

6. ŠÍŘENÍ PŮVODCŮ INFEKČNÍCH ONEMOCNĚNÍ PŮDOU (I. Pavlík)

Při rozvoji regionů se i v dnešní době může negativním způsobem projevovat výskyt infekčních onemocnění lidí a zvířat (obr. 22 a 23). Infekce se mohou šířit buď jen mezi lidmi (antroponózy) nebo se u zvířat mohou vyskytovat infekční onemocnění, která jsou přenosná i na člověka (zoonózy). Z různých abiotických složek prostředí (nejčastěji půdy) mohou pocházet infekční agens, způsobující tzv. sapronózy (Hubálek a Rudolf, 2011). Poprvé byl pojem pro sapronózy použit již v padesátých letech 20. století (Tersikh, 1958).



Obr. 22: V Nikaragui vedla rozsáhlá deforestace (nahore) k následné erozi a degradaci půdy (dole), která je intenzivně splavována do řek a jezer (foto I. Pavlík)

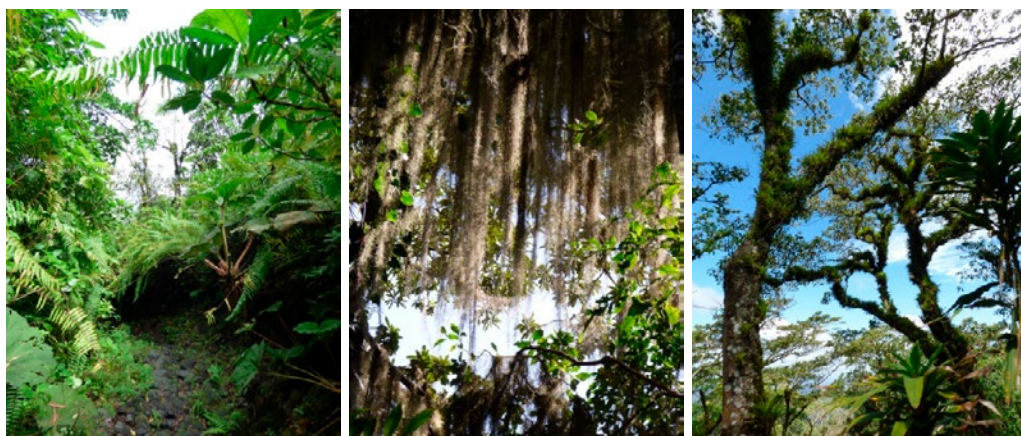
Sapronóza nebo také saproozonóza je infekční onemocnění, které je vyvoláno původci vyskytujícími se v půdním nebo vodním ekosystému. Původci onemocnění jsou schopni v něm přežívat mimo hostitele (člověka a zvířete) po dlouhou dobu (Adgamov *et al.*, 2013).

V roce 1981 byl pojem „saproozonóza“ interpretován jako zoonotická onemocnění přenášená současně obratlovci a bezobratlými živočichy (Kakoma a Ristic, 1981). Toto pojetí se však neujalo a od té doby nebylo v této souvislosti již dle dostupných publikovaných zdrojů použito.

6.1 Druh infekčních agens šířených půdou

V roce 2003 byl poprvé publikován seznam infekčních agens, která jsou mezi tento typ onemocnění řazena. Podle druhu infekcí je možné infekční agens rozdělit na následující skupiny (Hubálek, 2003):

- **Bakteriální infekce** (např. *Clostridium perfringens*, *Bacillus anthracis*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia pseudomallei*, *Legionella pneumophila*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Corynebacterium septicum*, *Rhodococcus equi*, *Mycobacterium leprae*, *M. ulcerans* a *Nocardia asteroides*).
- **Mykotické infekce** (např. *Microsporium gypseum*, *Histoplasma capsulatum*, *Blastomyces dermatitidis*, *Emmonsia crescens*, *Paracoccidioides brasiliensis*, *Coccidioides immitis*, *Sporothrix schenckii*, *Cryptococcus neoformans*, *Aspergillus fumigatus*, *Absidia corymbifera* a *Madurella mycetomatis*).
- **Protozoární infekce** (např. *Naegleria fowleri*, *Acanthamoeba castellanii* a *Acanthamoeba polyphaga*).



Obr. 23: Intenzivní deforestace vede i v Nikaragui k ekologickým změnám, které vytváří vhodné podmínky pro výskyt dimorfních plísní způsobujících závažná onemocnění lidí (foto I. Pavlík)

V roce 2005 vyplynulo z analýzy výskytu podmíněně patogenních původců onemocnění lidí v půdě (resp. ve rhizosféře různých druhů rostlin, tedy oblasti povrchu a nejbližšího okolí kořenů rostlin) nebezpečí, které může představovat tato část prostředí pro zdravotní stav populace jak lidí, tak zvířat. Např. ve rhizosféře řepky byl popsán výskyt *Bacillus cereus*, *Enterobacter intermedius*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Salmonella typhimurium*, ve rhizosféře brambor a jahod byl kromě těchto patogenů zjištěn také výskyt *Staphylococcus epidermis*, ve rhizosféře kukuřice kromě jiných původců také *Klebsiella pneumoniae* a ve rhizosféře pšenice *Streptococcus pyogenes* (Berg *et al.*, 2005).

Z uvedených důvodů následně značně stoupl zájem o sapronózy nejenom mezi humánními a veterinárními lékaři, ale také mezi geology, pedology a odborníky z dalších výzkumných oblastí zabývajících se různými složkami zevního prostředí, zejm. půdou a půdním prostředím (obr. 24).

Postupně se objevilo více různých názorů na dělení původců infekčních onemocnění, kteří jsou přenášeni půdou a příp. dalšími složkami prostředí a způsobují onemocnění u lidí.



Obr. 24: Deforestace v Nikaragui vede k rychlé erozi půdy projevující se v zemědělsky využívané části země v době sucha značnou prašností (foto I. Pavlík)

6.1.1 Dělení původců onemocnění dle autorů Bultman *et al.* (2005)

V roce 2005 byl v USA publikován návrh na dělení těchto infekčních agens do čtyř různých skupin (Bultman *et al.*, 2005), který byl v následujícím vydání doplněn (Selenius, 2013):

1. Původci vyskytující se v půdě stále (permanentně; angl. *permanent*)

Tito původci infekčních onemocnění lidí jsou stálou součástí půdního prostředí, tedy půdní mikroflóry. Jejich výskyt je v určitých oblastech stálý, doprovázený jejich množním v půdě. Mezi původce bakteriálních infekcí jsou řazeni *Clostridium tetani*, *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*, *Burkholderia pseudomallei*, *Nocardia* spp. a *Streptomyces* spp.

Především v tropických a v subtropických oblastech se vyskytují v půdě původci plísňových onemocnění *Coccidioides* spp., *Histoplasma capsulatum*, *Blastomyces dermatitidis*, *Aspergillus fumigatus* a *Sporothrix schenckii*. Z původců parazitárních onemocnění je do této skupiny řazen pouze helmint *Strongyloides stercoralis*. Naopak do této skupiny není řazen žádný z původců virových onemocnění.

2. Původci vyskytující se v půdě dočasně během svého vývoje (periodicky; angl. *periodic*)

Někteří původci onemocnění přenosných na člověka potřebují ve svém vývoji strávit určitou dobu mimo hostitelský organizmus. Z bakterií jsou mezi tyto patogeny zařazeni: *Rickettsia rickettsii* a s určitými pochybnostmi *Bacillus anthracis*.

Z původců parazitárních onemocnění jsou do této skupiny řazeni především střevní parazitičtí červi, kteří se vyvíjí po určitou dobu v půdě (tzv. geohelminți). Po tomto období je jejich vývoj zcela dokončen a mohou úspěšně infikovat hostitele (obr. 25). Jsou to především následující druhy: *Ancylostoma duodenale*, *Necator americanus* a *Ascaris lumbricoides*. Z motolic jsou to především *Schistosoma mansoni*, *Schistosoma japonicum* a *Schistosoma haematobium* a z tasemnic *Taenia solium* a *Taenia saginata*. Do této skupiny není rovněž jako v předešlé skupině permanentně se vyskytující původců v půdě řazen žádný z původců virových onemocnění.



Obr. 25: Těsný kontakt dětí s kontaminovaným prostředím a nízká hygienická úroveň a nedostatečné hygienické návyky vedou k šíření geohelmintů i v Nikaragui (foto I. Pavlík)

3. Původci přežívající, ale nerozmnožující se v půdě (procházející půdou; angl. *transient*)

Do této skupiny jsou zařazeni původci onemocnění, kteří mohou v půdě mimo hostitelský organismus dlouhodobě přežívat, aniž se v ní množí. Mezi typické zástupce patří většina původců bakteriálních onemocnění, která po vyloučení z hostitelského organismu ve výkalech lidí a zvířat dlouhodobě přežívá v půdě a v dalších složkách (voda, prach aj.). Jedná se např. o původce Q horečky (*Coxiella burnetii*), tularémie (*Francisella tularensis*) a leptospirózy (*Leptospira* spp.).

Z původců virových onemocnění přenášených kontaminovanou půdou nebo potravinami a dalšími složkami prostředí jsou do této skupiny řazeni následující původci hemoragických horeček (*Arenavirus junin*, *Arenavirus machupo*, *Arenavirus sabia* a *Arenavirus guanarito* aj.) a hantavirových infekcí (*Hantavirus* spp.). Z parazitárních infekcí je do této skupiny zařazena hlístice druhu *Toxocara canis* a z původců protozoárních infekcí především *Toxoplasma gondii*.

4. Původci vyskytující se v půdě náhodně (angl. *incidental*)

Čtvrtou skupinu tvoří původci, kteří se ocitají v půdě a dalších složkách prostředí náhodně většinou v souvislosti s lidskou činností. Do půdy se dostávají především s lidskými odpady v případě nefungující komunální hygieny a s nedostatečně zpracovanými zvířecími odpady. Z původců bakteriálních infekcí jsou to především *Campylobacter jejuni*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Yersinia* spp. a *Escherichia coli*.

Z původců parazitárních infekcí jsou to z protozoí *Cryptosporidium parvum*, *Cyclospora cayetanensis*, *Giardia lamblia* a *Isospora belli*. U těchto původců je rovněž i zmiňována možnost jejich zařazení do předešlé skupiny původců „procházejících“ (angl. *transient*) pouze půdním prostředím. Z protozoárních původců je však jednoznačně do této skupiny řazen prvek *Entamoeba histolytica*. Z hlístic jsou do této skupiny řazeni roup dětský *Enterobius vermicularis* a tenkohlavec *Trichuris trichiura*.

Největší skupinu patogenů však jednoznačně představují viry: *Adenovirus* spp., *Astrovirus* spp., *Calicivirus* spp., *Enterovirus* spp. (*poliovirus*, virus hepatitidy A, *Coxsackievirus* A, *Coxsackievirus* B a *echovirus*), *Norwalk virus*, *Orthopoxvirus* variola a *Rotavirus* spp. Souhrnně je možné k výčtu těchto patogenů dodat, že v případě vysoké kontaminace půdy těmito původci onemocnění lidí a příp. i zvířat, je rovněž vysoké riziko infekce hostitelů (Sedlák a Tomšíčková, 2006; Volf a Horák, 2007; Palmer *et al.*, 2011).

6.1.2 Dělení původců onemocnění dle autorů Jaffry *et al.* (2009)

Pojem sapronózy (pro označení onemocnění přenášených půdou a dalšími složkami prostředí) byl použit v přehledném článku o zoonózách autorů Jaffry *et al.* (2009). Tito autoři navrhnou klasifikovat zoonózy do následujících skupin včetně saprozoonóz:

1. **Přímé zoonózy (angl. *direct zoonoses*):** původci onemocnění, kteří jsou přenášeni infikovanými obratlovci na člověka buď přímým kontaktem, nebo prostřednictvím kontaminovaných předmětů infikovaných obratlovci, nebo prostřednictvím vektorů. Patří sem např. původci vztekliny, brucelózy a trichinelózy.
2. **Cyklické zoonózy (angl. *cyclo-zoonoses*):** původce onemocnění potřebuje k úspěšnému přenosu, tedy ke kompletnímu vývoji, více než jednoho obratlovce/hostitele (není třeba bezobratlých hostitelů). Příkladem jsou následující onemocnění: echinokokóza, tenióza aj.
3. **Meta-zoonózy (angl. *meta-zoonoses*):** původce onemocnění je přenášen bezobratlými živočichy, v nich se také množí, což je základním předpokladem jeho úspěšného přenosu. Patří sem např. původce Leishmaniózy, moru člověka a schistosomózy (obr. 26).
4. **Sapro-zoonózy (angl. *sapro-zoonoses*):** původce onemocnění je přenášen nepřímo prostřednictvím vehikula (tedy některou ze součástí prostředí; zejm. půdou, vodou, potravinami nebo rostlinami), které slouží jako rezervoár původce onemocnění. Jako příklad jsou uváděna především mykotická onemocnění.
5. **Antroponózy (angl. *anthroponoses*):** jsou onemocnění vyskytující se pouze u člověka, která ale mohou být přenášena z nižších obratlovců (např. myši) bezobratlými (blechou) na člověka; příkladem je mor člověka (obr. 27).
6. **Zooantroponózy (angl. *zooanthroponoses*):** jsou onemocnění původně se vyskytující u zvířat, která jsou následně přenášena na lidi. Může tomu být také ale naopak, kdy je původce onemocnění vyskytující se primárně u člověka přenášen na zvířata. Příkladem je uváděna humánní tuberkulóza, která se vyskytuje také např. u koček, psů a skotu žijícího v těsném kontaktu s infikovanými lidmi.

Z výše uvedeného přehledu vyplývá, že výčet jednotlivých patogenů je pouze částečný. V brzké době je možné očekávat po vysvětlení ekologie mnoha dalších původců infekčních onemocnění rozšíření tohoto seznamu.



Obr. 26: Významnou roli při přenosu původce Leishmaniózy a Chagasovy nemoci hrají také volně pobíhající infikovaní psi, jak tomu bylo v endemické oblasti Somoto v Nikaragui (Palacios *et al.*, 2000; foto I. Pavlík)



Obr. 27: V Číně (např. v Pekingu) je možné na tržištích vidět prodávaná rezervoárová zvířata původce moru člověka a dalších onemocnění (foto I. Pavlík)

6.1.3 Dělení původců onemocnění dle autorů Jeffery a van der Putten (2011)

V roce 2011 byl navržen jiný a podstatně zjednodušený způsob dělení původců onemocnění lidí a zvířat přenášených půdou (Jeffery a van der Putten, 2011). Stalo se tak zřejmě proto, že dle výše uvedeného dělení patogenů do čtyř skupin se v některých případech ocitaly stejné patogeny i ve dvou skupinách současně. Taková situace nastala např. u původců virových onemocnění lidí a zvířat, kteří byli zařazeni jak do třetí (původci procházející půdou; angl. *transient*) tak i do čtvrté (původci vyskytující se v půdě náhodně; angl. *incidental*) skupiny (Bultman *et al.*, 2005).

V souhrnné zprávě autorů (Jeffery a van der Putten, 2011) je navrhováno dělení původců onemocnění lidí a zvířat pouze na dvě následující skupiny:

1. Původci přenášení pouze půdou (angl. *euedaphic pathogenic organisms*)

Z bakteriálních původců onemocnění jsou do této skupiny patogenů „skutečně přenášenými pouze půdou“ řazeni např.: *Actinomyces israelii*, *Bacillus anthracis*, *Clostridium botulinum*, *Campylobacter jejuni*, *Leptospira interrogans*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium tetani*, *Francisella tularensis*, *Clostridium perfringens*, *Yersinia enterocolitica* a *Nocardia* spp. Z plísňových onemocnění jsou sem řazeni původci: *Aspergillus* spp., *Blastomyces dermatitidis*, *Coccidioides immitis*, *Histoplasma capsulatum*, *Sporothrix schenckii* a *Rhizopus* spp. Z původců parazitární onemocnění je sem řazen *Strongyloides stercoralis* (obr. 28).

2. Půdou přenášené patogeny (angl. *soil transmitted pathogens*)

Do této skupiny patogenů přenášených půdou (v tomto případě je myšlen spíše pasivní způsob přenosu půdou, tedy že patogen v prostředí/zejm. v půdě přežívá delší dobu při uchování své nakažlivosti pro hostitele) patří z bakterií *Coxiella burnetii* a *Borrelia* spp., *Shigella dysenteriae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* a *Salmonella enterica*. Z původců virových onemocnění je sem řazen poliovirus a z parazitárních onemocnění *Ascaris lumbricoides*, *Ancylostoma duodenale*, *Strongyloides stercoralis*, *Trichuris trichiura*, *Echinococcus multilocularis*, *Trichinella spiralis*, *Entamoeba histolytica*, *Balantidium coli*, *Cryptosporidium parvum*, *Cyclospora cayetanensis*, *Giardia lamblia*, *Isospora belli* a *Toxoplasma gondii*.



Obr. 28: Nové, alternativní způsoby chovu prasat chovaných v těsném kontaktu s půdou představují v současné době nová rizika pro šíření různých původců onemocnění kontaminovanou půdou a ostatními složkami prostředí (foto I. Pavlík)

6.2 Význam původců infekčních onemocnění lidí přenášených půdou



Obr. 29: Především v rozvojových zemích, např. v Nikaragui, je možné po zvládnutí závažných antroponóz (onemocnění přenášených mezi lidmi, např. tuberkulóza a HIV/AIDS) očekávat zvýšený zájem o sapronózy a o jejich tlumení (foto I. Pavlík)

Sapronózy jsou v současné době jak u lidí, tak u zvířat tzv. „poddiagnostikované“ a „podhlášené“. Obecně je přijímán názor, že tito původci onemocnění jsou primárně saprofyty, kteří žijí v půdě a jiných složkách prostředí. Živí se zbytky organické hmoty a případné hostitele infikují spíše náhodně, než cíleně (Kuris *et al.*, 2014). Především v rozvojových zemích jsou však onemocnění způsobovaná původci přenášenými půdou významná jak zdravotně, tak ekonomicky (Sing, 2015; obr. 29).

Pro příklad významu půdy při šíření různých původců infekčních onemocnění byly vybrány mykobakterie. Je tomu tak proto, že v roce 2011 byla v ČR zastavena plošná vakcinace dětí vakcínou BCG proti humánní tuberkulóze. Tento stav může vést ke zvýšení významu infekcí způsobovaných právě mykobakteriálními druhy, které se v půdě a jiných složkách prostředí vyskytují a za určitých okolností mohou být zdravotně významné (Kazda *et al.*, 2009).

6.2.1 Výskyt mykobakterií v půdě

Tuberkulóza je způsobována u lidí *Mycobacterium (M.) tuberculosis* a *M. africanum*, u zvířat *M. bovis* a *M. caprae* a u ptáků *M. avium* subsp. *avium* (tzv. obligátně patogenní mykobakterie). Výše zmíněné druhy nejsou schopné růst mimo hostitelský organizmus. I když mohou v půdě, vodě a dalších složkách prostředí dlouhodobě přežívat, jejich množství v něm postupně jen klesá. Kromě těchto zdravotně významných druhů je však dnes známo více než 160 dalších druhů mykobakterií, které se vyskytují především v prostředí a které mohou za určitých podmínek způsobit u lidí a zvířat onemocnění, tzv. mykobakteriózu (obr. 30). Jsou proto označovány jako podmíněně patogenní mykobakterie (PPM; Kazda *et al.*, 2009).

Ekologii obligátně patogenních mykobakterií i PPM je věnována v posledních dvou dekáдах zvýšená pozornost. V rozvojových zemích je to proto, že se stále nedaří snížit šíření obligátně patogenních mykobakterií, v rozvinutých zemích proto, že se ve většině z nich přestalo proti lidské tuberkulóze vakcinovat. U lidí se rovněž snižuje z mnoha různých důvodů aktivita jejich imunitního systému (např. šíření HIV/AIDS, stárnutí populace a změna životního stylu projevujícího se stálým přibližováním se k zevnímu prostředí). Všechny tyto faktory vedou v mnoha ohledech ke zhoršování epidemiologické i epizootologické situace (Kazda *et al.*, 2009; Zinsstag *et al.*, 2011; Al-Anazi *et al.*, 2014).

1. Rozšíření podmíněně patogenních mykobakterií v půdě

Půda se jeví jako přirozený rezervoár PPM, protože ty byly prokázány v různých vzorcích půd pocházejících z mnoha míst prakticky všech kontinentů. Rozšíření určitých mykobakteriálních druhů je přitom v půdě ubikvitární a např. zástupci komplexů *M. avium*, *M. terrae*, *M. fortuitum* a *M. flavesceus* byli prokázáni v půdě různých stanovišť států všech kontinentů (Kazda *et al.*, 2009). V biologicky aktivní vrstvě půdy jsou mykobakterie často prokazovány již při mikroskopickém vyšetření po barvení dle Ziehla-Neelsena a jejich podíl je odhadován na 100 až 100 000/g půdy (Beerwerth a Kessel, 1976).

2. Vliv živin obsažených v půdě na výskyt podmíněně patogenních mykobakterií

Složení živin obsažených v půdě stejně jako i dostupnost stopových prvků a pH mají rozhodující vliv na množství a zastoupení jednotlivých druhů mykobakterií. Berwerth a Schurmann (1969) zjistili v písčitých půdách menší zastoupení mykobakterií než v ostatních půdách. Nejistili však výrazné rozdíly mezi výskytem mykobakterií v půdě



Obr. 30: Kožní infekce způsobená *Mycobacterium chelonae* u imunitně oslabeného pacienta (Svobodová *et al.*, 2010; foto I. Pavlík)

s různým obsahem vápníku, písku, jílu či rašeliny. Nejvyšší záchyt mykobakterií byl zjištěn v půdách luk a pastvin a především v půdě orné, což je možné si vysvětlit právě vyšším množstvím obsaženého humusu.

Donoghue *et al.* (1997) však tyto předpokládané výsledky ve Velké Británii nepotvrdili a z orné půdy izolovali méně mykobakterií než z půdy lesní. Diskrepance je možné vysvětlit rozdílnými postupy k izolaci mykobakterií (Kazda, 2000; Thorel *et al.*, 2004). Ve Finsku např. zjistili, že největší záchyt mykobakterií z půdy byl zaznamenán z boreálních půd z jehličnatých lesů (Iivanainen, 1995).

3. Vliv vody v půdě na výskyt podmíněně patogenních mykobakterií

Mezi nejvýznamnější složku půdy patří samozřejmě voda, která zásadním způsobem ovlivňuje jak množství živých organismů, tak jejich pestrost. Tento vliv byl zjištěn také na výskyt mykobakterií, protože největší záchyt mykobakterií byl prokázán právě na zavlažovaných orných půdách (Beerwerth a Schurmann, 1969). Donoghue *et al.* (1997) izolovali nejvíce mykobakterií na pastvinách skotu kolem potoků a napajedel v letních měsících, kdy bylo příznivé vlhké počasí kombinováno s vyššími teplotami. Naproti tomu ze vzorků půdy z Iránu byl kvůli nedostatku půdní vlhkosti záchyt mykobakterií podstatně nižší (Ghaemi *et al.*, 2006).

Ke stejným poznatkům dospěla vyšetření půdy a dalších složek prostředí na farmách domácích zvířat v Jižní Africe. V půdě (většinou suché) byl podstatně nižší záchyt mykobakterií oproti hluboké podestýlce, která byla zvlhčována močí a výkaly zvířat. Půda se jeví v této oblasti jako hlavní rezervoár mykobakterií přes zimní (tedy deštivé) období. Následně prostřednictvím vznikajícího prachu jsou mykobakteriemi kontaminovány především listy rostlin, kterými jsou později zvířata krmena (Kleeberg a Nel, 1973).

4. Výskyt podmíněně patogenních mykobakterií v závislosti na vegetaci

Rovněž bylo zjištěno, že některé druhy PPM symbioticky působí v kořenech různých rostlin: pšenice (*Triticum aestivum*; Conn a Franco, 2004), bavlník (*Gossypium hirsutum*)



Obr. 31: Rašeliniště v Irsku vytváří ideální podmínky pro přežívání a množení podmíněně patogenních mykobakterií (vytékající voda je zbarvena huminovými kyselinami pocházejícími z rašelinišť), které zde komplikují diagnostiku bovinní tuberkulózy u skotu nespecifickými reakcemi při tuberkulínové zkoušce (Jin *et al.*, 2013; foto I. Pavlík)

a hrách (*Pisum sativum*; Egamberdiyeva a Hoflich, 2004). Rhizosféra různými kořenovými exsudáty výrazně stimuluje růst půdních bakterií, což se dá předpokládat i u mykobakterií (Kazda *et al.*, 2009).

Při studiu vlivu vegetace na boreálních půdách ve Finsku nebyl zjištěn rozdíl mezi zachytem mykobakterií z půdy z listnatých nebo jehličnatých lesů u stromů starých 40 až 60 let. Koncentrace izolovaných mykobakterií kolísala mezi $4,5 \times 10^4$ a $1,2 \times 10^6$ CFU/g suché půdy (Iivanainen *et al.*, 1997). Uvnitř půdy mohou rostliny hrát rovněž významnou roli při šíření mykobakterií. Nedávno byla vyslovena teorie tzv. „dálnic“. Ty jsou představovány tekutým filmem tvořeným kolem houbových hyf, kterými se mohou šířit v půdě nejenom bakterie, ale také mykobakterie (Kohlmeier *et al.*, 2005).

5. Vliv teploty na výskyt podmíněně patogenních mykobakterií

Kromě organických a anorganických živin dostupných v půdě, vlhkosti a typu vegetace ovlivňuje množství mykobakterií v půdě významným způsobem také teplota (Donoghue *et al.*, 1997; Kazda, 2000).

Z pohledu střídání ročních období a jeho vlivu na výskyt mykobakterií nebyly v Evropě (Německu, Finsku a jinde; obr. 31) zjištěny žádné významné rozdíly v množství

a druhovém složení mykobakterií. Současně bylo zjištěno, že lehce využitelné organické látky v půdě mohou výrazným způsobem podmínit výskyt mykobakterií v půdě (Beerwerth, 1971). V orné půdě převládá průkaz druhů *M. terrae*, *M. nonchromogenicum* a *M. triviale* oproti druhům v půdě luk, pastvin a lesů, mezi kterými bylo zaznamenáno především *M. gordonae* a *M. scrofulaceum* (Beerwerth a Kessel, 1976).

Ve Velké Británii bylo např. zjištěno, že během 15měsíčního sledování teplot půd v různých nikách lesní půdy byly průměrné teploty v letních měsících 16,0 °C. Tato průměrná teplota byla statisticky nižší ($p < 0,025$) než průměrné teploty ve vodě potůčků (19,0 °C) a v půdě orné (21,4 °C). V půdě pastvin byla průměrná teplota 19,5 °C s největším kolísáním mezi 14,0 a 25,0 °C (Donoghue *et al.*, 1997). Z uvedených údajů je zřejmé, že ani v jedné nauce se v půdách nevyskytovala pro tyto mykobakteriální druhy optimální teplota 37 °C. Přesto je nutné zdůraznit, že teploty 18 až 20 °C nejsou zcela bezpodmínečně nutné k růstu mykobakterií. Růst byl zaznamenán např. u druhu *M. flavescens* také při 4 °C (Ermolenko *et al.*, 1997) a zástupci komplexu *M. avium* a druh *M. scrofulaceum* pomalu rostli i při teplotě 10 °C (George *et al.*, 1980).

6.2.2 Rizika přenosu mykobakterií půdou

Důvodem předešlého relativně obsáhlého popisu podmínek a výskytu PPM v půdě je demonstrace rizik spojených s různými volnočasovými a pracovními aktivitami, při kterých jsou osoby exponovány půdou a jinými složkami prostředí kontaminovaného PPM (obr. 32). V případě jejich plného zdraví nedochází ke vzniku onemocnění (mykobakteriózy). V případě snížené imunitní odpovědi, nebo u malých dětí, které nejsou vakcinovány proti tuberkulóze vakcínou BCG, však určitá rizika infekce hrozí (Kazda *et al.*, 2009).

PPM vyskytující se v půdě totiž mohou prostřednictvím prachových částic, příp. aerosolu proniknout do hlubších částí plic, čímž mohou způsobit především u imunokompromitovaných dospělých pacientů plicní mykobakteriózu. U dětí s dosud nedostatečně vyvinutou imunitou (nikoliv imunosuprimovaných dětí) způsobují často PPM z půdy krční lymfadenitidu. Tyto zdravotní komplikace především nastupují v období řezání mléčných zubů, nebo při výměně mléčných zubů za zuby trvalé. V určitých oblastech, především v rozvojových zemích, ve kterých žijí lidé v těsném kontaktu s půdou, je na tato rizika často zapomínáno. V rozvinutých zemích představují dnes velká rizika rašeliniště, ve kterých se tyto původci (PPM) běžně vyskytují (Kazda *et al.*, 2009).

1. Poznatky z Finska

Ve Finsku byl např. zaznamenán v letech 1978 až 1987 nepřetržitý vzestup mykobakterióz u lidí způsobovaných zástupci komplexu *M. avium* a druhem *M. malmoense*. Hlavní příčinou bylo pravděpodobně vysušování rašelinišť. Tím došlo ke zrychlenému odtoku vody a zvyšování koncentrace PPM v ní. Současně při větrném počasí byly PPM šířeny do obydlených částí s prachovými částicemi z vysušené rašeliny a půdy. Zvýšený výskyt byl zaznamenán především u dětí, které se v tomto prostředí často pohybovaly na venkovních hřištích (Katila *et al.*, 1995).

2. Poznatky z USA

V epidemiologické studii provedené v USA (von Reyn *et al.*, 2002) bylo zjištěno, že diseminovaná (rozsetá) infekce způsobená zástupci komplexu *M. avium* byla statisticky výsoce významně častěji diagnostikována u pacientů s HIV/AIDS ve věku 11 až 60 let, kteří



Obr. 32: Vytěžená rašelina a voda vytékající z porušeného rašeliniště představují rizika infekce nejenom ve Finsku, ale také i v jižních Čechách (foto I. Pavlík)

byli často v kontaktu s půdou. Za riziková byla potvrzena různá zaměstnání či činnosti: pěstební činnost na zemědělské usedlosti, řízení nákladních vozidel na farmě, údržba trávníků a další činnosti v zemědělství, při kterých dochází k expozici osob půdou, nebo prachem často kontaminovaným PPM. Kupodivu expozice vodou (pitná voda z láhví, plavání v povrchových vodách, umývání nádobí aj. aktivity), konzumace rizikových potravin (syrové mléko, kubánský sýr vyrobený z nepasterovaného mléka aj.) a kontakt s domácími zvířaty (zejm. psy), nebyly zjištěny jako rizikové pro infekce způsobené PPM na statisticky významné hladině $\alpha = 0,05$. Pouze chov kočky domácí byl zjištěn jako výsoce rizikový pro vznik infekce způsobované zástupci komplexu *M. avium*. Důvodem je pravděpodobně spolupůsobení prachu z kůže a chlupů koček, které jsou silně alergogenní (vyvolávají alergie).

3. Poznatky z Maďarska

Kromě kontaminované půdy může být zdrojem infekce způsobené PPM také prach, který pochází z vysychajících odkalovacích nádrží (obr. 33). Tento případ byl zdokumentován v roce 1982 v Maďarsku, kdy byl hledán zdroj infekce 97 obyvatel města Pécs, kteří byli infikováni PPM. Všichni infikovaní obyvatelé žili v okolí kalové nádrže pro odpadní vody, jejichž organické složky v ní byly postupně fermentovány. Obsah nádrže byl používán



Obr. 33: Opuštěná vysychající laguna s kejdou od prasat (vlevo) představuje pro okolí velké zdravotní riziko; dobře zajištěná odpadová jámka na skládce pevného odpadu (vpravo) je z pohledu možnosti šíření původců onemocnění včetně PPM bezpečná (foto I. Pavlík)

jednak pro hnojení zahrad a jako zemina pro okrasné rostliny. Výše uvedené infikované osoby pěstovaly na tomto substrátu zeleninu na přilehlých zahrádkách a v domácnostech v ní pěstovaly okrasné rostliny (Szabó *et al.*, 1982).

Tato kalová nádrž, která byla vzdálená 500 až 1000 m od obytných budov, v létě vysychala a stávala se prašnou. Převažující vítr vál bez překážek ve směru budov, ve kterých tito obyvatelé bydleli. PPM byly prokázány jak ve vzorcích přitékajících odpadů, tak z odpadů odebraných z různých míst a vrstev kalové nádrže. Z PPM byly prokázány v odpadech následující druhy: zástupci komplexu *M. avium* a druhy *M. xenopi*, *M. fortuitum*, *M. terrae*, *M. chelonae* a *M. smegmatis*. Od infikovaných výše zmíněných 97 osob bylo u 73 z nich prokázáno *M. xenopi* a u 24 z nich byli prokázáni zástupci komplexu *M. avium*. Plicní mykobakterióza byla zjištěna u 24 osob (21 mužů a 3 ženy), od nichž bylo u 21 osob izolováno *M. xenopi*. Některé infikované osoby neměly v době nálezu PPM žádné klinické obtíže, u některých z nich trvaly obtíže i klinický nález na plicích 1 až 4 roky. Mnozí pacienti měli v anamnéze nadužívání alkoholu, což je nutné považovat za vysoké predispoziční riziko (Szabó *et al.*, 1982).

Jaká je možná prevence takových způsobů infekce? Autoři konstatovali, že je možné takovému způsobu infekce z infikovaného bahna a kalu zabránit asanací odpadů zahrátím předtím, než jsou použity jako hnojivo (Szabó *et al.*, 1982). Ovšem délka a teplota potřebné k devitalizaci *M. xenopi* a dalších PPM v takovýchto maticích nejsou v dostupné literatuře uváděny. Proto je nutné kalové nádrže považovat z tohoto pohledu za vysoce rizikové (Kazda *et al.*, 2009).

6.2.3 Geofagie: rizika infekce patogeny vyskytujícími se v půdě

Geofagie je záměrná konzumace půdy, která obsahuje nestrávitelné jílové zemité látky. Kaolinity jsou nejběžnějšími půdními minerály, které spolu s ostatními jílovými minerály a s organickou hmotou tvoří humusový komplex v půdách (Trckova *et al.*, 2004). Geofagie byla pozorována nejenom u zvířat, ale i u lidí, především dětí (Johns a Duquette, 1991a,b; Mahaney *et al.*, 1996a,b; Knezevich, 1998). Existuje několik hypotéz příčin geofagie (Wilson, 2003): 1) detoxikace škodlivých nebo nepoživatelných látek v potravě, 2) zmírnění gastrointestinálních potíží; nejčastěji průjmů, 3) doplnění chybějících minerálních látek

(u selat po narození je to např. doplnění železa nutného k tvorbě červených krvinek) a 4) zmírnění nadměrné kyselosti v trávicím traktu.

V lidské populaci je geofagie považována za abnormální chování nebo za znak metabolických dysfunkcí. Za nejpříjemnější důvod výskytu geofagie u lidí je považována gastrointestinální adsorpce škodlivých rostlinných metabolitů a enterotoxinů – střevních toxinů (Dominy *et al.*, 2004).

V Jihoafrické republice si gravidní ženy (především černé ženy žijící v Northern Transvaal) často vkládají do úst půdu (především jílu), kterou však po nějaké době vyplivnou. Tento způsob kontaminace PPM obsaženými v této jílovité půdě je dostačující k infekci dutiny ústní. Při následujících vyšetřeních byly totiž u těchto žen zachyceny ve sputech stejné druhy PPM, které pravděpodobně vzorky sputa v dutině ústní kontaminovaly. Pro úplnost je nutné poznamenat, že tyto druhy patogenů byly zachyceny rovněž v půdě v této oblasti (Felten a Knoetze, 1987).

U volně žijících skupin opic *Macaca mulatta* byla geofagie pozorována u 76 % jedinců; i přes vysoké parazitické zatížení jedním nebo více typy endoparazitů (u 89 % jedinců) byl výskyt průjemových onemocnění velice nízký a dosahoval z důvodů geofagie pouze 2 % (Knezevich, 1998). U skotu konzumace půdy s vyšším obsahem kaolinu (<20 %) adsorbuje toxické a nestravitelné složky v dietě a tím zřejmě zmírňuje průjemy (Mahaney *et al.*, 1996a; obr. 34). Geofagie u volně žijících ptáků vede k redukci biologické adsorpce toxických látek (především alkaloidů a taninů) přítomných především v semenech a různých plodech (Diamond *et al.*, 1999; Gilgardi *et al.*, 1999).



Obr. 34: Kaolin je např. povrchově těžen u Znojma (Únanov), kde je rovněž i zpracováván plavením a dalšími postupy; PPM je kontaminovaly až při tomto zpracování, protože byly obsaženy ve vysokých koncentracích v povrchové vodě, která se používala k jeho plavení (foto I. Pavlík)

6.2.4 Šíření patogenů prachem



Obr. 35: Prach ze Sahary (Libyjská poušť) v březnu roku 2007 bylo možné pozorovat v České republice (Brno) jak na površích aut, tak také na okvětních lístcích květin (foto I. Pavlík)

Jako poléťavý prach jsou označovány tuhé částice (do 0,5 mm), které jsou unášeny vzduchem a které se liší jak svou velikostí, tak i chemickým složením a původem. Prach je prakticky všudypřítomný a jeho zdrojem jsou jak přírodní procesy, tak i lidská činnost. Nejvýznamnějším zdrojem prachu je eroze půdy, hornin a jiných prašných složek v přírodě. Prach je také produkován při vulkanické činnosti (zejm. sopečný popílek), při písečných bouřích apod. Při těžbě surovin (především při povrchové těžbě), při průmyslové činnosti (výroba cementu, železa, oceli aj.), při stavební činnosti a dalších aktivitách vzniká velké množství prachových částic. Rovněž při dopravě, při spalování pevných paliv (kotelny, teplárny, elektrárny, hutě, spalovny odpadů aj.) vznikají prachové částice (Brevik a Burgess, 2013).

Prach vzniká také při zemědělských pracích na poli apod. V bezprostředním okolí farmy vzniká nejvíce prachových částic na prašných cestách, v nezpevněných výběžích pro zvířata (hlína, jíly, písek aj. sypké materiály) apod. Na mnoha farmách se také v sousedství stájí se zvířaty nachází různé provozy (sušičky obilí, přípravný krmných směsí, čistička obilí atd.), které jsou vydatným zdrojem prachových částic různé velikosti a složení. Ve stájovém prostředí patří k důležitým zdrojům PPM prach na různých površích (především parapety oken a povrchy různých technologických prvků). Z těch se prach dostává do prostoru stáje především při průvanu. Neméně významným zdrojem PPM je také prach zachycený na různých zařízeních, kterými jsou např. stroje, čerpadla, vývěvy apod. Expozici prachu jsou vystavena zvířata a pracovníci ve stájích denně (Kazda *et al.*, 2009; Brevik a Burgess, 2013).

Různí původci infekčních onemocnění včetně PPM se mohou snadno šířit na relativně velké vzdálenosti prostřednictvím prachových částic obsažených ve vzduchu. Pohyb vzduchu je může přenést z volné přírody prostřednictvím výše zmíněných prachových částic i do obydlených oblastí a naopak. Přestože může být prvotní množství ve vzduchu obsaženého původce velmi nízké, může jejich přítomnost např. u sapronózy hrát významnou roli. Po přenosu do vhodného prostředí (např. vlhká půda) se mohou za příhodných podmínek začít tyto patogeny včetně PPM množit. Tento transport vzduchem může být i relativně rychlý a snadný a může původce onemocnění dokonce za určitých příhodných podmínek přenášet i mezi kontinenty. Příkladem může být prach z libyjské Sahary z Afriky přenesený až do České republiky (obr. 35). K expozici hostitelského organismu potom dochází následujícími způsoby:

- **Vnímavý hostitel přímo vdechne původce** v poléťavém prachu. Ten při velikosti do 10 µm může překonat i řasinkový epitel sliznice dýchacího traktu a proniknout hluboko do plicní tkáně. Takto se nejčastěji v deforestovaných oblastech tropických pralesů šíří spory dimorfních plísní, které jsou normální součástí půdní mikrobioty. Po odlesnění se však změny podmínky a spory plísní napadají tkáň různých hostitelů včetně člověka. U neléčených pacientů vede toto onemocnění i k jejich smrti (Ahmad *et al.*, 2010; Queiroz-Telles a Escuissato, 2011).
- **K infekci hostitele dochází při kontaminaci sporami plísní povrchu poraněné pokožky** (Nenoff *et al.*, 2015), nebo poraněné sliznice dutiny ústní (Azenha *et al.*, 2012).
- Hostitel může být pochopitelně také **infikován pozřením kontaminované vody nebo potravin**, které přijímá přímo bez tepelné či jiné pro různé patogeny devitalizující úpravy (např. sušení, nasolení, uzení za tepla apod.). V rozvojových zemích je v současné době rostoucím zdravotním rizikem infekce konzumentů ovoce a zeleniny

k přímé spotřebě, tedy bez tepelné úpravy. Je zjišťováno, že prachové částice s patogeny ulpěné na povrchu listů nebo na kořenech zeleniny je obtížnější odstranit mytím, či různými desinfekčními postupy (Matthews *et al.*, 2014).

- **Prachové částice mohou také mechanicky dráždit dýchací cesty včetně tkáně plic, nebo dokonce mohou působit toxicky na tkáň respiračního ústrojí.** V případě že jsou prachové částice tvořené organickými matricemi (zejm. celými roztoči či zbytky jejich těl, humusem z půdy apod.) působí alergenogenní reakci doprovázenou poškozením dýchacích cest či plicní tkáně. Při vykonávání různých rizikových povolání (např. horníci či pracovníci v těžkém průmyslu), mohou onemocnění (především pneumokonióza a silikóza) vytvořit predispoziční podmínky pro různá infekční agens (Ghio *et al.*, 1990; Corbett *et al.*, 1999, 2000; Selenius, 2005, 2013).

Ochrana lidí proti infekci různými patogeny z prachu může být aktivní nebo pasivní. Tou první možnou ochranou je v místnostech (zejm. v nemocnicích a jiných zařízeních s imunitně oslabenými pacienty) již výše popsané pravidelné větrání, či odstraňování prachu z kontaminovaných povrchů vysavači, stěrem či jinými způsoby. Je také možné používat germicidní UV zářiče, které bývají umístěny u stropu místností. Pro zvýšení jejich účinnosti je nutné v místnosti udržovat mírný a stálý pohyb vzduchu, který zajistí průběžný pohyb všech prachových částic, které mají v klidu tendenci sedimentovat. Pro zvýšení této účinnosti je současně vhodné udržovat v pokoji pacienta vlhkost kolem 50 %, protože vyšší vlhkost snižuje účinnost UV záření (Xu *et al.*, 2005).

Druhou, tedy pasivní ochranou, je používání různých typů filtrů jak pro zajištění cirkulace nekontaminovaného vzduchu v místnosti, tak používání respirátorů pro osobní ochranu osob nebo pacientů. V laboratořích, v uzavřených nemocničních pokojích, ve farmaceutických i elektrotechnických provozech a jinde se nejlépe osvědčily HEPA (angl. *high efficiency particulate arrestance*: zachytávání mikročástic s vysokou účinností; angl. pojem *arrestance* popisuje efektivitu filtrace malých částic) filtry (Chen *et al.*, 1994; McCullough *et al.*, 1997).

Literatura

- AHMAD, I., OWAIS, M., SHAHID, M., AQIL, F. (2010): Combating Fungal Infections: Problems and Remedy. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, ISBN 978-3-642-12173-9, 539 s.
- AL-ANAZI, K.A., AL-JASSER, A.M., AL-ANAZI, W.K. (2014): Infections caused by non-tuberculous mycobacteria in recipients of hematopoietic stem cell transplantation. *Front Oncol.* 10(4):311. doi: 10.3389/fonc.2014.00311.
- AZENHA, M.R., CALIENTO, R., BRENTAGANI, L.G., DE LACERDA, S.A. (2012): A retrospective study of oral manifestations in patients with paracoccidioidomycosis. *Braz Dent J.* 23(6):753–757.
- BEERWERTH, W. (1971): Mycobacterial soil flora in the course of the seasons (německy). *Prax Pneumol.* 25:661–668.
- BEERWERTH, W., KESSEL, U. (1976): Mycobacteria in the environment of man and animal (proceedings; německy). *Zentralbl Bakteriol [Orig. A]*. 235:177–183.
- BEERWERTH, W., SCHURMANN, J. (1969): Contribution to the ecology of mycobacteria (německy). *Zentralbl Bakteriol [Orig.]*. 211: 58–69.

- BERG, G., EBERL, L., HARTMANN, A. (2005): The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria. *Environ Microbiol.* 7(11):1673–1685.
- BREVIK, E.C., BURGESS, L.C. (2013): *Soils and Human Health*. CRC Press, ISBN 9781439844540, 391 s.
- BULTMAN, M.W., FISCHER, S.F., PAPPAGIANIS, F.S. (2005): The Ecology of Soil-Borne Human Pathogens (Chapter 19). In Selenius, O. (ed.): *Essentials of Medical Geology: Impacts of the Natural Environment on Public Health*. Elsevier Academic Press, 2005, s. 481–497, ISBN 0-1263-6341-2, 812 s.
- CONN, V.M., FRANCO, C.M. (2004): Analysis of the endophytic actinobacterial population in the roots of wheat (*Triticum aestivum* L.) by terminal restriction fragment length polymorphism and sequencing of 16S rRNA clones. *Appl Environ Microbiol.* 70:1787–1794.
- CORBETT, E.L., CHURCHYARD, G.J., CLAYTON, T., HERSELMAN, P., WILLIAMS, B., HAYES, R., MULDER, D., DE COCK, K.M. (1999): Risk factors for pulmonary mycobacterial disease in South African gold miners. A case-control study. *Am J Respir Crit Care Med.* 159:94–99.
- CORBETT, E.L., CHURCHYARD, G.J., CLAYTON, T.C., WILLIAMS, B.G., MULDER, D., HAYES, R.J., DE COCK, K.M. (2000): HIV infection and silicosis: the impact of two potent risk factors on the incidence of mycobacterial disease in South African miners. *AIDS* 14:2759–2768.
- DIAMOND, J., BISHOP, K.D., GILARDI, J.D. (1999): Geophagy in New Guinea birds. *Ibis* 141:181–193.
- DOMINY, N.J., DAVOUST, E., MINEKUS, M. (2004): Adaptive function of soil consumption: an in vitro study modelling the human stomach and small intestine. *J Exp Biol.* 207: 319–324.
- DONOGHUE, H.D., OVEREND, E., STANFORD, J.L. (1997): A longitudinal study of environmental mycobacteria on a farm in south-west England. *J Appl Microbiol.* 82:57–67.
- EGAMBERDIYEVA, D., HOFlich, G. (2004): Effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of cotton and pea in a semiarid region of Uzbekistan. *J Arid Environ.* 56:293–301.
- ERMOLENKO, Z.M., KHOLODENKO, V.P., CHUGUNOV, V.A., ZHIRKOVA, N.A., RASULOVA, G.E. (1997): A mycobacterial strain isolated from the oil of the Ukhtinskoe oil field: Identification and degradative properties. *Microbiol.* 66:542–545.
- FELTEN, M.K., KNOETZE, K. (1987): Mycobacteria in sputum and soil ingestion. *Lancet* 1(8528):334–335.
- FRANCO-PAREDES, C., SANTOS-PRECIADO, J.I. (2015): *Neglected Tropical Diseases – Latin America and the Caribbean*. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, ISBN 978-3-7091-1421-6, 243 s.
- GEORGE, K.L., PARKER, B.C., GRUFT, H., FALKINHAM, J.O. III. (1980): Epidemiology of infection by nontuberculous mycobacteria. II. Growth and survival in natural waters. *Am Rev Respir Dis.* 122:89–94.
- GHAEMI, E., GHAZISAIDI, K., KOOHSARI, H., KHODABAKHSHI, B., MANSOORIAN, A. (2006): Environmental mycobacteria in areas of high and low tuberculosis prevalence in the Islamic Republic of Iran. *East Mediterr Health J.* 12:280–285.
- GHIO, A.J., KENNEDY, T.P., SCHAPIRA, R.M., CRUMBLISS, A.L., HOIDAL, J.R. (1990): Hypothesis: is lung disease after silicate inhalation caused by oxidant generation? *Lancet* 336:967–969.

- GILARDI, J.D., DUFFEY, S.S., MUNN, C.A., TELL, L.A. (1999): Biochemical functions of geophagy in parrots: Detoxification of dietary toxins and cytoprotective effects. *J Chem Ecol.* 25: 897–922.
- HUBÁLEK, Z. (2003): Emerging human infectious diseases: anthroponoses, zoonoses, and sapronoses. *Emerg Infect Dis.* 9(3):403–404.
- HUBÁLEK, Z., RUDOLF, I.: *Microbial Zoonoses and Sapronoses*. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 2011, ISBN 978-90-481-9656-2, 457 s.
- CHEN, S.K., VESLEY, D., BROSSEAU, L.M., VINCENT, J.H. (1994): Evaluation of single-use masks and respirators for protection of health care workers against mycobacterial aerosols. *Am J Inf Control* 22:65–74.
- IIVANAINEN, E. (1995): Isolation of mycobacteria from acidic forest soil samples – comparison of culture methods. *J Appl Bacteriol.* 78:663–668.
- IIVANAINEN, E.K., MARTIKAINEN, P.J., RAISANEN, M.L., KATILA, M.L. (1997): Mycobacteria in boreal coniferous forest soils. *Fems Microbiol Ecol.* 23:325–332.
- JAFFRY, K.T., ALI, S., RASOOL, A., RAZA, A., GILL, Z.J. (2009): Zoonoses. *Int J Agric Biol.* 11: 217–220.
- JEFFERY, S., van der PUTTEN, W.H. (2011): *Soil Borne Human Diseases*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-20797-6, 56 s.
- JIN, R., GOOD, M., MORE, S.J., SWEENEY, C., MCGRATH, G., KELLY, G.E. (2013): An association between rainfall and bovine TB in Wicklow, Ireland. *Vet Rec.* 173(18):452. doi: 10.1136/vr.101777.
- JOHNS, T., DUQUETTE, M. (1991a): Detoxification and mineral supplementation as functions of geophagy. *Am J Clin Nutr.* 53:448–456.
- JOHNS, T., DUQUETTE, M. (1991b): Traditional detoxification of a corn bread with clay. *Ecol Food Nutr.* 25:221–228.
- KAKOMA, I., RISTIC, M. (1981): Human-bovine Ecosystems: Reflections on Zoonoses in the Tropics. In RISTIC, M., MCINTYRE, I. *et al.* (eds.), *Diseases of Cattle in the Tropics: Economic and Zoonotic Relevance*. Martinus Nijhoff Publishers, The Hague, Boston, London, ISBN 90-247-2495-3, 662 s.
- KATILA, M.L., IIVANAINEN, E., TORKKO, P., KAUPPINEN, J., MARTIKAINEN, P., VAANANEN, P. (1995): Isolation of potentially pathogenic mycobacteria in the Finnish environment. *Scand J Infect Dis Suppl.* 98:9–11.
- KAZDA, J. (2000): *The Ecology of Mycobacteria*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, ISBN 041284-1509, 72 s.
- KAZDA, J., PAVLIK, I., FALKINHAM, J., HRUSKA, K., eds. (2009): *The ecology of mycobacteria: impact on animal's and human's health*. First Edition, Springer, ISBN 978-1-4020-9412-5, 520 s.
- KNEZEVICH, M. (1998): Geophagy as a therapeutic mediator of endoparasitism in a free-ranging group of rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *Am J Primatol.* 44:71–82.
- KOHLMEIER, S., SMITS, T.H., FORD, R.M., KEEL, C., HARMS, H., WICK, L.Y. (2005): Taking the fungal highway: mobilization of pollutant-degrading bacteria by fungi. *Environ Sci Technol.* 39:4640–4646.
- KURIS, A.M., LAFFERTY, K.D., SOKOLOW, S.H. (2014): Sapronosis: a distinctive type of infectious agent. *Trends in Parasitol.* 30(8): 386–393.

- MAHANNEY, W.C., BEZADA, M., HANCOCK, R.G.V., AUFREITER, S., PEREZ, F.L. (1996a): Geophagy of Holstein hybrid cattle in the northern Andes, Venezuela. *Mt Res Dev.* 16: 177–180.
- MAHANNEY, W.C., HANCOCK, R.G.V., AUFREITER, S., HUFFMAN, M.A. (1996b): Geochemistry and clay mineralogy of termite mound soil and the role of geophagy in chimpanzees of the Mahale Mountains, Tanzania. *Primates* 37:121–134.
- MATTHEWS, K.R., SAPERS, G., GERBA, C. (2014): *The Produce Contamination Problem: Causes and Solutions.* 2. vyd., Elsevier Inc., ISBN: 978-0-12-404611-5, 496 s.
- MCCULLOUGH, N.V., BROSSEAU, L.M., VESLEY, D. (1997): Collection of three bacterial aerosols by respirator and surgical mask filters under varying conditions of flow and relative humidity. *Ann Occup Hyg.* 41:677–690.
- NENOFF, P., REINEL, D., KRÜGER, C., GROB, H., MUGISHA, P., SÜß, A., MAYSER, P. (2015): Tropical and travel-related dermatomycoses: Part 2: cutaneous infections due to yeasts, moulds, and dimorphic fungi (německy). *Hautarzt* 66(7):522–532.
- PALACIOS, X., BELLI, A., ESPINO, A.M. (2000): Detection of antibodies against *Trypanosoma cruzi* in Somoto, Nicaragua, using indirect ELISA and IFI on blood samples on filter paper (španělsky). *Rev Panam Salud Publica.* 8(6):411–417.
- PALMER, S.R., SOULSBY, L., TORGERSON, P.R., BROWN, D.W.G., ed. (2011): *Textbook of Zoonoses. Biology, Clinical Practice and Public Health Control*, Oxford University Press, 2. vyd., ISBN: 978-0-19-857002-8, 884 s.
- QUEIROZ-TELLES, F., ESCUISSATO, D.L. (2011): Pulmonary paracoccidioidomycosis. *Semin Respir Crit Care Med.* 32(6):764–774.
- SEDLÁK, K., TOMŠÍČKOVÁ, M. (2006): *Nebezpečné infekce zvířat a člověka*, Nakladatelství Scientia, s.r.o., Praha, 1. vyd., ISBN 8086960072, 168 s.
- SELENIUS, O. (2005): *Essentials of Medical Geology: Impacts of the Natural Environment on Public Health.* Elsevier Academic Press, ISBN 0-1263-6341-2, 812 s.
- SELINUS, O. (2013): *Essentials of Medical Geology.* 2. vyd., Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, ISBN 978-94-007-4374-8, 805 s.
- SING, A. (2015): *Zoonoses – Infections Affecting Humans and Animals: Focus on Public Health Aspects.* Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, ISBN 978-94-017-9456-5, 1143 s.
- SVOBODOVÁ, J., DUJŠÍKOVÁ, H., JEDLIČKOVÁ, H., PAVLÍK, I. (2010): Mykobakterie v mimoplicní lokalizaci. *KMIL* 16 (2):43–47.
- SZABO, I., KISS, K.K., VARNAL, I. (1982): Epidemic pulmonary infection associated with *Mycobacterium xenopi* indigenous in sewage-sludge. *Acta Microbiol Acad Sci Hung.* 29:263–266.
- TERSKIKH, V.I. (1958): Diseases of humans and animals caused by microbes able to reproduce in an abiotic environment that represents their living habitat (Rusky). *Zhurn Mikrobiol Epidemiol Immunobiol* (Moscow), 8:118–122.
- THOREL, M.F., FALKINHAM, J.O., MOREAU, R.G. (2004): Environmental mycobacteria from alpine and subalpine habitats. *Fems Microbiol Ecol.* 49:343–347.
- TRCKOVA, M., MATLOVA, L., DVORSKA, L., PAVLIK, I. (2004): Kaolin, bentonite, and zeolites as feed supplements for animals: health advantages and risks. *Vet Med.* 49: 389–399.
- VOLF, P., HORÁK, P., ed. (2007): *Paraziti a jejich biologie*, Triton, Praha, 1. vyd., ISBN 978-80-7387-008-9, 318 s.

- VON REYN, C.F., ARBEIT, R.D., HORSBURGH, C.R., RISTOLA, M.A., WADDELL, R.D., TVAROHA, S.M., SAMORE, M., HIRSCHHORN, L.R., LUMIO, J., LEIN, A.D., GROVE, M.R., TOSTESON, A.N. (2002): Sources of disseminated *Mycobacterium avium* infection in AIDS. J Infect. 44:166–170.
- WILSON, M.J. (2003): Clay mineralogical and related characteristics of geophagic materials. J Chem Ecol. 29:1525–1547.
- XU, P., KUJUNDZIC, E., PECCIA, J., SCHAFER, M.P., MOSS, G., HERNANDEZ, M., MILLER, S.L. (2005): Impact of environmental factors on efficacy of upper-room air ultraviolet germicidal irradiation for inactivating airborne mycobacteria. Environ Sci Technol. 39:9656–9664.
- ZINSSTAG, J., BORNA, M., PAVLIK, I. (2011): Mycobacterioses. Chapter 15. In Oxford Textbook of Zoonoses. Biology, Clinical Practice and Public Health Control. 2. vyd., Palmer, S.R., Soulsby, L., Torgerson, P.R., Brown, D.W.G.: Oxford University Press, ISBN: 978-0-19-857002-8, s. 128–135.