

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

Michaela HOŘÁKOVÁ

**ROZŠÍŘENÍ SUFOZE VE VYBRANÉ OBLASTI
VNĚJŠÍCH ZÁPADNÍCH KARPAT**

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Michal Bíl, Ph.D.

Olomouc 2007

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vypracovala samostatně a veškeré použité zdroje jsem uvedla v seznamu literatury.

Olomouc, 9. července 2007

.....

Děkuji panu RNDr. Michalu Bílovi, Ph.D. za věcné připomínky a odborné vedení mé diplomové práce, panu RNDr. Karlu Kirchnerovi, CSc. a panu Jaromíru Blažkovi za vstřícný přístup při řešení mé diplomové práce. Ráda bych chtěla poděkovat MgA. Lukáši Vaňkovi, Bc. Martinu Růžičkovi, RNDr. Aleši Létalovi, Ph.D., Bc. Marku Navrátilovi a Bc. Františku Kudovi za pomoc v terénu. Velký dík patří také mé rodině. Rovněž děkuji všem dalším, kteří mi s prací nezištně pomáhali.



Vysoká škola: Univerzita Palackého

Fakulta: Přírodovědecká

Katedra: Geografie

Školní rok: 2005/06

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student

Michaela HOŘÁKOVÁ

obor

Biologie – Zeměpis – Ochrana životního prostředí

Název práce:

Rozšíření sufoze ve vybrané oblasti Vnějších Západních Karpat

Piping occurrences in a selected area of the Outer West Carpathians

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je zdokumentování výskytu sufoze na vybraném území ve Vnějších Západních Karpatech. V práci budou diskutovány spouštěcí mechanismy a okolnosti vzniku sufoze, její postavení mezi pseudokrasovými jevy, význam sufoze při formování údolní sítě a její specifika vzhledem k ostatním procesům eroze. K tomu bude sloužit rešerše české a zahraniční literatury a vlastní poznatky z terénu.

Po ověření stávajících míst se sufozí studentka provede terénní mapování jejich bezprostředního okolí s důrazem na fyzickogeografické poměry lokalit. Vybrané lokality s nejvyvinutějšími podzemními dutinami budou přeměřeny a bude pro ně zakreslen plán sufozních jevů. Několikrát za rok pak budou tyto jevy opět překontrolovány, zdali u nich nedochází k dalšímu rozvoji.

V závěru bude uvedena syntéza poznatků a vyslovena hypotéza příčin vzniku sufoze v daných lokalitách, přičemž studentka navrhne postupy, které by mohly vést k omezení nebo ke zmírnění uvedených jevů.

Rozsah grafických prací: Mapa oblasti s rozšířením sufozních jevů, plány sufozních tvarů, a to včetně jejich změn během popisovaného období.

Rozsah průvodní zprávy: 70 – 80 stran textu včetně obrázků, tabulek a grafů. Na příloženém CD bude její elektronická podoba ve formátu pdf a volné přílohy.

Seznam odborné literatury:

- Bocco, G. 1991: Gully erosion: processes and models. Progress in Physical Geography 15,4, Institute of Geography, University of Mexico, 392 – 406.
- Brand, E. W.; Dale, M. J.; Nash, J. M.: Soil pipes and slope stability in Hong Kong. Quarterly Journal of Engineering Geology, London, 1986, Vol. 19, 301 – 303.
- Bryan, R.B.; Jones, J.A.A. 1997: The Significance of soil piping processes: inventory and prospect. Geomorphology 20, ELSEVIER, 1997. 209 – 218.
- Czudek, T.: Reliéf Moravy a Slezska v kvartéru. SURSUM, Tišnov, 1997, 213 s.
- Kirchner, K.: Příspěvek k poznání sufoze v Hostýnských vrších. Zprávy Geografického ústavu ČSAV, 18, č.2 s. 119 – 125. Brno, 1981.
- Kirchner, K.: Výskyt sufozních tvarů v oblasti Vsetína. Československý kras 38, 129-132, Academia, Praha, 1987.
- Kirchner K.: Sledování vývoje sufozních tvarů v oblasti Vsetína. Sborník prací 14: s. 135 – 143. Geografický ústav ČSAV, Brno, 1987.
- Pierson, T.C. 1983: Soil pipes and slope stability. Q. J. eng. Geol. London, Vol. 16, The Geological Society, 1 – 11.
- Stankoviansky, M.; Midriak, R.: The Recent and Present – Day Geomorphologic Processes in Slovak Carpathians. Vol. XXXII, Krakow, 1998, s.70 – 87, PL ISSN 0081 - 6434
- Thomas, D. S. G.; Goudie, A.: The Dictionary of Physical Geography. 3rd Edition, Blackwell Publishing, s. 610.

Vedoucí diplomové práce: Michal Bíl

Datum zadání diplomové práce: 1. listopadu 2005

Termín odevzdání diplomové práce: 15. května 2007



vedoucí katedry



vedoucí diplomové práce

Obsah

1 Úvod	6
2 Cíl práce.....	7
3 Metodika.....	8
4 Přehled dosavadních výzkumů sufoze.....	9
4.1 Historie a definice sufoze.....	9
4.2 Vznik sufozních tvarů.....	10
4.3 Pseudokrasové tvary.....	11
4.3.1 Morfogenetická typizace pseudokrasových tvarů.....	12
4.4 Výskyt sufoze v ČR.....	20
4.4.1 Výskyt sufoze v Českém masívu.....	20
4.4.2 Výskyt sufoze ve Vnějších Západních Karpatech.....	27
4.5 Výzkumy věnované problematice sufoze ve světě.....	37
4.6 Sufoze antropogenně podmíněná.....	40
5 Vymezení zájmového území.....	42
6 Fyzickogeografická charakteristika zájmového území.....	44
6.1 Geomorfologická charakteristika.....	44
6.2 Morfometrická charakteristika.....	45
6.3 Geologická charakteristika.....	46
6.4 Hydrologická charakteristika.....	48
6.5 Klimatická charakteristika.....	48
6.6 Pedologická charakteristika.....	54
7 Sufozní jevy v zájmovém území.....	56
7.1 Přehled pozorovaných lokalit.....	56

7.2 Dokumentační deník sufozních jevů.....	59
7.3 Shrnutí.....	105
7.4 Výsledky.....	106
8 Závěr.....	108
9 Summary.....	109
10 Použitá literatura.....	110
Přílohy - fotodokumentace	

1 Úvod

Studium současných geomorfologických procesů je nezbytné k poznání vývoje reliéfu v nejmladším geologickém období – holocénu. Poměrně málo poznáný geomorfologický proces, jehož působení je většinou značně prostorově omezené je sufoze.

I když sufoze začala být studována již před více než 100 lety, neexistuje doposud jednotný výklad ani definice tohoto procesu. Doposud nejúplněji zahrnuje uváděné skutečnosti V. Král (1975), který uvádí, že sufoze spočívá v mechanickém rozrušování zrnitých sedimentárních hornin, z části i v chemickém rozkladu rozpustných součástí tmele a dále ve splavování těchto rozpuštěných horninových částic prosakující vodou do puklinových systémů. V některých případech, především na příkrých svazích bývají podzemní vodou uvolněné horninové částice vyplavovány na úpatí svahů či na dně údolí (Kirchner, 1981).

Protože se sufozní tvary morfologicky podobají tvarům krasovým, bývají častěji označovány jako tvary pseudokrasové. Termín pseudokras byl převzat a upraven z mezinárodního termínu *pseudokarst*. V České republice se můžeme díky příznivým geologickým a geomorfologickým podmínkám setkat s výskytem celé škály pseudokrasových forem.

Na území České republiky je sufoze málo prozkoumána. V České vysočině byly zjištěny sufozní jevy především v oblasti České tabule v Jičínské pahorkatině, v s. okolí Plzně na Manětínsku, v Sokolovské pánvi na okraji hlubokého údolí Ohře mezi Sokolovem a Loktem.

I když jsou ve Vnějších Západních Karpatech poměrně příhodné podmínky pro rozvoj sufoze, byla studiu sufozních tvarů věnována doposud malá pozornost. Pouze L. Buzek (1969) uvedl rozmanité sufozní tvary v rámci popisu geomorfologických poměrů Štramberské vrchoviny. Svou prací významně přispěl i K. Kirchner (1987) při výzkumu sufozních jevů v oblasti Hostýnsko-vsetínské hornatiny.

Terénní práce byla zaměřená na popis sufozních jevů v oblasti Vnějších Západních Karpat, blíže v geomorfologickém celku Chřiby a Vizovické vrchoviny, v okrese Zlín.

Svým příspěvkem shrnuji doposud uváděné skutečnosti o projevech sufoze v České republice a svým výzkumem doplňuji poznatky o sufozních tvarech ve Vnějších Západních Karpatech.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je podat stručný přehled o literárních pramenech, které se zabývají jednak obecně problematikou pseudokrasu, jednak výskytem sufoze na území České republiky, spouštěcími mechanismy a okolnostmi vzniku sufoze a její postavení mezi pseudokrasovými tvary. Vzhledem k roztržitosti odborných publikací a textů, které se zabývají problematikou pseudokrasu, bude cílem diplomové práce také hodnocení dosavadních klasifikací pseudokrasových forem a sestavení ucelených poznatků o sufozi v České republice a okrajově ve světě podle dostupných literárních zdrojů.

Hlavním cílem je zdokumentování výskytu a analýza sufozních tvarů v území mezi Halenkovicemi (v geomorfologickém celku Chřiby) a Bohuslavicemi u Zlína (v geomorfologickém celku Vizovická vrchovina). Úkolem je vybrané lokality s nejvyvinutějšími sufozními tvary přeměřit a zakreslit pro ně plán sufozních jevů.

3 Metodika

Při tvorbě diplomové práce jsem využívala následujících metod.

Dominantní metodou bylo *studium literárních pramenů*. Zaměřila jsem se na literaturu, která pojednává nejen o pseudokrasu a pseudokrasových tvarech obecně, ale také na publikace pojednávající konkrétně o výskytu sufozních tvarů v Čechách a na Moravě. Studovala jsem také zahraniční literaturu zabývající se sufozí ve světě. Různá literární díla pro mne byla důležitým podkladem i při sestavení fyzickogeografické charakteristiky zkoumaného území.

Stěžejními literárními podklady k vytvoření této práce byla díla J. Vítka (1979), (1981), J. Kanského (1957), Balatky – Sládka (1969), (1970), (1971), V. Krále (1975), K. Kirchnera (1981), (1987).

Velmi významné bylo využití *mapových materiálů*, které sloužily hlavně k zaznamenávání sufozních objektů. Výchozím mapovým dílem byla Základní mapa ČR v měřítku 1 : 10 000 list 25-33-03 a 25-33-10. Pomocí těchto map jsem vymezila zájmové území a zaznamenala přesnou polohu sufozních tvarů. Ostatní mapové podklady, použité především k sestavení přírodních poměrů (pomocí jejich analýzy), jsou taktéž uvedeny v seznamu literatury.

Vlastní terénní mapování a měření jsem prováděla v období říjen 2005 – květen 2007. Polohu jednotlivých sufozních tvarů jsem zaznamenala do map 1 : 10 000. Pomocí dálkoměru a pásma jsem měřila délku (delší rozměr), šířku (kratší rozměr) a hloubku tvarů. Údaje o rozměrech jsem zapsala do dokumentačního deníku. Kromě toho jsem pomocí GPS (typ Ashtech Promark2) zaznamenala geografickou polohu a nadmořskou výšku. Popsala jsem také vegetační porost nad sufozními tvary jako možný stabilizační prvek, pravděpodobnost stárí jevu (jestli jsou aktivní nebo ne), náplavových kuželů – vyplavený materiál ze sufozních dutin a sklonu terénu nad sufozními jevy. Pořídila jsem i fotodokumentaci jednotlivých tvarů a grafický náčrt v programu Inkscape.

4 Přehled dosavadních výzkumů sufoze

4.1 Historie a definice sufoze

Pravděpodobně poprvé se zmínil o sufozních tvarech F. Richthofen, který popsal roku 1872 ze sprašových oblastí Číny projevy tzv. studňové eroze (Zachar 1970 in Kirchner 1981). Teorií sufoze se zabýval v roce 1898 C. Clibborn při předpovědi katastrofy přehrady Narora na řece Ganga (Fairbridge 1968 in Kirchner 1981). Termín sufoze zavedl v ruské geomorfologické literatuře A. P. Pavlov v roce 1899 a od té doby jsou jím označovány procesy spojené s vyluhováním a vyplavováním horninových částic vodou prosakující z povrchu a cirkulující pod zemí propustnými horninami. K sufozi dochází v horninách s propustností průlinovou nebo puklinovou, tedy především v sedimentech a ve vyjimečných případech i v jiných horninách se silnou propustností puklinovou. Sufozní jevy byly zjištěny především v sedimentech nezpevněných, zejména ve spraši (Kirchner 1981).

I když sufoze začala být studována již před více než 100 lety, neexistuje doposud jednotný výklad ani definice tohoto procesu. Je možno rozlišit skupinu názorů, ve kterých je sufoze uváděna jako proces mechanického odnosu drobných částic hornin podpovrchovou vodou (Demek 1974; Demek – Pašek – Rybář, 1975 in Kirchner 1981). Sufoze je řazena ke svahovým procesům (Buzek – Havrlant 1977; Demek 1978 in Kirchner 1981), její činností vznikají rourovité podzemní dutiny (Fairbridge, 1968 in Kirchner 1981).

Další skupina názorů pod pojmem sufoze zahrnuje jak mechanický odnos jemnozrnného materiálu, tak částečně i chemické působení podpovrchové vody (Kratkaja geografičeskaja enciklopedija 1960, 1964; Leontějev – Ryčagov 1979; Klimaszewski 1965, 1978 in Kirchner 1981). Kratkaja geografičeskaja enciklopedija (1960, 1964) definuje sufozi (suffosio = podkopávání, podrývání) jako odnos některých složek hornin podzemními vodami, cirkulujícími po určitých drahách, předurčených nerovnostmi nepropustného podloží. Jsou při tom odnášeny rozpuštěné složky i minerální součásti hornin a výsledkem je sedání nadložní horniny. Tímto způsobem vznikají ploché uzavřené sníženiny kruhového tvaru, tzv. bljudca nebo zapadliny (Král 1976).

Při objasňování procesu sufoze je zapotřebí brát v úvahu, že probíhá jak v nezpevněných a málo zpevněných sedimentech (často silně vápnitých), tak i v pevných horninách (s rozpustným tmelem). Rovněž je potřeba zdůraznit, že sufoze není podmíněna pouze působením podzemní vody, jak bývá někdy uváděno (Demek – Quitt – Raušer 1976

in Kirchner 1981), ale působením veškeré podpovrchové vody v kapalném skupenství, která má schopnost zúčastnit se vodního oběhu (ČSN 736511 1976; Dub a kol. 1969 in Kirchner 1981).

Doposud nejpřesněji zahrnuje uváděné skutečnosti V. Král (1975), který uvádí, že sufoze spočívá v mechanickém rozrušování zrnitých sedimentárních hornin, z části i v chemickém rozkladu rozpustných součástí tmele a dále ve splavování těchto rozpuštěných horninových částic prosakující vodou do puklinových systémů. V některých případech, především na příkrých svazích bývají podzemní vodou uvolněné horninové částice vyplavovány na úpatí svahů či na dně údolí (Kirchner 1981)

4.2 Vznik sufozních tvarů

Působením sufoze vznikají tvary povrchové (sníženiny různé velikosti, vanovitého nebo kotlovitého tvaru, protáhlé sníženiny podobající se slepým údolím) i tvary podpovrchové (tunely, koryta, jeskyně rourovitého tvaru). V pískovcových horninách vytváří sufoze puklinové sufozní jeskyně, studně a závrtý. Často bývá jemnozrný materiál unášený sufozí ukládán při vyústění sufozních kanálů a koryt ve formě drobných plochých náplavových kuželů (Kirchner 1981).

Vznik sufozních tvarů je příznivě podmíněn faktory, které umožňují hluboký zásak srážkové vody (chodby polních hlodavců, zvířecí nory, hluboce zasahující kořenové systémy, travní porosty). Sufozní tvary se většinou vyvíjejí vůči místní erozní bázi, která usměrňuje další vývoj. Obvykle bývá tvořena vrstvou nepropustného jílu nebo skalním podložím nacházejícím se na bázi nezpevněných sedimentů (Kirchner 1981).

V případě skalních hornin závisí vznik sufoze na jejich petrografickém složení (přítomnost rozpustného tmele, pórovitost horniny), na přítomnosti vertikálních i horizontálních puklin, mezivrstevních spár, na vzájemné poloze propustných a nepropustných vrstev. Všechny tyto uváděné faktory umožňují zásak a koncentraci vody v horninách a příznivě ovlivňují vznik sufozních tvarů (Kirchner 1981).

Protože se sufozní tvary morfologicky podobají tvarům krasovým, bývají častěji označovány jako tvary pseudokrasové (Leontějev – Ryčagov 1979; Kunský 1957 in Kirchner 1981).

4.3 Pseudokrasové tvary

Za pseudokrasové tvary jsou obvykle považovány povrchové a podzemní útvary (makroformy, meziformy a mikroformy), které jsou morfologickou a v některých případech i genetickou obdobou útvarů krasového reliéfu ve vápencích a jiných krasových horninách. (Vítek 1979).

V naší literatuře se s termínem *pseudokras* poprvé setkáváme v 50. letech 20. století (Homola 1948, Kuský 1950, 1957, Prosová 1954, Ksandr 1956, Král 1957 in Vítek 1979), kdy byl přejat ze západní literatury (např. Cramer 1936, Kosack 1952 in Vítek 1979) nebo od ruských autorů (především Gvozděckij 1950 in Vítek 1979), úpravou mezinárodního termínu pseudokarst. Jedním z prvních pokusů o systematizaci pseudokrasových jevů byla práce Kuského (1957), shrnující dosavadní znalosti a zařazující pseudokrasové tvary do geografického systému, v němž je autor považuje za detaily přírodní oblasti, vytvořené normálním geomorfologickým cyklem (Vítek 1979).

Jako pseudokras jsou označovány takové tvary, které se podobají vápencovým, ale jež vznikají v nekarbonátovém prostředí, např. v pískovcích. Když v druhé polovině minulého století německý cestovatel F. von Richthofen putoval čínským sprašovým plátó, všiml si četných jeskyň, přírodních mostů a závrťů. Uvědomil si, že spraš jako porézní půda snadno ztrácí svoji strukturu. Voda rozrušuje tzv. můstky jílových minerálů, která tmelí jednotlivá zrna křemene. Dojde ke zhroucení sprašové struktury a spraš začíná téci. Přitom jsou vyplňovány volné prostory uvnitř struktury a spraš zmenšuje svůj objem. Tím vznikají volné dutiny, které se však snadno zavalují nebo prořicují na povrch (Cílek 1997).

V současné době používá řada autorů dělení, které vypracoval Anelli (1963). Rozlišuje *pravý kras* v dobře rozpustných horninách, *parakras* v hůře krasovějících horninách a *pseudokras* v nekrasových – nerozpustných horninách. K parakrasu jsou řazeny tvary ve vápnatých tufech a klastických karbonátových sedimentech, k pseudokrasu pak zejména tvary v krystalických horninách (Vítek 1979).

Zvlášť pozornost pak byla věnována ruským autorům, kteří používali pojmy *sufoze*, *klastokras* a *termokras*. N. A. Gvozděckij (1950) rozlišuje čtyři typy krasu: kras, termokras, krasové sufozní procesy a sufozní procesy (chemická a mechanická sufoze). Termokras a mechanickou sufozi považuje za pseudokras (Vítek 1979). Sufozním procesy tak byly studovány zejména ruskými autory (Bondarčuk 1949, Gvozděckij 1950 aj.) a polskými geografi (např. Klimaszewski 1961). Podle něho k sufozi dochází v propustných prachovito-

písčitých horninách a v některých klastických horninách vyluhováním a vyplavováním horninových částic srážkovou vodou kolující pod zemí. Vzniklé povrchové tvary označuje v polské terminologii jako wymoki, dále kotly suffozyjne a šlepe doliny suffozyjne (Vítek 1979).

V západní (anglicky psané) literatuře se setkáme s popisem obdobných procesů pod pojmem *piping* (Tezaghi, Peck 1948). Podle R. W. Fairbridge (1968) se tím rozumí podzemní eroze cirkulující vody, která odnáší pevné částice z klastických sedimentů a vytváří podzemní rourovité dutiny. „Piping“ postihuje materiál od jílu až do štěrků, např. říční aluvia, spraše, sopečný popel, tufy. Je to jev velmi rozšířený v aridních a semiaridních oblastech, např. v západní Austrálii, Novém Zélandu, v Číně, Iránu, v j. Africe, na západě USA a Kanady, v Bolívii (Vítek 1979).

4. 3. 1 Morfogenetická typizace pseudokrasových tvarů

Morfogenetická klasifikace vychází z geneze a morfologie. Podle velikosti lze pseudokrasové tvary rozdělit do skupin: makroformy, mezoformy, mikroformy (Vítek 1981).

MAKROFORMY

Komplex pseudokrasových makroform se na území ČR vyskytuje pouze v pískovcových skalních oblastech české křídové pánve.

Ke konkávním makroformám zde náleží různé údolní tvary, např. soutěsky (úzká údolí se skalními stěnami v celém profilu), kaňony (údolí se skalními stěnami, úpatními sutěmi a dnem vyplněným sutí nebo aluviem), neckovitá údolí. Skalnatá údolí, založená většinou na výrazných puklinových zónách, jsou běžná ve všech pískovcových oblastech (Děčínská vrchovina, Ralská a Jičínská pahorkatina, Broumovská vrchovina).

Ke konvexním makroformám v pískovcových morfostrukturách lze zařadit rozvodní plošiny a hřbety členěné na mnoha místech do izolovaných pilířů a věží. Tvoří tak skalní města (Vítek 1981).

MEZOFORMY

Mezi pseudokrasové mezoformy lze zařadit různé typy jeskyní, závrtů, větší skalní perforace i některé skalní útvary.

JESKYNĚ

Jeskyně jsou nejtýpějšími pseudokrasovými útvary. Někteří autoři (Kettner 1948, Trimmel 1968 in Vítek 1981) nerozlišují zvlášť krasové a pseudokrasové jeskyně,

ale rozdělují je podle způsobu geneze na primární – syngenetické (jeskyně v lávě) a sekundární – epigenetické (jeskyně tektonické, suťové, větrné a některé vodní).

Všechny dosud zjištěné pseudokrasové jeskyně na území ČR jsou dutinami epigenetickými (sekundárními), vzniklými procesy zvětrávání a odnosu hornin, erozí, svahovou modelací (blokové pohyby, akumulace sutí), popř. jinými geomorfologickými procesy. Většina se jich vytvořila v sedimentárních horninách, díky jejich vhodným geologickým vlastnostem (nesourodost, tektonická porušenost, úložné poměry, propustnost atd.). Podle morfogeneze lze jeskyně rozdělit do šesti skupin.

1. Puklinové jeskyně

Jejich vznik je závislý na existenci výrazné vertikální (nebo šikmé) pukliny a nejčastěji pak na přítomnosti puklinových zón, představovaných zvýšenou frekvencí souběžných nebo sbíhajících se puklin. Tyto puklinové zóny snáze podléhají destruktivním účinkům zvětrávání a eroze. Prostor je závislá na směru puklin; obvykle je svislá, výrazně v ní převažuje výška nad šířkou.

Puklinové jeskyně se vyskytují v různých typech hornin, ale nejhojnější jsou v tektonicky



Foto 1: Puklinová jeskyně v PR Maštale (foto L. Strejčková, 2007)

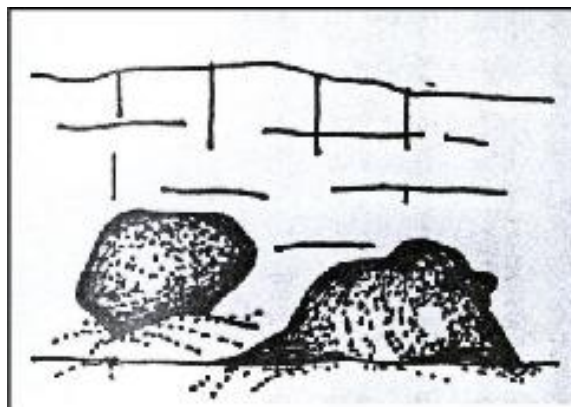
porušených sedimentech. Především v pískovcích české křídové pánve byla zjištěna řada různě velkých

puklinových jeskyní (např. v Děčínské a Broumovské vrchovině, Jičínské pahorkatině aj.); mnohé z nich jsou součástí (respektive uzávěrem) úzkých skalnatých údolí – soutěsek (Vítek 1981). Příkladem puklinové jeskyně ve znělci je Ledová jeskyně na svahu Lysé hory čili Suchého vrchu (Pavlica 1980 in Vítek 1981).

2. Vrstevní jeskyně

Vyskytují se pouze v sedimentárních horninách, protože jejich vznik je závislý na destrukci poloh, např. oddrolováním vrstevních lavic, vyvětráváním nebo vyplavováním méně odolných partií. Tyto jeskyně jsou nízké a relativně široké.

Mnoho vrstevních jeskyní se vyskytuje ve svrchnokřídových pískovcích. Některé jsou protékány vodou a mají vzhled výrazných vývěrových jeskyní (např. Bartošova pec severně od Turnova); jiného charakteru je Matějovická jeskyně ve Zlatohorské vrchovině. Výrazné jeskyně jsou ve vrstevní poloze paleogenních sedimentů v údolí Ohře u Sokolova. Jsou vytvořeny ve dvou polohách křemitých slepenců uložených mezi miocénními jezerními hrubozrnnými pískovci, mírně ukloněnými. Souvrství je proniknuto svislými puklinami. Příkladem je jeskyně Cikánka (Kukla 1950 in Pavlica 1980). Drobnější jeskyně tohoto typu byly zjištěny i ve flyšových sedimentech Vnějších Západních Karpat (Pavlica 1980).



Obr. 1: Vrstevní jeskyně
(upraveno podle Z. kocourková, 1993)

3. Jeskynní výklenky

Vyskytují se v různých typech hornin a jejich morfologie je různá; některé jsou široké a mají charakter převisů, jiné jsou hlubší než širší. Největší množství jeskynních výklenků se vytvořilo v klastických sedimentech. Podle morfogeneze je lze zařadit do dvou hlavních skupin. Do první náleží oválné konkávní dutiny (typu „tafoni“) pod pevnou povrchovou kůrou horniny v méně odolné partii, jsou produktem diferenciálního zvětrávání a odnosu horniny, podmíněného především chemickými procesy. Některé jsou poměrně rozsáhlé a ústí jen malými otvory. Druhou skupinu jeskynních výklenků tvoří převisy, nebo nepravidelné dutiny („abri“), při jejichž genezi se uplatňuje zejména mechanická složka zvětrávání v závislosti na tektonickém porušení, faciální odlišnosti ve vrstevním sledu apod. Na vývoji některých jeskynních výklenků se uplatnila též boční eroze toků, sufoze atd. (Vítek 1981).

Mnoho jeskynních výklenků je v pískovcích české křídové pánve. Zvláště výrazné jsou v Klokočských skalách (jeskyně Postojná), v pískovcích Děčínské vrchoviny a Ralské pahorkatiny mají většinou charakter širokých převisů (Balatka – Sládek 1975 in Vítek 1981). Menší jeskynní výklenky se vytvořily také ve slínovcích české křídové pánve, flyšových sedimentech Karpat, karbonských, permských a paleogenních sedimentech (pískovce, arkózy, slepence). Řada menších výklenků vznikla i destrukcí granitoidních skalních útvarů (např.

v Jizerských horách), v krystalických břidlicích (např. v Orlických horách, Hrubém Jeseníku), v buližnicích (v okolí Prahy), v kvarcitech (Hřebeny), amfibolitech, neovulkanitech (Doupovské hory) i jiných horninách (Vítek 1981).

4. Rozsedlinové jeskyně

Patří k produktům svahové modelace, vzniklým blokovými pohyby v různých typech kompaktních hornin. Tyto jeskyně vznikají rozšiřováním tektonických puklin (vyjíměčně i vrstevních ploch) nebo „sesuvných rozsedlin“ (nepodmíněných tektonicky) pohybem nejméně jednoho skalního bloku. Prostory je obvykle úzká, vysoká (často má charakter propasti), v příčném profilu je podle způsobu odsednutí skalního bloku buď střešovité nebo tvaru V (zde tvoří strop výše položené skalní bloky).

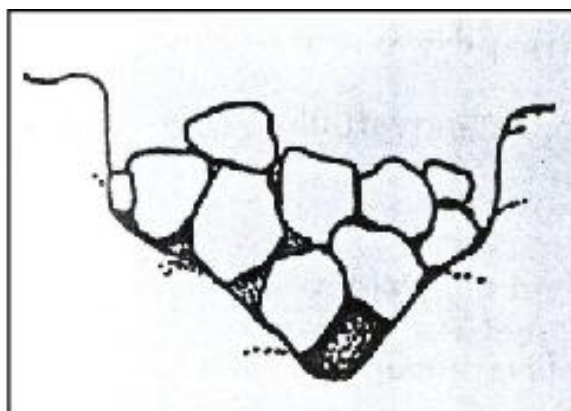
Rozsedlinové jeskyně jsou typické zejména pro flyšovou oblast Vnějších Karpat, např. Moravskoslezské Beskydy (350 m dlouhá jeskyně Cyrilka na Pustevnách nebo 56 m hluboká propastovitá jeskyně na Kněhyni), Slovenské Beskydy, Hostýnské vrchy, Javorníky nebo Vizovická vrchovina (Demek 1964, Foldyna 1968, Pavlica 1972 in Vítek 1981). Větších rozměrů jsou i rozsedlinové jeskyně ve svrchnokřídových slínovcích a pískovcích (Vítek 1977, 1979 in Vítek 1981). Obdobné prostory vznikly také rozpadem neovulkanitových těles zejména v Českém středohoří, Lužických horách, Cerové vrchovině aj. (Král 1950, Kuský 1957, Stárka 1967 in Vítek 1981). Geneticky zajímavé jsou jeskyně v ortorulovém svahu údolí Dyje u Vranova (Špalek 1935 in Vítek 1981).

5. Jeskyně v sutích

Jsou volnými prostory mezi balvany v sutových závalech na dně některých skalnatých údolí nebo v balvanových haldách a mořích. Vznik sutí bývá dáván do souvislosti obvykle



Obr. 2: Rozsedlinová jeskyně
(upraveno podle Z. Kocourková, 1993)



Obr. 3: Jeskyně v sutích
(upraveno podle Z. Kocourková, 1993)

s kryogenním zvětráváním v periglaciálních podmínkách, některé sutě jsou však holocenní. Jeskynní prostory mezi balvany mají nepravidelný půdorys a profil, obvykle se střídají prostornější partie s úžinami a plazivkami. Mnohé jsou průchodné v délce několika set metrů.

Suťové jeskyně různých rozměrů jsou zejména v pískovcích české křídové pánve (např. v Broumovské vrchovině, Ralské pahorkatině), menší jsou v granitoidech (Jizerské hory, Vysoké Tatry), v neovulkanitech Českého středohoří (Vítek 1981).

6. *Jeskyně v sopečných horninách*

Nejmenší jeskyně jsou syngenetické dutiny v lávách čedičových a znělcových, se syngenetickými horninovými lávovými krápníky. Rozsáhlejší jsou epigenetické jeskyně vzniklé rozvětráváním puklin sopečných hornin. Vznikají zvláště na příkřejších svazích a ve vyšších polohách. Větší hranáče překrývají často zaklesnutím puklinu shora a tvoří strop rozšířené rozsedliny. Jednoduché případy vznikají při hranolovitém rozpadu znělců (Michlova jeskyně na vrchu Bořeni u Bíliny). Rozvolněním sloupové stavby zvětráváním sjíždějí hranoly po svahu nebo rozpadem vypadávají a uvolňují prostor, tvořící jeskyni. Nejdelší z tohoto typu je jeskyně Loupežnická (u Velkého Března východně od Ústí nad Labem) v nefelinickém znělci vrchu Hannberg, téměř 100 m dlouhá. Vznikla rozestoupením dvou rovnoběžných puklin sjížděním rozvolněného znělce po svahu (Vítek 1981).

7. *Kombinované jeskyně*

Na jejich vzniku a vývoji se výrazně uplatňují nejméně dva genetické činitele, jejichž vliv nemusel být stejně intenzivní ve shodném období. Výsledný tvar jeskyně se pak morfologicky obvykle blíží k příslušným morfogenetickým typům. Např. kombinace puklinových a vrstevních jeskyní (Vítek 1981).

ZÁVRTY

Podle způsobu vzniku a morfologie lze pseudokrasové závrtý a závrtům podobné konkávní tvary rozdělit do tří skupin:

1. Závrtý vzniklé procesy sufozní subsidence (mají půdorys oválný nebo protažený podél výrazných puklin). Byly popsány především z České vysočiny (Soukup 1937, Balatka – Sládek 1969, Král 1975, Zapletal 1966 in Řezáč 1951) a ze svrchnokřídových pískovců (Jičínská pahorkatina).

2. Závrtý vzniklé svahovými procesy, zejména blokovými pohyby (v půdorysu jsou protáhlé, většinou paralelní se směrem svahu). Vyskytují se především ve vysokých pohořích Západních Karpat (Kunský 1957, Nemčok 1972 in Řezáč 1951), například v Nízkých, Západních a Vysokých Tatrách, Slovenských Beskydech, Moravskoslezských Beskydech a to v různých typech hornin (krystalických i sedimentech). Tyto závrtý lze sledovat i na některých místech České vysočiny (Pašek a Košťák 1977 in Řezáč 1951).
3. Závrtý představující kombinaci předchozích typů.

V zásadě se rozeznávají dva základní typy závrtů: typ *nálevkovitý* a typ *mísovitý*. Mohou se ale vzájemně kombinovat a tvořit typy přechodné. Mísovitý závrt se liší od nálevkovitého oblým až plochým dnem. Zahlcením nebo ucpáním trhlin popř. ponorů se může závrt nálevkovitý přeměnit v mísovitý prostřednictvím zanesení a zaoblení dna závrtu.

Jako rozlišovací kritérium pro oba typy závrtů bývá uváděn vzájemný poměr průměru k hloubce. Tu badatelé většinou udávají jako hraniční hodnoty mezi nálevkovitými a mísovitými závrtý průměr dvakrát větší hloubky a sklon svahů (Řezáč 1951).

SKALNÍ PERFORACE

Patří zde skalní brány, mosty, okna a tunely. Za skalní brány jsou považovány perforace větších rozměrů, kde alespoň jedna strana dosahuje skalní základny (Pravčická brána v Děčínské vrchovině), u skalních mostů splývá stropní část s úrovní okolí. Skalní okna bývají obvykle menší a nedosahují úpatí skály, vznikají selektivním zvětráváním různých typů hornin (např. v pyroklastických neovulkanitech - Slanské vrchy). U skalních tunelů výrazně převažuje délka nad šířkou a výškou (Vysoké a Nízké Tatry). V nekrasových horninách vznikají skalní perforace procesy diferenciálního zvětrávání a odnosu hornin (Vítek 1981).

MIKROFORMY

Mezi pseudokrasové tvary lze zařadit některé mikroformy zvětrávání a odnosu hornin, jejichž morfologická obdoba se vyskytuje též na skalním povrchu v krasovém reliéfu. Patří zde zejména skalní dutinky a výklenky, voštiny, škrapy, skalní mísy a také drobné skalní perforace (Vítek 1981).

SKALNÍ DUTINKY A VÝKLENKY, VOŠTINY

Skalní dutinky, výklenky a voštiny ve svislých, šikmých nebo převislých skalních stěnách se vyskytují v různých typech hornin, především v klastických sedimentech. Skalní dutinky a výklenky různých tvarů i velikostí patří k typickým formám mikroreliefu ve skalních oblastech svrchnokřídových pískovců. Některé jsou mělké, jiné se do nitra

zahlubují pod pevnější povrchovou kůrou horniny (dutinky typu *tafoni*), často se vyskytují v celých soustavách oddělených tenkými lištami (*voštiny*). Tyto mikroformy jsou považovány za produkty selektivní denudace, vyvolané mechanickým a chemickým zvětráváním a odnosem horniny. Běžné jsou ve skalních oblastech Děčínské a Broumovské vrchoviny, Ralské a Jičínské pahorkatiny (Novák 1914, Balatka a kol. 1969, Vítek 1979 in Vítek 1981). Stejně mikroformy jsou i ve flyšových arkózách a slepencích. (Czudek a kol., 1961 in Vítek 1981), permských a karbonických arkózách a drobách.

Dutinky typu *tafoni*, které vznikají pod pevnější povrchovou kůrou horniny ve svislých a převislých skalních stěnách (Klaer 1956, Wilhelmy 1958 in Vítek 1981), se vyskytují v granitoidech. Jsou produktem chemického a mechanického zvětrávání, kdy méně odolné partie pod ochrannou kůrou (obvykle prostoupenou limonitem) vyvětrávají. Některé výskyty skalních dutinek, výklenků i voštín v granitoidech České vysočiny se vyskytují v Žulovské pahorkatině, Javořické vrchovině, Šumavě, Jizerských horách a Krkonoš. Různotvaré dutinky a výklenky vznikly diferencovaným zvětráváním i v neovulkanitech (pyroklastických i kompaktních) např. na Pořaně, v Kremnických a Slanských vrších, Českém středohoří, Doupovských horách. Mělké dutinky se vzácněji



Foto 2: Skalní dutina v izolované skále v pravém svahu Vranického údolí
(foto: L. Strejčková, 2006)



Foto 3: Voštiny na povrchu skály v levém svahu Voletínského údolí
(foto: L. Strejčková)

vyskytují i v krystalických břidlicích (Českomoravská vrchovina), pegmatitech a kvarcitech (Vítek 1981).

ŠKRAPY

Jsou morfologickou i genetickou obdobou škrapů v krasovém reliéfu, jsou taky výslednicí chemických i mechanických zvětrávacích procesů.

V granitoidech se vyskytují zejména *žlábkové škrapy*, představované různě hlubokými žlábkami, oddělené oblými hřbítky v šikmém skalním povrchu. Jejich vznik je vysvětlován společným působením mechanické eroze stékající srážkové vody a chemického zvětrávání (Klaer 1956, Demek a kol. 1964, Panoš 1965, Votýpka 1970 in Vítek 1981). V žulách České vysočiny byly žlábkové škrapy zjištěny v Jizerských horách, Žulovské pahorkatině a Javořické vrchovině. Ojedinele se nacházejí i v krystalických břidlicích (Žďárské vrchy), kvarcitech a jiných krystalických horninách. Drobné škrapové rýhy a jamky jsou i ve Vysokých Tatrách.



Foto 4: Škrapy v NPP Na Špičáku (foto M. Růžička, 2007)

Škrapy jsou běžné i v klastických sedimentech, zejména v kvádrových pískovcích (Novák 1914, Balatka a kol. 1969, Skřivánek a Rubín 1973, Vítek 1979 in Vítek 1981).

SKALNÍ MÍSY

Skalní mísy jsou oválné prohlubně na povrchu vodorovných nebo mírně skloněných skalních ploch, které se vyskytují v karbonátech – škrapy typu *kamenice*, nebo i v jiných typech hornin. Vznikají složitými procesy zvětrávání a odnosu horniny, při nichž hrají roli v jednotlivých fázích vývoje jak vlivy mechanické (oddělování minerálních zrn), tak i chemické (rozklad některých minerálů, např.



Foto 5: Skalní mísy v NPP Venušiny mísky (foto M. Hořáková, 2005)

biotitu) a taky biochemické (změnami chemických vlastností a pH vody stagnující v mísách). (Klaer 1956, Chábera 1961, Demek a kol. 1964, Hedges 1969, Ollier 1969 in Vitek 1981).

V granitoidech České vysočiny se skalní mísy vyskytují v Jizerských horách, Krkonoších, Českomoravské vrchovině, Žulovské pahorkatině a na Šumavě. (Chábera 1961, Demek a kol. 1964, Votýpka 1970 in Vitek 1981). Skalní mísy se taky vyskytují ve svrchnokřídových pískovcích, např. v Broumovské vrchovině (Vitek 1979 in Vitek 1981), ve flyšových sedimentech v Karpatech (Czudek a kol., 1961 in Vitek 1981) i v jiných klastických sedimentech.

4.4 Výskyt sufoze v ČR

4.4.1 Výskyt sufoze v Českém masívu

V Čechách byly zjištěny sufozní jevy v odlišných oblastech. Především jde o tzv. pseudozávrty v České tabuli v oblasti Jičínské pahorkatiny. Velmi četné závrty se vyskytují v oblasti Hruboskalské plošiny, Příhrazské plošiny, kuesty Klokočských skal, Střevačské plošiny, z Prachovských skal a Kostecké plošiny (J. Soukup 1973, B. Řezáč 1950, B. Balatka – J. Sládek 1968 in Král 1976). Tyto závrtové deprese vznikly ve spraši nebo v eluviu na kvádrových pískovcích křídového útvaru. Kvádrové pískovce jsou rozpukány výrazným systémem puklin dvou hlavních směrů, do nichž jsou prosakující vodou splavovány povrchové útvary – spraš nebo písčité eluvium. Na povrchu vzniklé závrtové prohlubně jsou kruhového, oválného nebo nepravidelného tvaru, mají nejčastěji kolem 10 m v průměru a jsou 5 – 25 m hluboké (Král 1976).

Druhá oblast výskytu sufoze v Čechách je v severním okolí Plzně na Manětínsku. Jde o prohlubně podobné závrtoům ve třetihorních vulkanitech a jejich zvětralinách. V okolí Manětína se vyskytuje několik stolových hor, které se příkře zvedají skalnatými svahy nad okolní krajinu. Jsou to zbytky lávových příkrovů čedičové povahy (trachybazalty, nefelinické bazanity). Tato sopečná tělesa jsou rozpukána puklinami svislých směrů. Na vodorovném povrchu tabulových hor byly zjištěny četné prohlubně vzniklé splavováním čedičového eluvia do rozevřených puklin. Závrtové prohlubně jsou v tomto případě kruhové nebo oválné, většinou však protáhlé podle směru puklin. Zjištěné závrty dosahují největší délky 40 - 50 m, hloubky 3 - 4 m (Král 1976).

Třetí lokalita sufozních sníženin se nachází v Sokolovské pánvi na okraji hlubokého údolí Ohře mezi Sokolovem a Loktem. V této oblasti si Ohře vyhloubila těsné údolí zaříznuté

35 – 40 m do okolní ploché části pánve. V horní části svahů vystupují paleogenní pískovce, tvořící místy skalnaté, svislé i převislé svahy. Dno údolí je zaříznuto do podloží pískovců, tvořeného žulou karlovarského masívu. Závrtové prohlubně jsou vytvořeny v eluviu paleogenních pískovců, případně ve štěrkopískových nánosech oherské terasy 35 – 40 m vysoko nad dnešní úrovní řeky. Jsou nejčastěji oválného tvaru, mají v průměru 5 – 20 m a dosahují hloubky 3 – 5 m (Král 1976).

Všechny dosud známé výskyty sufozních prohlubní závrtového typu jsou vázány na polohy při okrajích plošin omezených příkrými, většinou skalnatými svahy. Výška těchto svahů přímo ovlivňuje intenzitu sufozních procesů. K sufozi dochází v nezápevněných sedimentech eolického nebo říčního původu, případně ve zvětralinách za předpokladu, že podloží tvoří horniny rozpukané systémy rozevřených puklin, jež umožňují splavování sypkého materiálu do hlubších poloh nebo vyplavování na úpatí svahů (Král 1976).

Vývoj sufozních prohlubní na povrchu tedy předpokládá odnos sypkých hmot do rozevřených puklinových systémů v podložní hornině. Rozšiřování puklin v hornině v blízkosti příkrých svahů může mít několik příčin: působení mrazu, rozvolňování svahů při uvolnění horských tlaků, nebo sesuvné pohyby (Nemčok, Pašek, Rybář 1974 in Král 1976).

Vývoj sufozních procesů v Čechách se datuje podle stáří pokryvných útvarů, v nichž byly sufozní jevy zjištěny. V oblasti České tabule, kde jsou sufozní prohlubně ve spraších, probíhal proces po wurmském období v holocénu. V Sokolovské pánvi jsou podobné tvary v úrovni 35 m vysoké oharské terasy a jsou nejvýše mindelského stáří. Lze předpokládat, že hlavní období rozvoje sufozních procesů v Čechách spadá do holocénu a tyto procesy probíhají i v současné době (Král 1976).

Jičínská pahorkatina

Závrtý se zde vyskytují na vysoko položených plošinách budovaných kaolinickými kvádrovými pískovci coniaqu, které zde dosahují mocnosti 70 – 120 m. Nacházejí se na kuestě Klokočských skal, na plošině Besedických skal, na Příhrazské plošině, na Kostecké plošině, na Střevačské plošině, v Prachovských skalách a na Hruboskalské vysočině (Řezáč 1951).

1. Na mírně ukloněném svahu kuesty Klokočských skal sz. od obce Klokočí je zaznamenáno 36 závrťů ležících v poměrně malé vzdálenosti od hrany kuesty. Závrtý

se vyskytují ve výši 415 – 433 m n. m. a jsou seřazeny v několika pruzích rovnoběžných s kuestovou hranou ve směru SZ – JV. Mají většinou protáhlý tvar, závislý na hlavním směru puklin.

2. Na plošině Besedických skal bylo zjištěno 30 závrťů v její j. části mezi zříceninou hradu Zbiroh a osadou Michovka a v její střední části jz. od Besedic. Závrty zde vznikly na svazích ukloněných k J až k JZ pod úhlem $5 - 10^\circ$ v nadmořské výšce 455 – 500 m.
3. Na Příhrazské plošině se závrty nacházejí při s. okraji pískovcové plošiny mezi obcemi Příhrazy a Olšina ve výši 370 – 405 m. Nejdokonalejší formy vznikly na úzké plošině Na Starých hradech z. od Příhraz, kde je vyvinuto na ploše asi 3 ha 23 závrťů. Vedle několika závrťů založených ve sprašové pokrývce vznikly závrty v této oblasti přímo v pískovcích. Nejpozoruhodnější závrť nálevkovitého tvaru je z. od chaty Na Krásné vyhlídce. Jeho dno v hloubce 7 m je přehloubeno puklinovou propastí hlubokou 16 m. V nejzápadnější části této lokality vzniklo sufozními procesy v místech rozšíření puklin několik drobných propastí, hlubokých přes 10 m.
4. Na území Kostecké plošiny se vyskytují závrty ve výši 310 – 360 m n. m. Charakterizuje je poměrně malá hloubka (do 5 m). Nejvýraznější závrty nálevkovitého tvaru vznikly ve východní části této lokality j. od osady Krupníkov. Ve svrchní části jsou založeny ve sprašové pokrývce, naspodu se zahlubují do kvádrových pískovců. Představují pokračování Hruboskalské plošiny. Závrť u Krupníkova (13 m hluboký) a závrť u Lažan na Hruboskalské plošině jsou nejhlubší závrty na území Jičínské pahorkatiny.
5. Na střevačské plošině se vyskytují závrty při jejím sz. okraji j. od Vlčího Pole v lese Křížánky mezi řekami Mrlinou a Klenicí. Vznikly v kvádrových pískovcích v nadmořské výšce 350 – 370 m. Závrty mají kruhový půdorys.
6. V oblasti Prachovských skal se vyskytují závrty na rozvodí mezi Žehovkou a Cidlinou, mezi Kazatelnou a Brankou z. od hotelu Český ráj v nadmořské výšce 400 – 455 m. Celkem se zde nachází 56 závrťů, většina má eliptický a protáhlý půdorys, což odráží závislost na směrech puklin. Převládají mísovité tvary a poměrně početné jsou i rýhové a puklinové závrty.
7. Zajímavé jsou závrty ve spraši na Hruboskalské vysočině. Jde o typ závrťů vznikajících ve sprašových pokryvech, uložených na podloží kvádrových pískovců. Oblasti kvádrových pískovců, stejně jako území budovaná vápenci, mají pseudoaridní

povrchový ráz podmíněný charakterem hornin, jež je skládají. Kvádrové pískovce jsou prostoupeny dvěma soustavami puklin, které se rozestupují v trhliny k sobě navzájem kolmými. V trhlínách se pak rychle ztrácí značná část povrchové vody, takže půdní povrch je často bez vody, i když jde o oblasti průměrně zavlažované. Jen místy vystupují kvádrové pískovce až na povrch, kde pak tvoří známá skalní města. Avšak plošně na daleko větším území pískovcových oblastí nesou na sobě kvádrové pískovce různé pokryvy, mezi nimiž jsou rozšířeny zejména spraše. Kde jsou trhliny v pískovcích zvláště výrazné, je do nich spraš povrchovou vodou vplavována a na povrchu se vytvářejí mělké prohlubně, které stále odvádějí další vodu do hlubin. Někdy ji odvádět nestačí, takže voda v depresích po určitou dobu stojí a vznikají tak závrťová jezírka nebo močály. Současně s vodou poklesá do trhlín i další spraš a tím se deprese neustále prohlubuje.

Podle tvaru a objemu trhlín pak vznikají povrchové sníženiny různého tvaru, různé velikosti a různé rychlosti vývoje. Tvar sprašových závrťů je nesporně ovlivněn i charakteristickou jakostí spraše, která bývá v oblastech kvádrových pískovců odvápněna, bývá silně písčítá, a proto i velmi málo soudržná.

Na území Hruboskalské plošiny se nachází celkem 78 závrťů (Řezáč 1951).

Manětínská kotlina

Manětínská kotlina tvoří okrajovou geomorfologickou jednotku Plzeňské pahorkatiny při styku s Tepelskou vrchovinou. Vyznačuje se plochým, mírně zvlněným reliéfem na permokarbonských sedimentech. V j. části jsou výrazné neovulkanické elevace (stolové hory Kozelka a Chlumská hora představující denudační zbytky lávových příkrovů). Na plochém povrchu obou stolových hor se nachází mělké uzavřené prohlubeniny, které připomínají závrty vyvinuté v pískovcovém reliéfu Jičínské pahorkatiny. Tyto formy lze označit jako pseudokrasové jevy v neovulkanitech (Balatka – Sládek 1969).

Na plošině Kozelky (659, 8 m n. m.) bylo zjištěno 24 závrťů, soustředěných převážně do oblasti Doubravického vrchu na východě. V z. části Kozelky byly zaznamenány jen 4 závrty a v nejzápadnější části se vyskytují dva rýhové závrty, sledující ve vzdálenosti 7 – 15 m hranu skalní stěny v místě jejího ohybu ze směru S – J do směru SZ – JV. Největší závrť má v podélné ose délku 40 m a hloubku 4 m. Vývojově pozoruhodný závrť z. od kóty 659, 8 m se nachází v horní části skalní stěny a představuje destruovaný puklinový závrť, porušený periglaciálním mrazovým zvětráváním (Balatka – Sládek 1969).

V oblasti Doubravického vrchu se vyskytují tři hlavní typy závrtů. Rýhové závrtky protáhlé ve směru okrajových hran skalních stěn, dosahují značných délek (až 75 m) a jsou příznačné pro j. okraj plošiny a její nejvýchodnější cíp. Nachází se zde taky několik mělkých mísovitých závrtů o hloubce 1,5 m, což je počáteční stadium vývoje těchto pseudokrasových forem a několik destruovaných forem rýhových a puklinových závrtů. Geomorfologicky připomínají krátké kaňony omezené svislými puklinovými stěnami, rovnoběžnými s hranou vrcholové plošiny. Jejich dno je visutě otevřeno na obě strany. Dnešní vzhled těchto tvarů je výsledkem periglaciálních mrazových procesů v pleistocénu (Balatka – Sládek 1969).

Závrtové tvary na vrcholu Chlumské hory (650,3 m) se soustřeďují na jv. zúženou část vrcholové plošiny (608,8 m). Tyto tvary nelze pokládat za typické sufozní tvary. Jde o kombinaci puklinových závrtů a trhlin v hornině, podél nichž odsedávají okraje plošiny. Typické sufozní formy jsou omezeny na jz. okraj plošiny, asi 500 – 700 m sz. od kóty 608,8 m. Vytvořilo se zde 5 mělkých (1 – 2 m hlubokých) mísovitých až rýhovitých závrtů. Několik velmi mělkých mísovitých depresí se nachází v sz. cípu Chlumské hory u kóty 632,1 m (Balatka – Sládek 1969).

Vznik povrchových sufozních tvarů byl v oblasti Manětínské kotliny podmíněn jednak příznivými geomorfologickými poměry, jednak vhodnou geologickou strukturou. Významnou podmínkou pro vývoj těchto tvarů jsou vysoko položené plošinné povrchy stolových hor, omezené na všech stranách příkrými svahy, často s výraznými tvary periglaciálního mrazového zvětrávání. Druhou nezbytnou podmínkou je intenzivní rozpuštění neovulkanitů soustavou puklin několika směrů, svírajících navzájem většinou pravý úhel. Hlavní směr puklin sleduje zpravidla okraje příkrých svahů stolových hor (Balatka – Sládek 1969).

Příznivější litologicko - tektonické podmínky pro vznik závrtů byly v trachybazaltu Kozelky, kdežto Chlumská hora z nefelinického bazanitu nebyla vhodným prostředím pro vývoj těchto sufozních tvarů, i když má podobnou geomorfologickou podobu. Vzhledem ke genetické závislosti na směrech puklin patří většina závrtů na Kozelce k rýhovému typu. Puklinové závrtky jsou zde ve stadiu silné destrukce a tvoří součást okrajových svahů Kozelky. Na Kozelce jsou zastoupeny vývojové fáze od mělkých mísovitých tvarů přes rýhové až po destruované puklinové závrtky, které dokumentují vývoj skalních forem v horních částech okrajových svahů a naznačují ústup hrany plošinného povrchu (Balatka – Sládek 1969).

Stanovení stáří závrtů v neovulkanitech Manětínské kotliny znesnadňuje (na rozdíl od závrtů v pískovcích) nepřítomnost kvartérních pokryvných uloženin. Na pleistocénní stáří

vývojově nejpokročilejších forem závrtů ukazuje porušení okrajových stěn a pokročilá destrukce puklinových závrtů periglaciálními mrazovými procesy. Rovněž při vzniku rýhových závrtů lze předpokládat spolupůsobení těchto procesů (rozšiřování puklin). Za holocenní pokládáme jen mělké mísovité tvary (Balatka – Sládek 1969).

Studium závrtů v různých nekrasových horninách České vysočiny (pískovce, neovulkanity) ukazuje, že velmi důležitou podmínkou vzniku těchto pseudokrasových tvarů je geomorfologická poloha (vysoko položené mírně ukloněné izolované plošiny s výraznou hranou a příkrými svahy se skalními tvary). Proto vznikly závrtů i v litologicky méně vhodném prostředí čedičové Chlumské hory. Tyto sufozní procesy jsou významným morfologickým činitelem, který přispívá k relativně rychlejší destrukci vrcholových plošiných částí rozsáhlých neovulkanických vrchů Manětínské kotliny (Balatka – Sládek 1969).

Miskovická sprašová oblast

Miskovické pseudozávrtů leží 5 km z. od Kutné Hory a 0,5 – 1 km s. od vesnice Miskovice, v nadmořské výšce 375 – 378 m. Patří do Hornosázavské pahorkatiny. Pseudozávrtů se vytvořily na zarovnaném povrchu denudační plošiny, která je zemědělsky využívána jako orná půda, převážně k pěstování obilnin a cukrovky (Lipský 1999).

Hlubší geologické podloží tvoří zvrásnění biotitické pararuly kutnohorského krystalinika, na nichž jsou nesouhlasně uložena souvrství cenomanských vápnitých pískovců a organodetritických vápenců. Jejich mocnost dosahuje na Kutnohorsku až 30 m, avšak faciální složení, vzájemný poměr písčité a vápenité složky a mocnost značně kolísají v závislosti na tvarech rulového podloží. V bezprostředním okolí pseudozávrtů je mocnost vápencových souvrství menší, poněvadž v nevelké vzdálenosti na S a Z vystupuje na hřbetech rulových pahorků (Miskovický a Opatovický vrch) až k povrchu rulové skalní podloží. Podložní křídové vápence jsou nepravidelně a vzhledem k malé mocnosti nepřiliš intenzivně zkrasovělé. Vápence jsou pokryté souvislou vrstvou spraše (Lipský 1999).

Skupina čtyř sprašových pseudozávrtů vznikla procesy sufozní subsidence s půdorysem oválným, případně protáhlým ve směru puklin, a s typicky mísovitým profilem. Jsou vymodelovány výhradně ve sprašových uloženinách a ani na jejich dně se nikde neobjevuje skalní vápencové podloží. Tři mísovité pseudozávrtů jsou uspořádány v řadě za sebou na linii S - J, která zřejmě odpovídá tendenci podzemního odvodňování a naznačuje tektonickou predispozici v poruchovém systému křídových uloženin. Čtvrtý povrchový tvar

se od předchozích odlišuje svým vzhledem – má podobu slepého údolíčka – a také svou polohou. Je vysunutý asi o 400 m k JZ, blíž k obci Miskovice. Uprostřed polí se všechny pseudozávrty nápadně vyznačují trvalým vegetačním krytem včetně stromového porostu. Jejich stáří je holocenní, a jak současný vývoj ukazuje, i recentní (Lipský 1999).

Miskovické pseudozávrty jsou jako makrotvary ve svém vzhledu a půdorysu relativně stabilizované, v detailech se však stále mění a vyvíjejí. Na jejich modelaci se podílejí vedle sufoze také erozně akumulární procesy. Zahloubené sufozní tvary představují nejbližší místní erozní bázi příležitostného povrchového odtoku a podmiňují vznik přírodních erozních rýh, které pseudozávrt na okrajích rozrušují. Zároveň do něj však přivádějí soustředěný přítok vody, jenž podporuje další sufozní prohlubování a vznik nových propadů. Zvýšené množství hlinitých náplavů má zase za následek ucpávání hltačů, zanášení podzemních dutin a dna pseudozávrtů. Jedná se o působení souvisejících, protikladných a současně se doplňujících přírodních procesů (Lipský 1999).

Pseudokrasové tvary v kvádrových pískovcích severovýchodních Čech

Území tvořená kvádrovými pískovci svrchní křídly v sv. Čechách jsou součástí dvou geomorfologických jednotek: Broumovské vrchoviny (Adršpašsko – teplické skály, Ostaš a Hejda, Kluček, Broumovské stěny, malá část Stolových hor a méně výrazné výchozy ve Stárkovských, Janovických a Zdoňovských kuestách). Druhou jednotkou je Podkrkonošská pahorkatina (Čížkovy kameny) (Vítek 1979).

Pískovcová území Broumovské vrchoviny jsou součástí vnitrosudecké pánve, která má brachysynklinální stavbu a je lemována dvěma pásmy kuest – vnějším a vnitřním. Vnitrosudetská deprese sleduje směr SZ – JV a byla založena variskými orogenetickými pochody v mladším paleozoiku (Vítek 1979).

Pro vývoj povrchových forem reliéfu mělo velký význam saxonské vrásnění, jež od konce mezozoika probíhalo v několika fázích. Využívalo a zvýrazňovalo jednak dislokace založené variskou tektonikou (směrné poruchy SZ – JV), ale vedlo též ke vzniku příčných zlomů. Ve starší fázi vznikly v Broumovské vrchovině příčné antiklinály a synklinály (směru V – Z) a došlo i k pohybům podél hronovsko – poříčské poruchy (patrně výzdvih kry Čížkovských kamenů). V mladší fázi pak vznikla řada příčných zlomů směru SV – JZ. Většina dislokací je dodnes morfologicky výrazná. Ze směrných poruch je nápadný tzv. polický zlom, jenž postihl sv. svahy Ostaše, dále pak bělský zlom a s ním téměř paralelní dílčí zlomy omezující jz. části Broumovských stěn. Příčné dislokace jsou zřetelné v s. části

vnitrosudetské deprese: nejvýraznější je tzv. skalský zlom, postihující jižní okraje Adršpašsko – teplických skal. Saxonská tektonika se uplatnila i v samotných pískovcových územích, především vznikem puklinových systémů, charakteristických pro kvádrové pískovce (Vítek 1979).

Pro geomorfologickou typizaci pseudokrasových tvarů v kvádrových pískovcích je vedle strukturně litologického charakteru horniny podstatným kritériem způsob geneze jednotlivých tvarů a zejména pak jejich morfologie. Predispozice vývoje pseudokrasových forem je dána litologickou povahou pískovců s řadou faciálních změn ve vrstevním sledu a jejich značnou tektonickou porušeností. Uplatňovaly se především procesy mechanického i chemického zvětrávání a odnosu, svahové pohyby, říčení a akumulace skalních bloků, fluviální a eolická eroze a sufozní subsidence (Vítek 1979).

Pro procesy sufozní subsidence zde ale nejsou vhodné podmínky. Na povrchu pískovcových plošin a kuest chybí eolické i fluviální sedimenty a také eluvium (pokud je vyvinuté) je většinou velmi hrubé povahy (balvany, kameny), pro sufozní procesy nevhodné (Vítek 1979).

Většina pseudokrasových tvarů v oblasti sv. Čech se vytvořila v průběhu kvartéru. Za významného modelačního činitele bývá považováno kryogenní zvětrávání v průběhu pleistocenních glaciálů. Skalní říčení je vysvětlováno periglaciálními pochody. Většinu středních a drobných tvarů selektivního zvětrávání můžeme považovat za produkty erozně denudačních procesů v současných podmínkách mírně humidního klimatu (Vítek 1979).

Pseudokrasové tvary zde patří k nejvýraznějším a nejdokonaleji vyvinutým na celém území ČR a zcela oprávněně zasluhují pozornosti i z hlediska státní ochrany přírody (Vítek 1979).

4. 4. 2 Výskyt sufoze ve Vnějších Západních Karpatech

Ve flyšových horninách Vnějších Západních Karpat jsou známy rozmanité pseudokrasové jevy. Jsou to především podélně protažené, často srpovitě zahnuté nebo vidličnatě rozdvojené, mísovité až trychtýřovité deprese, mnohdy se stupňovitým vývojem svahu. Povrchové deprese připomínají závrtové prohlubně z klasických krasových oblastí, a proto jsou označovány jako pseudozávrty. Dna mísovitých a podélně protažených depresí tvoří balvanitá suť smíšená s humusem. Po jejím odklizení se místy objevují dutiny, probíhající do nižších částí většinou ucpaných skalních rozsedlin. V mrazivých dnech

vystupuje z těchto depresí opar a indikuje tak vchody do podzemních dutin. Až na některé výjimky jsou povrchové pseudokrasové tvary nejméně 200 let v klidu, což potvrzuje neporušený starý lesní porost na mnohých lokalitách (Pavlica 1980).

Podzemní pseudokrasové tvary představují dutiny různých rozměrů i tvarů, sítě křížících se puklinových chodeb a svislých komínů, v několika případech taky propasti až 20 m hluboké. Hlavní směry podélných os puklinových jeskyní jsou většinou rovnoběžné s podélnou osou protáhlých povrchových depresí a s vrstevnicemi. Část menších dutin vznikla mezi volně nakupenými skalními bloky kamenných moří a suťových valů. Tyto jeskyně jsou poměrně mělké, obvykle probíhají těsně pod povrchem terénu (Pavlica 1980).

Povrchové i podzemní tvary spolu geneticky úzce souvisí a na mnoha místech vykazují přímý vztah mezi tektonickým rozpukáním skalního podkladu, intenzivním působením periglaciálních morfogenetických procesů v pleistocénu a svahovými pohyby v humidních podmínkách holocénu. Za hlavní příčiny vzniku pseudokrasových jevů Vnějších Karpat lze považovat: a) tektonické rozpukání skalního masívu, b) rozvolnění skalního podkladu a rozevření puklin činností mrazu a ledu v době periglaciálního klimatu, c) postupné další rozvolnění a pohyby skalního podkladu v důsledku částečného sjždění po vrstevních plochách pískovců účinkem tíže ve vlhkém období holocénu (Pavlica 1980).

Na základě dosavadních zhodnocených výzkumů, které byly věnovány problematice sufoze, je možno konstatovat, že v oblasti Vnějších Západních Karpat se vyskytují dvě skupiny sufozních tvarů. První skupinu tvoří sufozní sníženiny zpravidla oválného tvaru, které jsou vytvořeny v kamenitých a písčítokamenitých svahových sedimentech v horních částech svahů a při úpatí mrazových srubů. Do této skupiny patří i drobné sufozní dutiny vytvořené ve stěnách mrazových srubů. Pestrost sufozních tvarů této skupiny je malá. Tyto sufozní tvary jsou vázány na strmé svahy, jejichž profil je často porušen stupni mrazových srubů (I. typ podle J. Demka 1964 in Kirchner 1981). Působení sufoze na těchto svazích je lokálně omezené, ve větším měřítku se neprojevuje (Kirchner 1981).

Sufozní tvary druhé skupiny jsou velmi rozmanité (např. kotly, sníženiny, závrtky, kanály, dutiny, jeskyňky). Vznikají v prachovitých a prachovitopísčítých svahových sedimentech, které pokrývají mírné konvexně-konkávní svahy (II. typ svahů podle Demka 1964, druhá skupina podle Starkela 1960 in Pavlica 1980). V některých oblastech je působení sufoze na těchto svazích výrazné. Sufoze se významně podílí na holocenním vývoji reliéfu (Kirchner 1981).

I když jsou ve Vnějších Západních Karpatech (zvláště ve flyšových územích) poměrně příhodné podmínky pro rozvoj sufoze, byla studiu sufozních tvarů věnována doposud malá pozornost. Pouze L. Buzek (1969) uvedl rozmanité sufozní tvary v rámci popisu geomorfologických poměrů Štramberské vrchoviny. Popsal sufozní prohlubně různých tvarů (hloubky 0,5 – 5 m) při úpatí mrazových srubů i v suťových haldách. Sufoze je umožněna petrografickou povahou pískovců, které jsou silně porézní (přítom však pevné, protože většinou obsahují křemitý tmel) a neobsahují žádné jílovité částice (Kirchner 1987).

Na základě dosavadních zhodnocených výzkumů byly ve Vnějších Západních Karpatech popsány sufozní tvary zejména z vrcholových partií reliéfu. Pestrost tvarů je poměrně malá, působení sufoze v těchto oblastech je lokálně omezené (Kirchner 1987).

Moravskoslezské Beskydy

A) Oblast Lysé hory

1. Ondrášovy d'úry. V místech, kde sz. hřeben Lysé hory zvaný Lukšinec tvoří mírně prohnuté sedlo mezi kótami 981,3 a 898,8, jsou na svazích orientovaných k JZ a SV rozsáhlé povrchové i podzemní pseudokrasové tvary na ploše asi 13,5 ha. Na obou protilehlých svazích je celkem 10 podélných a mísovitých skalních depresí. Stupňovitý profil svahu svědčí o rozlehlých starých sesuvech. V hlubokých skalních rozsedlinách vznikly na několika místech různosměrně probíhající puklinové chodby a dutiny.
2. Malenovice – Satina. Asi 200 m j. od vodopádu Satina ve smíšeném lese jsou dvě sufozní puklinové jeskyňky, vytvořené na horizontálních a vertikálních puklinách v sv. stěně mrazového srubu. Na pravém břehu v horní části erozního zářezu Bílého potoka, 80 m v. od vodopádu, se nalézají jeskyňky trojúhelníkového profilu. Vznikla na svislé puklině v mohutném pískovcovém bloku, jehož menší část sjela po vrstevní ploše.
3. Smrčina. Na jv. svahu Smrčiny 350 m od kóty 809,7 směrem do údolí Mazáku je roztroušená skupina 11 skal, spojených v souvislé skalní žebro. V rozpukaných skalních stěnách a mezi volně ležícími pískovcovými balvany je mnoho menších puklinových jeskyní.
4. jv. svah Lysé hory. Přibližně 300 m jjv. od vrcholu Lysé hory (1323,4), je ve svahu ve dvou řadách 8 oválných i podélně protažených mělkých depresí, tvarově shodných

s rýhami na Lukšinci. Volné dutiny ve spodní části trhlin nejsou přístupné pro malé rozměry vstupních otvorů. Podélné osy depresí probíhají rovnoběžně s vrstevnicemi.

5. Suchý Mazák – Sklípky. Na j. svahu jz. výběžku Lysé hory, ve výšce 950 m n. m. směrem do údolí Mazáku, je 85 m mrazový srub, na jehož úpatí jsou mezi nakupenými balvany dvě dutiny s maximální délkou 5 m. Stupňovitý svah rozčleňují v horní části dvě podélné, 30 m dlouhé deprese.

B) Oblast Smrku

Na j. svahu, 250 m j. od silnice z Ostravice do Podolánek, u lesního průseku je po pravé straně poměrně výrazné skalní žebro, směřující do údolí potoka Velký. Ve střední části s. stěny je na rozšířené svislé puklině úzká puklinová chodba (6,5 m dlouhá), přístupná dvěma vstupními otvory. Chodba se po 3,5 m stáčí k V a klesá 30 ° sklonem. Po dalších 2 m přechází opět do j. směru a končí neprůleznou štěrbinou (Pavlica 1970).

C) Oblast Čantoryje

Oblast Čantoryjské hornatiny je postižena svahovými deformacemi. Nejčastěji došlo k deformaci svahů v jejich horních částech v důsledku vyrovnávání napětí po odlehčení způsobeném buď intenzivní a rychlou hloubkovou erozí nebo vertikálními tektonickými pohyby podél zlomových ploch. Někteří autoři připisují při vzniku těchto tvarů důležitou roli pleistocennímu permafrostu, který způsobil hluboké mrazové navětrávání skalních masivů (Czudek, 2005). Většina deformací má charakter hlubokých a rozsáhlých blokových sesuvů, které jsou v současnosti modelovány hlubinným ploužením (hlubinný creep). Častým doprovodným jevem jsou právě pseudokrasové jeskyně puklinového, rozsedlinového nebo suťového typu. Například pseudokrasové podzemní prostory ve výšce 780 mn.m., na levém údolním svahu potoka Radvanova (Pánek, Hradecký 2000).

D) Oblast Kněhyně a Čertova Mlýna

1. Jv. svah Kněhyně je ve vrcholové části rozbrázděn mnoha hlubokými podélnými depresemi, které probíhají zhruba paralelně s vrstevnicemi. Přibližně 750 m JV od vrcholu Kněhyně (1256,6 m) a 550 m v. od kóty 929,1 se nacházejí puklinové jeskyně. Jedna z nich je v oblasti karpatského flyše nejrozsáhlejší a nejhlubší. Vedou do ní 3 vchody, ležící v okruhu 60 m, které však nejsou průchodně spojeny. Tvoří ji 10 větších dutin, 4 puklinové propasti a asi 280 m chodeb. Zbývající dvě jeskyně jsou

mnohem menší. Při ověřovacím měření v r. 1968 byly v jeskyních nalezeny větší morfologické změny, které nastaly v důsledku trhacích prací spojených s budováním lesní cesty nedaleko pod jeskyněmi (Pavlica 1970).

2. Vrcholový hřeben Čertova Mlýna. Přímo od vrcholové kóty 1205,5 probíhá j. směrem 108 m dlouhá deprese, omezená na jižním konci 2,5 m vysokou skalní stěnou. V těchto místech je tzv. „Čertův stůl“ a 60 m s. od něj je puklinová jeskyně tunelovitého profilu. Vznikla na svislých puklinách odsunutě pískovcové lavice. Jiná puklinová jeskyně je na jz. stupňovitém svahu asi 250 m od vrcholu. Skládá se ze tří větších dutin a poměrně prudce se svažujících spojovacích chodeb. Dostupná hloubka této jeskyně je 40 m, pokračování lze předpokládat ještě asi 15 m (Pavlica 1970).

E) Oblast Pusteven, Radhoště a okolí

1. Pustevny. Jv. svah u bývalého lyžařského můstku je rozbrázděn pěti hlubokými podélnými depresemi. Podle sdělení spisovatele B. Četyny byly dříve v těchto místech hluboké díry, které byly při stavbě horského hotelu Tanečnice zasypány.
2. Pustevny – Cyrilka. Asi 250 m v. od rozhledny Cyrilka u silnice Pustevny – Prostřední Bečva, v místech terénních depresí, je pod půlkruhovou skalní stěnou vchod do jedné z nejznámějších radhošťských d'úr. V místech, kde byly v minulosti uváděny chodby až 2 km dlouhé, můžeme dnes proniknout jen do vzdálenosti 45 m a hloubky 25 m. Jeskynní chodby jsou většinou vázány na pukliny VSV – JZJ a jsou sj. směru. Spojovací chodby na mnohých místech přerušují až 4 m hluboké trhliny. Podle několikaletého pozorování probíhají v jeskyních neustále vnitřní změny. V rozmezí 15 let se některé chodby staly neprůleznými, jiné se naopak rozšířily.
3. Záryje. Je to název pro jz. svah podél hřebenové cesty Pustevny – Radhošť. Horní část svahu v délce asi 1 km je detailně přemodelována fosilními svahovými sesuvy. Výrazné povrchové podélné deprese, provázené terénními stupni. Jsou zde rozšířeny na více než 12 ha.
4. Volačka. Na okraji lesa po pravé straně hřebenové stezky Rožnov – Radhošť, asi 300 m zjz. od kóty 1019,3, je v trychtýřovité depresi vstupní otvor do 3,5 m hlubokého komínu, který se na kamenitém dnu větví do v. a z. směru. Dvě poměrně úzké puklinové chodby jsou přístupné v celkové délce 18 m.
5. Černá hora. Těsně u lesa nad horskou pasekou, přibližně 600 m ssv. od kóty 588,9 je na okraji půlkruhové deprese vchod do puklinové jeskyně, kterou tvoří

jednoduchá, j. směrem se zatáčející chodba, přerušena uprostřed 2 m vysokým skalním stupněm. Jeskyně je celkem 12,5 m dlouhá (Pavlica 1970).

F) Oblast Velký Javorník

Výrazné povrchové pseudokrasové tvary jsou na stupňovitém v. a sv. svahu. 70 m východně od kóty 918,6 probíhá ve svahu těsně nad horskou chatou podélná deprese, 96 m dlouhá, mírně klesající k J. Na jejím v. okraji byla v minulosti uváděna hluboká jeskyně.

Všechny pseudokrasové tvary popisovaných lokalit v Moravskoslezských Beskydech vznikly v pískovcích středních godulských vrstev (Pavlica 1970).

Štramberská vrchovina

A) Oblast Ondřejníka

1. Na j. svahu Skalky 180 j. od kóty 964,0 vznikl v čelech synklinálně uložených lavicovitých godulských pískovců mrazový srub dlouhý 250 m, v jehož svislých puklinách jsou dvě menší puklinové jeskyně.
2. S. svah je poměrně zajímavou lokalitou. Asi 30 m s. od kóty 890,4 vznikl dlouhý, srpovitě zahnutý mrazový srub, v jehož rozpukaných stěnách jsou dvě menší puklinové dutiny. Podél celého srubu probíhá jv. směrem podélná otevřená deprese. Celý s. svah až k úpatí je stupňovitý a nese stopy starých sesuvů. Na ploše větší než 10 ha je zde 22 depresí, nejčastěji trychtýřovitého tvaru, které L. Buzek (1969) považuje za nivační kotle. Vznikly podél vrstevních spár a puklin, protože vrstvy godulských pískovců zde zapadají do svahu. Všechny nivační kotle na Ondřejníku mají zřetelný val, který uzavírá depresi o maximální hloubce 2 m. Godulské vrstvy v této části Ondřejníka mají charakter lavic 10 – 20 cm mocných, proložených tenkými vrstvičkami břidlic. Tato lavičnatost může také být jednou z příčin vzniku nivačních kotlů. Například nivační kotel na Petřkovické hoře (jz. od kóty 608 m n.m.). Ve střední a j. části Ondřejníka, kde lavice pískovců mají větší mocnost, nebyly nivační kotle zjištěny (Buzek 1969).

B) Oblast Kazničova u Hukvald

V oblasti Kazničova lze pozorovat sufozní deprese hlavně pod stěnami mrazových srubů. Sledujeme-li profil svahu od mrazového srubu přes kryoplanační terasu a suťovou haldu po spádnici, je velmi nápadná taky celá řada prohlubní v suťové haldě. V prohlubních

na haldě i pod mrazovými sruby se voda nedrží ani při silných srážkách, což svědčí o okamžité odtoku bez překážky. Jde tedy o případ sufozního vyplavování a odpovídá tomu silná pokrývka písku na svahu pod úpatím suťové haldy (Buzek 1969).

Sufoze v pískovcích palkovických vrstev je umožněna naprostým nedostatkem jílovitých částic ve tmelu, které by byly schopny ucpat prostory mezi zrny písku a tím utěsnit dutiny mezi jednotlivými balvany. Intenzita sufoze pod stěnou mrazového srubu je značně vyšší a časově po srážkách vždy delší než na suťové haldě, protože zde působí jednak přímá srážková voda, jednak voda stékající po stěně mrazového srubu. Proto jsou sufozní deprese pod mrazovými sruby značně rozsáhlejší než na suťových haldách (Buzek 1969).

Toto přemodelování sufozního charakteru je umožněno petrografickou povahou palkovických vrstev. Modelace sufozí pokračuje i dále. Důkazem je odkrytí skalní plochy na dně jedné sufozní deprese a čerstvě nově vzniklé prohlubně na suťové haldě, jež se tvořily při silných a dlouhotrvajících srážkách (Buzek 1969).

Slovenské Beskydy

A) Oblast Gírová

Na sv. svahu Gírové asi 250 m ssv. od kóty 839,7 na okraji bukového lesa je mezi svislými bloky pískovců malý vchod do puklinové jeskyně. Je 19,5 m dlouhá. Její dno tvoří schodovitě klesající balvany, strop v několika místech vybíhá do vysokých úzkých štěrbin. Rovněž na protějším sz. svahu vznikly menší puklinové dutiny v silně rozpukané čelní stěně opuštěného pískovcového lomu (Pavlica 1980).

B) Oblast Babia hora

Na j. svahu Babí hory (1725,0), asi 350 m j. od vrchole a 200 m z. od státní hranice, ve výšce 1680 m n.m., vznikly hluboké podélné deprese, v jejichž nižších částech probíhají puklinové chodby. Největší podzemní prostor na křižovatce puklinových chodeb je až 10 m dlouhý. Šířka chodeb se pohybuje od 0,5 do 1,5 m, výška kolísá od 0,5 do 2 m.

Pseudokrasové jevy Slovenských Beskyd vznikly v oblasti Gírové v arkózovitých pískovcích soláňských vrstev, na Babí hoře v jemnozrnných pískovcích bystrické jednotky magurské skupiny příkrovů (Pavlica 1980).

Javorníky

A) Oblast Pulčínských skal

Na sz. svahu Hradiště (772,7) jsou dobře vyvinuté pseudokrasové jevy. Svah je výrazně stupňovitý a střídají se v něm skalní stěny mrazových srubů s menšími rovnějšími úseky pokrytými balvanitou sutí. Asi uprostřed skalního srubu pod skaliskem zvaným Kazatelna jsou dvě puklinové jeskyně. Vstupní otvor větší jeskyně je založen na příčné puklině v. směru, která se po 14 m spojuje s podélnou svislou puklinou, probíhající směrem S-J. Jeskyně je přístupná v délce 30 m. Další menší jeskyně stejného charakteru je níže v téže skalní stěně. Obě vznikly v hrubozrnných pískovcích svrchních vrstev soláňských (Pavlica 1980).

Další puklinové jeskyně se nachází na sv. svahu Kopců (699,0), přemodelována fosilními sesuvy. V místech podélných depresí mezi roztroušenými balvany jsou dva jeskynní vchody. Třetí, největší jeskyně, je v čelní stěně mrazového srubu. Rovněž tyto jeskyně vznikly v soláňských pískovcích (Pavlica 1980).

Hostýnské vrchy (geomorfologický celek Hostýnsko-vsetínská hornatina)

A) Okolí Liptálu

S. od obce Liptál byla zaznamenána lokalita s vývojem sufozních tvarů. Reliéf v s. okolí Liptálu je hornatinný, budovaný vsetínskými vrstvami račanské jednotky magurské skupiny příkrovů, v nichž převažují jílovce nad pískovci (Pesl 1968 in Kirchner 1987).

Sufoze zde vytvořila výrazný podzemní tunel. Otevřený sufozní tunel byl dlouhý 4,46 m, jehož maximální hloubka byla 1,4 m. V průřezu byl jeho tvar oválný. Tunel vznikl v jílovitohlinitých svahových sedimentech, jejichž mocnost v místě působení sufoze se pohybovala mezi 1,5 – 1,9 m, ve směru sklonu dna narůstala až na 2,5 m. Při dalších měřeních byly zachyceny výrazné změny ve tvaru tunelu, kdy nejdříve došlo k prodloužení a větvení v zadní části a došlo ke zmenšení hloubky sufozního tvaru vlivem drobných sufozních sesuvů v kombinaci s vodní erozí a fyzikálním zvětráváním na stěnách. Od roku 1979 nenastaly až do současné doby žádné výrazné změny. Rozšířil se jen vstupní otvor

a jeskyňka se stala otevřenější. Vývoj postupně spěje ke vzniku tzv. slepého údolí (Kirchner 1987).

Druhá lokalita Bílá, jv. od obce Liptál, je sledována od roku 1981. Vznikl ve dně plochého travnatého úpadu ve střední části svahu (sklon okolo 100) v jílovitohlinitých svahových sedimentech. Má podobu protáhlé vanovité sníženiny délky 4,6 m, šířky 1,9 m a hloubky 1,1 m. Od této doby nedošlo k výrazným změnám, pouze ve směru do svahu se vytvořil asi 1 m dlouhý výběžek. Výraznost tvaru je postupně stírána vodní erozí a mechanickým zvětráváním, které jsou určujícími modelačními procesy působícími na sufozní sníženinu (Kirchner 1987).

B) Vrch Čecher

Nachází se u obce Rusava při soutoku bystřin Rusavy a Ráztoky v nadmořské výšce 461,5 m. Je budován rusavskými vrstvami, které spolu se soláňským a belovežským souvrstvím skládají zlínské souvrství račanské jednotky, která reprezentuje magurskou flyšovou skupinu. Rusavské vrstvy jsou charakteristické výrazným pískovcovo-slepencovým vývojem, který je součástí hrubě rytmického flyše (Křížek 1999).

Jak pískovce, tak i slepence jsou značně rozpukány. A právě na tyto pukliny jsou vázány zóny menší geomorfologické odolnosti, kde dochází k dalšímu rozvolňování horniny. To má za důsledek vznik skalních dutin a puklinových jeskyní. Slepence jsou méně odolné než pískovce a podléhají tedy rychleji zvětrávání. Proto často na těchto litofaciálních přechodech vznikají dutiny nebo jeskyně. Mezi další puklinové jeskyně v této oblasti patří jeskyňka na Hradě (559 m n.m., sv. od Přílep vázaná na puklinu mezi slepencem a pískovcem) a dutina na Bludném (637 m n.m.) (Křížek 1999).

Vsetínské vrchy (geomorfologický celek Hostýnsko-vsetínská hornatina)

Řada pseudokrasových jevů, jako jsou závrtý, skalní útvary, mikroformy nebo jeskyně je dokumentována v sesuvném území Vaculov – Sedlo v okrese Vsetín. Nejcharakterističtější jsou pseudokrasové závrtý. Bylo zde lokalizováno celkem 36 trychtýřovitých depresí. Vznikly sufozí na trhlinách v pískovcovém podloží. Nejvíce jich bylo zaznamenáno o hloubkách od 1 do 4 m a o průměrech mezi 3 a 6 m. Největší závrt elipsovitého tvaru se nachází v linii hlavní odlučné hrany oblasti Sever a má hloubku až 7 m.

Kratší průměr má délku 16 m a delší 27 m. Je to největší závrt ve Vsetínských vrších (Baroň 2002).

Z pseudokrasových jeskyní stojí za zmínku malá rozsedlinová jeskyně Vlčí díra. Mechanismus jejího vzniku je pravděpodobně spojen s odlehčením vrstev pískovců a slepenců na čele rotované horninové kry, kde se jeskyně nachází. Úzký vertikální vchod (1 x 0,5 m) je situován pod výraznou slepencovou skalní stěnou, vysokou 4 m. Po roce 1994 byla jeskyně prodloužena na celkových asi 10 m. V roce 1997 se chodba pod vstupní šachtou v souvislosti s aktivací pohybů v území zúžila natolik, že již nebyla průlezná (Baroň 2002).

Pavlovské vrchy

Útvary sprašového pseudokrasu se nachází poblíž Dolních Věstonic, na s. okraji Pavlovských vrchů v Mikulovské vrchovině (Czudek a kol. 1972 in Demek 1992) na pravobřežní sprašové akumulaci, poblíž vodní nádrže Nové mlýny. Jedná se o sufozní pseudokras, jenž se vytváří v eolických kvartérních sedimentech. Z hlediska vývoje sprašového pseudokrasu jsou veškeré sufozní útvary vázány na sprašové hřbety a jejich svahy s roklemi, které po několika stech metrech vybíhají do nivy řeky Dyje (nyní nádrže Nové mlýny). Spraše pokrývají značně členitý (četné sesuvy) podklad, který je tvořený horninami třetihorního stáří (flyše Ždánické jednotky) Jihomoravských Karpat (Demek 1992).

První zmínky o sprašovém pseudokrasu u Dolních Věstonic pochází z roku 1997 (Cílek 1997, in Kos a kol. 2000), kde byla popsána několik metrů hluboká jeskyně. Hledaný objekt se nachází na rozhraní pole a svahu porostlého křovinnou vegetací, který spadá několik metrů hluboko na dno rokle. V protějším sprašovém břehu byl zjištěn další podobný útvar.

První objekt (Netopýří jeskyně) lze popsat jako propastovitou studnu s ústím o rozměrech 5,5 x 3 m a celkové hloubce po úroveň trativodu cca 4 m. Sprašová studna má výrazně vakovitý tvar a ve směru spádu svahu, který míří ke dnu rokle, se její dno zahlubuje. V hloubce cca 5 m je náplavový sifon, který byl v únoru r. 2000 uzavřen hlinitou sutí vypadanou z vymrzajících stěn studny. Dno studny je značně nerovné se dvěma destrukčními kužely, které mohou být i dokladem staršího kopání v trativodech. Velmi pravděpodobně však vznikly opadem bloků spraše z převislých stěn. Délka jeskyně je 11 m (Kos a kol. 2000).

Druhý objekt lze popsat jako studnu dokonalého kruhového průřezu o průměru 2,5 m, hlubokou 1 - 2 m. Tento útvar se nachází taktéž při hraně na rozmezí rokle a sprašové planiny. Z vyšší části zatravněné meze vyúsťují do podzemního objektu 2 těsné propasti. Jejich hloubka se pohybuje kolem 2,5 m. Studna má výrazně převislé stěny, dno je navýšeno

destrukčním kuželem. Celková délka jeskyně je asi 6 m. Popisovaný útvar vznikl zřejmě propadnutím větší dutiny ve sprašovém masivu, která se nachází v podstatně větší hloubce pod povrchem (Kos a kol. 2000).

V současné době probíhají v Netopyří jeskyni pod Pavlovskými vrchy hydrologická a geotektonická pozorování. Na základě několika dalších obdobných příznaků v okolí se lze domnívat, že se ve zdejším regionu bude nacházet více podobných útvarů (Kos a kol. 2000).

Bílé Karpaty

Sufozní deprese v Bílých Karpatech byla nalezena v rámci mapování území postižené sesuvy, v podcelku Lopenická hornatina – s. část, Straňanská kotlina – střední část a Javořínská hornatina – j. část, v jv. části okresu Uherské Hradiště. Na lokalitě Suchá Loz – Studený vrch při jz. okraji nad odlučnou hranou svahové deformace se vyskytuje sufozní deprese 2,5 – 3 m hluboká (Kirchner, Roštínský 2006).

4.5 Výzkumy věnované problematice sufoze ve světě

Podle slovníku fyzické geografie je sufoze nejčastěji označována jako „piping“. Jedná se o podpovrchové sufozní dutiny - pipes - vzniklé ve vysoce propustných půdách vlivem odplavení jemnozrnného materiálu. Pipes jsou obvykle nalezeny v aridních a semiaridních regionech. Často se vyskytují v půdách obsahujících montmorillonity, illity a bentonity. Nejčastěji jsou lokalizovány na svazích, ve stržích a na hranách svahu. V pipes jsou unášeny sedimenty s vodou. Jestliže erozivní činnost probíhá delší dobu, pak se dutiny mohou zvětšovat, až dojde ke kolapsu stropu a následně k formování strže. Z ekonomického hlediska je sufozním dutinám věnována pozornost, protože jsou znakem degradace půdy a jsou charakteristické zrychlenou erozí (Thomas, Goudie 2000).

Sufozní deprese byly nalezeny na několika kontinentech a v různých klimatických podmínkách, od tropických deštných lesů, sezónních tropů jižní Indie, v Západním Ghátu (Putty and Prasad 2000, Bryan, Jones 1997), v semiaridních sprašových oblastech s. Číny (Zhu *et al* 2002 in Bryan, Jones 1997), v semiaridním Súdánu a Tanzánii (Berry 1970), v akrisolech a kambisolech v Sarawaku v Malajsi (Baillie 1975 in Bryan, Jones 1997), na aluviálních nížinách na západě USA (Parker 1963, Fletcher *et al.* 1954 in Bryan, Jones 1997) a v periglaciální zóně subarktického Yukonu v Kanadě (Carey and Woo 2000).

Tanaka *et al.* (1986) a Tsukumoto and Ohta (1988) studovali sufozní deprese v zalesněných svazích Japonska a Schwarz (1985) na sprašových půdách v Nordrhein-Westfalen v Německu (Jones 2004).

60 % stanovišť s výskytem sufozních depresí se nachází v humidních regionech, ale jsou více prozkoumány v suchých oblastech. Narozdíl od humidních regionů, kde průměry sufozních dutin se pohybují kolem 0,3 m, největší sufozní tvary se vyskytují v semiaridních regionech (1-2 m) (Bryan, Jones, 1997).

Sufozní dutiny jsou často pozorovány ve spraši. V s. Číně se v tomto případě jedná o závrtý o průměru až 50 m a hloubce přes 10 m. Jeskyně dosahují délek až 200 m a poměrně běžným jevem jsou sprašové mosty rozepřené mezi úzkými roklemi. Z původně souvislého plató, zvaného „Yuan“, tak vzniká divoká krajina plná roklí, která se nazývá „Liang“ a ta postupně přechází do krajiny, v níž zbytky spraše vytvářejí oblé kopce oddělené širokými údolími. Ta se označuje „Mao“. Roční míra eroze v krajině Liang a někdy i Mao může dosáhnout až 20 000 tun na čtvereční kilometr (Cílek 1997).

T. C. Pierson (1983) se ve své zprávě zabývá výzkumy sufozních tvarů na Novém Zélandu a poukazuje taky na stabilitu těch svahů, kde se vyskytují sufozní dutiny. Ve své zprávě zmiňuje, že přírodní dutiny značně usnadňují pohyb vody ze svahu do koryta toku. Povrchová voda při přívalových deštích závisí na propustnosti vody pórovitou půdou nebo se pohybuje podél pukliny, zvířecími norami nebo podél kořenů stromů (Berry 1970). Některé dutiny ale mohou být díky kořenům nebo tunelovému kolapsu nepřístupné. Jsou vyplněny odplavovanou půdou. Uzavřené dutiny pak zabraňují odvodňování svahu a mohou se během přívalových dešťů naplnit. Podzemní dutina se vlivem vody může zvětšovat. Vyvíjí tlak na stěny dutiny, což má škodlivý efekt na pevnost svahů a může následně dojít k sesuvu půdy (Pierson 1983).

Stejně tak se stabilitou svahů zabývali E. W. Brand, M. J. Dale, J. M. Nash (1986). Předpokládali, že existence sufozních dutin byla důležitým faktorem celkové stability na některých svazích v Hong Kongu. Sufozní dutiny se zde vyskytují na chudých půdách. Ve zvětralém skalním podloží podzemní tok pomáhá erozivnímu rozvoji tunelu.

G. Bocco (1991) ve své zprávě poukazuje na to, že sufoze je jeden z hlavních zprostředkovatelů podpovrchové eroze především v oblastech mírného klimatu (Dunne 1978, Kirkby 1978, Jones 1971, Bryan and Yair 1982, Millington 1986 in Bocco 1991). Eroze může být spouštěna rychlými klimatickými změnami, neotektonickou aktivitou, ale také lidským vlivem.

G. Bocco (1991) a J. A. A. Jones ve své zprávě uvádí, že se sufoze podílí na rozšiřování stržové sítě. Higgins (1990) považuje sufozi za příčinu rozvoje mnoha, ne však všech strží, hlavně v oblasti středoziemního klimatu v Sacramento Valley v Kalifornii. Stejně tak i Dardis a Beckedahl (1988) připisují sufozi značný vliv při rozšiřování strží v aridních oblastech Afriky (Bryan, Jones 1997)

V 90. letech se objevily zprávy o problémech zemědělské půdy v Arizoně. 50 % zemědělské půdy bylo zničeno působením sufoze v San Pedro Valley, v Arizoně (Masamat 1980 in Jones 2004). Přílišné zavlažování bylo také příčinou sufoze v Kalifornii (Higgins a Schoner 1997 in Jones 2004) a ve Španělsku (García-Ruiz *et al.* 1997 in Jones 2004). V povodí řeky Ebro na S Španělska bylo nalezeno také několik sufozních depresí (Barron *et al.* 1994 in Jones 2004).

Velmi běžné jsou sufozní deprese ve Velké Británii, hlavně v podzolových a rašelinných půdách v oblasti – Peak District. Ačkoliv sufoze zde není považována za hlavního činitele degradace půd, podílí se na erozivním procesu. Je považována za iniciátora strží, sesuvů půdy (Bryan and Price 1980 ve VB, Tsukamoto *et al.* 1982 v Japonsku, Balteanu 1986 v Rumunsku in Jones 2004) a vytvoření pseudokrasové krajiny.

Přírodní proces sufoze se také negativně projevil v j. Itálii, v historickém místě Tursi – Rabatana. Vlivem sufoze zde dochází k uvolňování bloků hornin a tím jsou ohrožována lidská sídla. Provádí se nápravné práce, kdy dochází k redukci vodní infiltrace, zpevňování sklepů a poklesu rychlosti eroze podél svahů vlivem zatravnění povrchu (Lazzari *et al.* 2006).

Polské Karpaty

Jak v oblasti české části Karpat, tak i v polských Karpatech bylo při podrobných výzkumech popsáno množství sufozních tvarů. V polských Karpatech byla sufoze studována systematicky a byla jí věnována náležitá pozornost v rámci sledování současných geomorfologických procesů, zejména v územích budovaných flyšovými horninami. T. Czepe (1960) popsal množství sufozních tvarů z povodí řeky San v Bieszczadach Niskich. V granulometricky homogenních svahových hlínách se vytvořily sufozní závrtky, sníženiny, mísy, protáhlé deprese podobné slepým údolím (Kirchner 1982).

Při studiu vývoje reliéfu polských flyšových Karpat v holocénu upozornil L. Starkel (1960) na významnou úlohu sufoze v holocenní modelaci. L. Starkel předpokládá, že značná část mladých údolí v oblasti Karpat se začala rozvíjet v důsledku působení sufoze. Podle vzhledu sufozních tvarů vyčleňuje dvě skupiny svahů: - první skupina je tvořena horními

částmi strmých svahů pokrytých kamenitými svahovými sedimenty, na nichž působí sufoze od ústupu periglaciálního klimatu, nezanechává však výrazné povrchové tvary, - druhá skupina představuje dolní části svahů pokrytých prachovitopísčitémi svahovými sedimenty, sufoze zde začala působit až v holocénu a intenzita jejího působení se stále zvyšuje (vznikají sufozní tunely, závrtky, malá údolí) (Kirchner 1982).

V rámci fyzickogeografických výzkumů v povodí řeky Bereznici (Bieszczady Niske) se zabýval T. Galarowski (1976) studiem dynamiky vývoje sufozních tvarů (období 1971-1974). K intenzivnímu vývoji sufozních tvarů docházelo v období jarního tání sněhu a při přívalových deštích na podzim, kdy v důsledku velkého množství vody nastává hluboká infiltrace. Vývoj sufozních tvarů vůbec nenastal nebo byl přerušen v místech s narušenou půdní strukturou (odstranění keřové vegetace, hluboká orba, vláčení) (Kirchner 1982).

4.6 Sufoze antropogenně podmíněná

Všechny pseudokrasové jevy vázané na spraš se rychle vyvíjejí – některé se prohlubují, ale jiné při nejbližší velké bouři téměř zaniknou. V našich podmínkách nepředstavují žádný „div přírody“. Jedná se spíše o tvary malých rozměrů, ale je určitě podstatné o nich mluvit. Celá záležitost má jeden závažný dopad, který se čas od času velmi nepříjemným způsobem promítá do našich životů (Cílek 1997).

Sufoze je ve městech velmi běžná. Řada českých a moravských měst leží na spraši (Brno), sprašových půdách nebo příbuzných prachovicích. Jde většinou o níže položené oblasti v nadmořských výškách do



Foto 6: Antropogenní sufoze v Olomouci pod mostem na ulici Brněnská (foto: M. Hořáková. 2006)

300 – 350 m, zejména v s. polovině Čech, j. polovině Moravy a v moravských úvalech. Pod městy vedou kanalizace a vodovody, které netěsní. Unikající voda rozrušuje strukturu spraše, ta ztrácí objem, teče a vytváří dutiny. Ty se někdy prořicují na povrch, ale častěji jen nerovnoměrně sesedají. Naneštěstí domy nad nimi nejsou elastické a tak praskají. Pokud

praskne i potrubí, může se během jedné či dvou hodin „rozjet“ i celý dům, jak se to stalo např. v Praze – Střížkově (Cílek 1997).

Do této kategorie patří i „jeskyně“, které se vyskytují podél velkých potrubí, kde tlaková voda dokáže vytvořit dutiny o průměru i přes 2 m i v tak odolných sedimentech, jako jsou šterky a písky (Cílek 1997).

Stejně tak v Brně, v únoru 1976, se propadla část nástupního ostrůvku tramvaje v Pekařské ulici před Fakultní nemocnicí u Svaté Anny a s ní dva cestující. Muž se zachránil, žena však byla stržena do kanalizace a její pozůstatky byly nalezeny až v roce 1992 u kanalizační výpustky v Kšírově ulici. Vyšetřování ukázalo, že k neštěstí došlo prasknutím vodovodního potrubí z roku 1872. Vytékající voda zaplavila sklepy a odnesla na 300 m³ zeminy. Do dutiny se propadlo nástupiště i kus vozovky (Kukal, Reichmann 2000).

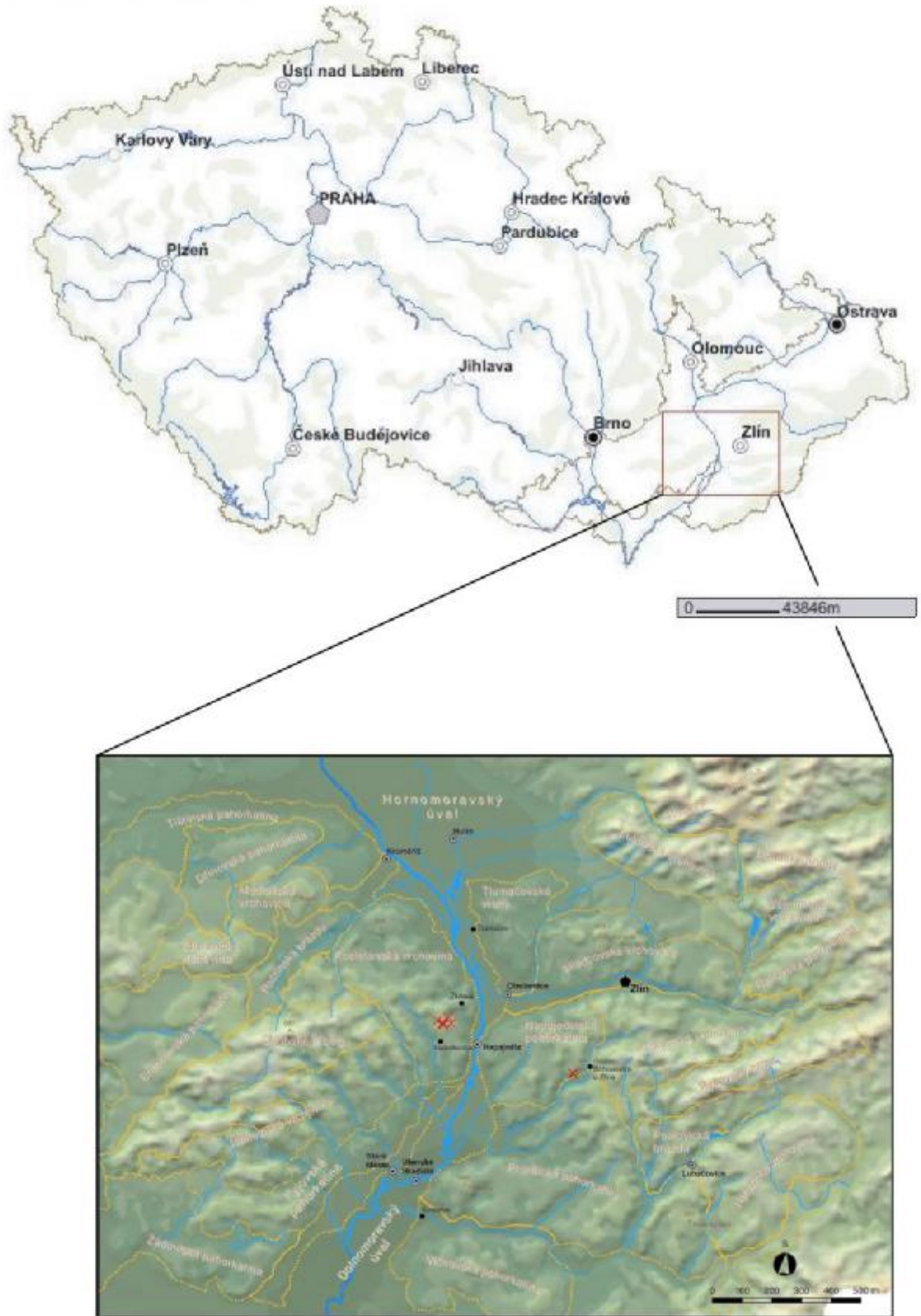
5 Vymezení zájmového území

Studované území se nachází ve Zlínském kraji, v z. části okresu Zlín, j. a jz. od Zlína. Vlastní terénní výzkum a analýza sufozních jevů byla prováděna v okolí Halenkovic na mapovém listě 25-33-03 a v okolí Bohuslavic u Zlína na mapovém listě 25-33-10.

Lokality (1 – 4) se sufozními tvary byly pozorovány s. a sv. od s. okraje Halenkovic a jz. od Žlutavy. Leží na mapovém listu 25-33-03 v Kostelanské vrchovině, jeden z okrsků Halenkovické vrchoviny, v celku Chřiby. Lokalita 5 s výskytem sufozních tvarů byla pozorována z. od Bohuslavic u Zlína na mapovém listu 25-33-10, v Napajedelské pahorkatině, jeden z okrsků Zlínské vrchoviny, v celku Vizovická vrchovina. Uvedené celky patří do subprovincie Vnější Západní Karpaty – struktury vzniklé v alpínském vrásnění (Demek 1987).

Halenkovice leží v z. okraji Zlínského okresu v nadmořské výšce 288 m. Rozkládají se na stráních a v údolích výběžků Chřibů 7 km z. od Napajedel. Lokality 1, 2, 3 se nachází s. od obce, ve vrcholových partiích reliéfu na okrajích pole. To je zemědělsky využíváno jako orná půda převážně k pěstování obilovin. Lokalita 4 leží v katastru Žlutavy, v sz. okraji Zlínského okresu v nadmořské výšce 298 m, 3 km s. od Halenkovic, ve smíšeném lese.

Bohuslavice, kde se nachází lokalita 5, leží asi 10 km jz. směrem od Zlína. Obec se rozkládá v protáhlém, nepříliš širokém údolí potoka Březnice na sz. okraji Vizovické vrchoviny. Terénní reliéf vytváří zvlněnou pahorkatinu s průměrnou nadmořskou výškou kolísající mezi kótami 236 – 464 m. Lokalita 5 se nachází ve strži z. od obce.



Obr. 5.1: Vymezení zájmového území

6 Fyzickogeografická charakteristika zájmového území

Terénní průzkum sufozních tvarů byl prováděn na území Kostelanské vrchoviny a Napajedelské pahorkatiny.

6.1 Geomorfologická charakteristika

Karpaty

 Západní karpaty

 Vnější Západní Karpaty

 Středomoravské Karpaty

 Chřiby

 Halenkovická vrchovina

 Kostelanská vrchovina

Kostelanská vrchovina je jedním z okrsků Halenkovické vrchoviny (Demek 1987), která je podcelkem Chřibů. Nachází se ve v. a střední části Halenkovické vrchoviny. Jedná se o plochou vrchovinu tvořenou paleogenními jílovci a pískovci račanské a žďánické jednotky z části překryté spraší. Erozně denudační reliéf s plošinami, široce zaoblenými hřbety a různou měrou zahluobenými údolími. Nejvyšším bodem je Březová 411 m.

Karpaty

 Západní karpaty

 Vnější Západní Karpaty

 Slovensko - moravské Karpaty

 Vizovická vrchovina

 Zlínská vrchovina

 Napajedelská pahorkatina

Napajedelská pahorkatina je jedním z okrsků Zlínské vrchoviny (Demek 1987), která je podcelkem Vizovické vrchoviny a nachází se v její z. části. Jedná se o členitou pahorkatinu tvořenou flyšovými horninami zlínských vrstev račanské jednotky magurského příkrovu. Jde

o erozně denudační reliéf širokých plochých hřbetů a krátkých, radiálně uspořádaných údolí, jsou zde vlivy strukturně litologických vlastností podkladu a mladé zlomové tektoniky. Na rozvodích jsou velké zbytky zarovnaných povrchů, úpatní haldy, spraše, sesuvy.

6.2 Morfometrická charakteristika

Sklonové poměry byly zjišťovány pro bezprostřední blízkost sledovaných lokalit s výskytem sufozních jevů.

V okruhu 5 km od lokalit 1 - 4 je maximální nadmořská výška 410 m a minimální 185 m. Údolní svahy jsou modelovány sesouváním, členěny úpady, stržemi a malými údolími.

Plocha se sklonem větším než dva stupně se obecně nazývá svah. Svah je podle J. Demka (1987) otevřeným dynamickým geosystémem, který se vyvíjí v interakci zemské kůry s atmosférou a to působením svahových pochodů. V blízkosti sledovaných lokalit do kategorie svahů patří 90 % zemského povrchu. Zbylá část, se sklonem do 2 °, patří do kategorie rovin.

Lokalita 1 se nachází v nadmořské výšce 345 – 348 m o sklonu od 0 do 25 °. Mírný sklon, v rozmezí 2 – 10 ° se nachází nad sufozním jevem na poli. Na okraji pole je rovina o sklonu 0 – 2 °, kde jsou lokalizovány sufozní deprese. Sklon pod nimi se svažuje na 25 ° až k silnici, kde je opět terén rovinatý.

Lokalita 2 leží v nadmořské výšce 322 m a v bezprostředním okolí je sklon v rozmezí od 10 do 70 °. Nad sufozním objektem je sklon 10 °, pod ním se svažuje až na 70 °. Tento sklon je označován jako strž. Strž je podle T. Czudka erozní tvar o hloubce 1m a větší, vzniklý lineárně tekoucí vodou. Údolní dno leží v nadmořské výšce 319 m.

Lokalita 3 se nachází v nadmořské výšce 315 m. Nad sufozím je pole o sklonu cca 7 ° a svažuje se do strže o sklonu 85 °, kde se nachází sufoze. Dno leží v hloubce 3,5 m od okraje pole.

Lokalita 4 leží v nadmořské výšce 329 m ve sklonu od 0 do 25 °. Sufoze se nachází v lese v příkře skloněném svahu 20 °. Nad ní je pole s největším sklonem 7 °, pod ní se svažuje na 25 °. Asi 20 m pod sufozním jevem je údolní dno, které leží ve sklonu menším než 2 °.

Obecně lze konstatovat, že výše uvedené svahy, u kterých je přirozený sklon povrchu terénu v katastru Halenkovic v rozmezí 8 až 16 °, jsou postiženy sesuvnými pohyby (Kašpárek 2003).

Lokalita 5 leží v katastru Bohuslavic u Zlína. Sufozní jevy se vyskytují ve strži v příkrém sklonu 60 – 80 °. Nadmořská výška horního okraje strže je 280 m, minimální je v údolním dnu, 267 m. Nad sufozními jevy je sklon maximálně 10 °. Údolní dno leží v hloubce cca 13 m.

6.3 Geologická charakteristika

Geologicky jsou Kostelanská vrchovina a Napajedelská pahorkatina součástí flyšového pásma Vnějších Západních Karpat, které má příkrovovou stavbu.

Je tvořeno převážně flyšem, který se vyznačuje rytmickým střídáním jílovců, prachovců, pískovců a slepenců. Mocnosti rytmů jsou velmi proměnlivé, od několika centimetrů až do několika málo desítek metrů. Typickým znakem pro flyš jsou: velká mocnost, relativní stálost facie, gradační a laminované zvrstvení aj. (Nekuda 1995).

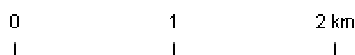
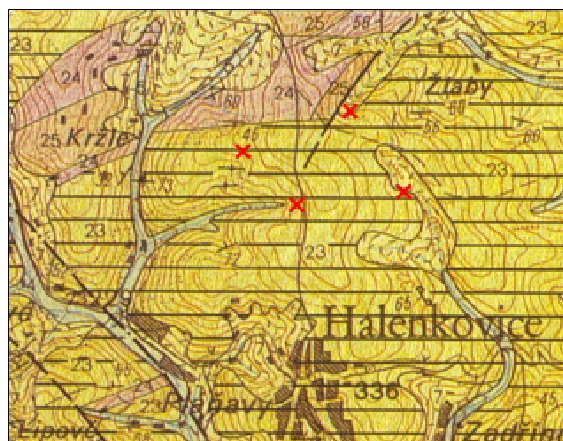
Z regionálně geologického hlediska leží hodnocené území při sz. okraji vnější – račanské jednotky magurské flyšové skupiny. Celá magurská skupina rozčleněná na jednotky bělokarpatskou, bystrickou a račanskou má složitou příkrovovou stavbu, která se promítá i do stavby dílčích jednotek. Tak i jednotka račanská je drobnými příkrovy rozčleněna na antiklinální pásma (čela dílčích příkrovů), která jsou po vnitřní straně lemována pásmy synklinálními. V čele příkrovů – antiklinálních pásem byly k povrchu terénu vysunuty starší vrstevní soubory magurského flyše, které se vyznačují významným podílem pískovců a slepenců, či případně rudohnědých jílovitých břidlic belovežských vrstev, v synklinálních pásmech je pak předkvartérní podloží tvořeno stratigraficky nejmladším vrstevním souborem celé skupiny a to vrstvami vsetínskými. Pro toto souvrství je charakteristickým znakem výrazná převaha pelitů ve vrstevním sledu. (Nekuda 1995)

V pleistocénu došlo na relativně velkých plochách ke vzniku deluvia (svahových sedimentů vzniklých zvětráváním a soliflukčním přemístěním paleogenních hornin) a také k překrytí paleogenních hornin eolickými sedimenty – sprašemi, později převážně degradovanými na sprašové hlíny (Kašpárek 2003).

Je zde na místě zdůraznit, že okolí Halenkovic a Bohuslavic u Zlína je při své geologické pozici na četných místech porušeno fosilními i novými sesuvy nejrůznějšího typu.

GEOLOGICKÁ MAPA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Lokalita 1 - 4



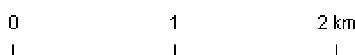
-  fluvialní písčito-jílovité sedimenty, písčité hlíny a písky včetně sedimentů umělých vodních nádrží
-  deluviální hlinito-kamenité sedimenty
-  spraše a sprašové hlíny
-  vsetínské vrstvy (člínské souvrství), středně až hrubě rytmický flyš s vápnitými jílovcí a glaukonitickými pískovci (svrchní eocén – spodní oligocén)
-  belovežské souvrství, drobně rytmický flyš se zelenošedými a rudohnědými jílovcí
-  lukovské vrstvy (soláňské souvrství), hrubě rytmický flyš s převahou pískovců a slepenců, paleocén
-  lokalita se sufozními jevy





Zpracovala: Michaela Hořáková

(zdroj: Geologická mapa ČSR, 1 : 50 000, list 25 – 33 Uherské Hradiště)

GEOLOGICKÁ MAPA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Lokalita 5



-  fluvialní písčito-jílovité sedimenty, písčité hlíny a písky včetně sedimentů umělých vodních nádrží
-  deluviální hlinito-kamenité sedimenty
-  vsetínské vrstvy (člínské souvrství), středně až hrubě rytmický flyš s vápnitými jílovcí a glaukonitickými pískovci (svrchní eocén – spodní oligocén)
-  lokalita se sufozními jevy

Zpracovala: Michaela Hořáková

(zdroj: Geologická mapa ČSR, 1 : 50 000, list 25 – 33 Uherské Hradiště)

6.4 Hydrologická charakteristika

Zájmové území v okolí Halenkovic spadá do povodí řeky Moravy a patří k úmoří Černého moře. Územím Halenkovic protéká Halenkovický potok a Vrbka, které jsou pravostrannými přítoky Moravy. Vrbka pramení z. od Nové Dědiny ve výšce 330 m. Ústí zprava do Moravy u Babic ve výšce 180 m. Plocha povodí je 26,9 km², délka toku je 11,9 km (Vlček 1984).

Území Bohuslavic u Zlína je odvodňováno potokem Březnice, který je levostranným přítokem Moravy. Březnice pramení u Kudlova ve výšce 405 m n.m. Ústí zleva do Moravy u Jarošova v nadmořské výšce 180 m. Plocha povodí je 124,2 km², délka 24,4 km (Vlček 1984).

Z hydrogeologického hlediska patří území do rajonu 323 – Středomoravské Karpaty. Hladiny podzemních vod puklinového charakteru výrazně kolísají v závislosti na delších – dlouhodobých klimatických cyklech. V terénu nezřetelné vývěry puklinových vod do zemin kvartérního pokryvu, jmenovitě deluvia, bývají často jednou z příčin vzniku nebo oživení sesuvných pohybů. Je třeba počítat s tím, že četnost a rozevřenost puklin ve flyšových horninách magurské skupiny se může výrazně měnit jak ve směru horizontálním, tak i ve směru vertikálním (Kašpárek 2003).

6.5 Klimatická charakteristika

V rámci klimatické regionalizace (Quitt 1975) spadá území s výskytem sledovaných sufozních jevů v Kostelanské vrchovině do *mírně teplé* oblasti MT 11. Oblast MT11 je charakterizována dlouhým, teplým a suchým létem. Přechodné období je krátké s mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem. Zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky.

Sledované sufozní jevy v oblasti Napajedelské pahorkatiny podle E. Quitta (1975) spadají do *mírně teplé* oblasti MT9. Ta se vyznačuje dlouhým, teplým a suchým létem. Přechodné období je krátké s mírným až mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem. Zima je krátká, mírná a suchá, s krátkým trváním sněhové pokrývky.

Níže položené části Chřibů a Vizovické vrchoviny (ve výšce kolem 350 m n. m.) mají průměrné roční teploty vzduchu kolem 8,0 °C, jejich vrcholové části pod 7,0 °C. V nadmořské výšce 700 m již klesá průměrná roční teplota vzduchu výrazně pod 6,0 °C.

Tabulka 6.4.1: Charakteristika vybraných klimatických oblastí (podle E. Quitta 1975)

Klimatická oblast	MT9	MT11
Počet letních dnů	40-50	40-50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10°C	140-160	140-160
Počet mrazových dnů	110-160	110-130
Počet ledových dnů	30-40	30-40
Průměrná teplota v lednu	-3 - -4	-2 - -3
Průměrná teplota v červenci	17-18	17-18
Průměrná teplota v dubnu	6-7	7-8
Průměrná teplota v říjnu	7-8	7-8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	100-120	90-100
Srážkový úhrn ve vegetačním období	400-450	350-400
Srážkový úhrn v zimním období	250-300	200-250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60-80	50-60
Počet dnů zamračených	120-150	120-150
Počet dnů jasných	40-50	40-50

Základní klimatické charakteristiky k zájmové oblasti podává stanice Halenkovice. Srážky ve sledovaném území v okolí Bohuslavic u Zlína nebyly měřeny. Nejbližší stanice, na které jsou měřeny srážky, je meteorologická stanice Napajedla, vzdálená od Halenkovic cca 3,5 km a od Bohuslavic u Zlína cca 7 km.

Roční úhrn srážek na stanici Napajedla je 625 mm, je způsoben sj. směrem údolí řeky Moravy a polohou na závětrné straně Chřibů. Na rozložení a množství atmosférických srážek se projevuje jak nadmořská výška (plynulé přibývání atmosférických srážek s nadmořskou výškou), tak vlivy georeliéfu. Pro tuto oblast jsou častější přivalové deště. Intenzita srážek je poměrně vysoká.

Tabulka 6.4.2: Průměrné měsíční úhrny srážek za období 1901 – 1950 na stanici Napajedla. [mm]

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Roční úhrn
[mm]	35	31	34	44	67	69	71	76	52	54	49	43	625

(Zdroj: Quitt, E.: Klimatické oblasti Československa.)

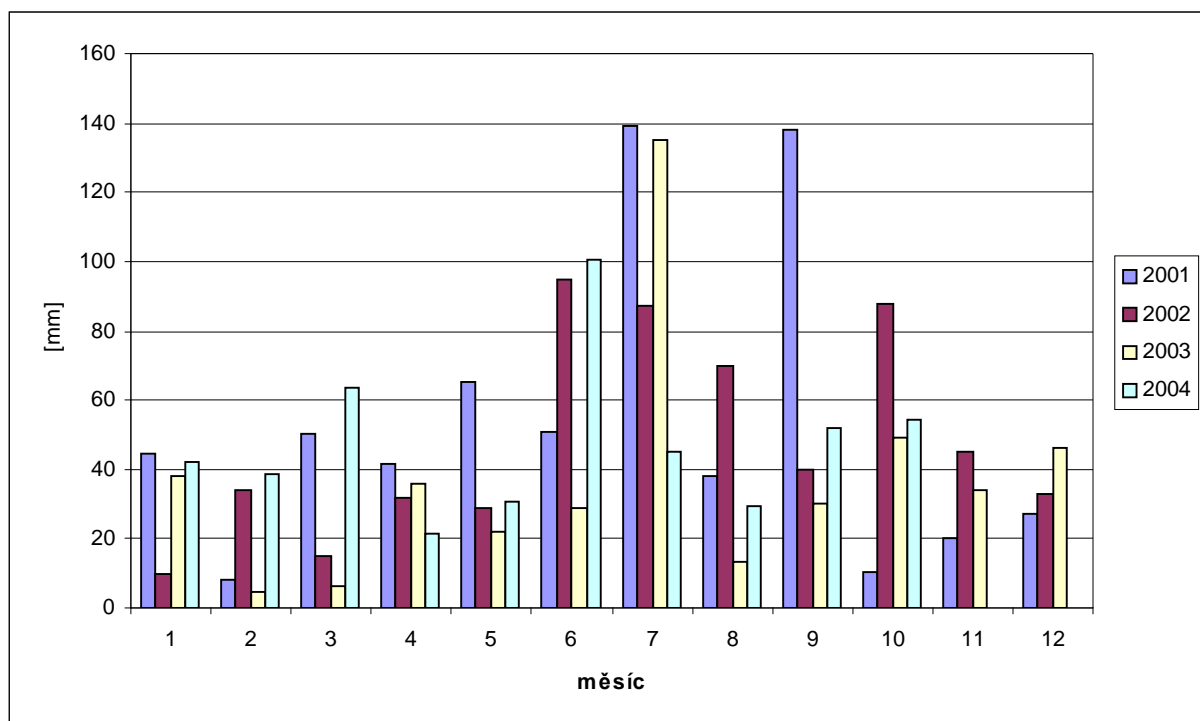
Tabulka 6.4.3: Roční úhrn srážek v letech 2001 – 2006 na stanici Halenkovice. [mm]

Rok	2001	2002	2003	2004	2005	2006
[mm]	633	578	442	478	599	665

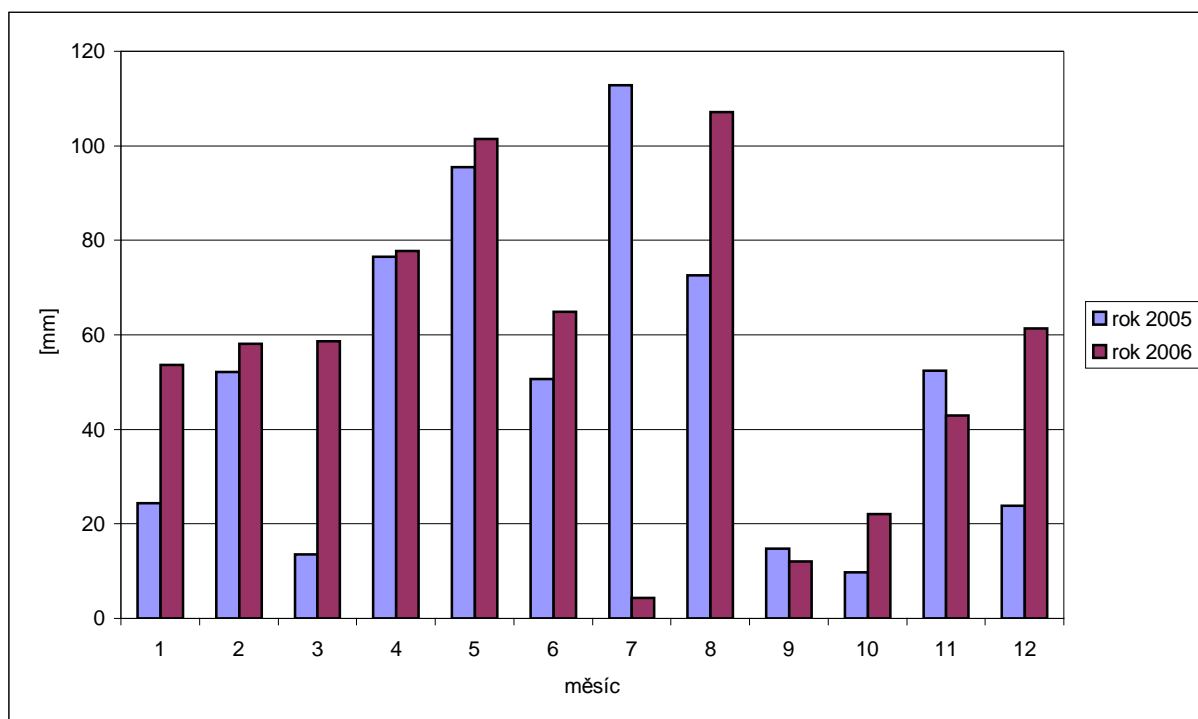
(Zdroj: Experimentální stanice Halenkovice)

Roční úhrn srážek, měřený na stanici Halenkovice, v roce 2005 činí 599 mm, v roce 2006 665 mm. Ve srovnání s předchozími lety množství srážek výrazně narůstá. Nejmenší úhrn srážek byl v roce 2003, 442 mm, což je proti roku 2006 o 223 mm srážek méně.

V roce 2005 byl srážkový úhrn ve vegetačním období 423 mm, v zimním období 176 mm (data z experimentální stanice Halenkovice). Ve srovnání s klimatickou oblastí MT11, ve které se Halenkovice nacházejí, jsou dané údaje nadnormální. Pro klimatickou oblast MT11 je charakteristický srážkový úhrn v intervalu 350 – 400 mm. Naměřené údaje ve vegetačním období za rok 2005 však odpovídají klimatické oblasti MT10, kde tento interval je 400 – 450 mm. V roce 2006 byl srážkový úhrn ve vegetačním období menší, 368 mm, v zimním období 297 mm (data z experimentální stanice Halenkovice).



Graf 6.4.1: Měsíční úhrny srážek v roce 2001 – 2004 v zájmové oblasti. [mm]

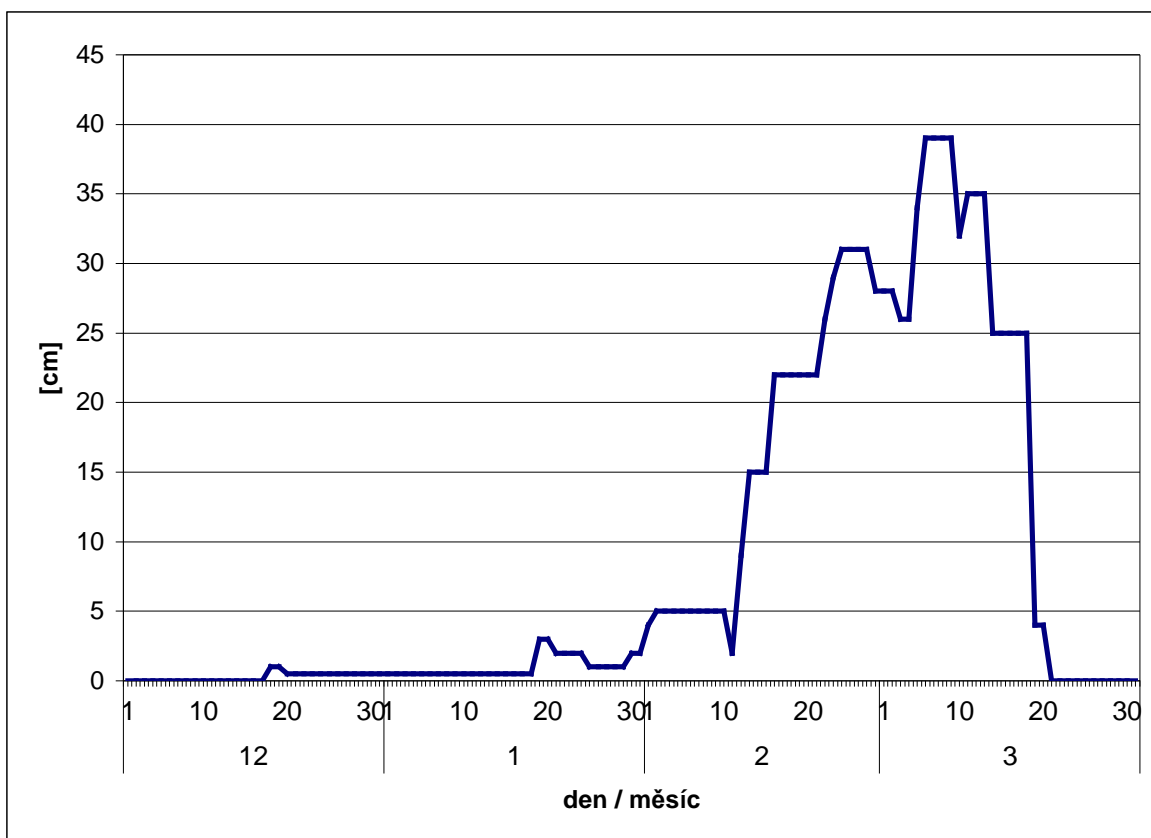


Graf 6.4.2: Měsíční úhrny srážek v roce 2005 – 2006 v zájmové oblasti. [mm]

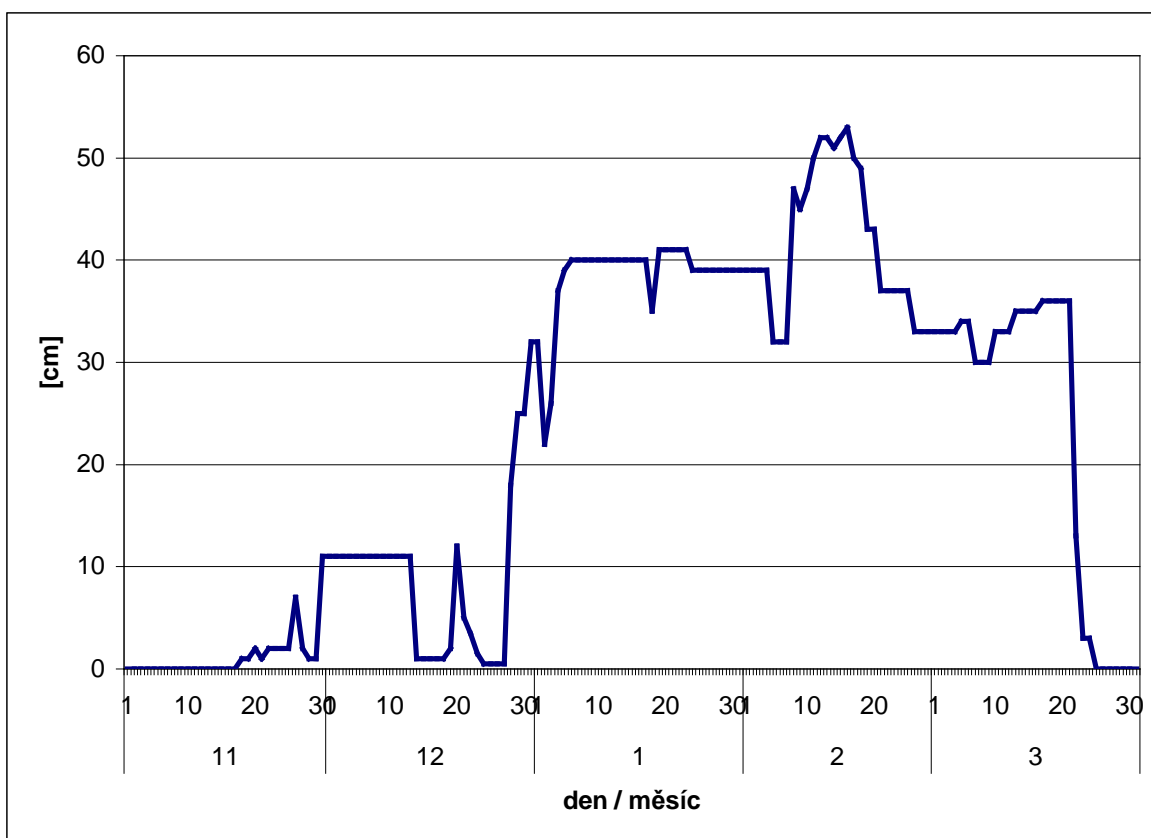
Nejvyšší průměrné úhrny srážek v ročním chodu 2005 jsou v červenci, minimální v říjnu. V roce 2006 jsou nejvyšší průměrné úhrny srážek v srpnu, minimální v červenci. Kolísání množství cirkulující podpovrchové vody ovlivňuje vývoj sufozního tvaru. Výrazně se zvyšuje při jarním tání sněhu a při vydatných srážkách na podzim. Z hlediska ročního chodu atmosférických srážek se vyskytuje hlavní srážkové maximum v létě, převážně v červenci, a minimum v zimě. Stejně tomu bylo i v roce 2005. Roku 2006 bylo maximum srážek v srpnu, naopak minimum v červenci. V porovnání s roky 2005 a 2006 lze konstatovat, že srážky v letech 2001 - 2004 více kolísaly.

První sněžení je ve zkoumaných oblastech na přelomu roku 2004 / 2005 pozorováno až v polovině prosince, poslední v polovině března. Nejvyšší výška sněhové pokrývky dosahovala v první polovině března, jeho průměrná výška byla 8,7 cm. Na přelomu roku 2005 / 2006 první sníh napadl již v polovině listopadu a udržel se až do druhé poloviny března. Maximum sněhové pokrývky bylo v polovině února a jeho průměrná výška byla 22,6 cm. První sníh v roce 2006 / 2007 napadl začátkem listopadu a držel se pouze do konce února. Trvání sněhové pokrývky bylo ve sledovaných letech roku 2006 / 2007 nejkratší, stejně tak i jeho výška byla nejmenší. V průměru dosahoval do výšky pouze 1,9 cm.

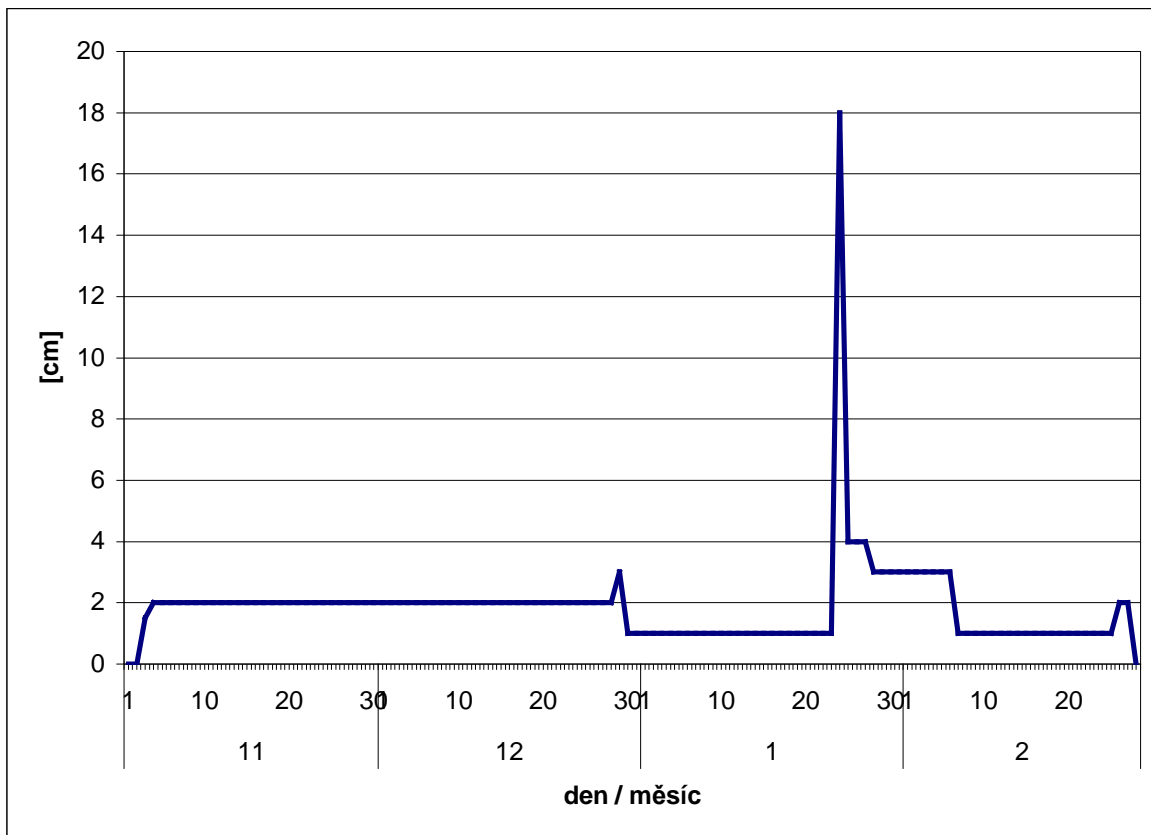
Sníh se drží na okolních stránkách zhruba 55 dnů do roka, jeho výše však bývá minimální. Na základě všech těchto uvedených klimatických předpokladů okolí sledovaných lokalit patří k teplé klimatické oblasti s mírnou zimou.



Graf 6.4.3: Výška sněhové pokrývky v roce 2004 – 2005 v zájmové oblasti. [cm]



Graf 6.4.4: Výška sněhové pokrývky v roce 2005 – 2006 v zájmové oblasti. [cm]



Graf 6.4.5: Výška sněhové pokrývky v roce 2006 – 2007 v zájmové oblasti. [cm]

6.6 Pedologická charakteristika

Půdní poměry zájmového území jsou dány různými pedogenetickými faktory, z nichž nejdůležitější je substrát (matečná hornina). Půdotvorným substrátem jsou spraše, sprašové hlíny, místy deluvia flyšových hornin.

V okolí Halenkovic jsou nejrozšířenějším půdním typem hnědozemě. Hnědozemě jsou půdy s vyvinutým illimerizačním dílčím půdotvorným pochodem, při kterém je svrchní část profilu ochuzována o jílnaté částice, které jsou prosakující vodou přemísťovány do hlubších půdních horizontů. Vyskytují se zejména na spraších a sprašových hlínách, částečně na svazích. Intenzita illimerizace je nižší než u luvizemí, takže zpravidla vzniká mělký eluviální horizont. Prooráváním je obvykle eluviální horizont zcela nebo zčásti přiorán do ornice. Vodní režim je na hranici mezi periodicky promyvným a promyvným a vede při nevýrazné texturní diferenciaci k oglejení. Výrazná kultivace může zvyšovat stupeň nasycení



Foto 7: Profil půdy na lokalitě 1
(foto: M. Hořáková, 2007)

sorpčního komplexu bazickými kationty, neutralizovat kyselost a zlepšovat kvalitu humusu. Luvické horizonty vykazují zvýšenou retenční vodní kapacitu a v suchých letech je na hnědozemích často dosahováno vyšších výnosů než na černozemích (Šarapatka 1996).

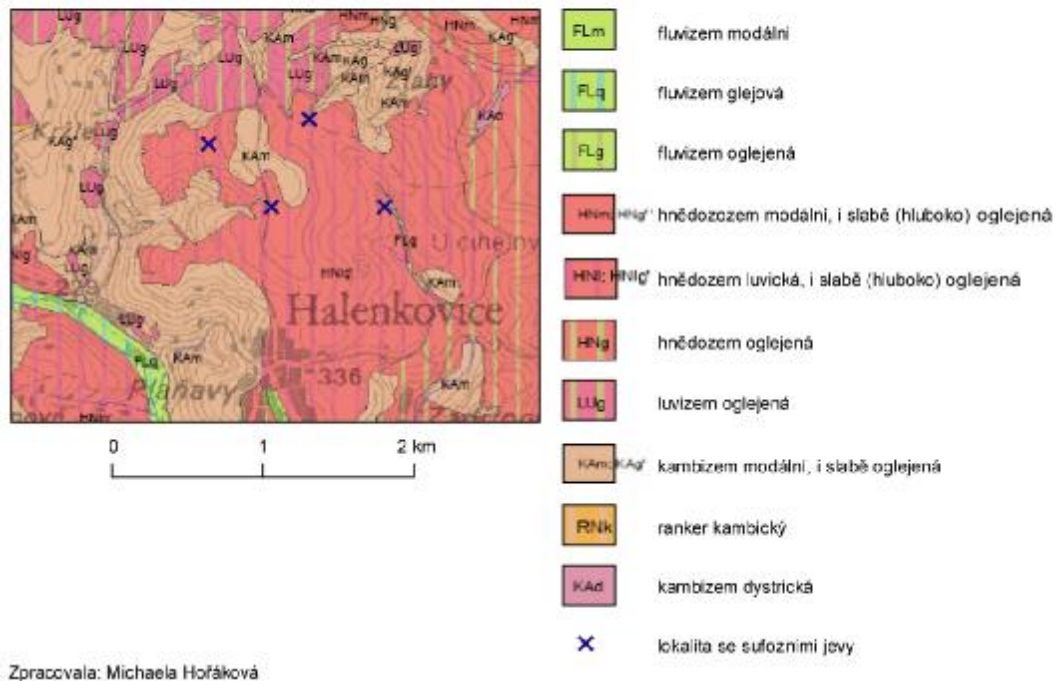
Podle půdní mapy ČR (1 : 50 000) je ve sledovaném území rozšířena hnědozem luvická, i slabě oglejená. Vyskytuje se na obhospodařovaných půdách v okolí Halenkovic.

Z. od Bohuslavic u Zlína je nejrozšířenějším půdním typem kambizem, který patří do skupiny hnědých půd. Vznikly zvětráváním karbonátových flyšových břidlic a pískovců, při kterém se po vyluhování karbonátů následně tvořily sekundární jílové minerály. K hlavním procesům při jejich tvorbě je hnědnutí. Dochází ke zbarvení horizontu hydrolyzou uvolněnými amorfními oxidy a hydroxidy železa, goethitem nebo železem bohatými komplexy (cheláty). K hnědnutí dále přistupují procesy tvorby a přeměny jílu (Šarapatka 1996).

Na sledované lokalitě v katastru Bohuslavic u Zlína se vyskytuje kambizem modální.

PEDOLOGICKÁ MAPA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

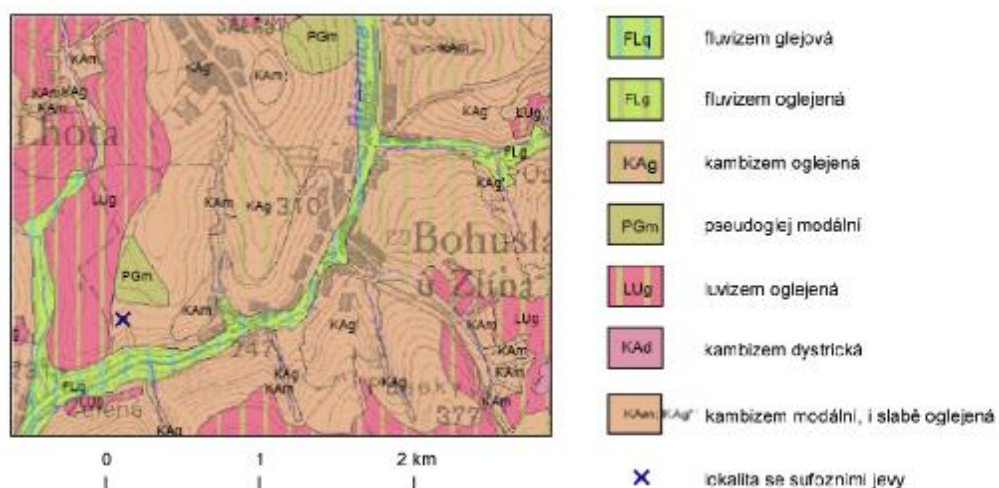
Lokalita 1 - 4



(zdroj: Půdní mapa ČR, 1 : 50 000, list 25 – 33 Uherské Hradiště)

PEDOLOGICKÁ MAPA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Lokalita 5



(zdroj: Půdní mapa ČR, 1 : 50 000, list 25 – 33 Uherské Hradiště)

7 Sufozní jevy v zájmovém území

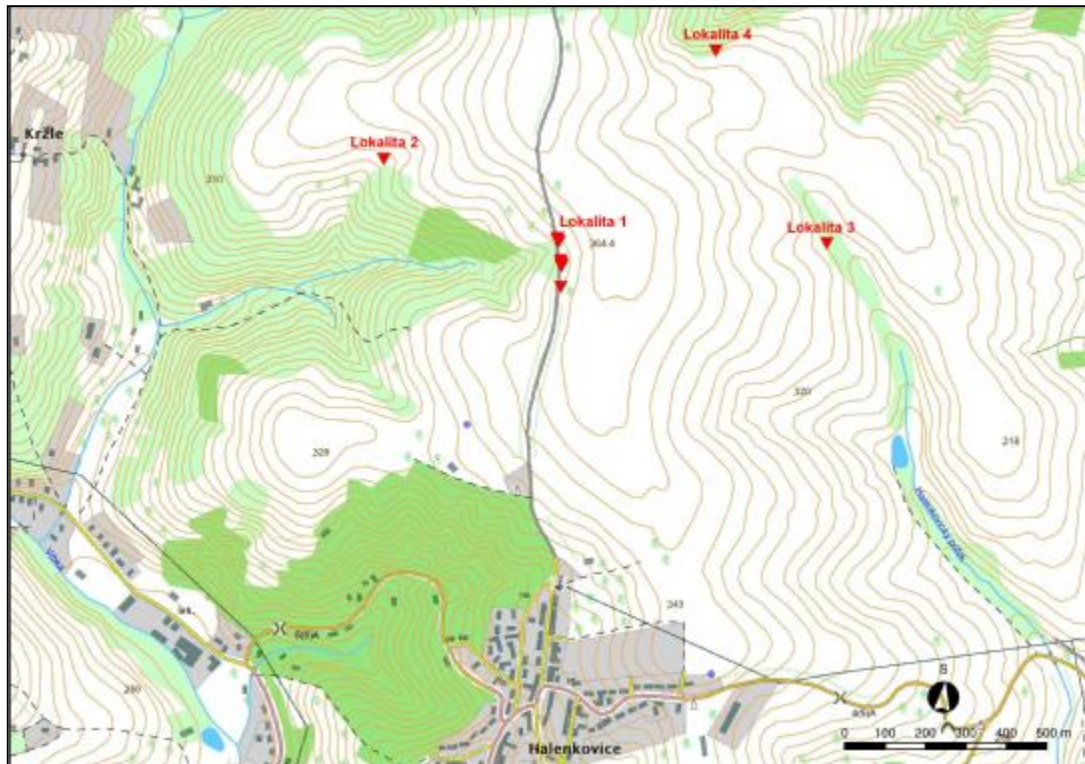
7.1 Přehled pozorovaných lokalit

Ve sledovaném území bylo pozorováno celkem 16 sufozních jevů, které jsem rozdělila podle místa jejich výskytu do pěti lokalit. Tři z nich se nachází v katastru Halenkovic, jedna v katastru Žlutavy a tři v katastru Bohuslavice u Zlína. Ke každému sufoznímu jevu jsem vytvořila pláněk, kde je pro lepší názornost jev zakreslen v několika kresbách. Pokud byl jev aktivní, tento vývoj byl v kresbách také zaznamenán.

Tab. 7.1: Přehled pozorovaných lokalit

Lokalita	Počet jevů	Místo	Pozice	Využití půdy
1	10	Halenkovice	okraj pole	obilí
2	1	Halenkovice	okraj pole	obilí
3	1	Halenkovice	okraj pole	obilí
4	1	Žlutava	hranice lesa	buko-dubový les
5	3	Bohuslavice u Zlína	strž	smíšený les
Jevů celkem	16			

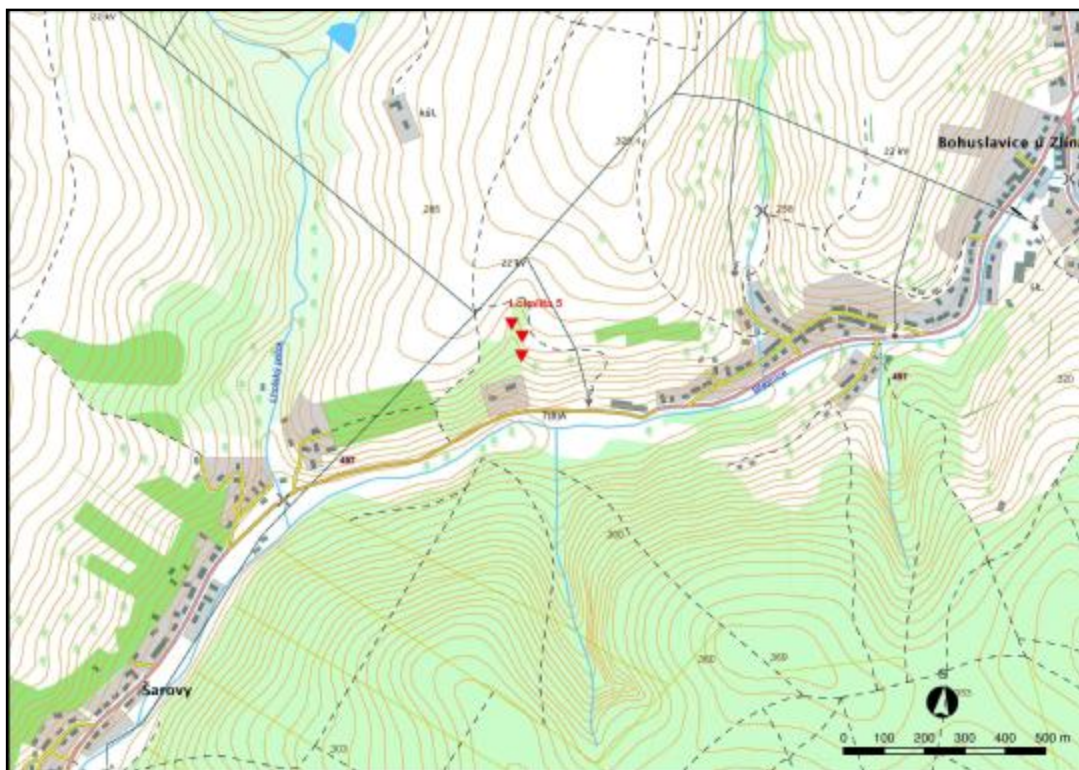
Lokality 1 – 4 se vyskytují s. od Halenkovic. Reliéf v s. okolí Halenkovic má charakter ploché vrchoviny tvořený paleogenními jílovci a pískovci račanské a žďánické jednotky z části překryté spraší (Demek 1987). Reliéf je rozčleněn pravostrannými přítoky řeky Moravy (Vrbka, Halenkovický potok) do několika plochých hřbetů. Lokality se nachází na okrajích pole s. od Halenkovic.



Obr. 7.1: Pozorované lokality v okolí Halenkovic a Žlutavy

Lokalita 5 se nachází v katastru Bohuslavic u Zlína, z. od obce, cca 420 m v. od Šarov. Reliéf z. od Bohuslavic u Zlína má charakter zvlněné pahorkatiny a je tvořený flyšovými horninami zlínských vrstev račanské jednotky magurského příkrovu (Demek 1987). Je rozčleněn zaříznutými levostrannými přítoky řeky Moravy (Březnice a jejich přítoků) do několika výrazných hřbetů.

Výskyt sufozních jevů se nachází ve strži o sklonu 60 – 80 °, cca 100 m s. směrem od silnice z Bohuslavic u Zlína do Šarov. Příkré svahy strže jsou v její horní části porostlé smíšeným lesem. Horní okraj strže leží v nadmořské výšce 280 m n.m., údolní dno v 267 m n.m. Dno strže je po většinu roku suché nebo je protékáno jen v době tání sněhu a během intenzivnějších dešťů. Výplň dna je tvořen hlinitou sutí. Vlivem eroze půdy na svazích docházelo na dně k akumulaci.



Obr. 7.2: Pozorovaná lokalita v okolí Bohuslavic u Zlína

7.2 Dokumentační deník sufozních jevů

Sufozní jevy byly pozorovány od října 2005 do května 2007. Na lokalitě 1 a 3 byla v červnu 2007 pořízena fotodokumentace. V dokumentačním deníku jsou zaznamenány změny, které nastaly v průběhu mého pozorování, terén jsem ale navštěvovala při každých dešťových srážkách na sledovaném území.

V tabulce je uvedena poloha jednotlivých sufozních jevů a datum jejich změn. Proto se už tyto údaje v popisu jednotlivých jevů znovu neopakují. Byla měřena délka, šířka a hloubka, dále sklon nad i pod sufozním jevem.

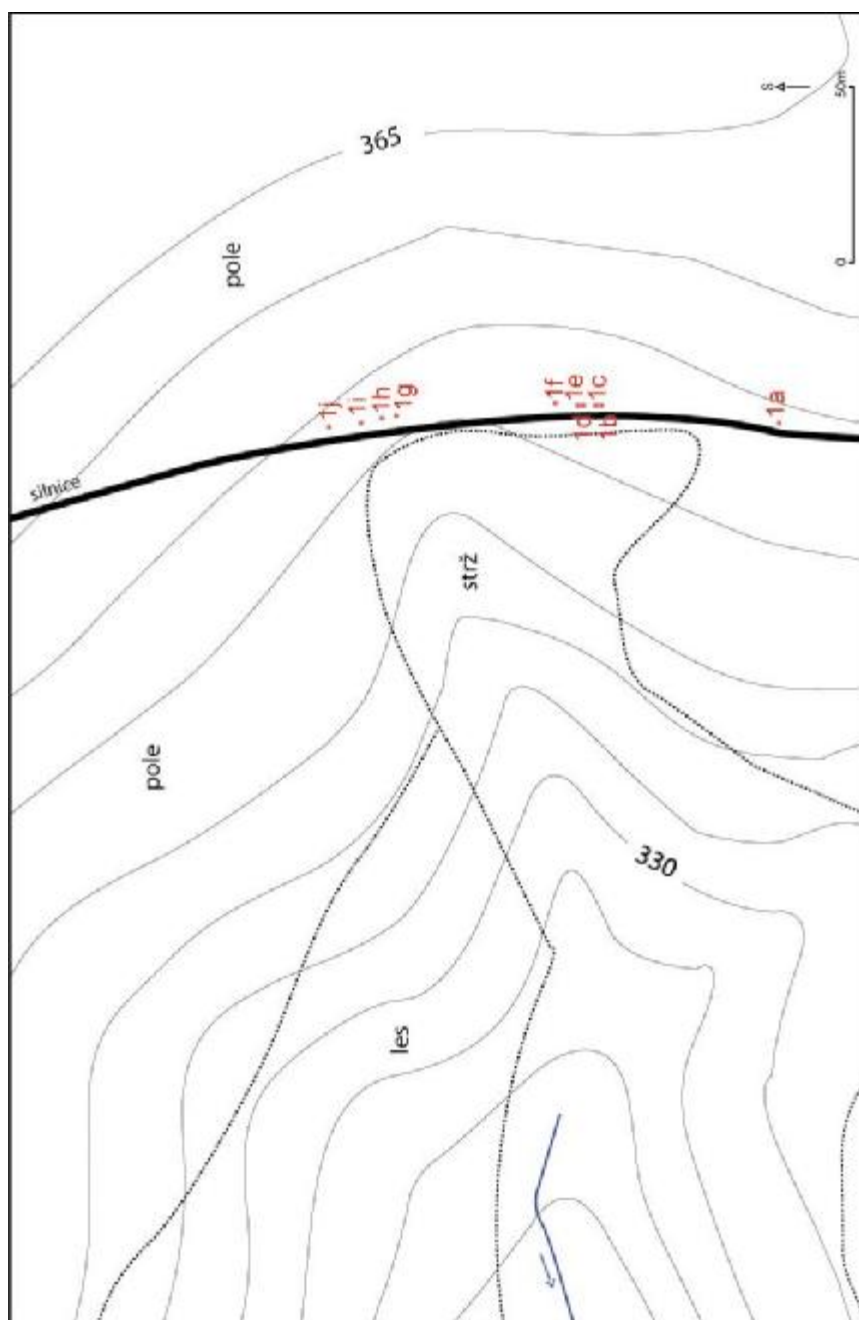
Pro charakteristiku sufozních jevů jsem podle Kirchnera (1981) zvolila názvy závrty (povrchová sníženina různé velikosti a tvaru) a dutina (podpovrchový tvar různé velikosti a tvaru).

Tab. 7.2.1: Poloha a zaznamenané změny sufozních jevů

Lokalita	Jev	Poloha [°]		Pozorování říjen 05 – květen 07		
		X	Y	1. měření	1. změna	2. změna
1	a	49,18332	17,47242	28.10.05	8.4.06	-
1	b	49,18391	17,47233	8.4.06	21.10.06	19.2.07
1	c	49,18440	17,47215	8.4.06	21.10.06	-
1	d	49,18378	17,47238	8.4.06	21.10.06	-
1	e	49,18380	17,47238	21.10.06	19.2.07	-
1	f	49,18384	17,47236	8.4.06	21.10.06	19.2.07
1	g	49,18431	17,47220	8.4.06	-	-
1	h	49,18434	17,47218	8.4.06	-	-
1	i	49,18438	17,47218	8.4.06	-	-
1	j	49,18442	17,47219	8.4.06	-	-
2	a	49,18578	17,46602	28.10.05	4.5.06	-
3	a	49,18890	17,47690	28.10.05	8.4.06	4.5.06
4	a	49,18486	17,48129	28.10.05	-	-
5	a	49,15705	17,61903	29.10.05	-	-
5	b	49,15747	17,61899	29.10.05	23.10.06	-
5	c	49,15774	17,61860	29.10.05	-	-




Lokalita 1






Všechny uvedené sufozní jevy na lokalitě 1 se nachází nedaleko od sebe. Vyskytují se podél pravého okraje silnice do Žlutavy, na okraji pole. Vznikly na travnaté mezi v nadmořské výšce 345 – 348 m. V místě výskytu sufozních tvarů rostou švestky a místy šípkové keře. Na poli se pěstuje obilí. Sklon k sufozním objektům je 10° , kde povrchový tok se zpomalil o vegetační kryt o sklonu do 2° a umožnil důkladné zasáknutí srážkové vody.



Obr. 7.2.1: Schéma půdorysu lokality 1

Vysvětlivky

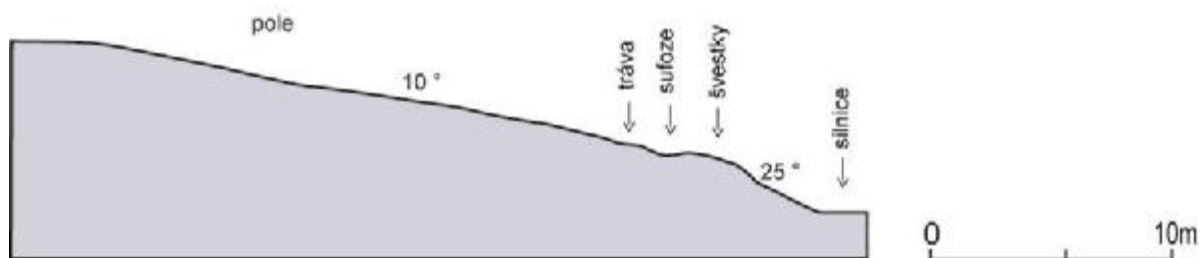
	spraš
	ornice
	podloží

	okraj jevu při prvním měření
	podzemí
	1. změna*
	2. změna*
	osa

pozn.: horizontální měřítko odpovídá měřítku vertikálnímu

* zakreslená v půdorysech průběhu změn

Profil lokality 1



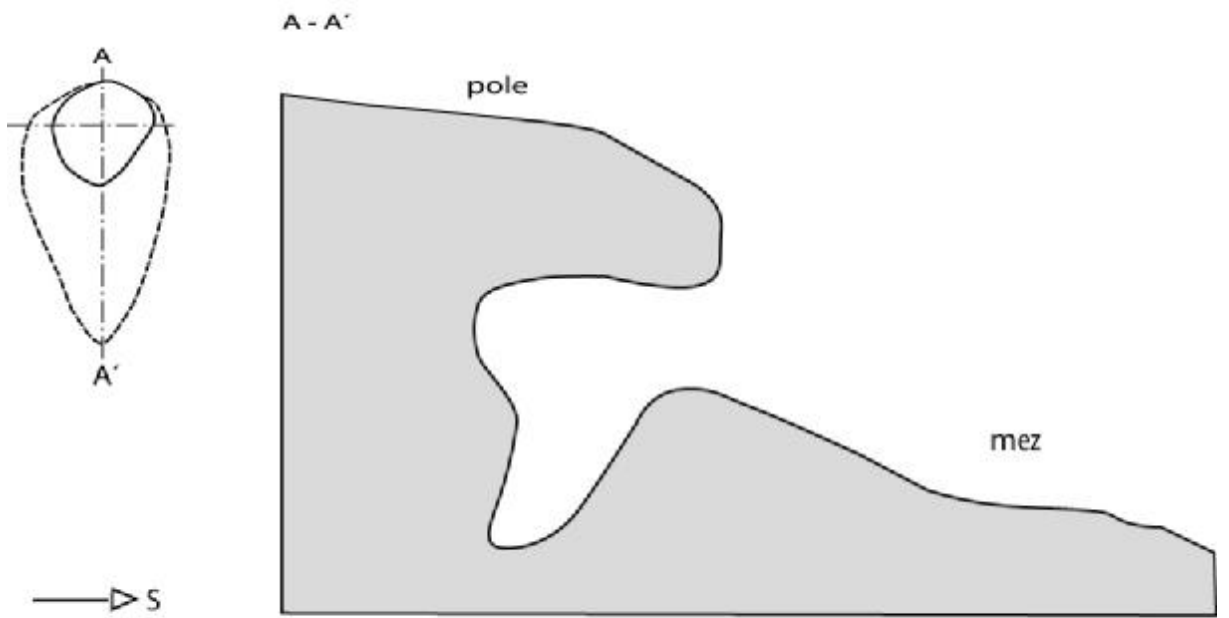
1a

Jev *1a* se nachází asi 500 m s. od Halenkovic, v nadmořské výšce 349 m na okraji pole u silnice. Při prvním měření se jednalo o sufozní dutinu oválného průřezu, jejíž rozměry byly u otvoru 0,23 x 0,18 m. Pokračovala horizontálním směrem a rozšiřovala se až na 0,47 m. Nacházela se v hloubce 0,3 m.

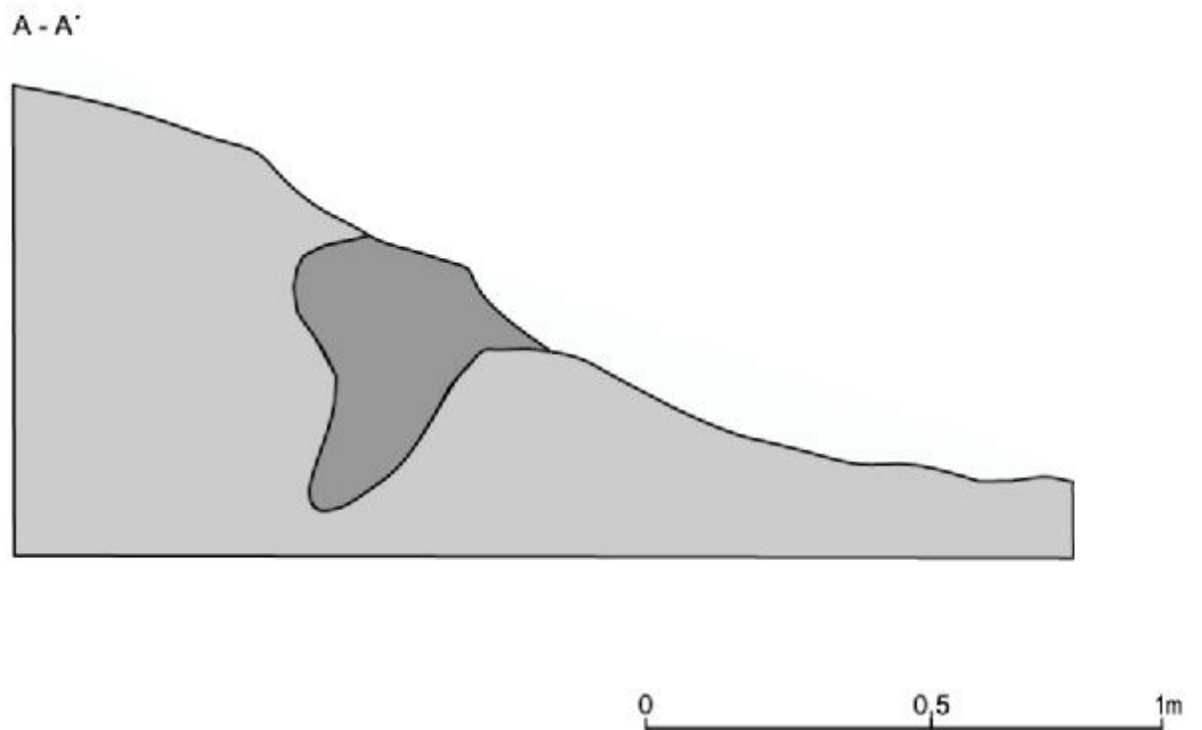
Při dalším měření byl ale strop dutiny propadlý. Jev se dále vyvíjí jako eroze. Časové trvání etapy nelze určit, neboť iniciální působení sufoze nebylo podchyceno.

1a

28.10. 2005



8.4.2006



1b

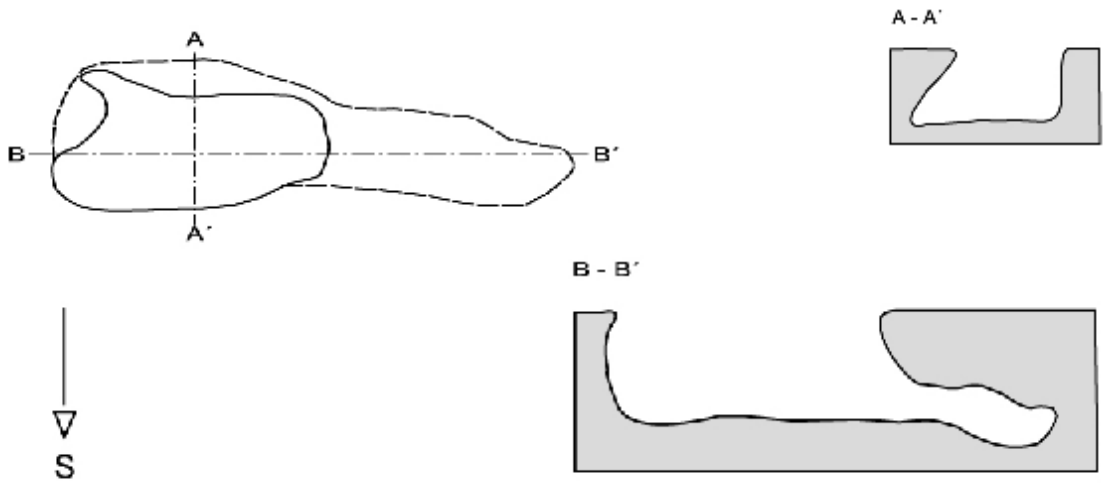
Sufozní jev se nachází cca 50 metrů s. od *1a*, na okraji pole u silnice. V nadmořské výšce 347 m je vytvořen sufozní závrt (pokles terénu) mísovitého tvaru s nepravidelným půdorysem délky 1,97 m, šířky 1,11 m a hloubky 0,76 m. U dna se nachází dutina téměř kruhového půdorysu, která dále pokračuje pod zemí směrem k silnici. Její podzemní délka byla 1,73 m.

Při druhém měření jsem pozorovala aktivitu. V místě průběhu podzemní dutiny došlo k propadnutí stropu. Vytvořil se další závrt vanovitého tvaru. Délka je 1,25 m, šířka 0,75 m, hloubka 0,6 m. Je zde opět vytvořená dutina rourovitého tvaru, která vede směrem k silnici ve sklonu 10 °. Délka ani hloubka původního závrtu se nezměnila. Tvar je na bočních stranách stírán erozní činností vody. Dno druhého závrtu je kryto vrstvou listí a napadaných švestek, které v okolí sufozních tvarů rostou. Oba závrtu od sebe odděluje předěl 0,7 m široký, který je o 0,2 m nižší než je úroveň okolních okrajů závrtu.

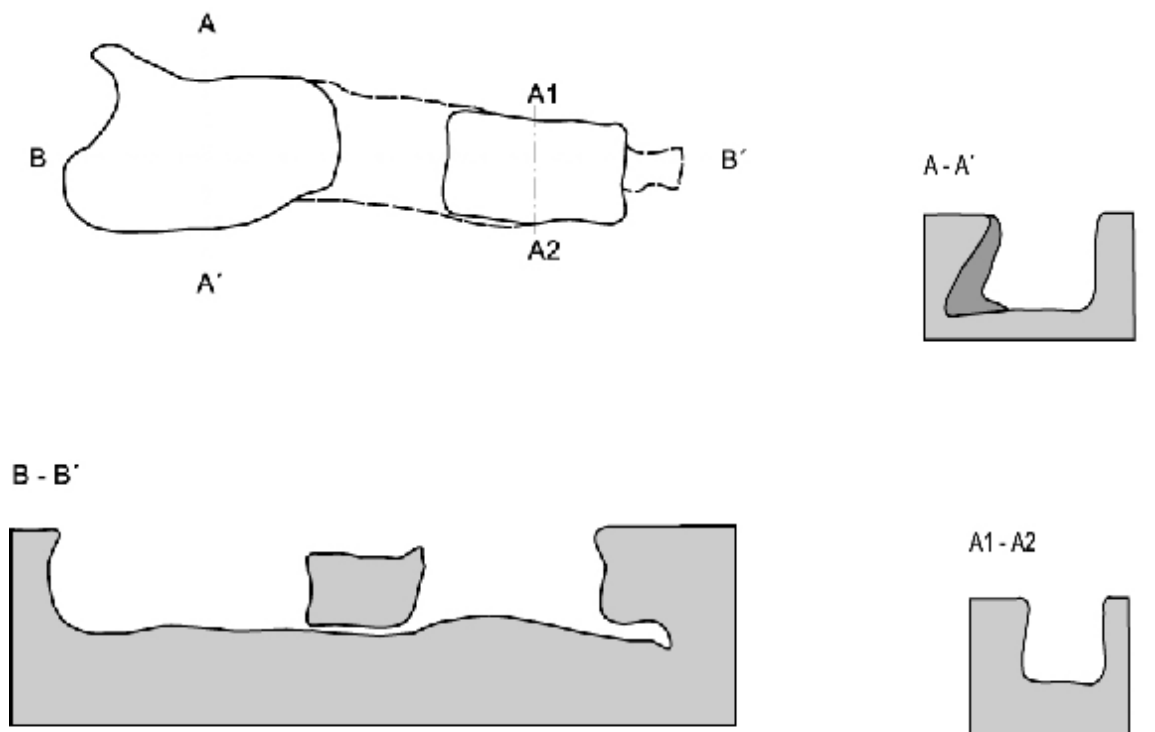
Při třetím měření ale k žádným změnám nedošlo, tvar je stírán boční erozí a došlo jen k otevření vývodu u silnice. Jev se v dalším průběhu mého měření dále nevyvíjí, vyplavený materiál je porostlý trávou.

1b

8.4.2006



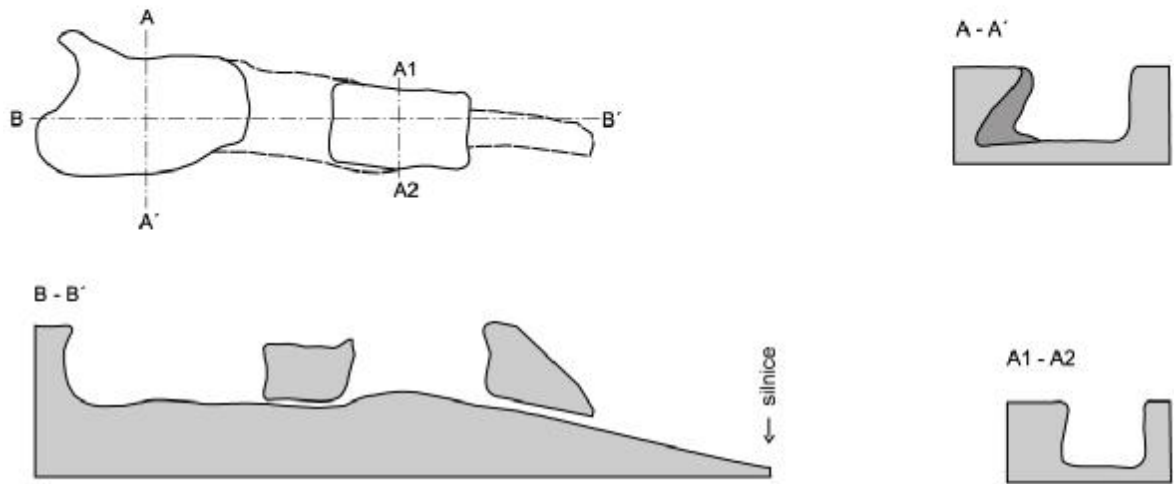
21.10.2006



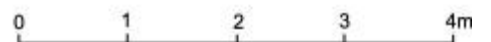
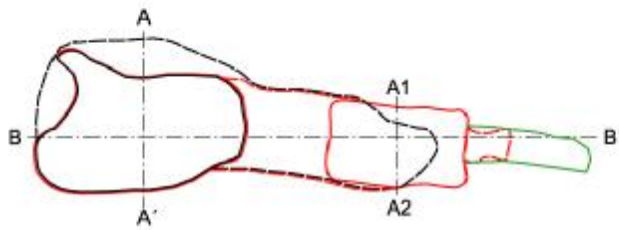
0 1 2 3 4m

1b

19. 2. 2007



Průběh změn v letech 2006 - 2007 (půdorys)



Ic

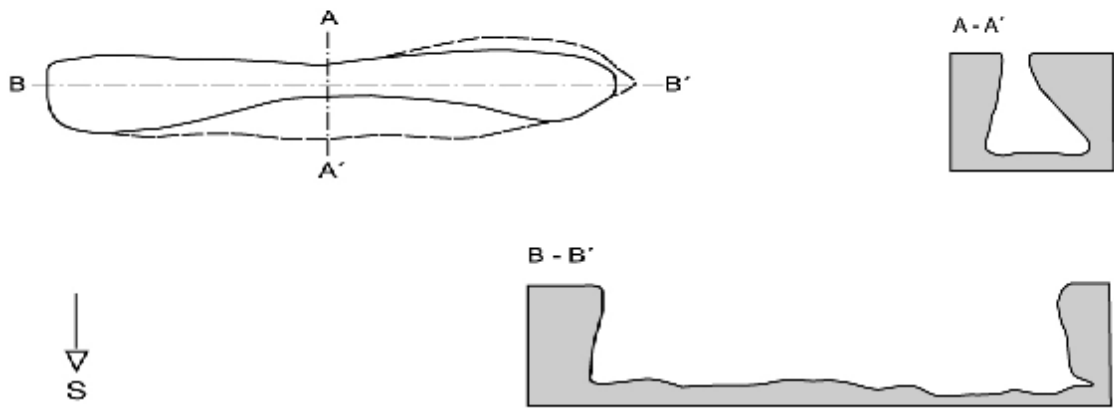
O 1,6 m s. od *Ib* se vytvořil sufozní závrt (347 m) protáhlého tvaru. Jeho délka je 3,82 m, šířka ve střední části je 0,25 m, směrem k oběma stranám se rozšiřuje a největší šířka je 0,66 m. Hloubka je 0,96 m. Po jeho stranách rostou švestky. Dno je bez vegetace. Je velmi pravděpodobné, že v předchozích letech v těchto místech byla vytvořena podzemní dutina, která se na jaře roku 2006 propadla.

Při druhém měření nedošlo k žádným změnám, jen se zmenšila jeho hloubka na 0,7 m. Na jedné straně u pole byl tvar porušován orníci, ta se vyskytovala i na dně sníženiny.

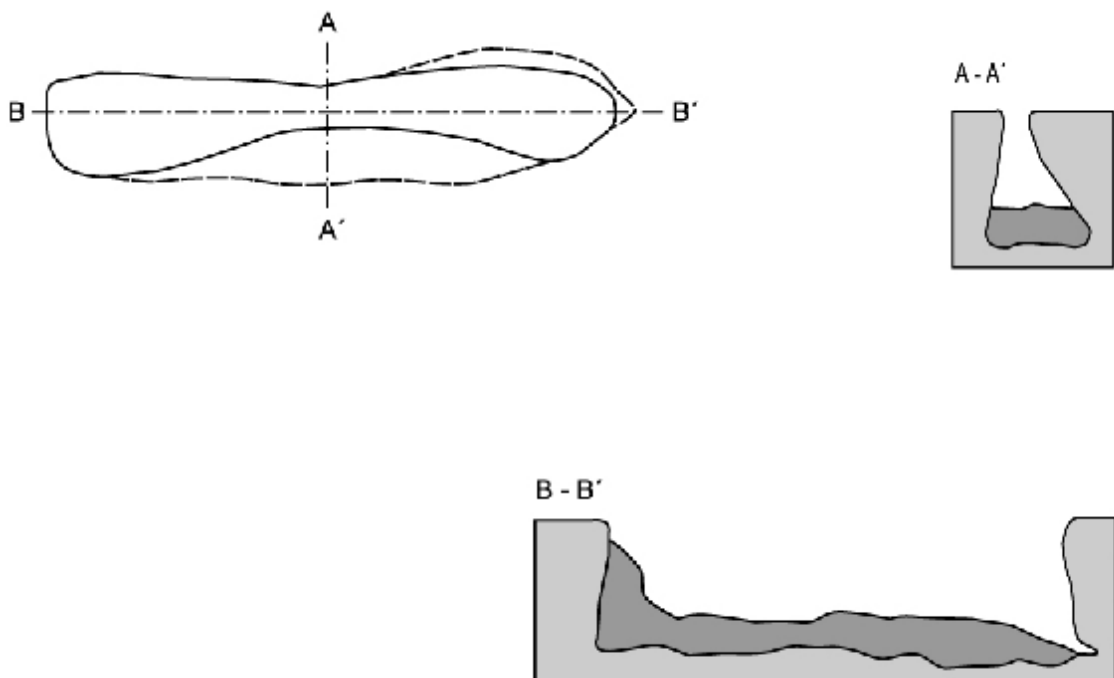
Při dalším měření nedošlo ke změně tvaru. Sufozní tvar je stírán povrchově tekoucí vodou z pole, další jiný vývoj již zaznamenán nebyl.

1c

8.4.2006



21.10.2006



0 1 2m

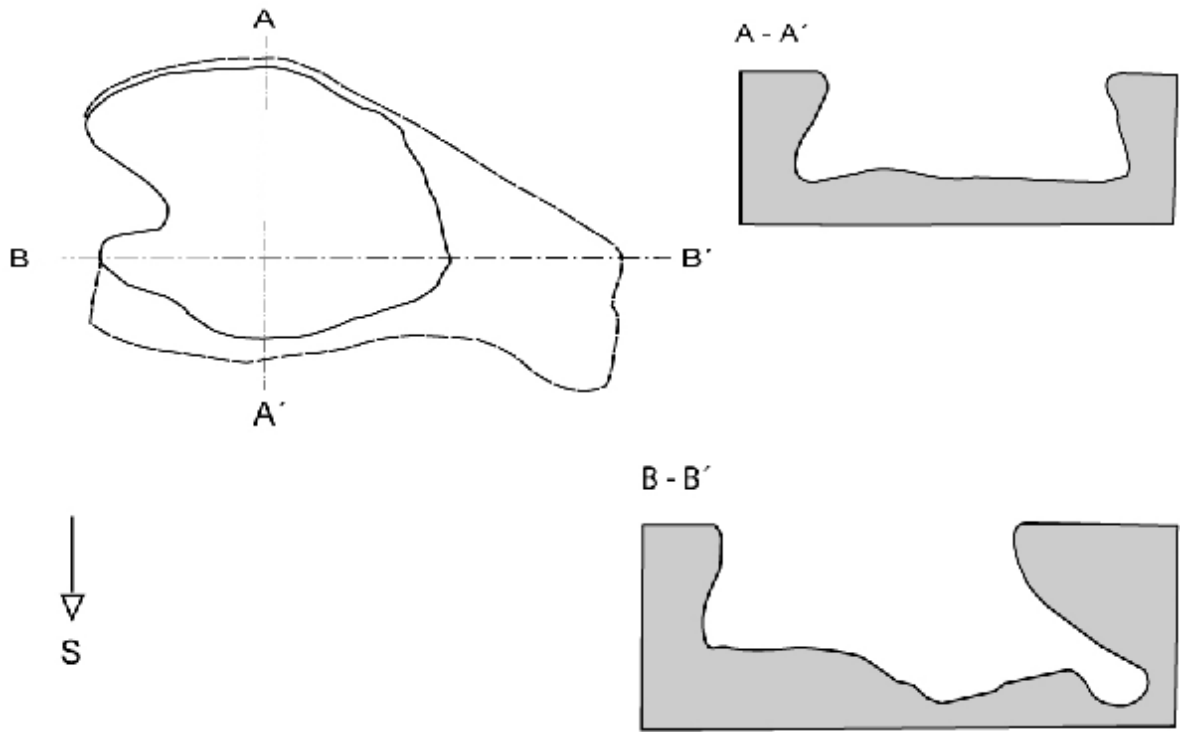
1d

O 5 m s. směrem na okraji pole se nachází sufozní tvar v nadmořské výšce 347 m. Při prvním měření se jednalo o závrť nepravidelného tvaru. Jeho rozměry jsou: 2,10 m na délku, 1,99 m na šířku. Hloubka ve střední části dosahovala rozměru 0,77 m, v zadní části (směrem k silnici) se svažovala až na 1,00 m, kde byla pozorována dutina, která dále pokračovala v délce 0,96 m stejným směrem.

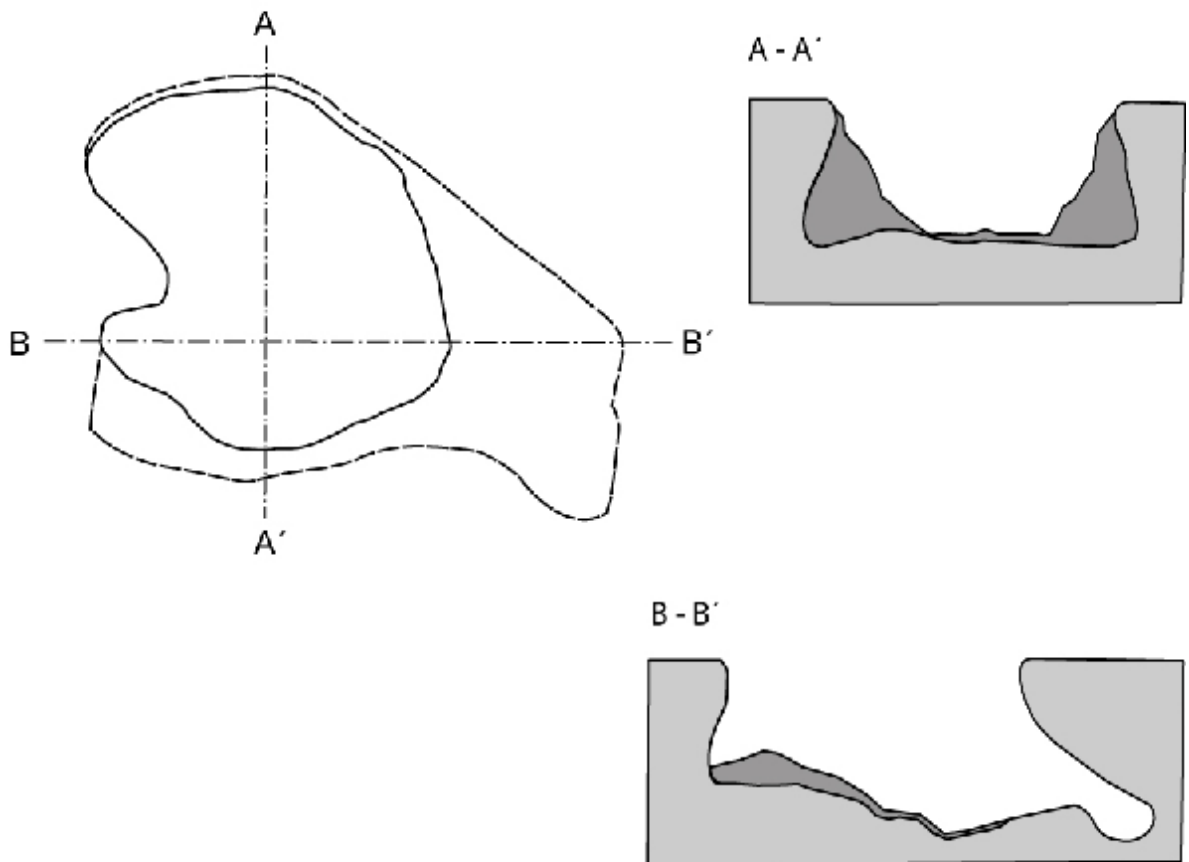
Při dalším měření nedošlo k žádným změnám, sufozní tvar byl porostlý trávou a z toho je patrné, že se dále již nevyvíjí. Při pozorování v únoru 2007 došlo ke stírání tvaru fyzikálním zvětráváním a vodní erozí.

1d

8.4.2006



19.2.2007



0 1 2m

1e

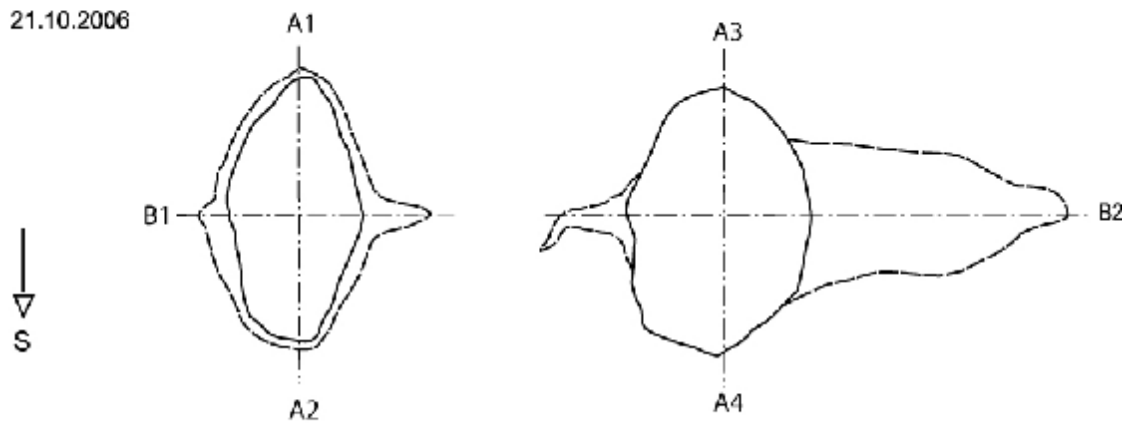
Od *1d* s. směrem pokračuje na okraji pole rozsedlina, kde je možné předpokládat podzemní dutiny. Strop těchto podzemních dutin není dost pevný, na mnohých místech jsou viditelné sufozní dutiny oválných průřezů.

Dvě mladé, vertikální sufozní dutiny dosahují malých, téměř shodných rozměrů. Odděluje je od sebe předěl dlouhý 0,52 m. První z nich je dlouhá 0,53 m, široká 0,26 m, v nejnižší části u dna je široká 0,33 m a dosahuje hloubky 0,88 m. Druhá, která je umístěna o 0,52 m dál směrem k silnici, je dlouhá 0,55 m, široká 0,37 m a její hloubka je 0,52 m. U dna pokračuje podzemní dutinou dlouhou 0,18 m směrem k prvnímu sufoznímu tvaru. Na protější straně u dna je dutina dlouhá 0,51 m a široká 0,26 m. Na průřezu mají obě oválný tvar.

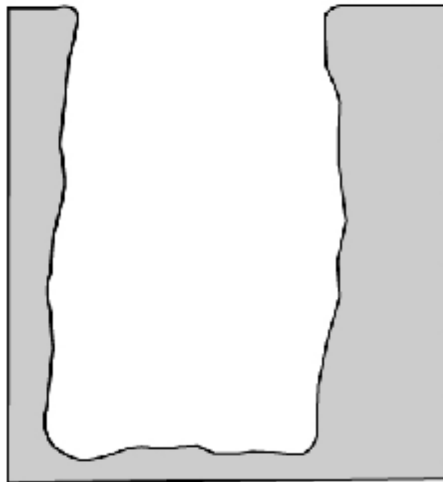
Při dalším měření se tvary sufozních dutin změnilly. První z nich byla dlouhá 0,59 m, široká 0,32 m a její hloubka se výrazně zmenšila na 0,42 m. Je to způsobené tím, že sufozní jev je porušován i povrchově tekoucí vodou a touto cestou se sem dostala i ornice. V její zadní části směrem k druhému sufoznímu tvaru pokračovala vertikálním směrem až do hloubky 0,88 m, což byla její původní hloubka. Druhý sufozní tvar se taky změnil. Jeho šířka je 0,58 m, délka 0,37 m a zvětšila se jeho hloubka na 0,63 m. Sufoze je zde aktivní, proto je nutné další sledování těchto dutin.

1e

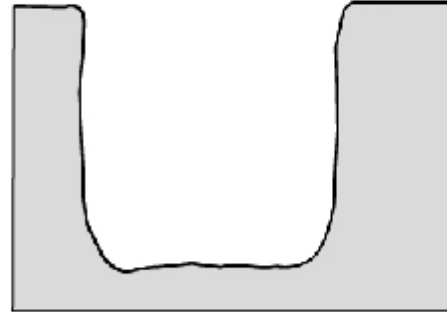
21.10.2006



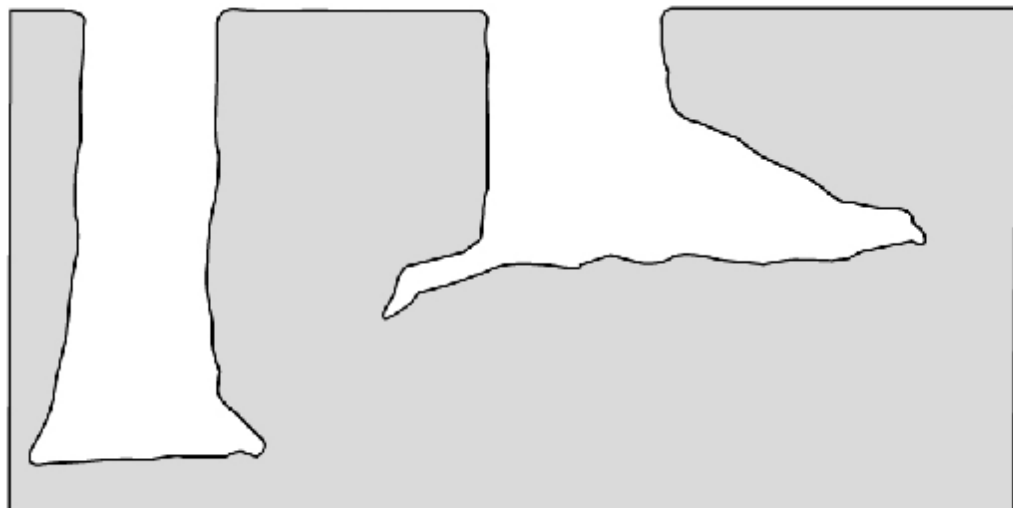
A1 - A2



A3 - A4



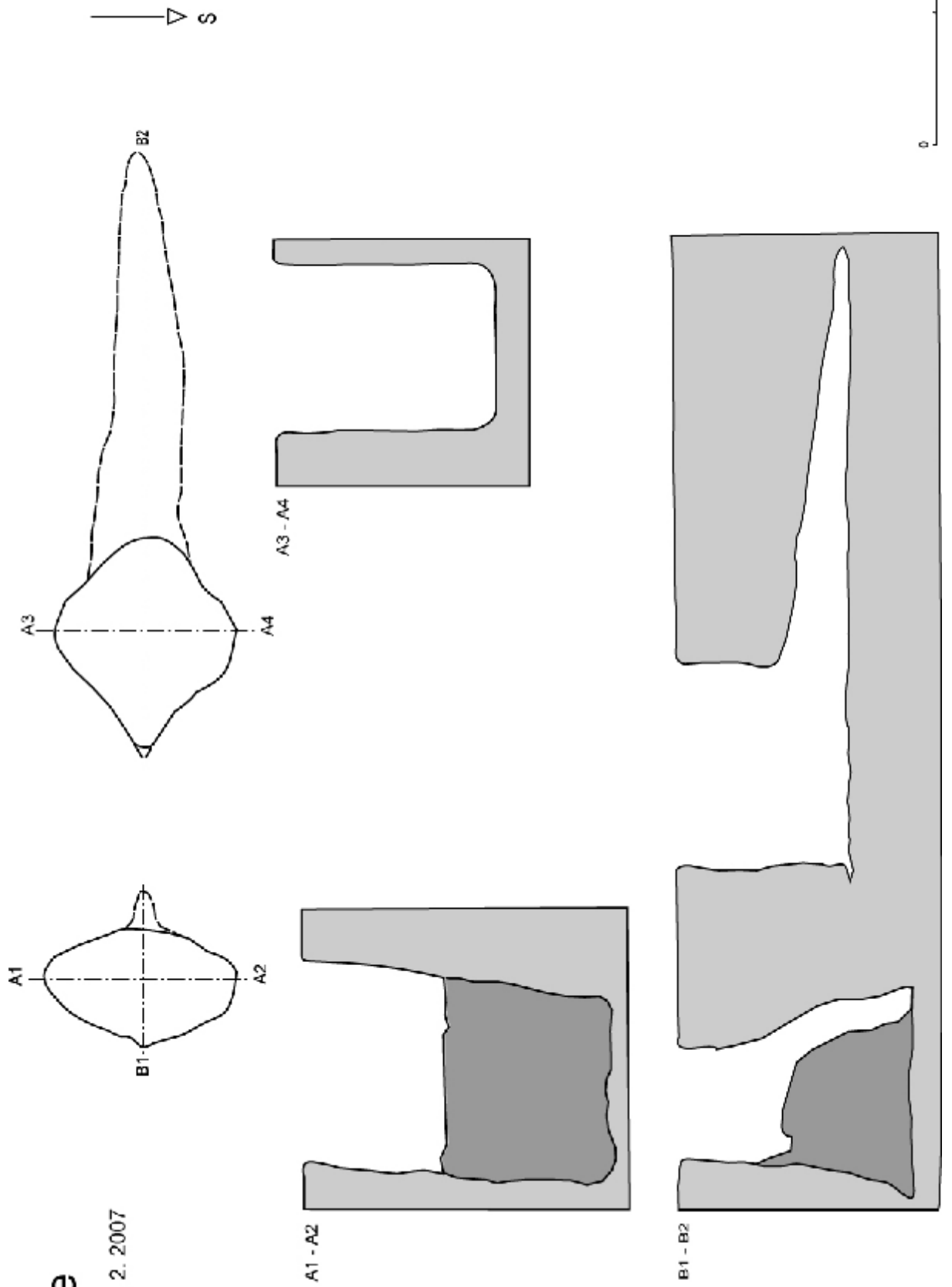
B1 - B2



0 1m

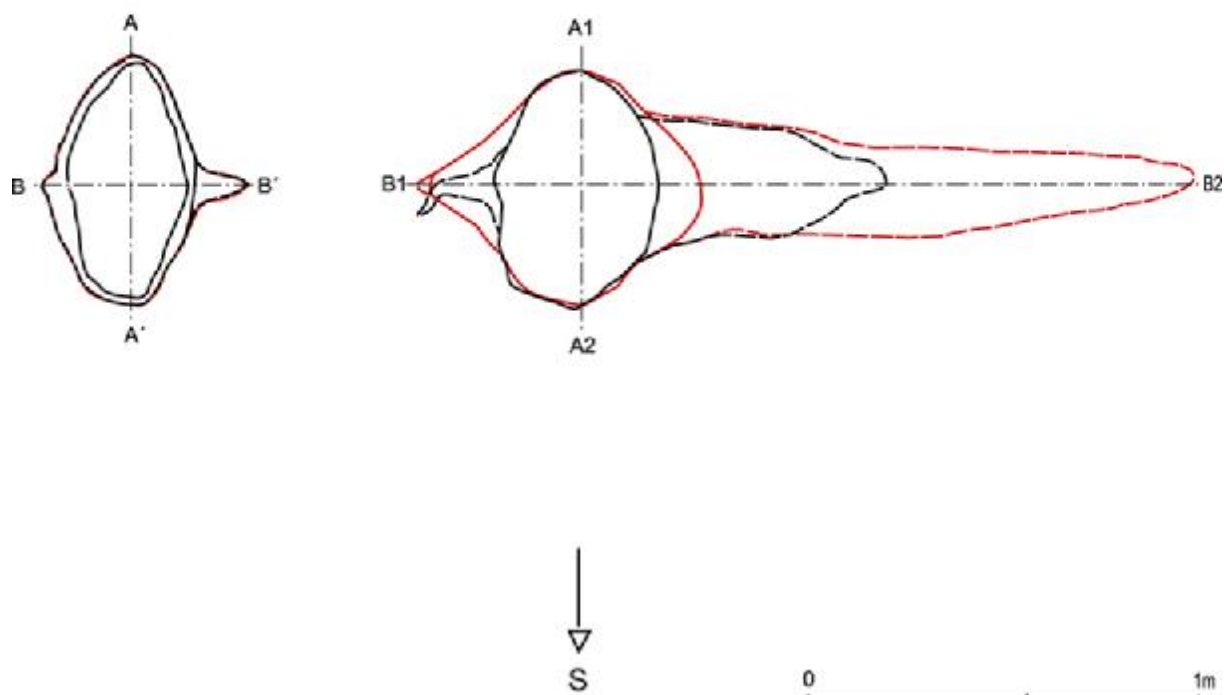
1e

19. 2. 2007



1e

Průběh změn v letech 2005 - 2006



1f

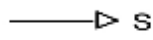
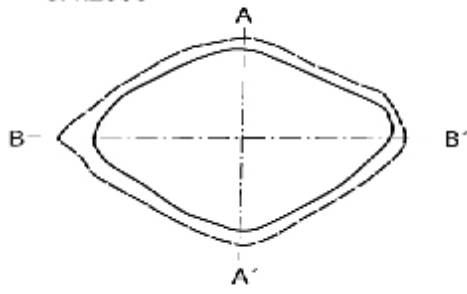
Sufozní tvar se nachází o 8 m s. od *1e*. Zde byla opět zaznamenána aktivita. Při prvním měření byl pozorován sufozní závrť téměř kruhového tvaru. Jeho největší délka je 1,05 m, šířka 0,83 m a hloubka byla 0,85 m.

Ve druhé fázi vývoje se rozměry závrťu lišily. Délka i šířka se zvětšily, naopak hloubka se zmenšila. Délka 1,26 m, šířka 1,10 m, hloubka 0,68 m, ve směru sklonu 10 ° hloubka 0,75 m. U dna byla pozorovatelná dutina kruhového tvaru.

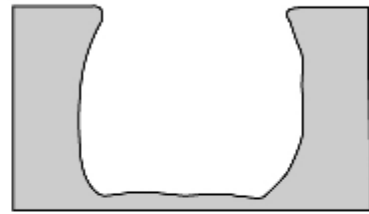
Při třetím měření došlo také k nepatrným změnám, kdy se hloubka dna srovnala na 0,68 m.

1f

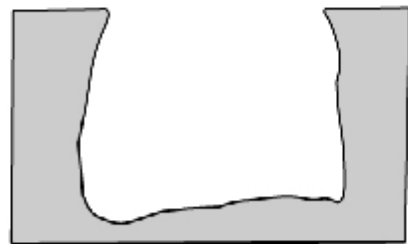
8.4.2006



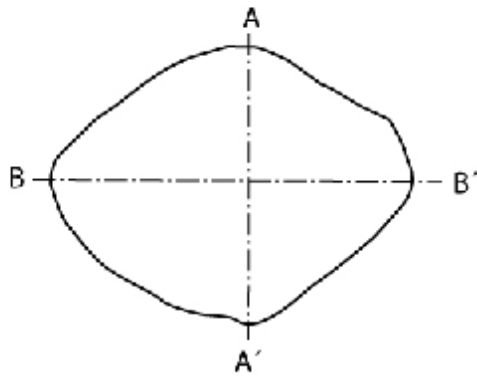
A - A'



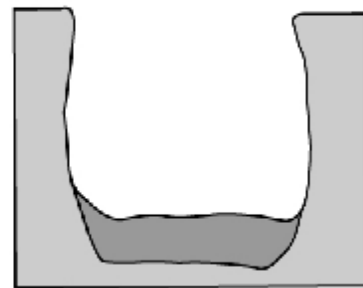
B - B'



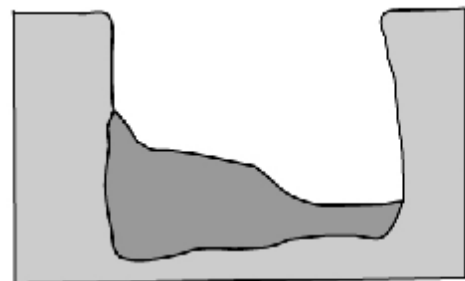
21.10.2006



A - A'

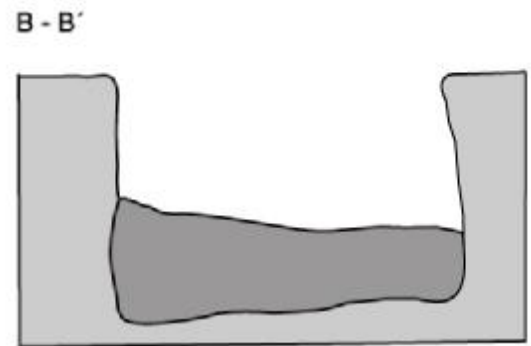
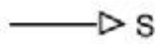
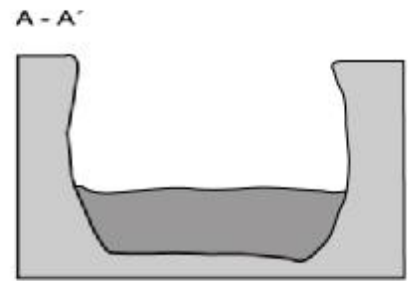
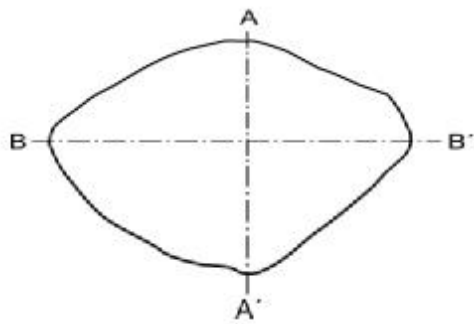


B - B'

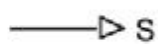
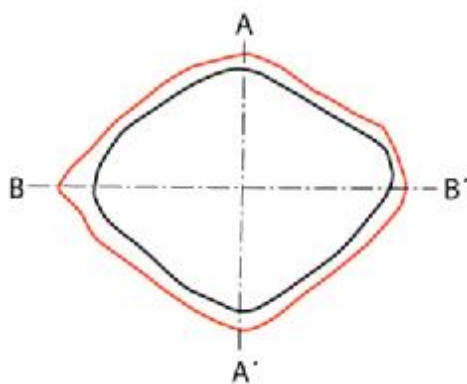


1f

19. 2. 2007



Průběh změn v letech 2006 - 2007



0 1m

Ig

45 metrů s. od *If* se na okraji pole vyskytuje závrť, který leží v nadmořské výšce 346 m. Je zde pozorovatelná dutina, která vyúsťuje na povrch ve vzdálenosti 2,3 m od silnice. Během mého pozorování jsem změny ve tvaru sufozní dutiny nezaznamenala.

Jedná se o dutinu téměř kruhového tvaru, která se nachází v depresi v hloubce 1,5 m o rozměrech 0,31 m x 0,52 m a sahá do hloubky 2,25 m horizontálním směrem k silnici, kde vyúsťuje na povrch. V okolí dutiny je deprese, kde pravděpodobně došlo k propadnutí stropu. V současné době je tvar stírán erozní činností vody a mechanickým zvětráváním.

Ih

O 4 metry s. podél hrany pole se nachází závrť protáhlého nepravidelného tvaru (347 m), u které v průběhu mého měření nebyl zaznamenán vývoj.

Jeho délka je 2,81 m, šířka 1,11 m. V hloubce 1,12 m se nachází otvor, který má rozměry 0,36 m x 0,48 m a sahá do hloubky 0,71 m. Celý sufozní tvar je zarůstán kopřivami.

Ii

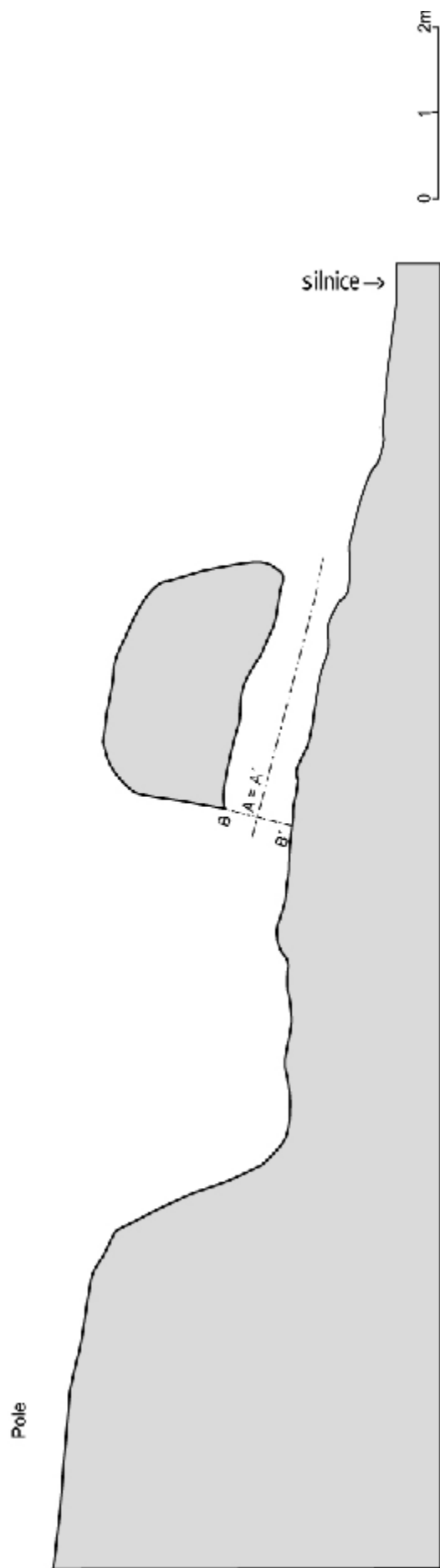
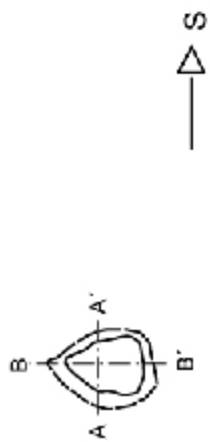
O 6 metrů s. směrem od *Ih* byla zaznamenána sufozní dutina mísovitého typu s okrouhlým půdorysem, u které nebyla zaznamenána aktivita. Leží v nadmořské výšce 348 m. Její rozměry jsou: délka 0,63 m, šířka 0,58 m, která se ve spodní části zvětšuje až na 1,18 m a hloubka je 0,68 m. U dna dutina pokračuje délkou 0,73 m. Dno je porostlé mechem.

Ij

Cca 9 metrů s. *Ii* se nachází závrť protáhlého tvaru. Jeho delší osa má rozměry 5,1 m, kratší 1,97 m. Hloubka je 1,15 m. U dna jsou v jeho delší ose po obou stranách otvory, které vedou směrem k cestě. Třetí otvor směřuje na druhou stranu do pole. Po dobu mého měření vývoj zaznamenán nebyl.

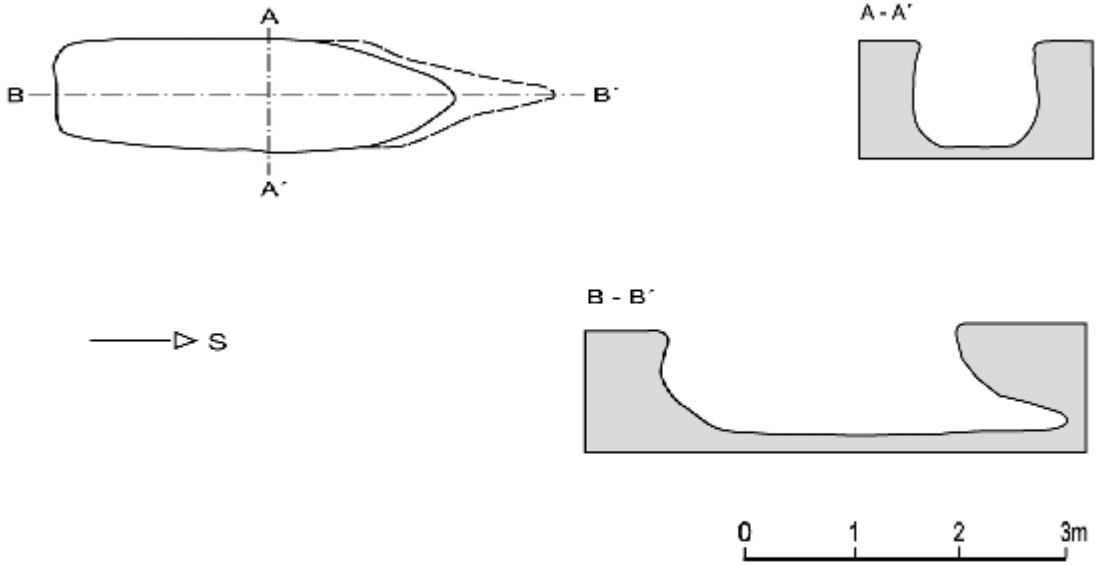
1g

8. 4. 2006



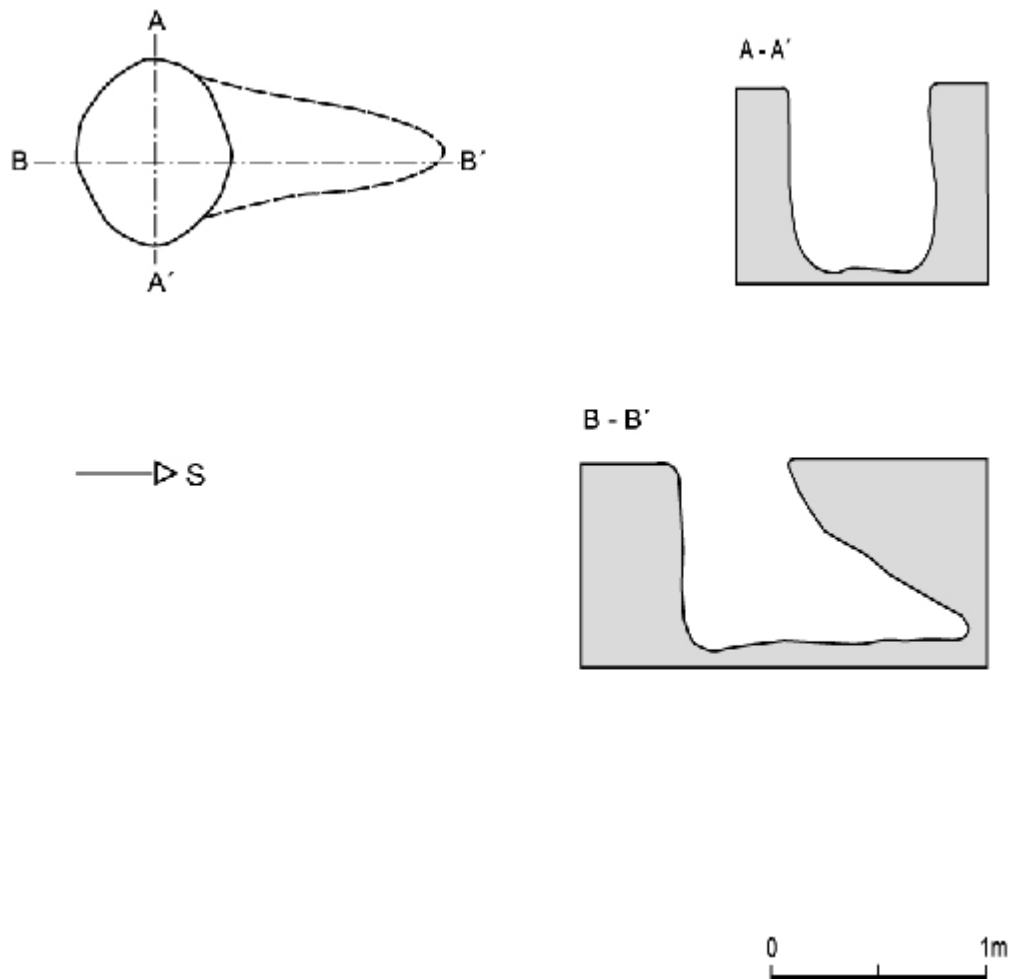
1h

8.4.2006



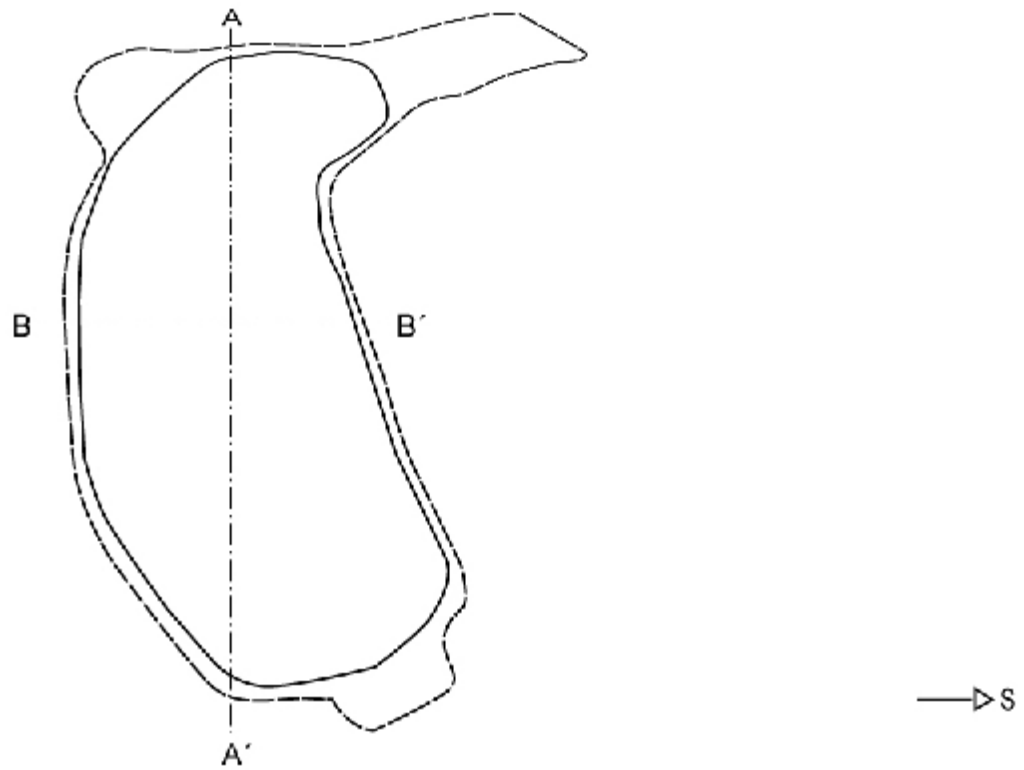
1i

8.4.2006



1j

28. 10. 2005



A - A'



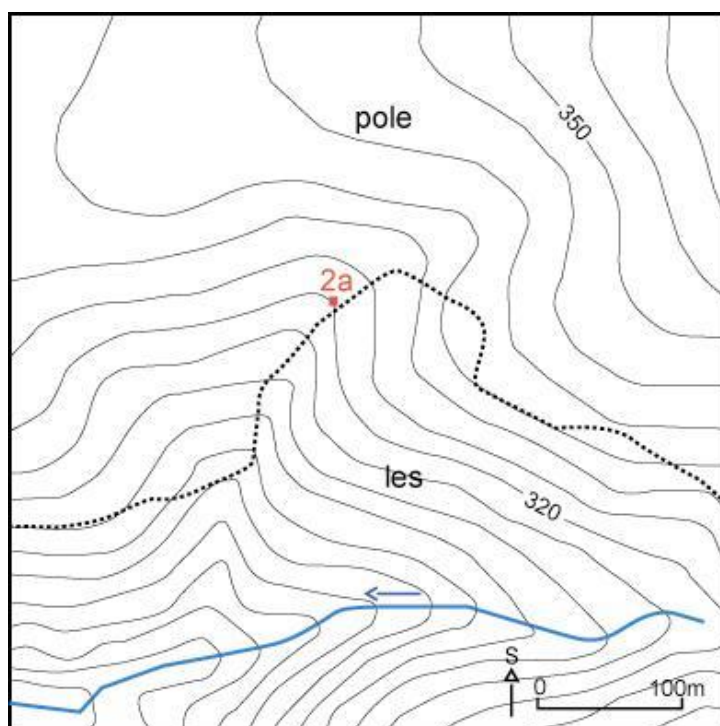
B - B'



0 2m

Lokalita 2

Lokalita 2 se nachází asi 1 km sz. od s. okraje Halenkovic. Leží v nadmořské výšce 322 m n.m. Nachází se na okraji pole, kde se pěstuje obilí. Sklon nad sufozním jevem je cca 10 °. A sklon pod sufozním jevem je cca 70 °, kde po stranách strže roste smíšený les. Údolní dno leží v hloubce 3,5 m, v nadmořské výšce cca 319 m a je protaženo ve směru SV – JZ.



Obr. 7.2.2: Schéma půdorysu lokality 2

2a

V době mého pozorování byla provedena měření, která zachytila vývoj sufozního tvaru, iničiální působení sufoze ale nebylo podchyceno.

Při prvním měření byla zaznamenána podzemní dutina okrouhlého průřezu, která měla rozměry 0,3 m x 0,25 m a rozšiřovala se na 0,9 m. Její hloubka byla 1,47 m. Nad samotnou dutinou byl nalezen na poli zásak povrchově tekoucí vody a četné erozní rýhy.

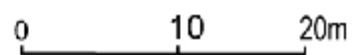
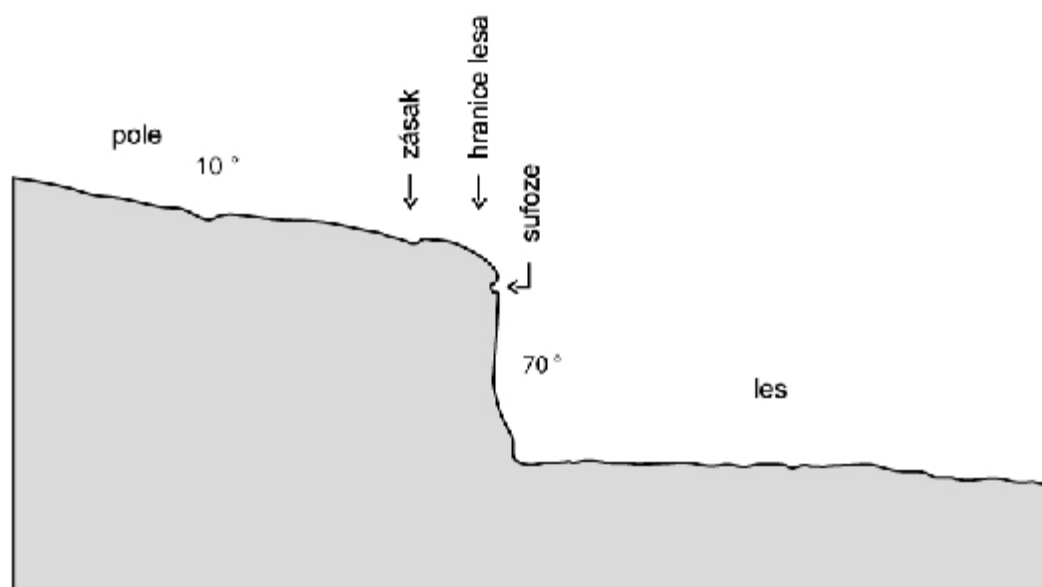
Při druhém měření byl strop dutiny propadlý. Mocnost stropu před propadnutím byla 1,75 m. Sufozní dutina zabíhala směrem nahoru, kde byla mocnost stropu před propadnutím cca 0,8 m. Došlo tak k rozšiřování stržové sítě, kde povrchově tekoucí voda modeluje údolní dno strže v hloubce 3,5 m a směrem k JZ se hloubka zvětšuje.

Další sledování nebylo potřeba, okraj strže se stal pravděpodobně skladištěm odpadků, jak bylo pozorováno na podzim 2006.

Sufoze v těchto místech měla krátkou dobu trvání. Dle mého názoru je to způsobeno tím, že povrchově tekoucí voda zde měla velkou energii. Sklon nad sufozním objektem je 10° a podle svažitosti a modelaci terénu je pouhým pohledem patrné, že voda se koncentrovala a ubírala jedním směrem. Na poli se pěstovalo totéž co na předchozí lokalitě – pšenice ozim.

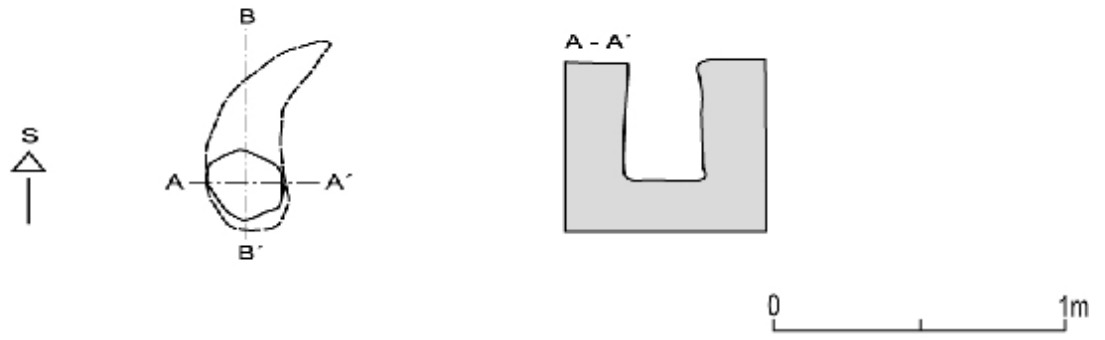
2a

28.10. 2005

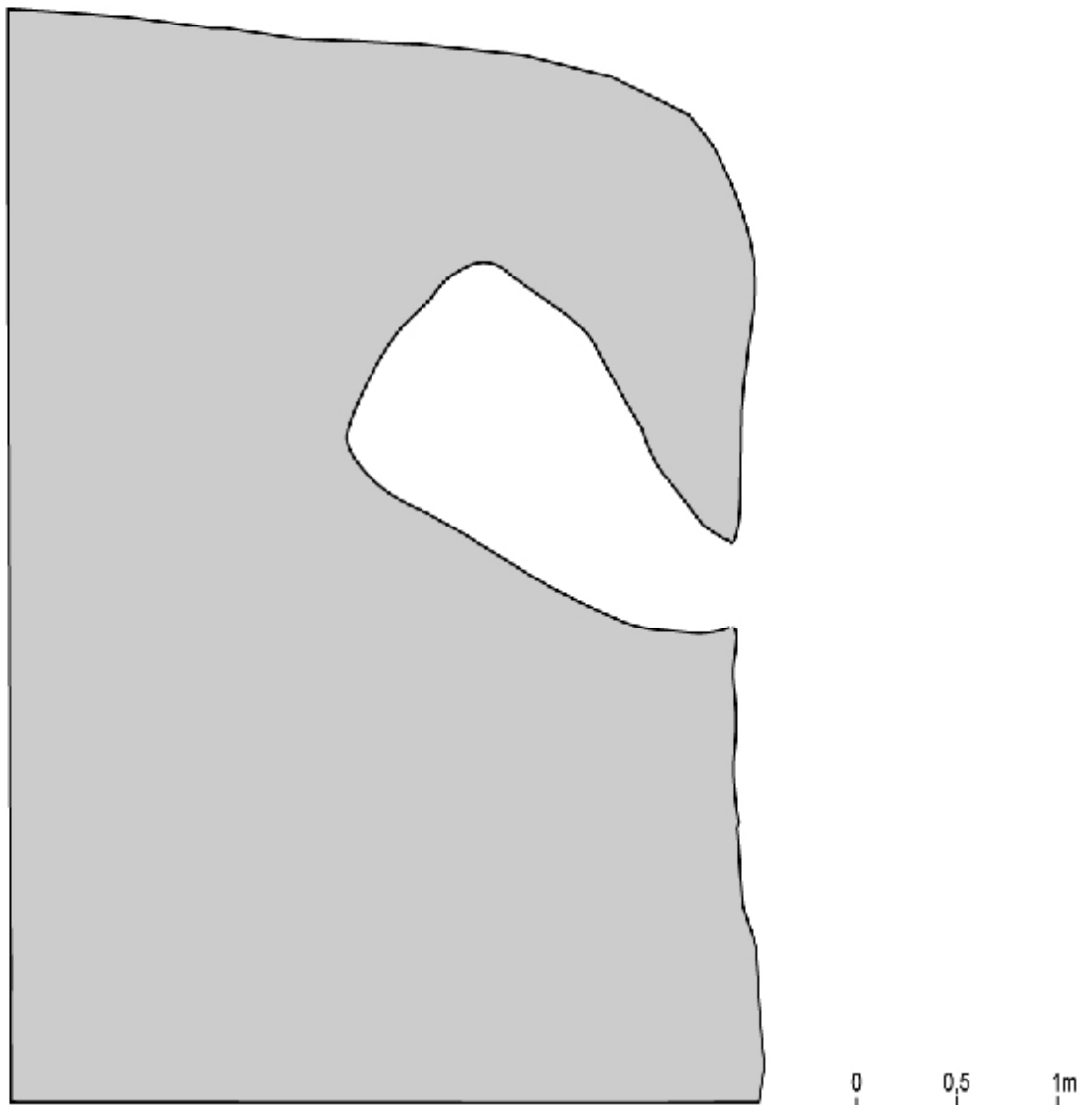


2a

28. 10. 2005

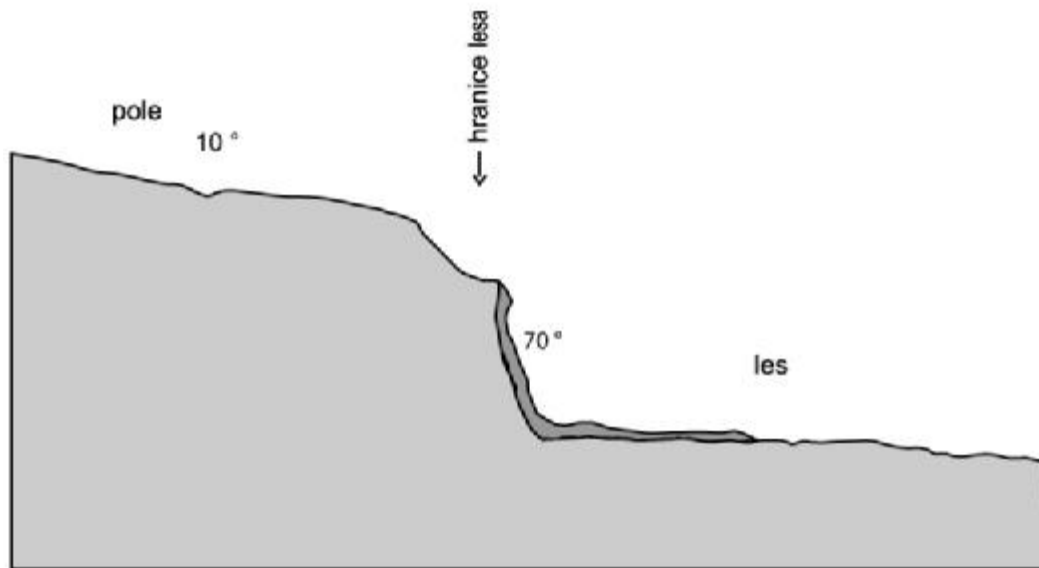


B - B'

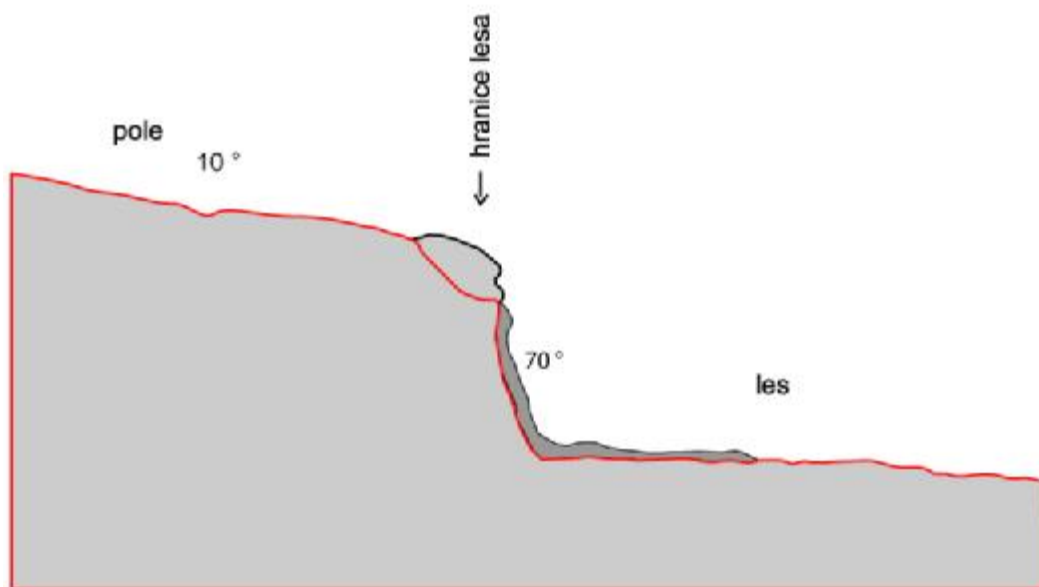


2a

4. 5. 2006



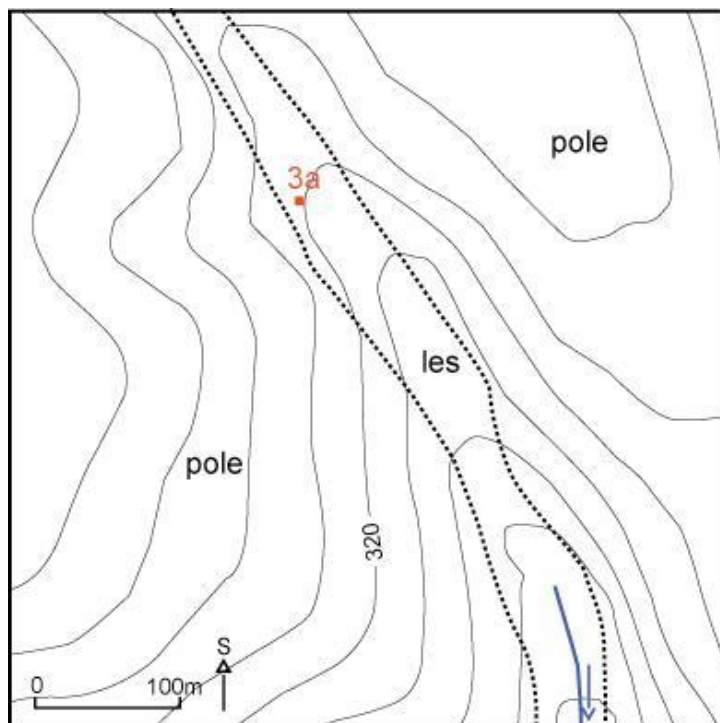
Průběh změn v letech 2005 - 2006



0 2 4m

Lokalita 3

Sufozní tvar se nachází asi 50 m v. směrem od lokality 2. Leží v nadmořské výšce 315 m n.m. na okraji pole, kde se pěstuje obilí. Ve strži na okraji pole, v hloubce 2 m, byla měřena mladá sufozní dutina oválného tvaru o sklonu cca 85 °. Pod sufozním objektem roste smíšený les.



Obr. 7.2.3: Schéma půdorysu lokality 3

3a

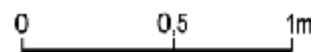
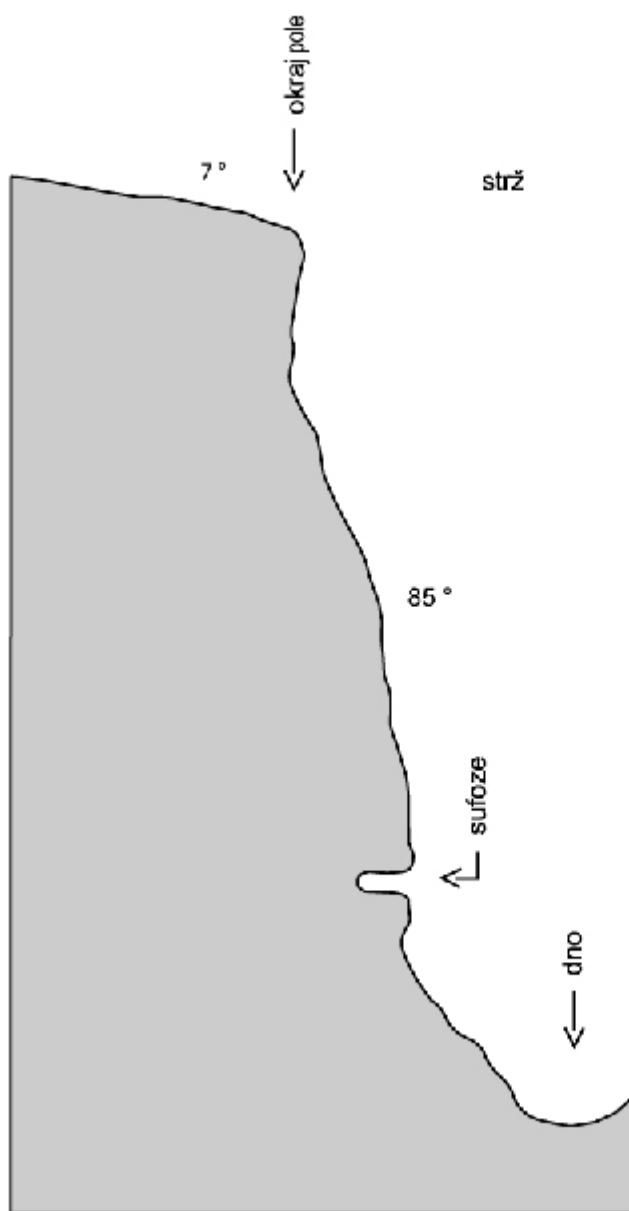
Při prvním měření její rozměry byly 0,26 m x 0,13 m. Dutina se v podzemí rozšiřovala a zabíhala směrem doprava k poli. Její měřitelná hloubka je 1,2 m. Stěna v okolí sufozní dutiny byla porostlá mechem. Z toho jsem usuzovala, že aktivita zde již neprobíhá.

Při druhém měření se ale otvor dutiny zvětšil do délky i do šířky, měl okrouhlý tvar o rozměrech 0,28 m na šířku a 0,33 m na délku. Hloubka v podzemí se taky výrazně zvětšila.

Při dalším sledování jevu z otvoru sufozní dutiny proudila podpovrchová voda, která ovlivňovala ráz údolního dna.

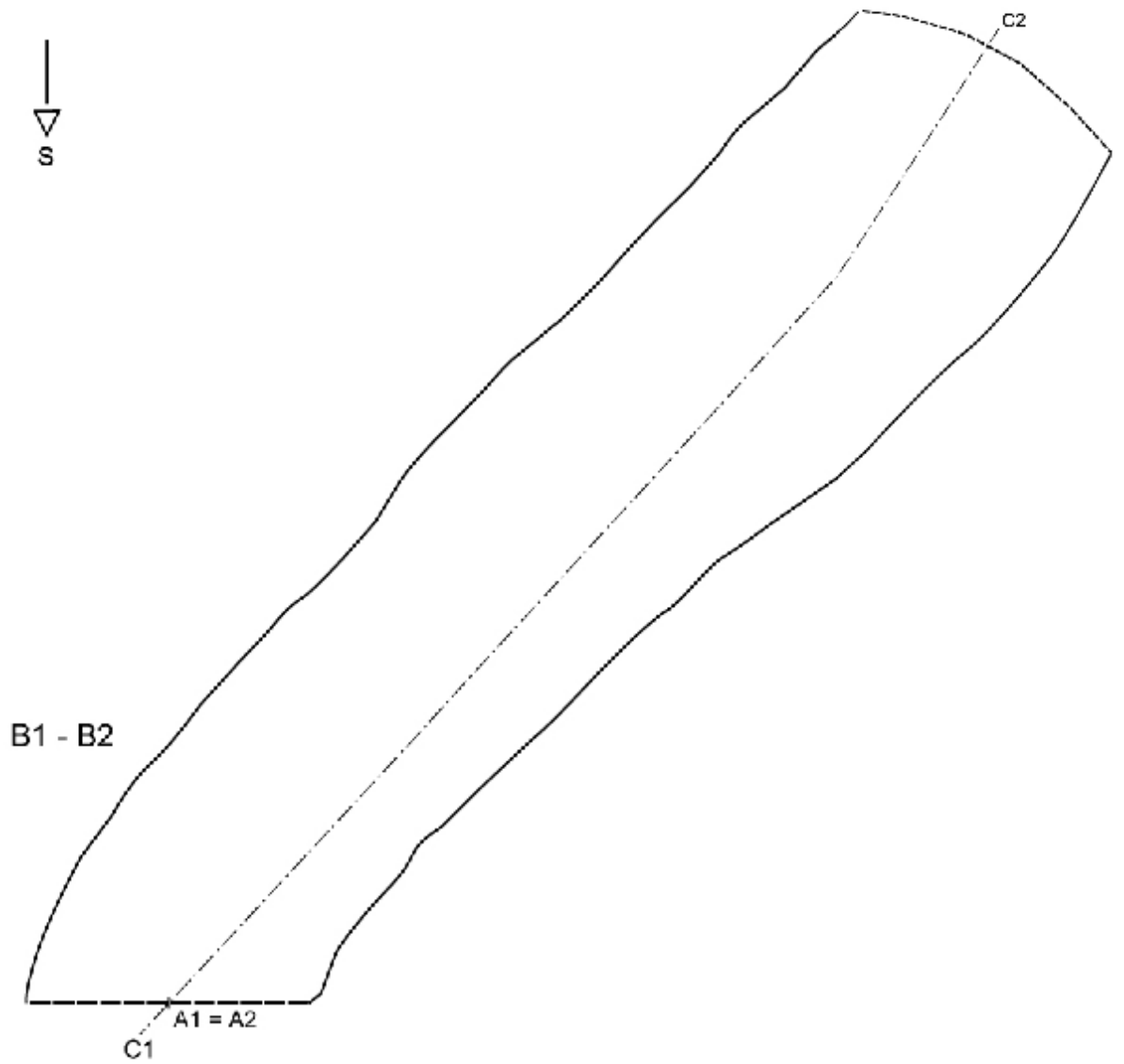
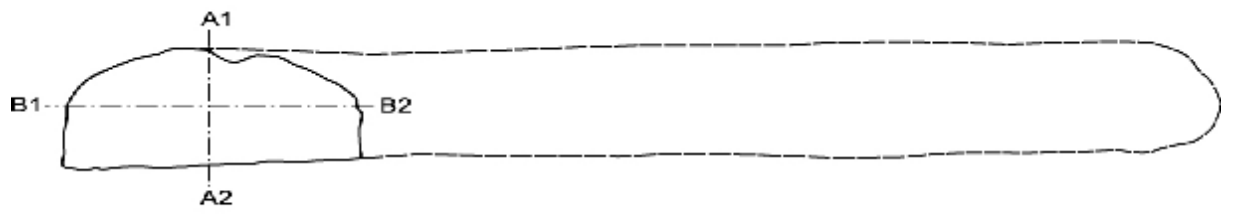
Na podzim 2006 nedošlo k výrazným změnám, vyplavený materiál byl usazen při vyústění sufozní dutiny, při dalším měření v dutině stála voda. Podzemní prostor se proti předchozímu měření výrazně zvětšil. Tvar údolního dna pod sufozní dutinou se taky změnil, boční strany jsou porušovány erozí. Tato sufozní dutina je aktivní, je potřeba jejího dalšího sledování.

3a



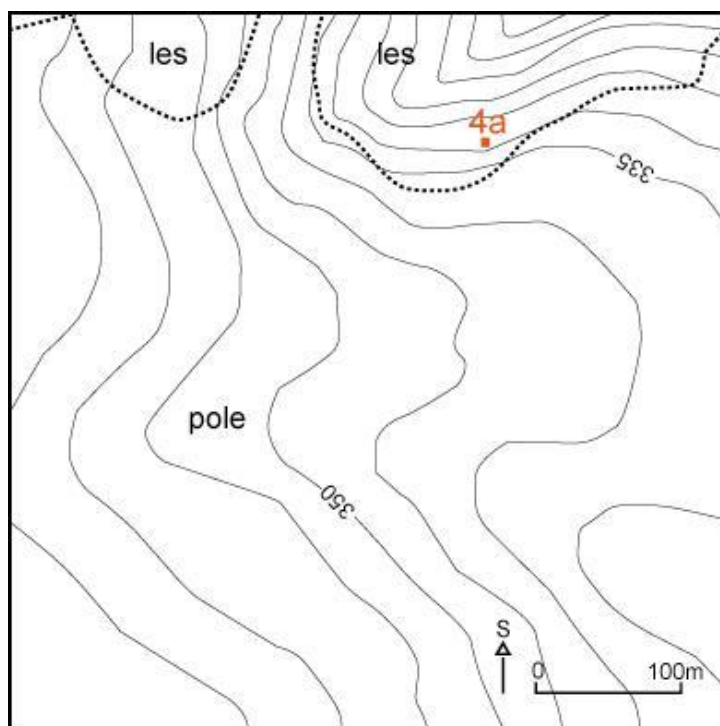
3a

28. 10. 2005



Lokalita 4

V katastru Žlutava, s. směrem od Halenkovic byl zjištěn další sufozní tvar. Nachází se sz. směrem od lokality 3, v bukovo-dubovém lese ve sklonu cca 20 °. Sufozní tvar se nachází asi 15 m od hranice lesa a pole v nadmořské výšce 329 m n.m. Na poli se pěstuje totéž co na předchozích lokalitách. Pod sufozím je sklon cca 25 ° a údolní dno leží cca 20 m pod sufozním jevem.



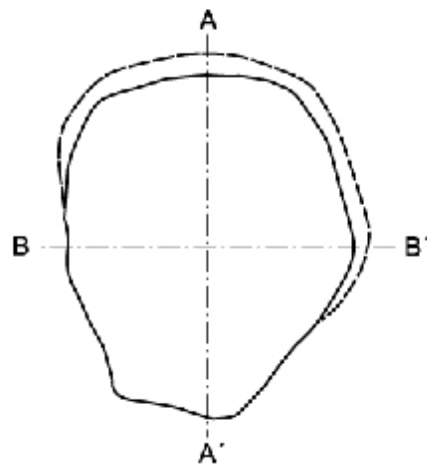
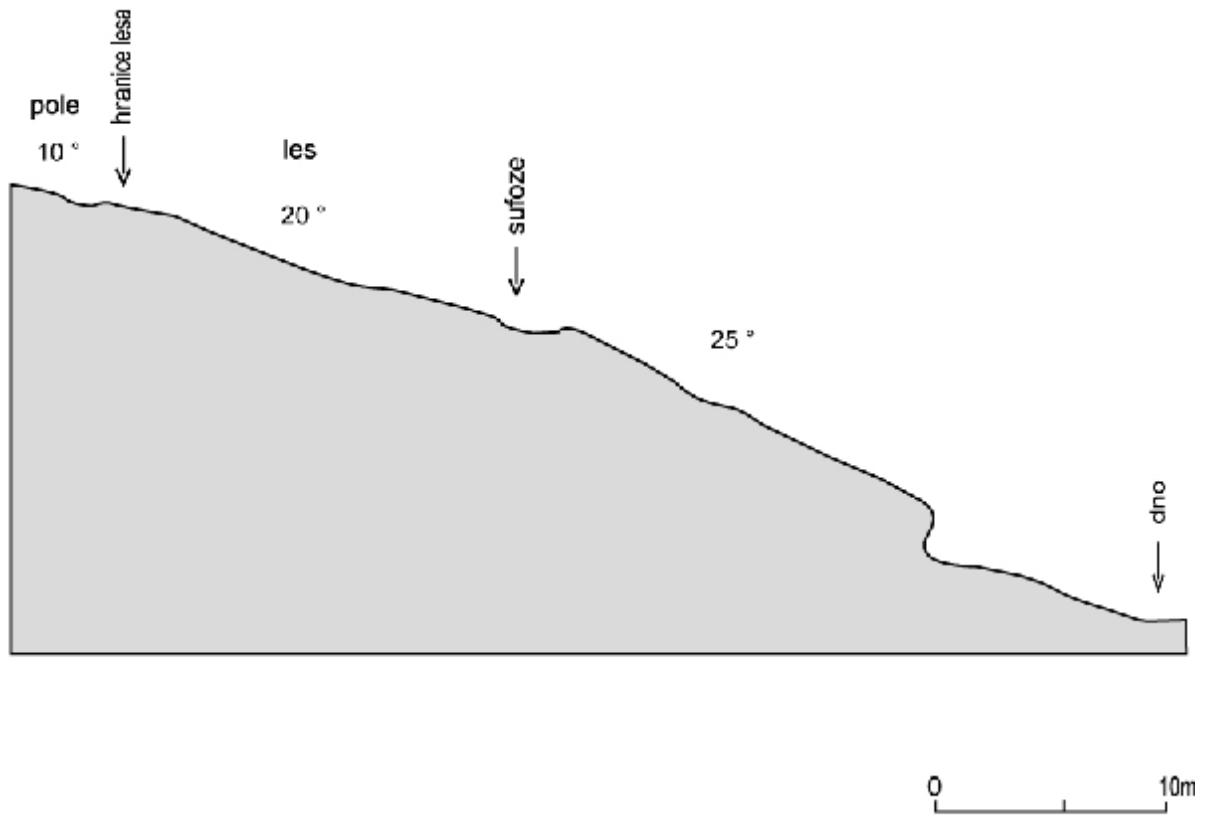
Obr. 7.2.4: Schéma půdorysu lokality 4

4a

Jedná se o závrť, který má rozměry: délka 2,41 m, šířka 2,17 m a má ploché dno o hloubce 0,49 m. Sufoze je pravděpodobně vázána na puklinu, voda se opět částečně zasakuje pod zem. Asi po 15 m směrem do údolního dna je deprese, která byla modelována erozní činností vody. Jev je starý, po celou dobu mého měření nedocházelo k dalšímu vývoji a sufozní tvar je pokryt vrstvou listí.

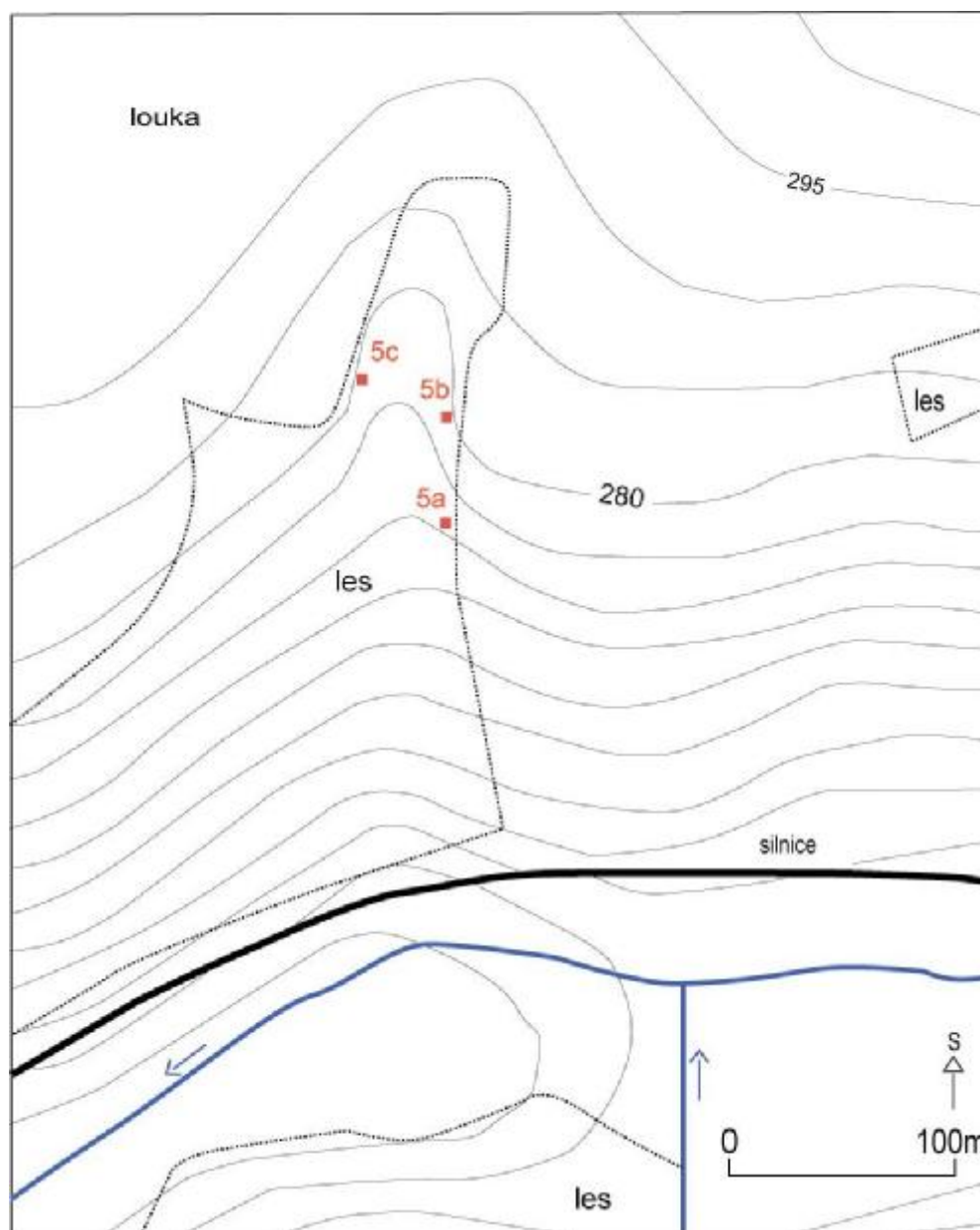
4a

28. 10. 2005



Lokalita 5

Výskyt sufozních jevů se nachází ve strži o sklonu 60 – 80 °, cca 100 m s. směrem od silnice z Bohuslavic u Zlína do Šarov. Příkré svahy strže jsou v její horní části porostlé smíšeným lesem. Horní okraj strže leží v nadmořské výšce 280 m n.m., údolní dno v 267 m n.m. Dno strže je po většinu roku suché nebo je protékáno jen v době tání sněhu a během intenzivnějších dešťů.



Obr. 7.2.5: Schéma půdorysu lokality 5

5a

Na horním okraji strže, v nadmořské výšce 272 m n.m. se nachází deprese, která je tvořena třemi otvory. Ty jsou pod zemí vzájemně propojeny.

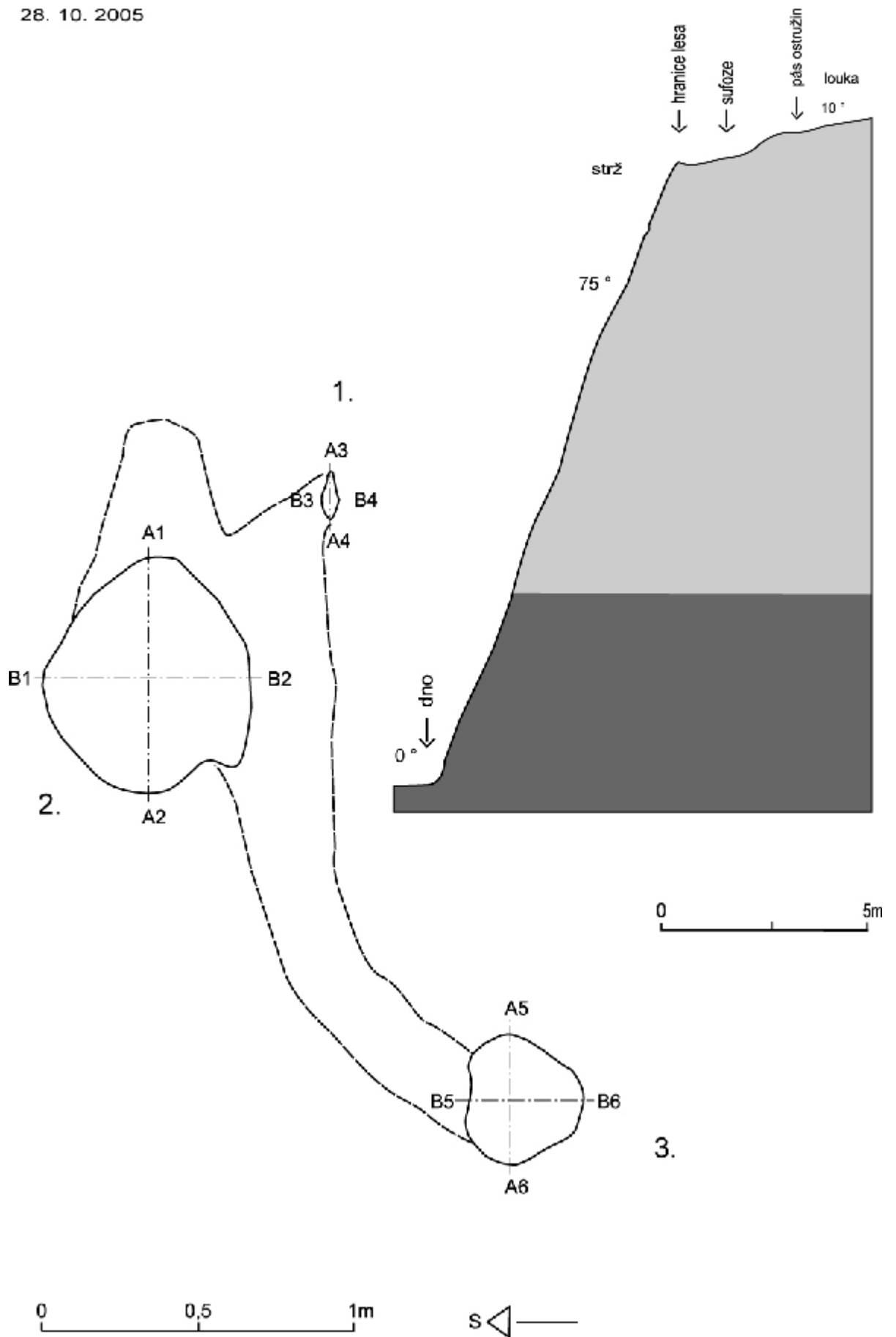
První dutina leží v hloubce 0,4 m nad hranou strže, má okrouhlý tvar s rozměry 7 cm x 13 cm a je pod úhlem 45 ° propojena s druhou dutinou, která se vyskytuje v hloubce 1,63 m, má oválný tvar o rozměrech 0,76 m x 0,64 m. Třetí dutina leží ve výšce asi 0,4 m pod první dutinou. Má téměř kruhový tvar s rozměry 0,36 m x 0,3 m a v podzemní délce 1,8 m se spojuje s oběma předchozími a společným kanálem pokračují směrem po svahu, kde po 2 m pravděpodobně voda vyvěrala na povrch. Strop těchto dutin drží kořeny stromů (habr).

Asi 1 m nad sufozním objektem je pás ostružin, kde povrchová voda ztrácí energii a zadržuje se o vegetaci. V těchto místech pravděpodobně docházelo k zásaku povrchové vody. Nad pásem ostružin se vyskytuje louka, která má směrem do strže sklon 10 °. Pod sufozní depresí je sklon 75 ° a údolní dno leží v hloubce cca 13 m.

Během mého měření nedošlo k žádné aktivitě. Jen třetí dutina byla uvnitř zasypaná naplaveninami.

5a

28. 10. 2005



5b

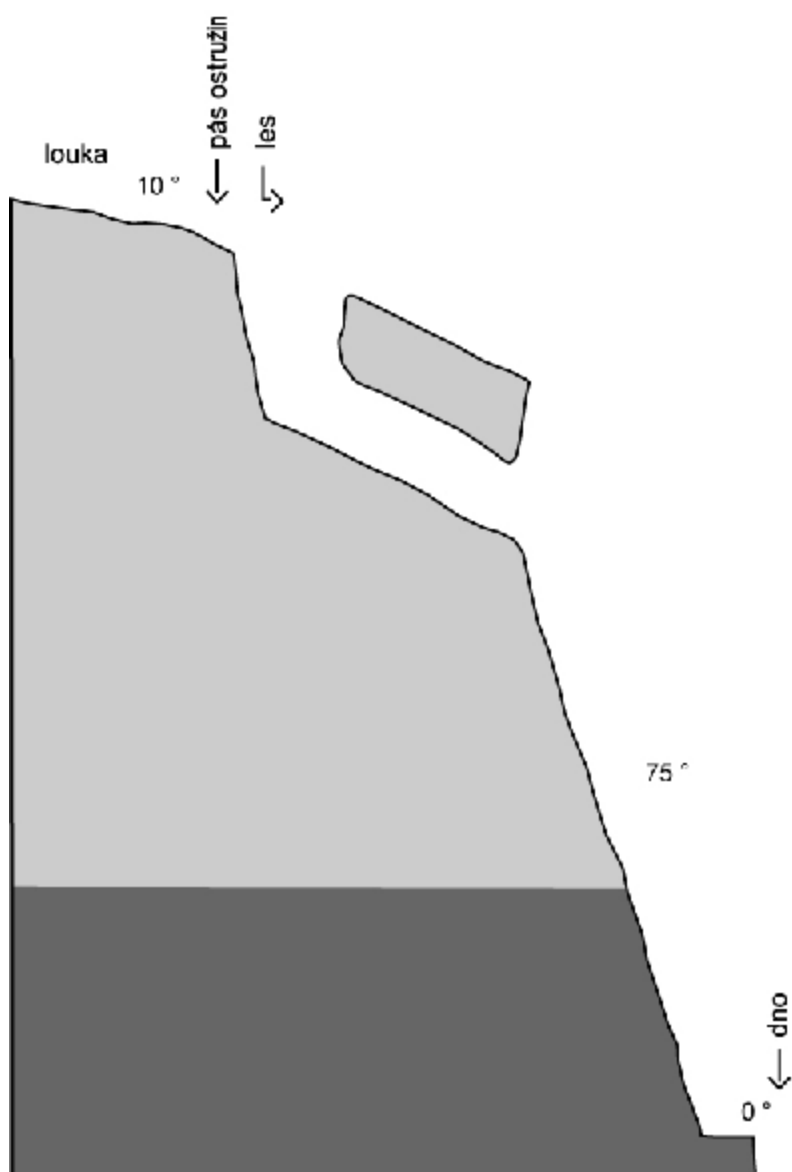
O 20 m s. směrem po hraně strže se nachází sufozní deprese oválného tvaru, v nadmořské výšce 279 m n.m.

Při prvním měření měla rozměry 4,21 m na šířku a asi 4,6 m na délku (přesný údaj nebylo možné změřit). Nachází se v hloubce 2,1 m ve svahu. Strop této dutiny byl po okrajích proděravělý dvěma otvory. První z otvorů měl rozměry 1,43 m x 1,16 m a druhý 1,25 m x 1,2 m. Strop dutiny udržovaly zejména kořeny stromů (habr).

Při pozorování v průběhu jara 2006 nedošlo k žádným změnám. Změny nastaly při dalším měření. Došlo k propadnutí stropu. Sufoze tak zanikla a už se tento tvar vyvíjí jako eroze. Jen na kořenech zůstaly zbytky stropu dutiny.

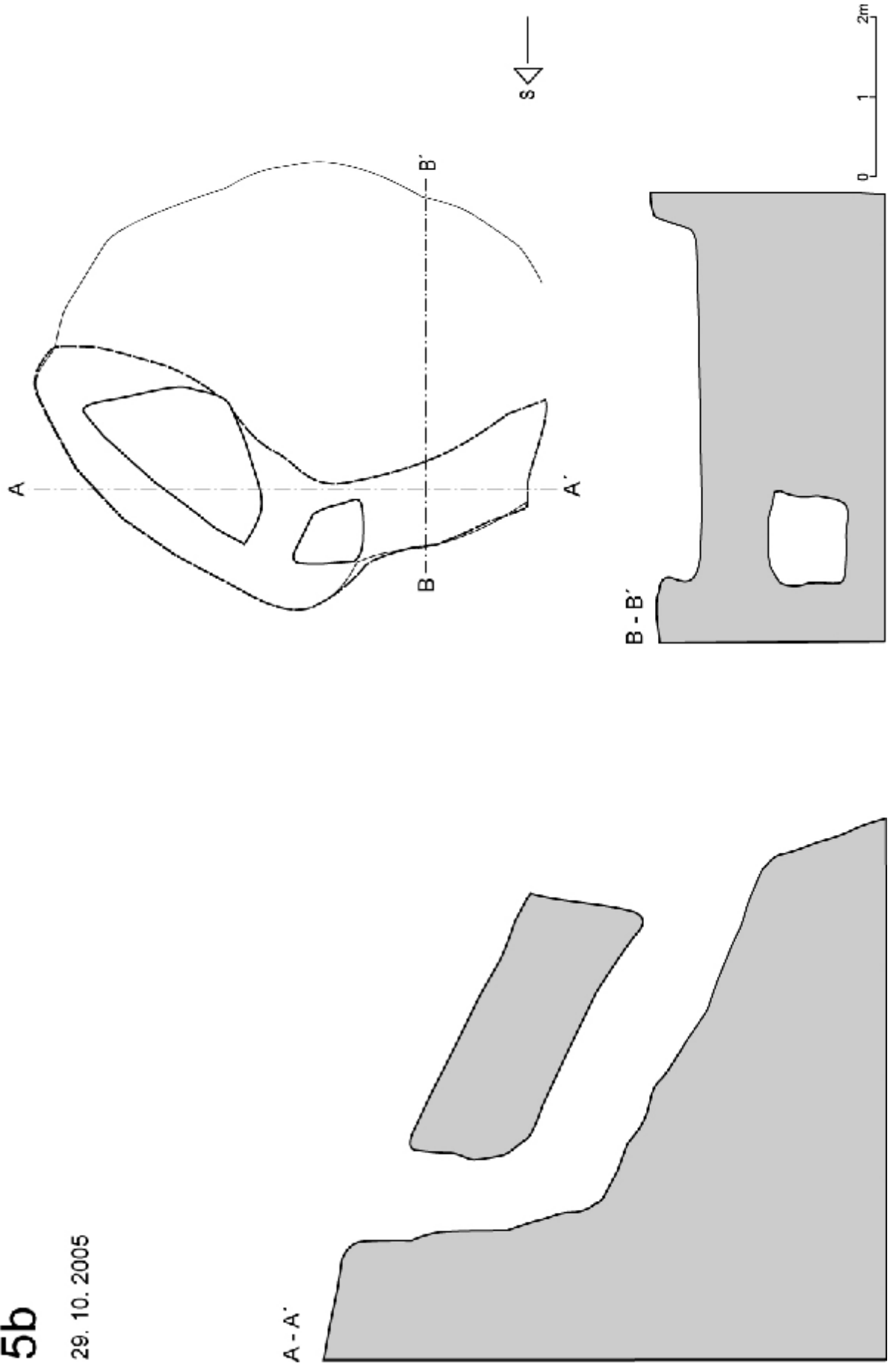
5b

29. 10. 2005



5b

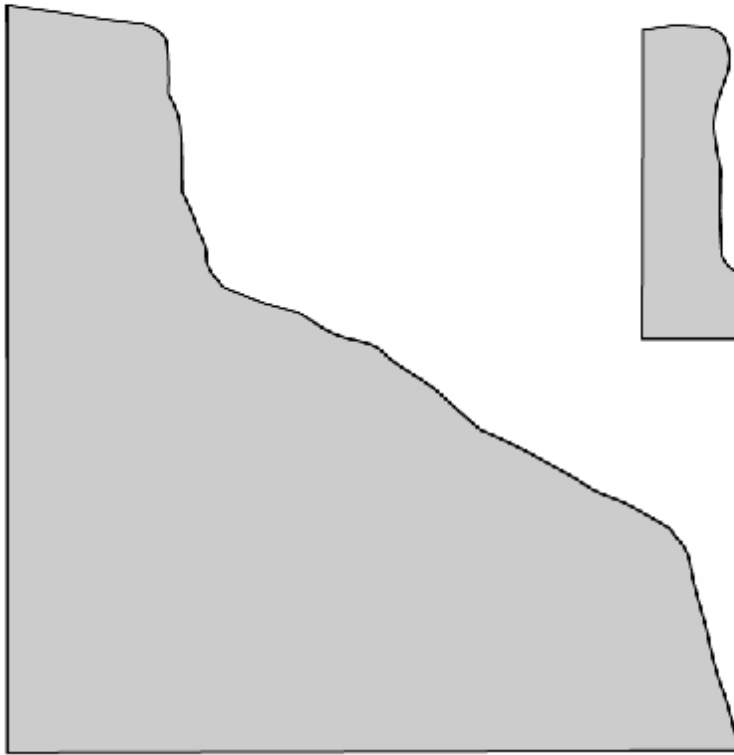
29. 10. 2005



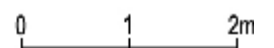
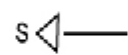
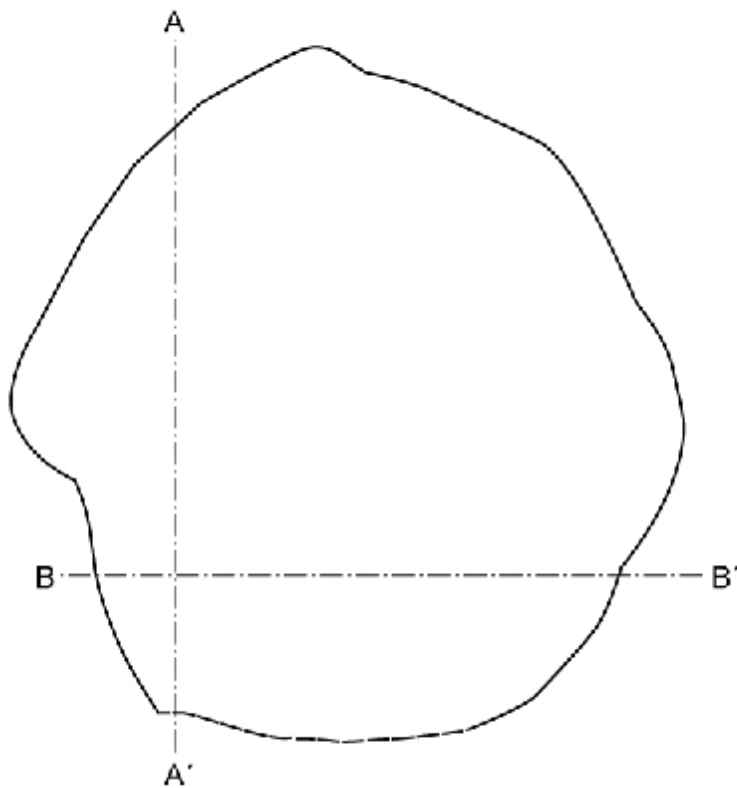
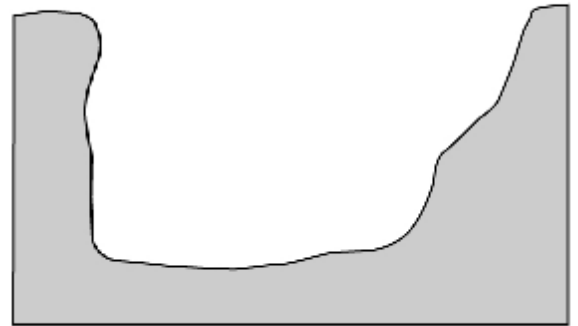
5b

23. 10. 2006

A - A'

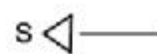
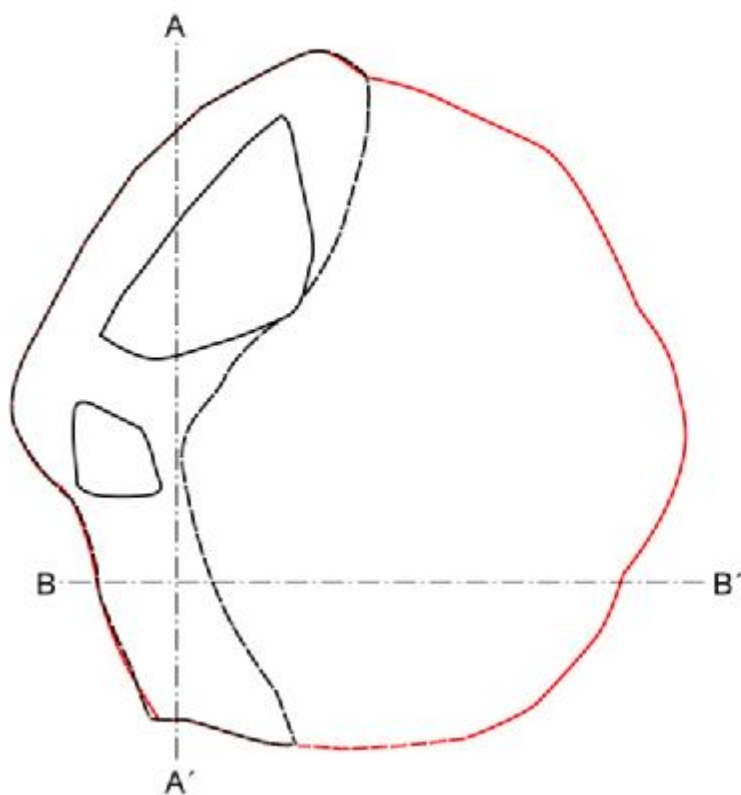


B - B'



5b

Průběh změn v letech 2005 - 2006



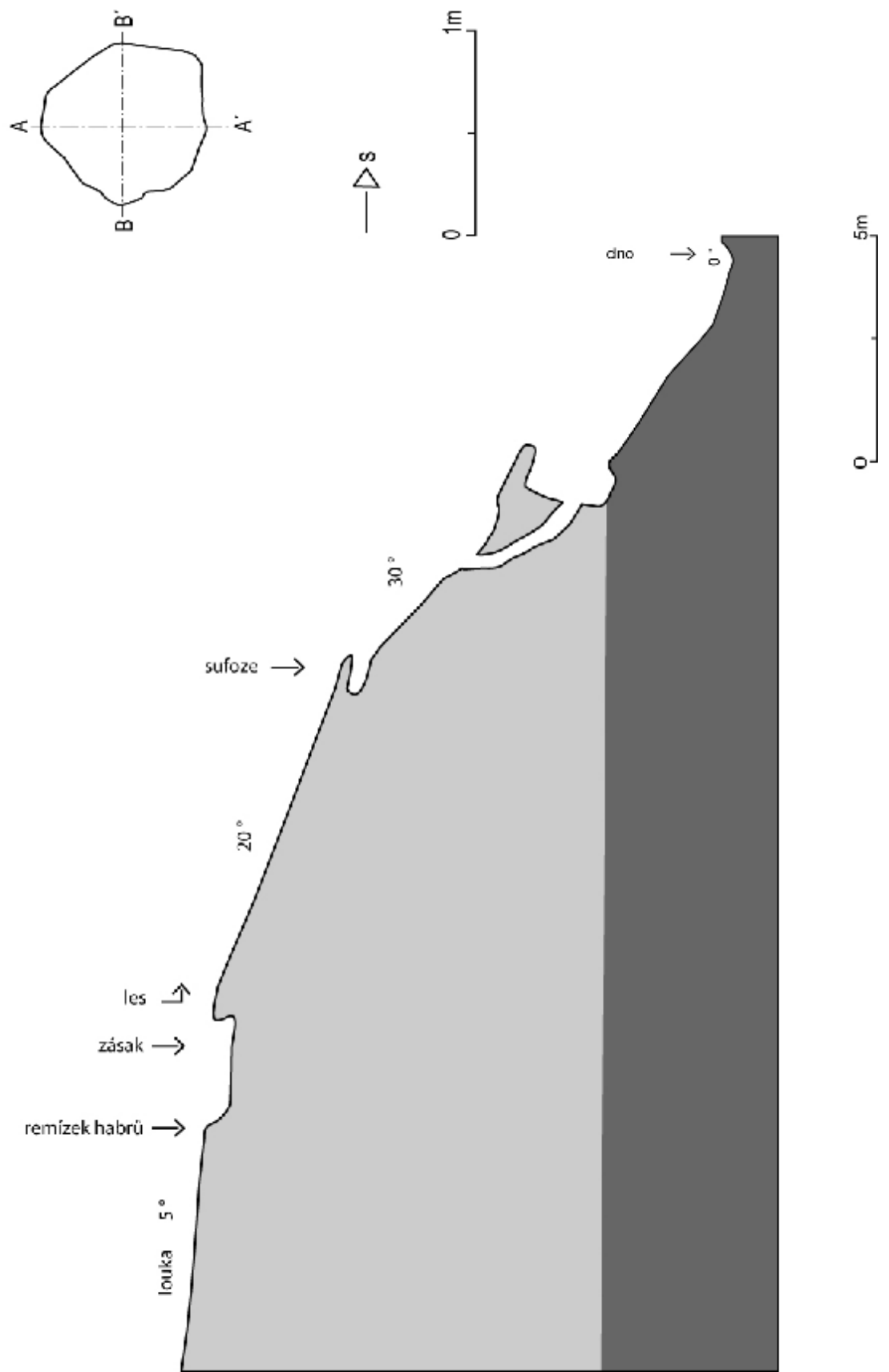
5c

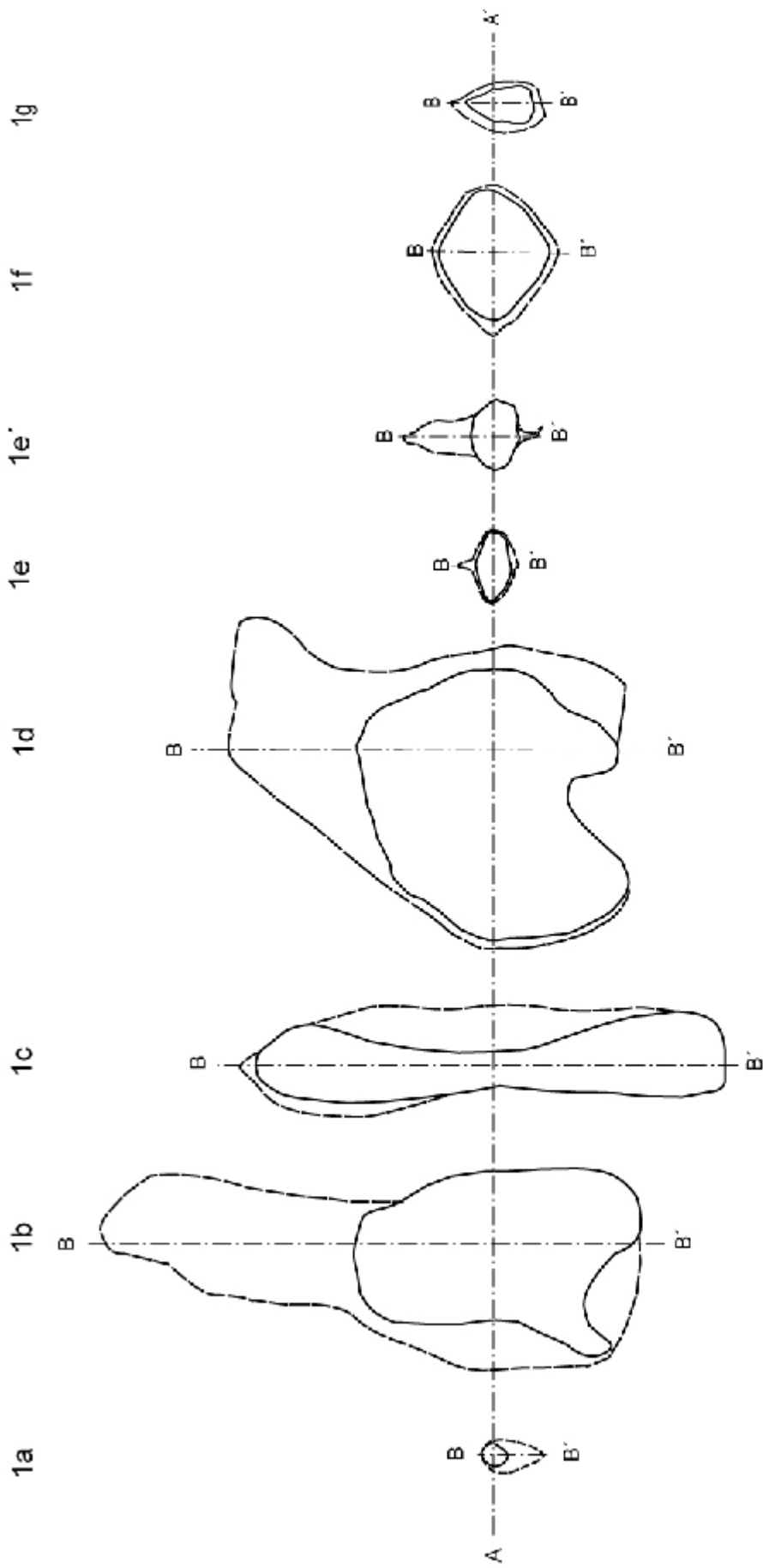
Ve stejném smíšeném lese ve strži, na protější straně od předchozí lokality, se nachází sufozní deprese. Leží v nadmořské výšce 280 m. Je lokalizována ve strži o sklonu 20 °.

Na hranici louky a lesa se nachází remízek habrů, kde dochází k zásaku povrchově tekoucí vody. O 7,08 m níž ve strži o sklonu 20 ° je sufozní dutina okrouhlého tvaru, její rozměry jsou 0,67 m x 0,45 m. Podzemní hloubka je 0,76 m a má horizontální průběh. O dva metry níž ve svahu o sklonu 30 ° se nachází pokleslá deprese, kde pravděpodobně opět docházelo k zásaku. O 0,5 m ve strži směrem k údolnímu dnu je vytvořená deprese, jejíž tvar je modelován erozní činností vody a fyzikálním zvětráváním. Pod zemí je propojena s předchozí depresí v délce 1,7 m.

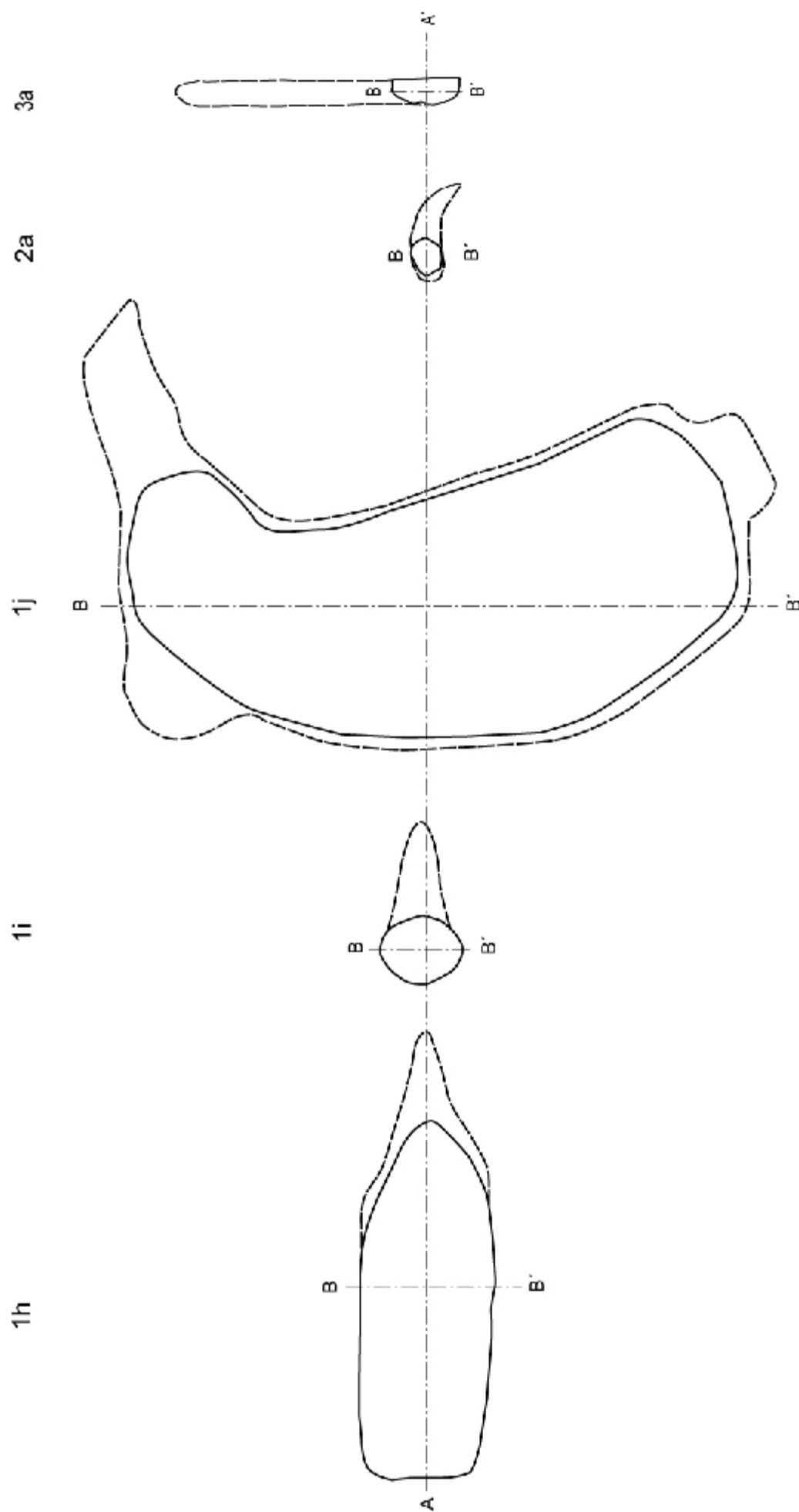
Celý systém depresí je pravděpodobně vázán na puklinu. Je kryt vrstvou spadaneho listí a při mém měření nedocházelo ke změnám.

5C



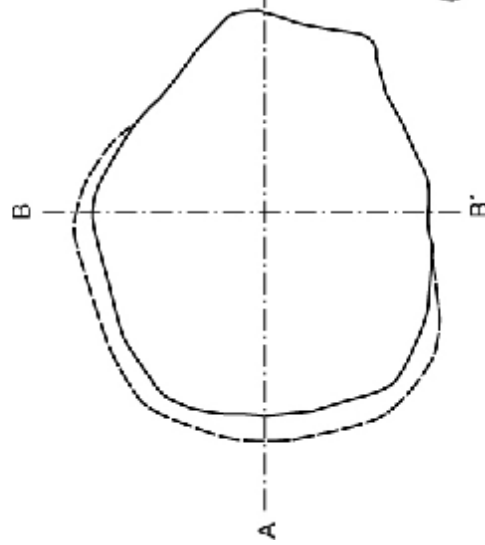


Srovnání velikosti jednotlivých tvarů při prvním měření

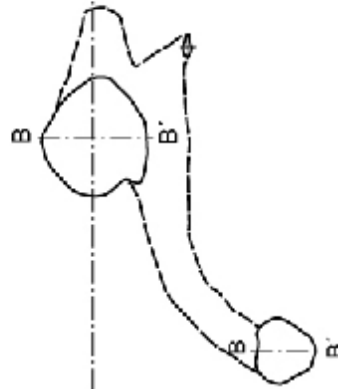


Srovnání velikosti jednotlivých tvarů při prvním měření

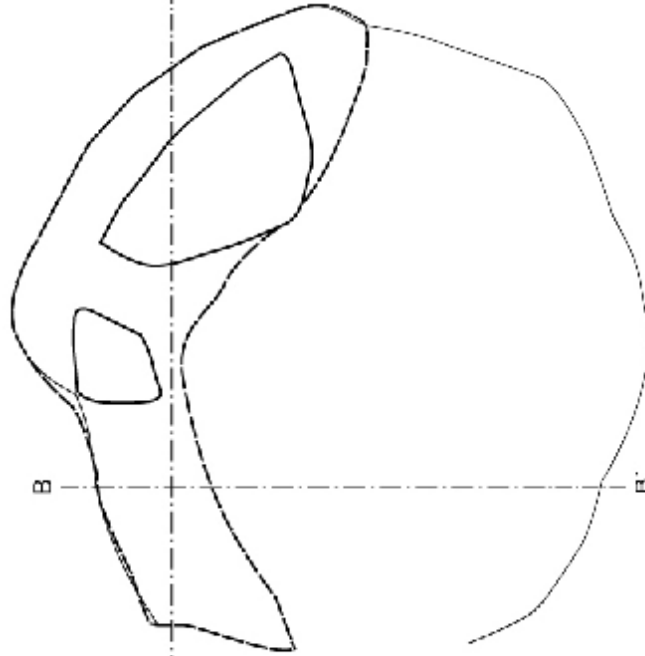
4a



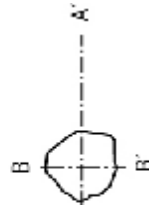
5a



5b



5c



Srovnání velikosti jednotlivých tvarů při prvním měření

7.3 Shrnutí

Na lokalitách 1 – 4 největší vývoj prodělal sufozní tvar *1b*, *1e* a *3a*. Vývoj byl také zaznamenán u tvarů *1f* a *1c*. U tvarů *1a* a *2a* se jev dále vyvíjí jako eroze, došlo k propadnutí stropu sufozní dutiny. U ostatních jevů výrazný vývoj zaznamenán nebyl. Na lokalitě 5 u jevů *5a* a *5c* aktivita neprobíhala, jen u *5b* se propadl strop dutiny a došlo tak k rozšiřování stržové sítě. Velikost sufozních jevů na sledovaném území se pohybovala v rozmezí od 0,18 m do 5,1 m. Jedná se o malé závrtý v terénu, které se projevují na malém území. Z pozorovaných jevů byl největší závrt *1j*, u kterého však vývoj zaznamenán nebyl. Další velká sufozní dutina byla na lokalitě 5, jev *5b*, kde ale došlo k propadnutí stropu. Naopak nejmenší sufozní dutiny byli na lokalitě 1, jev *1a* a na lokalitě 2, *2a*.

Za tvar, který prodělal největší absolutní vývoj, považuji *1b* (délka 1,97 m), u kterého došlo k vytvoření dalšího závrtu o délce 1,25 m. Do této kategorie bych také uvedla i tvary, u kterých proces sufoze je již u konce. Jedná se o tvary *1a*, *2a* a *5b*, které se dále vyvíjí erozní činností vody. Největší relativní vývoj prodělal tvar *3a*, u kterého se šířka z 0,13 m zvětšila na 0,28 m, což je o 21,5 %.

Z pozorovaných lokalit by měly být dále sledovány jevy *1e* a *3a*. U jevu *1e* se jedná o dvě sufozní dutiny vyskytující se poblíž sebe, které byly aktivní. Jev *3a* je také aktivní, dokonce u něj byla zdokumentována proudící podpovrchová voda.

Tab.7.3.1: Výchozí stav sufozních tvarů při prvním měření.

Sufozní tvar	Délka [m]	Šířka[m]	Hloubka[m]	Aktivita
1a	0,23	0,18	0,47	ano
1b	1,97	1,11	0,76	ano
1c	3,82	0,66	0,96	ne
1d	2,10	1,99	1,00	ano
1e	0,53	0,26	0,88	ano
1e'	0,55	0,37	0,52	ano
1f	1,05	0,83	0,85	ne
1g	0,52	0,31	2,25	ne
1h	2,81	1,11	1,12	ne
1i	0,63	0,58	0,68	ne
1j	5,10	1,97	1,15	ne
2a	0,30	0,25	1,47	ano
3a	0,33	0,28	1,2+	ano
4a	2,41	2,17	0,49	ne
5a2	0,76	0,64	1,63	ne
5b	4,60	4,21	2,10	ano
5c	0,67	0,45	0,76	ne

7.4 Výsledky

Kolísání množství cirkulující podpovrchové vody ovlivňuje vývoj sufozního tvaru. Výrazně se zvyšuje při jarním tání sněhu a při vydatných srážkách na podzim. Projevy sufoze závisí na geologické struktuře, geomorfologických a klimatických podmínkách (Stankoviansky, Midriak 1998). Při sledování procesu sufoze byly u některých z 16-ti jevů pozorovány změny.

Domnívám se, že na lokalitě 1 byly v předchozích letech vytvořené podzemní dutiny. Po jarních deštích na začátku dubna 2006 zde byly viditelné změny, které jsou popsány výše. Z výsledků mého pozorování bylo zřejmé, že zdejší dutiny jsou staršího data. Na některých místech bylo patrné sesedání povrchu. I když byly na tomto místě vysázeny švestky z důvodu zpevnění meze, domnívám se, že se neosvědčily jako možný zpevňující faktor. U většiny jevů na lokalitě 1 se sufoze již nevyvíjí. Tvary se ale dále mohou měnit vlivem erozní činnosti vody a fyzikálního zvětrávání.

Pole nad sufozními jevy lokality 1 je velkých rozměrů a v blízkosti sufozních jevů má tvar nálevky o sklonu 10 °. Voda se tedy koncentrovala a zastavila se na travnatém okraji pole, kde si voda hledala podzemní cestu a docházelo tak k vymývání jemnozrnných částic.

Na poli se pěstuje obilí. V loňském roce se zde pěstovala pšenice ozim, letos hořčice a kukuřice. Všechny tyto plodiny mají malou pokryvnost a nedrží pevně půdu. Je možné, že plodiny s hlubšími kořeny by to nedovolily (Bryan, Jones 1997).

Jak bylo při mém průzkumu zjištěno, lokalita 1 s projevy sufoze je biogenně podmíněna. Byla zde nalezena řada chodeb polních hlodavců. Vznik sufozních tvarů byl tak příznivě podmíněn biogenním faktorem, který umožnil hluboký zásak srážkové vody. Dalším výsledkem je, že sufoze se podílí na rozšiřování stržové sítě, jak jsem se o tom přesvědčila při sledování lokality 2 a 5. Sufozní dutina na lokalitě 3 je na druhou stranu podmíněna antropogenně, v jejím okolí byly nalezeny meliorační trubky. Je pravděpodobné, že jedna z nich praskla a vytvořila se tak sufozní dutina.

Možné postupy pro omezení výše zmíněných jevů

Lokalita 1, 2, 3 a 4 se nachází v obdobném terénu (na okraji pole). Možným omezením projevu sufoze bych zde navrhovala rozdělit pole na menší celky oddělené remízky, lesy nebo travinami. Po rozhovoru se starostou Halenkovic se v těchto místech dříve remízky a menší lesíky vyskytovaly, v současné době jsou zde rozsáhlá nedělená pole a obec

se potýká s odporem vlastníků. Zatím se o nějakém rozdělení polí na menší úseky neuvažuje, projevy sufoze na okraji pole zatím nikomu velkou část půdy neubralo. Upravovala se zde pouze silnice, která vede pod samotnými jevy.

Lokalita 5 se nachází ve strži, proto zde není důvod použít preventivní opatření.

8 Závěr

Předkládaná diplomová práce pojednává o sufozních tvarech, jejichž průzkum byl proveden v letech 2005 – 2007 ve Vnějších Západních Karpatech, na území Chřibů v katastru Halenkovic a Žlutavy a Vizovické vrchoviny v katastru Bohuslavic u Zlína.

V práci je nejprve uvedena historie a definice sufoze, vznik a postavení mezi pseudokrasovými tvary s jejich stručnou charakteristikou. Kapitola zabývající se přehledem dosavadních výzkumů sufoze v České republice a okrajově ve světě byla sestavena na základě studia řady publikací, které se zabývaly obecně danou problematikou.

Další kapitolou je vymezení pozorovaných lokalit a stručná charakteristika fyzickogeografických poměrů zájmového území, která je doplněna průvodními mapkami, tabulkami a grafy.

Stěžejní částí diplomové práce je zdokumentování výskytu a analýza sufozních tvarů v území mezi Halenkovicemi (v geomorfologickém celku Chřiby) a Bohuslavicemi u Zlína (v geomorfologickém celku Vizovická vrchovina). Podrobnější popis jednotlivých forem je uveden v dokumentačním deníku spolu se shrnutím a výsledky průzkumu sufozních tvarů.

Pro názornější charakteristiku jednotlivých tvarů jsou součástí diplomové práce schémata profilů konkrétních lokalit a schémata daných jevů v názorných kresbách. Součástí je také fotodokumentace.

Z oblasti české a slovenské části Karpat nemáme doposud detailních prací věnovaných sufozi. Sufozní tvary byly popsány pouze v rámci několika širších geomorfologických studií, všeobecně jim byla věnována malá pozornost, jedná se o poměrně rychlý proces. Vliv sufoze na holocenní vývoj reliéfu Vnějších Západních Karpat je lokální až regionální. V oblastech svého působení se však stává sufoze jedním z hlavních modelačních činitelů. Sufozní tvary se pak mohou stát vážnou překážkou při hospodářském využívání území. V budoucnu je proto zapotřebí zabývat se řešením problematiky sufoze.

V rámci České republiky jsou tvary ve zkoumané oblasti výrazné, v porovnání s celosvětovým měřítkem ale nemají takový destrukční vliv jako např. v semiaridních regionech.

Svým příspěvkem shrnuji doposud uváděné skutečnosti o projevech sufoze v České republice a svým výzkumem doplňuji poznatky o sufozních tvarech ve Vnějších Západních Karpatech.

9 Summary

Diploma work deals with history, the concept definition as well as the terminology questions concerning the suffusion processes, suffusion forms and pseudokarst. The work introduces all the hitherto suffusion studies and researches published in the Czech Republic and marginally also from abroad

The most important part of the work includes the documentation of present day-to-day development and analysis of suffusion forms in the area between Halenkovice (geomorphologic unit Chřiby, region Kostelanská vrchovina) and Bohuslavice u Zlína (in geomorphologic unit Vizovická vrchovina, region Napajedelská vrchovina). The development of the suffusion forms had been observed and measured since 2005 till 2007.

The suffusion forms have been described only within the frame of few broader geomorphologic studies; in general lower attention was devoted to these studies as it is quite a quick process. The elaborate of the thesis has summarized up to date published facts about the exposures of suffusion in the Czech Republic and the research complements knowledge about the suffusion forms in Outer West Carpathians.

10 Použitá literatura

- BALATKA, B.; SLÁDEK, J. (1969): Závrtý v nekrasových horninách České vysočiny. Zprávy Geografického ústavu ČSAV, 6, 8, Brno, s. 1 - 9.
- BALATKA, B.; SLÁDEK, J. (1970): Závrtý v neovulkanitech Manětínské kotliny. Sborník ČSSZ, 74, 3, 1969, Praha, s. 195 - 205.
- BALATKA, B.; SLÁDEK, J. (1971): Závrtý v pískovcích Jičínské pahorkatiny. Československý kras, 20, 1968, Praha, s. 63 - 74.
- BAROŇ, I. (2002): Sesuvné území Vaculov-Sedlo: výsledky inventarizačních a mapovacích prací. Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku. 2001, ročník IX, s. 88 - 92. Katedry geologických věd PřF MU, Brno, Česká geologická služba, pobočka Brno.
- BUZEK, L. (1969): Geomorfologie Štramberkové vrchoviny. Spisy Pedagogické fakulty v Ostravě, 11, Ostrava, 91 s.
- CÍLEK, V.: Sprašový pseudokras. Vesmír, 5. květen 1997, roč. 76, čís. 5, 248 s.
- CZUDEK, T. (2005): Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru. Brno, Moravské zemské muzeum, 238 s. ISBN 8070282703
- DEMEK, J. (1987): Obecná geomorfologie. Academia, Praha, 476 s.
- DEMEK, J.; NOVÁK, V. (1992): Vlastivěda Moravská. Neživá příroda. Brno, Muzejní a vlastivědná společnost, 242 s.
- DEMEK, J. a kol. (1987): Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Academia, Praha, 584 s.
- FOUKALOVÁ, A. (1993): Typy georeliéfu a vybrané tvary na listu mapy 1 : 50 000 Olomouc. [Diplomová práce] Olomouc, Katedra geografie PřF UP, 68 s.

- KIRCHNER, K. (1981): Příspěvek k poznání sufoze v Hostýnských vrších. Zprávy Geografického ústavu ČSAV, 18, 2, Brno, s. 119 – 125.
- KIRCHNER, K. (1987): Sledování vývoje sufozních tvarů v oblasti Vsetína. Zprávy Geografického ústavu ČSAV, 14, Brno, s. 135 - 143.
- KIRCHNER, K. (1987): Výskyt sufozních tvarů v okolí Vsetína. Československý kras, 38, Praha, Academia, s. 129 - 132.
- KOS, P. a kol. (2000): Sprašové jeskyně u Dolních Věstonic pod Pavlovskými vrchy. Speleo, 30, Praha, s.14 - 19.
- KRÁL, V. (1975): Sufoze a její podíl na současných geomorfologických procesech v Čechách. Acta Universitatis Carolinae, 1-2, Praha, Geographica, s. 23 - 29.
- KŘÍŽEK, M. (1999): Povrchové a podpovrchové jevy na Čecheru v Hostýnských vrších. Geografie – Sborník ČGS, 104, 3, Praha, s. 201-206.
- KUKAL, Z.; REICHMANN, F. (2000): Horninové prostředí ČR a jeho stav a ochrana. Český geologický ústav, Praha, 61 s.
- KUNSKÝ, J. (1957): Typy pseudokrasových tvarů v Československu. Československý kras, 10, 3, Praha, s. 108 – 125.
- LIPSKÝ, Z. (1999): Miskovická sprašová oblast. Geografie – Sborník ČGS, 104, 3, Praha, s. 209 - 210.
- NEKUDA, V. (1995): Zlínsko. Vlastivěda moravská. Muzejní vlastivědná společnost, Brno, 784 s. ISBN 8085048574
- PAVLICA, J. (1970): Jeskyně v godulských pískovcích na Kněhyni v Moravskoslezských Beskydech. Československý kras, 22, Academia, Praha, s. 110-112.
- PAVLICA J. (1980): Pseudokrasové jevy ve flyšových horninách Vnějších Karpat. Československý kras, 31, 1979, Praha, s. 75 - 83.

PÁNEK, T.; HRADECKÝ, J. (2000): Současný geomorfologický výzkum v Západních Beskydech a Podbeskydské pahorkatině. Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 1999, ročník VII, Brno, s.44-46. Katedry geologických věd PřF MU, Brno, Česká geologická služba, pobočka Brno.

QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti ČSR. Brno, Geografický ústav ČSAV, 73 s.

ŘEZÁČ B. (1951): Závrtý ve spraši na Hruboskalské vysočině. Sborník ČSSZ, 55, 3 - 4, 1950, Praha, s. 203-214.

ŠARAPATKA, B. (1996): Pedologie. Olomouc, UP, 235 s.

VÍTEK, J. (1981): Morfogenetická typizace pseudokrasu v Československu. Sborník ČSGS, 86, 3, Praha, s. 153 – 165.

VÍTEK, J. (1979): Pseudokrasové tvary v kvádrových pískovcích severovýchodních Čech. Rozpravy ČSAV, řada MPV, 89, 4, Praha, Academia, 58 s.

VLČEK, V. et al. (1984): Zeměpisný lexikon ČSR – Vodní toky a nádrže. Praha, Academia, 316 s.

VOŽENÍLEK, V. (2002): Diplomové práce z geoinformatiky. Olomouc, Vydavatelství Univerzity Palackého, 64 s., ISBN 80 – 244 – 0469 – 9.

MAPY

Geologická mapa ČSR, list 25 – 33 Uherské Hradiště, 1 : 50 000. Soubor geologických a účelových map. Praha, Ústřední ústav geologický, 1994.

Hydrogeologická mapa ČSR, list 25 – 33 Uherské Hradiště, 1 : 50 000. Soubor geologických a účelových map. Praha, Ústřední ústav geologický, 1998.

Půdní mapa ČR, list 25 – 33 Uherské Hradiště, 1: 50 000. Soubor geologických a účelových map. Praha, ČGÚ, 2005.

QUITT, E. : Klimatické oblasti ČSR, 1 : 500 000. Brno, Geografický ústav ČSAV Brno, 1975

Základní mapa ČR, list 25 – 33 – 10, 1 : 10 000. Český úřad zeměměřický a katastrální, 2001.

Základní mapa ČR, list 25 – 33 – 03, 1 : 10 000. Český úřad zeměměřický a katastrální, 2001.

ZAHRANIČNÍ ZDROJE

BERRY, L. (1970): Some erosional features due to piping and sub – surface wash with special reference to the Sudan. *Geografiska Annaler*, 52, 2, Dar es Salam, s. 113 – 119.

BOCCO, G. (1991): Gully erosion: processes and models. *Progress in Physical Geography*, 15, 4, Institute of Geography, University of Mexico, s. 392 – 406.

BRAND, E. W.; DALE, M. J.; NASH, J. M. (1986): Soil pipes and slope stability in Hong Kong. *Quarterly journal of engineering geology*, 19, London, s. 301 – 303.

BRYAN, R. B.; JONES, J. A. A. (1997): The Significance of soil piping processes: inventory and prospect. *Geomorphology* 20, s. 209 – 218.

CAREY, S. K.; WOO, M.–K. (2000): The role of soil pipes as a slope runoff mechanism, Subarctic Yukon, Canada. *Journal of Hydrology* 233, McMaster University, s. 206 – 222.

JONES, J. A. A. (2004): Implications of natural soil piping for basin management in upland Britain. *Land degradation and development*, 15, University of Wales Aberystwyth, s. 325 – 349.

LAZZARI, M.; GERALDI, E.; LAPENNA, V.; LOPERTE, A. (2006): Natural hazards vs human impact: an integrated methodological approach in geomorphological risk assessment on the Tursi historical site, Southern Italy. *Landslides* 3, s. 275 –287.

PIERSON, T.C. (1983): Soil pipes and slope stability. *Quarterly journal of engineering geology*, 16, London, The Geological Society, s. 1 – 11.

PUTTY, M. R. Y.; PRASAD, R. (2000): Runoff processes in headwater catchments – an experimental study in Western Ghats, South India. *Journal of Hydrology* 235, Bangalore, s. 63 – 71.

STANKOVIANSKY, M.; MIDRIAK, R. (1998): The Recent and Present – Day Geomorphic Processes in Slovak Carpathians. 32, Krakow, s. 70 – 87, PL ISSN 0081 – 6434

THOMAS, D. S. G.; GOUDIE, A. (2000): *The Dictionary of Physical Geography*. 3rd Edition, Blackwell Publishing, 610 s.

UCHIDA, T.; KOSUGI, K.; MIZUYAMA, T. (1999): Runoff characteristics of pipeflow and effects of pipelaw on rainfall – runoff phenomena in a mountainous watershed. *Journal of Hydrology* 222, Kyoto University, s. 18 – 36.

NEPUBLIKOVANÉ MATERIÁLY

Data z experimentální stanice Halenkovice (85 s.), archiv KGI PřF, 2007.

KAŠPÁREK, M. (2003): Inženýrskogeologické posouzení negativních vlivů odpalu náloží ve vrtech provedených na k.ú. Halenkovice pro refrakčně seismický průzkum na stabilitu území. 10 s.

KIRCHNER, K., ROŠTÍNSKÝ, P. (2006): Program „ISPROFIN“ č. 215120: Podpora prevence v územích ohrožených nepříznivými klimatickými jevy, podprogram č. 215124-1: Dokumentace a mapování svahových pohybů v ČR, oblast Uherskohradištsko, mapové listy 1: 10 000: 35 – 12 – 11. Brno.

Přílohy

Seznam příloh:

1. Fotodokumentace vybraných sufozních tvarů
2. CD s textem DP

Příloha 1:



Foto 1: Sufozní dutina na lokalitě 1, jev *1a*
(foto: M. Hořáková, 28. 10. 05)



Foto 2: Sufozní dutiny na lokalitě 1, jev *1e*
(foto: M. Hořáková, 21. 10. 06)



Foto 3: Sufovní dutina na lokalitě 1, jev *Ig*
(foto: M. Hořáková, 8. 4. 06)



Foto 4: Vyústění sufovní dutiny *Ig* směrem k silnici
(foto: M. Hořáková, 8. 4. 06)



Foto 5: Vyplavený materiál ze sufozní dutiny *Ig*
(foto: M. Hořáková, 27. 6. 07)



Foto 6: Sufozní závrt na lokalitě 1, jev *Ii*
(foto: M. Hořáková, 8. 4. 06)



Foto 7: Vyústění sufozní dutiny na lokalitě 1, jev *Ib*
(foto: M. Hořáková, 19. 2. 07)



Foto 8: Detail podzemního pokračování sufozního závrtu *Ij*
(foto: M. Hořáková, 8. 4. 06)



Foto 9: Sufozní dutina na lokalitě 2, jev 2a
(foto: M. Hořáková, 28. 10. 05)



Foto 10: Propadnutí stropu sufozní dutiny 2a
(foto: M. Hořáková, 4. 5. 06)



Foto 11: Vytékající voda ze sufozní dutiny 3a
(foto: M. Hořáková, 8. 4. 06)



Foto 12: Detail podzemního prostoru sufozní dutiny 3a
(foto: M. Hořáková, 29. 3. 07)



Foto 13: Sufozní dutina č. 2 na lokalitě 5, jev 5a
(foto: M. Hořáková, 6. 4. 06)



Foto 14: Porušený strop sufozní dutiny 5b
(foto: M. Hořáková, 29. 10. 05)



Foto 15: Pohled shora na sufozní dutinu 5b
(foto: M. Hořáková, 29. 10. 05)



Foto 16: Propadnutí stropu sufozní dutiny 5b
(foto: M. Hořáková, 23. 10. 06)



Foto 17: Pohled na sufozní depresi 5c, vázanou na puklinu (foto: M. Hořáková, 23. 10. 06)



Foto 18: Měření sufozní dutiny 5c (foto: M. Růžička, 6. 4. 06)



Foto 19: Radarové měření na lokalitě 3
(foto: M. Hořáková, 29. 3. 07)