

**Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta**

Katedra zoologie



Lucie Linda Krajinčáková

**VLIV GEOLOGICKÉHO SUBSTRÁTU NA DIVERSITU MĚKKÝŠÍCH SPOLEČENSTEV
THE INFLUENCE OF GEOLOGY TO THE DIVERSITY OF MOLLUSCAN
ASSEMBLAGES**

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce: RNDr. Lucie Juříčková, PhD.

Praha, 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 18. 8. 2011

.....

podpis

Obsah

Abstrakt.....	4
Klíčová slova.....	4
Poděkování	5
1. Úvod	5
2. Dosud studované typy stanovišť	6
2.1. Slatiniště	6
2.1.1. Rozdělení slatinišť	6
2.2. Louky.....	8
2.3. Lesy	8
3. Substráty	9
3.1. Substráty s vysokým obsahem Ca	10
3.2. Substráty s nízkým obsahem Ca.....	11
4. Složení substrátu	12
4.1. Vápník	13
4.1.1. Význam pro měkkýše	13
4.1.2. Zdroje Ca	13
4.2. Ostatní prvky a sloučeniny	14
5. Ostatní faktory prostředí.....	14
5.1. Vlhkost	14
5.2. pH.....	15
5.3. Rostlinná společenstva	15
5.4. Vliv lidské činnosti.....	16
6. Lokality pro DP	16
7. Závěr	17
8. Seznam literatury.....	18

Abstrakt

Měkkýší populace jsou ovlivňovány různými faktory prostředí, ve kterém se vyskytují. Ve své práci zohledňuji zejména vlastnosti půd, které jsou bezprostředně ovlivněné geologickým substrátem a samozřejmě i další faktory, které s vlastnostmi půdy ať již přímo nebo nepřímo souvisejí. Důležitými měřítky jsou zde zejména vlhkost, pH, obsah vápníku a vegetační pokryv. Také se v této práci zaměřuji na využitelnost jednotlivých vápenatých solí.

Geologický substrát jako takový je velmi úzce provázán s diversitou a početností měkkýších populací. Různé pedochemické faktory ovlivňují měkkýší společenstva. Ať už se jedná o množství vápníku v půdě nebo o hodnotu pH, různí autoři v minulosti nacházeli různé závislosti mezi jednotlivými faktory prostředí a diverzitou i druhovým složením měkkýších společenstev. Většina studií však byla zaměřena na velice specifické biotopy a lokality. V této práci se snažím utřídit naše znalosti o konkrétních vlivech geologického substrátu a dalších souvisejících faktorů prostředí na malakofaunu.

Klíčová slova:

Měkkýši, plži, geologický substrát, druhová diversita

Abstract

Molluscan populations are influenced by various factors of environment where they occur. In my work I am taking particular attention of soil properties, which are directly influenced by the geological substrate, and of course other factors which are with soil properties either directly or indirectly related. The important benchmarks are especially moisture, pH, calcium content and vegetation cover. This bachelor thesis also deals with utilization of calcium salts.

Geological substrate is closely linked with the diversity and abundance of molluscan populations. Various pedochemical factors affect molluscan communities whether it is the amount of calcium in the soil or a pH value. In the past different authors found different dependencies between environmental factors, species composition and diversity of molluscan communities. Most of the studies were focused on very specific habitats and locations. In this thesis I tried to organize our knowledge about the specific effects of various environmental factors, especially composition of geological substrate on malakofauna.

Key words: Mollusca, Gastropoda, Geological substrate, diversity

Poděkování

Chtěla bych poděkovat své školitelce RNDr. Lucii Juříčkové, PhD. za trpělivost a věcné rady, které přispěly ke vzniku této práce.

1. Úvod

Geologický substrát vykazuje mnoho variabilních parametrů. Tyto parametry ovlivňují skladbu živočišných i rostlinných společenstev vyskytujících se na daném substrátu. Cílem mé práce je utřídění dosud zjištěných informací o vlivu geologického substrátu na bohatost měkkýších společenstev a připravit základ pro plánovaný výzkum tohoto vlivu na nevápnných lokalitách Českého krasu. Nejdůležitějším faktorem pro měkkýše je dostupnost vápníku v některé z jeho snadno zpracovatelných forem. Geologický substrát však není jediným zdrojem takto zpracovatelného vápníku a proto se v této práci zabývám i ostatními zdroji, jako jsou například rostliny. Měkkýše poté ovlivňují i další faktory prostředí, jako je například vlhkost a pH půdy, takže i ty zde zmiňuji.

2. Dosud studované typy stanovišť

Je prokázáno, že geografická poloha a z ní vyplývající pedochemické faktory, klima a vegetační pokryv mají nezanedbatelný vliv na diverzitu malakofauny. (Waldén 1981). Doposud prováděné výzkumy se zaměřovaly na čtyři typy ekosystémů: slatiniště, louky, lesy a skalnatý terén. Tato prostředí se mezi sebou liší zejména pedochemickými faktory a z nich vyplývajícím vegetačním pokryvem.

2.1. Slatiniště

Prameništní slatiniště představují refugia jak na úrovni společenstev, tak na úrovni druhů. Jednotlivé typy slatinišť od sebe můžeme poměrně snadno rozeznat. Chemické odlišnosti mezi jednotlivými typy totiž signifikantně označují druhy rostlin na nich rostoucí, i když je zde nutné uvažovat jistou korekci v závislosti na regionu a lokální hydrologické situaci. Klasifikace na základě floristických dat nám poskytuje nejlepší základ pro charakterizaci prostředí včetně chemismu daného slatiniště. Na základě těchto dat můžeme potom slatiniště rozdělit na pět různých typů, podle rostoucího relativního obsahu vápníku v substrátu: Chudá slatiniště, středně bohatá slatiniště, bohatá slatiniště, extrémně bohatá slatiniště a vápnitá slatiniště (Horsák et al. 2007). Všechny tyto typy se od sebe velmi výrazně liší, co se týče zastoupení jednotlivých druhů měkkýšů.

2.1.1. Rozdělení slatinišť

Chudá slatiniště

Z rostlinných druhů zde převažují rašeliníky. Hodnoty pH substrátu jsou zde velmi nízké, stejně jako obsah vápníku. Místní malakofauna je také poměrně chudá (Horsák & Hájek 2003).

Středně bohatá slatiniště

Hranice mezi středně bohatými slatiništi a chudými slatiništi není příliš ostrá. Stále se zde vyskytují i druhy rostlin vyskytující se na chudých slatiništích, ale neprodukují zde tolik biomasy. Vápnomilné druhy zde stále chybí, zejména co se týče cévnatých rostlin. Středně bohatá slatiniště se od chudých také liší z malakologického pohledu. Vyskytuje se zde více druhů, nicméně malakofauna je zde stále poměrně chudá. (Horsák 2006).

Bohatá slatiniště

Vegetace těchto slatinišť se vyznačuje koexistencí kalcitolerantních druhů mechů a vápnomilných druhů cévnatých rostlin. Vegetace zde působí poměrně homogenním dojmem. Malakofauna už je zde bohatší a jednotlivé druhy zde nacházíme rozmístěné dle jejich konkrétních požadavků na chemické parametry povrchové vody a na složení zemního patra vegetace (Horsák & Hájek 2003).

Extrémně bohatá slatiniště

Rašeliníky zde již zcela chybí, především díky vysokému obsahu vápníku, který je pro ně toxický. Majoritní podíl ve vegetaci zaujímají hnědé mechy. Z malakologického hlediska se jedná o druhově nejbohatší typ slatinišť. (Horsák 2003)

Vápnitá slatiniště

Tento typ slatinišť je charakteristický extrémní bazicitou. Dochází zde ke srážení uhličitanu vápenatého do podoby jílu nebo pěnovce. Je zde extrémní nedostatek živin což má za důsledek absenci náročnějších druhů rostlin a širolistých rostlin. Také se zde nevyskytují žádné acidofyty. Malakofauna je zde poměrně chudá, neboť se zde začínají projevovat některé negativní faktory jako například nadbytek iontů (Horsák & Hájek 2003, Horsák & Cernohorsky 2008).

Pokud se zaměříme na konkrétní složení měkkýších populací, můžeme obecně tvrdit, že největší druhová bohatost a počet jedinců se vyskytuje na bazických typech (nepočítáme extrémně bazická slatiniště a rašeliníště) a směrem k méně bazickým slatiništím a rašelinistím bazofilní druhy postupně ubývají a žádné další acidofilní již nepřibývají. Nejvíce bazické lokality jsou potom druhově velmi chudé, stejně jako nejchudší minerotrofní rašeliníště, nicméně zde nacházíme jasné rozdíly v druhové skladbě měkkýších společenstev (Horsák 2003). Neznáme žádné druhy měkkýšů, které by striktně preferovaly kyselá, na minerály velmi chudá, slatiniště. Tato stanoviště mohou být osídlena pouze druhy, velmi tolerantními vůči stresu a které nepotřebují ke svému přežívání vysoký obsah vápníku a s ním související nižší hodnoty pH. Tyto druhy, například *Vertigo substriata* nebo *Succinea putris*, potom nacházíme v celém spektru typů slatinišť od těch extrémně vápnatých až po ta extrémně kyselá. Různé druhy vykazují odlišné změny v závislosti na kyselosti půdy. *Carychium tridentatum* vykazuje stabilní růst počtu jedinců se zvyšujícím se pH, oproti tomu například druh *Aegopinella nitens* vykazuje prudký růst počtu jedinců mezi hodnotami pH 4 a 6,5 a při

vyšších hodnotách pH již zaznamenáváme pozvolnou sestupnou tendenci v absolutním počtu jedinců na zkoumané lokalitě. U druhu *Discus rotundatus* poté nezaznamenáváme absolutně žádnou korelaci mezi počtem jedinců a pH půdy (Horsák 2006).

2.2. Louky

Luční stanoviště jsou charakteristická převahou bylinného patra. Na některých loukách se mohou, v omezené míře, vyskytovat i některé dřeviny. Luční substrát je velice bohatý na živiny. Toto je mimo jiné způsobeno složitými systémy kořenů zde rostoucích rostlin a činností mykorhizních hub a půdních organismů. Luční půdy jsou velice bohaté na dusík a další látky nezbytné k rostlinné sukcesi. Proto jsou v dnešní době louky často využívány člověkem pro zemědělské účely, ať už jako pastviny pro dobytek nebo jsou přímo systematicky přeměňovány v ornou půdu (Martin & Somer 2004). Pro potřeby této práce se omezíme na louky nepoznamenané lidskou činností, neboť spásáním, případně kosením lučních porostů dochází k výrazným změnám na úrovni půdy a z nich vyplývajícím rozdílům v diverzitě a denzitě měkkýších populací. Hodnota pH lučních substrátů má na rozdíl od substrátů lesních zanedbatelný vliv na malakofaunu, důležitějším faktorem je zde vlhkost a obsah vápníku v půdě (Martin & Somer 2004). Množství vápníku v substrátu zde ovlivňují hlavně chemické vlastnosti podloží, případně na okrajích lesů se může částečně projevat i vliv opadu z lesních dřevin. Konkrétní druhové složení místní flory má na populace měkkýšů také zanedbatelný vliv důležitější je zde spíše struktura rostlinných populací (Cameron et al. 1980, Paul 1978, Boycott 1934). Částečně se zde může projevat pouze výška přítomných rostlin, kde platí, že vyšší rostliny zprostředkovávají kompletnější zástin půdy a lépe udržují vlhkost (Labaune & Magnin 2001). V otevřených lučních ekosystémech je tedy diversity měkkýšů hodně ovlivněna chemickým složením půdy a strukturou vegetace (Barker & Mayhill 1999). Dalším důležitým faktorem je nadmořská výška dané lokality. Magnin (2001) nachází početné populace druhů *Trochoidea geyert*, *Puptyla triplicata* a *Abida secale* ve vyšších nadmořských výškách (nad 1000 m. n. m.), v nižších polohách jsou potom tyto druhy postupně vytlačovány zástupci druhů *Candidula unifasciata*, *Candidula gigami* a *Abida polyodon*.

2.3. Lesy

Lesní ekosystémy zahrnují velická a složitá společenstva rostlinných i živočišných druhů. Z vegetace zde převažuje stromové patro, což se projevuje na úrovni půdy zejména díky vyššímu zástině a s ním související vyšší úrovni relativní vlhkosti. Chemické vlastnosti

podloží jsou zde jen jednou ze složek ovlivňujících chemické parametry substrátu. Co se podloží dále týče, vyskytuje se zde velmi široké spektrum různých druhů podloží, která se mezi sebou navzájem velmi liší v chemických vlastnostech a v obsahu vápníku. Druhou velmi důležitou složkou je opadanka. V závislosti na druhovém složení vegetace se z tlejících rostlinných zbytků uvolňují chemické látky, které více či méně ovlivňují pH půdy (Sonn 1960). Obecně lze říci, že na lokalitách, kde se převážně vyskytují ušlechtilé listnáče (lípa, jasan, javory a jilmy), je pH půdy, díky dobře rozpustné citrátové formě vápníku, vyšší. Naopak v místech výskytu dubů a buků jsou pro výsledné pH půdy důležitější chemické vlastnosti podloží, neboť oxalátová forma vápníku, která je obsažena v listech těchto stromů, pH půdy, díky své špatné rozpustnosti, příliš neovlivňuje (Wäreborn 1969,1970). Pokud srovnáme pH půdy v závislosti na rázu krajiny, lokální zvýšení pH pozorujeme na svazích (Brener 1927). Je známo, že existuje pozitivní korelace mezi množstvím rozpustného vápníku. Vápník z podloží je poté lépe získatelný, jestliže je mokrá a svažité povrch. Voda stékající po skále rozpouští vápník efektivněji (Valovirta 1968). Z malakologického hlediska jsou přirozená lesní společenstva velice druhově bohatá. V závislosti na rostoucím pH půdy byla v mnoha studiích (Väreborn 1970, Horsák 2003) zjištěna vzestupná tendence diverzity měkkýšů se stoupajícím pH půdy až k neutrální hodnotě, poté lehký sestup. Kolem neutrální hodnoty

3. Typy substrátu

Na půdách, vznikajících z hornin obsahujících velké množství vápníku se vyskytuje obecně bohatší malakofauna ve srovnání s půdami, jejichž základem je nevápnité podloží. Extrémně nepříznivým podkladem jsou pak silikátové horniny (Ložek 1956, Kerney et al. 1983). Tento fakt vedl již k mnoha diskuzím o vlivu podkladových hornin na výskyt těchto živočichů. Mnoho prací se již v minulosti zabývalo tím, jak obsah uhličitanu vápenatého v půdě ovlivňuje složení měkkýších společenstev. Pozornost byla věnována zejména obsahu uhličitanu vápenatého v podkladové hornině, ale tyto studie velice často nebraly v potaz materiál tvořící svrchní vrstvu substrátu a bez povšimnutí často zůstal i samotný typ půdy vznikající v dané lokalitě. V důsledku této skutečnosti se objevily mylné závěry, že přímý vliv obsahu vápníku v substrátu je zanedbatelný a že větší druhová bohatost a absolutní počet jedinců na podlozích tvořených vápencem jsou způsobeny zejména fyzikálními vlastnostmi dané horniny (Ložek 1962). Ložek (1962) však dále uvádí, že jasná korelace mezi obsahem vápníku v půdě a diversitou měkkýších společenstev nemůže být vysvětlena jen na základě

fyzikálních vlastností podkladové horniny a to už z toho důvodu, že velmi početné měkkýší populace se kromě vápencových podloží vyskytují i na vápnitých pískovcích, měkkých slínovcích, případně na slatiništích a všechna tato podloží se svými fyzikálními vlastnostmi navzájem diametrálně liší. Oproti tomu na podložích, která mají relativně podobné fyzikální vlastnosti s výše jmenovanými, ale nižší relativní podíl vápníku (žulová, křemenná a jílovitá podloží a kaolinové pískovce) jsou měkkýší populace relativně chudé co se diversity i množství jedinců týče (Ložek 1956). Samozřejmě je i zde potřeba určitá korekce s ohledem na další zdroje vápníku nepocházející přímo z podloží, jako je například opadanka ze stromů obsahujících některou z dobře využitelných forem vápníku (Bishop 1977, Getz & Uetz 1994). Z výše uvedeného vyplývá, že obsah vápníku v substrátu je nejdůležitějším faktorem pro diversitu měkkýších společenstev. V zásadě můžeme substráty podle obsahu vápníku rozdělit na substráty s vysokým obsahem vápníku a substráty s nízkým obsahem vápníku. Tyto dva typy se liší mezi sebou bohatostí malakofauny a lokalitami, na kterých se vyskytují.

3.1. Substráty s vysokým obsahem Ca

Mezi substráty s vysokým obsahem vápníku patří zejména vápenec, nicméně vysoký obsah vápníku nacházíme i u vápnitých pískovců, měkkých slínovců a na vápnitých slatiništích. Na těchto podložích nacházíme velkou druhovou bohatost a stejně tak i velký počet jedinců. Samozřejmě s výjimkou extrémních případů, kdy se projevují nepříznivé vlivy příliš velké bazicity a nadbytku iontů (Horsák 2005).

Vápenec

Vápenec je sedimentární hornina. Jeho základem je uhličitán vápenatý, nicméně velmi často obsahuje i další vápenaté soli jako například dolomit (uhličitán hořečnato-vápenatý), který je rozebrán níže. Většina vápenců exponovaných na zemském povrchu vznikla biochemickým nebo biomechanickým působením organismů, přičemž je poměrně značná část vápenců tvořena zbytky ulit měkkýšů (Petránek 1993), z čehož vyplývá dobrá využitelnost substrátů vznikajících na vápencovém podloží jako zdroje vápníku pro dnešní zástupce malakofauny. Největší diverzitu měkkýšů nacházíme na zalesněných vápencových útesech (McMillan et al. 2003). Tato veliká druhová bohatost byla také pozorována i jinými autory (např. Waldén 1981, Nekola 1999, Cameron & Greenwood 1991)

Dolomit

Základem dolomitu je uhličitán hořečnato vápenatý. Jedná se o sedimentární horninu, která primárně vzniká vysrážením z mořské vody. Může však také vznikat diagenézí vápence, kdy je postupně nahrazován obsažený vápník hořčíkem. (Deer et al. 1966). Malakofauna na dolomitovém podloží však není, i přes vysoký obsah vápníku, příliš bohatá, což můžeme připsat příliš jemnému rozpadu této horniny na drobný štěrk až písek (Ložek 1962).

Vápnité pískovce

Základem pískovců je nejčastěji křemen. Na rozdíl od vápence nejsou pískovce natolik homogenní a pouhým okem zde rozeznáme jednotlivé částičky základního nerostu. Tyto částičky jsou k sobě spojeny tmelem, jehož základem je v případě vápnitých pískovců uhličitán vápenatý. I zde nacházíme velikou bohatost měkkých populací (např. Morse 1864, Pilsbry 1898, Hubricht 1953, Dourson & Beverly 2008).

3.2. Substráty s nízkým obsahem Ca

Mezi substráty s nízkým obsahem vápníku řadíme např. křemence, žuly, kaolinické a silikátové pískovce a nevápnité jíly. Na těchto podložích nacházíme poměrně chudou malakofaunu. Samozřejmě i zde existují výjimky a může se zde projevovat vliv náhradních zdrojů vápníku například z opadanky nebo jako vedlejší produkt lidské činnosti.

Křemenec

Křemenec je ve své podstatě metamorfovaný pískovec. Metamorfóza proběhla pod velkým tlakem v důsledku tektonické činnosti, a původní tmel byl z velké části vytlačen, proto jej v křemenci nacházíme pouze v zanedbatelném množství (Ireland 1974) z čehož také plyne nízká využitelnost křemence pro měkkýše, neboť uhličitán vápenatý je v pískovcích obsažen právě jen v tmelu spojujícím jednotlivé částičky základního nerostu.

Žula

Žulu řadíme mezi vyvřelé horniny. Jejím základem je oxid křemičitý, jehož průměrný obsah činí 72,04% (Blatt&Tracy 1997). Žula je nejvíce zastoupenou horninou v zemské kůře. Pro měkkýše je zcela nevyužitelná, neboť neobsahuje žádnou, pro měkkýše využitelnou, formu vápníku. Malakofauna je zde z toho důvodu chudá, vyskytuje se zde pouze několik druhů, (Culek et al. 1944 Ložek 1949).

Kaolinové a silikátové pískovce

Kaolinové a silikátové pískovce jsou, stejně jako pískovce vápnité, sedimentárními horninami. Tmel spojující jednotlivé částičky základního minerálu zde však není založen na uhličitanu vápenatém, ale na jiných chemických sloučeninách (Boggs 2006). Využitelnost pro měkkýší populace je i u těchto pískovců nulová, neboť neobsahují, nebo obsahují pouze v malém množství, žádnou z využitelných forem vápníku.

Nevápnité jíly

Nevápnité jíly a z nich vznikající jílovce jsou sedimenty křemičitanu hlinitého. Vznikají pozvolným zvětráváním křemičitých hornin za působení kyselého prostředí a zředěných roztoků rozpustných solí (Guggenheim, Martin 1995). Ani zde se nenachází pro měkkýše využitelná forma vápníku. Nicméně existují i výjimky. Např. druh *Perpolita hammonis* preferuje jílovité půdy (Hermida et al. 1995).

Nevápnité vulkanity

Nevápnité vulkanity se vyskytují na území Českého krasu, jedná se zejména o různé nevápnité břidlice a právě na nich bude zpracovávána diplomová práce navazující na tuto práci bakalářskou.

4. Složení substrátu

V mnoha studiích zabývajících se suchozemskými plži byly zkoumány různé parametry substrátu. Za nejdůležitější faktor, ovlivňující malakofaunu byl považován obsah vápníku, vzhledem k jeho nezbytnosti pro stavbu ulity a další fyziologické pochody, a s ním velmi úzce související hodnota pH (Valorvirta 1968, Wärebom 1969, Tappert 2002, Schilthuzien et. al 2003).

4.1. Vápník

4.1.1. Význam pro měkkýše

Přístup k vápníku je pro měkkýše nezbytný. V mnoha studiích týkajících se terestrické malakofauny byla věnována zvláštní pozornost vlivu vápníku na utváření ulity. Z těchto výzkumů vyplývá, že dostatek vápníku je hlavním faktorem ovlivňujícím druhovou bohatost a densitu měkkýších populací ve zkoumané oblasti (Valorvirta 1968, Wärebom 1970, Hottop 2002). Přístup k vápníku je však pro měkkýše nezbytný nejen pro utváření ulity, ale i z mnoha

dalších důvodů. Vápník je pro měkkýše důležitý i z hlediska rozmnožování a ovlivňuje i některé další fyziologické procesy, jako je například regulace propustnosti buněčných membrán a udržování acidobazické rovnováhy celého organismu. Z výzkumů vyplývá, že nedostatek vápníku negativně ovlivňuje rozmnožování a z tohoto hlediska je možné obsah vápníku v substrátu považovat za limitující prvek pro výskyt měkkýšů (Wäreborn 1970).

4.1.2. Zdroje Ca

Měkkýši jsou schopni zužitkovat vápník z několika zdrojů, v několika různých formách. Základní a pro měkkýše nejlépe zpracovatelnou formou vápníku je uhličitán vápenatý. Tato forma vápníku zastupuje v přírodě takzvaný celkový vápník, což je vápník, který je pevně uzavřen v krystalových mřížkách některých velmi špatně rozpustných nerostů. Na vápenatých podložích je potom CaCO_3 hlavním zdrojem vápníku pro měkkýše. Nicméně je známo, že mnoho druhů měkkýšů žije na stanovištích bez přítomnosti uhličitanu vápenatého, (Wäreborn 1970, Bishop 1980). Na těchto stanovištích jsou měkkýši schopni získávat nezbytný vápník z listové opadanky. Mezi různými druhy stromů dominují různé formy vápníku. Nejlépe využitelná je pro měkkýše opadanka pocházející z listů ušlechtilých stromů, jako jsou například jasan, javor, jilm, nebo lípa. V listech těchto stromů se vápník vyskytuje v citrátové formě. (Wäreborn 1969, von Proschwitz 1993). Z výsledků testů také vyplývá, že citrátová forma vápníku, má pozitivní efekt na rozmnožování druhů, obývajících oblasti, které jsou jinak na vápník chudé (Voelker 1959). Citrátová forma vápníku má také přímý vliv na další specifikace půdy, zejména na její pH. Vzhledem k jejímu poměrně vysokému pH a dobré rozpustnosti ve vodě, je schopna substrát poměrně výrazně alkalizovat. V lesních porostech složených z ušlechtilých stromů se proto vyskytují vesměs zásadité půdy a měkkýši populace zde bývají hojné (Wäreborn 1969). Poněkud jiná situace nastává v místech, kde je vegetační pokryv zajištěn duby a buky. V listech těchto stromů se totiž vápník vyskytuje ve své oxalátové formě. Tato forma vápníku je pro některé druhy měkkýšů také využitelná, nicméně zdaleka ne v takové míře jako forma citrátová. Pro některé druhy měkkýšů může být využívání této formy poměrně obtížné a na některé druhy má dokonce oxalát přímo repelentní účinky (Lindtquist 1941). Co se týče ovlivňování ostatních specifikací půdy, tak u oxalátové formy nebyl zjištěn žádný přímý vliv na hodnotu pH substrátu, což je dáno špatnou rozpustností oxalátu ve vodě.

Posledním zdrojem vápníku, o kterém je třeba se zmínit je jeho sulfátová forma. U této formy nebyl prokázán žádný vliv na densitu a diversitu malakofauny. Všechny formy vápníku

pocházející z listové opadanky spadají do takzvaného výměnného vápníku, kterého se obecně v půdách nachází 1 – 2% ve srovnání s vápníkem celkovým.

Nebyla ovšem nalezena žádná korelace mezi obsahem vápníku v opadance a v podložních vrstvách, obsah vápníku výrazně převažuje v listové opadance. (Linnermark 1960, Juříčková et al. 2007).

Na stanovištích kde se nenachází ani jeden z výše uvedených zdrojů vápníku je výskyt měkkýšů značně omezen, případně se tam nevyskytují vůbec. V některých lokalitách ovšem převládá vliv lidské činnosti. Lokálně se mohou vyskytovat měkkýši ve větší početnosti na místech, kde vápník dodal člověk, např. na ruinách starých hradů (Ložek 1962, Juříčková & Kučera 2005).

4.2. Ostatní prvky a sloučeniny

Při dostatku vápníku se jako limitující prvky mohou projevit různé ionty kovů, např. K, Mg, Fe. Byl prokázán negativní vliv redukované formy železa Fe^{2+} , která je pro organismy silně toxická (Vuori 1995, Gerhart 1992). Na některých stanovištích může být koncentrace některých iontů (Cl^- , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-}) opravdu vysoká a toxické působení těchto iontů může vyvolat dramatické snížení výskytu měkkýšů (Horsák 2005). Nebyl prokázán téměř žádný vliv na měkkýše při změnách koncentrací fosfátů a dusičnanů.

5. Další faktory prostředí

5.1. Vlhkost

Pokud se blíže podíváme na vztah mezi vlhkostí půdy a hustotou a rozmanitostí populace měkkýšů na dané lokalitě, tak zde také nalézáme pozitivní korelaci (Wäreborn 1969). Na suchých půdách je celková hustota a rozmanitost druhů obecně nízká a nemění se s hodnotou pH, oproti tomu na středně vlhkých a vlhkých stanovištích rostou obě veličiny spolu s rostoucí hodnotou pH. Větší důležitost vlhkosti oproti složení půdy se zdá být nejvíce zřejmá na extrémně suchých stanovištích, kde počet jedinců a druhů již nevykazuje vůbec žádnou závislost na složení substrátu. To může být vysvětleno nízkou tolerancí na sucho u některých druhů měkkýšů spolu s nízkou šancí na přežití juvenilních jedinců v těchto podmínkách (Martin & Sommer 2004). Půdní vlhkost je také nejsilnějším faktorem určující densitu populací a druhovou diverzitu na nenarušených lesních stanovištích. Na středně vlhkých a vlhkých substrátech je poté dalším určujícím faktorem ještě pH půdy. Z výše

uvedeného vyplývá, že vlhkost půdy je určitým limitujícím faktorem pro výskyt měkkýšů na zkoumané lokalitě a je třeba ji zohlednit při vyvozování závěrů z výzkumů složení půdy.

5.2. pH

Význam samotné kyselosti půdy pro měkkýše je diskutabilní, protože z výzkumů některých autorů vyplývá, že z širšího hlediska je přinejmenším zpochybnitelný (Voelker 1959, Burch 1955), což vyplynulo z pozorování v terénu. Prostředí, kde se pH půdy pohybuje v rozmezí 6,5 až 7,5 je často velmi bohaté na měkkýší faunu. Nepatrné snížení počtu jedinců a druhů pozorujeme až na stanovištích s velmi vysokým pH. Pokud se blíže podíváme na závislost hodnoty pH a koncentraci vápenatých solí v půdě, tak zjistíme, že to, jaký bude mít vápenatá sůl vliv závisí na dvou faktorech. Za prvé zde záleží na rozpustnosti konkrétní soli, která má v daném substrátu majoritní zastoupení a druhým faktorem je poté disociační konstanta kyseliny s touto solí korespondující. Například citrátová forma vápníku má silný vliv na vzrůst hodnoty pH substrátu, vzhledem ke své dobré rozpustnosti, oproti tomu oxalátová a sulfátová forma mění pH jen nepatrně, neboť se obě tyto soli ve vodě rozpouštějí poměrně špatně (Wäreborn 1970). Každopádně obsah vápníku v půdě a její pH spolu úzce souvisí (Juříčková et al. 2007).

Hodnota pH půdy však sama o sobě není dostatečně objektivním údajem, neboť, jak již bylo uvedeno výše, v prostředí s nedostatečnou vlhkostí se vliv kyselosti půdy na složení měkkýší populace nijak výrazně neprojevuje.

5.3. Rostlinná společenstva

Nejzřetelnějším a na první pohled viditelným parametrem zkoumaného stanoviště je vegetační pokryv. Densita a diversita měkkýšů se liší pouze ve vztahu k pH půdy a konkrétní druhové složení rostlinných společenstev, dle všeho, nehraje až tak podstatnou roli, protože u měkkýšů není tak striktní potravní preference na určité druhy rostlin jako třeba u hmyzu. Důležitá je pouze využitelnost v rostlinách obsažené formy vápníku. Ani kvalita opadanky nijak podstatně neovlivňuje vztah mezi pH půdy a počtem jedinců, potažmo druhů měkkýšů. (Martin & Sommer 2004). Určitou roli zde však pravděpodobně hrají potravní preference konkrétních druhů měkkýšů. Suchozemští měkkýši se totiž účastní rozkladných procesů rostlinného odpadu, neboť většina druhů se považuje, spolu s mikrobiálními rozkladači (bakterie, houby etc.), za konzumenty rozkládajícího se rostlinného materiálu. (Bishop 1977, Fog 1979, Corsman 1990). Dokonce, přibližně jedno procento ročního listového opadu v evropských bukových lesích, je zkonsumováno měkkýši. (Manson 1970, Philipson, Abel

1983, Corsman 1990). Druhová diversita rostlin, respektive kvalitativní faktory listového opadu ovlivněné přítomnou vegetací, potom velmi dobře vysvětluje konkrétní druhové složení měkkýšů na jednotlivých stanovištích. (Bishop 1977, Getz, Uetz 1994). Loasciuli a Boag (1994) navíc objevili jednoznačnou pozitivní korelaci mezi hloubkou listového opadu a hustotou měkkýších populací bez ohledu na druhové složení místní flory, k čemuž později došli i Millar a Waite (1999).

5.4. Vliv lidské činnosti

Na některých stanovištích převládá nad přírodními faktory vliv člověka. Jak již bylo zmíněno, na stanovištích, kde se vápník v přirozené formě nevykytuje, může být dodáván uměle, prostřednictvím lidské činnosti, dalšími faktory ovlivňujícími diversitu měkkýších společenstev a vyplývajícími z lidské činnosti jsou zejména snižování pH půdy a znečišťování prostředí těžkými kovy. Zkoumání vlivů lidské činnosti na malakofaunu však není předmětem této práce.

6. Lokality pro DP

Pro navazující diplomovou práci jsem se rozhodla blíže podívat na složení měkkýších společenstev na nevápnitých lokalitách Českého krasu. Zájmové území je lokalizováno na pravém břehu řeky Berounky ve zdicko-liteňské části fytogeografického okresu Český kras. Plánovaný výzkum je tedy situován do CHKO Český kras a přilehlých lokalit. Na celém území jinak tvořeném vápencem se místy vyskytují zejména horniny vulkanického původu, konkrétně diabasové vulkanity. Nejběžnějším typem diabasových hornin jsou zde takzvané mandlovce, což jsou horniny vyznačující se specifickou mandličkovitou strukturou, která vznikla během tuhnutí magmatu. Zdicko-liteňská část Českého krasu čítá více než 200 vulkanitových lokalit a ještě větší množství dalších nevápnitých hornin, zejména různých typů břidlic (Schlägelová 2005). Na tomto území se tedy nachází velké množství nevápnitých lokalit, které jsou pro plánovaný malakologický výzkum velmi dobře použitelné. Budu vycházet z práce Mgr. Jitky Horáčkové, která na těchto horninách provedla rozsáhlý výzkum vegetace. To vše je pak možné porovnat z velmi dobře prozkoumanou faunou vápnitých hornin Českého krasu, které již zkoumal RNDr. Vojen Ložek (1956)

7. Závěr

Nejdůležitějším faktorem prostředí pro diversitu a početnost měkkýších populací se ukazuje být dostupnost využitelných zdrojů vápníku. Na lokalitách, kde se vápník v některé z jeho pro měkkýše využitelných forem nevyskytuje, nezaznamenáváme ani větší výskyt měkkýšů. S množstvím vápníku v substrátu také koreluje hodnota pH půdy, nicméně ta se ukazuje být spíše vedlejším vlivem a jako taková se projevuje pouze na některých vymezených lokalitách, jako jsou například slatiniště, kde extrémně bazické pH zapříčiňuje příliš velká koncentrace iontů. Vlhkost prostředí je dalším z vedlejších faktorů, nelze ji však zanedbat, neboť ve vlhkém prostředí dochází k vyplavování vápenatých solí z podloží a k jejich expozici případným měkkýším konzumentům. Navíc pro nahé plže je vyšší vlhkost prostředí nutná pro přežití, neboť jsou, více než ulitnatí, náchylní k vysychání. Dalším hodnoceným faktorem byl vegetační pokryv. Tento se ukázal být důležitý hned ze dvou hledisek. Za prvé, vegetace může pro měkkýší populace sloužit jako náhradní zdroj vápníku při absenci na vápník bohatého podloží a za druhé díky zástínu pomáhá udržovat vyšší relativní vlhkost. Tento fakt vysvětluje větší druhovou bohatost a počty jedinců v lesních ekosystémech.

8. Seznam literary

Barker G.M., Mayhill P.C. 1999: Patterns of diversity and habitat relationship in terrestrial mollusc communities of the Pukeamaru Ecological district, northeastern New Zealand, *Journal of Biogeography* 26: 215-238

Baur A., Baur B. 1995: Habitat related dispersal in the rock-dwelling land snail *Chondrina Clienta*, *Ecography* 18:123 – 130

Bishop M.J. 1970: The Mollusca of acid woodland in West Cork and Kerry, Proceedings of the Royal Irish Academy 77B: 227-244

Bishop M.J. 1977: Habitats of Mollusca in central highlands of Scotland, *Journal of Conchology* 29: 189-197

Bishop M.J. 1980: The Mollusca of acid woodland in the Italian province of Novara, *Journal of Conchology* 30: 180-181

Blatt H., Tracy R.J. 1997, *Petrology*, 2nd ed., New York: Freeman. p. 66. ISBN 0-7167-2438-3

Boggs S. 2006: Principles of sedimentology and stratigraphy, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall p.94-97

Boycott A.E. 1934: The habitats of land Mollusca in Britain, *Journal of Ecology* 22: 1- 38

Brenner, W. 1927. Suomen viljelysmaiden reaktioista. – In: Valovirta, I. 1968. Land molluscs in relation to acidity on hyperite hills in central Finland. *Annales Zoologici Fennici*. 5, 245–253

Burch J.B. 1955: Some ecological factors of the soil affecting the distribution and abundance of land snail in eastern Virginia, *The Nautilus* 69: 62-69

Cameron R.A.D. et al. 1980: Historical and environmental influences on hedgerow snail faunas, *Biological Journal of the Linnean Society* 13: 75-87

Cameron R.A.D., Greenwood J.J.D. 1991: Some montane and forest molluscan fauna from eastern Scotland: effects of altitude, disturbance and isolation, *Proceeding of the Tenth International Malacological Congress*, 437- 442

Corsmann M. 1990: Die Schneckengemeinschaft (Gastropoda) eines Laubwaldes: Populationsdynamik, Verteilungsmuster und Nahrungsbiologie. *Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A*, 58: 1–208

Culek M. [ed.] 1996: Biogeografické členění České republiky, Enigma, Praha.

Deer, W. A., R. A. Howie and J. Zussman (1966) *An Introduction to the Rock Forming Minerals*, Longman, pp. 489–493. ISBN 0-582-44210-9.

Dourson D.C, Beverly J. 2008: Diversity, substrata divisions and biogeographical affinities of land snails at Bad Branch State Nature Preserve, Letcher County, Kentucky, *J. Ky. Acad. Sci.* 69: 101-116

Fog, K. 1979: Studies on decomposing wooden stumps III. Different relations among some gastropod species and species groups to the stump microflora, weather changes and pH, *Pedobiologia*, 19: 200–212.

Gerhart A. 1992: Effects of subacute doses of iron (Fe) on *Leptophlebia marginata* (Insecta: Ephemeroptera), *Freshwater Biology* 27: 79-84

Getz L.L., Uetz G.W. 1994: Species diversity of terrestrial snails in the southern Appalachian mountains, USA, *Malacological Review* 27: 61-74

Guggenheim S., Martin R. T. 1995: "Definition of clay and clay mineral: Journal report of the AIPEA nomenclature and CMS nomenclature committees", *Clays and Clay Minerals* 43: 255–256

Hermida J., Ondina P., Outeiro A. 1995: Influence of soil characteristics on the distribution of terrestrial gastropods in north west Spain, *European Journal of soil biology*, 31: 29-38

Horsák M., 2005: Fenomén prameništých slatinišť a malakologické konsekvence, *Malacologica Bohemoslovaca* 3: 89-99

Horsák M. 2006: Mollusc community patterns and species response curves along a mineral richness gradient: a case study in fens, *Journal of Biogeography*, 33: 98-107

Horsák M., Cernohorsky N. 2008: Mollusc diversity patterns in Central Europeans fens: Hotspots and conservation priorities, *Journal of Biogeography* 35: 1215- 1225

Horsák M., Hájek M. 2003: Composition and species richness of molluscan communities in relation to vegetation and water chemistry in western Carpathian spring fens: The poor-rich gradient, *Journal of Molluscan studies* 69: 349 - 357

Horsák M., Sulikowska – Drozd A. 2007: Woodland mollusc communities along environmental gradients in East Carpathians, *Biologia* 62: 201-209

Hottop K.O. 2002: Land snail and soil calcium in central Appalachian mountain forest, *Southeast Nat.* 1: 27-44

Ireland, H. A. 1974: "Query: Orthoquartzite?". *Journal of Sedimentary Petrology* 44 (1): 264–265.

Juříčková L., Kučera T. 2005: Ruin of medieval castles as refuges for endangered species of molluscs, *Journal of molluscan studies* 71: 233-246

Juříčková L. et al. 2007: Land snail distribution patterns within a site: the role of different calcium sources, *European Journal of Soil Biology* 44: 172-179

Kerney M.P. et al. 1983: Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas – Parey, Hamburg und Berlin

Labaune C., Magnin F. 2001: Land snail communities in Mediterranean upland grassland: the relative importance of four sets of environmental and spatial variables, *Journal of Molluscan Studies* 67: 463 – 474

Lindquist B. 1941: Experimentelle Untersuchungen über die Bedeutung einiger Landmollusken für die Zersetzung der Waldstreu, K. Fysiogr. Sällsk. Lund Förh. 11: 144-156

Linnermark N. 1960: Podsol och brunjord I,II, Publications from the Institute of mineralogy, paleontology and quaternary geology, Univ. Lund, Lund, Sweden, No. 75, pp 1- 233 + diagrams

Locasciulli O., Boag D. 1987: Microdistribution of terrestrial snails (Stylommatophora) in forest litter, *Can. Field Nat.* 101: 76-81

Ložek V. 1949: Malakozoologické výzkumy v Sudetském mezihoří, *Hortus Sanitatis II* 4: 169-173

Ložek V. 1956: Klíč československých měkkýšů, Vydavatelstvo SAV, Bratislava

Ložek V. 1962: Soil conditions and their influence on terrestrial gastropoda in central Europe, *Progress in soil zoology* 334 – 342

Martin K., Sommer M. 2004: Relationships between land snail assemblage patterns and soil properties in temperate-humid forest ecosystems, *Journal of Biogeography* 31: 531 – 545

Martin K., Sommer M. 2004: Effects of soil properties and land management on the structure of grassland snail assemblages in SW Germany, *Pedobiologia* 48: 193-203

Mason C.F. 1970: Snail populations, beech litter production and the role of snails in litter decomposition, *Oecologia*, 5:215–239

McMillan M.A. et al. 2003: Effects of rock climbing on the land snail community of Niagara Escarpment in southern Ontario, Canada, *Conservation Biology* 17: 616-621

- Millar A.J., Waite S. 2002: The relationship between snails, soil factors and calcitic earthworm granules in a coppice woodland in Susex, *Journal of Conchology*, 37: 483-503
- Müller J., Stratz C., Hothorn T. 2005: Habitat factors for land snails in European beech forests with a special focus on coarse woody debris, *Eur J Forest Res* 124: 233-242
- Nekola J.C. 2010: Acidophilic terrestrial gastropod communities of North America, *Journal of Molluscan studies* 76: 144-456
- Nekola J.C., Smith T.M. 1999: Terrestrial gastropod richness patterns in Wisconsin cliff communities, *Malacologia* 41: 253- 269
- Ondina P., Hermida J., Outeiro A., Mato S. 2004: Relationships between terrestrial gastropod distribution and soil properties in Galicia (NW Spain), *Applied Soil Ecology* 26:1-9
- Paul C.R.C 1978: Ecology of Mollusca in ancient woodlands 2. Analysis of distribution and experiments in Hayley wood, Cambridgeshire, *Journal of Conchology* 29: 281-294
- Petránek J. 1993: Malá encyklopedie geologie [online] Poslední aktualizace 14.2.2011
Dostupné na WWW: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl>
- Philipson J., Abel R. 1983: Snail numbers, biomass and respiratory metabolism in a beech woodland – Wytham Woods, Oxford, *Oecologia*, 57:333–338.
- Schlägelová J. (2005): Květena diabasových hornin jihozápadní části CHKO Český kras a přilehlého území
- Von Proschwitz T. 1993: Habitat selection and distribution of ten vertiginid species in the province of Dalsland (SW Sweden), *Malakologische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden* 16: 177-212
- Schilthuizen M. et al. 2003: Abundance and diversity of land snails on limestone in Borneo, *Raffles Bulletin of Zoology* 51: 35-42

Sonn S.W. 1960: Der Einfluss des Waldes auf die Böden, 166 pp. Jena

Tappert A (2002) Molluskenzönosen von Waldstandorten des Pfälzerwaldes und der angrenzenden Rheinebene (unter Bildung von Zönosegruppen), *Schriften zur Malakozoologie, Grömitz-Cismar*, 159p.

Valovirta I. 1968: Land mollusc in relation to acidity on hyperite hills in Central Finland, *Ibid* 5: 245 – 253

Voelker J. 1959: Der chemische Einfluss von Kalziumkarbonat auf Wachstum, Entwicklung und Gehäusebau von *Achatina Fulba* Bowd (Pulmonata), *Mitt. Hamburgs Zool. Mus. Inst.* 57: 37-78

Vuori K.M. 1995: Direct and indirect effects of iron on river ecosystems, *Annales Zoologici Fennici* 32: 317-329

Waldén H.W. 1981: Communities and diversity of land molluscs in Scandinavian woodlands: I. High diversity communities in talusses and boulder slopes in SW Sweden, *Journal of Conchology* 30: 351- 372

Wäreborn I. 1992: Changes in the land mollusc fauna and soil chemistry in an inland district in southern Sweden, *Ecography* 15: 62-69

Wäreborn I. 1970: Environmental factors influencing distribution of land molluscs of an oligotrophic area in southern Sweden, *Oikos* 21: 285 - &

Wäreborn I. 1969: Land mollusc and their environments in an oligotrophic area in southern Sweden, *Oikos* 20: 461 - &