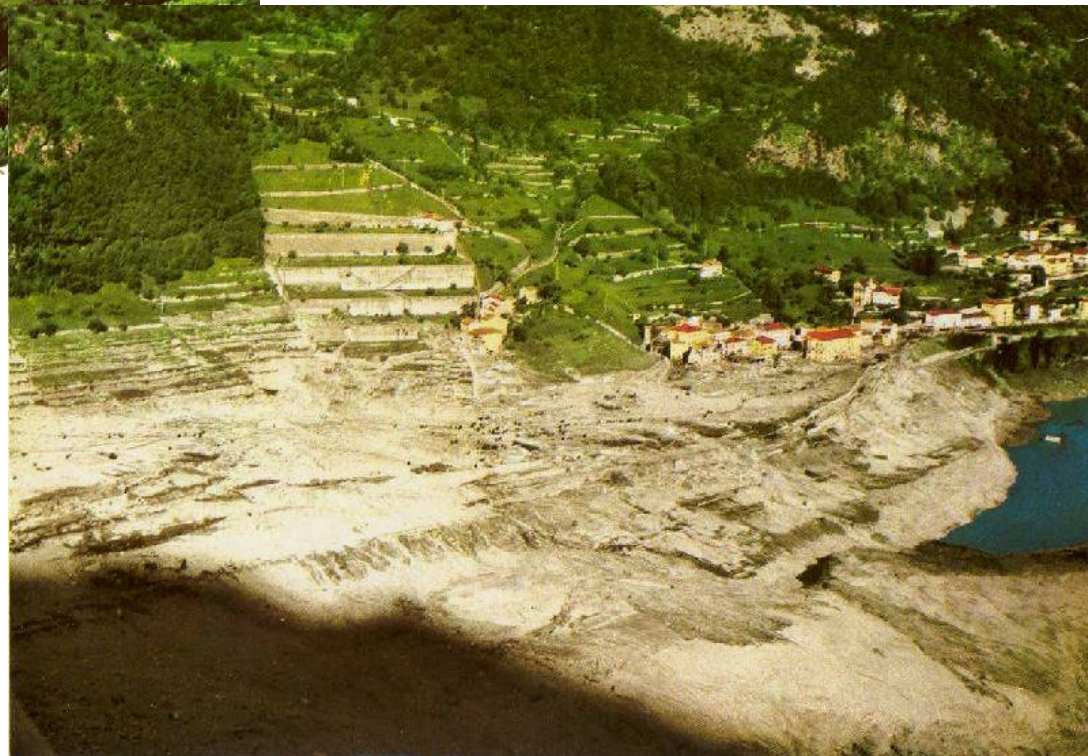
● *Naskenované pohlednice*

Vajont

Po sesuvu



Před sesuvem



● *Naskenované pohlednice*

Vajont – čelní pohled na přehradu v sevřeném údolí



Vajont – sesuté hmoty do přehrady



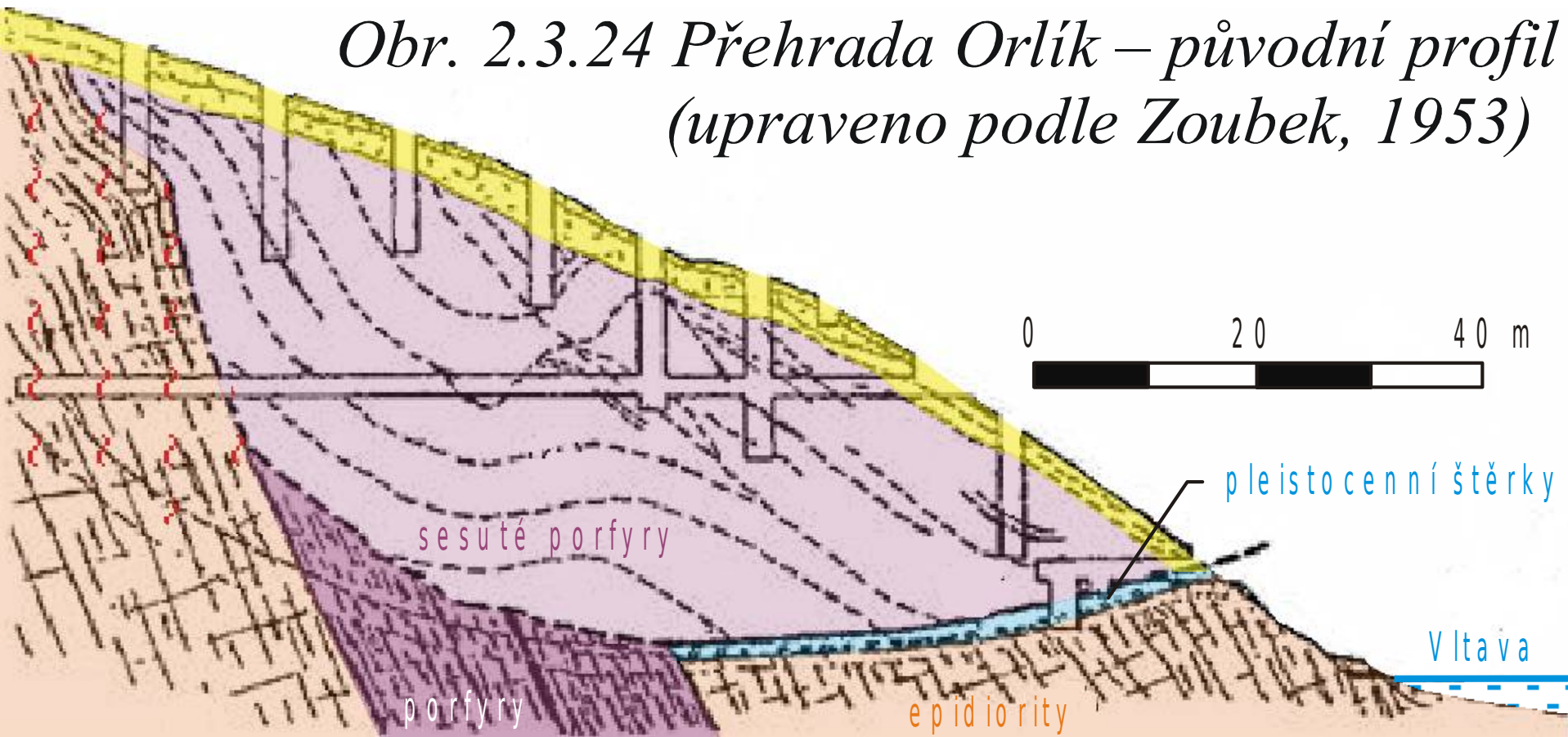
Vajont – sesuté hmoty do přehrady



Vajont – sesuté hmoty do přehrady



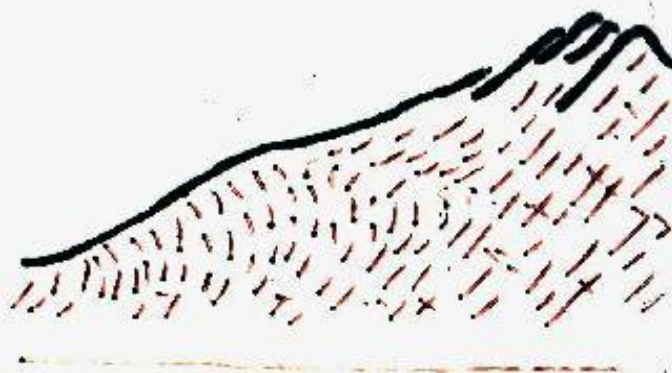
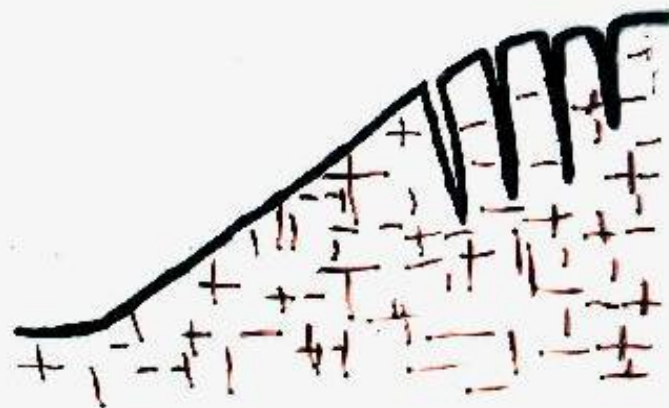
*Obr. 2.3.24 Přeprada Orlík – původní profil
(upraveno podle Zoubek, 1953)*



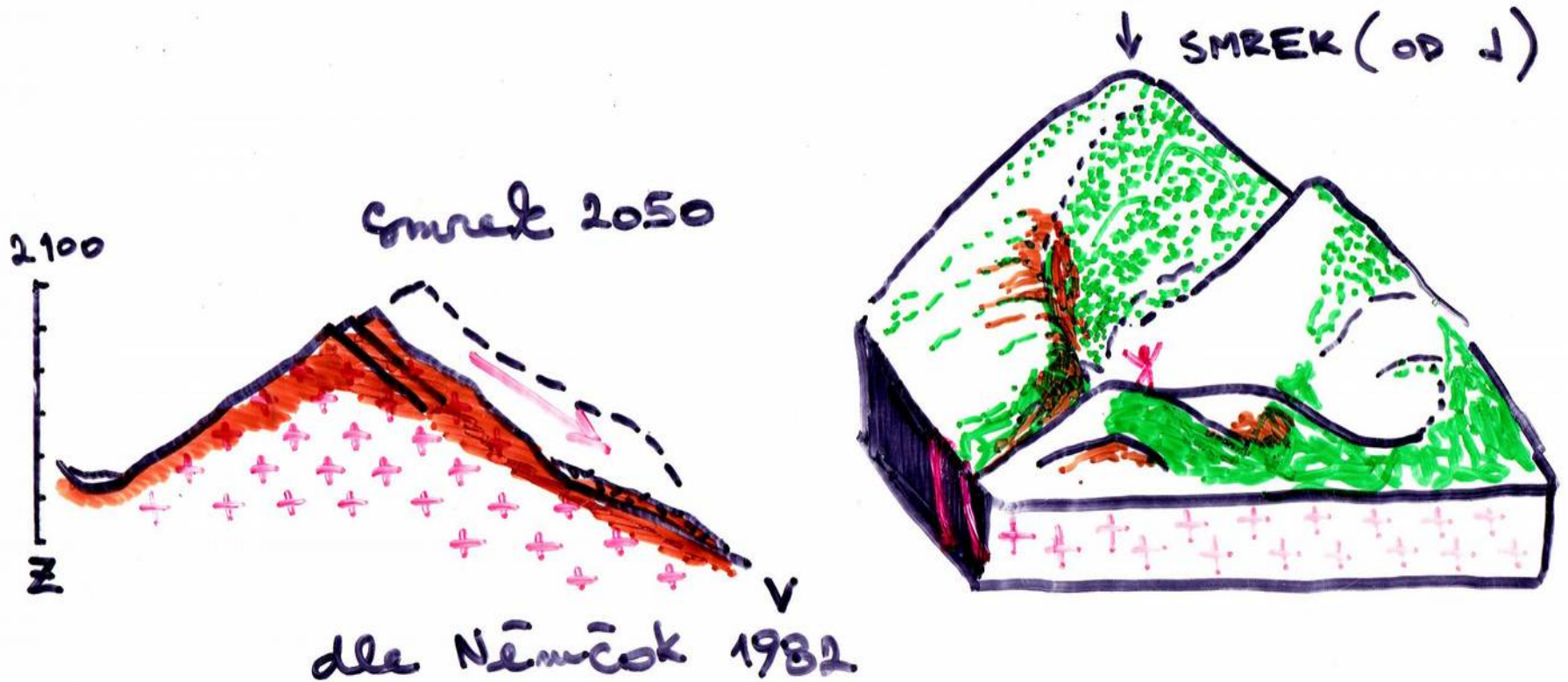
Variantní přehradní místo Orlík

nerealizováno – mohlo by dojít k podobnému sesuvu jako na Vajontě

Dlouhodobé deformace horských svahů



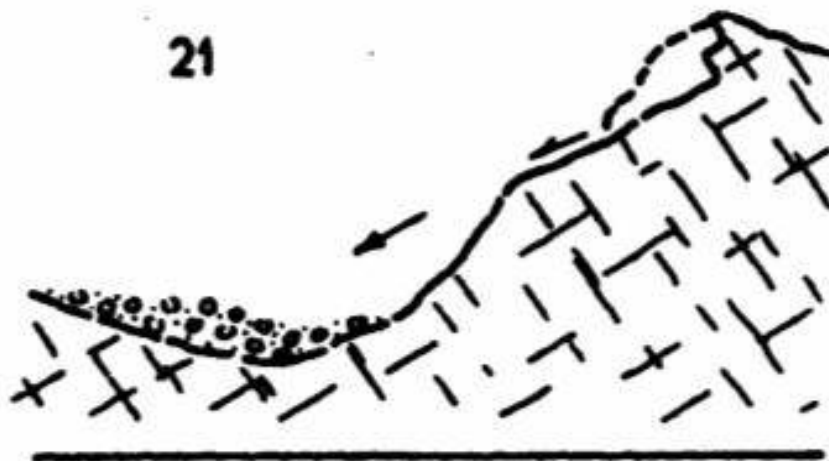
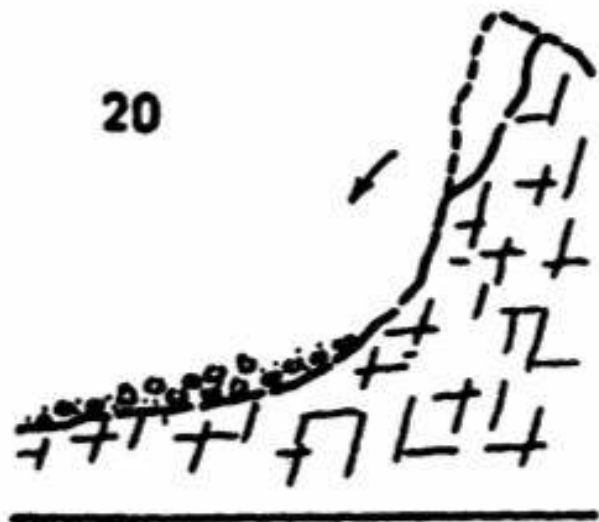
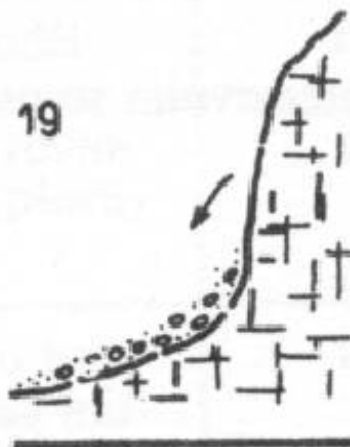
Dlouhodobé deformace horských svahů



Skalní řízení



Skalní řízení



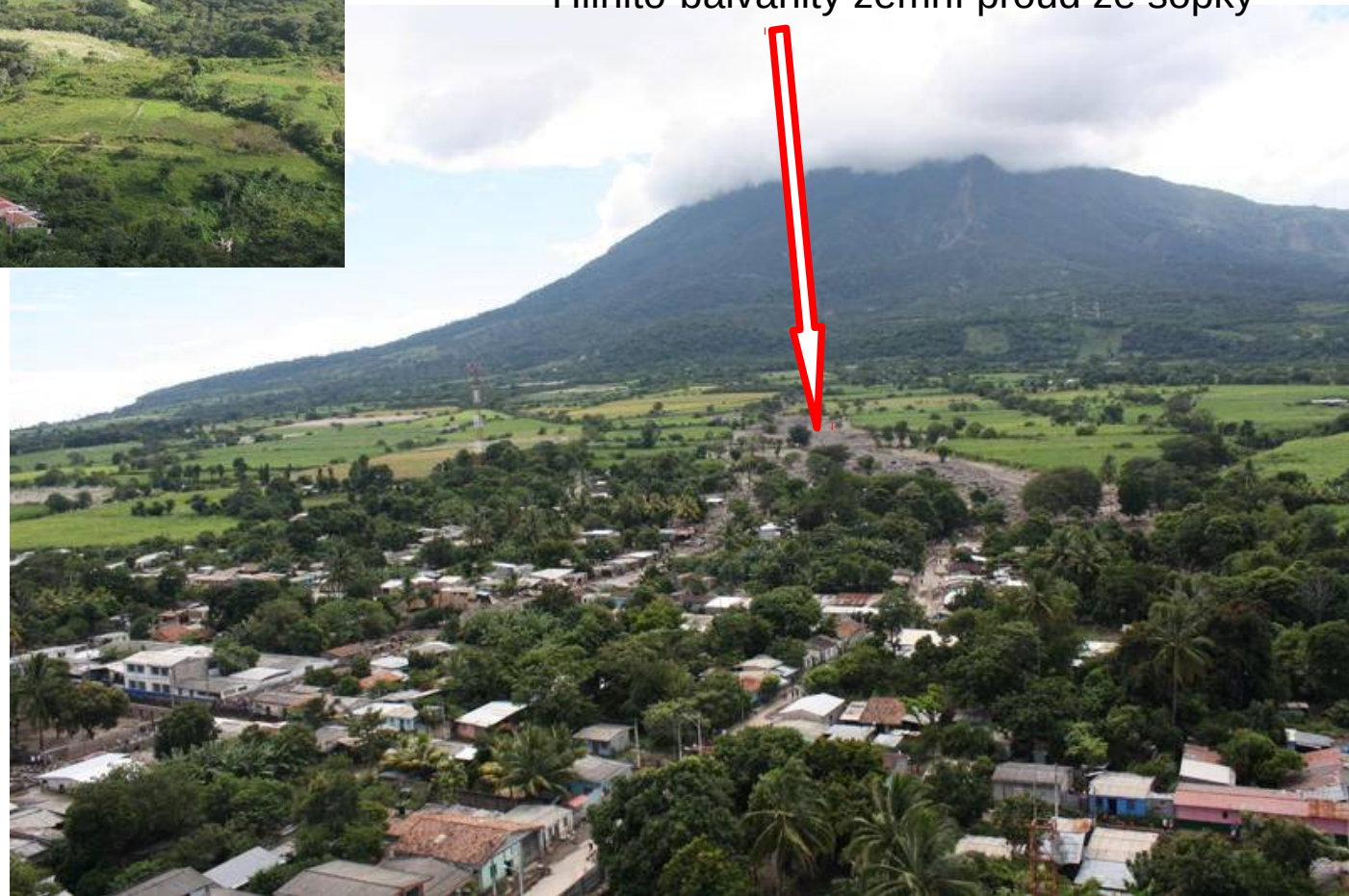
San Vicente (Chichontepec) – El Salvador – 8.11.2009

Sopka San Vicente



Po hurikánu IDA

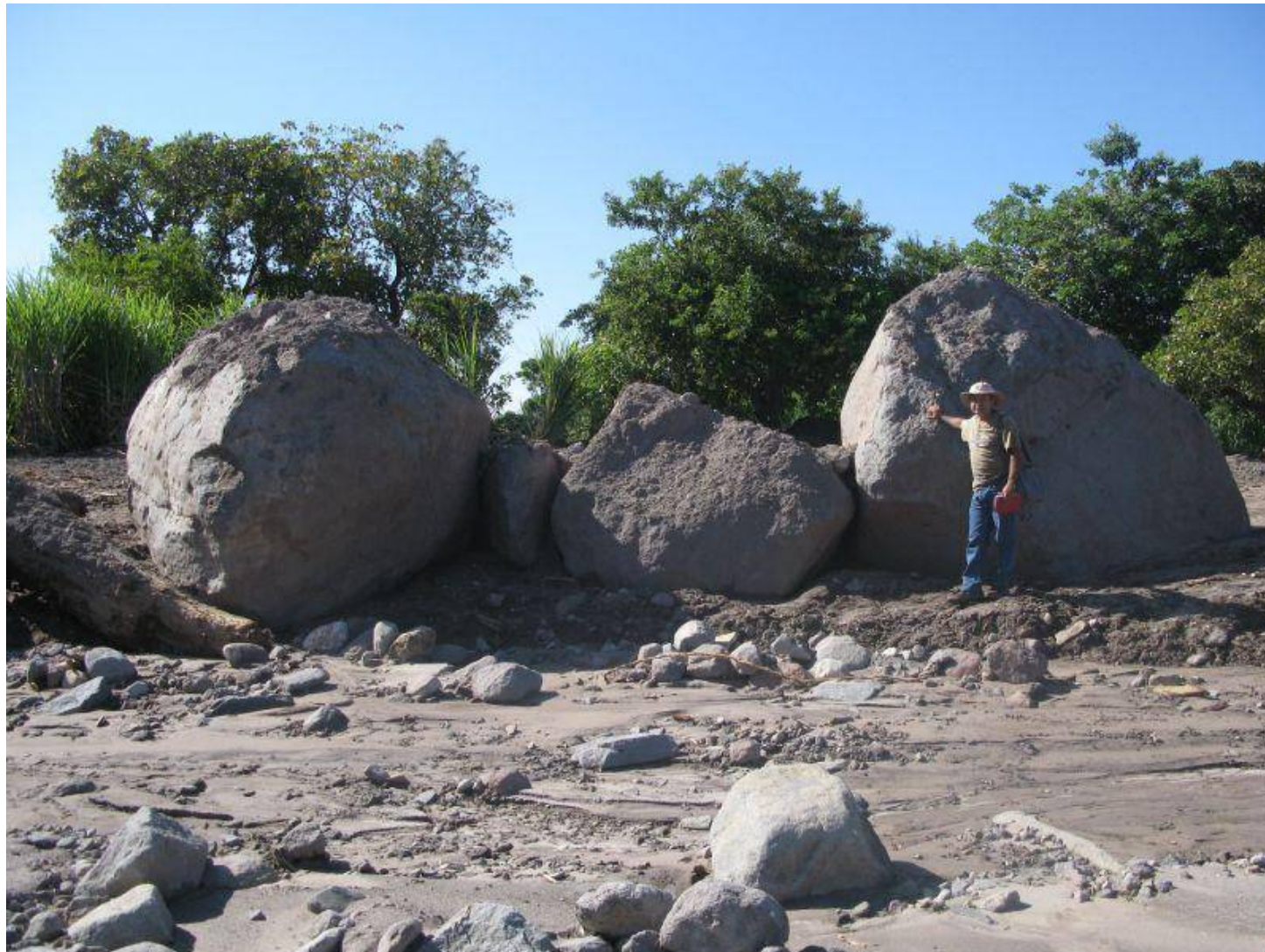
Hlinito-balvanitý zemní proud ze sopky



Městečko Verapaz

Verapaz – 8.11.2009

Zemní proud přenesl i takové balvany



Verapaz – 8.11.2009

Menší balvany donesl zemní proud až do města



Sesuv na dálnici – Tchaj-wan



Destruction of a section of the Pan-American Highway east of Ilopango – El Salvador 2001



Sesuv na Panamerické dálnici – El Salvador 2009

20.3.2009



Tentýž sesuv o rok později – El Salvador

19.6.2010

20 5 20



Santa Tecla - El Salvador - 13.1.2001



Zemětřesení o síle 7,9 stupňů Richtera s epicentrem v Tichém oceánu JZ od San Salvadoru. Následně bylo registrováno 660 slabších otřesů. Počet obětí 594. Sesuvem zničená část města byla pietně ponechána prázdná.



ZÁKLADNÍ TYPY SANACÍ

- **Odvodnění povrchové a hloubkové**
- **Úprava tvaru svahu**
 - úprava sklonu
 - odlehčení horní části
 - přetížení paty zatěžovací lavicí
- **Ochrana proti zvětrávání, erozi a infiltraci povrchových vod – úprava vegetačního krytu**

➤ **Technická stabilizační opatření**

- stabilizační a odvodňovací žebra
- zárubní a opěrné zdi, gabiony
- kotvení, svorníkování (v horninách)
- hřebíkování (v zeminách)
- ochranné a záchytné sítě a lana (i kotvené)
- pilotové a jiné podzemní stěny (i kotvené)
- injektáž
- ochranné galerie
- přemostění, tunely

Stabilizační a odvodňovací žebra



Stabilizační a odvodňovací žebra, gabiony



HLAVNÍ ZÁSADY OCHRANY STAVEB A PROTISESUVNÁ OPATŘENÍ

1. nestavět v sesuvných územích (viz Registr GEOFONDU)- případné sanační práce budou velmi náročné,
2. nezakládat na horninách náchylných ke svahovým deformacím a pohybům, i když na území k sesuvům historicky nedošlo (dojde k nim po přitížení stavbou),
3. nezakládat na příkřejších svazích v sesuvné oblasti,
4. nezakládat na území se silně klimaticky proměnnou úrovní HPV.

Mezi zásady sanačních opatření pak patří:

5. úprava tvaru svahu (odtěžením hmot v odlučné oblasti nebo přitížením paty svahu náspem),
6. dokonalé odvodnění svahu je nejúčinnější soustavou drenáží, drenážními žebry kolmo ke svahu a vyplněnými propustným hrubozrnným materiálem, příkopy a rýhami, horizontálními vrty, odvodňovacími štolami a to nejen v tělese sesuvu, ale zejména v odlučné oblasti (podrobný průzkum je na místě),
7. budování opěrných konstrukcí se založením pod smykovou plochu (opěrné stěny a kotvené pilotové stěny),
8. vyztužování svahu (např. hřebíkováním, kovovými sítěmi nebo geotextiliemi),
9. pro rázné ukončení pohybu pomůže zhutnění trhavinami nebo zmrazení.