

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA FYZICKÉ GEOGRAFIE A GEOEKOLOGIE



Vít Kašpar

**ODEZVA EROZNÍCH A AKUMULAČNÍCH PROCESŮ NA
MĚNÍCÍ SE INTENZITU LIDSKÝCH ZÁSAHŮ**

Response of sedimentation and erosion rates to changing human pressure

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Václav Tremel, PhD.

Praha 2014

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl a řádně citoval všechny použité informační zdroje a literaturu. Tištěná verze je shodná s elektronickou verzí. Práce jako celek ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 19. 05. 2014

Podpis:

Děkuji mému vedoucímu práce Mgr. Václavu Tremlovi, Ph.D. za pomoc, ochotu, odborné vedení a trpělivost, kterých bylo potřeba pro vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Janu Tumajerovi za zasvěcení do laboratorní práce a metody odhalených kořenů a Heleně Příbylové, která měla velkou zásluhu na získání klimatických dat od ČHMÚ. A v neposlední řadě si zaslouží mé díky i moje rodina, která mně stála oporou po celou dobu studia.

Zadání bakalářské práce

Téma práce: Odezva erozních a akumulčních procesů na měnící se intenzitu lidských zásahů

Cíle práce

1. Zpracovat rešerši na téma: (a) odezva erozních a akumulčních procesů na změny využití krajiny se zřetelem ke střední Evropě, (b) vývoj krajiny Polomených hor v holocénu;

2. Na příkladu jedné lokality analyzovat buď recentní projevy akumulace, nebo eroze spojené s antropogenním využitím území.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Zájmové území: Polomené hory/Kokořínsko

Rešerše; Analýza kořenových letokruhů (erozní jevy); Popis akumulčních tvarů na základě kopaného/vrtaného profilu.

Datum zadání: 1. 9. 2013

Jméno studenta: Vít Kašpar

Podpis studenta:

Jméno vedoucího práce: Mgr. Václav Tremel, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Abstrakt

Zatímco na kontinentální či globální úrovni a v dlouhých časových měřítcích jsou erozní a akumulární procesy podmíněny do značné míry tektonikou, tak na krajinné či lokální úrovni a v krátkých časových měřítcích hraje větší roli tvar reliéfu, klima a půdotvorný substrát. Od počátku zemědělství se však významným činitelem ovlivňujícím průběh erozně-akumulačních procesů stala lidská společnost. Následkem zemědělské činnosti, rozšiřování osídlení a změn využití ploch se akceleroval odnos svrchních půdních horizontů a dále inicioval rozvoj strží, svahových, říčních a jezerních sedimentů. Cílem této práce je popsat vývoj středoevropských erozně-akumulačních procesů jako odezvy na změny antropogenního tlaku v průběhu holocénu. Na základě 37 případových studií byl v práci popsán obecný dlouhodobý trend i regionální anomálie erozně-akumulačních procesů vázaných na lidské zásahy. Ze studií vyplývá, že první fáze antropogenně akcelerovaných erozně-akumulačních procesů nastala již v pozdním eneolitu. Svého vrcholného rozvoje však tyto procesy dosáhly až během středověké kolonizace krajiny. Druhá část práce se zaměřuje na datování dvou strží v oblasti Polomených hor. Vývoj strží byl analyzován pomocí exponovaných kořenů. V zájmovém území byl popsán průběh eroze půdy v posledních 40 letech, který inicioval rozvoj strží v závislosti na výskytu extrémních srážkových událostí a změnách ve využívání ploch.

Klíčová slova: změna využití ploch, odhalené kořeny, strž, koluvia, aluvia, jezerní sedimenty, půdní eroze

Abstract

While on the continental or global level and across the long time-scales, erosion and accumulation processes are largely governed by tectonics, terrain properties, geological settings and climate play a key role on the landscape or local levels and on short time scales. However, from the Neolithic onwards, human society has become an important factor affecting erosion-accumulation processes. As a result of agricultural activities, population expansion and land use changes soil has been washed downslope by soil erosion associated with formation of gullies. Furthermore, an increase of deposition rates was observed for colluvial, alluvial and lake deposits. The aim of this thesis is to review past soil erosion and accumulation processes connected with land use changes within the central Europe during the Holocene. 37 case studies documented generally strong relation between land use intensity and erosion and accumulation processes. First phase of anthropogenic accelerated erosion-accumulation processes was recorded in the late Eneolit period; however, the most remarkable acceleration of soil erosion occurred during landscape colonisation in the High Middle Ages. The second part of thesis aims at dating of two gullies in the Polomené hory Mts. Formation of gullies was studied using exposed roots. In the study area, soil erosion has caused rapid formation of two gullies as a consequence of extreme precipitation events and land use changes during last 40 years.

Keywords: erosion and accumulation processes, land use changes, exposed roots, gully, colluvial sediments, alluvial sediments, lake sediments, soil erosion

Obsah

Abstrakt/Abstract	5
1. Úvod	7
2. Teoretické nastínění procesu eroze – transport – sedimentace.....	8
3. Vliv člověka na erozní a akumulční procesy	9
3.1. Odlesnění	10
3.2. Pastva.....	11
3.3. Orba	12
4. Datování erozních a akumulčních procesů	14
5. Dendrochronologické datování erozních a akumulčních procesů	16
6. Rekonstrukce antropogenně ovlivněných erozních a akumulčních událostí v průběhu holocénu.....	18
6.1. Začátek holocénu, mezolit.....	20
6.2. Neolit	21
6.3. Eneolit.....	23
6.4. Doba bronzová.....	24
6.5. Doba železná a římská.....	26
6.6. Doba stěhování národů	28
6.7. Středověk	29
6.8. Novověk.....	32
7. Datování erozních událostí v údolí Žebrák v Polomených horách.....	35
7.1. Zájmové území	35
7.2. Vývoj krajiny v Polomených horách	36
7.3. Metodika	39
7.3.1. Datování vývoje strží	39
7.3.2. Změny využití ploch v zájmovém území.....	40
7.4. Výsledky	41
7.4.1. Datování vývoje strží	41
7.4.2. Změny využití ploch v zájmovém území.....	44
8. Diskuse	45
9. Závěr.....	49
Seznam zdrojů.....	50
Seznam obrázků, tabulek a příloh.....	58

1. Úvod

Po celou minulost planety Země byl její reliéf modelován společným působením endogenních a exogenních sil (Demek 1987a). V průběhu holocénu se jako další významný faktor určující rozsah zejména půdní eroze objevil člověk (Goudie 2005). Porušení přirozeného vegetačního krytu ve svažitém terénu, vznik kulturní stepi a zavádění agrotechniky se následně odrazilo ve zrychlené erozi půdy a akumulaci materiálu na bázi svahů a v nivách vodních toků. Historický vývoj prostorové distribuce erozních a akumulčních procesů je tak od určitého období do značné míry determinován i vývojem osídlení a hospodářské činnosti nových kolonistů (Stankoviansky 2001).

Cílem rešeršní části této práce bylo popsat vývoj střeoevropských erozně-akumulačních procesů jako odezvy na změny antropogenního tlaku v průběhu holocénu, jejichž následky se odrážely v příhodných prostředích, tzv. přírodních archivech (Dotterweich 2008, Mäckel et al. 2003). K sestavení dlouhodobého trendu erozních a akumulčních procesů v rozsahu střední Evropy posloužily desítky případových studií, které studují souvislosti mezi lidskou činností a akceleroanou erozí půdního krytu nebo akumulací erodovaného materiálu v níže položených částech místních povodí. Záměrem přitom nebylo postihnout recentní erozní a akumulční procesy. Svou šíří by toto téma zastřelo děje v minulosti a vyžádalo by si podstatné rozšíření této práce. Konečným stavem krajiny je tak pro naše účely socialistická kolektivizace zemědělské velkovýroby v 50. až 70. letech předcházejícího století, která byla vlivem řady nevhodných terénních úprav z erozně-akumulačního hlediska podstatná.

V druhé praktické části bylo hlavním cílem pomocí dendrochronologické metody odhalených kořenů datovat vznik a vývoj dvou strží v lokalitě Žebrák v Polomených horách. Dále bylo snahou v této lokalitě zjistit změny využití ploch mezi rokem 1954 a současností a posoudit jejich možné přispění na rozvoj stržové eroze v datovaných stržích.

2. Teoretické nastínění procesu eroze – transport – sedimentace

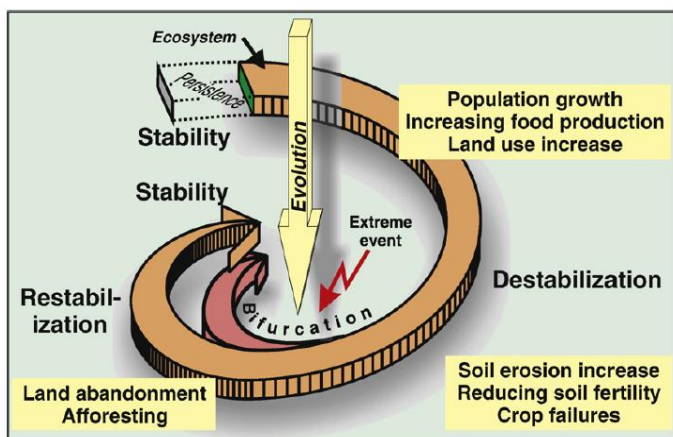
V obecném kontextu se erozí rozumí rozrušování zemské litosféry, respektive pedosféry rušivou činností exogenních činitelů (Zachar 1960). Působením této eroze dochází na jedné straně k degradaci zemského povrchu, na druhé k agradaci zemského materiálu. Závěrečným stavem její činnosti je pak zarovnění - planace zemského povrchu (Zachar 1960). **Pokud budeme nicméně v této práci mluvit o erozi, myslí se tím eroze půdní v užším slova smyslu.** Tu lze charakterizovat jako přirozený morfogenetický jev, při kterém působením vody, větru, ledu, případně jiných činitelů dochází k rozrušování povrchu půdy a odnosu půdních částic (Janeček 2002). Tento moment nastává v okamžiku, kdy unášející schopnost fluida překoná sílu udržující půdní částici na povrchu (Demek 1987a). Během eroze probíhá nejenom úbytek objemu půdního materiálu, často humusového horizontu, který je podstatný pro fertilitní vlastnosti půdy, ale i celková změna fyzikálních a chemických vlastností, jako například struktury, pórovitosti, obsahu minerálních živin nebo acidifikace (Janeček 2002). Míra eroze je determinována klimatem, substrátem a geomorfologickými podmínkami. Podstatným faktorem je ale i rozsah a hustota vegetačního krytu, který funguje jako účinná protierozní ochrana (Buzek 1983).

Téměř polovina území Česka byla v roce 2012 ohrožena vodní erozí (Pírková et al. 2002). Její první fáze nastává již samotným dopadem dešťové kapky na povrch půdy, který způsobí vznik drobných jamek, poškození agregátů a oddělení půdních částic (Janeček 2002). Pokud úhrn srážek překročí infiltrační možnosti půdy, nastává při minimálních terénních nerovnostech plošný splach. Častěji se ale povrchový odtok koncentruje do mikroskopických forem primárních zářezů, které se postupně zahlubují a přechází v erozní rýhy a stružky s turbulentním prouděním (Demek 1987a, Kliment 2003). Dalším vývojovým stádiem lineární (rýhové) eroze jsou strže, několik metrů mocné zářezy ve svazích, zpravidla bez stálé přítomnosti protékající vody (Janeček 2002). Často se vytvoří hned několik souběžných strží vedle sebe, které se při větší hustotě dále větví a protínají. Vzniká tak členitý erozní reliéf, tzv. badlands nebo také durnyje zemli (Demek 1987a). Největší intenzita stržové eroze je v období jarního tání sněhu a přívalových srážek (Buzek 1983). Zatímco erozní procesy jsou při jarní oblevě limitovány hloubkou ještě stále promrzlé půdy, která zabraňuje odnosu materiálu a tvoří spíše široké a mělké stružky, erozní odezva na extrémní přívalové srážky je

morfologicky výraznější (Buzek 1983). Dalším výrazným erozním činitelem je vítr, jehož dopad určují rychlost, směr proudění vzhledem ke konfiguraci reliéfu a struktura substrátu. Větrné eroze působí buď přímým rozrušováním půdních agregátů a výchozů hornin, nebo odnášením půdních částic vzestupnými proudy (Zachar 1960). Po oddělení půdních částic nastává fáze transportu, která probíhá trakcí, saltací, v suspenzi, potažmo vznosem v případě větrné deflace (Janeček 2002). K následnému ukládání sedimentů dochází při snížení kinetické energie transportačního média, například v důsledku tření, přítomností různých překážek nebo při snížení výškového gradientu v místech lokálních nebo regionálních erozních bází (Kachlík 2003). Typů sedimentačních prostředí je celá řada. Následky stružkové eroze se deponují ve formě svahových, tzv. koluviálních, sedimentů na úpatí svahů, ale často také zapříčiňují akumulaci materiálu v nivách řek a vodních nádržích (Janeček 2002).

3. Vliv člověka na erozní a akumulární procesy

V podmínkách střední Evropy je často podstatným faktorem určujícím rozsah erozních procesů stav vegetačního krytu (Dotterweich 2008). Posledních sedm tisíciletí však stav vegetace není určena jen podnebím, případně ostatními abiotickými nebo biotickými činiteli, ale i vlivem člověka (Lüning 1996). Populační růst lidské společnosti vytvářel postupně stále větší tlak na okolní krajinu a antropogenním přispěním nakonec docházelo k přizpůsobování krajiny potřebám člověka a změně využití ploch (Sádlo et al. 2005). Tím se destabilizoval do té doby stálý systém přírodních komponent a vztahů mezi nimi (Bork et al. 1998). Narušení křehké rovnováhy mezi množstvím dotovaných srážek a velikostí vegetačního zápoje vedlo následně k akceleraci erozních procesů (Buzek 1983). Tyto události mohly v závislosti na velikosti povodí vést až ke katastrofickým následkům, které se nicméně zpětně dotkly i socioekonomických zájmů a vedly nakonec k redukci exploatace krajiny (Obr. 1). V člověkem opuštěných územích se následně přírodně determinovaný systém erozně-akumulačních procesů obnovil a vývoj se tak zacyklil (Bork et al. 1998).



Obr. 1: Konceptuální model interakce člověka a přírody a jejich zpětnovazebných mechanismů (Bork et al. 1998; upraveno Dotterweich 2008).

3.1. Odlesnění

Hlavním mechanismem antropogenní přeměny krajiny a z dlouhodobého pohledu i významným erozním činitelem je odlesnění pro potřebu rozšíření zemědělských ploch (Dreslerová, Sádlo, 2000). Zapojený les je významným protierozním faktorem. Svým opadem má mimořádnou schopnost zadržovat povrchový odtok, na plošně rozsáhlém povrchu rostlin se intercepcí hromadí a zpětně vypaří srážková voda, aniž by tak došlo ke kontaktu s půdním krytem. V nadložním humusu a prokořeněných lesních půdách se navíc povrchový odtok dobře infiltruje a přejde na méně erodibilní podpovrchový (Buzek 1983). Tradiční názor zapojeného lesa jako nejlepší protierozní ochrany (Dreslerová 2004a) však nemusí být zcela pravdivý. Záleží totiž na časovém rozmezí uvažování (Ložek 2008). V lesích probíhá nenápadný proces bioturbace, mechanické zvětrávání geologického podkladu mj. kořenovým systémem stromů, který z dlouhodobého hlediska napomáhá destrukci a erozi substrátu (Pawlik 2013). Krátkodobější, o to ale intenzivnější, jsou erozní procesy způsobené pasivní bioturbací, které se projevují ve formě vývrátů stromů po orkánech a vichřicích a působí jako erozní faktor zejména na svazích s gradientem nad 8–10° (Šamonil et al. 2010).

Je nutné posoudit, jakým způsobem se odlesnění dosahuje. Hlavním typem pravěkého lesního hospodářství bylo žárové zemědělství, při kterém se les vypaloval, nicméně jen dočasně odlesnil (Beranová a Kubačák 2010). Pouhé odlesnění zvýšilo erozi jen nárazově, pro trvalý efekt bylo nutné bezlesí udržovat

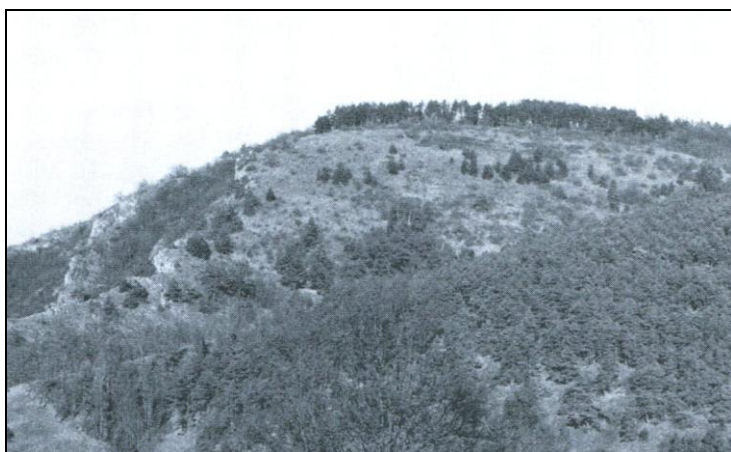
dlouhodobě tak, aby nepodléhalo rychlému zarůstání expanzivní vegetací, které je v našich klimatických podmínkách relativně rychlé (Dreslerová 2004a). S rozvojem železných seker se začalo uplatňovat mýcení, přičemž trvalý dopad na odlesnění krajiny mělo až raně středověké klučení, kterým se odstranila i podzemní část stromů a zbytek pařezů (Beranová a Kubačák 2010). Obdobně je nutné uvažovat i o rozsahu odlesnění. Velkoplošné odlesnění je, stejně jako velkoplošné zemědělství, kritickým stavem pro erozi půdy. Erozní potenciál je v takových případech ještě umocněn rozrušením lesních půd během těžby a svozu vykáčeného dřeva těžkou technikou (Kliment 2003). Lesní komunikace k tomu využívané následně vytváří soustavu rýh, které podléhají eroznímu účinku povrchového odtoku (Buzek 1983). Odlesnění se v minulosti dosahovalo i neúmyslně vlivem depozice toxických látek. Na následně vzniklých imisních holinách se eroze projevovala odnosem jemnozrnného materiálu, tzv. intraskelotovou erozí suti, jejímiž pozůstatky jsou pusté pláně s velkými obnaženými klasty (Ložek 2011).

3.2. Pastva

Dalším stádiem gradientu antropogenní přeměny krajiny je extenzivní pastevectví. Podstatnou protierozní úlohu zde představuje stav a zastoupení travního drnu. Nezanedbatelným faktorem je i hloubka prokořenění trav, jehož nízká mocnost je charakteristická hlavně pro písčité a skeletovité půdy. Neporušený drn má ve srovnání s kulturními plodinami erozně eliminující charakter, kdy odnos půdního krytu může být 30 krát až 60 krát nižší (Buzek 1983). Negativní účinek pro kvalitní drn představuje dlouhodobě koncentrovaný pohyb zvěře. Typicky se znehodnocení drnu a následná eroze projevuje v tzv. průhonech, koridorech pro pravidelné vyhánění dobytka na pastvu, ve kterých se opakovaným mechanickým porušením vytvoří iniciální erozní rýha koncentrující povrchový odtok (Ložek 1973). Dalšími náchylnými místy jsou udusané plochy stinných okrajů lesů a křovisek, kde se dobytek schovává před slunečními paprsky (Sádlo et al. 2005), nebo okolí napajedel (Evans 1998). Z pohledu eroze půdy je tedy podstatné časově delší koncentrování dobytka v určitém omezeném prostoru.

Jednou z forem prehistorického způsobu pastevectví bylo kočovnictví, praktikované ve střední Evropě například v maďarských stepích. Jednalo se o cyklické putování celé skupiny obyvatel i s domestikovanou zvěří po plošně

rozsáhlejším území, kdy byl vliv na erozi půdy krátkodobý, regionálně rozprostřený a z tohoto důvodu minimální (Evans 2003). Další forma, která sice značně devastovala vegetaci, ale z hlediska půdní eroze představovala vliv zřejmě zanedbatelný, byla od pravěku až do 18. století praktikovaná lesní pastva. Ta byla nakonec pro regulaci dalšího odlesňování a poškozování lesů v českých zemích zrušena roku 1754 Císařským královským patentem lesů a dříví (Nožička 1957). Několikaleté soustředění pastvy v ohraničeném prostoru a tedy potenciální erozní nebezpečí představovalo přílohové zemědělství nebo středověká pastva na úhorech, zejména pokud byla uplatňována ve svažitém terénu. Za těchto podmínek pak pastvou vyvolaná eroze vedla k degradaci půdních typů za vzniku rozsáhlých rendzin a tzv. bílých strání, v oblastech křídových slínů v Polabí a dolním Poohří nebo třetihorních jílovitých hornin Žatecké pánve (Ložek 2011). Pozůstatkem pastevectví jsou ale i škrapové srázy na okrajích planin Slovenského a Českého krasu (Obr. 2).



Obr. 2: Krasová step nad obcí Hostim. Důsledek nejspíše pravěkého pastevectví (Ložek 2007).

3.3. Orba

Odlesnění a následné zemědělské využívání ploch má za následek změnu hydrologických poměrů. Projevuje se zintenzivněním povrchového odtoku a s ním spojeným nárůstem eroze, přičemž její rychlost vzrůstá až tisíckrát (Dreslerová 2004a). Míra eroze na zemědělské půdě byla v minulosti závislá na konkrétním hospodářském modelu a délce jeho praktikování (Pokorný 2011). Jednou z hlavních erozních proměnných jsou geometrické a topografické vlastnosti obdělávané plochy. Změna tvaru polí do podlouhlých honů si například ve středověkém polní

hospodářství vyžádala snížení protierozního účinků zatravněných úvratí a vedla k prodloužení erozně nebezpečné délky svahů (Stehlík 1981). Eroze půdy se projevuje zejména u polí ve svažitém terénu a to již od minimálního sklonu jeden až sedm stupňů (Buzek 1983). Extrémní sklony vyšší než 20°, které byl v dobách pokročilého extenzivního zemědělství běžně obhospodařovány, jsou z hlediska eroze půdy k orbě nevhodné. Strmé pozemky lze na druhou stranu volbou vhodných protierozních opatření, například terasováním, preventivně před erozí chránit a erozi tak eliminovat (Janeček 2002). Podstatným faktem je rovněž, v jakém směru na těchto pozemcích probíhá orba. Degradace půdy je urychlena oráním po spádnicí, podél delší osy jsou totiž vedeny brázdy, které podobně jako jednotlivé řady soustřeďují odtok. Odnos půdního materiálu může být u půd oraných po spádnicí až o 50 % větší než při orbě po vrstevnici (Smolíková 1988).

Samotná intenzita eroze v důsledku orby (z orání) je rovněž závislá na používání výkonnější techniky. V prvních etapách zemědělství se využívalo primitivních nástrojů, které umožňovaly jen velmi mělkou orbu, jež nebyla k erozi tak náchylná (Zachar 1960). Postupné zdokonalování techniky, zejména zavedení pluhu orbu prohlubovalo a půdu nejenom rozrývalo, ale i obracelo, nebo dokonce přesouvalo, a to jak ve směru orby, tak do stran (Lobotka 1958). Moderní těžká mechanika utužuje půdu svou tíhou, což má negativní vliv na infiltraci vody a urychlení povrchového odtoku. Rovněž rýhy po průjezdech této techniky nebo nevhodně založené polní cesty se mohou stát základem koncentrace odtoku, nebo dokonce vývoje stružkové eroze (Buzek 1983). V některých případech mohou účinnou ochranu poskytnout meze a větrolamy, které nedovolí erozním činitelům získat takovou unášející rychlost jako na holých pláních a snižují také jejich účinek přímého nárazu. Odstranění zatravněných mezí a remízků mezi jednotlivými poli během kolektizace zemědělství v druhé polovině 20. století vedlo ke zvýšenému efektu eroze půdy (Stankoviansky 2001). Některé snahy rolníků o vedení mezí podél podlouhlé osy parcely ve směru spádnice, kam by odtékala ronová voda, se realizují pomocí tzv. orby do skladu. Takto dlouhodobě vedená orba má však za následek vytvoření obloukového vyklenutí pole v příčném profilu a díky vodní erozi snižování povrchu při mezích (Stankoviansky 2001). Meze tedy zachycují povrchový odtok a zabraňují ochuzování půdy tehdy, jsou-li orientovány ve směru vrstevnice a navíc doplněny vhodnými hydrotechnickými prvky, jako jsou průlehy či příkopy (Stankoviansky 2001). Pokud jsou pozemky scelovány do rozsáhlých

homogenních ploch rozoráním mezi a odstraněním umělých hrází a zídek, odolnost proti působení, jak větrné, tak vodní eroze klesá.

Podstatnou proměnou půdní eroze je hustota vegetačního krytu. Největší pokryvností a protierozní funkcí se vyznačují jeteloviny, zatímco širokořádkové plodiny jako kukuřice nebo brambory jsou erozi velmi náchylné. Příčinou eroze zemědělských půd mohou být také nesprávné postupy při jejich obdělávání. Přejít k ozimům k jařinám nechává pole po několik měsíců nepokryta vegetací a vystavena eroznímu účinku povrchového odtoku, popř. mrazového rozrušování (Dreslerová 2004a). Jednostranné monokulturní pěstování některých plodin, například obilovin, vede k vyčerpání půdy, ke zhoršení jejích chemických a fyzikálních vlastností a omezení retenční schopnosti. Tím se půda stává náchylná k vodnímu a větrnému odnosu (Dreslerová 2004a).

Pokud chceme vystopovat průběh erozní aktivity v minulosti, musíme sledovat nejenom změny využití ploch, rostoucí podíl odlesněné plochy nebo rozšíření sídel, ale i vývoj konkrétních hospodářských a lesnických praktik a dostupných technologií, jejichž vliv na erozně-akumulační procesy mohl být v minulosti zásadní.

4. Datování erozních a akumulčních procesů

Následky antropogenně zrychlených erozních procesů se zaznamenávají v tzv. přírodních archivech, přičemž prostorová a časová rozlišovací schopnost je pro každý typ prostředí odlišná (Dotterweich 2008). Svahové sedimenty mají kvůli kratší vzdálenosti transportovaného materiálu menší zdrojovou oblast, charakterizují tedy velmi lokální změny ve využití ploch, obvykle v rozsahu malých povodí do 0,1 km² (Lang 2003; Dotterweich 2005). Podobnou detailní představu zprostředkovávají strže, většinou iniciované ráznými zemědělskými intervencemi nebo kompletním odlesněním v místním rozsahu (Dotterweich 2003a). Na druhou stranu sedimentační prostředí říčních niv velkých středoevropských řek umožňuje sledovat změny v plošně rozsáhlejších územích, jejichž přechod ve využití ploch se ale v záznamu projeví někdy až s dlouhodobou prodlevou (Houben et al. 2006; Starkel et al. 2006). Výhoda jezerních sedimentů, jako dalšího typu archivu, je kontinuální vývoj sedimentace, která na změny ve výše položených úsecích povodí reaguje velmi rychle (Dreibrodt, Bork 2005).

K datování akumulční aktivity se nejčastěji využívá identifikace archeologických nálezů nebo radiokarbonového datování organických makrofosílií a uhlíků přítomných v sedimentech. Tyto objekty jsou ale náchylné na pozdější redepoziční pohyby, které mohou stáří procesů nadhodnotit (Lang 2003; Dreibrodt et al. 2009). Relevantnější je určování stáří sedimentů pomocí metody opticky stimulované luminiscence nebo paleomagneticky (Lang 2003; Kadereit et al. 2010). Historické mapy a krajinomalby mohou rovněž zaznamenat erozní události, spíše nám ale poskytují představu o tehdejších využití krajiny (Bork 1998). Další možností je analýza zastoupení různých identifikačních prvků a obsahu organické hmoty v jednotlivých horizontech půdního profilu. Cesiová metoda hodnotí obsah absorbovaného radioaktivního cesia 137, jenž byl poprvé v prostředí plošně detekován jako produkt nukleárních pokusů na začátku 50. let (He, Walling 1996a). Vzhledem k rozsahu atmosférické depozice cesia je hlavní výhodou této metody globální použitelnost. Dalším pozitivem je střednědobý poločas rozpadu kolem 40 let (He, Walling 1996a). Po kontaktu se zemským povrchem se deponované Cs-137 absorbuje v jílovitých půdních částicích v horních 5-10 cm, přičemž směrem do hloubky půdního profilu jeho koncentrace výrazně klesá. Pokud dojde k erozi svrchní části profilu, zastoupení cesia je oproti koluvizemím při bázích svahů nižší (Lehotský, Stankoviansky 1992; Poręba et al. 2013). Největší množství spadu Cs-137 z atmosféry je v sedimentech zaznamenáno mezi lety 1956 až 1967 s vrcholem v roce 1964 (He, Walling 1996a). Pozoruhodná anomálie obsahu cesia v životním prostředí se objevuje v roce 1986, kdy došlo k havárii jaderné elektrárny v Černobylu a uvolnění radioaktivních izotopů do atmosféry (Walling et al. 1989). Podobně lze zachytit i fosfátové anomálie jako odkaz dřívějšího ustájení zvířat nebo hnojení na polích (Dreslerová 2009a). Přítomnost některých kovů (Klimek 2002) a perzistentních organických polutantů je také možné využít jako nepřímého ukazatele staří depozice erodované materiálu v případě, když známe období jejich plošného používání (Zádorová et al. 2013). Od rané fáze industrializace se v sedimentech říčních niv objevují i stopy deponovaného olova a zinku. V některých případech se tak pro datování a zhodnocení rychlosti akumulace říčních nebo jezerních sedimentů v rozmezí od konce 19. století do současnosti používá i radioaktivního izotopu Pb-210 s poločasem rozpadu přibližně 22 let (He, Walling 1996b; Sikorski, Bluszcz 2008; Grygar et al. 2012). Cílem metody je zaznamenat změny nebo zastoupení radioaktivního olova 210. Tato metoda datování dokáže díky svému krátkému poločasu

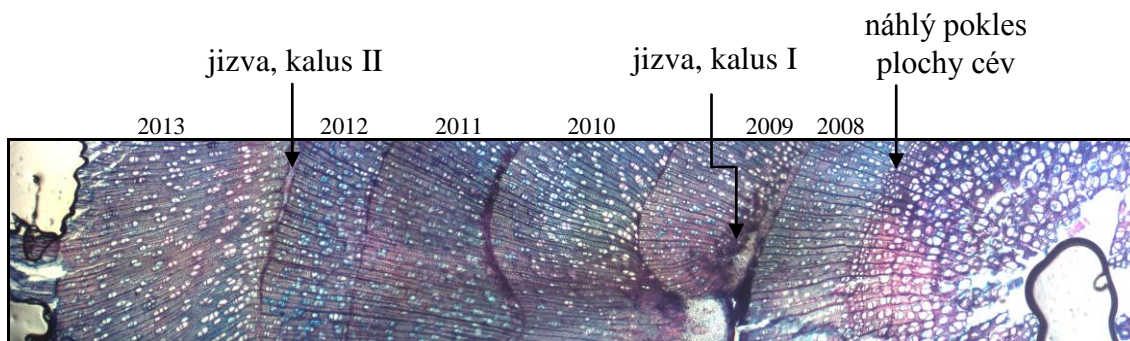
rozpadu citlivěji zaznamenat stáří depozice a rovněž je vhodná kvůli kontinuálnímu spadu izotopu olova z atmosféry (Grygar et al. 2012).

5. Dendrochronologické metody datování erozních a akumulačních procesů

K datování erozních a akumulačních procesů lze využít i letokruhové řady kořenů nebo kmenů stromů (Tumajer, Tremel 2013).

Dendrochronologická metoda obnažených kořenů se využívá pro rekonstrukci vývoje strží (Malik 2006), plošné eroze (Bodoque et al. 2005) nebo pro datování eroze břehů vodních toků (Malik, Matyja 2008). Ústřední myšlenkou této metody je, že se erozí svrchní části půdního krytu odhalí kořenové systémy okolních dřevin, jejichž primární funkce, přísun živin a vody z půdy, tak není dále možná (Gärtner et al. 2001). Tato událost se následně projeví v anatomických změnách obnažené části kořene, jejichž stáří můžeme určit pomocí odečtu mladších letokruhů, které od této změny plynuly (Corona et al. 2011). Znakem odhalení kořene je redukce plochy buněk okolo 50 % ve srovnání s předchozími roky a zároveň jejich větší hustota (Gärtner 2007). Dalšími projevy odhalení kořene jsou zvýšení proporčního zastoupení letního dřeva v letokruhu, pokles šířky letokruhů nebo změny směru tracheid (Gärtner et al. 2001). Ne každý druh dřeviny reaguje na změny stejně. V případě použití kořenů z jehličnatých stromů jsou změny komplexnější, na rozdíl od listnatých stromů se odhalení kořene projeví více znaky a je nápadnější. Proto je pro účely datování erozních událostí vhodné používat jehličnanů (Gärtner 2007).

Erozní událost se v některých případech vlivem mechanického poškození projeví i vznikem nápadné růstové jizvy (Gärtner 2007) a hojivého pletiva s parenchymatickými buňkami, tzv. kalusu, na okrajích poškozené části kořene (Gärtner et al. 2001). Mechanický stres, který jizvy indikují, ale nemusí vždy souviset s odhalením. Mladší růstová jizva na Obr. 3 ukazuje na okusování zvěře nebo jinou disturbanci v době, když byl již kořen na povrchu (Malik 2006).



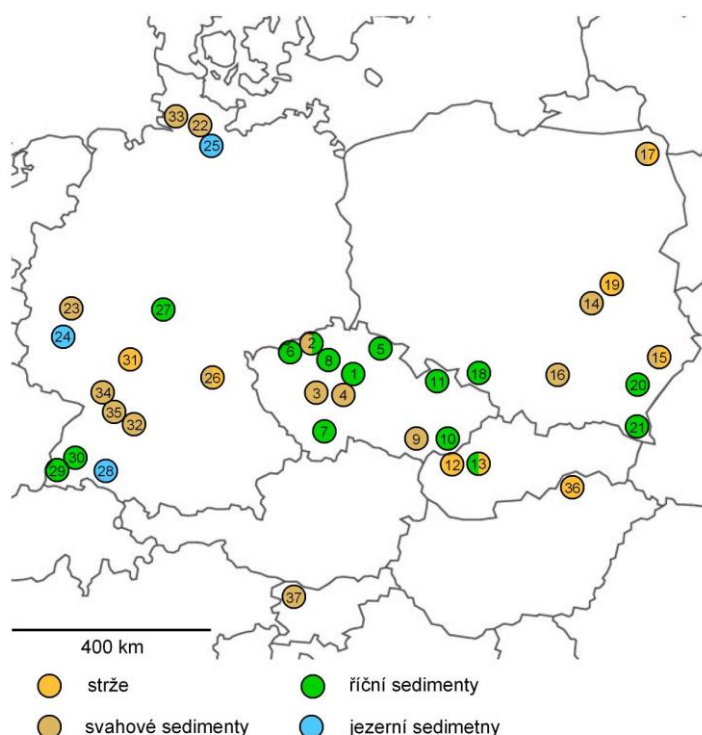
Obr. 3: Detailní fotografie odhaleného kořene. Odhalení kořene proběhlo v roce 2008, jehož reakcí byl výrazný pokles ve velikosti cév. O rok starší jizva na tyto reagovala se zpožděním. Náznak mladší jizvy je následkem na erozi nezávislé disturbance. (vlastní fotografie, přibliženo 40x)

V případě mechanického působení erozních nebo akumulčních procesů může dřevina produkovat tzv. reakční dřevo, které se svými znaky - tlustší buněčnou stěnou a tmavším zbarvením – nápadně liší od ostatních letokruhů (Schweingruber 1996). Tvorba reakčního dřeva souvisí se snahou o navrácení stromu do přirozené vertikální polohy, ze které byl následkem depozice materiálu nebo destabilizace podloží vychýlen. U jehličnanů se v takovém případě vyskytne tzv. tlakové (kompenzační) dřevo, které obsahuje kruhové buňky s výraznou buněčnou stěnou (Schweingruber 1996). Typická struktura se u těchto stromů projeví na vykloněné spodní straně kmene (Stoffel, Bollschweiller 2009). Na opačné straně se v případě listnatých dřevin utvoří tahové (tenzní) dřevo, jehož nápadnost není již tak jednoznačná.

K datování agradace materiálu se může využít adventivních kořenů jako reakce pohřbení báze kmene. V zazemněných částech stromu se anatomické změny projeví poklesem šířky letokruhů, širšími trachejemi se slabší buněčnou stěnou a menším kontrastem jarního a letního dřeva (Friedman et al. 2005). Stáří těchto akumulčních procesů se určí následným odečtem mladších letokruhů.

6. Rekonstrukce antropogenně ovlivněných erozních a akumulčních událostí v průběhu holocénu

Zájmové území pro sledování dlouhodobého vývoje erozních a akumulčních událostí zahrnovalo teritoria Německa, Česka, Slovenska, Polska, Maďarska a Slovinska, definované v této práci jako střední Evropa. Výběr zemí vycházel z dostupnosti publikací souvisejících s tématem této práce. Na základě 37 případových studií bylo stanoveno několik hlavních fází eroze půdy a akumulace nivních hlín, svahových sedimentů a dalších přírodních archivů, které zaznamenávají signály zvýšené intenzity geomorfologických pochodů (Tab. 1). Jak ukazuje Obr. 4, rozptřeni jednotlivých lokalit je nerovnoměrné a v některých regionech případové studie dokonce zcela chybí. Proto je nutné při interpretaci jednotlivých událostí zohlednit jak vlastnosti depozičních prostředí, tak kriticky nahlížet na interpolovaná tvrzení za celou střední Evropu, vycházející mnohdy z několika málo lokálně omezených výzkumů. Vymezení jednotlivých dějinných etap je na základě Geologického atlasu České republiky – Stratigrafie (Havlíček 1994).



Obr. 4: Lokality případových studií, které sloužily pro vytvoření obecného vývoje eroze a akumulace v holocénu. Jednotlivá čísla odkazují k daným lokalitám uvedených v Tab. 1.

	Lokalita	Prostředí	Období	Odkaz
1	Borek	aluvia	eneolit, vrcholný středověk	Dreslerová et al. 2004b
2	Lužický potok	aluvia	eneolit (2600–2300 př. Kr.), doba římská	Neustupný 1987
3	Kamenný újezd	koluvia	eneolit (2600–2300 př. Kr.)	Beneš 1995
4	Dolní Počernice	koluvia	eneolit (2600–2300 př. Kr.)	Vencl 1994
5	Jelení potok	aluvia	středověk	Treml, Čermák 2008
6	Hrdlovka	aluvia, koluvia	doba bronzová, doba halštatská	Beneš, Dobeš 1992
7	soutok Malše a Vltavy	aluvia	raná doba bronzová	Zavřel 1996
8	Kostece nad Ohří	aluvia	pozdní doba bronzová	Beneš 1995
9	Haraska	koluvia	středověk, 1950	Zádorová et al. 2013
10	řeka Morava	aluvia	1250–1450, 1550–1600, 1950 – současnost	Grygar et al. 2001; Kadlec et al. 2009
11	Bílá Opava	aluvia	1912, 1931, 1949, 1973, 1997	Malik, Matyja 2008
12	Myjavská pahorkatina	strže	vrcholný středověk, 1550–1730, 1780–1840	Stankoviansky 2003
13	Prašice, Tvrdomestice	strže, aluvia	vrcholný středověk, 1750–1950	Papčo 2011
14	Gutanow	koluvia	1830, 1970–2000	Janicki et al. 2002
15	Jedliczny Dol	strže, koluvia	1300–1500, 1850–1890	Schmitt et al. 2006
16	Biedrzykowice, Szyszczycy, Swierklany	koluvia	3000 př. Kr., 1300	Poręba et al. 2013
17	Suwałki	strže, vějíře	700–1350, 1400–1500	Smolska 2007
18	Osoblažsko, řeky Pština, Prudník, Osoblaha, Ruda	aluvia	900–700 př. Kr., 200 př. Kr. – 500 n. l., raný středověk	Klimek 2002; Zygmunt 2004
19	Doły Podmularskie	strže	2000–1300 př. Kr., 1000–1200, 1600, 1850	Dotterweich et al. 2012
20	Kanczuga Plateau	aluvia	1120–1500	Klimek et al. 2006
21	řeka San, Bieczady	aluvia	1450–1600	Kukulak 2003
22	Bornhöved	koluvia	2500–2200 př. Kr., 250–400, 600–1400, 1800	Dreibrodt et al. 2009
23	Auf dem Scheid	koluvia	doba bronzová, doba římská vrcholná středověk,	Preston 2001
24	jezero Holzmaar	jezerní sediment	mezolit, doba římská, 1140–1800	Zolitschka 1998
25	jezero Belau	jezerní sediment	3500–2700 př. Kr., 2000–500 př. Kr., 500–0 př. Kr., 1140–1800	Garbe-Schönberg et al. 1998
26	údolí Wolfsgraben	strže, koluvia	14. století, 1780–1830	Schmitt et al. 2003
27	řeka Werra	aluvia	1300–1700	Scheider 2007

28	jezero Steisslingen	jezerní sediment	doba římská (40–125)	Eusterhues 2000
29	Ettenheim	aluvia	doba halštatská	Mäckel et al. 2003
30	Simonswälder Tal, Eztal	aluvia	středověk	Seidel 2000, Schneider 2000
31	Hainbach, Catena Friesen	strže	8. – 10. století	Dotterweich 2005
32	Bretten-Bauerbach	koluvia	doba římská, vrcholný středověk, 1950 – současnost	Kadereit et al. 2010
33	Albersdorf	koluvia	neolit – doba bronzová	Reiß et al. 2009
34	Neurott, Bruchsal, Waldorf, Wetterau	koluvia	2200–800 př. Kr., 800 př. Kr. – 100 n. l., 1100	Lang 2003
35	Vaihingen	koluvia	doba římská, středověk	Lang, Hönscheidt 1999
36	povodí řeky Rakaca	strže	1920 – současnost	Gábris et al. 2003
37	Julské Alpy	koluvia	1800 – současnost	Zorn, Komac 2009

Tab. 1: Seznam lokalit. Články sloužily pro zhodnocení obecného trendu vývoje erozně akumulčních procesů v holocénu.

6.1. Začátek holocénu, mezolit (8000 – 5600 př. Kr.)

Na přelomu pozdního pleistocénu a začátku holocénu probíhaly ve fluvialních systémech značné změny. Glaciální poměry divočících řek tvořené hrubými šterkovými nánosy byly náhle převrstveny organicky bohatými nivními půdami odkazujícími k meandrujícímu charakteru tehdejších toků (Kalis et al. 2003; Ložek 2011). Akumulace nivních hlín a lokální eroze půdy byla v převážné míře ovlivňována klimatickou variabilitou začínajícího vlhkého boreálu a následného atlantiku (Dreibrodt et al. 2010). Příhodné podnebí podporuje i rozšíření vegetace. Nelesní plochy tak postupně ztrácely konektivitu, zatímco les se stal spojitou krajinnou maticí (Ložek 2004). Neprůchodná zalesněná krajina byla ale pro tehdejšího člověka, závislého na lovení migrující zvěře, nevhodná. Vypalování nebo spíše prosvětlování lesa umožnilo zvýšit atraktivitu lokalit pro vysokou zvěř (Innes, Blackford 2003), stejně tak podpořilo výskyt některých sběračsky důležitých druhů lesních plodů, které poskytovaly sezónní potravu (Pokorný 2011). Maloplošné odlesňování mohlo například podporovat ruderalní vegetaci, významnější dlouhodobé změny v krajině a tedy i zásahy do erozních a akumulčních procesů však mezolitický člověk nezpůsobil (Ložek 2011).

6.2. Neolit (5600 – 4400/4300 př. Kr.)

Začátek antropogenně podmíněného přetváření krajiny se ve střední Evropě datuje kolem roku 5 500 před naším letopočtem (Lüning 1996). Vychází z materiálních nároků nově etablovaného zemědělského způsobu života a přechodu k trvalému osídlení. Tento nově vzniklý tlak na okolní prostředí však nebyl celoplošný, neboť byla sídelní struktura rozdrobená do malých samozásobitelských osad (Pečírka et al. 1989). Omezené technické prostředky, jimiž neolitický člověk disponoval, podstatně usměrňovaly výběr území. Musel umět citlivě zhodnotit kvalitu a obdělávatelnost půd, posoudit klimatické podmínky a další fyzickogeografické aspekty (Ložek 2007). Kultura lineární keramiky tak kolonizuje úrodné černozemní oblasti původní sprašové stepi z období glaciálů rozprostírající se mezi Rýnem, Dunajem a Velkomadžarskou nížinou (Dotterweich 2008). Tento prostor pravěké ekumeny, či starosídelní oblasti (*Altsiedlungslandschaft*), je dodnes nepřetržitě člověkem kultivován (Ložek 1973; Pokorný 2011). Prostředí, se kterým byl pravěký zemědělec konfrontován, si můžeme představit jako matici snadno prostupných společenstev listnatých lesů s dominantním dubem a příměsí dalších listnatých dřevin (Dreslerová, Sádlo 2000), které byly protkány drobnými ploškami velmi hustých porostů a dočasně, trvaleji, či zcela otevřených enkláv (Ellenberg 1986). Nálezy z Porýní, kde se vedle obilí vyskytují i příměsi druhů reprezentující otevřené krajiny, nasvědčují využití právě těchto bezlesých prostor. Na druhou stranu se předpokládá, že i na černozemích převažoval řídký les, který museli první kolonisté odstranit (Vysloužilová et al. 2014). Ve většině lokalit se uplatňovalo odlesnění formou vypalování porostu, jak prokazují zachovalé spálené uhlíky, i když je prokázáno, že i neolitickými kamennými sekyrami bylo možné les částečně vymýtit (Beranová, Kubačák 2010). Nicméně zásah odlesnění do krajiny si není možné představovat nijak katastroficky. Rozsah odlesněné a orbou obdělávané plochy se pohyboval v řádech desítek hektarů na jednu osadu. Podíl takto přeměněných ploch v nížinách zabíral okolo 20 % (Dreslerová 1995). Hlavním typem zemědělství bylo ve střední Evropě žárové zemědělství (Beranová, Kubačák 2010). Po korigovaném vypálení spadaného porostu se zasel do ještě teplého popela (Beranová, Kubačák 2010). Černozemě a spálená biomasa v prvních letech poskytovaly dostatečnou úrodu, živiny se ale neobnovovaly a po pár letech se musela pole opustit a nechat napospas druhotné sukcesi. Obdělávané plochy se

i s vesnicemi v poměrně krátkých intervalech stěhovaly na rozsáhlých územích a zhruba po 30–40 letech se opět vracely na svá dřívější stanoviště (Beranová, Kubačák 2010). Na druhou stranu se vyskytují i názory, že mohla být regenerace úrodnosti zajištěna střídáním plodin, zejména vyséváním luštěnin, nebo hnojením trusem domestikovaného dobytka, který se na pole vyháněl mimo vegetační období. Osídlení tak eventuálně mohlo setrvat na jednom místě dlouhodobě (Beranová, Kubačák 2010). Tlak na okolní prostředí by tak byl sice lokálně soustředěný, zato ale intenzivnější, a z pohledu eroze půdy zásadní (Sádlo et al. 2005). Orba se prováděla křížovým způsobem s úvratěmi na všech čtyřech stranách. Pole byla ohrazena větvemi, nebo nějakou formou živého plotu. Praktikoval se spíše ozimý způsob hospodaření, který tak vytvářel celoroční bylinný kryt obdělávaných ploch. Tyto praktiky sloužily jako dobrá protierozní opatření (Dreslerová 2007). Nesmíme však opomenout fakt, že pěstování obilí bylo pouze doplňkovým zdrojem obživy a převládal chov dobytka (Beranová, Kubačák 2010). Tomu byly podřízené například způsoby tehdejšího lesního managementu. Praktikovalo se hrabání steliva, lesní pastva, oklest či prořezy slabších větví a ratolestí (Dreslerová, Sádlo 2000). Pro získání letninové píce, paliva, prutů na košíkářství nebo stavebního materiálu se dále využívalo tzv. výmladkování (*coppicing*), komolení (*pollarding*) nebo ořez bočních větví (*shredding*) (Rackham 1994). Tyto praktiky měly z pohledu eroze půdy pozitivní i negativní důsledky. Odnos napadaného materiálu, který má schopnost retence povrchového odtoku, zlepšuje strukturu půdy jejím obohacováním o humus a zabraňuje promrzání půdy v zimních měsících, erozi urychluje (Buzek 1983). Podobně erozně nevhodné je i odstranění korun stromů, zásadní pro schopnost evapotranspirace a mírnění destruktivního účinku dešťových kapek na půdu (Janeček 2002). Zachování spodní části kmene a hlavně kořenového systému však erozi významně eliminuje.

Naším zájmem je zjistit, jak se výše nastíněný zvrát ve vztahu člověka a přírody odrazil v erozně-akumulačních procesech. Na základě studií ze střední Evropy musíme konstatovat, že v průběhu neolitu je jen malá evidence erozních procesů a s nimi spojené tvorby svahovin, které by byly iniciovány člověkem (Kalis et al. 2003; Reiß et al. 2009). Relativně zanedbatelné zastoupení koluvií v tomto období může být vysvětleno zkreslením mladších procesů, jako například redepozicí sedimentů pozdější půdní erozí, nebo přeformováním koluvií následnými pedogenetickými procesy (Bork 1989; Dotterweich 2008). Nesmíme nicméně

opomenout ani to, že neolitický zemědělec disponoval pouze omezeným množstvím nástrojů. Pomocí dřevěných motyk, kopáčů nebo tzv. brázdíčů, které půdu v horních 5–10 cm spíše rozhrabávaly, obdělával pouze malé plochy (Dreslerová 2009a; Beranová, Kubačák 2010). Ani v jezerních sedimentech není zaznamenána výrazná změna akumulace oproti předchozímu období střední doby kamenné (Zolitschka 1998). Podle Starkela a spol. se v tomto období na mnohých místech povodí horní Visly projevuje zvýšená sedimentace aluvií (Starkel et al. 2006). I v jiných regionech střední Evropy je znám podobný průběh. Aluviální sedimenty z lokality Endingen v Hornorýnské nížině jsou pomocí střepů keramiky datovány do neolitu a reprezentují v této oblasti první fázi zvýšené aluviální sedimentace v holocénu (Mäckel et al. 2003). Akumulace půd v nivách však nemusí nutně souviset se změnami krajinného pokryvu v povodí toků, ale signalizuje spíše klimatické zvraty (Dotterweich 2008). Tato protichůdná tvrzení mezi absencí koluvií a výrazným zvýšením sedimentace aluvií v neolitické střední Evropě tak nasvědčují tomu, že se lidský faktor na erozi podílel nepatrně. Docházelo k ní spíše přirozeně, následkem vlhkého podnebí atlantiku (Zimmerman 1996; Dotterweich 2008).

6.3. Eneolit (4400/4300 – 2300/2200 př. Kr.)

Oproti neolitu došlo v nastupujícím eneolitu k mírnému ústupu osídlení do černozemních oblastí v blízkosti říčních toků (Ložek 2007). Obyvatelstvo se koncentrovalo do několika mála specifických regionů jako například nivy Labe, kde byla intenzita osídlení srovnatelná s dobou bronzovou (Dreslerová 2009). Na druhou stranu oblast sekundární ekumény zůstala téměř liduprázdná (Pokorný 2011). Technický pokrok byl ve znamení použití dřevěného oradla zapřaženého pomocí nárožního jha za hovězí dobytek (Beranová, Kubačák 2010). Větší tažná síla a nové agropraktiky podpořily rozrušení půdy, i když hloubka orby zůstávala stále poměrně mělká (Dreslerová 2007).

Stopy zvýšené akumulace nivních hlín ze staršího eneolitu existují jen velmi ojediněle. První vrchol sedimentace v nivě Labe je reprezentován profilem v lokalitě Borek nedaleko Mělníka. Pozůstatky michelsberského sídliště jsou zde pohřbeny pod čtyři až sedm metrů mocným horizontem napovídajícím o dramatických fluviálních procesech staršího eneolitu (Dreslerová 2007). Podobně

starý záznam z období kultury nálevkovitých pohárů je z Biedrzykowic v polském Svatokřížském vojvodství. Zde byl deponovaný horizont při bázi svahu datován pomocí metody opticky stimulované luminiscence kolem 3. tisíciletí před naším letopočtem (Poręba et al. 2013). I přesto jsou po téměř celý eneolit erozně-akumulační procesy podstatně eliminovány. Zásadní zlom nastává až v mladém eneolitu (2800–2300/2000 př. n. l), kdy jsou následky antropogenní činnosti dokumentovány na několika nalezištích kultury se šňůrovou keramikou (Beneš 1995). Svahová eroze se projevila v lokalitách Lužický potok, Dolní Počernice a Kamenný újezd v okrese Chomutov probíhající kolem roku od 2 600 až 2 300 před naším letopočtem (Neustupný 1987; Vencel 1994; Beneš 1995). Nálezy nejsou omezeny jen na území Česka. Zvýšená eroze půdy je demonstrována i v lokalitě Bornhöved (Dreibrodt et al. 2009) nebo Albersdorf v severním Německu, kde intenzivní pastevectví napomohlo i tvorbě podzolů (Reiß et al. 2009). Na základě těchto dokladů je tedy prokázáno, že pozdní fáze eneolitu je první fází antropogenní akcelerace erozních a akumulačních procesů ve střední Evropě, jak ostatně usuzují Beneš (1995), Dreslerová (2009a), Dreibrodt et al. (2010).

6.4. Doba bronzová (2300/2200 – 800/750 př. Kr.)

Způsoby hospodaření v době bronzové s ohledem na eneolit a neolit výrazně nezměnily. Převládal tradiční pěstitelsko-chovatelský model zemědělství i nadále se praktikovala křížová orba. Ačkoliv se začínala používat jednoduchá, i když stále dřevěná rádla, jejich přínosem bylo spíše zrychlení práce na polích než kvalita obdělávání půdy (Beranová, Kubačák 2010). Významnější posun v porovnání s předchozími obdobími byl ve znamení rozšíření spektra pěstovaných plodin. Začala se vysévat špalda a proso, tak jako luštěniny, které do půdy dodávaly dusík odebíraný obilovinami a stabilizovaly vyčerpání půdy (Dreslerová 2004a.). Dále vzrostl podíl olejnin, jako mák, len a lnička setá. Introdukce těchto druhů umožnila navýšit variabilitu hospodářských strategií, zavádění primitivních rotačních systémů nebo využívání méně kvalitních půd. Všechny tyto inovace souvisely s rozšířením pravěké ekumény do pahorkatinných oblastí jižních a západních Čech, ale i s kolonizací vrchovinných regionů předhůří Šumavy, Dražanské vrchoviny nebo Slovenského krasu (Ložek 2007). Stopy osídlení jsou v Západních Karpatech známy dokonce i z vysokých partií Nízkých Tater (například hradiště Poludnica)

nebo Štiavnických vrchů (Ložek 2007). Hustota zalidnění nicméně zůstávala poměrně stejná jako v neolitu. Kolísala mezi třemi až šesti obyvateli na kilometr čtvereční (Zimmermann 1996). Lidská přítomnost a tlak na krajinu tak byl spíše plošně rozsáhlejší než lokálně koncentrovaný. Dokladem je nárůst archeofytů a druhů otevřené krajiny v pylových záznamech na mnohých místech střední Evropy (Friedmann 2000). Neolitická skladba prvních druhů obilí se hodila pro ozimí způsob hospodaření. Naproti tomu nové druhy sebou přinesly přesun k jařinám (Dreslerová 2007). Během několika zimních měsíců tak byla nekrytá půda vystavena mrazovému působení a povrchový odtok během jarního tání měl na holých polích větší erodibilní potenciál.

Odezvy erozně-akumulační činnosti se liší v průběhu doby bronzové jak regionálně, tak časově. V raném období doby bronzové tendence erozní intenzity klesá (Dreibrodt et al. 2010). Ojediněle se však vyskytují výjimky, jako například v jezeře Belau v Šlesvicku-Holštýnsku, jehož sedimentační záznam ukazuje přínos alochtonního detritu mezi 2000 až 1500 před naším letopočtem (Garbe-Schönberg et al. 1998). Dalším důkazem je profil říční nivy na soutoku Malše a Vltavy v Českých Budějovicích, kde je sice doložena zvýšená agradační aktivita, nález je však v celých Čechách ojedinělý (Beneš 1995; Zavřel 1996). Výrazný zvrát téměř v celé Evropě přinesla až pozdější etapa, konec doby bronzové mezi 10. až 8. stoletím před n. l. Svahová eroze a odnos černého orničního horizontu jsou prokázány v lokalitě Hrdlovka v okrese Teplice, kde byla nalezená keramika štítarské kultury datována do období 800 až 900 před naším letopočtem (Beneš, Dobeš 1992). Ve stejném čase probíhalo i pohřbení jednoho z opuštěných ramen Ohře v severních Čechách (Beneš 1995) a tvorba aluviálního vějíře v údolí řeky Pština, jež se nejspíše pojí s intenzivní zemědělskou aktivitou lužické kultury v okolí města Hlubčice v Opavské pahorkatině (Zygmund 2004). Hornorýnská nížina a Pleiterská pahorkatina (*Pleiter Hügelland*) v Severním Porýní jsou zastoupeny několika lokalitami s kulturou popelnicových polí, kde se rovněž projevuje zvýšená depozice svahových a říčních sedimentů jako následek změny využívání ploch (Preston 2001; Lang 2003). Pozdní doba bronzová byla také první fází vývoje strží. Některá svědectví jejich tvorby byla nalezena nedaleko města Suwałki v Podleselském vojvodství (Smoska 2007), a poté také na jihovýchodě Polska v oblasti Kazimierz Dołny (Dotterweich et al. 2012). Jejich vznik byl nicméně pozvolný a řídicím faktorem bylo pravděpodobně podnebí, jak je patrné

ze stratigrafie výplavového kužele, který nezaznamenává prudkou hranici v depozici (Smolska 2007). Někteří autoři dávají enormní rozvoj erozně-akumulační aktivity do souvislosti s rostoucím antropogenním tlakem na krajinu (Dotterweich et al. 2003; Lang 2003). Je pravdou, že byla nově odlesněna a obhospodařována oblast pahorkatinné oscilační periferie (Pokorný 2011), kolonizace však byla vyvolána spíše technickým pokrokem než populační explozí a přelidněním nížinných oblastí. Stupeň způsobeného tlaku na okolní prostředí se tedy pro určité místo moc neměnil, jen byl plošně rozsáhlejší. Při interpretaci lidského přispění je nicméně nutné posoudit i tradiční otázku vlivu podnebí, které se v závěru klimatického optima a navazujícím subboreálu vyznačovalo jistou srážkovou i teplotní nevyrovnaností, která napomáhala narušování půdního krytu a rozpadu skalních výchozů (Ložek 2011). Jeho následky byly regionálně diferencovány (Ložek 2007), čímž se může vysvětlit anomálie v severním Německu, kde se pozdní doba bronzová jeví jako akumulčně klidná (Dreibrodt et al. 2010). Na konci doby bronzové probíhala plošná acidifikace životního prostředí. Jelikož okyselení ekosystému probíhalo i v neosídlených oblastech, obecným vysvětlením je nástup oligokratické fáze interglaciálu a změna charakteru vegetace, která již sama svým opadem s huminovými kyselinami napomáhá okyselení (Pokorný 2011). Nabízí se však polemika nad přispěním antropogenní eroze v některých specifických regionech. V obydlených pískovcových oblastech mohla eroze mělkého humusového horizontu odkrýt přirozeně kyselý písčité substrát, čímž se přerušila dotace živin a v konečném důsledku tak eroze svrchního půdního pokryvu mohla vést až k okyselení celého prostředí (Sádlo et al. 2005).

6.5. Doba železná a římská (800/750 př. Kr. – 380/400 n. l.)

Na konci doby bronzové a začátku doby železné se podnebí ochlazuje a zvlhčuje (Ložek 1973). Nastupující zhoršené období subatlantiku může být právě příčinou, proč se halštatské osídlení stahuje zpět do teplejších a úrodnějších nížin starosídlní oblasti (Mäckel et al. 2003; Sádlo et al. 2005). Železa jako nového materiálu se zpočátku tolik nedostávalo a tak se na polích stále využívalo dobytka táhnoucího dřevěné hákové oradlo (Lutovský, Smejtek et al. 2005). Nejstarší český nález železné radlice byl objeven v Leducích (okres Kladno) až v období 5. - 4. století před n. l. (Beranová, Kubačák 2010). Podobně ani hospodářské postupy

nezaznamenaly výraznější změny (Lutovský, Smejtek et al. 2005). Přítomnost člověka, stejně jako důsledky jeho čmezi znykainnosti v podobě zvýšené eroze půdy, se koncentrují pouze ve sprašovém pásu, jak dokládá horizont nivních hlín profilu Ettenheim v údolí Rýna (Mäckel et al. 2003). V závěru halštatského období je poprvé doložen výskyt železné kosy, která umožňuje vzniku nového biotopu luk zejména na vlhkých hlubokých půdách v nivách řek (Pokorný 2011). Nově lze tedy předpokládat sezonní ustájení dobytka na úkor extenzivního pastevectví a ploch pastvin. Zhoršující se klimatické podmínky sice dohnaly obyvatelstvo k dočasnému ústupu do příhodnějších rovinných oblastí, čímž se podíl zalesnění zvětšil (Mäckel et al. 2003). Zároveň je ale nesnáze donutily zlepšit své zemědělské techniky a zvýšit intenzitu výroby projevující se erozí v nadcházejícím období (Stehlík 1981).

Výraznější lidský zásah do erozně-akumulačních procesů nastává v době laténské. Odlesnění a zemědělství se realizuje opět ve vyšších nadmořských výškách (Lang 2003), jak dokumentuje větší zastoupení druhů otevřených stanovišť v pylových diagramech (Friedmann 2000). Expanze osídlení během doby laténské lze vysvětlit dostupností železa vedoucí k inovacím zemědělského a dřevozpracujícího náčiní (Sádlo et al. 2005). Stále častější železná radlice umožňuje vyrýváním 5–10 cm hlubokých rýh obdělávat i těžké kamenité půdy středních nadmořských výšek (Beranová, Kubačák 2010; Pokorný 2011). V římských provinciích se objevují také těžká rádlá s kolečkem a hřidelovým řetězem a velmi vzácně i jednostranné pluhy, které půdu obrací, provzdušňují a upravují cirkulaci vody (Beranová, Kubačák 2010). Charakteristickým znakem hospodaření v době laténské je rozšíření tzv. keltských polí. Jednalo se o do půl hektaru velká čtvercová políčka, která byla ve větších nepravidelných uskupeních oddělena kamennými valy nebo mezemi. Ohrazení sloužilo jako bariéra divoké zvěři a omezení pasoucího se dobytka, který byl na ladem ponechaná pole vyháněn (Dreslerová 2007). Spíše neúmyslně umožnil systém kamenných zídek i kvalitní ochranu před splachem cenného humusového horizontu (Stehlík 1981). Krajina je již volně přístupná a bez větších lesních celků (Dreslerová 2007). Rostoucí poptávka po železné rudě sice stupňovala nároky na palivové dříví využívané k výrobě dřevěného uhlí, jeho spotřeba se ale obvykle vyrovnala ročním přírůstkům biomasy (Dreslerová 2007). V lesním hospodaření se stále uplatňovaly starší metody, jako například výmladkování svědčící expandujícímu habru, nově ale také

dochází k rozvoji celé řady dřevoobráběcích nástrojů, tesařských sekyr a pil, které umožnily těžbu vzrostlých stromů (Pokorný 2011). Tím klesla hustota vegetačního krytu a efektivní protierozní ochrana. Tyto společensko-hospodářské změny se odrážely ve zvýšené erozní a sedimentační aktivitě v lokalitách severních Čech (Neustupný 1987), Hesenska (Zolitschka et al. 2003) a Šlesvicka-Holštýnska (Garbe-Schönberg et al. 1998).

Výzkum rychlosti akumulace v jezeře Holzmar naznačuje, že už tak vysoká sedimentace v době laténské (kolem 13 tun materiálu na kilometr čtvereční za rok) byla pod územní patronací římského impéria (50 př. n. l. – 200 n. l.) ještě dále akcelerována na 19 t/km²/y (Zolitschka 1998). Podobný trend zvýšené akumulace svahových a říčních sedimentů v době římské je patrný i na horním (Mäckel et al. 2003) a středním Rýnu v okolí Bonnu (Preston 2001). Navíc vysoké hodnoty olova a kadmia deponované v půdním profilu v oblasti Kraichgau nasvědčují těžební činnosti tehdejších obyvatel a exploataci krajiny Schwarzwald (Kadereit et al. 2010). Další lokalitou akcelerovaných erozně-akumulačních procesů je jezero Steisslingen západně od Bodamského jezera, kde se po příchodu Římanů zvyšuje produkce biomasy vlivem dynamičtějšího přísunu na živiny bohatého detritu (Eusterhues 2000). Podobnost výsledků v těchto lokalitách napovídá, že regiony, které zasáhla na svou dobu technicky vyspělá civilizace Říma s intenzivním zemědělstvím a pokročilou metalurgií, byly erozí půdy zasaženy ve větším rozsahu než severnější končiny střední Evropy (Mäckel et al. 2003), kde od druhé poloviny prvního století našeho letopočtu docházelo k invazím a migracím hospodářsky zaostalejších germánských kmenů (Stehlík 1981).

6.6. Doba stěhování národů (375/400 – 560/570 n. l.)

První polovina prvního tisíciletí našeho letopočtu s sebou přinesla dramatické technologické změny (Stehlík 1981) a rapidní pokles populace vlivem hladomorů a stěhování obyvatelstva do jižní Evropy (Dotterweich 2008). Zbytky germánských kmenů ustoupily z pahorkatin a zcela se stáhly do níže položené staré sídelní oblasti (Ložek 2007). Opuštěná území následně podléhala přirozenému zarůstání vegetací, i když dovršení klimaxového stádia předpokládat nemůžeme (Sádlo et al. 2005). Nízká intenzita antropogenního tlaku na zkulturnění krajiny je v tomto období charakteristická pro celou střední Evropu (Bork et al. 1998). Ta se odrazila

ve stabilizace erozních procesů jak v Česku (Sádlo et al. 2005), tak jižním (Lang 2003) a západním Německu (Zolitscka et al. 2003) a to i přesto, že během tohoto období se podnebí vyznačuje chladným a vlhkým charakterem, který by měl erozi napomáhat. Intenzita erozně-akumulačních procesů první poloviny prvního tisíciletí se tak neshodovala s erozně příznivým klimatem (Lang 2003).

6.7. Středověk (530/570 – 1492)

Pronikání slovanských kmenů na území střední Evropy probíhalo v 5. až 7. století. První osadníci kolonizovali spíše nížinné až mírně sklonité pahorkatinné terény, na nichž praktikovali podobné postupy žárového zemědělství a orbu dřevěným rádlím jako nejstarší pravěké kultury (Beranová, Kubačák 2010). Nízký stupeň zornění půdy na rovinatých polích a minimální degradace prostředí mělo nejspíše za následek jen nevýrazné zintenzivnění erozních procesů (Klimek et al. 2006). Od 9. století jsou z lokalit Gajary, Mikulčice nebo Pohansko u Nejdku první nálezy lehkých pluhů s asymetrickou radlicí (Beranová, Kubačák 2010) a nově také koňský chomout, který umožnil hlubší orbu na plošně rozsáhlejších polích. Kumulativní nárůst populace, stabilní osídlení a nové zemědělské inovace vedly od 9. století k postupné změně erozních a akumulačních procesů (Sádlo et al. 2005). Ty se projevovaly v některých nově osídlených oblastech, například na Osoblažsku (Klimek 2002) nebo v Bílých Karpatech tvořené erozně příhodným flyšem. Erozně-akumulační procesy byly nicméně stále poměrně omezené (Stehlík 1981). V nižších polohách povodí řeky Moravy se výraznější laterální eroze břehů vyskytovala až od desátého století. Zvýšená říční aktivita měla za následek oderodování původní říční nivy a zanesení dna dva metry mocným písečným horizontem (Kadlec et al. 2009). Pravěký ráz krajiny přetrvává i přes raný středověk a končí velmi náhle a ostře ve vrcholném středověku, za vzniku „intenzivně využívané, silně mozaikovitě pastevně agrární krajiny“, jak charakterizuje Sádlo a spol. (2005). Expandování této kulturní krajiny vedlo k masivnímu odlesnění území střední Evropy (Dotterweich 2008) a rozšíření orných ploch do řady exponovaných oblastí vnější periferie (Dreslerová 2009a). Nově jsou tak osidlována pohraniční pohoří Česka, Slovenska (Ložek 1973; Ložek 2007) nebo Schwarzwald (Mäckel et al. 2003). Orná půda se nerozšiřovala jenom na úkor lesa. Jejím rozpínání podléhaly i pastviny a louky, jejichž zastoupení předurčovalo živočišnou produkci. Nízké stavy chovného

dobytka neposkytovaly dostatek mrvy na hnojení půdy, která zanedlouho ztrácela svojí úrodnost. Orná půda se tak dále rozšiřovala a plochy pastvin a luk se redukovaly (Beranová a Kubačák 2010). Extenzivní zemědělství se projevilo ve zvýšené agradaci sedimentů při dolních tocích středoevropských řek, jak je dokumentováno z povodí Visly (Starkel et al. 2006), údolí řeky Werry v Durynsku (Scheider et al. 2007), řeky Moravy (Kadlec et al. 2009; Zádorová et al. 2013). Podobně tomu bylo na středním Labi, kde podstatnou část povodňových hlín, které vyplňují prostor dnešní nivy, tvoří až dva metry mocné horizonty tzv. červenky či červenice (Dreslerová et al. 2004b). Tyto červené půdy byly do labského údolí splaveny některými přítoky, zejména Jizerou z oblasti Semilská, jenž bylo osídleno až v průběhu 13. - 14. století (Sádlo et al. 2005). Stejně tak niva Moravy v oblasti Strážnického Pomoraví zaznamenala na začátku 13. století dramatický vývoj. Přetvoření říčního koryta a přiléhající nivy se dává do souvislostí spíše s extrémní středoevropského podnebí tehdejší doby (Grygar et al. 2011). Erozní následky odlesnění probíhaly ale i na středních tocích a v pramenných oblastech, kde vytěžené dřevo často sloužilo jako palivo při těžbě nerostných surovin (Klimek, Latocha 2007). Splach půdy zde byl navíc umocněn často i většími úhrny srážek. Konkrétními příklady jsou zvýšené erozně akumulární procesy v povodí řeky Mlieczky v severním předhůří Karpat (Klimek et al. 2006), Jeleního potoka v povodí Opavy v Nížkém Jeseníku (Tremel, Čermák 2008) nebo řek Elz (Schneider 2000) a Wilde Gutach (Seidel 2000) ve Schwarzwaldu.

Populační exploze politicky a ekonomicky stabilizované střední Evropy (Sádlo et al. 2005) si nutně vyžádala maximalizaci rostlinné produkce a zemědělské inovace. Podstatnou změnou v zemědělství bylo zkrácení doby přílohu, po kterou se někdy až sedm let nechávala půda zatravnit (Vašků 1995). Přešlo se tak na trojpolní systém s rotací ozim – jař – úhor a uspořádání polí do honů. Hony měly podlouhlý tvar s jednosměrnými brázdami často orientovanými po spádnicí a s úvratěmi pouze na kratší straně (Stehlík 1981). Takto vedená pole měla erozně nebezpečný charakter, v bočních brázdách se totiž koncentrovala srážková voda z polí, která při extrémních meteorologických událostech erodovala své podloží. Dnes tak podle průběhu strží můžeme často určit tehdejší hranici pozemků (Dotterweich 2005). Dalším prvkem agrární revoluce bylo zavedení pluhu, který nahradil mělkou křížovou orbu rádlím (Beranová a Kubačák 2010). Negativní podíl na erozi mělo i nahrazení dříve pestrého spektra kulturních plodin, mezi nimiž mělo podstatnou

roli i živinově nenáročného prosa, monokulturou obilovin, která ničila protierozní půdní strukturu (Stehlík 1981). Všechny tyto změny v intenzifikaci zemědělství byly spolu s kolonizací periferií podstatnými příčinami výrazného zvýšení eroze během vrcholného středověku (Dreslerová 2004a). Na mnoha místech vyústily vznikem strží (Ložek 2004). Nejpriznivější podmínky pro jejich tvorbu se nacházely zejména ve sprašové oblasti a na křídových slínovcích a terciérních jílovitých horninách (Sádlo et al. 2005), kde rychlost eroze dosahovala až extrémních ročních průměrů 200 tun erodovaného materiálu na hektar (Dreibrodt et al. 2010). Jednou z lokalit, kde intenzivní odlesnění společně s extrémními srážkami iniciovalo rozvoj systému strží, je údolí Wolfsgraben v severním Bavorsku (Schmitt et al. 2003). Tamější zkulturnění krajiny souvisí, tak jako i jinde ve střední Evropě (Sádlo et al. 2005), se vznikem církevních panství, konkrétně bamberské diecéze, která na odlesněných svazích zakládala erozně náchylné chmelnice a vinohrady. To postupně vedlo k vytváření erozních stružek a ukládání koluvií, jejichž mocnost dnes dosahuje tří metrů (Schmitt et al. 2003). Podobný scénář rozšíření osídlení, přeměny využití ploch a odezvy ve formě stržové eroze je typický pro řadu lokality středověké centrální Evropy (Dotterweich 2003b; Dotterweich 2013; Smolska 2007; Papčo 2011).

Vrcholný a pozdní středověk je tak první významnou postglaciální etapou vývoje reliéfu střední Evropy (Dotterweich et al. 2003a), jejímiž hybnými silami byly intenzivní antropogenní zásahy a příznivé podmínky středověkého klimatického optima, jehož vlhký charakter způsobil řadu katastrofálních povodňových událostí, z nichž stojí minimálně za zmínku ta z července roku 1342 (Notebaert, Verstraeten 2010). V některých regionech byla eroze tak dramatická, že mnohdy docházelo k devastaci celé úrody nebo dokonce degradaci fertility půdy, která musela být následně opouštěna a zalesněna (Schmitt et al. 2003). Právě proto se někdy rozsáhlá eroze půdy dává do souvislosti s hladomory a vlnami morových epidemií (Fraser 2011), které ve střední Evropě probíhaly mezi lety 1347-1351 a znamenaly, podobně jako husitské války v první polovině 15. století, výrazný úbytek obyvatelstva a s ním spojené zarůstání kulturní stepi vegetací a ustálení eroze (Sádlo et al. 2005).

1.3. Novověk (1492 – současnost)

Na začátku novověku pokračovalo rozšiřování zemědělského půdního fondu zvláště kultivací lesní půdy. V oblastech, kde se nenacházely dostatečně kvalitní půdy pro rolnictví ani žádné nerostné bohatství, se praktikovalo hlavně pastevectví nebo pasekářství. Tento způsob obživy je spojován zejména s valašskou a kopaničářskou kolonizací slovenských a moravských pohoří (Beranová a Kubačák 2010), která v polovině 16. století vyvolala v Myjavské pahorkatině první fázi tvorby jedné z nejhustší sítě strží na Slovensku (Stankoviansky 2003). Valašská kolonizace probíhala ale i v polských Bieczadech, kde jsou následky zvýšené erozně-akumulační aktivity zanechány v říčních sedimentech (Kukulak 2003). Vedle toho se na konci 15. a v průběhu celého 16. století rozvíjelo i vrchnostenské podnikání v železářství a sklářství, které si vyžádalo spotřebu ohromného množství dřeva při výrobě dřevěného uhlí a potaše (Matoušek 2010). Lokálně masivní odlesnění společně s úvozovými cestami iniciovalo v některých místech tvorbu strží, tak jako v okolí města Kazimierz Dołny v Nałęczówské plošině (Dotterweich et al. 2012). V první polovině 17. století nastoupila další potenciálně erozně příznivá klimatická změna označovaná jako malá doba ledová (Stehlík 1981). Její proerozně působící efekt byl ale eliminován probíhající třicetiletou válkou (Stehlík 1981), která v Českých zemích způsobila zánik desítek vesnic, prudký pokles obyvatelstva a redukci osevních ploch, na které se nedostávalo rolníků a peněz (Jech 2008). Materiální nouze se projevila i nedostatkem některých druhů osiva a to ještě po několik následujících desetiletí po válce (Beranová, Kubačák 2010). Všechny tyto okolnosti ve svém důsledku znamenaly stagnaci erozních procesů až do poloviny 18. století (Dotterweich 2008).

S kumulativním nárůstem obyvatelstva se stupňovala i potřeba trvalého zvýšení zemědělské produkce. Do poloviny 18. století však v zemědělské výrobě nedošlo k podstatným inovacím, jedinou možností větších výnosů tak stále přetrvávala expanze trojhonného hospodaření do méně úrodných oblastí a zkrácení doby ponechání půdy ladem (Matoušek 2010). Osídlení a kulturní step prostupovaly celou krajinou a dosahovaly nejvyšších nadmořských výšek. Na přelomu 18. a 19. století tak došlo k největšímu odlesnění krajiny Česka v dějinách (Sádlo et al. 2005; Jeleček 1995). I to bylo příčinou oživení erozních procesů v období 1750-1850 nejen v nížinách, ale především v pohraničních oblastech Hrubého Jeseníku (Malik, Matyja 2008) nebo Bílých Karpat (Stankoviansky 2003), kam se rozšířilo osídlení. Podstatnou měrou

přispěla i zemědělská revoluce, charakterizovaná intenzifikací výroby, konkrétně přechodem od trojpolního ke střídavému osevnímu postupu, ustájením dobytka, zdokonalováním zemědělského nářadí a introdukcí nových plodin (Jeleček 1995). Ve střídavém pěstování plodin se již nepočítalo s úhorem, který byl rozoráván ve prospěch širokořádkových druhů, tedy erodibilních brambor a kukuřice (Janicki et al. 2002). Tento erozní cyklus probíhá i po odeznění malé doby ledové a pokračuje i přes řízení těžby dřeva a stavby milířů (Nožička 1957), zalesňovací opatření a zkvalitnění lesního hospodářství ve svažitém terénu, které následovalo stanovy císařského patentu z roku 1852 (Matoušek 2010). Koncem 19. století se zaváděla řada protierozních a melioračních zákonů, které významně omezily intenzitu erozních procesů v Česku (Stehlík 1981). Zatímco odlesnění a extenzifikace zemědělství dále probíhala v severním Maďarsku a Myjavské pahorkatině odrážející se v rozvoji strží na mírných svazích (Gábris 2003; Stankoviansky 2003). V některých oblastech se sice plošné zalesnění svažitých terénů podařilo, dále však erozní rizika představovaly úvozové cesty pro dřevozpracující techniku, které se po sérii několika vydatných dešťů proměnily v soubor strží (Schmitt et al. 2006). K všestrannému rozvoji odvodňování drenážemi, regulací toků a vysoušením rašelin došlo na Slovensku až po novelizaci melioračního zákona roku 1919 (Beranová, Kubačák 2010). Dalším charakteristickým znakem konce 19. století a meziválečného období bylo pronikání mechanizace, která se nicméně v raných etapách uplatnila jen na velkostatech nad 50 ha a v podnicích v intenzivně využívaných oblastech. Maloročníci, jejichž počet po pozemkových úpravách z roku 1919 prudce narostl, si nadále museli vystačit jen s domácím dobytkem jakožto tažnou silou (Beranová, Kubačák 2010). Odlišné zemědělské přístupy a ideje po nástupu komunistické garnitury se v 50. letech promítly i do výrazných agrotechnických změn ve východních státech střední Evropy. Následkem scelení rozsáhlých půdních celků a masového zavádění těžké techniky bylo zvýšení erozních procesů mezi 50. a 70. lety 20. století v Československu (Kadlec 2009; Zádorová et al. 2013) a v dalších komunistických zemích (Janicki et al. 2002). Socialistická intenzifikace zemědělské výroby v padesátých letech vedla i k terénním úpravám zatravněných stupňů mezi jednotlivými terasovými poli (Obr. 5), což vytvořilo vhodné podmínky pro erozní činnost větru. V hodonínské a uherskobrodské oblasti se v 60. letech vyskytly dvě silné prašné bouře, které se svým ničivým účinkem od té doby neopakovaly (Janeček 2002). Na druhou stranu byly po válce některé oblasti masově vysídleny, jako například pohraničí Čech a Slezska, což zde způsobilo výrazný pokles

zemědělských ploch ve prospěch zalesnění (Bičík et al 2001). Nové směry v polním hospodářství výrazně pozměnily hydrografickou síť a zároveň byly zavedeny rozsáhlé povrchové i podpovrchové odvodňovací systémy. Právě antropogenní faktor, který omezil retenci vody v krajině, je dáván do souvislosti s akcelerací odtoku některých šumavských řek mezi lety 1975 až 1982 (Kliment, Matoušková 2006).

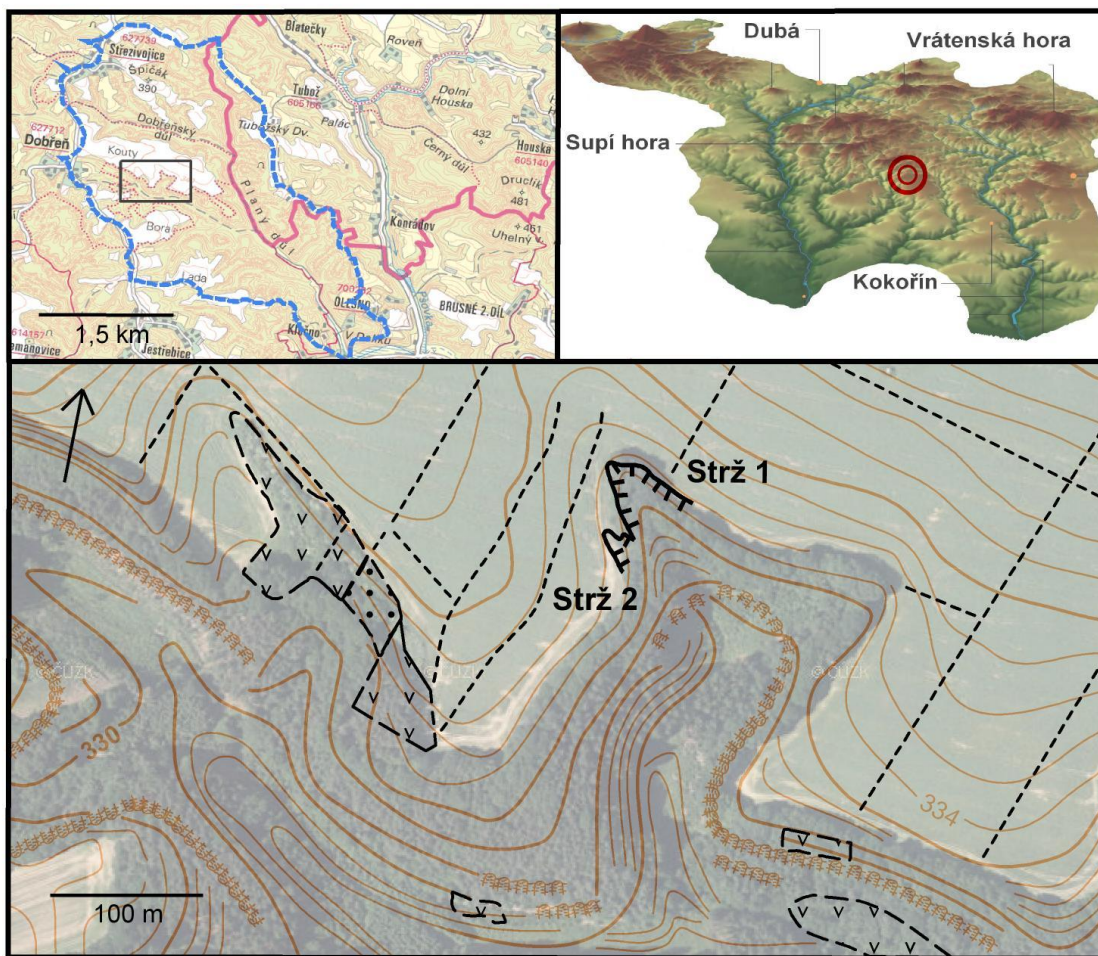


Obr. 5: Zachovaná terasová pole z předkolektivizačního období nedaleko Vaňovic (Bílé Karpaty, Slovensko); (Stankoviánsky 2001).

7. Datování erozních událostí v údolí Žebrák v Polomených horách

7.1. Zájmové území

Zájmové území se rozprostírá na zeměpisných souřadnicích 50°28' s. š., 14°34' v. d. (Obr. 6). Lokalita datovaných strží se nachází v severním výběžku údolí Žebrák, v bočním vyústění Planého dolu nedaleko obce Dobřeň, který spadá do geomorfologického celku Ralská pahorkatina, respektive okrsku Polomené hory (Demek et al. 1987b). Hustá síť kaňonovitých údolí a strží, tvořených převážně křemennými pískovci středoturonského souvrství, se v okolí zájmového území střídá s pliocenními a pleistocenními strukturními plošinami, které postupně ustupují zpětné erozi údolí (Balatka, Sládek 1980; Pražák 1991). Celá oblast je součástí povodí 2,2 km dlouhého potoka Žebrák, který se u obce Vojtěchov zprava vlévá do Pšovky. Nejvyšší bod 7,26 km² velkého povodí, se nachází u obce Střezivojice, kde dosahuje kóta 417 m n. m. Průměrná sklonitost je 14,6°, přičemž v ostrých srážech dosahuje sklon svahů přes 40°. Dlouhodobá průměrná teplota osciluje kolem 7,7 °C (Květoň 2001). Ročně v této oblasti spadne mezi 550–600 mm srážek, průměrně jednou za rok se zde vyskytne extrémní srážková událost s úhrnem nad 30 mm srážek za 24 hodin (Tolasz et al. 2007). Na dně údolí mají půdy charakter lehkých písčitých lesnických půd a koluvizemí s příměsí alochtonní organické složky. Pískovcové svahy pokrývají podzolované hnědé půdy nebo často jen holý substrát. Luvizemě, jež se vyvinuly na spraších a sprašových hlínách pokrývajících náhorní plošiny, jsou dnes intenzivně zemědělsky využívané (Tomášek 1995). Povodí Žebráku spadá do fytogeografického okrsku Polomených hor s převažujícím biotopem borových doubrav s minoritním zastoupením smrku ztepilého (*Picea abies*) a zbytků bučin (Hejný, Slavík 1987). V okolí zájmového území se ale vyskytují zejména topol osika (*Populus tremula*) a bříza bělokorá (*Betula pendula*).



Aktuální stav:

-  vrstevnice po 2 m
-  srázy
-  datované strže
-  povodí Žebráku

Krajinný pokryv v roce 1954:

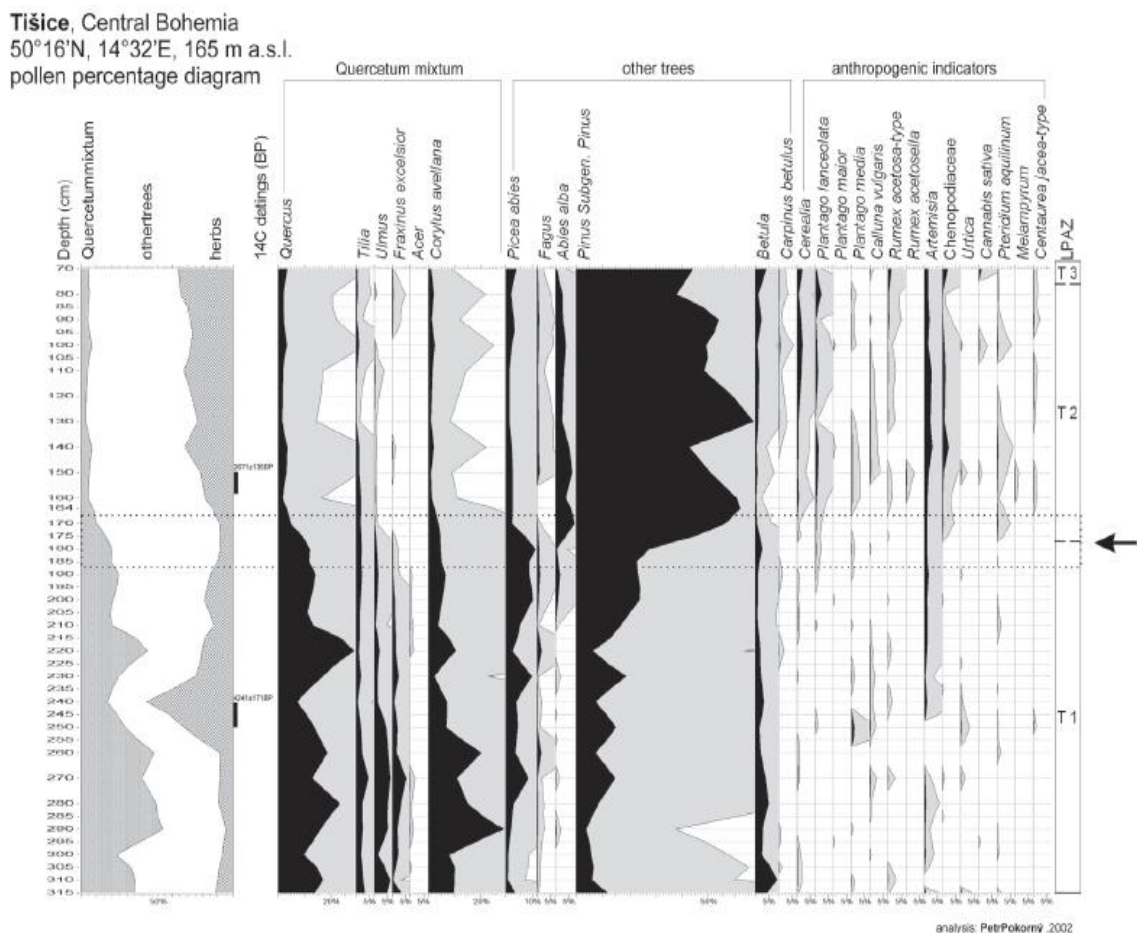
-  meze
-  orná půda
-  pastviny

Obr. 6.: Přehledová a detailní mapa zájmové území. Mapový podklad: Národní geoportál INSPIRE (ortofoto snímek aktuální – ČÚZK; z roku 1954 - Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška; topografická mapa ČÚZK) a Správa CHKO Kokořínsko (3D vizualizace). Vymezení povodí podle DIBAVOD.

7.2. Vývoj krajiny v Polomených horách

Vývoj krajiny v Polomených horách byl před příchodem člověka ve znamení zpětné eroze, která utvářela charakter zdejší husté sítě občasné bezodtokých údolí (Ložek 2004). Nálezem kamenné industrie staré 250 tisíc let byl z okolí Liběchova doložen první výskyt člověka již v paleolitu. Nejstarší osídlení v Polomených horách se ale etablovalo až později od mladší a pozdní doby kamenné kolem 5. až 2. tisíciletí př. n. l. Překvapivé je, že pravěkou vegetaci

tvorily v 5. a 6. tisíciletí př. n. l. na místo současných kyselých borů bohaté smíšené doubravy s převahou lípy, jasanu, javoru a jilmu (Pokorný 2011). V neolitu se postupně kolonizovaly i méně příhodné lokality pískovcových údolí (Kokořínský důl, Kanina) a oblast se stávala stále více zalidněnou (Uzel 1985). Na konci doby bronzové byla nejspíše míra antropogenního tlaku tak vysoká, že urychlila proces acidifikace celého prostředí Polomených hor. Nasvědčují tomu studie malakofauny, jejichž druhová pestrost se kolem prvního tisíciletí před našim letopočtem výrazně redukovala (Ložek 1998). Podobně se okyselení promítlo i do prudké změny vegetace, devastace smíšených doubrav (*Quercetum mixtum*) a nástupu několika málo nenáročných druhů bukových a borových lesů (Obr. 7). Podle nálezů střepů lužické kultury se tato environmentální katastrofa označuje jako lužická krize (Svoboda et al. 2004). Časová shoda s přítomností antropogenních indikátorů, druhů spojených s pastevečtvím a obilnářstvím v pylovém diagramu, přisuzuje podíl acidifikačního procesu i člověku (Pokorný, Kuneš 2005). Rozsah osídlení, o kterém nám napovídají i tradiční lokality Sedlec, Medonosy, Nebužely nebo Hradsko u Mšena, zapříčinil ale i první výraznější oživení erozních událostí.



Obr. 7: Pylový diagram z okolí obce Tišice. Šipka vpravo odkazuje k prudké změně druhového spektra v pozdní době bronzové (Pokorný, Kuneš 2005).

Od doby železné do 6. století n. l. se populace v Česku, tak jako v Polomených horách, zmenšovala. To mělo za následek postupný návrat lesních společenstev do území, která byla člověkem již dříve opuštěna (Kolář 2000). Příchod slovanských kmenů je doložen ojedinělým nálezem nádoby tzv. pražského typu v Pavličkách (Uzel 1985). Stále zůstává v rovině polemik, zda hradiště Hradsko u Kaniny nebyl bájný Canburg, který byl roku 805 neúspěšně obléhán Karlem Velikým (Kolář 2000). Významné stopy lidského osídlení máme až z 11. a 12. století, kdy na Kokořínsku probíhala tzv. knížecí kolonizace. V této době vzniklo několik stálých sídel v místech dnešních vesnic, například Jestřebice, Zakšín nebo Tupadla (Uzel 1985). Kolonizace vyvrcholila ve 13. a 14. století, kdy se již osady Dubá a Mšeno rozrostly do podoby lokálních center městského typu. Rovněž se vytvořilo několik farností a hradů (Houska, Kokořín, Jestřebí), zejména zásluhou mocného rodu Berků z Dubé. V tehdejší způsobu obživy v Polomených horách dominovalo dobytkařství, které probíhalo na odlesněných pastvinách nebo v lesích. Právě pastva na strmých srázích podstatně napomohla rozvoji erozních rýh a strží během vrcholného středověku (Kolář 2000). Husitská tažení v 15. století způsobila rozpad prosperujícího panství rodu Berků a zásadně se promítla do společenských změn zdejšího kraje. Celkový úpadek oblasti si vyžádal pokles populace a zánik desítek obcí. Podobně negativně se místních obyvatel dotkla třicetiletá válka. Zdejší obyvatelé se před opakovanými pustošivými nájezdy švédských vojsk ukrývali do skalních měst a převisů. Válka znamenala i zánik rozsáhlých vinogradů, které nakonec nahradily chmelnice pro výrobu piva. Produkce piva, tradičně podporována zejména německou menšinou, dosáhla svého maxima v první polovině 19. století. Rozvoj pivovarnictví a pěstování chmele vedl ke vzniku specifické architektury (roubené i zděné chalupy se sušárnami chmele na půdách) a dal typický urbanistický ráz řadě sídel (Uzel 1985). Historický milník vývoje české krajiny charakterizován budováním infrastruktury a následným průmyslovým rozpukem se však Polomených hor nedotkl. Hlavním důvodem byla absence železniční sítě prostupující centrální oblastí. Mohl tak být zachován jak zemědělský charakter zdejší kulturní krajiny, tak konzervace přírodně cenných pískovcových skal a údolí (Uzel 1985). Přesto se masivní doosídlování a potřeba dřeva pro bezlesé regiony v okolí promítly počátkem 18. století do redukce lesních ploch a jejich přeměny na zemědělskou půdu. Změna trendu se uskutečnila v průběhu 19. století, kdy se na odlesněných plochách hojně vysazovaly monokultury borovic a smrků, případně nově introdukované dřeviny jako borovice černá nebo douglaska tisolistá (Beran et al. 1989). Po pozemkových

reformách v roce 1920 probíhalo hospodaření dvojitým způsobem. Drobní a střední statkáři vlastnili záhumenky a malé lesní a polní pozemky, zbytek po šlechtě a církvi přerozděleného majetku spadl novým velkostatkům (Uzel 1985). Další vlna konsolidace probíhala v souvislosti se socialistickou kolektivizací od 50. let. V padesátých letech tak v celém Kokořínsku hospodařilo pouze devět zemědělských subjektů, z nichž největší Státní statek Dubá obdělával až 6 920 ha zemědělské půdy (Kolář 2000). Nový vývoj byl ve znamení intenzifikace zemědělské výroby na rovinných stupních, zatímco pastevečtví na nerentabilních svazích hlubokých údolí se již více neprovozovalo. V rolnicky nevyužitých územích se začínaly prosazovat přírodní procesy a celý region se stal turistickým a rekreačním cílem (Kolář 2000). Poslední větší slučování pozemků probíhalo v letech 1975 a 1982, kdy zanikly polní meze a cesty, což mělo za následek akceleraci vodní a větrné eroze (Beran et al 1998). Pro dosažení maximalizace výnosů se také přistupovalo k plošným melioračním zásahům. V okrese Česká Lípa byly pomocí drenáže meliorovány pozemky katastrálních území Blíževedly, Litice, Kravaře o výměře zhruba 57 ha, v menší míře pozemky v katastrech obcí Holany a Zakšín (Kolář 2000). Důsledkem většího zastoupení kukuřice a obilovin, změnou trvalých travních porostů na ornou půdu a používáním těžké mechaniky je dnes erozí postiženo až 36 % zemědělské půdy (Beran et al. 1998).

7.3. Metodika

7.3.1. Datování vývoje strží

Metodický postup vycházel zejména z článků Gärtner et al. (2001), Malik (2006) a Gärtner (2007). Po zmapování lokality a typologizaci strží podle Klimenta (2003) bylo v listopadu 2013 ve dvou zájmových stržích odebráno 22, resp. 19 vzorků odhalených kořenů. Pro eliminaci asymetrie růstu v příčném řezu a vyloučení možnosti, že k odhalení kořene došlo vlivem jeho pozdějšího růstu, bylo nutné odebírat vzorky ve vzdálenosti minimálně 0,5–1 metr od báze kmene (Bodoque et al. 2005). Vzorky byly ruční pilou odebrány po celé strži a v několika výškách tak, aby zaznamenaly stržovou erozi rovnoměrně. Vzorky kořenů byly následně popsány a rovněž se zaznamenala jejich orientace vůči povrchu, ke dnu a do boční hrany strže. Další průběh analýzy již probíhal v laboratoři. Nejprve byly kořeny vysušeny a zbroušeny postupně

jemnějším typem smirkového papíru tak, aby se dosáhlo nejlepší viditelnosti anatomických změn. Následně byly kořeny rozřezány na menší články, které byly poté ukotveny do mikrotonu GSL 1 a nařezány na 20–30 µm tenké plátky. Ty byly umístěny na podložní sklíčka a zakápnuty glycerolem, aby preparát nevyschl. Další část probíhala pod odvětrávací digestoři a s ochrannými rukavicemi. Preparát bylo před vlastním pozorováním nutné obarvit směsí barviv Safraninu a Astrablue pro lepší rozlišení kontur. Následně byla provedena dehydratace postupným vymýváním ethanolovou řadou se stupňující se koncentrací (70 %, 90%, 96 %, 100 %). Pro otestování dostatečné dehydratace vzorku byl poté použit xylén. Na závěr byl preparát zakápnut kanadským balzámem, který spojil přiložené krycí sklíčko, a nechal se po zatížení magnety vysušit v troubě rozehřáté na 65 °C po dobu minimálně osmi hodin. Před analýzou pod mikroskopem byly ještě mechanicky a pomocí xylénu odebrány zbytky zaschlého kanadského balzámu. Samotná analytická část probíhala na optickém mikroskopu L2030. Jak je zmíněno v předchozí kapitole 5, hledané anatomické znaky, které by odkazovaly k erozním událostem, zahrnovaly výrazné zmenšení velikosti cév, nápadnou redukci šířky letokruhů, výskyt růstových jizev s vytvořením kalusem nebo změna podílu jarní a letního dřeva (Gärtner 2007). Stáří odhalení kořene bylo zjištěno odečtem počtu letokruhů mezi borkou a letokruhem s nápadnými změnami. Za rok obnažení kořene byl přitom brán poslední letokruh před morfologickými změnami, eventuálně letokruh, kde se změna projevila v průběhu roku (Šilhán 2013). Postupně tak byly zaznamenány anatomické anomálie u všech vzorků a s ohledem na polohu kořene ve strži se nakonec rekonstruoval recentní erozní vývoj.

7.3.2. Změna využití ploch v zájmovém území

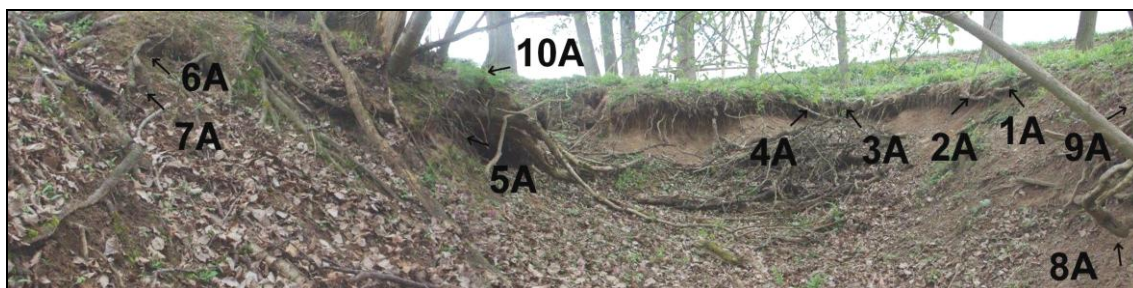
Zájmové území, pro které se analyzovaly změny využití ploch, zahrnovalo širší okolí datovaných strží pokrývající celou sběrnou oblast povrchové odtoku ve výše položených místech povodí. Zaznamenané změny ve využití ploch byly zpracovány v programu ArcGIS. Jako mapový podklad posloužily letecké snímky z roku 1954 a současné snímky aktualizované v roce 2014. Letecké snímky z roku 1954 dostupné z Národního geoportálu INSPIRE byly georeferencovány pomocí vlíčovacích bodů. Aktuální snímky byly načteny v programu ArcGIS přes volně dostupnou WMS službu Národního geoportálu INSPIRE. Při následné vektorizaci byly vytvořeny kategorie

využití ploch orná půda, lesní plochy, trvalé travní porosty a speciální kategorie polních cest a mezí, které byly vyčleněny vzhledem k významnosti jejich polohy pro akceleraci eroze půdy. Vektorizace proběhla v měřítku 1:7 000. Změny využití ploch byly analyzovány s využitím nástroje INTERSECT.

7.4. Výsledky

7.4.1. Datování vývoje strží

Strž 1 se nachází na samém konci bočního větvení údolí Žebrák (Obr. 6). Hloubka dna v nejvyšším bodě strže byla ohodnocena podle úrovně nejnižše položených kmenů okolních stromů na 65 cm. Postupným zahlubováním se dosáhla hloubka v místě odběru vzorku 8A 90 cm (Obr. 8). Šířka se v námi vytyčené části strže pohybovala v rozmezí od 3,10 m do 4,85 m.

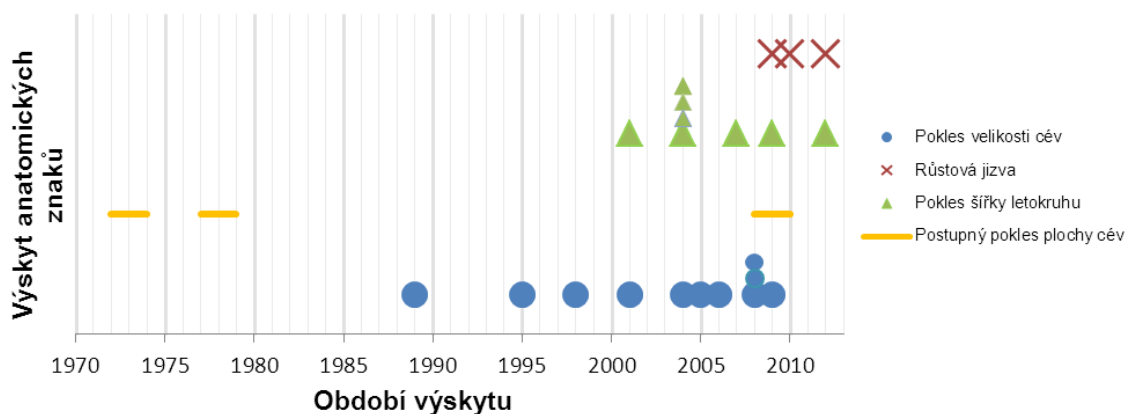


Obr. 8: Poloha odhalených kořenů ve Strži 1

kořen	druh dřeviny	vzdálenost [cm]			rok obnažení
		k původnímu povrchu	do strany	ke dnu	
1A	Populus tremula	8	10	11	2010
2A	Populus tremula	14	14	21	2005
3A	Populus tremula	23	26	12	2001
4A	Populus tremula	22	32	31	2003
5A	Populus tremula	27	23	26	2006
6A	Betulus pendula	10	30	5	1977–1979
7A	Betulus pendula	30	19	9	1972–1974
8A	Corylus avelana	45	33	16	1989
9A	Corylus avelana	2	14	22	1995
10A	Populus tremula	50	12	12	2008–2010

Tab. 2: Odhalené kořeny ve Strži 1

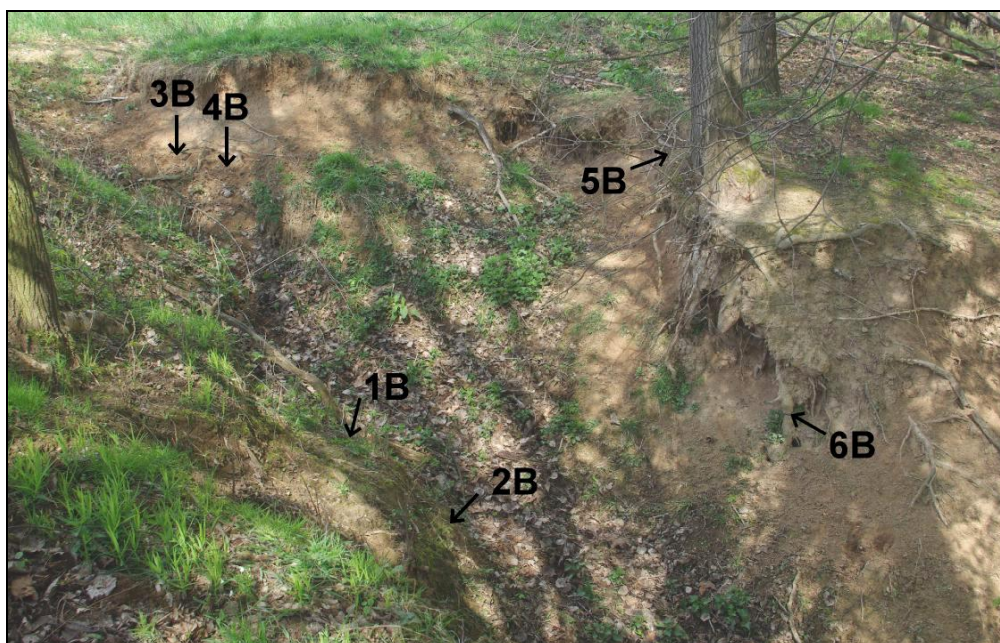
Celkově bylo v této strži odebráno 22 vzorků odhalených kořenů, jejichž počet byl následně redukován na 10 (Tab. 2). Šest jich náleželo druhu topol osika (*Populus tremula*), dva bříze bělokoré (*Betulus pendula*) a zbylé dva lísce obecné (*Corylus avellana*). Nejčastěji se změny anatomie projevovaly náhlým zmenšením velikosti cév a nárůstem jejich počtu mezi dvěma sousedícími letokruhy (vzorky 2A, 3A, 4A, 8A, 10A). V případě vzorků 6A, 7A a 10A probíhal pokles velikosti cév relativně postupně (Obr. 9). Obnažení těchto kořenů v souvislosti s erozí svrchní části půdního krytu tak nejspíše probíhalo postupně v průběhu tří let. Méně nápadná změna plochy cév, zato ale nápadný prudký pokles šířky letokruhů byl zaznamenán u vzorku 5A. Odhalení se v tomto případě projevilo i výskytem růstové jizvy v nadcházejícím roce. Podobně byl vznik růstové jizvy detekován i u kořene 1A. Nejstarší datovaná odhalení proběhla v nejvyšší části strže v sedmdesátých letech. Od roku 1972, resp. 1977 se postupně dostaly na povrch kořeny břízy (vzorky 6A, 7A). Vývoj stržové eroze mezi lety 1979 a 1989 není dokumentován žádným doloženým kořenem. Chronologický hiát byl přerušen až datováním vzorku 8A. Ze stejné lísky pocházel i kořen 9A odhalený boční erozí v roce 1995. Většina vzorků pochází až z nedávného období. Kořeny 3A, 4A, 2A, 5A, 10A a 1A zaznamenaly erozní procesy ve Strži 1 od roku 2001 do 2010 (Obr. 9).



Obr. 9: Období výskytu anatomických znaků v odhalených kořenech Strže 1 a 2

Druhá datovaná strž (Strž 2) se po 5,20 metrech napojuje na již poměrně vyvinutou Strž 1. Začátek strže navazuje na okraj orné plochy a pozvolna se pod úhlem 20-30° prohlubuje až do hloubky 1,90 metru v ústí do údolí (Obr. 10). Po redukcí nečitelných a znehodnocených kořenů, zbylo pro Strž 2 šest rovnoměrně rozprostřených vzorků z této, které reprezentují druh topol osika (*Populus tremula*). Datované kořeny zachycují vývoj erozních procesů v posledních 15 letech (Tab. 3). Nejstarší vzorek 6B

byl obnažen v roce 1998, jehož stáří bylo určeno pomocí nápadného poklesu velikosti cév. Podstatná většina kořenů ale odkazuje k mladším událostem, konkrétně v letech 2008 a 2009. Výrazná změna velikosti cév během léta 2009 (vzorek 4B) zachycuje průběh erozních procesů v rámci jednoho letokruhu. Intenzivní svahová eroze v roce 2008 byla příčinou odhalení kořene topolu 2B. Stejně razantním poklesem plochy cév se u vzorku 3B určilo období, kdy se dostal kořen napovrch (Obr. 9). Datování bylo nicméně znesnadněno obtížně identifikovatelným letokruhem 2009-2010. Naopak ukázka typické růstové jizvy se projevila u kořene 5B. Obdobně názorné zazjizvení je zaznamenáno na kořenu 1B, jehož stáří je však nejisté kvůli obtížné interpretaci počtu letokruhů.



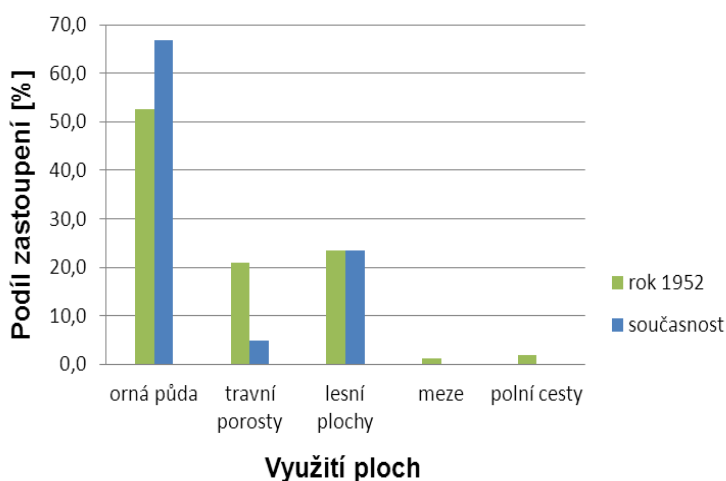
Obr. 10: Poloha odhalených kořenů ve Strži 2

kořen	druh dřeviny	vzdálenost [cm]			rok obnažení
		k původnímu povrchu	do strany	ke dnu	
1B	Populus tremula	40	32	30	2006 (?)
2B	Populus tremula	33	7	31	2008
3B	Populus tremula	90	4	4	2008
4B	Populus tremula	73	7	5	2009
5B	Populus tremula	22	22	57	2008
6B	Populus tremula	86	17	18	1998

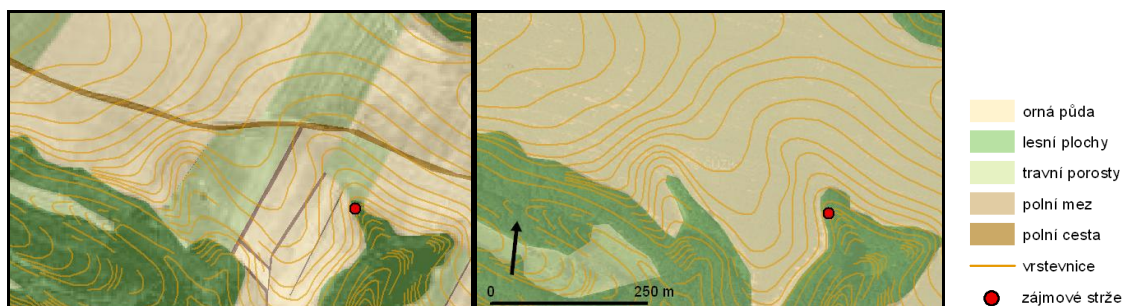
Tab. 3: Odhalené kořeny ve Strži 2

7.4.2. Změna využití ploch v zájmovém území

Za posledních padesát let se v přilehlém výše položeném okolí datovaných strží odehrály značné změny ve využití ploch. Z hlediska eroze podstatný rozsah lesních ploch byl v tomto období sice poměrně stabilní (Obr 11.), do značné míry se ale změnilo jejich rozmístění. Dříve zcela zalesněné dno údolí Žebrák je dnes místy prosvětleno travními porosty, zatímco úbočí svahů se od padesátých let pokryla hustou vegetací (Obr. 12). Hlavní změnou ve využití ploch byl nárůst orné půdy o 14 % (Obr. 11). Rozmach orné půdy byl na úkor ploch trvalých travních porostů, jejichž výměra o 60 ha poklesla. Dále se v tomto období rozoralo mnoho mezí a remízků oddělující jednotlivá menší pole. Podobně je z Obrázku 12 patrný zánik polní cesty v polovině svahu, čímž se vytvořila nepřerušovaná erozní dráha. Pozemkové úpravy znamenaly zánik přirozených erozně limitujících bariér a dosažení jedné homogenně obhospodařované plochy (Obr. 12).



Obr. 11: Využití ploch podle výřezu na Obr. 12 v roce 1954 a v současnosti



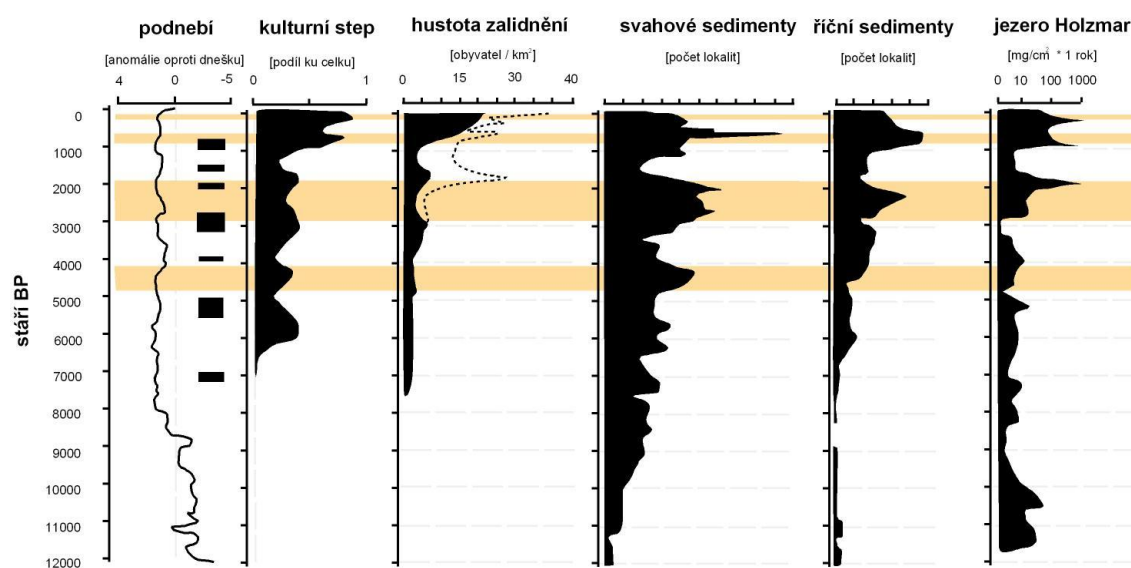
Obr. 12: Zvektorizovaný letecký snímek z roku 1954 a současný lokality strží a přilehlých zemědělských ploch.

Mapový podklad: Národní geoportál INSPIRE (ortofoto snímek aktuální - ČÚZK a z roku 1954 - Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška).

8. Diskuse

Na základě případových studií byl pro vývoj středoevropských erozně-akumulačních procesů sestaven Obrázek 13. Z tohoto obrázku je patrné, že v mnohých případech se zvýšení eroze a akumulace ve střední Evropě časově shodovalo (Obr. 13). První fáze antropogenně akcelerované půdní eroze a akumulace proběhla v pozdním eneolitu (Dreslerová 2009a). Zvýšenou intenzitu těchto procesů navíc dále umocnilo i doznívající vlhké podnebí atlantiku (Jäger 2002). Další období trvající od pozdní doby bronzové s menším poklesem až do doby laténské (Obr. 13) již bylo důsledkem plošného odlesnění, ke kterému v té době ve střední Evropě docházelo (Kaplan et al. 2009). Přestože v době stěhování národů panovalo ve střední Evropě na srážky bohaté podnebí (Büntgen et al. 2011), rozsáhlé zalesnění (Kaplan et al. 2009) a pokles hustoty zalidnění (Zimmermann 1996) rozvoj erozně-akumulačních procesů stabilizoval (Dotterweich 2008). Intenzivní erozně-akumulační procesy probíhaly až ve vrcholném středověku (Bork et al. 1998) jako důsledek kolonizace, zkulturnění krajiny a plošného odlesnění (Kaplan 2009). Ve 13. a první polovině 14. století se na vzniku rozsáhlých strží (Schmitt et al. 2003, Smolska 2007, Dotterweich et al. 2012) a mocných horizontů nivních hlín (Dreslerová et al. 2004b) podílelo i erozně příznivé podnebí (Büntgen et al. 2011). Poslední fází zrychlené eroze, která vyvrcholila během poválečné kolektivizace a konsolidace zemědělské velkovýroby, bylo rozmezí let 1750 až 1850 a počátek 20. století (Dotterweich 2008). Pro některá období se však v odborné literatuře objevují jisté anomálie, jejichž příčinou může být odlišný stupeň antropogenního tlaku (Mäckel et al. 2003). Takovým příkladem regionální odlišnosti erozních a akumulačních procesů v rámci střední Evropy jsou lokality v Bádensku-Würtenbersku a Porýní, které se na začátku prvního tisíciletí našeho letopočtu nacházely v dosahu tehdejší římské civilizace. Pokročilé římské rolnictví a metalurgie způsobily oproti severnějším oblastem intenzivní exploataci krajiny, jejímž důsledkem mohla být akcelerace erozně-akumulačních procesů (Zolitschka 1998; Lang, Hönscheidt 1999; Esterhues 2000). Antropogenní tlak v oblastech tvořených k erozi náchylnými horninami mohl být podobným projevem regionální odchylky zaznamenaným v Bílých Karpatech na konci 9. století (Stehlík 1981; Kadlec et al. 1981). Dalším důvodem výskytu některých lokálních odlišností mohla být geografická variabilita převládajícího charakteru podnebí. Například působení malé doby ledové neprobíhalo kontinuálně a mohlo se regionálně a časově lišit (Brázdil 2000; Büntgen et al. 2013). Z tohoto důvodu tak

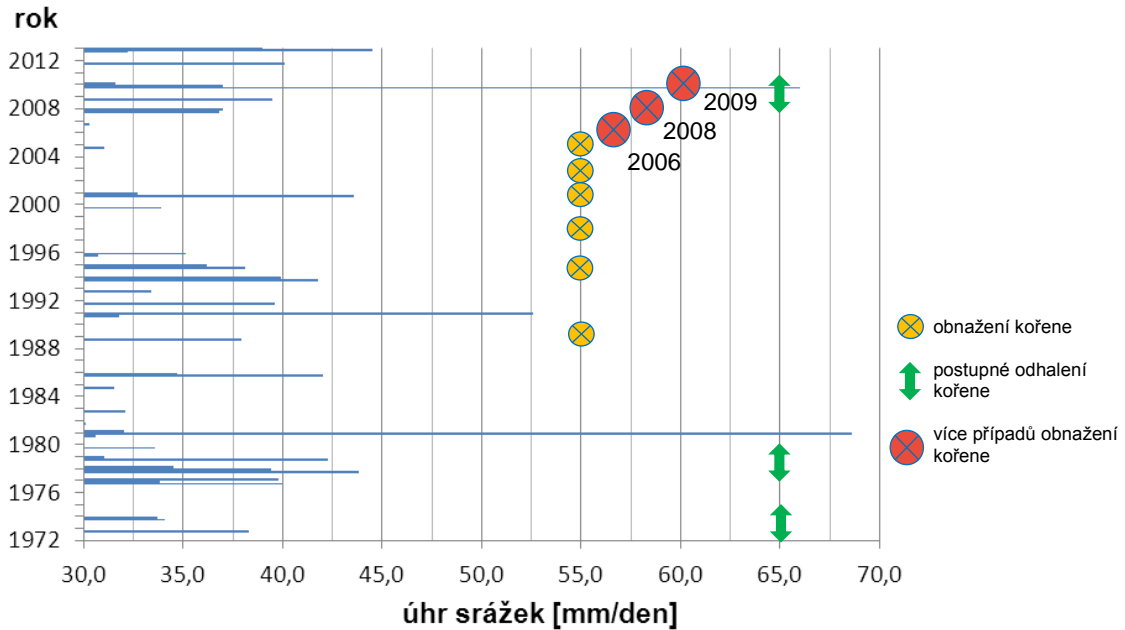
v některých oblastech mohla zrychlená stržová eroze jako následek vlhké klimatické anomálie (Brázdil 1996) probíhat již od 16. století (Stankoviansky 2003), zatímco ve zbytku střední Evropy se akcelerované erozně-akumulační procesy projevovaly až o téměř dvě stě let později (Bork et al 1998). Zavádějícím faktorem těchto lokálních výchylek mohlo být i použití metodiky a interpretace výsledků. V řadě případů je stáří určeno pouze pomocí zlomků keramiky, které však mohly být společně s horizonty převrstveny a jejich stáří zkresleno. Jak upozorňuje Dreslerová (2009a), je tedy možné, že většina erozní aktivity je pouze středověká.



Obr. 13: Vývoj střeoevropských erozně akumulacních procesů v průběhu holocénu. Křivka teplotních anomálií podle analýzy pylových zrn (Davis et al. 2003). Suchá období do roku 1000 n. l. podle vrstevních sledů sladkovodních vápenců (černé rovnoběžníky); (Jäger 2002). Zastoupení kulturního stepu (Dotterweich 2008). Hustota zalidnění (Zimmermann 1996). Vývoj akumulace svahových a říčních sedimentů (Dreibrodt et al. 2010). Vývoj sedimentace v jezeře Holzmar (Zolitschka 1998).

Záměrem praktické části bylo porovnání vývoje strží v údolí Žebrák s výše naznačeným obecným průběhem hlavních erozně-akumulačních fází v holocénu. Bohužel se podařilo postihnout jen poměrně krátký časový interval posledních čtyřiceti let. I tak se v zájmové lokalitě projevilo alespoň závěrečné erozně-akumulační období během socialistické kolektivizace majetku a scelování honů, které se ve větší míře na Kokořínsku uskutečnilo v roce 1975 (Beran et al. 1998). Tato skutečnost byla ověřena i pro přilehlé okolí datovaných strží a to na základě pořízených leteckých snímků z let 1975 a 1989 od Vojenského kartografického a hydrometeorologického ústavu v Dobrušce. Ačkoliv je možné, že pozemkové úpravy iniciovaly vznik zárodečné stružky v zájmovém území, nejstarší datované vzorky 6A a 7A svými postupnými

anatomickými změnami odkazují spíše k pozvolným erozním procesům v průběhu sedmdesátých let. Podle polohy a stáří odhalení vzorku 8A na druhou stranu můžeme tušit velmi dynamický vývoj stržové eroze na začátku let osmdesátých. Vzorek 8A se totiž nachází již 45 cm pod úrovní původního povrchu ze sedmdesátých let, jehož výška byla určena na základě paty kmene okolních stromů. Během pár let tak pravděpodobně došlo k úbytku výrazného množství půdního materiálu. Tento možný prudký geomorfologický proces se svou datací shoduje s posledním rušením mezí a polních cest v letech 1980-1982 (Beran et al. 1998). Interpretovat tuto událost jako příčinu akcelerované půdní eroze v dané lokalitě by bylo nicméně velmi předčasné a spekulativní. Pro prokázání závislosti totiž chybí přímé datování odhalení kořenů v tomto období a nabízí se i souvislost s extrémním úhrnem srážek (68,6 mm) zaznamenaným 19. 7. 1981 ve stanici Dubá (Obr. 11). V průběhu devadesátých let se stružka rozšiřovala laterálně (vzorek 9A) a zpětnou erozí se stále více prodlužovala, až přibližně v druhé polovině devadesátých let dosáhla pozice vzorků 3A a 4A. Po roce 1998 je zaznamenán i průběh hloubkové eroze ve Strži 2 (vzorek 6B), jejíž postup do stran byl v místech vzorků 5B a 6B limitován hustým kořenovým systémem několika vzrostlých topolů černých. Většina datovaných kořenů vypovídá o velmi mladých erozních procesech. Nadcházející průběh Strže 1 byl ve znamení intenzivní hloubkové eroze a dovršení stádia plně vyvinuté erozní rýhy se sevřeným příčným profilem ve tvaru V (Kliment 2003). Dále převládala laterální eroze směrem ke vzorkům 5A a 10A, zatímco protější břeh se stabilizoval zejména důsledkem vzrostlých stromů tvořících přirozenou erozní ochranu. Četné zastoupení odhalených kořenů v roce 2008 vypovídá o dynamickém průběhu jak zpětné, tak boční eroze ve Strži 2 (vzorky 2B, 3B, 5B). S ohledem na klimatická data ze stanice Dubá je možná provázanost zrychlených geomorfologických procesů s výskytem extrémních srážkových událostí v červnu a srpnu 2008 (Obr. 13).



Obr. 13: Extrémní srážkové události a obnažení kořenů v zájmových stržích. Klimatická data denních srážkových úhrnů za stanici Dubá poskytl ČHMÚ.

Vyvozování závěrů o tvorbě strží v zájmové lokalitě v údolí Žebrák limituje počet datovaných kořenů. Obdobné studie využívají pro rekonstrukci podstatně větších datových souborů, které dokáží postup vývoje strží zhodnotit s vyšší pravděpodobností (Malík 2006; Malík, Matyja 2008). I samotná metoda datace pomocí odhalených kořenů skýtá řadu problémů. Některé vzorky zaznamenávají změny jen velmi neurčitě nebo pozvolně (vzorky 6A a 7A). V jiných případech může nastat chyba při samotném zjištění počtu letokruhů. Stáří odhalení kořene může být totiž zkresleno výskytem tzv. nepravých nebo falešných letokruhů (vzorek 1B). Při studiu recentních erozních procesů a jejich příčin jsou případné odchylky v řádech jednotek roků zásadní. Tyto chyby by se nicméně daly statisticky odstranit použitím většího počtu vzorků. I z těchto důvodů je nutné k datovanému souboru přihlížet kriticky.

9. Závěr

Na základě případových studií ze střední Evropy zabývajících se tematikou průběhu intenzity erozně-akumulačních procesů v reakci na změny v antropogenním přetváření krajiny v holocénu, byl stanoven vývoj těchto pochodů. První fází člověkem akcelerovaných erozně-akumulačních procesů byl pozdní eneolit, kdy mělo na těchto procesech vliv i doznívající podnebí atlantiku. Další období začalo v pozdní době bronzové a dále trvalo navzdory suchému klimatu až do začátku prvního tisíciletí našeho letopočtu. Největší přispění na zrychlených erozně-akumulačních procesech měl člověk ale až ve vrcholném středověku, kdy následky expanze osídlení a nových zemědělských inovací vyvolaly tvorbu rozsáhlých stržových systémů a sedimentaci mocných horizontů nivních hlín. Poslední fáze akcelerovaných erozně-akumulačních procesů se odehrála na přelomu 18. a 19. století. Tento obecný trend se shodoval ve většině lokalit. Některé odchylky od obecného trendu byly příčinou lokálně odlišných klimatických podmínek nebo intenzivnější exploatace krajiny v místním povodí.

V praktické části byl metodou obnažených kořenů datován průběh vývoje dvou strží v údolí Žebrák v Polomených horách. Začátek stržové eroze byl doložen nejstaršími záznamy v sedmdesátých a začátku osmdesátých let, kdy v zájmové lokalitě probíhaly poslední výrazné změny ve využití ploch. Jednoznačnou příčinu vytvoření erozní rýhy a antropogenního přispění však kvůli omezenému množství dat prokázat nelze. Nejdynamičtější vývoj strže byl datován v posledním desetiletí, přičemž nejvíce kořenů bylo odhaleno v roce 2008 jako možná reakce na extrémní srážkové události. Jak uvádějí Balatka a Sládek (1980): „Nikde jinde nelze tak dobře sledovat recentní vývoj údolních začátků jako zde,“ myšleno na Kokořínsku. Proto výzkum erozních a akumulačních procesů v Polomených horách i do budoucna nabízí nejenom vědecký potenciál, ale nesporný praktický přesah.

Seznam zdrojů

- BALATKA, B., SLÁDEK, J. (1980): Geomorfologie Chráněné krajinné oblasti Kokořínsko a přilehlého území. *Bohemia centralis*, 10, Praha, s. 7–53.
- BENEŠ, J., DOBEŠ, M. (1992): Eine schnurkeramische Gräbergruppe und ein Objekt der Kugelamphorenkultur aus Hrdlovka (NW Böhmen). In: BUCHVALDEK, M., STRAHM, CH.: Die kontinentaleuropäischen Gruppen der Kultur mit Schnurkeramik. *Praehistorica*, 19, Praha, s. 67–79.
- BENEŠ, J. (1995): Erosion and accumulation processes in the late holocene of Bohemia, in relation to prehistoric and mediaeval landscape occupation. In: KUNA, M., VENCLOVÁ, N.: *Wither archaeology. Papers in honour Evžen Neustupný. Archeologický ústav AVČR*, Praha, s. 133–144.
- BERAN, L., BÍMOVÁ, K., ČEJKOVÁ, M., NOVÁ, B., POŘÍZEK, L., ŘEZÁČ, L., ŠESTÁKOVÁ, E., ŠNAJDR, M. (1998): Plán péče o Chráněnou krajinnou oblast Kokořínsko na období 1999–2008. Správa CHKO Kokořínsko, Mělník. 113 s.
- BERANOVÁ, M., KUBAČÁK, A. (2011): Dějiny zemědělství v Čechách a na Moravě. Libri, Praha. 430 s.
- BIČÍK, I., JELEČEK, L., ŠTĚPÁNEK, V. (2001): Land use changes and their social driving forces in Czechia in the 19th and 20th centuries. *Land use policy*, 18, s. 65–73.
- BODOQUE, J. M., DÍEZ-HERRERO, A., MARTÍN-DUQUE, J. F., RUBIALES, J. M., GODREY, A., PEDRAZA, J., CARRASCO, R. M., SANZ, M. A. (2005): Sheet erosion rates determined by using dendrogeomorphological analysis of exposed tree roots: Two examples from Central Spain. *Catena*, 64, s. 81–102.
- BORK, H.-R. (1989): Soil erosion during the past millennium in central Europe and its significance within the geomorphodynamics of the Holocene. *Catena*, 15, s. 121–131.
- BORK H.-R., BORK, H., DALCHOW, C., FAUST, B., PIORR, H.-P., SCHATZ, T. (1998): *Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa - Wirkung des Menschen auf Landschaften*. Klett-Perthes, Gotha, 328 s.
- BRÁZDIL, R. (1996): Reconstruction of past climate from historical sources in the Czech Lands. In: Jones, P.D., Bradley, R.S., Jouzel, J. (eds.): *Climate Variations and Forming Mechanisms of the Last 2000 Years*. NATO ASI Series, 141. Springer, Berlin, s. 409–431.
- BRÁZDIL, R. (2000): Historical climatology: definition, data, methods, results. *Geografický časopis*, 52, s. 99–121.
- BUZEK, L. (1983): *Eroze půdy*. Pedagogická fakulta v Ostravě, Ostrava, 257 s.
- BÜNTGEN, U., TEGEL, W., NICOLUSSI, K., McCORMICK, M., FRANK, D., TROUET, V., KAPLAN, J. O., HERZIG, F., HEUSSNER, K.-U., WANNER, H., LUTERBACHER, J., ESPER, J. (2011): 2500 Years of European climate variability and human susceptibility. *Science*, 331, s. 578–582.
- BÜNTGEN, U., KYNCL, T., GINZLER, CH., JACKS, D. S., ESPER, J., TEGEL, W., HEUSSNER, K.-U., KYNCL, J. (2013): Filling the Eastern European gap in millennium-long temperature reconstructions. *PNAS*
- DAVIS, B. A. S., BREWER, S., STEVENSON, A. C., GUIOT, J., et al. (2003): The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quaternary Science Reviews*, 22, s. 1701–1716.
- DEMEK, J. (1987a): *Obecná geomorfologie*. Academia, Praha, 476 s.
- DEMEK, J. (ed.) (1987b): *Hory a nížiny*. Academia, Praha, 584 s.

- DOTTERWEICH, M., SCHMITT, A., SCHMIDTCHEN, G., BORK, H.-R. (2003 a): Quantifying historical gully erosion in northern Bavaria. *Catena*, 50, s. 135–150.
- DOTTERWEICH, M. (2003b): Land Use Change and Soil Erosion in northern Bavaria during the past 5000 years. In: LANG, A., HEINRICH, K., DIKAU, R.: Long term hillslope and fluvial system modelling. - Concepts and case studies from the Rhine river catchment. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 101, Springer-Verlag, Heidelberg, s. 195–224
- DOTTERWEICH, M. (2005): High-resolution reconstruction of a 1300 year old gully system in northern Bavaria, Germany: a basis for modelling long-term human-induced landscape evolution. *The Holocene*, 15, 7, s. 994–1005.
- DOTTERWEICH, M. (2008): The history of soil erosion and fluvial deposits in small catchments of central Europe: Deciphering the long-term interaction between humans and the environment – A review. *Geomorphology*, 101, s. 192–208.
- DOTTERWEICH, M., RODZIK, J., ZGŁOBICKI, W., SCHMITT, A., SCHMIDTCHEN, G., BORK, H.-R. (2012a): High resolution gully erosion and sedimentation processes, and land use changes since the Bronze Age and future trajectories in the Kazimierz Dolny area (Nałęczów Plateau, SE-Poland). *Catena*, 95, s. 50–62.
- DOTTERWEICH, M. (2012b): Past soil erosion in central Europe: Human Impact and Long term effects. *Journal of ancient studies*, Special volume 3, s. 39–45.
- DOTTERWEICH, M., STANKOVIANSKY, M., MINÁR, J., KOCO, Š., PAPČO, P. (2013): Human induced soil erosion and gully system development in the Late Holocene and future perspectives on landscape evolution: The Myjava Hill Land, Slovakia. *Geomorphology*, 201, s. 227–245.
- DREIBRODT, S., BORK, H.-R., (2005): Historical soil erosion and landscape development at Lake Belau (North Germany) – a comparison of colluvial deposits and lake sediments. *Zeitschrift für geomorphologie N.F. Supplement* 139, 101, s. 128.
- DREIBRODT, S., NELLE, O., LÜTJENS, I., MITUSOV, A., CLAUSEN, I., BORK, H.-R. (2009): Investigations on buried soils and colluvial layers around Bronze Age burial mounds at Bornhöved (northern Germany): an approach to test the hypothesis of ‘landscape openness’ by the incidence of colluviation. *The Holocene*, 19, 3, s. 487–497.
- DREIBRODT, S., LUBOS, C., TERHORST, B., DAMM, B., BORK, H.-R. (2010): Historical soil erosion by water in Germany: scales and archives, chronology, research perspectives. *Quaternary International*, 222, 80–95.
- DRESLEROVÁ, D. (1995): A settlement economic model for a prehistoric microregion settlement activities in the Vinor-stream basin during the Hallstatt period In: KUNA, M., VENCLOVÁ, N.: Whither Archaeology. Papers in honour of Evzen Neustupny. Institute of Archaeology, Praha, s. 145–160.
- DRESLEROVÁ, D., SÁDLO, J. (2000): Les jako součást pravěké kulturní krajiny. *Archeologické rozhledy*, 52, s. 330–346.
- DRESLEROVÁ, D. (2004a): Dynamika krajiny Holocénu In: Kuna, M.: Nedestruktivní archeologie. Teorie, metody a cíle. Academia, Praha, s. 31–48.
- DRESLEROVÁ, D., BRÍZOVÁ, E., RŮŽIČKOVÁ, E., ZEMAN, A. (2004b): Holocene environmental processes and alluvial archeology in the middle Labe Valley. In: GOJDA, M.: Ancient Landscape, settlement dynamics and non-destructive archeology. Academia, Praha, 484 s.
- DRESLEROVÁ, D. (2007): Přírodní prostředí Čech a jeho vývoj. In: KUNA, M.: Archeologie pravěkých Čech 1 – Pravěký svět a jeho poznání. Archeologický ústav AVČR, Praha, s. 23–50.
- DRESLEROVÁ, D. (2009a): Archeologie a pedologie. In: HAUPTMAN, I., KUKAL, Z., POŠMOURNÝ, K.: Půda v krajině. Ministerstvo životního prostředí, Colsult Praha, s. 61–64.

- DRESLEROVÁ, D. (2009b): Dynamická historie údolí středního Labe v holocénu. *Živá archeologie*, 9, s. 3–6.
- EUSTERHUES, K. (2000): Die Sedimente des Steißlinger Sees (Hegau, Süddeutschland) - Ein Archiv für zeitlich hoch aufgelöste geochemische Untersuchungen zu Umweltveränderungen im Holozän. Disertační práce. Mathematisch Naturwissenschaftlichen Fakultäten, Georg-August-Universität zu Göttingen, 164 s.
- ELLENBERG, H. (1986): *Vegetation ecology of central Europe*. Cambridge university press, Cambridge, 756 s.
- EVANS, R. (1998): The erosional impact of grazing animals. *Progress in physical geography*, 22, 2, s. 251–268.
- FRASER, E. D. G. (2010): Can economic, land use and climatic stresses lead to famine, disease, warfare and death? Using Europe's calamitous 14th century as a parable for the modern age. *Ecological Economics*, 70, s. 1269–1279.
- FRIEDMAN, J. M., VINCENT, K. R., SHAFROTH, P. B. (2005): Dating floodplain sediments using tree-ring response to burial. *Earth surface processes and landforms*, 30, s. 1077–1091.
- FRIEDMANN, A. (2000): Die spät- und postglaziale Landschafts- und Vegetationsgeschichte des südlichen Oberrheintieflands und Schwarzwalds. *Freiburger Geographisches Hilfe*, 62.
- GARBE-SCHÖNBERG, C., WIETHOLD, J., BUTENHOFF, D., UTECH, C., STOFFERS, P. (1998): Geochemical and palynological record in annually laminated lake sediments from Lake Belau (Schleswig-Holstein) reflecting palaeoecology and human impact over 9000 a. *Meynina*, 50, s. 47–70.
- GÁBRIS, G., KERTÉSZ, Á., ZÁMBÓ, L. (2003): Land use change and gully formation over the last 200 years in a hilly catchment. *Catena*, 50, s. 151–164.
- GÄRTNER, H., SCHWEINGRUBER, F. H., DIKAU, R. (2001): Determination of erosion rates by analysing structural changes in growth pattern of exposed roots. *Dendrochronologia*, 19, 1, s. 81–91.
- GÄRTNER, H. (2007): Tree roots – Methodological review and new development in dating and quantifying erosive processes. *Geomorphology*, 86, 3–4, s. 243–251.
- GOUDIE, A. (2005): *The human impact on the natural environment: past, present, and future*. Blackwell Pub., 6. vydání, Malden, MA, 375 s.
- GRYGAR, T. M., NOVÁKOVÁ, T., MIHALJEVIČ, M., STRNAD, L., SVĚTLÍK, I., KOPTÍKOVÁ, L., LISÁ, L., BRÁZDIL, R., MÁČKA, Z., STACHOŇ, Z., SVITAVSKÁ-SVOBODOVÁ, H., WRAY, D.S. (2010): Surprisingly small increase of the sedimentation rate in the floodplain of Morava River in the Strážnice area, Czech Republic, in the last 1300 years. *Catena*, 86, s. 192–207.
- GRYGAR, T. M., SEDLÁČEK, J., BÁBEK, O., NOVÁKOVÁ, T., STRNAD, L., MIHALJEVIČ, M. (2012): Regional Contamination of Moravia (South-Eastern Czech Republic): Temporal Shift of Pb and Zn Loading in Fluvial Sediments. *Water, air, soil pollution*, 223, s. 739–753.
- HAVLÍČEK, P. (1994): Holocén. In: KLOMÍNSKÝ, J. (eds.): *Geologický atlas České republiky – Stratigrafie*. Český geologický ústav, Praha.
- HE, Q., WALLING, D. (1996a): Rates of Overbank Sedimentation on the Floodplains of British Lowland Rivers Documented Using Fallout 137 Cs. *Geografiska Annaler, Series A, Physical Geography*, 78, 4, s. 223–234.
- HE, Q., WALLING, D. (1996b): Use of fallout Pb-210 measurements to investigate overbank sediment deposition on the floodplains of lowland rivers. *Earth surface processes and landforms*, 21, s. 141–154.

- HOUBEN, P., HOFFMANN, T., ZIMMERMANN, A., DIKAU, R. (2006): Land use and climatic impacts on the Rhine system (RheinLUCIFS): Quantifying sediment fluxes and human impact with available data. *Catena*, 66, s. 42–52.
- INNES, J. B., BLACKFORD, J. J. (2003): The Ecology of Late Mesolithic Woodland Disturbances: Model Testing with Fungal Spore Assemblage Data. *Journal of archaeological science*, 30, s. 185–194.
- JANEČEK, M. et al. (2002): Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV nakladatelství, Praha, 201 s.
- JANICKI, G., RODZIK, J., ZGŁOBICKI, W. (2002): Geomorphic effects of land use changes (A case of the Gutanów loess catchment, Poland). *Geografický časopis*, 54, 1, s. 39–57.
- JÄGER, K.-D. (2002): Oscillations of the water balance during the Holocene in interior Central Europe – features, dating and consequences. *Quaternary International*, 91, s. 33–37.
- JECH, K. (2008): Kolektivizace a vyhánění sedláků z půdy. Vyšehrad, Praha, 336 s.
- JELEČEK, L. (1995): Využití půdního fondu České republiky 1845-1995: hlavní trendy a širší souvislosti. *Geografie-Sborník ČGS*, 100, s. 276–291.
- KADEREIT, A., KÜHN, P., WAGNER, G.-A. (2010): Holocene relief and soil changes in loesscovered areas of south-western Germany: the pedosedimentary archives of Bretten-Bauerbach (Kraichgau). *Quaternary International*, 222, s. 96–119.
- KADLEC, J., GRYGAR, T., SVĚTLÍK, I., ETTLER, V., MIHALJEVIC, M., DIEHL, J. F., BESKE-DIEHL, S., SVIETAVSKÁ-SVOBODOVÁ, H. (2009): Morava River floodplain development during the last millennium, Strážnické Pomoraví, Czech Republic. *The Holocene*, 19, 3, s. 499–509.
- KACHLÍK, V (2003): Základy geologie. Karolinum, Praha, 297 s.
- KAPLAN, J. O., KRUMHARDT, K. M., ZIMMERMANN, N. (2009): The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe. *Quaternary science reviews*, 28, s. 3016–3034.
- KALIS, A. J., MERKT, J., WUNDERLICH, J. (2003): Environmental changes during Holocene climatic optimum in central Europe – human impact and natural causes. *Quaternary science reviews*, 22, s. 33–79.
- KLIMEK, K. (2002): Human-induced overbank sedimentation in the foreland of the eastern Sudety mountains. *Earth surface processes and landforms*, 27, s. 391–402.
- KLIMEK, K., LANCZONT, M., NOGAJ-CHACHAJ, J. (2006): Historical deforestation as a cause of alluviation in small valleys, Subcarpathian loess plateau, Poland. *Regional Environmental Change*, 6, s. 52–61.
- KLIMEK, K., LATOCHA, A. (2007): Response of small mid-mountain rivers to human impact with particular reference to the last 200 years; Eastern Sudetes, Central Europe. *Geomorphology*, 92, s. 147–165.
- KLIMENT, Z. (2003): Lineární eroze v povodí Manětínského potoka. *Geomorfologický sborník*, 2, ČAG, ZČU v Plzni, s. 95–106.
- KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M. (2006): Changes of runoff regime according to human impact on the landscape. *Geografie-Sborník ČGS*, 111, 3, s. 292–304.
- KOLÁŘ, M. (2000): Historický vývoj využívání krajiny v údolí Pšovky. Diplomová práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 97 s.
- KUKULAK, J. (2003): Impact of mediaeval agriculture on the alluvium in the San River headwaters (Polish Eastern Carpathians). *Catena*, 51, s. 255–266.

- LANG, A., HÖNSCHEIDT, S. (1999): Age and source of colluvial sediments at Vaihingen–Enz, Germany. *Catena*, 38, s. 89–107.
- LANG, A. (2003): Phases of soil erosion-derived colluviation in the loess hills of south Germany. *Catena*, 51, s. 209–221.
- LEHOTSKÝ, M., STANKOVIANSKY, M. (1992): Detekcia zrážkových eróznno-akumulačných procesov na základe stanovenia obsahu izotopu Cs-137 v pôdnom profile. *Geografický časopis*, 44, s. 273–287.
- LOBOTKA, V. (1958): Príspevok k problému erózie z orania. *Poľnohospodárstvo*, 5, s. 1172–1191.
- LOŽEK, V. (1973): Příroda ve čtvrtohorách. *Academia*, Praha, 372 s.
- LOŽEK, V. (1998): Late Bronze Age environmental collapse in the sandstone areas of northern Bohemia. In: HÄNSEL, B. (eds.): *Man and Environment in European Bronze Age*. Oetker-Voges Verlag, Kiel, s. 57–60.
- LOŽEK, V. (2007): *Zrcadlo minulost*. Dokořán, Praha, 216 s.
- LOŽEK, V. (2008): Hynutí lesa, hrozba eroze a svědectví svahovin. *Vesmír*, 87, s. 856–860.
- LOŽEK, V. (2011): *Po stopách pravěkých dějů*. Dokořán, Praha, 181 s.
- LUTOVSKÝ, M., SMEJTEK, L. et al. (2005): *Pravěká Praha*. Libri, Praha, 1040 s.
- LÜNING, J. (1996): Anfänge und frühe Entwicklung der Landwirtschaft im Neolithikum (5500–2200 v. Chr.). In: LÜNING, J., JOCKENHÖVEL, A., BENDER, H., CAPELLE, T (eds.): *Deutsche Agrargeschichte, Vor- und Frühgeschichte*, Ulmer, Stuttgart, s. 15–139.
- MÄCKEL, R., SCHEINDER, R., SEIDEL, J. (2003): Anthropogenic impact on the landscape of southern Badenia (Germany) during the holocene-documented by colluvial and alluvial sediments. *Achaeometry*, 45, 3, s. 487–501.
- MALIK, I. (2006): Gully erosion dating by means of anatomical changes in exposed roots (Proboszczowicka Plateau, southern Poland). *Geochronometria*, 25, s. 57–66.
- MALIK, I., MATYJA, M. (2008): Dating of small gully formation and establishing erosion rates in old gullies under forest by means of anatomical changes in exposed tree roots (southern Poland). *Geomorphology*, 93, s. 421–436.
- MATOUŠEK, V. (2010): *Čechy krásné, Čechy mé. Proměny krajiny Čechy v době industriální*. Kriegl, Praha, 381 s.
- NEUSTUPNÝ, E. (1987): Pravěké eroze a akumulace v oblasti Lužického potoka. *Archeologické rozhledy*, 39, s. 629–642.
- NOŽIČKA, J. (1957): *Přehled vývoje našich lesů*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 459 s.
- NOTEBAERT, B., VERSTRAETEN, G., (2010): Sensitivity of West and Central European river systems to environmental changes during the Holocene: a review. *Earth-Science Reviews*, 103, s.163–182.
- PAPČO, P. (2011): Výmolová erózia v čase – mapové podklady verzus korelátne sedimenty (príkladová štúdia). *Geografický časopis*, 63, 3, s. 287–298.
- PAWLIK, Ł. (2013): The role of trees in the geomorphic system of forested hillslopes – a review. *Earth-Science Reviews*, 126, s. 250–265.
- PEČÍRKA, J. et al. (1989): *Dějiny pravěku a starověku I*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 575 s.

- PÍRKOVÁ, I., VOPRAVIL, J., SMOLÍKOVÁ, J. (2013): Statistika půd ohrožených degradací v ČR za rok 2012. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha, 17 s.
- POKORNÝ, P., KUNEŠ, P. (2005): Holocene acidification process recorded in three pollen profiles from Czech sandstone and river terrace environments. *Ferrantia*, 44, s. 107–113.
- POKORNÝ, P. (2011): *Neklidné časy. Dokořán*, Praha, 369 s.
- POREBA, G., ŚNIEZSKO, Z., MOSKA, P. (2013): Influence of pedon history and washing nature on luminescence dating of Holocene colluvium on the example of research on the Polish loess areas. *Quaternary international*, 296, s. 61–67.
- PRAŽÁK, J. (1991): *Geologická mapa ČR, List 02-44, Štětí. Ústřední ústav geologický*, Praha.
- PRESTON, N. J. (2001): *Geomorphic Response to Environmental Change: The Imprint of Deforestation and Agricultural Land Use on the Contemporary Landscape of the Pleiser Hügelland, Bonn, Germany*. Disertační práce. Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 125 s.
- RACKHAM, O. (1994): *The illustrated history of the countryside*. George Weidenfeld & Nicolson Ltd, London, 312 s.
- REIß, S., DREIBRODT, S., LUBOS, C. C. M., BORK, H.-R. (2009): Land use history and historical soil erosion at Albersdorf (northern Germany) – Ceased agricultural land use after the pre-historical period. *Catena*, 77, s. 107–118.
- SÁDLO, J., POKORNÝ, P., HÁJEK, P., DRESLEROVÁ, D., CÍLEK, V. (2005): *Krajina a revoluce. Významné přelomy ve vývoji kulturní krajiny Českých zemí, Významné přelomy ve vývoji kulturní krajiny Českých zemí*. Nakladatelství Malá skála, 256 s.
- SEIDEL, J. (2000): Anthropogene Einflüsse auf die Landschaftsentwicklung im Simonswälder Tal. *Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i. Br.*, 88/89, s. 17–36.
- SCHMITT, A., DOTTERWEICH, M., SCHMIDTCHEN, G., BORK, H.-R. (2003): Vineyards, hopgardens and recent afforestation effects of late Holocene land use change on soil erosion in northern Bavaria, Germany. *Catena*, 51, s. 241–254.
- SCHMITT, A., RODZIK, J., ZGAOBICKI, W., RUSSOK, CH., DOTTERWEICH M., BORK, H.-R. (2006): Time and scale of gully erosion in the Jedliczny Dol gully system, south-east Poland, *Catena*, 68, s. 128–132.
- SCHNEIDER, R., (2000): *Landschafts- und Umweltgeschichte im Einzugsgebiet der Elz*. Disertační práce. Geowissenschaftlichen Fakultät, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br., 189 s.
- SCHWEINGRUBER, F. H. (1996): *Tree rings and Enviroment. Dendroecology*. Biermersdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 609 s.
- SIKORSKI, J., BLUSZCZ, A. (2008): Application of α and γ spectrometry in the ^{210}Pb method to model sedimentation in artificial retention reservoir. *Geochronometria*, 31, s. 65–75.
- HEJNÝ S., SLAVÍK, B. (eds.) (1987): *Květena ČSR I*. Academia, Praha, 560 s.
- SMOLÍKOVÁ, L. (1988): *Pedologie, I. díl. Státní pedagogické nakladatelství*, Praha, 129 s.
- SMOLSKA, E. (2007): Development of gullies and sediment fans in last-glacial areas on the example of the Suwałki Lakeland (NE Poland). *Catena*, 71, s. 122–131.
- STANKOVIANSKY, M. (2001): Tillage erosion and its geomorphic effect with special regard to the Myjava-White Carpathian kopanitse area. *Geografický časopis*, 53, 2, s. 95–110.

- STANKOVIANSKY, M. (2003): Historical evolution of permanent gullies in the Myjava Hill Land, Slovakia. *Catena*, 51, s. 223–239.
- STARKEL, L., SOJA, R., MICHCZYŃSKA, D. J. (2006): Past hydrological events reflected in Holocene history of Polish rivers. *Catena*, 66, s. 24–33.
- STEHLÍK, O. (1981): Vývoj eroze půdy v ČSR. *Studia Geographica*, 72, s. 3–37.
- STOFFEL, M., BOLLSCHWEILER, M. (2009): What Tree Rings Can Tell About Earth-Surface Processes: Teaching the Principles of Dendrogeomorphology. *Geography Compass*, 3, 3, s. 1013–1037.
- SVOBODA, J., VAŠKŮ, Z., CÍLEK, V. (2003): Velká kniha o klimatu Zemí Koruny české. Regia, 655 s.
- ŠAMONIL, P., KRÁL, K., HORT, L. (2010): The role of tree uprooting in soil formation: A critical literature review. *Geoderma*, 157, s. 65–79.
- ŠILHÁN, K. (2013): Základy dendrogeomorfologie. Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě, 114 s.
- TOLASZ, R., MÍKOVÁ, T., VALERIÁNOVÁ, A., VOŽENÍLEK, V. (eds.) (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, Praha, 255 s.
- TOMÁŠEK, M. (1995): Půdní mapa ČR, list 02 – 44 Štětí. Česká geologická služba.
- TREML, V., ČERMÁK, P. (2008): Past and recent evolution of the Jelení potok floodplain. *Acta univertistatis carolinae* 1-2, s. 183–198.
- TUMAJER, J., TREML, V. (2013): Meta-analysis of dendrochronological dating of mass movements. *Geochronometria*, 40, 1, s. 59–76.
- UZEL, K. (1985): Kokořínsko. Středočeské nakladatelství a knihkupectví, Praha, 176 s.
- VAŠKŮ, Z. (1995): Do oeconomia suburbana. *Vesmír*, 74, s. 313–313.
- VENCL, S. (1994): K problému sídlišť kultur s keramikou šňůrovou. *Archeologické rozhledy*, 46, 1, s. 3–24.
- VYSLOUŽILOVÁ, B., DANKOVÁ, L., ERTLEN, D., NOVÁK, J., SCHWARTZ, D., ŠEFRNA, L., DELHON, C., BERGER, J.-F. (2014): Vegetation history of chernozems in the Czech Republic. *Vegetation history and archaeobotany*, 23, Suppl. 1, s. 97–108.
- WALLING, D. ROWAN, J. S., BRADLEY, S. B. (1989): Sediment-associated transport of Chernobyl fallout radionuclides. In: HADLEY, R. F., ONGLEY, E. D. (eds.): *Sediment and the Environment*. IAHS Publ. 184, s. 37–45.
- ZACHAR, D. (1960): *Erózia pody*. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 307 s.
- ZAVŘEL, P. (1996): Předstihový archeologický výzkum u Borku a Hosína (okr. České Budějovice) v roce 1993. *Archeologické výzkumy v jižních Čechách*, 9, s. 155–171.
- ZÁDOROVÁ, T., PENÍŽEK, V., ŠEFRNA, L., DRÁBEK, O., MIHALJEVIČ, M., VOLF, Š., CHUMAN, T. (2013): Identification of Neolithic to Modern erosion – sedimentation phases using geochemical approach in a loess covered sub-catchment of South Moravia, Czech Republic. *Geoderma*, 195, s. 56–69.
- ZIMMERMANN, A. (1996): Zur Bevölkerung in der Urgeschichte Mitteleuropas. In: CAMPEN, I., HAHN, J., UEPMANN, M. (eds.): *Spuren der Jagd-die Jagd nach Spuren*. Tübinger Monographien zur Urgeschichte, 11, s. 49–61.

ZOLITSCHKA, B. (1998): A 14,000 year sediment yield record from western Germany based on annually laminated lake sediments. *Geomorphology*, 22, s. 1–17.

ZOLITSCHKA, B., BEHRE, K.-H., SCHEINDER, J. (2003): Human and climatic impact on the environment as derived from colluvial, fluvial and lacustrine archives – examples from the Bronze Age to the Migration period, Germany. *Quaternary science reviews*, 22, s. 81–100.

ZORN, KOMAC (2009): Response of soil erosion to land use change with particular reference to the last 200 years (Julian Alps, Western Slovenia). *Revista de geomorfologie*, 11, s. 39–47.

ZYGMUND, E. (2004): Archeological and radiocarbon dating of alluvial fans as an indicator of prehistoric colonisation of Głubice plateau (southwestern Poland). *Geochronometria*, 23, s. 101–107.

Seznam obrázků, tabulek a příloh

Seznam obrázků

Obr. 1: Konceptuální model interakce člověka a přírody a jejich zpětnovazebných mechanismů	10
Obr. 2: Krasová step nad obcí Hostim	12
Obr. 3: Detailní fotografie odhaleného kořene	17
Obr. 4: Lokality případových studií	18
Obr. 5: Zachovaná terasová pole z předkolektivizačního období nedaleko Vaňovic	34
Obr. 6: Přehledová a detailní mapa zájmové území	36
Obr. 7: Pylový diagram z okolí obce Tišice	37
Obr. 8: Poloha odhalených kořenů ve Strži 1	38
Obr. 9: Období výskytu anatomických znaků v odhalených kořenech Strže 1 a 2	42
Obr. 10: Poloha odhalených kořenů ve strži 2	43
Obr. 11: Využití ploch podle výřezu na Obr. 12 v roce 1954 a v současnosti	44
Obr. 12: Zvektorizovaný letecký snímek z roku 1954 a současný lokality strží a přilehlých zemědělských ploch	45
Obr. 13: Vývoj středoevropských erozně-akumulačních procesů v průběhu holocénu	46
Obr. 14: Extrémní srážkové události a obnažení kořenů v zájmových stržích	48

Seznam tabulek

Tab. 1: Seznam lokalit	19
Tab. 2: Odhalené kořeny ve Strži 1	41
Tab. 3: Odhalené kořeny ve Strži 2	43

Seznam příloh

Příloha 1: Okolí datovaných strží	60
Příloha 2: Odebrané vzorky odhalených kořenů	60
Příloha 3: Odhalený kořen pod mikroskopem	60
Příloha 4: Zarůstající jizva	61
Příloha 5: Pokles plochy cév v průběhu jednoho roku	61