

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra etologie a zájmových chovů



Detekce lidských ostatků pomocí speciálně vycvičených psů

Bakalářská práce

Autor práce: Nicole Žiaranová

Obor studia: Kynologie ABPC

Vedoucí práce: Ing. Milena Santariová, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Detekce lidských ostatků pomocí speciálně vycvičených psů" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.7.2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Mileně Santariové, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, cenné rady, připomínky a usměřování při tvorbě práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům, zejména mamince, za pomoc a morální podporu.

Detekce lidských ostatků pomocí speciálně vycvičených psů

Souhrn

Psi vycvičení na vyhledávání lidských ostatků, jsou psi, kteří jsou schopni lokalizovat lidská těla, včetně jejich částí, tkání, kostí a tělních tekutin. Jsou schopni lokalizovat ostatky ve všech fázích rozkladu, od čerstvých ostatků, přes ostatky v pokročilém stádiu až po kosterní pozůstatky. Vyhledávání lidských ostatků se provádí v suchozemském prostředí i v prostředí vody.

Lidské ostatky při procesech rozkladu vytvářejí a uvolňují specifické těkavé organické sloučeniny (volatile organic compounds, dále jen VOCs), které jsou následně detekovány psy. Každé stádium rozkladu produkuje specifické VOCs. Tyto látky jsou důležité pro detekci lidských ostatků. Klíčovou roli hrají při výcviku detekčních psů a vytváření výcvikových vzorků, a v neposlední řadě lze pomocí nich odhadnout i dobu smrti (post mortem interval, dále jen PMI).

Detekce lidských ostatků je pro psa relativně náročná disciplína z důvodu toho, že proces rozkladu je dynamický a rychle se měnící proces a celkový profil VOCs se denně mění. Složení pachu je proměnlivé i v závislosti na prostředí, ve kterém se ostatky nacházejí. Proces je silně ovlivněn biogeoklimatickou zónou a místním klimatem.

Při výzkumu VOCs, se nejčastěji využívá model prasete jako analogie lidského těla. Z právních a legislativních důvodů je prase snáze dostupné pro experimenty a po fyziologické stránce je podobné člověku. Pachový profil rozkládajících se těl prasat, produkuje podobné VOCs jako lidské ostatky. Specifickými VOCs, které se nacházejí pouze při rozkladu lidských ostatků, jsou styren a metylester kyseliny benzoové.

Výcvik detekčních psů je založen na využití co nejširší dostupné škály výcvikových prostředků. Tento výcvik umožní psovi, aby přišel do kontaktu s různými stádii rozkladu. Psovodům se naskytuje možnost využití reálných nebo syntetických zdrojů pachu. Za reální zdroje se považují materiály organického původu jako krev, lidské tkanivo, kosti nebo rozkladné kapaliny.

Výcvikovým materiálem ale i metodou výcviku psovod ovlivňuje následný výkon a úspěšnost psa při vyhledávání. Nejčastější výcvikovou metodou, která je používána při výcviku je metoda pozitivního posílení. Základem výcviku je to, aby si pes dlouhodobě zapamatoval určitý pach, ten byl schopen rozpoznávat a označoval ho naučeným způsobem.

Psi vycvičení na lokalizaci lidských ostatků nacházejí uplatnění v oblasti kriminalistiky, archeologie a při přírodních katastrofách.

Klíčová slova: detekce, pachy, lidské ostatky

Detection of human remains using specially trained dogs

Summary

Dogs trained for detecting human remains are dogs that are able to locate human bodies including their parts, tissue, bones and body fluids. These dogs can locate remains in all phases of decomposition, ranging from the fresh remains through remains in an advanced decomposition state, including bone remains. The search for human remains occurs both on land, as well as in water.

During the process of decomposition, human remains create specific volatile organic compounds (VOCs), that are subsequently recognized and detected by dogs. Every decomposition stage produces specific VOCs. These compounds are important for detecting human remains. They play a key role in detection-dog training and in creating training samples. Last but not least, the compounds can help to estimate the time of death (post mortem interval - PMI).

Detection of human remains is a quite difficult discipline for the dogs, mostly because the process of decomposition is a dynamic and fast changing process, and the profile of VOCs changes every day. The scent changes depending on the surroundings of remains. The process is strongly influenced by the bio-geoclimatic zone and the local climate.

In research on VOCs, a pig model is most often used as an analogy to the human body. Because of law and legislation reasons, a pig is more common for experiments as well as physiologically similar to humans. The scent profile of decaying pig bodies produces similar VOCs to human remains. The specific VOCs that occur only during the decomposition of human remains are styrene and benzoic acid methyl ester.

The training of detection dogs is based on the use of the widest possible range of training tools. This training allows the dog to come into contact with various stages of decomposition. Dog handlers have the option of using real or synthetic sources of scent. The real sources include materials of organic origin, such as blood, human tissue, bones or decomposition fluids.

A dog handler, by choosing a training material and a method, influences further dog performance and success of the dog in the search. The most common training method used in training is the method of positive reinforcement. The basis of the training is, that the dogs remember a certain smell for a long time, so that they are able to recognize it and mark it in a learned way.

Dogs trained to locate human remains are used in crime investigations and archaeology. They are also used in areas with natural disasters.

Keywords: detection, odours, human remains

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce	9
3 Přehled literární rešerže	10
3.1 Post mortem – smrt	10
3.2 Postmrtné změny	10
3.2.1 Livores Mortis – Posmrtné skvrny	10
3.2.2 Rigor mortis – Posmrtná ztuhlost	11
3.2.3 Algor mortis – Chladnutí těla	11
3.2.4 Autolýza.....	12
3.2.5 Hniloba a tlení.....	12
3.2.6 Mumifikace, adipocire	13
3.3 Forezní entomologie	15
3.4 Pach	16
3.5 Skladba VOCs ve spojitosti s pachem lidských ostatků	17
3.5.1 VOCs charakteristické pro pach smrti	19
3.5.2 Lidský vs. zvířecí pach smrti	21
3.6 Pes jako prostředek pro vyhledávání	22
3.6.1 Historie detekčních psů.....	22
3.6.2 Psi na vyhledávání lidských ostatků	22
3.6.3 Požadavky na psi vycvičené k vyhledávání lidských ostatků	23
3.7 Vyhledávání lidských ostatků ve vodním prostředí	25
3.7.1 Rozklad těla ve vodním prostředí	25
3.7.2 Pach ostatků ve vodním prostředí	26
3.8 Výcvik detekčních psů	28
3.9 Výcvikový materiál	31
3.9.1 Využití reálních zdrojů pachu lidských ostatků.....	31
3.9.2 Využití těla prasete jako výcvikové pomůcky	32
3.9.3 Výcvik za použití syntetických zdrojů	32
3.10 Oblast využití psů vycvičených na detekci lidských ostatků	33
3.10.1 Kriminalistika	33
3.10.2 Archeologie.....	33
3.10.3 Přírodní katastrofy	34
3.11 Problematika	35
3.11.1 Vliv psovoda na psa.....	35
3.11.2 Vliv prostředí na pach rozkladu a na výkon psů.....	35
3.11.3 Způsobilst a schopnost psů	36
4 Závěr	38

5 Literatura.....	39
6 Seznam obrázků.....	49

1 Úvod

Jedním z problémů, se kterými se forenzní vyšetřovatelé nebo policejní složky setkávají, je lokalizace lidských ostatků. Pachatel může uložit lidské tělo do vody, pochovat je do země nebo naopak je ponechat pouze uložené na povrchu země (Rebman 2000). Policejní složky využívají mnoho metod k lokalizaci lidských ostatků, jedná se například o letecké fotografování, termické zobrazování anebo o použití speciálně vycvičených psů (Statheropoulos et al. 2011).

Pes domácí *Canis familiaris* je nejvyužívanějším a nejrozšířenějším detekčním prostředkem pro vyhledávání široké škály pachů (Harper a Furton 2007). Díky tomu jsou již po desetiletí využíváni v celém světě ve službách ozbrojených složek (Curran et al. 2005). Vysoká citlivost jejich čichového aparátu a jejich rozlišovací schopnosti (Quignon et al. 2003) jim umožňují detekovat nejrůznější látky jako například narkotika, výbušniny, bankovky, akceleranty hoření, lidské osoby a v neposlední řadě i lidské ostatky (Oesterhelweg et al. 2008).

Psi speciálně vycvičení na lokalizaci lidských ostatků se vyvinuli z pátracích a záchranářských psů (search and rescue dogs - SAR). Jsou trénováni tak, aby našli lidská těla a jejich části, kosti, krev nebo rozkladné tekutiny (DeGreeff a Furton 2011).

Psi detekují ostatky na základě těkavých organických sloučenin (volatile organic compounds dále jen VOCs), které se vytváří při rozkladu biologické tkáně a následně se uvolňují do okolního prostředí (Vass et al. 2012). Během každého stádia rozkladu se uvolňují specifické VOCs. Psi jsou dle specifických VOCs schopni rozlišit mezi rozkladem lidských a zvířecích ostatků (Cablak et al. 2012).

Úspěšná lokalizace lidských ostatků závisí na několika faktorech. Těmi jsou – výběr vhodné výcvikové metody a výcvikových pomůcek (DeGreeff et al. 2012), znalosti a zkušenosti psovoda (Johnen et al. 2013), znalost chemické povahy a chování VOCs v různých typech prostředí a možné vlivy prostředí na pach rozkladu (Dekeirsschieter et al. 2009). Největším problémem ve výcviku, se kterým se psovod setkává, je volba vhodných výcvikových pomůcek, které by reprezentovaly konkrétní pach ve všech stádiích rozkladu (Rebman 2000). Bohužel některé země nemají možnost využití takových pomůcek, jako jsou skutečné lidské ostatky (Swindells 2016) a musejí využívat tzv. syntetické pachy (Stadler et al. 2013).

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bylo na základě podrobné literární rešerže zmapovat problematiku využívání speciálně vycvičených psů na vyhledávání lidských ostatků a zhodnotit úskalí a náročnost této disciplíny služební kynologie a její přínos pro kriminalistickou praxi.

3 Přehled literární rešerže

3.1 Post mortem – smrt

Smrt je klasifikována jako nevratná zástava dechu a činnosti srdce (Štefan et al. 2012). Ireverzibilní zástava cirkulačního nebo respiračního oběhu je hlavním kritériem smrti, po kterém následují včasné postmortální změny, lividita a rigor mortis (Madea et al. 2013). Postmortální lividita, jinak také livores mortis je výsledek pohybu krve po smrti způsoben gravitací (Inoue et al. 1994). Metabolismus tkání však nepřestane fungovat bezprostředně po smrti a pokračuje ještě několik hodin (Madea et al. 2013). Umírání může trvat různě dlouho, od velmi rychle nastupující smrti, až po řadu hodin a dní pomalu nastupující smrti. Proces umírání se jeví určitými příznaky, kde mezi prvními patří ochabování srdeční, dýchací a nervové činnosti trvající nějakou dobu. V praxi je považovaná za okamžik smrti doba, kdy se ireverzibilně zastaví srdeční činnost, která obvykle přetrvává delší dobu nežli dýchání. Po vyřazení centrálních regulačních mechanismů, odumírají buňky a buněčné systémy různou rychlostí. Toto časově ohraničené přežívání až do odumření poslední buňky, je označováno jako intermediární život (Štefan et al. 2012).

3.2 Postmrtné změny

Po smrti dochází k mnoha fyzikálně-chemickým změnám v pravidelném sledu, které lze použít k přibližnému stanovení doby úmrtí (Salam et al. 2012). Antropologické techniky pozorování stádií rozkladu sahají od časných, vlhkých stádií po pokročilou skeletonizaci a kostní zhoršení (Fancher et al. 2017).

Rozlišují se nejisté a jisté známky smrti. Za nejisté známky se považuje bledost kůže, pokles tělesné teploty, zvláště končetin, nehmatatelný pulz a další. Mezi jisté známky smrti se zařazují například posmrtné skvrny, posmrtná ztuhlost a hnilobné změny (Štefan et al. 2012).

Rigor mortis, livor mortis a algor mortis jsou také označovány jako pozdní změny, protože jsou poprvé pozorovány počínaje 2 až 4 hodinami po smrti (Clark et al. 1997). Pozdější posmrtní změny vedou nejen k rozkladu mrtvého těla, ale v některých případech i k jeho zachování (Madea et al. 2013).

3.2.1 Livores Mortis – Posmrtné skvrny

Jedním z nejčasnějších výsledků zástavy činnosti srdce, je hypostáza. Proces, při kterém dochází ke klesání krve do spodních částí těla pod vlivem gravitace, což způsobí charakteristickou změnu barvy závislé oblasti, tedy livores mortis (Janaway et al. 2009). Posmrtné skvrny se stávají patrnými při naplnění kožních kapilár krví (Štefan et al. 2012).

Pokud dojde v raném stádiu smrti k otočení těla, některé nebo i všechny posmrtní skvrny se můžou přesunout do jiných (Madea et al. 2013), nejnižších položených oblastí. Tento proces trvá 3¼ hodiny. V průběhu jednoho až dvou dní zůstávají skvrny na původním místě, a i při změně polohy těla nezmizí (Štefan et al. 2012). V prvních 20-30 minutách je barva posmrtných skvrn narůžovělá, později však tmavne v důsledku spotřeby kyslíku (Madea et al. 2013), může být až různě intenzivně červenofialová až modrofialová, což závisí také i od příčiny smrti (Štefan et al. 2012). Například v případě otravy oxidem uhelnatým nebo kyanidem, je barva

hypostázi obvykle třešňově růžová, zatímco intoxikace methemoglobinem je nahnědlá (Madea et al. 2013). V silně vyvinutých posmrtných skvrnách mohou postmortálně vzniknout ruptury přeplněných kapilár s krevními výronky. Tyto výronky jsou umístěny pouze v posmrtných skvrnách (Štefan et al. 2012).

3.2.2 Rigor mortis – Posmrtná ztuhlost

Bezprostředně po smrti dochází k ochabnutí svalstva, po kterém nastupuje ztuhnutí jak hladkého, tak příčně pruhovaného svalstva (Štefan et al. 2012). Jedná se o chemickou změnu, která vede ke ztuhnutí svalů po úmrtí v důsledku změn v myofibrilách svalových tkání (Goff 2009). Posmrtná ztuhlost nastává kolem dvou až šesti hodin po smrti (Gill King 1997). Nejprve ztuhnou svaly obličeje, poté svalstvo šije, horních končetin a trupu a svalstvo dolních končetin (Gill King 1997; Štefan et al. 2012). Vývoj a stav rigor mortis jsou osvědčeny subjektivně ohýbáním kloubu: buď jsou svaly volné nebo, je zaznamenán určitý odpor. Pokud je rigor mortis plně vyvinut, i ten nejsilnější člověk nedokáže ohnout nebo protáhnout spojení (Madea et al. 2013). Úplná posmrtná ztuhlost trvá 3 až 4 hodiny u dospělého člověka (Bucholtz 2014). Rychlost rozvoje posmrtné ztuhlosti, její stupeň a doba trvání závisí od mnoha faktorů, např. množství glykogenu ve svalu v okamžiku smrti (Madea et al. 2013) a hlavně od teploty a charakteru vnějšího okolí (Gill King 1997; Goff 2009), zda se jedná o venkovní prostředí, budovu, auto nebo stín stromu. Dalšími faktory jsou například i množství tělesného tuku nebo šatstvo (Bucholtz 2014). V důsledku především autolytických a hnilobných změn začíná ztuhlost mizet asi za dva dny a obvykle za 3-4 dny vymizí úplně (Štefan et al. 2013). Při nízkých teplotách může plně vyvinutá rigor mortis přetrvávat po dobu 2 týdny a déle (Madea et al. 2013).

Zvláštním druhem posmrtné ztuhlosti a také velmi vzácně se objevující je kataleptická ztuhlost (Štefan et al. 2012), jinak také nazývána posmrtní křeč (Janaway et al. 2009). Kataleptická ztuhlost se vyznačuje okamžitým ztuhnutím svalstva v poloze, v jaké se tělo nachází v okamžiku smrti (Janaway et al. 2009). Typický jev uvolňování svalů neboli ochablosti svalů po smrti, jak se to děje před vznikem rigor mortis, se u posmrtní křeči nevyskytuje. Rigor mortis postihuje všechny svaly těla, oproti posmrtné křeči, která vznikne pouze ve vybraných svalech, které byly v době smrti ve stavu kontrakce. Ta je následně velice silná a po několika hodinách je nahrazována rigor mortis (Vij 2011). Objevuje se v případech jako například, úraz hlavy s poraněním mozku, při úrazech bleskem či elektrickým proudem nebo při otravě oxidem uhelnatým (Štefan et al. 2012).

3.2.3 Algor mortis – Chladnutí těla

Chladnutí je způsobeno zástavou tvorby tepla v organismu (Štefan et al. 2012). Jakmile nastane smrt, tělo přestane regulovat svou vnitřní teplotu a vnitřní teplota se začne přibližovat teplotě okolí (Goff 2009). Není to ale bezpečnou známkou smrti, jelikož k ochlazení dochází i v agoniích. Klesání teploty různých částí těla je nerovnoměrné, nejprve začínají chladnout periferní části těla jako ruce a nohy (Štefan et al. 2012). Rychlost chladnutí těla závisí na různých podmínkách a mění se s několika faktory: okolní podmínky (vítr, déšť, teplota, vlhkost), hmotnost těla, oblečení/pokrytí těla (Madea et al. 2013) nebo obezita, protože subkutánní a břišní tuk mají izolační vlastnosti (Zhou a Byard 2011). De Saram et al. (1956)

uvádí několik dalších faktorů, které mohou ovlivnit algor mortis. Včetně množství oblečení mezi ně patří i nadměrná teplota, odpařování vlhkosti pokožky a změna povrchu těla. Ve volné přírodě zvláště za větru chladne tělo rychleji než v místnosti. Oblečení a přikrytí těla zas ochlazování značně zpomaluje (Štefan et al. 2012). Experimenty Newitt a Green (1979) potvrdili, že teplota povrchu těla klesá rychle během prvních hodin po smrti navzdory od jádra. V případě teplotních rozdílů mezi středem a povrchem nebo povrchem těla a okolní teplotou, dochází k přenosu tepla v zásadě radiálně, od osového středu těla k okolnímu prostředí. Teplotní rovina postmortem je převážně určována fyzickými předpoklady, protože centrální axiální teploty nemohou začít klesat, dokud není nastaven teplotní gradient mezi jádrem těla a jeho povrchem (Madea et al. 2013).

Teplota tělesného jádra není oproti teplotě kůže ve všech oblastech stejná. Nejvyšší teplota je v rektu, někteří uvádějí nejvyšší teplotu v játrech. Při zjišťování doby smrti se právě tělesná teplota měří v konečníku (Štefan et al. 2012). De Saram et al. (1956) tvrdí, že za předpokladu, když je rektální teplota měřena do osmi hodin po smrti, může být dosažen přesný odhad doby úmrtí.

3.2.4 Autolýza

K procesu rozkladu dochází již 4 minuty po smrti. V momentě, kdy dojde k zástavě srdeční činnosti, buňky v těle přestanou být zásobovány kyslíkem, což způsobuje zvýšení oxidu uhličitého v krvi a snížení vnitřního pH. Dochází k nahromadění odpadu v buňkách, jejich otravě, což následně způsobuje smrt buněk (DeGreeff a Furton 2011). Po ukončení aerobního metabolismu a současně se smrtí buněk dochází k rozkladu buněk buněčnými enzymy procesem známým jako autolýza (Dent et al. 2004).

Autolýza je definována jako destrukce orgánových struktur vlastními enzymy (Madea et al. 2013). Jinak také enzymatické štěpení buněk (Gill-King 1997). Ihned po smrti ztrácejí tkáň odolnost proti vlastním enzymům. Tyto enzymy vyvolávají hluboké změny buněčných a tkáňových struktur. Po smrti působí hlavně proteolytické fermenty štěpící bílkoviny (Štefan et al. 2012). K autolýze dochází nejrychleji v orgánech a tkáních bohatých na lysozomy s vysokým obsahem hydrolytických enzymů, jako jsou játra, slinivka břišní, slezina a plíce (Zhou a Byard 2011), než u těch, které obsahují málo hydrolytických enzymů, např. svaly (Clark et al. 1997). Štefan a kol. (2012) uvádí, že k těmto procesům dochází kromě jiného i v nadledvinách a žaludeční a střevní sliznici. Ve vzácných případech může autolýza dosáhnout takového stupně, že dojde ke gastromalacia acida, tedy dojde k proděravění žaludeční stěny, a dokonce i bránice a obsah žaludku vyteče do břišní dutiny. Velmi brzo po smrti dochází k autolytickým změnám i v mozku.

Po autolýze dochází k anaerobnímu rozkladu tělesných makromolekul (sacharidů, lipidů a bílkovin) kvůli působení bakterií v zažívacím a respiračním systému. Rozpad molekul vede ke změnám barvy pokožky a nadýmání těla v důsledku tvorby plynů. Tento proces se nazývá hniloba (Oxenham 2008).

3.2.5 Hniloba a tlení

Autolýza pozvolně přechází v rozklad těla hnilobnými bakteriemi (Štefan et al. 2013). Většina těchto bakterií pochází z gastrointestinálního traktu (Janaway et al. 2009) ale vnikají

do těla i přes kůži a dýchacími cestami z vnějšího prostředí (Štefan et al. 2012). Hniloba je proces, který vede ke katabolismu tkáně na plyny, kapaliny a jednoduché molekuly (Vass 2001). Hnilobné procesy jsou urychleny především vysokou teplotou, vlhkostí a předcházející infekcí, zvláště sepsí (Štefan et al. 2012). Nejdůležitějším faktorem určujícím míru hniloby je teplota těla po smrti, protože bakterie využívají tělo jako růstové médium. Čím nižší je rychlost algor mortis, tedy chladnutí těla, tím rychlejší je vývoj hniloby (Zhou a Byard 2011). Působením hnilobných bakterií vznikají hnilobné plyny, jako například CH_4 , H_2S , NH_2 (Štefan et al. 2012). Produkce plynu je hlavním důvodem proč utopené tělo vyplave zpátky na hladinu (Madea et al. 2013). Navíc produkty hnilobného rozkladu mohou produkovat výrazné VOCs, které mohou být použity k detekci lidských ostatků (Paczkowski a Schütz 2011). Obvyklým prvním viditelným znakem hniloby je nazelenavé zbarvení kůže (Vass 2001), které je způsobeno vznikem sulfhemoglobinu, reakcí sirovodíku s hemoglobinem (Clark et al. 1997), protože kyslík je využíván střevními bakteriemi (Madea et al. 2013). Hnilobní bakterie se šíří žilním systémem, což vede k hemolýze a barvení cévních stěn a přilehlých tkání, tzv. žilní mramorování (Vij 2011).

Během 2-3 týdnů se pokožka olupuje, uvolňují se a odpadávají vlasy a nehty (Štefan et al. 2012). Toto uvolňování nehtů na prstech rukou a nohou a uvolňování vlasů v případech utopených těl, je důležitým kritériem pro stanovení doby setrvávání ve vodě. V průběhu hniloby dochází i ke zkapalňování tukových tkání, které unikají z těla kožními defekty (Madea et al. 2013). Za 2-3 měsíce dochází k úplnému vymizení tělesných tekutin a k pomalému vysychání. V této fázi posmrtného rozkladu již převládá proces tlení. Chemicky se jedná o oxidační procesy, na kterých se podílejí převážně aerobní bakterie a plísně. Tlení celý rozkladný proces ukončí (Štefan et al. 2012). Zkapalnění tkaniv a orgánů vede k úplnému rozpadu, přičemž zůstávají pouze suché kostrové zbytky (Alexander et al. 2015). V našich podmínkách a ve vhodné půdě je u dospělých osob proces hniloby a tlení ukončen skeletizací asi za 10 let. Není-li tělo pohřbeno, může k úplné skeletizaci dojít již za 1-2 roky (Štefan et al. 2012).

3.2.6 Mumifikace, adipocire

Za určitých okolností může dojít k přerušení rozkladných procesů a k přirozené konzervaci těla, tedy mumifikaci nebo adipocire (Štefan et al. 2012).

Mumifikace obvykle probíhá v případech, kdy se voda v tělních tkáních odpaří v důsledku sucha a dostatečného větrání. Tento druh konzervace se může objevit u těl uložených v kostelech nebo kryptách, ale i u těl ležících doma nějakou dobu (Madea et al. 2013). Mumifikované tkáně jsou schopné zachovat informace, jako například rány po noži (Campobasso et al. 2009).

K adipocire (zmýdelnění) dochází u těl, které jsou uloženy ve vlhkém hermetickém prostředí, jako například v hrobech se spodní vodou (Madea et al. 2013) nebo vlhké jílovité půdě (Štefan et al. 2012). Adipocire je voskovitá mýdlová látka tvořená rozkladem tuků v teplém a vlhkém anaerobním prostředí (Forbes et al. 2005). Jedná se o proces, při kterém dochází k hydrolýze neutrálních tukových triglyceridů na mastné kyseliny, které jsou následně převedeny na nerozpustnou hydroxy skupinu a nasycené mastné kyseliny, jako např. kyselina stearová a kyselina palmitová (Gotouda et al. 1988; Hoffman et al. 2009).

Adipocire je téměř úplně odolná vůči rozpadu, což znamená, že těla pokrytá adipocire jsou chráněna před rozkladem (O'Brien a Kuehner 2007). Tvorba adipocire je velice zajímavá pro forenzní vědce, protože může zachovat pozůstatky tím, že zpomaluje proces rozkladu (Hoffman et al. 2009). Díky svým silným ochranným vlastnostem, uchovává důkazy o příčině smrti, jako je střelba nebo uškrcení (Kumar et al. 2009). Rychlost zmýdelnění závisí na druhu půdy, teplotě a na celkovém stavu výživy, hlavně na množství podkožního tuku (Štefan et al. 2013). Tvorba adipocire je urychlena také postmortální invazí tkání bakteriemi, zejména hnilobnými druhy jako je *Clostridium* (Vass 2001), konkrétně *Clostridium perfringens* (Veillon at Zuber, 1898, O'Brien at Kuehner 2007).

3.3 Forenzní entomologie

Forenzní entomologie je odvětví forenzních věd, které studuje hmyz a další členovce (např. Roztoče) v medicínsko-právním kontextu. Předmětem forenzní entomologie je úzké spojení mezi hmyzem a lidskými ostatky a používání hmyzu při medicínském vyšetřování trestních činů. Tímto hmyzem se rozumí nekrofágní hmyz, který je důležitý při rozkladu lidských ostatků (Amendt et al. 2004).

Nekrofágní hmyz může představovat důležitý nástroj při vyšetřování trestních činů (Erzincllioglu 1983), který umožňuje odhadnout čas, v kterém bylo mrtvé tělo kolonizované (Greenberg 1991). Hmyz je přitahován rozkládajícím se tělem hned po smrti, často v průběhu několika minut (Erzincllioglu 1983). To je způsobené právě zápachem vznikajícím během rozkladu (Fisher et al. 1998), který je schopný přilákat nekrofágní hmyz i na větší vzdálenost (Braack 1981). Nekrofágní hmyz, zejména Diptera a Coleoptera, mají zvláštní vztahy s rozkládajícími se zbytky, které vytváří bohatý prchavý zdroj (Carter et al. 2007).

Mezi prvými kolonizátory patří Bzučivky (Calliphoridae), protože k tělu přicházejí během pár minut a vajíčka začínají klást v průběhu několika hodin (Greenberg a Kunich 2002). Nekrofágní hmyz jakým jsou Calliphoridae, jsou přitahovány k lidským ostatkům právě kvůli přítomnosti sloučenin bohatých na amoniak a sirovodík, které jsou důležitými stimulatory ovipozice, stejně jako vlhkost, některé feromony a hmatové stimulanty (Ashworth a Wall 1994; Fisher et al. 1998).

Výpočtem věku nezralých hmyzích stádií, které se živí na lidských ostatcích nebo analýzou přítomných druhů nekrofágního hmyzu, je možné odhadnout dobu smrti, od prvního dne do několika týdnů. Pokud se lidské ostatky najdou po dnech, týdnech nebo uplyne i delší doba od smrti, tělesná teplota, rigor a livormortis, už nejsou spolehlivými podmínkami pro odhad postmortálního intervalu ve zkratce PMI. V takových případech se využívá právě hmyz, který může poskytnout důležité údaje pro odhad PMI (Amendt et al. 2004). Použití entomologické metody na určení času smrti sestává ze dvou hlavních postupů: 1. V raném období postmortality je odhad založen na přímém hodnocení věku nejstarších jedinců, kteří se vyvinuli (minimální PMI); 2. V pozdním období postmortality je odhad založen na složení komunity členovců (Amendt et al. 2006).

Při odhadu postmortálního intervalu je důležité stanovit věk larev. Prvním a důležitým krokem pro stanovení věku larev je, správně identifikovat druhy nalezených larev, protože se liší biologií a rychlostí růstu (Amendt et al. 2004). Stanovení věku se uskutečňuje porovnáním stádia nejstarších nedospělých jedinců odebraných z lidských ostatků a podmínek prostředí, kterým byli dle předpokladu vystaveni, se známými daty o rychlosti růstu, zaznamenanými ze základních chovů Diptery z té samé geografické oblasti (Amendt et al. 2006).

3.4 Pach

Pach lze z odorologického hlediska definovat jako plynnou látku, která je schopna po dosažení prahové koncentrace vyvolat čichový vjem člověka, zvířete nebo odezvu analytického přístroje (Straus et al. 1993; Musil et al. 2001). Vyhnálek a Suchánek (1993) uvádějí, že pachem z kriminalistického hlediska se rozumí podíl odpařených nebo odsušených molekul nebo atomů, které se vyskytují ve vzduchu a které svým chemickým složením dostatečně charakterizují objekt, ze kterého pocházejí.

Vedle pachů neživých předmětů je z kriminalistického hlediska důležitý zejména pach, který je uvolňován člověkem a který může být využit k jeho identifikaci. Tento charakteristický pach nazýváme tělesným pachem (Straus et al. 1993).

Lidský pach je soubor těkavých látek, které mají rozdílné koncentrace i chemické a fyzikální vlastnosti. Tyto látky jsou vylučovány do okolního prostoru z těla přes pokožku (Curran et al. 2005a; Gallagher et al. 2008; Pandey a Kim 2011). Každý člověk je nositelem individuálního pachu, který je geneticky podmíněn a je stálým projevem jeho životních funkcí. Člověk zanechává mimovolně svůj pach na místech, kde se pohyboval – buď přímým kontaktem, nebo i bezkontaktně pouhým pachovým spadem (Straus a Kloubek 2010).

Individuální tělesný pach člověka je determinován mnoha faktory, jedná se například o genetické faktory, a pak celou řadu faktorů měnícího se vnějšího prostředí, ve kterém se člověk nachází a zároveň měnícími se stavy vnitřního prostředí lidského organismu (Curran et al. 2005b). Lidský pach je kombinací metabolických procesů těla, sekrece žláz, hormonálního systému a interakcí uvolňovaných VOCs s kožní mikroflórou (Kusano et al. 2012). Lidský pach lze rozlišit na tři podskupiny, a to: pach primární, geneticky podmíněný, který je stabilní bez ohledu na stravu nebo faktory prostředí; pach sekundární, který obsahuje složky, které jsou přítomné v důsledku stravy a vnějšího prostředí; pach terciární, který obsahuje složky, které jsou přítomné v důsledku působení vnějších faktorů (mýdla, parfémy atd.) (Curran et al. 2005b). Lněničková et al. (2017) předpokládají, že právě molekuly primárního pachu umožňují rozlišení mezi jednotlivci a určení pohlaví, přibližného věku nebo etnické příslušnosti.

Těkavé sloučeniny analyzované z pachových vzorků člověka lze podle funkčních skupin řadit mezi aldehydy, alkoholy, alkány (Curran et al. 2005a), alkeny, ketony, organické kyseliny, aminokyseliny, hydroxykyseliny a estery organických a vyšších mystných kyselin (Lněničková et al. 2017).

Složení lidského pachu je předmětem analytického výzkumu, který v poslední době vyvolal velký zájem vědecké komunity různých oborů. Zájmy lékařské komunity spočívají v možném použití těkavých organických sloučenin (VOCs) uvolňovaných lidským tělem jako nástroje pro diagnostiku onemocnění a zájem forenzní komunity spočívá především v použití lidského pachu jako důkazního prostředku (Curran et al. 2010). Ve forenzní vědě může být lidský pach použit k rozlišení jednotlivých osob nebo může být použit k ověření toho, zda byl jedinec v kontaktu s určitým místem nebo objektem (Furton et al. 2015).

3.5 Skladba VOCs ve spojitosti s pachem lidských ostatků

Těkavé organické sloučeniny (VOCs) jsou přirozeně se vyskytující chemické sloučeniny (Kusano et al. 2012), které se liší relativní koncentrací, molekulovou hmotností, bodem varu, pohyblivostí, v adsorbčních vlastnostech a chemické a fotochemické stabilitě (Lněničková et al. 2017). Všechny pachy se skládají z různých těkavých organických sloučenin (VOCs) (Chilcote et al. 2017).

Těkavé organické sloučeniny jsou vedlejšími nebo konečnými produkty lidského rozkladu, zejména katabolismu biologických makromolekul (Vass 2012).

Velké biologické makromolekuly – bílkoviny, tuky, sacharidy – jsou během rozkladu degradovány na menší, jednoduché molekuly a plyny (DeGreeff a Furton 2011). Sacharidy jsou rozkládány na cukry půdními mikroorganismy a tuky jsou rozkládány na mastné kyseliny, které se za určitých podmínek promění na adipocire (Forbes et al. 2005).

Proteiny podléhají proteolýze, jsou denaturovány bakteriálními enzymy na aminokyseliny. Aminokyseliny dále mohou projít buď deaminací, dekarboxylací nebo desulfhydratací, která je zodpovědná za vznik dimethylsulfidu a jiných sulfidových sloučenin (Oxenham 2008). Dekarboxylace probíhá pomocí bakteriální enzymatické aktivity, při které dochází ke vzniku oxidu uhličitého, biogenních aminů (Hunter a Cox 2005), ale i kadaverinu a putrescinu. Kadaverin a putrescin jsou vonnými molekuly a mohou být částečně zodpovědné za schopnost psů detekovat lidské ostatky (Oxenham 2008). Proteolýzou vznikají i fenolické sloučeniny včetně indolu a skatolu (Statheropoulos et al. 2005a).

Uhlohydráty se rozkládají hlavně na sloučeniny jako alkoholy, aldehydy, ketony, kyseliny, estery a étery, a bílkoviny na dusík, fosfor a sloučeniny síry. Nukleové kyseliny produkují sloučeniny dusíku a fosforu a lipidy vedou k vzniku uhlovodíků, dusíku, fosforu a kyslíkatých sloučenin (Statheropoulos et al. 2005a). Přítomnost alkoholů je výsledkem bakteriální degradace aminokyselin, mastných kyselin a sacharidů (Paczkowski a Schütz 2011).

Enzymové a mikrobiálně řízené endogenní procesy v lidském těle jsou zodpovědné za produkci většiny endogenních VOCs (Agapiou et al. 2015). Bakterie a houby mají významnou schopnost rozkládat, mineralizovat a hromadit organické látky v proces, kterým výsledkem je produkce velmi různorodých těkavých látek (Forbes a Perrault 2014).

Profil těkavých látek je závislý i na teplotě okolí, protože látky produkované mikroorganismy rostoucími při chladných teplotách se budou lišit od těkavých látek produkovaných mikroorganismy rostoucími při vyšší teplotě, jako např. methanethiol, který se tvoří pouze při zvýšených teplotách (Paczkowski a Schutz 2011). Teplota má tedy výrazný vliv na složení mikrobiálních druhů v ostatcích a také v půdním společenstvu (Forbes a Perrault 2014). V masu skladovaném např. při nižších teplotách se vyvíjí psychotrofní mikrofauna, která se skládá z bakterií mléčného kvasení a *Pseudomonas* spp. nebo *Enterobacteriaceae* (Paczkowski a Schutz 2011).

Rozptýlení těkavých organických látek do okolního prostředí je zajištěno jejich fyzikálně-chemickými vlastnostmi. VOCs jsou aktivní jak v plynné, tak v kapalně fázi a v důsledku toho se mohou pohybovat sítí pórů půdy difuzí (Effmert et al. 2012). Těkavé sloučeniny se mohou sorbovat na částice půdy, avšak adsorpce a desorpce závisí na polaritě sloučeniny, struktuře půdy (včetně prostranství pórů), organického/minerálního obsahu a obsahu půdy a vody (Petersen et al. 1995). V suché půdě bude voda soutěžit s VOCs o

absorpční místa na povrchu půdy, zatímco ve vlhké půdě bude voda působit jako rozpouštědlo pro polární molekuly VOCs (Forbes a Perrault 2014).

Těkavé organické látky jsou zodpovědné za charakteristický pach smrti (Vass 2012). Mnohé z těchto těkavých organických sloučenin jsou vnímány jako výrazný zápach spojený s rozkladem a úbytkem organických materiálů (Forbes a Perrault 2014). Předpokládá se, že pach hnilob pochází především ze sloučenin síry a různých anorganických plynů, které se produkují ve střevě (Statheropoulos et al. 2005a). Těkavé sloučeniny síry pocházejí z mikrobiálního rozkladu aminokyselin obsahující síru, cystein a metionin (Statheropoulos et al. 2011). Je zřejmé, že tyto látky hrají dominantní roly v přitažlivosti nekrofágneho hmyzu (Agapiou et al. 2015). Různé anorganické plyny jako např. H₂S, NH₃, CO₂ a CH₄ jsou uvolňovány spolu se zkapalňujícími se měkkými tkáněmi. Produkce těkavých organických sloučenin v důsledku rozkladu měkkých tkání probíhá až do posledního stádia vysušení ostatků (diagenézi) (Agapiou et al. 2015).

Thanatochemie je chemie smrti (Salam et al. 2012). Používá se k popisu změn, ke kterým dochází v chemickém složení různých tělesných tekutin bezprostředně po smrti. Pomocí ní můžeme kvantitativním měřením stanovit postmortem interval, tedy dobu úmrtí (Madea 2005).

Pokud dojde k nalezení těl v hrobech, je chemické složení půdy vzhledem k interakci s VOCs pozměněno, a proto je důležité se zabývat jeho chemickým složením (Vass et al. 2012). Ve studii Fancher et al. (2017) se zabývali odhadem doby úmrtí pomocí VOCs odebraných z půdy, kde byli pochovaná těla v rozmezí od 6 dnů do 1752 dní. Dospěli k tomu, že využití chemického profilu půdy je relevantnější pro odhad PMI v případě pokročilého časového rámce smrti. PMI jinak také postmortem interval, je doba smrti nebo čas kdy člověk zemřel. Postmortem interval je odhadován z hlediska mnoha faktorů, zahrnující teplotu, stádium rozkladu nebo působení hmyzu, tedy jejich aktivitu (Steadman a Worne 2007). Teplota je považována za hlavní definující proměnnou při posuzování postmortem intervalu (Shepherd 2003).

V případě nalezení těl pod sutinami budov, třeba vzít v úvahu interakci VOCs se stavebním materiálem (Mochalski et al. 2012; Agapiou et al. 2013). Agapiou et al. (2015) zjistili, že celkový profil VOCs se denně mění, což dokazuje, že proces rozkladu je dynamický a rychle se měnící. Při analýze VOCs během pokusu s těly prasat, kdy jedno bylo pochované v půdě a druhé v betonovém tunelu, zjistili, že proces rozkladu jatečných těl se svým průběhem v obou podmínkách liší. VOCs, které vznikají při rozkladu těla v půdě, difundují do půdy a podléhají různým změnám dle chemickému složení půdy.

Statheropoulos et al. (2005a) zkoumali VOCs uvolňované z lidských ostatků a zjistili tři možné zdroje, ze kterých se mohou uvolňovat VOCs podílející se následně na výsledném pachu. Jedním se zdá být atmosferický vzduch, který se zachytí při balení lidských ostatků nebo těla do plastového vaku, ve kterém je následně tělo přenášeno. Druhým zdrojem může být právě plastový obal, protože látky, které pocházejí z obalu, mohou migrovat na lidské ostatky a ovlivnit tak jejich pach. Posledním zdrojem jsou samotné lidské ostatky v procesu rozkladu. Většina látek, která byla detekována ve vzorkách na lidských ostatků pocházela přímo z ostatků nikoliv z obalu.

Kadaverické VOCs nacházejí uplatnění ve forenzních vědách a v etiologii smrti (Statheropoulos et al. 2005a), při výcviku psů na vyhledávání lidských ostatků (Komar 1999; Killam 2004; Oesterhelweg et al. 2008), při vývoji zařízení pro detekci materiálu pocházejících

z mrtvol (Statheropoulos et al. 2006; Vass a Smith 2008) nebo při určování odhadu PMI (Vass 2001; Statheropoulos et al. 2005a).

3.5.1 VOCs charakteristické pro pach smrti

Chemie rozkladu lidského těla je multidisciplinární oblast v rámci forenzní vědy, která zkoumá chemické procesy vyskytující se postmortem a jejich dopad na okolní prostředí (Stadler et al. 2013). Ke zkoumání kadaverózních VOCs se využívá plynová chromatografie spojená s hmotnostní spektrometrií (Statheropoulos et al. 2005a; Statheropoulos et al. 2011; DeGreeff a Furton 2011). Dekeirsschieter et al. (2012) však upřednostňují použití dvourozměrné plynové chromatografie (GCxGC-TOFMS) pro zkoumání těkavých organických sloučenin, z důvodu zvýšení chromatografických rozlišení a schopnosti detekovat větší množství těkavých organických sloučenin. Dvourozměrná plynová chromatografie dokonce umožňuje i oddělení tříd sloučenin od sebe navzájem.

VOCs, které vznikají rozkladem ostatků, začala být věnována pozornost teprve nedávno (Dekeirsschieter et al. 2009; Dekeirsschieter et al. 2012; DeGreeff et al. 2012) a dosud není objasněn seznam sloučenin, který přesně popisuje dekompoziční pach (Paczkowski a Schütz 2011). Při studii VOCs přítomných v lidských ostatcích se využívá i model prasete, který slouží jako analog lidského těla, a to z důvodu fyziologické podobnosti mezi člověkem a prasetem (Dekeirsschieter et al. 2009; Dekeirsschieter et al. 2012; Forbes a Perrault 2014; Agapiou et al. 2015). Profilování pachu rozkladu a zkoumání těkavých organických sloučenin se zabývalo mnoho studií. V každé studii byly lidské ostatky nebo jeho analog, umístěny v jiných podmínkách prostředí jako např., pochované lidské ostatky (Vass et al. 2008) nebo naopak ponechané na povrchu (Dekeirsschieter et al. 2009; Dekeirsschieter et al. 2012; Stadler et al. 2013), lidské ostatky nacházející se pod vodní hladinou (Statheropoulos et al. 2005a) anebo zachycené pod sutinami budov (Statheropoulos et al. 2005b; Statheropoulos et al. 2011). Každá z těchto studií se snažila přiblížit a identifikovat látky, které vznikají při procese rozkladu lidských ostatků.

Forbes a Perrault (2014) zkoumali rozdíl v obsahu VOCs nacházejících se ve vzduchu a v půdě kolem zvířecího modelu, prasete. Druhá studie se zas věnovala zkoumáním látek, které vznikají při místění těl prasat ve třech různých biotopech – lesu, městu a zemědělské lokalitě. Celkem bylo analyzováno 104 specifických VOCs, mezi kterými byly zastoupeny kyseliny, estery, ketony, aldehydy, alkoholy, sloučeniny dusíku, sloučeniny síry, halogenové sloučeniny, cyklické uhlovodíky a necyklické uhlovodíky (Dekeirsschieter et al. 2009). V půdě dominovaly aromáty, estery, ketony, alkoholy a uhlovodíky. V průběhu procesu nadýmání bylo možné detekovat rozkladný pach ve vzduchu, avšak nikoliv v půdě (Forbes a Perrault 2014). Dekeirsschieter et al. (2009) našli během této fáze mnoho alkoholů (butan-1-ol), sloučeniny síry, jako dimethyldisulfid a dimethyltrisulfid a oxid siřičitý.

VOCs v půdě, pod ostatky, byly detekovány až v dalších fázích – aktivní rozklad, pokročilý rozklad a skeletonizace. Detekci VOCs v pozdějších fázích rozkladu umožňuje mikrobiální společenství nacházející se v půdě, které čerpají živiny z ostatků a následně produkují další VOCs (Forbes a Perrault 2014). Specifickými VOCs pro vzduch byly převážně sulfidy, sloučeniny obsahující dusík, aromáty a alkoholy, které se vyskytovali ve všech fázích. Jednalo se zároveň o nejrozšířenější chemickou skupinu, kde dominující byly dimethyldisulfid

(DMDS) a dimethyltrisulfid (DMTS), které se objevovaly ve všech fázích rozkladu. Během aktivního rozkladu byly detekovány sloučeniny obsahující dusík například trimethylamin (Dekeirsschieter et al. 2009), methenamin a 2,6-dimethylpyrazin (Forbes a Perrault 2014). Dekeirsschieter et al. (2009) označili fázi aktivního rozkladu jako fázi, která zanechává nejsilnější pach, protože v jejím průběhu detekovali největší množství chemikálií. Dimethyldisulfid a dimethyltrisulfid považovali za důležité produkty rozkladu v této fázi. V půdě se nacházeli převážně sulfidy s větším počtem sloučenin obsahující síru ve srovnání se vzduchem. Jak ve vzduchu, tak i v půdě byl detekován dimethyltrisulfid, dimethyldisulfid a dimethylsulfid, který ale pouze ve fázi skeletonizace. Sloučeniny obsahující dusík jako trimethylamin a 3-methylpyridin, byly detekovány během aktivního rozkladu a skeletonizace, zatímco benzonitril a benzylnitril byly detekovány pouze během skeletonizace. Dalšími pozoruhodnými rozdíly ve složení mezi půdou a vzduchem bylo velké množství alkoholů, ketonů a uhlovodíků, které byly detekovány v půdě od počátku fáze aktivního rozkladu (Forbes a Perrault 2014).

Dekeirsschieter et al. (2009) uvádí, že nejdůležitější rozdíl nastává mezi městským biotopem a zbylými dvěma „biotopy pod širým nebem“, tedy lesem a zemědělskou lokalitou. Navíc je v městském biotopu vzorkováno mnoho atmosférických VOCs (znečišťujících látek), což vytváří nežádoucí pachové pozadí. Tyto atmosférické sloučeniny by mohly maskovat přítomnost kadaverózních VOCs.

Ve studii DeGreeff a Furton (2011) byla provedena analýza VOCs 27 lidských těl. Tyto ostatky pocházeli z dvou různých míst, a to z márnice a krematoria. Pachové profily v každé skupině byly vizuálně podobné, což naznačuje, že proces rozkladu probíhá stejnou cestou u všech lidských těl, a navíc přes stejná stádia rozkladu, jejichž výsledkem je vytvoření podobné sady chemických sloučenin. Celkově se v pachových vzorcích z těl z obou míst našlo 13 společných sloučenin. Mezi nimi byli např. styrene, benzaldehyd, naftalen, dekanal, fenol a další. Cyklické uhlovodíky byli jednou z nejrozšířenějších skupin sloučenin spojených s lidským rozkladem. Sloučeniny jako styren (Vass et al. 2004; Statheropoulos et al. 2007; Vass et al. 2008), 1,2,3-trimethylbenzen (Statheropoulos et al. 2005a; Statheropoulos et al. 2007) a naftalen (Statheropoulos et al. 2007; Vass et al. 2008) byly již dříve uváděny jako látky spojené s lidskými pozůstatky. Dvě sloučeniny jsou mezi ostatními vyjíměčné, protože se nacházejí jak v mrtvém, tak i živém pachu člověka. Jedná se o sloučeniny dekanal a benzaldehyd (Curran et al. 2007; Gallagher et al. 2008).

Některé studie se věnovaly výzkumu toho, které VOCs jsou charakteristické pro jednotlivé části těla jako například svaly, tuky, kosti nebo krvi (Vass et al. 2001; Lorenzo et al. 2003; Statheropoulos et al. 2005a; Hoffman et al. 2009). Vědci přišli na to, že ve svalovém tkanivu se při rozkladu tvoří estery, alkoholy, aldehydy s několika aromatickými uhlovodíky a ketonem. Zjistilo se, že svalová tkáň se převážně rozkládá na aldehydy (Hoffman et al. 2009), estery (Lorenzo et al. 2003; Hoffman et al. 2009) a těkavé mastné kyseliny (Statheropoulos et al. 2005a). V kostrovém svalstvu byl objeven toluen (Statheropoulos et al. 2005a), který i spolu s p-xylenem se nachází ve svalech a jiných tkáních (Hoffman et al. 2009). Toluén byl dále objeven v mozku, játrech, ledvinách, tukové tkáni (Statheropoulos et al. 2005a) a i krvi. V tukové tkáni a kostech byly nalezeny sloučeniny jako jsou alkoholy, aldehydy, aromatické uhlovodíky, ketony, a i sulfidy (Hoffman et al. 2009). V krvi, která byla ve styku s povrchem betonu bylo nalezených 13 statisticky významných sloučenin, mezi které patřili heptanal,

nonanal, oktan, 2,4,4-trimetyl-1-penten, 2,6-dimetyl-2,6-oktadien, 3-metyl-6- (1-metyletyl) -2-cyklohexen-1-on, 5-metyl-2-hexanon, 2- nonanon, 2,2,4-trimetyl-3-penten-1-ol, anilin, 1,3,3-trimetyl-bicyklo [2.2.1] heptanon-2-on, metylcyklopentan, 2-pentylfuran. Statisticky významnými sloučeninami nalezenými v krvi na dřevě byly 1-hepten-3-ol, 1-okten-3-on, (Z) 2 heptanal, 2-methylpropylester kyseliny benzoové, cyklohexanon, N, N, dibutylformamid, N-formyl-N-metylformamid, heptanal, metoxyfenyl-oxim a fenol (Chilcote et al. 2017).

Rozkládající se tuková tkáň obsahuje sloučeniny jako putrescin, kadavern, mastné kyseliny, ale i indol a skatol (Vass et al. 2011), ke kterým dochází k tvorbě i při rozkladu krve (Dent et al. 2004).

3.5.2 Lidský vs. zvířecí pach smrti

Byla prokázána odlišnost mezi lidským a zvířecím pachem rozkladu. Výsledek studie naznačuje, že pachový profil rozkládajících se těl prasat uvolňuje podobné těkavé organické sloučeniny, jak rozklad lidských těl, ale tak i odlišné sloučeniny. Mezi sloučeninami, které jsou společné jak pro lidské ostatky ale i prasečí, patřili např. fenol a 2-ethyl-1-hexanol. Byly nalezeny dvě sloučeniny, které byly součástí rozkladu lidských ostatků a nikoli zvířecích. Jednalo se o sloučeninu styren a metylester kyseliny benzoové (DeGreeff a Furton 2011). Tyto dvě sloučeniny nedetekoval ani Dekeirsschieter et al. (2012) ve své studii s analogem prasete. Na druhou stranu metylester kyseliny benzoové zatím nebyl v literatuře uveden jako produkt lidského rozkladu. Sloučeniny síry, jako jsou dimetyldisulfid nebo dimetyltrisulfid, jsou častými biomarkery ve vzorcích rozkladných tkání obratlovců (Statheropoulos et al. 2005a).

3.6 Pes jako prostředek pro vyhledávání

Psi jsou díky svým mimořádným čichovým schopnostem, osvědčené spolehlivosti, působivé selektivitě a senzitivitě využíváni ozbrojenými složkami jako detektor řady pachových látek (Harper a Furton 2007). Selektivita umožňuje psům zachytit určitý pach v přítomnosti mnoha dalších pachů, i přesto, že se nachází v stopovém množství (Oesterhelweg et al. 2008; Riezzo et al. 2014). Díky vysoké senzitivitě čichu, jsou psi schopni detekovat pach na větší vzdálenost, což umožňuje rychleji a efektivněji prohledat oblast, ve které se cíl může nacházet. Psi jsou žádoucím detekčním prostředkem i proto, že minimálně ohrožují důkazy, neboť jsou minimálně destruktivní (Hoffman et al. 2009; Buis et al. 2015).

Psi vynikají i dlouhodobou čichovou pamětí (Harper et al. 2007). Schopnost nalézt cílový zdroj pachu, a to i za přítomnosti mnoha dalších jiných pachů, činí detekčního psa pomocníkem v mnoha vojenských, právních, pátracích a záchranných operacích (Jenkins et al. 2018).

3.6.1 Historie detekčních psů

Skupina psů na vyhledávání lidských ostatků se vyvinula z disciplíny SAR (search and rescue), což je speciální skupina, která se věnuje pátrání a záchraně nezvěstných osob. Pátrací a záchranářští psi jsou vycvičeni na lokalizaci živých lidí ztracených v terénu nebo lidí, kteří mohou být obětmi různých katastrof (DeGreeff et al. 2012). Psovodi pátracích a záchranářských psů, si při práci často zaznamenávají, že psi ztrácí pachovou stopu osoby v případě, kdy tato osoba zemřela. Důvod je takový, že pro psy je pach mrtvé osoby zcela neznámý oproti pachu živé osoby (Page 2008).

Bezpečnostní složky používají speciálně vycvičené psy na vyhledávání obětí trestních činů nebo pohřešovaných osob již více než 25 let. Prvním psem vycvičeným na vyhledávání pohřešovaných osob byl Labradorský retrívr Pearl, kterou vycvičil a používal jezdecký policista Jim Suffolk ze státní policie v městě New York. V roce 1977 vedení Státní policie v Connecticutu sledovalo práci Troopera Suffolka a uznalo využití těchto psů za užitečné. Od této chvíle se začali zdokonalovat výcvikové metody těchto psů (Rebmann 2009).

3.6.2 Psi na vyhledávání lidských ostatků

Psi na vyhledávání lidských ostatků, jinak také nazývaní HRD (human remains dog), jsou speciálně vycvičeni na lokalizaci lidských těl, či tělesných částí, tkání, kostí a tělních tekutin, na základě zápachu vzniklého rozkladem těchto pozůstatků (DeGreeff a Furton 2011; DeGreeff et al. 2012). Psi jsou schopni najít čerstvé pozůstatky ale i pozůstatky v pokročilejším stádiu rozkladu, kosterní pozůstatky, pozůstatky, které se nacházely pod vodou nebo pochované v zemi (DeGreeff a Furton 2011). Jejich trénink je veden k tomu, aby při nalezení VOCs vytvořených z jakékoliv části lidské tkáně, upozornili na celé rozkládající se tělo nebo jeho části (Hoffman et al. 2009).

Vedle psů vycvičených na lokalizaci lidských ostatků existují i psi vycvičeni na detekci krve (Oesterhelweg et al. 2008) a dokonce i zubů. Tyto psi jsou schopni lokalizovat jednotlivé zuby i bez spojitosti s tkání (Cablk a Sagebiel 2011).

Psi na vyhledávání lidských ostatků jsou trénováni na to, aby vyhledávali nejsilnější koncentraci pachu lidských ostatků. Je možno jich využít i na nalezení tzv. ostrova rozkladu

mrtvoly CDI (corpse decomposition island). CDI je místo, kde došlo k rozkladu těla nebo uvolnění rozkladných látek. Tento ostrov zůstává zachován i v případě, kdy bylo tělo přesunuto buď pachatelem, nebo rozptýleno a pojídáno zvířaty, které se živý rozkládajícím se masem (Alexander et al. 2015).

Psi na vyhledávání lidských ostatků mohou detekovat molekuly lidského pachu unášené vzdušným prouděním nad povrchem země nebo přilnuté k půdě a okolní vegetací (Syrotuck 2000).

Přestože jsou HR psi běžně využíváni pátracími a záchrannými týmy a policejními silami, není známo, na základě, jakých konkrétních látek poznají obecný pach lidského rozkladu (Lorenzo et al. 2003).

Detekce lidských ostatků je pro psa relativně velice náročná disciplína, protože VOCs produkované lidskými ostatky, se časem mění a jejich interakce může vytvářet různé směsy pachových molekul charakteristických pro určité stupně rozkladu (Cablík et al. 2012). Proces rozkladu je navíc silně ovlivněn biogeoklimatickou zónou a místním klimatem, které zahrnuje i entomofaunu, a proto se charakter dané směsi liší v závislosti na vybraném biotopu (Dekeirsschieter et al. 2009).

Většina metod využívaných k vyhledávání lidských ostatků je založena na sledování změn prostředí, ke kterým došlo v důsledku přítomnosti lidských ostatků, ať už se jedná o letecké fotografování, termické zobrazování, geologický nebo botanický průzkum, radar pronikající do země nebo právě užití detekčních psů. Mezi změny prostředí v souvislosti s uložením lidských ostatků patří např. změna viditelného vzhledu prostředí, vegetace, charakteristika půdy a přítomných pachů. Mezi rozkládajícím se lidským tělem a prostředím existuje jistá vazba, ve které se tyto dvě proměnné vzájemně ovlivňují. Jak prostředí ovlivňuje rozklad těla, tak i rozkládající tělo působí na své okolí (Statheropoulos et al. 2011). Je důležité prozkoumat vlivy prostředí na rozklad těla, protože např. půdní vlastnosti, jako složení a chemie půdy, mohou ovlivnit výkon psa. Tyto vlastnosti mohou mít vliv na detekci hrobů, jak při výcviku, kde se půda může využívat jako výcvikový materiál ale i při certifikačním testování nebo již v terénu, při pátrání po utonulých. Tyto vlivy jsou důležité i z důvodu plánování a řízení postupu pátrání na inkriminovaném místě (Alexander et al. 2015).

3.6.3 Požadavky na psi vycvičené k vyhledávání lidských ostatků

Vhodný detekční pes, určený k vyhledávání lidských ostatků, musí splňovat jisté fyzické i psychické předpoklady (Jamieson et al. 2017). Určité vlastnosti jsou vodítkem pro to, který jedinec by mohl v budoucnu podávat dobrý pracovní výkon (Sinn et al. 2010). V první řadě jsou to důležité čichové schopnosti psa (Stojer-Polańska et al. 2015), kdy je potřeba aby pes neomylně odlišil cílový pach od pachů okolního prostředí. Pes musí vést psovoda k zdroji pachu, identifikovat ho a následně označit naučeným způsobem (Cablík et al. 2008). Zkušení psi, by neměli spoléhat na vizuální podněty ale zejména na svůj čich (Tirmenstein a Freedline 2018). Tozumi se tím, že musí umět lokalizovat i cíle, které nejsou viditelné na povrchu (Cablík et al. 2008). S věkem se však čichová schopnost psa může snižovat (Salvin et al. 2012). Volba psa na základě tělesné substituce a velikosti by se měla odvíjet od charakteru pracovního prostředí, ve kterém bude pes vykonávat detekční činnost (Rebmann et al. 2000).

Důležitými behaviorálními vlastnostmi, na které je potřeba se dívat při výběru jsou cvičitelnost, motivovatelnost, samostatnost a vytrvalost (Stojer-Polańska et al. 2015). Při praktickém využití psů je požadováno, aby pes samostatně hledal, a to i ve větších vzdálenostech od psovoda. Je důležité, aby byl pes dobře motivovatelný a cvičitelný (Cablík et al. 2008).

Důležitými aspekty, které je potřeba zvážit při výběru HR psů, jsou temperament, obratnost a schopnost soustředit se (Rooney a Bradshaw 2004). Temperament by měl být vždy zhodnocen před výběrem detekčního psa bez ohledu na vybrané plemeno (McGarrity et al. 2016). Dalšími rysy, na které je potřeba se zaměřit je rychlost pohybu (Helton 2010), výdrž ve spojení s obratností (Rebmann et al. 2000), která je již zmiňována výše. Nebylo prokázáno, že by věk psa, pohlaví či to, zda je jedinec kastrován ovlivňovalo výsledky vyhledávání (Rooney a Bradshaw 2004).

Psi jsou pečlivě vybíráni a po absolvování výcviku musí projít speciálními certifikačními testy (Stojer-Polańska et al. 2015).

Při výběru plemene, které by bylo vhodné pro výkon detekční práce, je třeba si uvědomit, že v současné době není dostatek srovnávacích studií plemen, ani variability povahových vlastností v rámci jednoho plemene a výběr vhodného detekčního psa představuje jistou výzvu (Jeziński et al. 2014).

Existují různá plemena psů, která byla selektivně chována pro různé účely. Pokud jde o výběr detekčních psů, zdá se zřejmé, že některá plemena psů jsou pro tento účel vhodnější než jiná, tj. pracovní plemena ve srovnání s toy plemeny a brachiocefalickými plemeny (Johnen et al. 2017). Neexistuje však plemeno, které by vzniklo primárně pro detekční účely. K nejvyužívanějším plemenům patří většinou ovčácká a lovecká plemena psů (Gácsi et al. 2009). Studie od Hall et al. (2015) zjistila, že ve srovnání s německými ovčáky, mopsi dosáhli lepších výsledků při detekci pachů v nižších koncentracích. Na druhou stranu nejhorších výsledků dosáhli chrti. Autoři tyto výsledky připisují chování, tedy motivaci psů a vzorcům čichání nežli v porovnávání čichových schopnostech.

V oboru vyhledávání lidských ostatků nejsou využívána a vybírána konkrétní plemena. Pro tuto práci se využívají dokonce i kříženci. Nejčastějšími plemeny, která jsou využívána policejními složkami k pátrání jsou Německý ovčák, Belgický ovčák Malinoa, Australský ovčák a dalšími plemeny, která se také využívají, jsou např. Labradorský retrívr, Dobrman, Border kolie a Zlatý retrívr (DeGreeff et al. 2012). Mezi křížence využívané k detekci patří např. kříženci Bigla, Labradora, Dobrmana (DeGreeff et al. 2012) nebo Border kolie (Alexander et al. 2016).

3.7 Vyhledávání lidských ostatků ve vodním prostředí

Námořnictvo Spojených států bylo během éry Vietnamské války průkopníkem v použití psů k detekci ponořených a povrchových cílů v řekách a jiných vodních útvech (tj. 1955-1975). Použití psů pro civilní vodní SAR (search and rescue) bylo poprvé vyvinuto ve Spojených státech (Tirmenstein a Freedline 2018). V roce 1981 vedly diskuse na konferenci National Search and Rescue (NASAR) k myšlence, že by tyto metody vojenského vyhledávání mohli být přizpůsobeny civilnímu použití pro lokalizaci utopených obětí. Studie od Osterkamp (2011) byla jedna z několika testů, které měli za úlohu zjistit schopnost psů detekovat nepřátele a jejich útoky na povrchu nebo pod vodní hladinou např. od potápěčů.

V dnešní době se již psi běžně využívají při vyhledávání lidských ostatků ve vodním prostředí. Osvědčili se převážně v situacích zahrnující možné utonutí člověka (bez svědků), při vyhledávání osob, kdy není známé místo utonutí (např. auto nezvěstné osoby zaparkované poblíž vodní nádrže), nebo v případě vyšetřování vražd nebo sebevražd (Tirmenstein a Freedline 2018).

Při prohledávání vody hrají důležitou roly vítr a proud. Charakteristiky jako chemie vody, teplota vody, relativní vlhkost vzduchu nad hladinou, hladina kyslíku, stejně jako proudění, ovlivňuje přenos a dostupnost pachů psům. Při vyhledávání ostatků ve vodním prostředí se rozlišují dva druhy prohledávání, a to z pobřeží a z člunu, jak je možné vidět na obrázku 1 (Tirmenstein a Freedline 2018).



Obr. 1: Výcvik vyhledávání utonulých osob ze člunu (foto: Dave Ferguson in Tirmenstein a Freedline 2018)

3.7.1 Rozklad těla ve vodním prostředí

Hlavní roli v rychlosti rozkladu lidských ostatků ve vodním prostředí může hrát příčina a okolnosti smrti, například způsob poranění, například poškození měkkých tkání perimortem, což je doba blízké smrti nebo v průběhu smrti, poskytuje místo pro vstup nekrofágů, a dochází tak k urychlení procesu rozkladu.

Dalším z důležitých faktorů v procesu rozkladu lidských ostatků ve vodě hraje i teplota vody. Proces rozkladu se zrychluje se zvyšováním teploty vody, a naopak při nižších teplotách vody dochází k zpomalení rozkladu. Po ponoření těla následují procesy rozkladu jako autolýza a bakteriální rozklad (Boyle et al. 1997).

Následně dochází k procesu hniloby, tedy k tvorbě rozkladných plynů (Boyle et al. 1997). Plyny, které se vytváří ve střevě, se nijak neliší od plynů, které se vytvářejí ve střevě ostatků nacházejících se v suchozemském prostředí (Osterkamp 2011).

Vytváření rozkladných plynů má za následek zvýšení objemu těla, který následně vytlačuje vodu a zvyšuje vztlak těla. Výsledkem tvorby plynů je tedy to, že tělo začne stoupat na hladinu. Na to jak rychle a za jakou dobu vyplave tělo na hladinu, mají vlivy faktory fyzické (oblečení, obuv, množství váhy nesené na aktivitu, hmotnost nesená obětmi zabití nebo sebevraždy) a biologické (složení posledního jídla, fáze rozkladu, množství tukové tkáně) (Osterkamp 2011). Oblečení hraje roli i v případě ponoření těla. Může se stát, že oblečení zachytí vzduch, a tak tělo zůstane ještě nějakou dobu na hladině (Boyle et al. 1997).

Některé studie poukazují na to, že většina těl se ponoří dvakrát, jednou při utonutí před nadýmáním a po druhé po uvolnění plynů z rozkladu (Boyle et al. 1997; Sorg et al. 1997; Anderson a Hobischak 2004). Boyle et al. (1997) uvádí, že na tom, či se znovuobjeví tělo má vliv i okolní teplota vody. Vyplavení těla zpátky na hladinu může ovlivnit i okolní vegetace.

Po uvolnění plynů, tělo znovu klesá pod vodní hladinu. Hmyzí aktivita, která započala na exponovaném těle na hladině vody, pokračuje i pod vodní hladinou. Ve vodě mohou být lidské ostatky konzumovány rybami nebo i jinými živočichy, kteří dokážou lidské ostatky ohlodat na kost za 14 dní (Boyle et al. 1997).

Stejně jako u lidských ostatků v suchozemském prostředí i ve vodě má tělo sklon k nadýmání a mramorování kůže nebo nazelenavým zbarvením. Tvorba adipocire může bránit procesu rozkladu. Může to trvat týdny, měsíce nebo dokonce i roky, než se zhmotní, ale obvykle je produktem pozdního rozkladu. Adipocire jak již bylo psáno v předešlých kapitolách, je závislá na přítomnosti tuku. Dalšími faktory, které ovlivňují tvorbu adipocire je vlhkost, teplo a přítomnost kůže. Avšak, v důsledku toho, že se tělo nachází ve vodním prostředí, dochází k uvolnění a odpadávání kůže, převážně na rukou, nohách, hlavy a trupu (Boyle et al. 1997).

3.7.2 Pach ostatků ve vodním prostředí

Pes dokáže vyhledat tělo pod vodní hladinou díky tomu, že je zdrojem mnoha materiálů, které slouží jako nosič pachu. Pes nedokáže cítit tělo skrz vodu, avšak to, co cítí je pach těla a materiálů z těla, které pronikají do vody, stoupají nad hladinu a vstupují do vzduchu, kde je následně pes detekuje (Osterkamp 2011). Tělo produkuje materiály, které jsou zdroji pachu, ve všech třech skupenstvích (Tirmenstein a Freedline 2018). Těmito zdroji jsou např. plyny (rozpuštěné a v bublinkách), kapaliny (kapičky tělních tekutin, sekrece a rozkladné tekutiny) a pevné látky (částice kůže, tkáň, kosti, výkaly, zvratky) (Osterkamp 2011).

Dalšími materiály, fungujícími jako nosiče pachu, může být i oblečení a obuv (Bryson 2000), případně to jsou VOCs na předmětech, které tam zůstali po kontaktu s kůží. Skvělým příkladem, jak dokáže pach zanechat stopu ve vodě je například otisk prstu na sklíčku. Jediný otisk prstu na sklíčku dokáže zanechat při ponoření do vody olejový film na vodní hladině během několika minut (Osterkamp 2011).

Rozpuštěné kapaliny a plyny se rozpouští a rozptýlí ve vodě a alespoň částečně stoupají na povrch odpařováním, těkavostí a případně i jinými procesy (Bryson 2000; Osterkamp 2011). Jakmile rozpuštěné plyny dorazí na hladinu, je těkavost nejpravděpodobnější cestou transportu pachu do vzduchu (Cheng et al. 2005). Uvolněnými plyny bývají primárně metan, ale také oxid

uhličitý a stopové plyny jako je sirovodík. Jak bubliny metanu stoupají, vyměňují si plyny s okolní vodou, rozpouští se při odtoku metanu, a naopak rostou s přítokem rozpuštěného kyslíku a rozpínají se v důsledku klesajícího hydrostatického tlaku (Leifer a Patro 2002).

Když se bublinky plynu dostanou na hladinu, dojde k prasknutí. Pokud po prasknutí zanechají na vodě lesk, znamená to, že obsahovali olej (Leifer et al. 2000). Prasklé bubliny plynu mohou svůj obsah vypudit do vzduchu až do výšky jedné stopy (0,30m) nad vodní hladinu (MacIntyre 1974).

Povaha pachů vycházející z ostatků ponořených ve vodě není zcela známá. V důsledku toho tyto informace musejí být odvozeny ze studií živých lidí, lidských ostatků nacházejících se v suchozemském prostředí, těl nalezených vznášejících se na hladině vody, těl získaných potápěči, ponořených těl prasat a výcvikových pomůcek pro pátrání ve vodě (Osterkamp 2011). Voda dokáže ovlivnit organické látky a urychlit nebo naopak zpomalit jejich rozklad. Faktory ovlivňující rychlost rozpadu organických látek ve vodním prostředí zahrnují především teplotu, dostupnost kyslíku, jestli je voda stojatá nebo tekoucí, zda je slaná a na pH vody (Gill-King 1997; Tirmenstein a Freedline 2018). Osterkamp (2011) předpokládá, že složení plynů u ostatků ve vodním prostředí, může být podobný složení ostatků v suchozemském prostředí (Vass 2001; Vass et al. 2004; Vass et al. 2008).

3.8 Výcvik detekčních psů

Rozhodující význam v tom, jak bude pes úspěšný při lokalizaci cílového pachu, bez ohledu na to, o jaký druh pachové látky se jedná, má samozřejmě správný výcvik (Cablak a Sagebiel 2011). Výcvik psů na pachové práce je založen na tom, aby si pes dlouhodobě zapamatoval určitý pach, ten byl schopen rozpoznávat a označovat ho naučeným způsobem (Rebmann et al. 2000). Všichni detekční psi, ať už detekující biologický materiál, omamné látky nebo výbušniny, si musí takzvaně „vtisknout“ cílový pach (Swindells 2016).

Výcvik se zakládá na principu využití metody pozitivního posílení, kdy pes opakuje chování, jehož důsledek mu přináší kladný emoční zážitek. Prvním krokem je seznámení psa s konkrétním pachem. Snažíme se u psa vybudovat zájem o daný pach. Pes si musí postupně zapamatovat (vtisknout) cílový pach, který se následně učí detekovat. Při každém správném nalezení je pes odměněn, a tak je posílena jeho snaha vyhledávat konkrétní pach. Postupně se přechází k rozlišování cílového pachu mezi klamnými vzorky. Jakmile je vybudován zájem psa o daný pach a pes správně rozlišuje cílový pach, je dále seznámen se sekundárními podněty. Těmito podněty jsou například povel, signál nebo nasazení pracovního postroje (obojku), které informují psa o tom, že se bude provádět vyhledávání. Dalším krokem je zvolení správného typu značení. Jaké druhy značení existují, je zmíněno později. Pes je odměňován za každý správně vykonaný úkon. Postupem času se přechází přes vyhledávání a rozlišování pachu v konzervách v přítomnosti i jiných cizích pachů (viz. Obr. 2) až na vyhledávání v terénu (Rebmann et al. 2000).



Obr. 2: Pes se učí rozlišovat cílový pach mezi pachy klamnými (Johnen et al. 2013)

Někteří psovodi využívají výcvikovou metodu, tzv. lovení. Je to metoda, při které pes hledá odměnu např. v podobě potravy na zemi v trávě nikoliv u psovoda. Tím se pes naučí, že odměna nepřichází od psovoda a naučí se pracovat tak, aby potěšil sám sebe a ne psovoda. Swindells (2016) to popisuje jako důležité kritérium pro snížení rizika vzniku falešně pozitivních označení. Falešně pozitivní označení je to, když pes provádí značení, přestože se na daném místě nenachází pach, který je pes naučen vyhledávat. Stávají se případy, kdy falešné značení není chybou psa. To se stává zejména, pokud pes narazí na pach, který je svým složením

podobný cílovému pachu. U HR psů jde o případy, kdy se v půdě nachází organický pach, který pak vedl psa k přesvědčení, že se tam nachází předmět zájmu. Falešně pozitivní značení může nastat i vlivem psovoda na psa. Jedná se o tzv. Clever Hans effect, kdy zvíře na základě behaviorálních projevů člověka uzpůsobí své chování (Sebeok a Rosenthal 1981). Je známo, že pes domácí je jedním z druhů zvířat, kteří jsou nejcitlivější na podněty vydávané člověkem. Je to z toho důvodu, že psi vyrůstají v blízkém kontaktu s lidmi a jsou k tomu již od mala vedeni, aby věnovali pozornost svým lidským partnerům (Serpell 1996). Kvůli Clever Hans efektu se doporučuje, aby při výcviku výcvikový materiál ukládala osoba jiná, než je sám psovod (Dilkie a Veniot 2017), protože psi jsou schopni chápat gesta lidí (Soproni et al. 2002).

Při výcviku je důležité zabránit demotivaci psa. K tomu může dojít například při odstraňování nežádoucího chování, které se při výcviku vyskytne. Aby nedošlo k demotivaci, psovod musí vědět, jak správně zabránit nebo odnaučit psa nežádoucímu chování, jako například hrabání při nález. Toto chování by se například mohlo objevit při výcviku psa metodou tzv. lovení. K demotivaci by mohlo dojít, pokud by psovod při nález hrabání, psa odvedl z místa nález, a bránil mu dostat se k předmětu zájmu. V takovém případě se doporučuje vzít psa na jiné vyhledávací místo a nechat psa znova hledat (Swindells 2016).

Jak již bylo zmíněno, psi na vyhledávání lidských ostatků jsou trénováni tak, aby označili nález lidských ostatků naučeným způsobem (Alexander et al. 2015). Existuje několik různých způsobů, kterými pes může označit a sdělit nález. Způsob, kterým pes bude označovat nález, závisí více méně na psovodovi (Lasseter et al. 2003).

Obecně se rozlišují dva druhy označení cílového pachu, pasivní a aktivní. Za aktivní označení se považuje např. hrabání nebo škrábání psa v místě nález. Pasivním označením se rozumí lehnutí u místa nález (viz. Obr. 3), skočení na psovoda (Frederickx et al. 2011), sednutí nebo štěkání (Alexander et al. 2015). Obecně se doporučuje využití a trénování pasivního označení, protože aktivním označováním, může dojít k poškození místa činu nebo důkazů (Frederickx et al. 2011). Navzdory tomu, se ale trénuje i aktivní označování (Alexander et al. 2016). Ve studii Chilcote et al. (2017) psi z Australské policie označovali místo nález tzv. ztuhnutím, kdy pes se krčí na svém místě a špičkou nosu směřuje na místo cílového pachu. Za nevhodné a nepřijatelné chování psa při označování místa nález se považuje zvednutí nebo požití nález a vyprázdnění psa na místě nález (Cablk a Sagebiel 2011).

Pro výcvik je důležité trénovat s různými koncentracemi biologického materiálu, aby byli psi schopni lokalizovat od jedné kapky krve až po celé lidské tělo (Alexander 2009). Několik studií ukázalo, že psi vycvičení na detekci lidských ostatků jsou vysoce adaptabilní na lokalizaci minimálního množství pachu, včetně zakopaných a velmi starých zbytků.

Během rozkladu lidských ostatků, dochází k tvorbě různých VOCs a tím se mění i pachový profil ostatků v jednotlivých stádiích (Cablk et al. 2012). Z tohoto důvodu je nutné, aby byli psi seznámeni s pachem charakteristickým pro všechny stadia rozkladu (Rebmann et al. 2000) a aby psovod se psem pravidelně trénoval vyhledávání ostatků v různých stádiích rozkladu (Cablk et al. 2012). Také je nutné zabránit označování na základě generického pachu rozkladu, na rozdíl od charakteristického pachu lidského rozkladu, z tohoto důvodu je důležité zabezpečit přiměřený výcvik s vhodnými výcvikovými pomůckami (DeGreeff et al. 2012).

Výkon psů může být do velké míry ovlivněn podmínkami prostředí (Komar 1999; Cablk a Sagebiel 2011). Proto je nutné trénovat a vystavovat psa při tréninku mnoha různým terénům, neboť lidské ostatky lze skrýt téměř v jakémkoliv prostředí (Swindells 2016).

Nejobtížnějším a časově nejnáročnějším krokem ve výcviku detekčních psů je omezení negativního vlivu prostředí jako je např. zvukové, vizuální nebo pachové rozptylování, které může narušit soustředění psů a může vyvolat nežádoucí chování (Yinon a Zitrin 1996).



Obr. 3: Pes značící lehnutím místo nálezů hrobu (foto: Andrea Pintar a Christian Nikolic)

3.9 Výcvikový materiál

Pro to, aby byli psi schopni lokalizovat lidské ostatky ve všech stádiích rozkladu i kosterní pozůstatky, je důležité, aby psovodi používali při tréninku širší spektrum výcvikových pomůcek (DeGreeff et al. 2012).

Pro výcvik psů psovodi využívají celou řadu výcvikových materiálů, mezi které patří, biologické neboli reální vzorky pachu a umělé, tedy syntetické vzorky pachu (Komar 1999). Většina psovodů může pracovat pouze s omezeným množstvím přírodních výcvikových vzorků, které zajistí pach lidského rozkladu (Alexander et al. 2015). Reálné vzorky je z důvodu právních předpisů obtížné získat, protože mohou představovat biologické riziko jak pro psy, tak i pro psovody (Oesterhelweg et al. 2008; Furton et al. 2010). Z tohoto důvodu se psovodi uchylují k možnosti využití syntetických zdrojů pachu (DeGreeff et al. 2012).

Psovod by měl být vždy obězřetný při manipulaci s výcvikovým pomůckami, protože při nesprávné a nedbalé manipulaci s výcvikovým materiálem, může psovod kontaminovat výcvikový materiál (Goldblatt et al. 2009).

DeGreeff et al. (2012) se ve své studii zmiňují o tréninkových pomůckách nové generace. Tyto pomůcky jsou zdravotně nezávadné, snadno dostupné a představují ucelený komplex pachů typických pro různé stádia rozkladu lidských ostatků.

3.9.1 Využití reálních zdrojů pachu lidských ostatků

Za reální nebo přírodní zdroje považujeme materiály organického původu tedy např. zuby, krev, tělesné tekutiny, placentu (Alexander et al. 2015), lidské tkanivo, rozkladné kapaliny, a dokonce se k výcviku využívá i půda z hrobů nebo z míst trestného činu (Komar 1999). Používání přírodních zdrojů při výcviku může vést u psů ke snížení prahu citlivosti, psi jsou pak schopni detekce i malého množství pachu rozkládající se lidské tkáně, pachu kostí nebo krve (Alexander et al. 2015). Swindells (2016) zdůrazňuje, že je důležité trénovat psa na přírodní cílové pachy nikoliv na syntetické pachové vzorky. To není umožněno ve všech zemích jako např. ve Velké Británii, kde existuje zákon z roku 1961, který i s jeho iteracemi neumožňuje používání lidských tkání jako tréninkové pomůcky. Z tohoto důvodu jsou psovodi ve Velké Británii nuceni využívat při výcviku alternativní způsoby.

Možnost používat při výcviku části lidských těl představuje pro psovoda obrovskou výhodou, avšak způsob jakým je s nimi dále nakládáno, může představovat problém. Nejčastější způsob uskladnění je zmrazení. Tato metoda však ovlivňuje rozklad vzorků, a tím následně i samotný výcvik psů. Jediným způsobem, jak nezničit tento typ výcvikových pomůcek, je pohřbení vzorků na kontrolovatelném cvičišti (Swindells 2016).

Pro výcvik psů na detekci lidské krve se v současní době využívá čerstvá lidská krev uložená na bandážích, půdě nebo v plechovkách (Rebmann et al. 2000). Krev je vhodná pomůcka při tréninku, protože přesně reprezentuje cílový pach a z hlediska etického a legislativního, může být dobrovolně darována (DeGreeff et al. 2012).

Na výcvik psů se může využít i vzorek půdy z místa kde bylo pohřbené tělo, protože tělo během procesu rozkladu zkapalňuje a tyto chemické vedlejší produkty zůstávají v půdě v okolí lidských ostatků. Použití půdy jako výcvikového materiálu bylo ověřené pokusem se slepými testy, kdy byly odebrány vzorky z hrobů starších 200 let a skryty mezi sterilními vzorky

půdy. Během těchto testů psi prokázali pozoruhodný úspěch při jejich lokalizaci (Rebmann 2009).

Půda, která pochází z místa, kde došlo k rozkladu lidských ostatků, by mohla být vhodným výcvikovým materiálem. Navíc může představovat dobrou alternativu výcvikových pomůcek právě například v zemích, kde získávání nebo držení skutečných lidských pozůstatků může představovat právní problém (Alexander et al. 2015).

3.9.2 Využití těla prasete jako výcvikové pomůcky

Jako analogu lidských ostatků může posloužit i tkáň z těla prasete. Využití prasete má mnoho výhod. S prasetem toho totiž má člověk po fyziologické stránce mnoho společného – oba jsou všežravci, mají podobné zažívací orgány, podobnou strukturu kůže a jiných tkání. Získat těla uhynutých prasat v různém období věku není tak náročné (Swindells 2016).

Další z výhod je skutečnost, že tělo prasete lze přizpůsobit podle různých možných scénářů jako např. pohřbení těla v plastovém obalu nebo bez něj, spálení těla nebo způsobení různého poranění na těle prasete (po smrti). Všechny tyto podmínky ovlivní rychlost rozkladu a interakci jatečně upraveného těla s prostředím. Možností úprav podmínek rozkladu je také možné koordinovat jednotlivé fáze rozkladu. Tato skutečnost představuje velikou výhodu oproti využívání syntetických zdrojů pachu, u nichž není známá ani jejich spolehlivost ani to, jaký pach a ze které fáze rozkladu pochází (Swindells 2016).

3.9.3 Výcvik za použití syntetických zdrojů

Syntetické zdroje pachu jsou napodobeninami rozkladného pachu lidského těla (Stadler et al. 2013). Složení těchto produktů není ale veřejně známo a jsou považovány za příliš zjednodušené, protože obsahují pouze několik sloučenin a nepředstavují celé spektrum pachu lidských ostatků (DeGreeff et al. 2012).

Směsi syntetických vzorků obsahují v dominantním zastoupení látky jako např. putrescin a kadaverin. Tyto látky jsou vonnými sloučeninami a vytváří se během procesu rozkladu lidských ostatků. Je možné je legálně získat, avšak jejich nežádoucí účinky na lidské zdraví vyžaduje opatrné zacházení při manipulaci (DeGreeff et al. 2012). U těchto látek je známo, že se nacházejí ve všech rozkládajících se organických látkách (Oesterhelweg et al. 2008). Byli dokonce nalezeny i ve slinách (Cook et al. 2003). Nutnost použití těchto konkrétních sloučenin nebo i jejich kombinací jako specifických odorantů při trénování psů vycvičených na vyhledávání lidských ostatků je však podložena jen malým počtem studií (DeGreeff et al. 2012).

3.10 Oblast využití psů vycvičených na detekci lidských ostatků

3.10.1 Kriminalistika

Nalezení lidských pozůstatků je důležité při hledání pohřešovaných osob, objasňování trestných činů (Rebmann 2009), případnou identifikaci obětí (Trengrrove 2011), ale i také pro snížení hrozby znečišťujících látek ve vzduchu, vodě a půdě, které mohou mít vliv na veřejné zdraví a bezpečnost (Presley et al. 2006).

Speciální skupinou psů na detekci lidských ostatků jsou psi vycvičení na detekci pachu krve, a to jak v terénu, tak i v uzavřených prostorách (Oesterhelweg et al. 2008; DeGreeff et al. 2012). Krev nacházející se na místě činu má významnou informativní hodnotu. Informace získané z krve můžou pomoci k lokalizování primárního nebo sekundárního místa činu, k nalezení pachatele, nebo jiných osob, které byli přítomné na místě činu, jako i vražednou zbraň nebo i jiné cenné důkazy. Pokud se krev na místě činu nachází pouze v malém množství, které lidské oko nezahledne, je potřeba vhodné detekční techniky, která zároveň zajistí uchování důkazů umožňujících extrakci a identifikaci DNA. Běžnou metodou je chemický přípravek jako je např. Luminol, který je používán roky a slouží jako předběžný test v detekci krve. Nevýhodou této metody je však skutečnost, že Luminol, vyžaduje přímý kontakt s krví a tmavou místnost pro proběhnutí chemiluminescence. V posledních letech se v řadě zemích jako např. Austrálie, Itálie a Spojené království nahradili chemické metody detekce krve, speciálně vycvičenými psi na detekci krve (Chilcote et al. 2017).

3.10.2 Archeologie

Psi vycvičení na lokalizaci lidských ostatků jsou v dnešní době využíváni i v odvětví archeologie. Nejčastějším důvodem je vyhledávání starých neoznačených hrobů např. z Koloniálního období (17. století). Využití těchto psů může být užitečné při mapování starověkých hřbitovů nebo odstraňování a přemísťování pozůstatků (Rebmann 2009).

Bartelink et al. (2016) zdůrazňuje, že psodiví se psi vycvičenými na vyhledávání lidských ostatků by měli spolupracovat se soudními archeology s cílem zaměřit se na konkrétní místa zájmu. Poté co by psi pozitivně označili přítomnost ostatků, forenzní archeologové by podrobně zkoumali nebo rovněž prohledávali každou oblast, aby se zjistilo, zda jsou skutečně přítomny lidské ostatky.

Forenzní archeologie může být definována jako pododvětví forenzní antropologie nebo archeologie, ve které jsou využívány archeologické metody a teorie k zodpovězení právních otázek týkajících se nalezených ostatků (Connor 2007; Dirkmaat 2012). Forenzní archeologové ale můžou také pomoci při získávání ukrytých důkazů, jako je oblečení, náradí, drogy, peníze nebo zbraně (Bartelink et al. 2016).

Forenzní antropologové v USA se zaměřují především na fyzickou antropologii (biologie lidských koster) (Cabo a Dirkmaat 2015). Na druhé straně ve Velké Británii považují forenzní archeologii a forenzní antropologii za dvě odlišná pole. Forenzní archeologie je specializovanějším oborem archeologie, který se zaměřuje na vyhledávání a obnovu pohřbených nebo ukrytých lidských ostatků a forenzní antropologie zahrnuje analýzu lidských kosterních zbytků (Bartelink et al. 2016).

3.10.3 Přírodní katastrofy

V případech přírodních nebo i jiných katastrof, kde dojde k uvěznění lidí pod sutinami, nacházejí uplatnění psi, zvaní cross-trained dogs. Cross-trained dogs jinak také křížově vycvičení psi, jsou psi, kteří jsou vycvičeni na vyhledávání jak pachu živých lidí ale i pachu lidských ostatků. Tito psi mohou být nasazeni v katastrofických situacích, kde se předpokládá, že se bude nacházet velký počet lidských obětí. Existují čtyři možné scénáře, ke kterým může v realné situaci dojít, pes nenajde žádný lidský pach, pes nalezne pach mrtvého těla nebo pach živého člověka anebo bude přítomen jak živý pach, tak i pach mrtvého těla. Předpokládá se, že pokud dojde k potlačení naučeného chování na pach lidských ostatků a k soustředění se pouze na pach živých lidí, výsledkem může být to, že pes neoznačí nalezení živé osoby nebo nepravdivě označí nález lidského těla. Psi, kteří jsou vycvičeni pouze na pach živého člověka, mají větší úspěšnost než křížově vycvičení psi. Výsledky studie prokázaly, že u křížově vycvičených psů, přítomnost mrtvolného pachu významně ovlivňuje výkon (Lit a Crawford 2006).

Již během 80. let se psi vycvičení na vyhledávání lidských ostatků začali používat v případech přírodních katastrof. Použití těchto psů usnadňuje pracovníkům, kteří se podílejí na zotavení pohřešovaných k jejich lokalizaci a zkrácení doby hledání (Rebmann 2009). Psi vycvičení na lokalizaci lidských ostatků bývají také přítomni na místech, kde došlo k požáru, kvůli nalezení potenciálních obětí požáru, jak je možné vidět na obrázku níže (Migala a Brown 2012).



Obr. 4: HR pes provádějící prohledávání trosk budovy zasažené požárem (Migala a Brown 2012)

3.11 Problematika

3.11.1 Vliv psovoda na psa

Vztah psa a psovoda hraje klíčovou roli v tom, jak úspěšný výkon bude pes následně podávat (Otto et al. 2002). Alexander et al. (2015) se ve své studii vyjádřili, že pach psovoda by měl být přítomný při vyhledávání cílových objektů. Je to z důvodu, že již od začátku výcviku, si psi zvykli na přítomnost pachu konkrétního psovoda, a tedy jeho nepřítomnost by mohla mít za následek chybnou nebo falešně negativní odpověď.

I když jsou psi trénováni na stejný cílový pach, a psovodi je trénují na stejný typ označení, existuje jistá variabilita ve výkonu mezi jednotlivými jedinci. To stejné platí i pro celé pracovní týmy, tedy psovoda a psa, které splnili minimální kritérium pro certifikaci (Cablak a Sagebiel 2011).

Psovod ovlivňuje výkon svého psa a následnou úspěšnost metodou výcviku, typem pomůcek, které používá (DeGreeff et al. 2012) a způsobem odměňování (Johnen et al. 2013). Nevhodný výběr metody výcviku nebo způsobu odměňování, může mít za následek podporu falešně pozitivního značení (Swindells 2016).

Problém, který nastává v oboru vyhledávání, je i nedůvěra psovoda vůči psovi. Alexander et al. (2016) ve své studii zjistili, že psovodi svým psům plně nedůvěřují a opakovaně je posílají na již prohledané místo, kde se však ve skutečnosti nemusí nic nacházet. Při opětovném posílání psa na již prohledané místo, se může stát, že psi dají najevo neúplné značení, co je následně označováno za chybu způsobenou psem. Dalším důvodem pro nesprávné označení místa nálezů je chyba ze strany psovoda. Psovod označí místo nálezů s předpokladem, že pes dal najevo nějaký zájem, i když neprokázal naučené značení.

Domnělé přesvědčení psovoda o přítomnosti cílového pachu může ovlivnit výkon psa tím, že psi značí, i když se v daných místech pach nenachází (Schoon 1996). Když si psi v první zkoušce vedli dobře, psovodi se v následující zkoušce cítili sebejistěji a uvolněněji. Johnen et al. (2017) předpokládají, že tento mechanismus funguje i opačně.

3.11.2 Vliv prostředí na pach rozkladu a na výkon psů

O tom, jak ovlivňuje vnější prostředí rozklad lidského těla je stále nedostatek informací, neboť vlivy vnějšího prostředí jsou stále neznámé, protože většina výzkumů byla uskutečňována v uzavřeném prostředí (Forbes et al. 2014; Rust et al. 2016).

Krev má výrazný pach oproti ostatním lidským tkáním (Hoffman et al. 2009). Její skladování a podmínky stárnutí mají významný vliv na celkový profil pachu (Hoffman et al. 2009; Forbes et al. 2014). Je důležité zkoumat vlivy prostředí na krev, protože prostředí, ve kterém se nachází, ovlivňuje i její pach. Dalším důvodem, proč by měli být zkoumány vlivy prostředí na krev je to, že se využívá jako výcvikový materiál. Aby byl pes schopen nalezení krve na místě činu, je potřebné, aby se výcvikové pomůcky pachem co nejvíce přibližovali pachu nalezenému na místě činu (Chilcote et al. 2017).

Chilcote et al. (2017) ve své studii ověřovali, zda jsou psi schopni lokalizovat krev, která se nacházela na betonu a lakovaném dřevu. Důvodem této studie bylo právě testování podmínek prostředí, tedy beton, lakované dřevo a vliv větru na změny pachu krve. Psi, kteří byli využiti v této studii nebyli vystaveni a seznámeni se vzorky zvětralé krve. Psi na detekci krve měli

obtíže s lokalizací vzorků krve na betonu zvětralých po 1 měsíci a na lakovaném dřevu zvětralých po jednom týdnu. Celkově psi vykazovali více správních značení krve na dřevě než krve na betonu, s výjimkou těch, které byli po 1 měsíci zvětralé.

Významný vliv při uvolňování pachu z lidských ostatků mají i vítr a teplota vzduchu. Lehký až střední vítr byl klasifikován jako ideální povětrnostní podmínka pro HR psy pro zachycení pachu a hledání lidských ostatků. Rychlost a směr větru by měly být analyzovány před zahájením každého vyhledávání a měly by být také sledovány během toho, kdy pes pracuje. Vyšší teploty zase napomáhají uvolňování pachů ze země na rozdíl od nižších teplot, při kterých je vyhledávání lidských ostatků obtížnější (Dilkie a Veniot 2017).

Detekce lidských ostatků může být ovlivněna i vlastnostmi půdy, které ovlivňují rychlost rozkladu a uvolňování plynů, které jsou tvořeny během procesu rozkladu (Alexander et al. 2016). Mezi vlastnosti, které mohou ovlivnit detekci pachu rozkládajícího se těla, patří např. půdní vlhkost, která je důležitou podmínkou pro život půdní mikrobioty (Carter et al. 2008; Carter et al. 2010) v procesu degradace, dále je to teplota (Carter et al. 2008; Prangnell a McGowan 2009) a struktura půdy, která ovlivňuje únik plynů rozkladu (Vass et al. 2008; Van Belle 2009).

Půda je směs minerálů a organických látek, její struktura je dána minerálním podílem písku, bahna a jílu. Přítomnost těchto minerálů určuje některé základní vlastnosti půdy, kterými jsou pórovitost, provzdušnění, drenáž, stlačitelnost, potenciál smršťování a zadržování vody (Fujikawa a Miyazaki 2005; Wilson et al. 2007; Skvortsova a Utkaeva 2008; Al-Qinna a Jaber 2013; Lowe et al. 2013).

K výměně plynů mezi atmosférou a půdou dochází pomocí difuzí (Skvortsova a Utkaeva 2008). Difuze je ovlivňována vlastnostmi půdy jako, množství pórů vyplněných vzduchem, narušení půdy, druhy difúzních plynů, objemová hustota a konfigurace pórů v půdě (Fujikawa a Miyazaki 2005). Poměr vzduchu a vody v pórech následně ovlivňuje provzdušňování půdy. K difuzi dochází primárně v půdách, které mají póry vyplněné vzduchem. Póry, které jsou naplněné vodou, brání této výměně plynů. Protože jílovité půdy, mají póry primárně zaplněné vodou z důvodu většího množství pórů, difuze je v nich omezená. V důsledku toho, jílovitá půda může zabraňovat uvolňování plynů, které se tvoří během rozkladu (Fujikawa a Miyazaki 2005; Skvortsova a Utkaeva 2008).

3.11.3 Způsobilost a schopnost psů

Spolehlivost psů pro vyhledávání lidských ostatků je často zpochybňována. Pokud pes v terénu značí, není mnohdy známo, zda se jedná o nález nebo o falešné označení (Alexander et al. 2015). Jedním z důvodů pro toto chování psa může být pohyb VOCs rozpuštěných ve vodě ze CDI (corpse decomposition island – ostrov rozkladu mrtvol) způsobený deštěm. Důvodem tohoto pohybu je sklon topografie terénu (Aitkenhead-Peterson et al. 2012). Pokud řádně vycvičený a pověřený pes značí nález v místě, kde nejsou přítomny žádné viditelné ostatky, může to psovod interpretovat jako chybu nebo tajný hrob. Pokud není objeveno tělo nebo jeho ostatky, policejní složky často předpokládají, že se jedná o chybnou reakci, a mohou ji nesprávně označit za falešné značení. Příčinou však může být zbytkový pach z těla, které se na daném místě rozkládalo a dříve rozkládajícího se, které mohlo být posléze přemístěno nebo rozptýleno zvířaty (Alexander et al. 2015).

Soudy se domnívají, že psi, kteří jsou využíváni na vyhledávání předmětů zájmu policejními složkami, musí projít procesem certifikace, kde prokazují schopnost spolehlivě vyhledávat a označovat pach lidských ostatků (Skvortsova a Utkaeva 2008). Swindells (2016) se zmiňuje o pravidle, které říká, že důkazy zprostředkované psy se jako samostatné bez doložení jinými důkazy neberou u soudu v úvahu.

4 Závěr

Na lokalizaci lidských ostatků se používají speciální psi, kteří jsou trénováni na vyhledávání v různých typech prostředí. V případech, kde se očekává, že se budou nacházet oběti, jsou stále považováni za nejlepší metodu pátrání po lidských ostatcích. Tito psi jsou užiteční i v případech hledání lidské krve nebo zubů. V dnešní době mají široké uplatnění i při hledání archeologických vykopávek. Doporučuje se využívání HR psů pouze na vyhledávání lidských obětí neboli ostatků, nikoliv na hledání živých lidí.

Důležitým kritériem při výběru detekčního psa jsou jeho fyzické a behaviorální vlastnosti. Mezi požadované vlastnosti detekčního psa patří cvičitelnost, motivovatelnost, vytrvalost, temperament a samostatnost. Pro detekci pachů je využívána řada plemen, žádné z nich ovšem nebylo vyšlechtěno primárně pro tyto účely.

Proto aby detekční pes byl v budoucnu úspěšný je klíčový správný výcvik. Ten zahrnuje vhodnou metodiku, dobře zvolený způsob odměňování a v neposlední řadě i typ výcvikových psotředků. Při vyhledávání lidských ostatků je doporučeno trénovat psi na pasivní označení z důvodu zachování a nepoškození místa činu ani lidských ostatků. Nejlepší volbou pro výcvik HR psů je používání reálných neboli přírodních zdrojů pachu.

Samotný výkon psů je ale ovlivněn i prostředím. Prostředím je myšleno terén, ve kterém pes vyhledává, ale i další vizuální, zvukové nebo pachové podněty, které mohou působit rušivě. Touto problematikou se nezabývá mnoho studií, přestože další poznatky v této oblasti by byly více než vhodné a pro praktické využití potřebné.

Psovod musí plně sledovat chování svého psa při výcviku i při práci, aby nedošlo k podporování nežádoucího chování. Nežádoucím chováním je zejména falešné značení, které může být způsobeno chybou psovoda ale i chybou psa. Falešné značení se může projevit například tím, že psovod nechtěně ovlivní psa tzv. Clever Hans effect, nebo tím, že psovod opakovaně posílá psa na již prohledané místo. Falešné značení může být ale způsobeno i pohybem VOCs z místa rozkládajícího se těla na místo jiné.

Stálým problémem, který však nedospěl ke změně, je nedůvěra ke psům jako detekčnímu prostředku. V řadě zemích se v soudních procesech nebere důkazní materiál získaný pomocí psů jako plnohodnotný a usvědčující. Proto je potřeba vědeckým výzkumem podložit a zajistit správné využívání psů v této oblasti služební kynologie.

5 Literatura

- Agapiou A, Mochalski P, Schmid A, Amann A. 2013. Chapter 24 - Potential Applications of Volatile Organic Compounds in Safety and Security. Pages 515-553 in Amann A, Smith D, editors. *Volatile Biomarkers: Non-Invasive Diagnosis in Psychology and Medicine*. Elsevier, Amsterdam.
- Agapiou A, Zorba E, Mikedi K, McGregor L, Spiliopoulou C, Statheropoulos M. 2015. Analysis of volatile organic compounds released from the decay of surrogate human models simulating victims of collapsed buildings by thermal desorption–comprehensive two-dimensional gas chromatography–time of flight mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* **883**: 99-108.
- Aitkenhead-Peterson JA, Owings CG, Alexander MB, Larison N, Bytheway JA. 2012. Mapping the lateral extent of human cadaver decomposition with soil chemistry. *Forensic Science International* **216**: 127-134.
- Alexander MB. 2009. Factors involved in search dog training [PhD Thesis]. Texas A&M University, Texas.
- Alexander MB, Hodges TK, Bytheway J, Aitkenhead-Peterson JA. 2015. Application of soil in Forensic Science: Residual odor and HRD dogs. *Forensic Science International* **249**: 304-313.
- Alexander MB, Hodges TK, Wescott DJ, Aitkenhead-Peterson JA. 2016. The Effects of Soil Texture on the Ability of Human Remains Detection Dogs to Detect Buried Human Remains. *Journal of forensic sciences* **61**: 649-655.
- Al-Qinna MI, Jaber SM. 2013. Predicting soil bulk density using advanced pedotransfer functions in an arid environment. *Transactions of the ASABE* **56**: 963-976.
- Amendt J, Krettek R, Zehner R. 2004. Forensic Entomology. *Naturwissenschaften* **91**: 51-65.
- Amendt J, Campobasso CP, Gaudry E, Reiter Ch, LeBlane HN, Hall, MJR. 2006. Best practice in forensic entomology – standards and guidelines. *International Journal of Legal Medicine* **121**: 90-104.
- Anderson GS, Hobischak NR. 2004. Decomposition of carrion in the marine environment in British Columbia, Canada. *International Journal of Legal Medicine* **118**: 206-209.
- Ashworth JR, Wall R. 1994. Responses of the sheep blowflies *Lucilia sericata* and *L. cuprina* to odour and the development of semiochemical baits. *Medical and Veterinary Entomology* **8**: 303-309.
- Bartelink EJ, Milligan CF, Colls CS. 2016. The Role of Forensic Archaeology in Missing Persons Investigations. Pages 271-294 in Morewitz SJ, Colls CS, editors. *Handbook of Missing Persons*. Springer, Berlin.
- Boyle Sh, Galloway A, Mason RT. 1997. Human Aquatic Taphonomy in the Monterey Bay Area. Pages 605-614 in Haglund WD, Sorg MH, editors. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. CRC PRESS, Boca Raton.

- Braack LEO. 1981. Visitation patterns of principal species of the insect-complex at carcasses in the Kruger National Park. *Koedoe* **24**: 33-49.
- Bryson S. 2000. *Police Dog Tactics*. 468. ISBN: 1-55059-197-5.
- Bucholtz A. 2014. Chapter 4 – Time of Death. Pages 57-69 in Scott S, editor. *Death investigation: an introduction to forensic pathology for the nonscientist*. Elsevier, Amsterdam.
- Buis RC, Rust L, Nizio KD, Rai T, Stuart BH, Forbes SL. 2015. Investigating the Sensitivity of Cadaver – Detection Dogs to Decomposition Fluid. *Journal of Forensic Identification* **65**: 985-992.
- Cablk ME, Sagebiel JC, Heaton JS, Valentin C. 2008. Olfaction-based Detection Distance: A Quantitative Analysis of How Far Away Dogs Recognize Tortoise Odor and Follow It to Source. *Sensors* **8**: 2208-2222.
- Cablk ME, Sagebiel JC. 2011. Field capability of dogs to locate individual human teeth. *Journal of forensic sciences* **56**: 1018-1024.
- Cablk ME, Szelagowski EE, Sagebiel JC. 2012. Characterization of the volatile organic compounds present in the headspace of decomposing animal remains and compared with human remains. *Forensic Science International* **220**: 118-125.
- Cabo LL, Dirkmaat DC. 2015. Forensic archaeology in the United States. Pages 255-270 in Groen WJM, Márquez-Grant N, Janaway RC, editors. *Forensic archaeology: A global perspective*. Wiley Blackwell, John Wiley & Sons, Hoboken.
- Campobasso CP, Falamingo R, Grattagliano I, Vinci F. 2009. The Mummified Corpse in a Domestic Setting. *The American journal of forensic medicine and pathology* **30**: 307-310.
- Carter DO, Yellowlees D, Tibbett M. 2007. Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. *Naturwissenschaften* **94**: 12–24.
- Carter DO, Yellowlees D, Tibbett M. 2008. Temperature affects microbial decomposition of cadavers (*Rattus rattus*) in contrasting soils. *Applied Soil Ecology* **40**: 129-137.
- Carter DO, Yellowlees D, Tibbett M. 2010. Moisture can be the dominant environmental parameter governing cadaver decomposition in soil. *Forensic science international* **200**: 60-66.
- Clark MA, Worrell MB, Pless JE. 1997. Postmortem Changes in Soft Tissues. Pages 151-160 in Haglund WD, Sorg MH, editors. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. CRC PRESS, Boca Raton.
- Connor MA. 2007. *Forensic Methoda: Excavation fo the Archeologist and Investgator*. AltaMira Press, A Division of Rowman & Littlefield Publishers, Lanham.
- Cook M, Leeves N, White C. 2003. Time profile of putrescine, cadaverine, indole and skatole in human saliva. *Archives of Oral Biology* **48**: 323-327.

- Curran AM, Prada PA, Rabin SI, Furton KG. 2005a. Comparison of The Volatile Organic Compounds Present in Human Odor Using SPME-GC/MS. *Journal of Chemical Ecology* **31**: 1607-1619.
- Curran AM, Rabin SI, Furton KG. 2005b. Analysis of the uniqueness and persistence of human scent. *Forensic Science Communications* **7.2**.
- Curran AM, Ramirez CF, Schoon AA, Furton KG. 2007. The frequency and discriminatory power of compounds found in human scent across a population determined by SPME-GC/MS. *Journal of Chromatography* **846**: 86-97.
- Curran AM, Prada PA, Furton KG. 2010. The Differentiation of the Volatile Organic Signatures of Individuals Through SPME-GCMS of Characteristic Human Scent Compounds. *Journal of Forensic Sciences* **55**: 50-57.
- DeGreeff LE, Furton KG. 2011. Collection and identification of human remains volatiles by non-contact, dynamic airflow sampling and SPME-GC/MS using various sorbent materials. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **401**: 1295-1307.
- DeGreeff LE, Weakley-Jones B, Furton KG. 2012. Creation of training aids for human remains detection canines utilizing a non-contact, dynamic airflow volatile concentration technique. *Forensic Science International* **217**: 32-38.
- Dekeirsschieter J, Verheggen FJ, Gohy M, Hubrecht F, Bourguignon L, Lognay G, Haubruge E. 2009. Cadaveric volatile organic compounds released by decaying pig carcasses (*Sus domesticus* L.) in different biotopes. *Forensic Science International* **189**: 46-53.
- Dekeirsschieter J, Stefanuto P-H, Brasseur C, Haubruge E, Focant J-F. 2012. Enhanced Characterization of the Smell of Death by Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography Time-of-Flight Mass Spectrometry (GCxGC-TOFMS). *PLoS ONE* **7** (e39005) DOI: 10.1371/journal.pone.0039005
- Dent BB, Forbes SL, Stuart BH. 2004. Review of human decomposition processes in soil. *Environmental Geology* **45**: 576-585.
- De Saram GSW, Webster G, Kathirgamatamby N. 1956. Post-Mortem Temperature and the Time of Death. *Journal of Criminal Law and Criminology* **46**: 562-577.
- Dilkie NA, Veniot BJ. 2017. Human Remains Detection: Validity of RCMP Dog Training using Donated Human Remains through the Nova Scotia Medical Examiner Service. *Journal of Forensic Identification* **67**: 498-518.
- Dirkmaat DC. 2012. Documenting Context at the Outdoor crime scene: Why bother? Pages 48-65 in Dirkmaat DC, editor. *A Companion to Forensic Anthropology*. Wiley-Blackwell, John Wiley & Sons, Hoboken.
- Effmert U, Kalderás J, Warnke R, Piechulla B. 2012. Volatile Mediated Interactions Between Bacteria and Fungi in the Soil. *Journal of Chemical Ecology* **38**: 665-703.
- Erzincllioğlu YZ. 1983. The Application of entomology to Forensic Medicine. *Medicine, Science and the Law* **23**: 57-63.

- Fancher JP, Aitkenhead-Peterson JA, Farris T, Mix K, Schwab AP, Wescott DJ, Hamilton MD. 2017. An evaluation of soil chemistry in human cadaver decomposition islands: Potential for estimating postmortem interval (PMI). *Forensic Science International* **279**: 130-139.
- Fisher P, Wall R, Ashworth JR. 1998. Attraction of the sheep blowfly, *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae) to carrion bait in the field. *Bulletin of Entomological Research* **88**: 611-616.
- Forbes SL, Stuart BH, Dent BB. 2005. The effect of the burial environment on adipocere formation. *Forensic Science International* **154**: 24-34.
- Forbes SL, Perrault KA. 2014. Decomposition Odour Profiling in the Air and Soil Surrounding Vertebrate Carrion. *PloS ONE* 9 (e95107) DOI: 10.1371/journal.pone.0095107
- Forbes SL, Rust L, Trebilcock K, Perrault KA, McGrath LT. 2014. Effect of age and storage conditions on the volatile organic compound profile of blood. *Forensic Science, Medicine and Pathology* **10**: 570-582.
- Frederickx C, Verheggen F, Haubruge E. 2011. Biosensors in forensic sciences. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* **15**: 449-458.
- Fujikawa T, Miyazaki T. 2005. Effects of bulk density and soil type on the gas diffusion coefficient in repacked and undisturbed soils. *Soil Science* **170**: 892-901.
- Furton KG, Caraballo NI, Cerreta MM, Holness HK. 2015. Advances in the use of odour as forensic evidence through optimizing and standardizing instruments and canines. *Philosophical Transaction of the Royal Society* **370**: 20140262.
- Gácsi M, McGreevy P, Kara E, Miklósi Á. 2009. Effect of selection for cooperation and attention in dogs. *Behavioral and Brain Functions* **5**: 31.
- Gallagher M, Wysocki CJ, Leyden JJ, Spielman AI, Sun X, Preti G. 2008. Analyses of volatile organic compounds from human skin. *British Journal of Dermatology* **159**: 780-791.
- Gill-King H. 1997. Chemical and Ultrastructural aspect of Decomposition. Pages 93-104 in Haglund WD, Sorg MH, editors. *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. CRC PRESS, Boca Raton.
- Goldblatt A, Gazit I, Terkel J. 2009. Olfaction and Explosives Detector Dogs. Pages 136-169 in Helton WS, editor. *Canine ergonomics the science of working dogs*. CRC Press, Boca Raton.
- Goff ML. 2009. Early post-mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. *Experimental and Applied Acarology* **49**: 21-36.
- Gotouda H, Takatori T, Terazawa K, Nagao M, Tarao H. 1988. The Mechanism of Experimental Adipocere Formation: Hydration and Dehydrogenation in Microbial Synthesis of Hydroxy and OXO Fatty Acids. *Forensic Science International* **37**: 249-257.
- Greenberg B. 1991. Flies as Forensic Indicators. *Journal of Medical Entomology* **28**: 565-577.
- Greenberg B, Kunich JC. 2002. *Entomology and the Law*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Hall NJ, Glenn K, Smith DW, Wynne CDL. 2015. Performance of Pugs, German Shepherds, and Greyhounds (*Canis lupus familiaris*) on an odor-discrimination task. *Journal of Comparative Psychology* **129**: 237–246.
- Harper RJ, Furton KG. 2007. Biological Detection of Explosives. Pages 395-431 in Jehuda Y, editor. *Counterterrorist Detection Techniques of Explosives*. Elsevier, Amsterdam.
- Helton WS. 2010. Does perceived trainability of dog (*Canis lupus familiaris*) breeds reflect differences in learning or differences in physical ability? *Behavioural Processes* **83**: 315-323.
- Hoffman EM, Curran AM, Dulgerian N, Stockham RA, Eckenrode BA. 2009. Characterization of the volatile organic compounds present in the headspace of decomposing human remains. *Forensic Science International* **186**: 6-13.
- Hunter J, Cox M. 2005. *Forensic archaeology: advances in theory and practice*. Routledge, New York.
- Cheng WH, Chu FS, Liou CY. 2005. Simulating the emission rate of volatile organic compounds from a quiescent water surface: Model development and feasibility evaluation. *Journal of Environmental Science and Health* **40**: 1701-1713.
- Chilcote B, Rust L, Nizio KD, Forbes SL. 2017. Profiling the scent of weathered training aids for blood-detection dogs. *Science & Justice* **58**: 98-108.
- Inoue M, Suyama A, Matuoka T, Inoue T, Okada K, Irizawa Y. 1994. Development of an instruments to measure postmortem lividity and its preliminary application to estimate the time since death. *Forensic Science International* **65**: 185-193.
- Janaway RC, Percival SL, Wilson AS. 2009. Decomposition of Human Remains. Pages 313-334 in Percival SL, editor. *Microbiology and Aging*. Springer Science, New York.
- Jamieson LTJ, Baxter GS, Murray PJ. 2017. Identifying suitable detection dogs. *Applied Animal Behaviour Science* **195**: 1-7.
- Jenkins EK, DeChant MT, Perry EB. 2018. When the nose Doesn't Know: Canine Olfactory Function Associated with health, Management, and Potential Links to Microbiota. *Frontiers in Veterinary Science* **5**: 1-16.
- Jeziński T, Adamkiewicz E, Walczak M, Sobczyńska M, Górecka-Bruzda A, Ensminger J, Papet E. 2014. Efficacy of drug detection by fully-trained police dogs varies by breed, training level, type of drug and search environment. *Forensic Science International* **237**: 112-118.
- Johnen D, Heuwieser W, Fischer-Tenhagen C. 2013. Canine scent detection – Fact or fiction? *Applied Animal Behaviour Science* **148**: 201-208.
- Johnen D, Heuwieser W, Fischer-Tenhagen C. 2017. An approach to identify bias in scent detection dog testing. *Applied Animal Behavior Science* **189**: 1-12.
- Killam EW. 2004. *The Detection of Human Remains*. Charles C Thomas – PUBLISHER, LTD, Springfield.

- Komar D. 1999. The use of cadaver dogs in locating scattered, scavenged human remains: Preliminary field test results. *Journal of Forensic Sciences* **44**: 405-408.
- Kumar TSM, Monteiro FNP, Bhagavath P, Bakkannavar SM. 2009. Early adipocere formation: A case report and review of literature. *Journal of Forensic and Legal Medicine* **16**: 475-477.
- Kusano M, Mendez E, Furton KG. 2012. Comparison of the Volatile Organic Compounds from different biological Specimens for Profiling Potential. *Journal of Forensic Sciences* **58**: 29-39.
- Lasseter AE, Jacobi KP, Farley R, Hensel L. 2003. Cadaver dog and handler team capabilities in the recovery of buried human remains in the Southeastern United States. *Journal of forensic sciences* **48**: 617-621.
- Leifer I, Patro RK. 2002. The bubble mechanism for methane transport from the shallow sea bed to the surface: A review and sensitivity study. *Continental Shelf Research* **22**: 2409-2428.
- Leifer I, Clark JF, Chen RF. 2000. Modifications of the local environment by natural marine hydrocarbon seeps. *Geophysical Research Letters* **27**: 3711-3714.
- Lit L, Crawford CA. 2006. Effects of training paradigms on search dog performance. *Applied Animal Behaviour Science* **98**: 277-292.
- Lněničková J, Doležal P, Cinková P, Vypelová P, Pinc L, Vyhnálek O, Škreříková V, Urban Š. 2017. Vlastnosti lidské pachové stopy a multiplicita pachové signatury. *Kriminalistický sborník* **2**: 60-66.
- Lorenzo N, Wan T, Harper RJ, Hsu Y-L, Chow M, Rose S, Furton KG. 2003. Laboratory and field experiments used to identify *Canis lupus var. familiaris* active odor signature chemicals from drugs, explosives, and humans. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **376**: 1212-1224.
- Lowe AC, Beresford DV, Carter DO, Gaspari F, O'Brien RC, Stuart BH, Forbes SL. 2013. The effect of soil texture on the degradation of textiles associated with buried bodies. *Forensic science international* **231**: 331-339.
- Madea B, 2005. Is there recent progress in the estimation of the postmortem interval by means of thanatochemistry? *Forensic Science International* **151**: 139-149.
- Madea B, Kernbach-Wighton G. 2013. Early and Late Postmortem Changes. Pages 41-54 in Houck MM, editor. *Forensic Pathology*. Elsevier, Amsterdam.
- MacIntyre F. 1974. The top millimeter of the ocean. *Scientific American* **230**: 62-77.
- McGarrity ME, Sinn DL, Thomas SG, Marti CN, Gosling SD. 2016. Comparing the predictive validity of behavioral codings and behavioral ratings in a working-dog breeding program. *Applied Animal Behaviour Science* **179**: 82-94.

- Migala AF, Brown SE. 2012. Use of Human Remains Detection Dogs for Wide Area Search After Wildfire: A New Experience for Texas Task Force 1 Search and Rescue Resources. *Wilderness & Environmental Medicine* **23**: 337-342.
- Mochalski P, Krapf K, Ager C, Wiesenhofer H, Agapiou A, Statheropoulos M, Fuchs D, Ellmerer E, Buszewski B, Amann A. 2012. Temporal profiling of human urine VOCs and its potential role under the ruins of collapsed buildings. *Toxicology Mechanisms and Methods* **22**: 502-511.
- Musil J, Konrád Z, Suchánek J. 2001. *Kriminalistika*. C.H. Beck, Praha.
- Newitt CH, Green MA. 1979. A Thermographic Study of Surface Cooling of Cadavers. *Journal of the Forensic Science Society* **19**: 179-181.
- O'Brien TG, Kuehner AC. 2007. Waxing Grave About Adipocere: Soft Tissue Change in an Aquatic Context. *Journal of Forensic Sciences* **52**: 294-301.
- Oesterhelweg L, Kröber S, Rottmann K, Willhöft J, Braun C, Thies N, Püschel K, Silkenath J, Gehl A. 2008. Cadaver dogs – A study on detection of contaminated carpet squares. *Forensic Science International* **174**: 35-39.
- Osterkamp T. 2011. K9 Water Searches: Scent and Scent Transport Considerations. *Journal of Forensic Sciences* **56**: 907-912.
- Otto J, Brown MF, Long III W. 2002. Training rats to search and alert on contraband odors. *Applied Animal Behaviour Science* **77**: 217-232.
- Oxenham M. 2008. *Forensic Approaches to Death, Disaster and Abuse*. Australia Academic Press, Australia.
- Paczkowski S, Schütz S. 2011. Post-mortem volatiles of vertebrate tissue. *Applied microbiology and biotechnology* **91**: 917-935.
- Page D. 2008. Is Forensic Science Going to the Dogs? *Forensic Magazine* **5**: 1-7.
- Pandey SK, Kim K. 2011. Human body-odor components and their determination. *Trends in Analytical Chemistry* **30**: 784-796.
- Petersen LW, Moldrup P, El-Farhan YH, Jacobsen OH, Yamaguchi T, Rolston DE. 1995. The effect of moisture and soil texture on the adsorption of organic vapors. *Journal of Environmental Quality Abstract* **24**: 752-759.
- Prangnell J, McGowan G. 2009. Soil temperature calculation for burial site analysis. *Forensic Science International* **191**: 104-109.
- Presley SM, Rainwater TR, Austin GP, Platt SG, Zak JC, Cobb GP, Marsland EJ, Tian K, Zhang B, Anderson TA, Cox SB, Abel MT, Leftwich BD, Huddleston JR, Jeter RM, Kendall RJ. 2006. Assessment of pathogens and toxicants in New Orleans, LA following Hurricane Katrina. *Environmental Science & Technology* **40**: 468-474.
- Quignon P, Kirkness E, Cadieu E, Touleimat N, Guyon R, Renier C, Hitte Ch, André C, Fraser C, Galibert F. 2003. Comparison of the canine and human olfactory receptor gene repertoires. *Genome Biology* **4**: R80.

- Rebmann A, David E, Sorg MH. 2000. Cadaver dog Handbook: Forensic Training and Tactics for the Recovery of Human Remains. CRC Press, Boca Raton.
- Rebmann A. 2009. Cadaver Dogs: a Search Tool for Locating Human Remains. Retrieved June 30, 2009, from http://barksar.org/Cadaver_Dogs_A_Search_Tool_for_Locating_Human_Remains.pdf
- Riezzo I, Neri M, Rendine M, Bellifemina A, Cantatore S, Fiore C, Turillazzi E. 2014. Cadaver dogs: Unscientific myth or reliable biological devices? *Forensic Science International* **244**: 2013-221.
- Rooney NJ, Bradshaw JWS. 2004. Breed and sex differences in the behavioural attributes of specialist search dogs— a questionnaire survey of trainers and handlers. *Applied Animal Behaviour Science* **86**: 123-135.
- Rust L, Nizio KD, Forbes SL. 2016. The influence of ageing and surface type on the odour profile of blood-detection dog training aids. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **23**: 6349-6360.
- Salam HA, Shaat EA, Aziz MHA, MoneimSheta AA, Hussein HASM. 2012. Estimation of postmortem interval using thatatochemistry and postmortem changes. *Alexandria Journal of Medicine* **48**: 335-344.
- Salvin HE, McGrath Ch, McGreevy PD, Valenzuela MJ. 2012. Development of a novel paradigm for the measurement of olfactory discrimination in dogs (*Canis familiaris*): A pilot study. *Journal of Veterinary Behaviour* **7**: 3-10.
- Serpell JA. 1996. Evidence for an association between pet behavior and owner attachment levels. *Applied Animal Behaviour Science* **47**: 49-60.
- Shepherd R. 2003. Simpson's Forensic medicine – 12th edition. CRC Press, Boca Raton.
- Schoon, GAA. 1996. Scent identification lineups by dogs (*Canis familiaris*): experimental design and forensic application. *Applied Animal Behaviour Science* **49**: 257-267.
- Sinn DL, Gosling SD, Hilliard S. 2010. Personality and performance in military working dogs: Reliability and predictive validity of behavioral tests. *Applied Animal Behaviour Science* **127**: 51-65.
- Skvortsova EB, Utkaeva VF. 2008. Soil pore space arrangement as a geometric indicator of soil structure. *Eurasian Soil Science* **41**: 1198-1204.
- Sebeok TA, Rosenthal R. 1981. The Clever Hans phenomenon: Communication with horses, whales, apes, and people. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **364**: 1-309.
- Soproni K, Miklósi Á, Topál J, Scányi V. 2002. Dogs' (*Canis familiaris*) Responsiveness to Human Pointing Gestures. *Journal of Comparative Psychology* **116**: 27-34.
- Sorg MH, Dearborn JH, Monahan EI, Ryan HF, Sweeney KG, David E. 1997. Forensic taphonomy in marine contexts. CRC Press, Boca Raton.
- Stadler S, Stefanuto P-H, Brokl M, Forbes SL, Focant J-F. 2013. Characterization of Volatile Organic Compounds from Human Analogue Decomposition Using Thermal Desorption

- Coupled to Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography–Time-of-Flight Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry* **58**: 998-1005.
- Statheropoulos M, Spiliopoulou C, Agapiou A. 2005a. A study of volatile organic compounds evolved from the decaying human body. *Forensic Science International* **153**: 147-155.
- Statheropoulos M, Sianos E, Agapiou A, Georgiadou A, Pappa A, Tzamtzis N, Giotaki H, Papageorgiou C, Kolostoumbis D. 2005b. Preliminary investigation of using volatile organic compounds from human expired air, blood and urine for locating entrapped people in earthquakes. *Journal of Chromatography B* **822**: 112-117.
- Statheropoulos M, Mikedi K, Agapiou A, Georgiadou A, Karma S. 2006. Discriminant Analysis of Volatile Organic Compounds data related to a new location method of entrapped people in collapsed buildings of an earthquake. *Analytica chimica Acta* **566**: 207-216.
- Statheropoulos M, Agapiou A, Spiliopoulou C, Pallis GC, Sianos E. 2007. Environmental aspects of VOCs evolved in the early stages of human decomposition. *Science of the Total Environment* **385**: 221-227.
- Statheropoulos M, Agapiou A, Zorba E, Mikedi K, Karma S, Pallis GC, Eliopoulos C, Spiliopoulou C. 2011. Combined chemical and optical methods for monitoring the early decay stages of surrogate human models. *Forensic Science International* **210**: 154-163.
- Steadman DW, Worne H. 2007. Canine scavenging of human remains in an indoor setting. *Forensic Science International* **173**: 78–82.
- Stojer-Polańska J, Lisowicz M, Gołębiowski J. 2015. Forensic aspects of the search for corpses. *Journal of Archaeological Science* **40**: 268-278.
- Straus J, Vyhnaněk O, Suchánek J, Hrbek J, Urban Z. 1993. *Kriminalistická technika*. Policejní akademie ČR, Praha.
- Straus J, Kloubek M. 2010. *Kriminalistická odorologie*. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, Plzeň.
- Syrotuck WG. 2000. *Scent and the scenting dog*. Barkleigh Productions, Pennsylvania.
- Swindells M. 2016. The Use of Dogs in Missing Persons Investigations. Pages 295-308 in Morewitz SJ, Colls CS, editors. *Handbook of Missing Persons*. Springer, Berlin.
- Štefan J, Hladík J, Adámek T. 2012. *Soudní lékařství a jeho moderní trendy*. Grada Publishing, Praha.
- Tirmenstein D, Freedline R. 2018. Water Search Overview: Searching with Dogs in an Aquatic Environment. Pages 1-23 in Richards NL, editor. *Using Detection Dogs to Monitor Aquatic Ecosystem Health and Protect Aquatic Resources*. Palgrave Macmillan, Londyn.
- Trengrove H. 2011. Operation Earthquake 2011: Christchurch Earthquake Disaster Victim Identification. *The Journal of Forensic Odonto-stomatology* **29**: 1-7.

- Van Belle LE, Carter DO, Forbes SL. 2009. Measurement of ninhydrin reactive nitrogen influx into gravesoil during aboveground and belowground carcass (*Sus domesticus*) decomposition. *Forensic science international* **193**: 37-41.
- Vass AA. 2001. Beyond the grave – understanding human decomposition. *Microbiology Today* **28**: 190-192.
- Vass AA, Smith RR, Thopson CV, Burnett MN, Wolf DA, Synsteliem JA, Dulgerian N, Eckenrode BA. 2004. Decompositional Odor Analysis Database. *Journal of Forensic Science* **49**: 760-769.
- Vass AA, Smith RR, Thompson CV, Burnett MN, Dulgerian N, Eckenrode BA. 2008. Odor Analysis of Decomposing Buried Human Remains. *Journal of Forensic Science* **53**: 384-391.
- Vass AA. 2012. Odor mortis. *Forensic Science International* **222**: 234-241.
- Vij K. 2011. Death and its Medicolegal aspects (Forensic Thanatology). Pages 74-99 in Nasim S, Kumar S, editors. *Textbook of Forensic Medicine and Toxicology: Principles and Practice – 5th edition*. Elsevier, Amsterdam.
- Wilson AS, Janaway RC, Holland AD, Dodson HI, Baran E, Pollard AM, Tobin DJ. 2007. Modelling the buried human body environment in upland climes using three contrasting field sites. *Forensic science international* **169**: 6-18.
- Yinon J, Zitrin S. 1996. Detection of hidden explosives. Pages 245-265 in Yinon J, Zitrin S, editors. *Modern methods and applications in analysis of explosives*. John Wiley & Sons, West Sussex.
- Zhou CH, Byard RW. 2011. Factors and processes causing accelerated decomposition in human cadavers – An overview. *Journal of Forensic and Legal Medicine* **18**: 6-9.

6 Seznam obrázků

- Obrázek 1 – Výcvik vyhledávání utonulých osob ze člunu. Tirmenstein D, Freedline R. 2018. Water Search Overview: Searching with Dogs in an Aquatic Environment. Pages 1-23 in Richards NL, editor. Using Detection Dogs to Monitor Aquatic Ecosystem Health and Protect Aquatic Resources. Palgrave Macmillan, Londyn.
- Obrázek 2 – Pes se učí rozlišovat cílový pach mezi pachy klamnými. Johnen D, Heuwieser W, Fischer-Tenhagen C. 2013. Canine scent detection – Fact or Fiction? Applied Animal Behaviour Science **148**: 201-208.
- Obrázek 3 – Pes značící lehnutím místo nálezu hrobu. Pintar A, Nikolic Ch. 2016. Archeology Dogs: Cadaver Dogs on a 700 BC Site. Annmarieackermann. Available from: <https://www.annmarieackermann.com/archaeology-dogs-cadaver-dogs-on-a-700-bc-site/> (accessed January 2016).
- Obrázek 4 - HR pes provádějící prohledávání trosek budovy zasažené požárem. Migala AF, Brown SE. 2012. Use of Human Remains Detection Dogs for Wide Area Search After Wildfire: A New Experience for Texas Task Force 1 Search and Rescue Resources. Wilderness & Environmental Medicine **23**: 337-342.