

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra obecné zootechniky a etologie

Centrum pro výzkum chování psů



**Schopnost speciálně vycvičených psů detekovat lidský
pach dlouhodobě vystavený různým povětrnostním
podmínkám**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Machová Lucie

Vedoucí práce: Ing. Vyplelová Petra Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Schopnost speciálně vycvičených psů detekovat lidský pach dlouhodobě vystavený různým povětrnostním podmínkám" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 8. dubna 2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Petře Vyplelové Ph.D za mnoho rad, velkou pomoc a ochotu a hlavně neskonalou trpělivost při vedení mé diplomové práce a za čichání experimentu se svými fenkami Freny a Helgou, dále Ing. Zuzaně Čapkové Ph.D a její fence Skathi, Ing. Janě Lněničkové a její fence Ivce, Ing. Mileně Santariové a jejím fenkám Goje a Koře za očichání vzorků, vedoucímu pracoviště Ing. Ludvíku Pincovi Ph.D za umožnění uskutečnění diplomové práce v CVCHP a všem jeho dalším členům za pomoc na experimentu, dále všem dobrovolníkům, kteří poskytli svůj pach a nakonec Ing. Věře Kožnarové CSc. za umožnění umístění vzorků na meteorologickou stanici FAPPZ.

Schopnost speciálně vycvičených psů detekovat lidský pach dlouhodobě vystavený různým povětrnostním podmínkám

Souhrn

Přežitelnost lidského pachu byla zkoumána mnoha vědci a to hlavně umělým navozením okolních podmínek (Hudson et al., 2009; Santariová et al. 2012; Preti et al., 2006). Oproti tomu existuje jen málo studií zabývajících se odolností lidského pachu v přirozených přírodních podmínkách (King et al., 1964; Santariová et al., 2016).

Od 6 cílových dobrovolníků byl nabrán individuální lidský pach na skleněné zkumavky. Cílový pach byl ponechán venku ve 2 různých částech roku. Zimní vzorky pocházející od 3 cílových lidí byly vystaveny venkovnímu prostředí od listopadu do května, zatímco letní vzorky získané od dalších 3 lidí od května do prosince. Vždy po 3, 4, 5 a 6 měsících byl z 1 zkumavky od každé cílové osoby odebrán pach na pachový nosič. Po uplynutí posledního časového intervalu byl od cílových lidí znovu nabrán pach, tentokrát na bavlněnou textilií. Zároveň byl nabírán i pach od dalších dobrovolníků, kteří měli roli klamných pachů.

Následně bylo zkoumáno, jestli budou psi schopni tyto vzorky správně ztotožnit. Speciálně vycvičení psi na metodu pachové identifikace dostali vždy k načichání vzorek pocházející z venkovního prostředí a měli za úkol z řady 6 pachů – 1 cílového a 5 klamných - vybrat ten, který pocházel od totožné osoby.

Experiment ukázal, že psi jsou schopni správně ztotožnit zimní vzorky ve všech časových intervalech, ale letní vzorky neztotožní v žádném z intervalů. Jednotlivé časové intervaly mezi sebou nevykazují žádnou rozdílnost.

Největší vliv na změnu kvality individuálního lidského pachu má intenzita slunečního záření.

Klíčová slova: lidský pach, čich, pes, stabilita lidského pachu, metoda pachové identifikace

Ability of specially trained dogs to detect human scent which was exposed to different weather conditions over a long period

Summary

Survivability of human scent was observed by many scientists mainly in artificial conditions (Hudson et al., 2009; Santariová et al. 2012; Preti et al., 2006). Against this exists a few researches about survivability of human scent in nature conditions (King et al., 1964; Santariová et al., 2016).

On glass tubes were taken individual human scent from 6 volunteers. Target scents were left outdoor during 2 different periods of year. Winter samples from 3 target people were outdoor from November to May and summer samples from other 3 people from May to December. Always after 3, 4, 5 a 6 months was taken scent from 1 glass tube of each target person. After last time period was taken scent from target people on cotton textile. Scent of other volunteer was taken at the same time for purpose scent deceptions.

Then was observed if dogs will be able to identify these samples correctly. Specially trained dogs on scent identification line-ups get sample from outdoor environment and they should choose the identical human scent from line of 6 samples – with 1 target and 5 deceptions.

The experiment showed, that dogs are able to identify winter samples in all time periods but are not able to identify summer samples in whatever time period. Time periods do not show any difference.

The biggest influence on quality change of individual human scent has intensity of sun radiation.

Keywords: human odour, olfaction, dog, stability of human odour, scent identification line-ups

Obsah

1	Úvod.....	6
2	Cíl práce.....	7
3	Literární rešerše	8
3.1	Lidský pach	8
3.1.1	Vlastnosti lidského pachu.....	8
3.1.2	Stabilita lidského pachu v prostředí.....	11
3.2	Čich psa	14
3.2.1	Příjem pachu.....	14
3.2.2	Zpracování pachových stimulů v mozku.....	16
3.2.3	Čichové pochody na neuronové úrovni	18
3.2.4	Čichové pochody na úrovni neurologických drah.....	21
3.3	Metoda individuální pachové identifikace osob	22
4	Hypotéza	23
5	Materiál a metody	24
5.1	Použitý materiál.....	24
5.2	Odběry vzorků	25
5.3	Popis experimentu	26
6	Výsledky	29
7	Diskuze	38
8	Závěr	40
9	Seznam literatury	41
10	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	47

1 Úvod

Psí čich je už po tisíciletí využíván ve prospěch člověka (Schoon et Haak, 2002), avšak moderní doba vyžaduje všemožná exaktní vědecká fakta pro potvrzení spolehlivosti služebních psů. Proto dnes vznikají studie na odběrový materiál, určují se podmínky pro skladování pachů (Straus et Kloubek, 2010), provádí se experimenty se stopařskými psy (Hepper et Wells, 2005; Harvey et Harvey, 2003) a lidský pach je vystavován různým extrémním uměle navozeným podmínkám (Hudson et al., 2009; Santariová, 2016). Jen málo studií se zabývá změnami lidského pachu v přírodních podmínkách.

Tato práce navazuje na mou bakalářskou práci (2014), která se zabývala přežitelností lidského pachu ve venkovních podmínkách. Bylo zjištěno, že psi jsou schopni správně ztotožnit individuální lidský pach, který byl ponechán venku po dobu 14 dní, 1 měsíce i 2 měsíců. Pro zajímavost byl i přes ukončení bakalářské práce venku ponechán 1 vzorek pachu od každé cílové osoby. Po uplynutí 6 měsíců od začátku vystavení venkovním podmínkám byly vzorky předloženy psům k pachové identifikaci. Ti ale již nebyli schopni vzorky správně identifikovat. V diplomové práci bude zjišťováno, v jakém bodě časového intervalu 2 až 6 měsíců dochází ke změně kvality pachu v takové míře, že už ho psi nebudou schopni ztotožnit. Dále bude práce zaměřena na expozici lidského pachu venkovním podmínkám v různých částech roku, a tak bude znovu ověřen vliv klimatických podmínek na kvalitu vzorků.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je navázat na bakalářskou práci studentky. Za použití metody, jež byla v bakalářské práci ověřena, bude rozvinut experiment tak, aby bylo možné hlouběji prozkoumat vliv venkovního klima na kvalitu lidského pachu. Výsledek experimentu by měl objasnit, zdali delší doba expozice vzorků venkovnímu prostředí, než které doposud byly vystavovány, prokazatelně zhorší schopnost psů správně ztotožnit lidský pach. Snahou bude určit hranici časového úseku expozice, kdy jsou psi při identifikaci úspěšní a kdy již ne. V závislosti na delším časovém intervalu působení venkovního prostředí bude znovu přehodnocen vliv počasí na lidský pach. A dle vystavení vzorků různým ročním obdobím bude zjištěno, které prvky počasí mají největší podíl na případné změně pachu.

3 Literární rešerše

3.1 Lidský pach

Pach je vlastnost všech organických i anorganických látek, která při vdechnutí stimuluje receptory a vyvolává tak vjem v čichovém orgánu živočicha (Straus et Kloubek, 2010). Vzniká odpoutáním a odtržením částic od vnější vrstvy tělesa a jejím následným pohybem. Tyto částice v sobě nesou charakteristické vlastnosti předmětu, od kterého se odtrhly (Horová et al., 2012). Aby mohl být pach zaznamenán čichovým orgánem, musí být částice v dostatečné koncentraci (Straus et Kloubek, 2010).

3.1.1 Vlastnosti lidského pachu

Vznik lidského pachu a místa exkrece z těla do prostředí

Pachové částice se dostávají z lidského těla do vnějšího prostředí nejčastěji odumíráním epitelových buněk a skrze sekreci různých exokrinních žláz (Shoon et Haak, 2002).

Epidermis do okolí neustále uvolňuje odumřelé kožní buňky. Každou sekundu je vyloučeno asi 667 odumřelých buněk, tyto buňky se po opuštění kůže shlukují a vytváří tzv. „rafty“, což bychom mohli označit jako vločky. Na každé vločce se vyskytují bakterie (Curran et al., 2005).

Sekret, který žlázy vylučují, slouží jako výživné médium pro bakterie a jako katalytická látka pro rozklad odumřelých kožních buněk. Kožní buňka má životnost 36 hodin a poté je rozložena pomocí sekretu a bakterií. Vlivem působení bakterií, vzniká kolem odumřelých kožních buněk nepatrný výpar (Curran et al., 2005).

Největší koncentrace lidského pachu ve vzduchu se nachází kolem člověka. Malé částičky pachu se vznášejí a jsou unášeny v teplém vzduchovém proudu, který z těla neustále proudí, do okolí, zatímco ty větší části se svou tíhou snesou na zem či předměty. Bylo dokázáno, že ve vzduchovém proudu se nachází pětikrát více mikrobiálních zárodků pocházejících z kůže než ve zbytku vzduchu v místnosti (Doyle, 1970). Tak v prostředí po sobě člověk zanechává pachovou stopu. Ještě výraznější pach je zanechán na předmětech, pokud se jich člověk dotkne. Dojde tak k přímému kontaktu a z kůže, která je nositelkou pachu, se pachové částice přemístí přímo a v koncentrovanějším množství, než je ve vzduchu, na předmět.

Složení lidského pachu

Předpokládá se, že nejdůležitější složkou pachu jsou sekrety, které jsou vylučovány z exokrinních žláz v kůži (Straus et Kloubek, 2010).

V kůži se vyskytují tři druhy exokrinních žláz – ekrinní žlázy, mazové žlázy a apokrinní potní žlázy. A právě ty poslední jmenované jsou nejvíce zodpovědné za charakteristický tělesný pach, i přesto, že sekretují jen malé množství tekutiny oproti ostatním dvěma druhům žláz (Hart, 1980). Apokrinní potní žlázy se nacházejí především v podpaží, kde jich je nejvíce z celého těla, dále v urogenitálním kraji, prsním dvorci, ušním kanálu a na očních víčkách (Nicolaidis, 1974). Na ostatních částech těla se také sice vyskytují, ale je jich jen velmi malé množství a někdy bývají dokonce nefunkční (Hart, 1980). Oproti tomu ekrinní žlázy se vyskytují po celém těle a nejvíce jsou zastoupeny na dlaních, chodidlech a na čele. Mazové žlázy se nacházejí v horní části těla – horní část hrudníku a zad, v obličeji a při bázi chlupových folikulů (Ramotowski, 2001; Nicolaidis, 1974).

Každý druh žlázy produkuje rozdílné složky a v důsledku různého umístění na těle vydává tělo na jednotlivých částech odlišný pach (Korting et al., 1988).

Ekrinní žlázy slouží k termoregulaci a vylučují pot. Za den mohou vyloučit 2 - 4 litry. Je složen z 98 % vody, v níž jsou rozpuštěny elektrolyty a anorganické látky, dále obsahuje proteiny, aminokyseliny, kyselinu mléčnou a cukry (Ramotowski, 2001; Sato et al., 1995).

Mazové žlázy jsou bohaté na lipidy. Hlavními složkami jsou triglyceridy, volné mastné kyseliny, skvalen, steroly a estery vosku (Nicolaidis, 1974).

Apokrinní žlázy se uplatňují v chemické komunikaci. Hlavní složkou sekretů jsou cholesteroly, které se vlivem bakterií mohou přeměnit na steroidy (Shoon et Haak, 2002).

Všichni lidé produkují žlázami stejné látky, avšak jejich kvalitativní a kvantitativní struktura se u jednotlivých lidí mírně liší a tím je vytvářen u každého člověka jeho charakteristický pach (Ramotowski, 2001).

Bylo prokázáno, že mastné kyseliny se vyskytují v pachu v mnoha formách – nasycené a nenasycené, různě dlouhé a krátké řetězce, nestejně větvené či nevětvené, volné nebo esterifikované, s dvojnými vazbami na odlišných místech, atd. Některé tyto formy jsou dokonce typické pouze pro člověka a u jiných obratlovců se v pachu nevyskytují. U každého mají tyto mastné kyseliny jiné zastoupení (Nicolaidis, 1974).

Poslední výzkumy ukázaly, že genetická variabilita pachů je nejvíce ovlivněna hlavním histokompatibilním komplexem (MHC) (Shoon et Haak, 2002). MHC v těle reguluje tvorbu transmembránových proteinů (antigenů), používaných v imunitní soustavě pro

rozpoznávání vlastních a cizorodých látek, a tím je zodpovědný za obrovskou variabilitu těchto proteinů napříč populací (Yamazaki et Beauchamp, 2005). Studie prokázaly, že MHC a jeho fenotypové vyjádření antigenů může být zodpovědné za rozdíly v individuálním pachu (Singh, 2001). MHC formuje transmembránový protein do specifického tvaru a tím umožňuje vazbu mnoha druhů těkavých chemikálií, které se spolu s proteinem dostávají do krevního řečiště a odtud do vylučovací soustavy a ekkrinních žláz, kde dochází k degradaci proteinu a uvolnění těkavých látek. Navíc je MHC tvořen z nejvíce polymorfní sady alel, jež se v těle vyskytuje (Singh et al., 1987; Thomas, 1995).

Velkou měrou mohou za variabilitu pachu také těkavé organické sloučeniny (Preti et al., 2006). I některé formy mastných kyselin se při teplotě lidského těla stávají těkavými a odpařují se z pokožky. Experimenty s komáry přenašející žlutou zimnici dokázaly, že člověk je pro komára atraktivní i působením těkavých látek a že podle jejich zastoupení v pachu komáři některé pachy upřednostňují (Bernier et al., 2000). V jiném experimentu bylo prokázáno, že složení těkavých látek v pachu se s věkem člověka mění, a tím se mění i jeho pach (Gallagher et al., 2008).

Samotná tekutina žláz nepůsobí výrazné aroma, i když je za něj převážně zodpovědná. Na povrchu kůže žijí komensální bakterie, které se živí sekretem exokrinních žláz (Nicolaidis, 1974). Svou činností bakterie přetváří látky ze žláz na jiné látky, které mohou být výrazněji aromatické než původní produkt žláz (Bernier et al., 2000). Mezi nejčastější druhy patří micrococcadeae, staphylococcus, corynebacterium, pityrosporum a propionibacterium (Schoon et Haak, 2002). Bakterie vytváří na kůži populace, které jsou v čase stabilní, a rozdílné populace se nachází na rozdílných částech těla. V důsledku toho je pach po těle variabilní (Korting et al., 1988). Je to ovlivněno rozložením žláz po těle, protože každá bakterie vyžaduje jiné složky své potravy. Látky ze žláz mohou patogenům způsobit metabolické poruchy, a proto na kůži mohou přežít jen kompatibilní mikroorganismy (Nicolaidis, 1974). Oblasti s největším množstvím bakterií na těle jsou krk, obličej, podpaží, třísla, chodidla a mezi prsty na nohou. U lidí se vyskytuje rozdílnost jak v množství, tak i v druzích bakterií (Schoon et Haak., 2002).

Zanechání lidského pachu v prostředí

V prostředí se obvykle nenachází individuální lidský pach samostatně. Celkový pach člověka je tvořen mnohem více složkami, které se k individuálnímu pachu přidružují (Schoon et Haak, 2002).

Pach by se tedy dal dělit na „vrstvy“. Tzv. primární pach obsahuje geneticky dané složky pachu a v průběhu času je stálý a nemění se. Sekundární pach vzniká následkem životosprávy, jídelníčku a vlivem prostředí, ve kterém člověk žije (Curran et al., 2005). Podle sekundárních pachů lze určit pohlaví a etnickou příslušnost člověka, stejně tak i u nemocných lidí rozeznat druh choroby (Straus et Kloubek, 2010). Terciální pach zanechávají různé kosmetické přípravky, mýdla a deodoranty (Curran et al., 2005). Některé deodoranty působí v lidském pachu i 14 dní po ukončení jejich používání (Preti et al., 2006). Dále sem patří pachy prostředí, ve kterém se osoba vyskytovala, např. bydliště nebo zaměstnání (Straus et Kloubek, 2010). Dle Strause a Kloubka (2010) je primární, sekundární a terciální pach nazýván individuální, druhový a přidružený pach.

Ještě je možno rozlišit tzv. pach pozadí (Prada et al., 2010). Při stopování se jedná o pach materiálu, na kterém je stopa vedena, protože člověk při našlápnutí na zem způsobuje v povrchu celou řadu změn. Rozšlape trávu a různé rostliny, poruší soudržnost a pořadí vrstev hlíny, tím se do vzduchu uvolní pachy (Eis, 1991). V případě experimentů to je pach, který se do celkového pachu dostává kontaminací pachových vzorků anebo přejímáním pachu odběrového materiálu (Prada et al., 2010).

Z důvodu již zmíněného oblaku pachu, který se nachází kolem člověka, je přenos do okolí velice snadný. Bylo to dokázáno i experimentem, při kterém byl pach nabrán od člověka na speciální látku tzv. Aratex[®] tak, že levou rukou se Aratexu[®] dotýkal, avšak pravou ruku měl nad jiným Aratexem[®] pouze umístěnou ve vzduchu a nedotýkal se ho. To celé pouze po dobu 3 minut. Psi přesto téměř bezchybně pach identifikovali (Vyplelová et al., 2013).

Identifikace pachů je hojně využívaná metoda v kriminalistice. Ale snadná přenosnost pachu do okolí znemožňuje přímé obvinění pachatele po provedení pachové identifikace. To, že pes identifikuje pach, pouze ukazuje, že se člověk vyskytoval v nějaké době na místě činu anebo mohl být v těsném kontaktu s inkriminovanými osobami z místa činu (Stockham et al., 2004).

3.1.2 Stabilita lidského pachu v prostředí

Stabilita lidského pachu v prostředí byla zkoumána zejména v umělých podmínkách (Schoon, 2003; Hudson et al., 2009). To z důvodu potřeb policie, která musela vypracovat platné protokoly a postupy pro uchovávání pachových důkazů. Hledal se nejlepší způsob, jak se vzorky nakládat, aby se zaručila jejich stálost. Dále bylo provedeno mnoho výzkumů v oblasti trvalosti pachových stop (Harvey et Harvey, 2003). Výsledky z těchto výzkumů se

dají uplatnit při záchraně a vyhledávání osob, stopování pachů zločinců a v loveckých disciplínách.

Stabilita lidského pachu při působení vnějších podmínek

Stopy

Z praxe jsou známy obecné principy vlivu počasí na stopy. Když je stopa kladena na mokrou zem, tak jsou boty vodou přímo vyluhovány, taková stopa je potom obzvlášť silná a trvanlivá. Stopy kladené na suchou zem, která je následně namočená, se psůvi také lépe zpracovávají než na suché zemi, ale spíše z důvodu vlhkosti v nose, protože kvalita stopy se nemění. Naopak pokud je země promáčená tak, že se na boty lepí hlína, je stopa tvořena pouze přídruženými pachy, protože vrstva hlíny nepropustí individuální pach. Nejlépe se individuální pach udržuje ve sněhu. Chybí tam přídružené pachy země, rostlin, a tak je individuální pach čistější. Navíc se při doteku země část sněhu pod nohou rozehrěje a znovu dojde k vyluhování boty jako v prvním případě (Eis, 1991). Dalším živlem, který značně ovlivňuje trvanlivost stopy a pachu, je vítr. Nejen že může mást psa při stopování podle toho, jakým směrem fouká, ale navíc rozptyluje a odnáší pachové částice a pach se tak stává slabším (Harvey et Harvey, 2003).

Pro položení pachové stopy jednotlivý dotek nohy nestačí, ten zanechává příliš slabý pach. Pes je schopen pach vnímat a sledovat až při větší koncentraci. K té na stopě dochází, pokračuje-li jeden dotek nohy za druhým - tento jev je nazýván sumace (Eis, 1991). Výzkum ukázal, že k tomu, aby byl pes schopen stopu zaznamenat a určit její směr, stačí 5 kroků (Hepper et Wells, 2005). Experimenty ukázaly, že bloodhoundi jsou schopni vyčlenit 48 hodin starou stopu umístěnou v centru města, přes kterou přešlo až 1000 lidí, i při nevhodných povětrnostních podmínkách (Harvey et Harvey, 2003). Stockham et al. (2004) dokonce uvádí případ, kdy byl bloodhound schopen sledovat ve frekventované stanici metra i 17 dní starou stopu.

Nabrané pachy z osob či předmětů

Na rozdíl od stop jsou nabrané pachy většinou koncentrovanější, protože původce pachu byl v kontaktu s pachovým nosičem zpravidla delší dobu (minuty), než trvá dotek nohy se zemí (sekundy) (Hepper et Wells, 2005).

Autoři jedné studie srovnávali, jak staré vzorky s lidským pachem budou psi schopni identifikovat, pokud budou předměty s pachem (skleněná podložní sklička s otisky prstů) ponechány volně v místnosti anebo umístěny venku na střeše. Během pokusu byly měřeny

hodnoty počasí jako teplota, srážky, rychlost větru a intenzita slunečního záření. K čichání byli použiti speciálně vycvičení psi, kteří značili pouze sklíčka s lidským pachem (s otiskem prstů) a těch bez pachu si nevšimli. Výsledkem bylo, že psi byli schopni identifikovat lidský pach nechaný v místnosti i po 6 týdnech, kdežto pach nechaný venku věrohodně určili do 2 týdnů stáří, u 3 týdenních venkovních vzorků už byla úspěšnost jen 24 – 30 % (King et al., 1964).

Jinde zase ponořili předmět, který předtím držela osoba jen po dobu 1 minuty, na 1 hodinu do řeky. Ukázalo se, že tekoucí voda nemá na změnu kvality pachu zásadní vliv, protože všichni psi z experimentu dokázali spolehlivě lidský pach ztotožnit s pachem původním (Santariová et al., 2012).

V dalším výzkumu byly vzorky po delší dobu vystaveny různým vnějším vlivům jako pokojové teplotě, teplotě -80°C , tmě anebo ultrafialovému záření. Zatímco při pokojové teplotě a tmě se schopnost identifikace psy příliš neměnila a pach tedy zůstával stabilní, při působení teploty -80°C a ultrafialového záření docházelo ke značným chybám psů. Při působení mrazu hlavně docházelo ke změnám na materiálu, na který byl pach nabrán, a pach tím byl celkově ovlivněn. Avšak při expozici ultrafialového světla bylo v pachu naměřeno mnohem větší množství methyl esterů a aldehydů než se normálně má v pachu vyskytovat (Hudson et al., 2009).

Santariová et al. (2016) ověřovala přežitelnost lidského pachu na výbušninách tak, že odorant vystavila hodně vysokým teplotám. Zatímco všichni psi správně ztotožňovali vzorky, na které působila teplota i 800°C , u teploty 900°C už byla schopna identifikace pachu jen polovina psů.

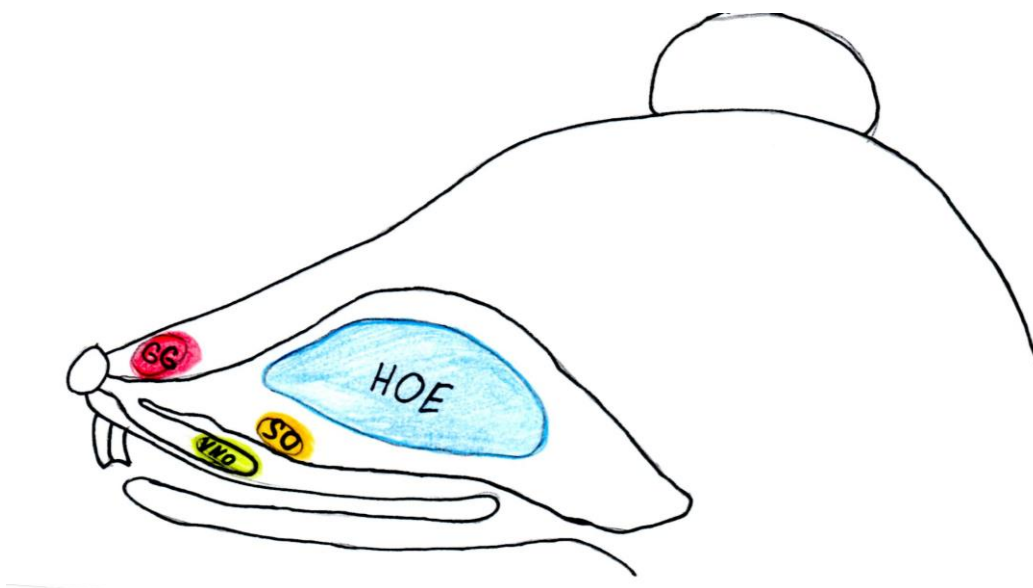
Stabilita lidského pachu v pachových konzervách

Při odběru pachů z místa činu jsou vzorky umístovány do sklenic se šroubovacím víčkem (tzv. pachové konzervy), aby se zabránilo jejich kontaminaci ostatními pachy z prostředí. Za dodržení stabilních podmínek v místnosti, kde se vzorky ukládají, mohou být pachy uchovávány ve sklenicích až po dobu 3 let, aniž by se jejich složení nějak zásadně měnilo (Straus et Kloubek, 2010). K největší změně kvality pachu dochází v prvním týdnu uskladnění. Po této době se úspěšnost identifikace snižuje z původních 100% u čerstvého pachu na 75% a na této hodnotě zůstává. U dobře cvičených a zkušených psů se tato změna skoro nepozoruje, přesto se v praxi z důvodu jistoty provádí identifikace pachu vícekrát (Schoon, 2003).

3.2 Čich psa

3.2.1 Příjem pachu

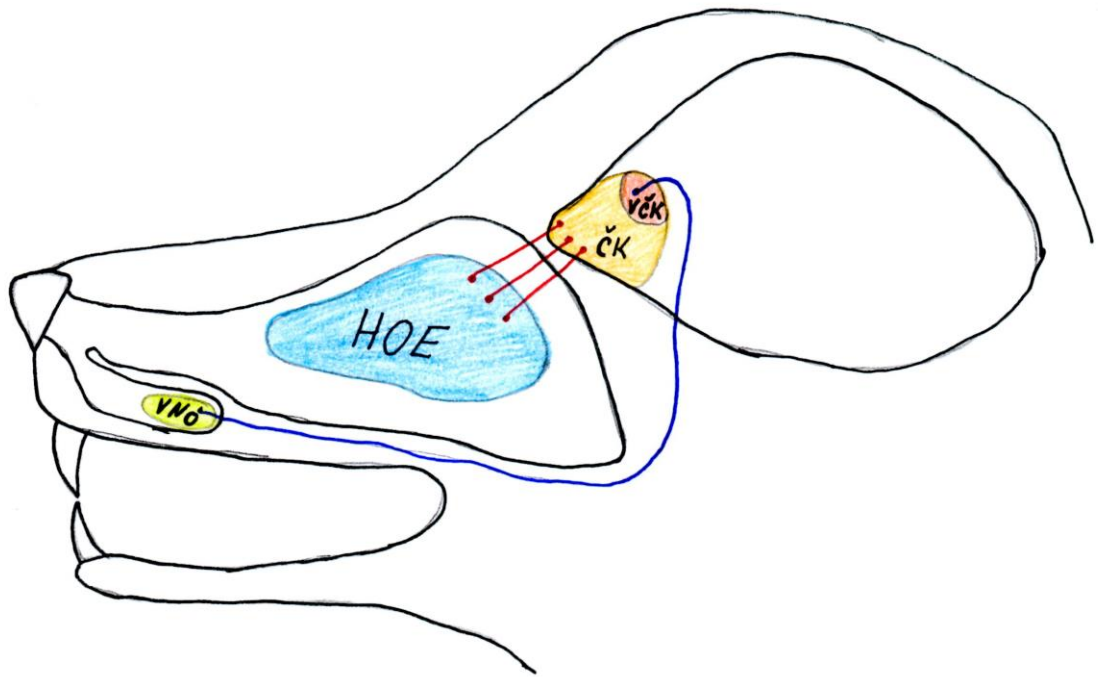
Odorant je spolu se vzduchem nasáván čenicem do nosní dutiny. Pohyblivé nozdry psa umožňují usměrňovat pohyb vydechovaného i vdechovaného vzduchu. Například pokud pes zkoumá pach před sebou, vydechuje nozdrami vzduch šikmo za sebe tak, aby si daný pach neodfoukl. Zároveň je schopen zaměřit tok vydechovaného vzduchu do místa pachu a tím zvednout do ovzduší i ty molekuly s vyšší hmotností, které by jinak nebylo možné vnímat (Settles et al., 2003). Samotné odoranty jsou pak zachytávány na čichovém epitelu v nosní dutině. Čichový epitel je charakteristický tmavou barvou a rozprostírá se na nosních skořepách, nosní přepážce a dosahuje až do části čelních dutin. Toto rozložení umožňuje čichovému epitelu dosáhnout velkého povrchu, který u psů velikosti německého ovčáka činí 170 – 200 m² (Syrotuck, 2000). Čichový epitel není jedna souvislá struktura, ale je rozdělen do subsystemů. Obecně se skládá z hlavního olfaktorického epitelu, vomeronasálního orgánu, septálního orgánu a Gruenbergerova ganglia, které jsou různě rozmístěny v nosní dutině (obrázek číslo 1) (Breer et al., 2006) .



Obrázek číslo 1. Schéma čichového epitelu myši. HOE – hlavní olfaktorický epitel, VNO – vomeronasální orgán, SO – septální orgán, GG - Gruenbergerovo ganglion (autorka 2016).

Avšak poslední výzkumy ukázaly, že psi na rozdíl od myši nedisponují Gruenbergerovým gangliem ani septálním orgánem (viz. obrázek č. 2) (Barrios et al, 2015). Hlavní olfaktorický epitel slouží k zachytávání a rozlišování obrovského množství těkavých látek běžně se vyskytujících v prostředí živočicha, naproti tomu vomeronasální orgán figuruje

jako detektor pachových látek, které jsou typické pro druh, pohlaví a jedince a které slouží k vnitrodruhové i mezidruhové komunikaci (Mombaerts, 2004).



Obrázek číslo 2. Schéma čichového epitelu a axonů čichových neuronů psa. HOE – hlavní olfaktorický epitel, VNO – vomeronasální orgán (autorka 2016).

Stejně jako je tomu u jiných smyslových orgánů, je pach přijímán specializovanými receptory. Tyto čichové receptory se nachází na cílích čichových bipolárních neuronů, které prochází skrz vrstvu sliznice na čichovém epitelu (Firestein, 2001). Těchto speciálních neuronů je na čichovém epitelu psů kolem 250 milionů (Syrotuck, 2000). Každý axon čichového neuronu prochází řesetnou ploténkou až do frontální části mozku – čichového kyje. Zde se axony napojují na dendrity projekčních neuronů a vzniklý spoj je nazýván glomerulus (Firestein, 2001). Jejich napojení není náhodné. Do kterého glomerulu čichový neuron dospěje, určuje druh receptoru, jež je na neuron napojen. Neurony z hlavního olfaktorického epitelu směřují přímo do přední části čichového kyje, kdežto čichové neurony z vomeronasálního orgánu čichový kyj obcházejí a napojují se zezadu, do jeho části zvané vedlejší čichový kyj (obrázek číslo 2) (Mombaerts, 2001). Oproti jiným živočichům mají psi relativně nízkou vrstvu epitelu na vomeronasálním orgánu a zároveň i relativně malý vedlejší čichový kyj (Dennis et al., 2003).

Čichové receptory

Čichový receptor je velký membránový protein, který se od ostatních membránových proteinů liší specifickou chemickou strukturou. Je složen ze 7 transmembránových domén, které se střídavě zanořují a vynořují do povrchu cílie čichového neuronu (DeMaria et Ngai, 2010). Repertoár různorodosti čichových receptorů je obrovský. U psů bylo nalezeno 1094 genů, které kódují tyto receptory. Jsou seskupeny do 17 genových rodin a v genomu savců jsou považovány za ty největší. Takové množství genových variací vznikalo v průběhu evoluce díky mutacím (Quignon et al., 2005). Genom psa obsahuje 20,3% pseudogenů čichových receptorů a dnes už je dokázáno, že rozsah a míra funkčnosti receptorů je rozdílná i mezi jedinci. Tato odlišnost vzniká záměnou, delecí a inzercí nukleotidů v genech čichových receptorů a vliv má také to, zda je pes v genu homozygotní či heterozygotní. Polymorfismus v genech může mít za následek změnu vnímání pachů či jen určité skupiny odorantů (Lesniak et al., 2008).

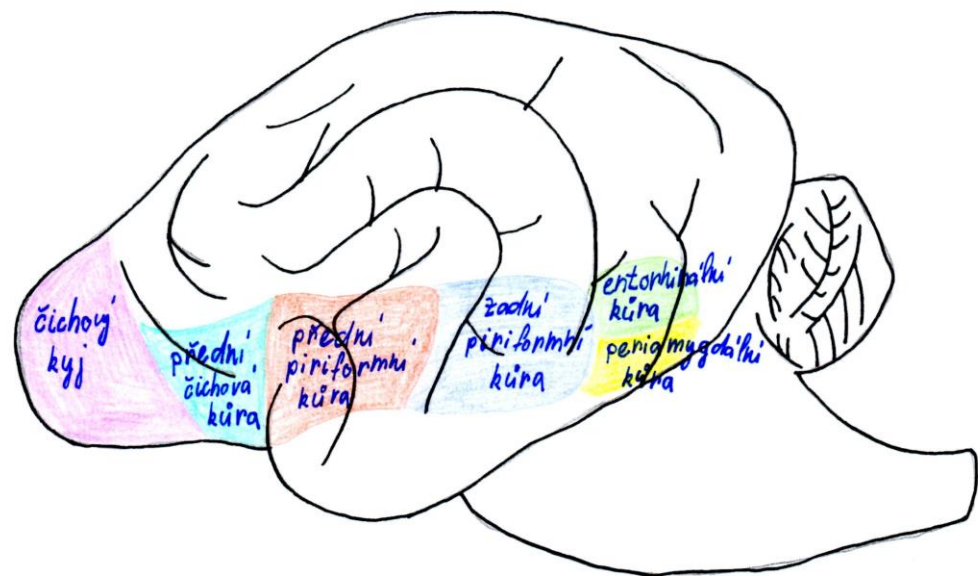
Detekce a rozpoznání milionů různých molekul odorantů je umožněna díky vysokému polymorfismu čichových receptorů. Receptory mají v sobě zabudovaný určitý „tvar“, na který může část odorantu nasednout, a každý receptor je ve „tvaru“ rozdílný (Saito et al., 2009). Podle Katady et al. (2005) záleží na variabilitě třetí, čtvrté a páté transmembránové domény. Odorant může reagovat s více receptory najednou tak, že jednotlivé jinak modulované části molekuly pachu nasedají do odpovídajících oblastí receptorů. Aktivováním různých kombinací čichových neuronů vzniká nekonečně mnoho variant a každá znamená jiný pach (Saito et al., 2009). Zajímavostí je, že pokud vzniká pach smícháním více odorantů, živočich vnímá celek jako nový pach. Jednotlivé složky je schopen rozlišit pouze v případě, kdy je složen jen ze 2 komponentů (Linster et Smith, 1999).

3.2.2 Zpracování pachových stimulů v mozku

Z čichové sliznice vedou axony neuronů čichových receptorů do části mozku, který se nazývá čichový kyj. V čichovém kyji dochází k prvnímu zpracování zaznamenaného pachu (Haberly, 2001). Axony zde končí a shlukují se v glomerulech. Bylo zjištěno, že glomeruly jsou uspořádány do pásem a skupin na základě podobnosti odorantů, jež kódují. Každý glomerul odpovídá jednomu nebo více (obvykle dvěma) typům čichových receptorů (Mori and Yoshihara, 1995). Například u myši bylo zjištěno přibližně 1000 typů čichových receptorů a asi 1800 glomerulů v čichovém kyji (Royet et al., 1988). Vzhledem k tomu, že v olfaktorickém kyji se vyskytuje několik tisíc glomerulů, jež jsou seskupeny dle svých charakteristik, můžeme hovořit o vytváření čichových map. Druh pachu je pak určen dle

různých kombinací aktivovaných glomerulů (Mori et al., 2006). Čichový kyj v podstatě funguje jako filtr a má 3 hlavní funkce: rozlišovat pachy, zvyšovat citlivost k detekci pachů a odbourávat pachové pozadí (Jia et al., 2014).

Z čichového kyje je dále veden nervový signál do pyramidálních buněk čichové kůry. Čichová kůra zahrnuje přední čichovou kůru, piriformní kůru, periamygdální kůru a entorhinální kůru (obrázek číslo 3) (Jia et al., 2014).



Obrázek číslo 3. Znázornění čichového mozku psa (autorka 2016).

Přední čichová kůra má nejtěsnější spojení s čichovým kyjem. Nervovými drahami jsou do ní posílány separované projekce pocházející z čichového kyje. Ty je potřeba sestavit dle jejich vzájemných závislostí a vytvořit tak „tvar“ odorantu či směsi odorantů. Z tohoto hlediska je přední čichová kůra považována za nejdůležitější část čichového mozku (Haberly, 2001).

Piriformní kůra je rozdělena na přední a zadní část, které spolu navzájem komunikují. Přední i zadní piriformní kůra dostává po přímé dráze informace jak z čichového kyje, tak i z přední čichové kůry. Přední piriformní kůra směřuje zpětné informační dráhy stejným směrem, ale zadní piriformní kůra posílá své stimuly do přednějších částí mozku pouze přes přední piriformní kůru (Luskin and Price, 1983). Z vyšší mozkové kůry má přední piriformní kůra spojení pouze s orbitofrontální kůrou (Ekstrand et al., 2001a). Oproti tomu

zadní piriformní kůra má nervové spojení s periamygdální kůrou a entorhinální kůrou, prefrontální kůrou a amygdalou (Johnson et al., 2000). V přední piriformní kůře probíhají autoasociační procesy, dochází zde k dokončení pachových vzorců, zprostředkovává učení a důležitou funkcí je generalizace pachu a to zejména při hrozbě ohrožení (Yonemori et al., 1999). Nervy v zadní piriformní kůře mají značně pyramidální uspořádání. To souvisí s funkcí zadní piriformní kůry, která kooperuje s velkým repertoárem behaviorálních, kognitivních a kontextových informací pocházejících ze vzdálenějších částí mozku a porovnává je s pachovými vjemy čichového mozku. Má schopnost kontroly a opravy případných nesrovnalostí (Haberly, 2001).

Periamygdální kůra se spoluúčastní na řízení emocionálních procesů vycházejících z pachových stimulů a usnadňuje paměťové kódování (Zald and Pardo, 1997).

Entorhinální kůra je centrem pro navigování v paměťové síti (Haberly, 2001).

Činnost čichového mozku

Jia et al. (2014) ve své studii porovnávala mozkovou aktivitu související s čichem u anesteziovaných a bdělých psů. Na magnetické rezonanci bylo zjištěno, že mozek v oblasti čichového kyje, přední čichové kůry, piriformní kůry, periamygdální kůry a entorhinální kůry byl aktivní jak u anesteziovaných tak bdělých psů. Zatímco mozeček a části mozku související s kognitivní činností (frontální kůra, perifrontální kůra) byli aktivní převážně u bdělých psů. Změna koncentrace vzorku pachu měla vliv pouze na aktivitu čichového kyje a mozečku a to jen u psů, co byli vzhůru (Jia et al., 2014). I spící pes je tedy schopen zaznamenat a vyhodnotit pach ve svém okolí.

3.2.3 Čichové pochody na neuronové úrovni

Z čichové sliznice jsou signály z receptorů předávány na základě jednoduchého propojení a to receptor – čichový neuron – glomerul v čichovém kyji. Tím vzniká kombinatorní kód jednotlivých pachů, který lze snadno analyzovat (Shoon et Haak, 2002). Komunikace mezi neurony je tedy založena na specifitě spojení (Sanger, 1989).

Proti tomu jsou následující pochody v mozku o něco složitější. V nervové tkáni mozku mezi sebou navzájem a v současné chvíli komunikují všechny neurony a to i ty neatakované původním nervovým signálem z receptorů. Spojení mezi neurony jsou uspořádány do vrstev, kdy neuron přijímající signály od neuronů v patře nad sebou přeneše odpovídající výstupní informaci neuronům do patra pod sebou (Peter et al., 2008). Celý systém v mozku je

tedy založen na síle synapsí nežli na specifitě spojení. I přes určitá omezení, která jsou dána uspořádáním a stavbou patrovité struktury je tento systém biologicky velmi účinný a dává vzniknout asociačním a učebním procesům a umožňuje práci s velkým množstvím informací (Haberly, 2001).

Učení pachových vzorců a zesílení pachových vjemů

Hebbyho teorie učení říká:

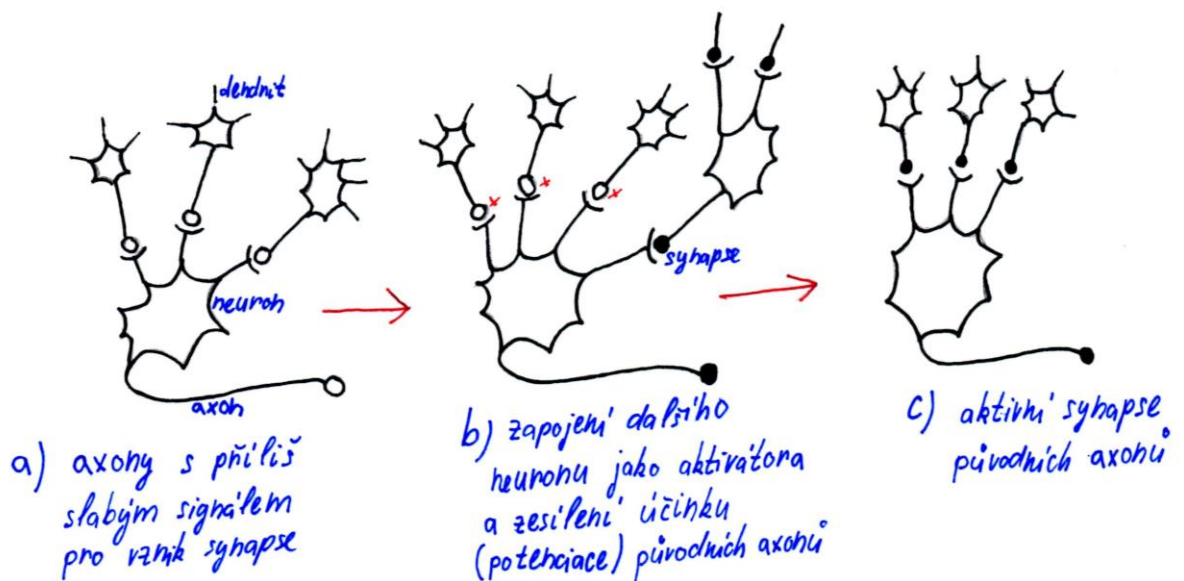
a) pokud 1. buňka opakovaně pomáhá ve vydráždění 2. buňce, u které původní signál z jiné buňky není natolik silný, aby synapsi vyvolal, stane se nakonec prvotní signál spouštěčem reakce

b) pokud u 2 buněk dochází opakovaně ve stejném čase k vydráždění, tak mezi nimi vznikne asociace a když následně dojde k podráždění jedné buňky, vyvolá to aktivitu i v buňce druhé (Hebb, 2005).

Zatímco případ za a platí při učení se nových pachových vzorců a spojů, případ za b se uplatňuje, když je pachová stopa příliš slabá anebo neúplná.

Učení

Pokud do neuronu pravidelně vedou ty samé axony a nevyvolávají synapse, zpravidla z důvodu neznámé a nové kombinace či slabého signálu, do procesu se vloží další neuron, který funguje jako aktivátor (Haberly, 2001). Dle principů Hebbovy teorie tak dojde k zesílení účinku u původních axonů (obrázek číslo 4). Po této fázi učení se u původního axonu budou projevovat synapse i za absence signálu z pomocného axonu (Hebb, 2005).

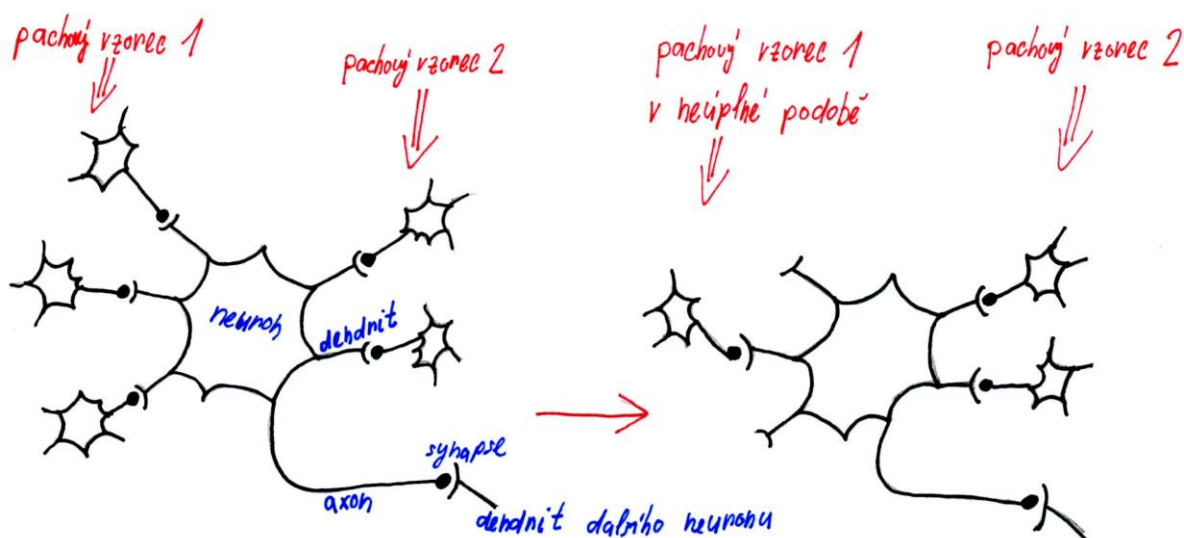


Obrázek číslo 4. Grafické znázornění principu učení nového pachu (autorka 2016).

Zesílení

Pro zesílení slabého či dotvoření neúplného pachového vjemu mozek využívá asociací. U nich pak rozlišujeme, zdali se jedná o heteroasociace či autoasociace.

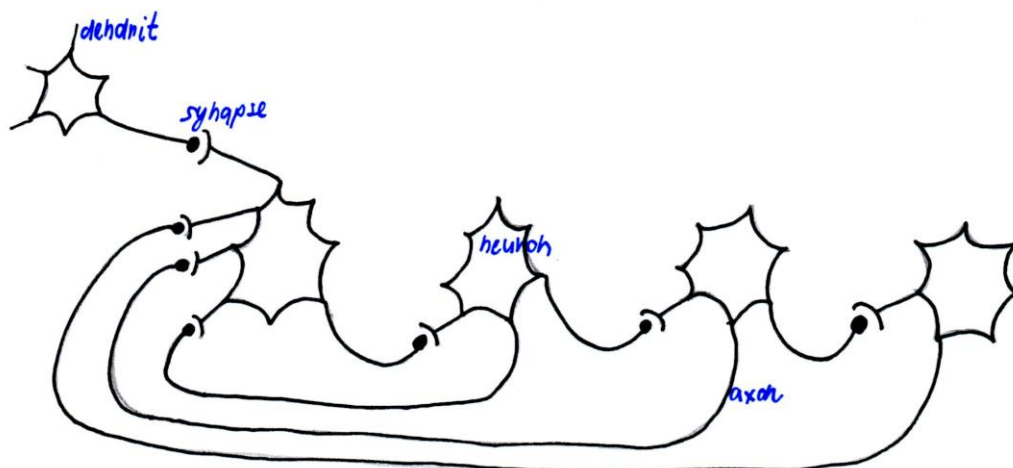
Heteroasociace jsou charakteristické pro působení 2 rozdílných pachových vzorců na neuron, které dohromady vyvolávají 1 reakci. K asociaci dochází, když je neuron stimulován jen 1 pachovým vzorcem nebo 1 kompletním a druhým částečným a reakce se přesto koná (obrázek číslo 5) (Hasselmo, 1995).



Obrázek číslo 5. Grafické znázornění principu heteroasociace (autorka 2016).

Autoasociace se vyskytují u neuronů zapojených paralelně za sebou (Hopfield, 1982). Přijatý signál neuron posílá dalšímu neuronu v řadě a zároveň jej vede zpět k prvnímu neuronu. Tomuto způsobu posílání informací se ve fyziologii říká reverberace (obrázek číslo 6). Na počátku slabý signál se tak nahromadí a zvýší (Reece, 2011).

Díky využití těchto principů se několikanásobně zvyšuje schopnost psa detekovat slabé či pozměněné pachové látky a není tedy ve výsledku plně závislá na kvalitě a množství čichových receptorů.



Obrázek číslo 6. Grafické znázornění principu autoasociace (autorka 2016).

3.2.4 Čichové pochody na úrovni neurologických drah

Jedná se o vyšší nervové pochody, které z mnoha jednoduchých nervových stimulů sestavují celkový pach objektu. Dle Wilsona (2000) se pach v mozku neprezentuje jako množina částí ale spíše jako jakýsi psychický tvar. K dotvoření konečného tvaru pachu je často zapotřebí využití speciálních procesů a to kompletaci vzorců a generalizaci pachu.

Kompletace vzorců

Pachové vzorce nejsou vždy úplné. Jejich nedokonalost může být dána například částečnou neprůchodností nosní dutiny, porušením několika čichových receptorů anebo zhoršením kvality odorantu. Kompletace vzorců je ale také často používána pro udržení hladiny citlivosti na odoranty, u kterých dochází v průběhu čichání ke změnám koncentrace (Rubin et Katz, 1999). Při kompletaci dochází k doplnění částečných informací v pachovém vzorci. Kompletace vzorce vychází ze spolupráce čichové kůry a paměti psa (Wilson, 2009).

Generalizace

Generalizace je proces, kdy je neznámý pach rozpoznán na základě podobnosti s dříve cítěným a již známým pachem. Jedná se o jakési zobecnění pachu. V důsledku generalizace pachu může dojít u jedince k behaviorální změně, jež má za následek zvýšení šance na přežití (Fletcher et Wilson, 2002). Například liška, která se po předchozí zkušenosti

bude vyhýbat medvědu hnědému, se zachová úplně stejně i při prvním setkání s pachem medvěda ledního, který nikdy předtím neměla možnost cítit. Nevýhodou generalizace je, že pokud nastane v procesu čichání příliš brzy, jedinec následně nebude schopen rozlišení mezi těmito podobnými pachy (Haberly, 2001).

3.3 Metoda individuální pachové identifikace osob

Jedná se o proces, kde speciálně vycvičený pes k sobě přiřazuje pachy, které pochází od stejného jedince (Schoon, 2005). Tato metoda je používána u Policie České republiky (Straus et Kloubek, 2010), stejně tak i v mnoha dalších zemích (Schoon et Haak, 2002). V případě kriminalistiky tedy pes porovnává pachy sejmuté na místě činu s pachem obviněné osoby. Existuje více variant použití. Buď může pes porovnávat pach sejmutý z předmětu s pachovým vzorkem osoby, pach z předmětu s pachem jiného předmětu anebo pach osoby s pachem stopy (Straus et Kloubek, 2010).

Pachy jsou z místa činu nabírány a následně uchovávány tak, aby nedošlo k jejich znečištění dalšími pachy, a čichány jsou ve sterilní větrané místnosti (Schoon et Haak, 2002).

Při metodě pachové identifikace osob (MPI) je psovi na začátku dán k načichání vzorek pachu. Ten má porovnat s dalšími 6 – 8 vzorky pachů ležícími v řadě před psem a sednutím, lehnutím či jiným značením označit vzorek totožný s načichávacím pachem (Jeziarski et al., 2012).

4 Hypotéza

Speciálně vycvičení psi na metodu pachové identifikace nebudou schopni identifikovat a správně ztotožnit individuální lidský pach:

Hypotéza číslo 1. který byl vystaven působení venkovních podmínek v zimním období roku po dobu delší než 2 měsíce.

Hypotéza číslo 2. který byl vystaven působení venkovních podmínek v letním období roku po dobu delší než 2 měsíce.

5 Materiál a metody

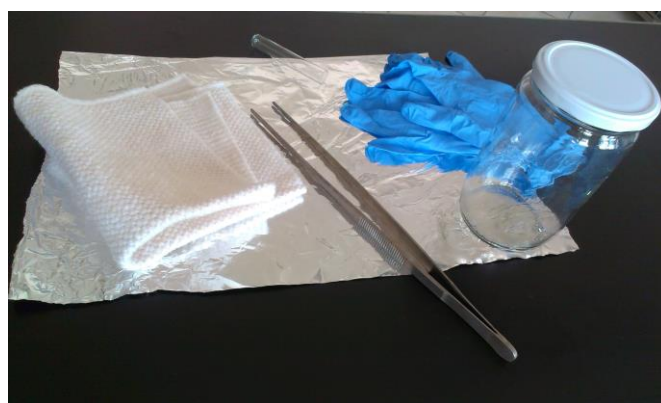
Experimentem bylo zjišťováno, zda pes dokáže správně ztotožnit individuální lidský pach, který byl vystaven po několik měsíců venkovním podmínkám s pachem stejné osoby, který těmito podmínkami nebyl ovlivněn.

Od dobrovolníků byly nabrány pachy. Část z nich sloužila jako cílové, pachy ostatních fungovaly jako klamavé. Polovina vzorků od cílových osob byla ponechána venku v prostředí, kde bylo možno měřit teplotu, sílu větru, srážky a hodnotu slunečního záření, zatímco druhá polovina byla nabrána až později a ponechána pouze v uzavřených sterilních sklenicích v místnosti se stabilními podmínkami. Při samotném čichání pak byl psovi předložen pach vystavený působení vlivu venkovních podmínek, zatímco v čichové řadě před ním byl umístěn mezi klamavými pachy jiných lidí tzv. klamáky pach téže osoby neovlivněný vnějším prostředím. Sledovalo se, zda je pes tento pach schopen ztotožnit a zda se tato jeho schopnost mění v závislosti na tom, kolik měsíců byl pach ponechán venku nebo v kterém ročním období (Machová, 2014).

5.1 Použitý materiál

Pach byl odebírána na speciální a k tomuto účelu vyráběnou látku z netkané bavlny tzv. Aratex®. Aratexy® s nabranými pachovými vzorky se uchovávaly ve sklenicích se šroubovacím víčkem.

Cílový pach určený k ponechání ve vnějších podmínkách se nabíral na skleněné zkumavky. Tyto zkumavky byly venku nasazeny na tyčkách z drátu, aby se vyhnulo kontaminaci se zemí. Při odběrech v případě potřeby byly pomůcky pokládány na sterilní aluminiovou fólii. Stejně tak byly do této fólie baleny Aratexy® při získání pachu pomocí



Obrázek číslo 7. Pomůcky pro odběr pachu (autorka 2014).

otisku pachových stop. Se všemi vzorky bylo manipulováno za použití nitrilových či latexových rukavic a pinzet, aby se předešlo přenosu pachu odběratele na vzorky (Machová, 2014).

Víčka, Aratexy®, alobal a rukavice se používaly vždy nové. Sklenice, zkumavky, drát a pinzety byly před použitím umyty v ultrazvukové myčce v detergentním prostředku při teplotě 60°C po dobu 15 minut a následně sterilovány při teplotě 180°C po dobu 35 minut (Machová, 2014).

5.2 Odběry vzorků

Odběry vzorků byly prováděny v místech, kde se dá předpokládat nižší koncentrace okolních pachů, aby bylo minimalizováno riziko vzniku příliš silného pachového pozadí. Většina vzorků se proto nabírala venku. Pokud zrovna nebylo vhodné počasí (např. déšť) a hrozilo znehodnocení odebíraného pachu, prováděl se odběr na čichacím sále – desinfikovaná místnost se systémem filtrace vzduchu a odvětrávání.

Všichni dobrovolníci, od kterých byl pach získáván, byli ženy ve věkové kategorii 21 až 29 let. Takto jednostranná skupina byla zvolena z důvodu snížení rozdílnosti pachů, jež se vyskytují mezi pohlavími a věkovými kategoriemi, a zabránilo se tak nežádoucímu ovlivnění výsledků experimentu.

Bylo vybráno dvakrát po 3 lidech pro odběr cílových vzorků. Každá trojice dobrovolníků na cílové pachy se odebírala v rozdílné době. První trojice byla určena na zimní vzorky, které se venku nacházely od listopadu do května. Druhá trojice se odebírala o půl roku později a jejich vzorky, které sloužily jako letní, byly venku ponechány od května do prosince.

Pach cílových osob byl nejprve nabrán na skleněné zkumavky. Ženy si vyhrnuly rukávy oblečení a až po lokty si umyly ruce vodou a detergentem. Následně si nechaly ruce oschnout a po umytí se již ničeho nedotýkaly. Když měly ruce suché, byly jim podány zkumavky. Ty pak držely po dobu 5 minut. Odběratel se zkumavkami manipuloval pouze pomocí pinzet, sám se jich nesměl dotknout. Pro každou cílovou osobu byla použita jiná pinzeta, aby nedošlo k přenosu pachu jiné cílové osoby na vzorek. Od každého člověka byly nabrány celkem 4 zkumavky.

Když uplynul stanovený interval, kdy byly zkumavky s pachem ve venkovních podmínkách, byl z nich sejmout pach. Jednalo se o tzv. „otisk pachové stopy“ (OPS), což

znamená, že pach není odebírán přímo z těla osoby, ale z předmětu, jehož se daná osoba dotýkala. Zkumavka byla zabalena do Aratexu®, který byl obalen alobalem. Zkumavky byly takto ponechány po 30 minut a po této době byl Aratex® umístěn do sterilní sklenice (Machová, 2014). Pro jistotu byly z každé zkumavky odebrány 2 vzorky.

Ve druhé fázi byl individuální lidský pach nabírán nejen od cílových osob ale i dalších dobrovolníků, jejichž vzorky byly využity jako tzv. klamné pachy. Pod oblečení na holou kůži v oblasti trupu, byly lidem pinzetou umístěny Aratexy®. Samotní dobrovolníci se Aratexy® nesměly dotýkat rukama, na kterých se běžně vyskytují terciální pachy či pachy jiných osob. Po uplynutí 20 minut byly Aratexy® od dobrovolníků odejmuty a přemístěny do sterilních sklenic. U cílových osob bylo nabráno od každého po 8 Aratexech®, ostatní dobrovolníci poskytli pach na 4 Aratexy®.

5.3 Popis experimentu

Zkumavky s cílovými pachy byly přeneseny na meteorologickou stanici České zemědělské univerzity v Praze. Meteorologická stanice byla vybrána z důvodu možnosti zjištění podmínek počasí přesně v místech, kde se vzorky nacházely. Zároveň se jedná o oplocený pozemek, takže nehrozilo, že by tam vstoupily nepovolané osoby, zkumavek se dotýkaly a tím znehodnotily na nich obsažený pach. Stejně tak jsou tam udržovány stálé podmínky z důvodu potřeb měřících přístrojů např. čisté, volné zatravněné prostranství (Machová, 2014).

Zkumavky byly umístěny dnem vzhůru na cca 40 cm dráty, jež byly zapíchnuty v zemi. Zkumavky tak nebyly v kontaktu se zemí a snižovalo se riziko ulpění cizího pachu na vzorcích. Všechny pachy od 1 cílové osoby byly umístěny pohromadě na 1 stanovišti tvaru čtverce. Jednotlivá stanoviště pak byla v řadě za sebou a vzdálenost mezi nimi byla kolem 1,5m. Podmínky na všech stanovištích byly stejné, část dne na ně svítilo slunce a stejně tak část dne byl stín.

Otisk pachové stopy ze zkumavek byl proveden po 3, 4, 5 a 6 měsících ode dne umístění na meteorologickou stanici a to vždy jen u jedné zkumavky ze stanoviště. Již nabraná zkumavka byla následně ze stanoviště odstraněna.

Na čichání byli využiti speciálně vycvičení psi na metodu pachové identifikace z Centra pro výzkum chování psů. Konkrétně se jednalo o 6 fen plemene německý ovčák – Freny, Helgu, Koru, Goju, Skathi a Ivku. Čichání probíhalo ve speciální místnosti, která byla

dezinfikovaná, odvětrávaná a vzduch filtrován tak, aby se v ní neakumuloval pach. Feny se při čichání nesměly rušit a musel být dodržován režim ticha.

Na začátku čichání byla postavena řada 6 pachů, v které bylo 5 klamných a 1 cílový. Psovod ani pes nesměli znát umístění cílového vzorku a stejně tak nesměl být cílový vzorek opticky rozpoznatelný od klamných pachů. Řada byla tvořena kovovými stojany, do kterých



se umisťovaly otevřené sklenice obsahující Aratex® s pachem. Psovod dal feně načichat vzorek z meteorologické stanice a jejím úkolem bylo sednutím označit tu sklenici v řadě, která obsahovala pach stejné cílové osoby. S každým cílovým vzorkem z meteorologické stanice bylo čichání prováděno třikrát, přičemž pokaždé byla pozice klamných a cílového pachu v řadě změněna.

Čichání bylo rozvrženo tak, aby každá fena čichala různá stáří vzorků a v různém pořadí. Nikdy nedošlo k tomu, aby pes čichal stejnou cílovou osobu vícekrát. Tak u psů nedošlo k zapamatování si pachu osoby, které by jinak mohlo vést k ovlivnění experimentu.

Obrázek číslo 8. Fena Freny sednutím značí správný vzorek v řadě (autorka 2014).

Za každé čichání mohly být postupně vypracovány maximálně 2 vzorky

cílových pachů. Tak se předešlo chybám v čichání, které by se mohli vyskytnout v případě únavy a přetížení nervového systému psa.

Na začátku každého ztotožňování pachů se provedl test náhodné zajímavosti cílových vzorků. Při něm se zjišťuje, jestli není cílový pach pro psa z nějakého důvodu přitažlivý. V případě pozitivního výsledku by se musel onen cílový pach z čichání vyřadit, protože pes by mu v pokusu mohl dávat přednost a negativně by tím ovlivnil výsledky experimentu. Test náhodné zajímavosti probíhal tak, že do řady byly umístěny oba cílové pachy, které se následně měly čichat. Oba byly na pozicích před pachem, jež fena měla po načichání najít (obrázek číslo 9, viz. 6. kapitola Výsledky), takže je musela při procházení

řady minout. Pokud fena nevykazovala zvláštní zaujetí, mohlo se přistoupit k samotnému experimentu.

Celý postup se opakoval dvakrát – jednou pro zimní vzorky a jednou pro letní vzorky.

Naměřené hodnoty teploty, množství srážek, rychlosti větru a slunečního záření byly získány od pracovníků meteorologické stanice.

6 Výsledky

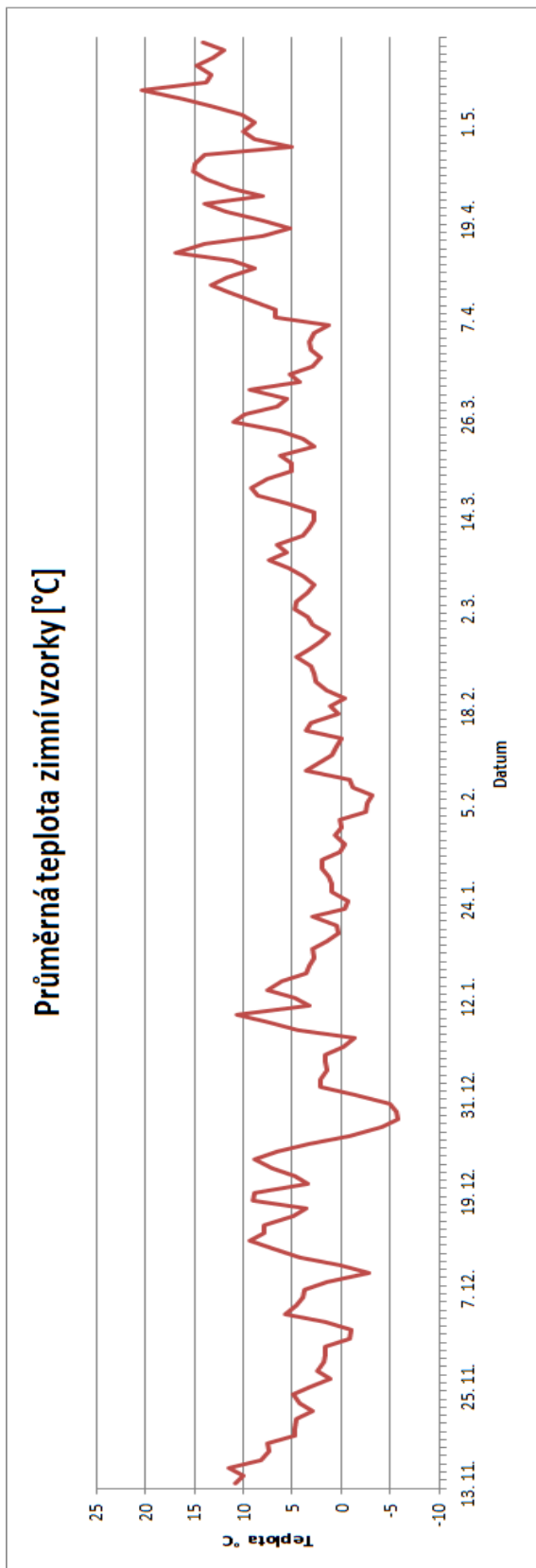
Cílové vzorky označované jako zimní byly ponechány ve venkovních podmínkách od 13. listopadu 2014. Poslední půl roční zimní vzorky byly odebrány 11. května 2015. Letní vzorky pak zůstaly venku od 28. května 2015 a v případě nejdelšího 6 měsíčního časového intervalu až do 7. prosince 2015.

Hodnoty počasí na meteorologické stanici FAPPZ nepřetržitě měří pracovníci Katedry agroekologie a meteorologie a naměřená data ukládají na veřejně přístupný server. Údaje za daná období mohla být proto získána z oficiální internetové stránky <http://meteostanice.agrobiologie.cz/>.

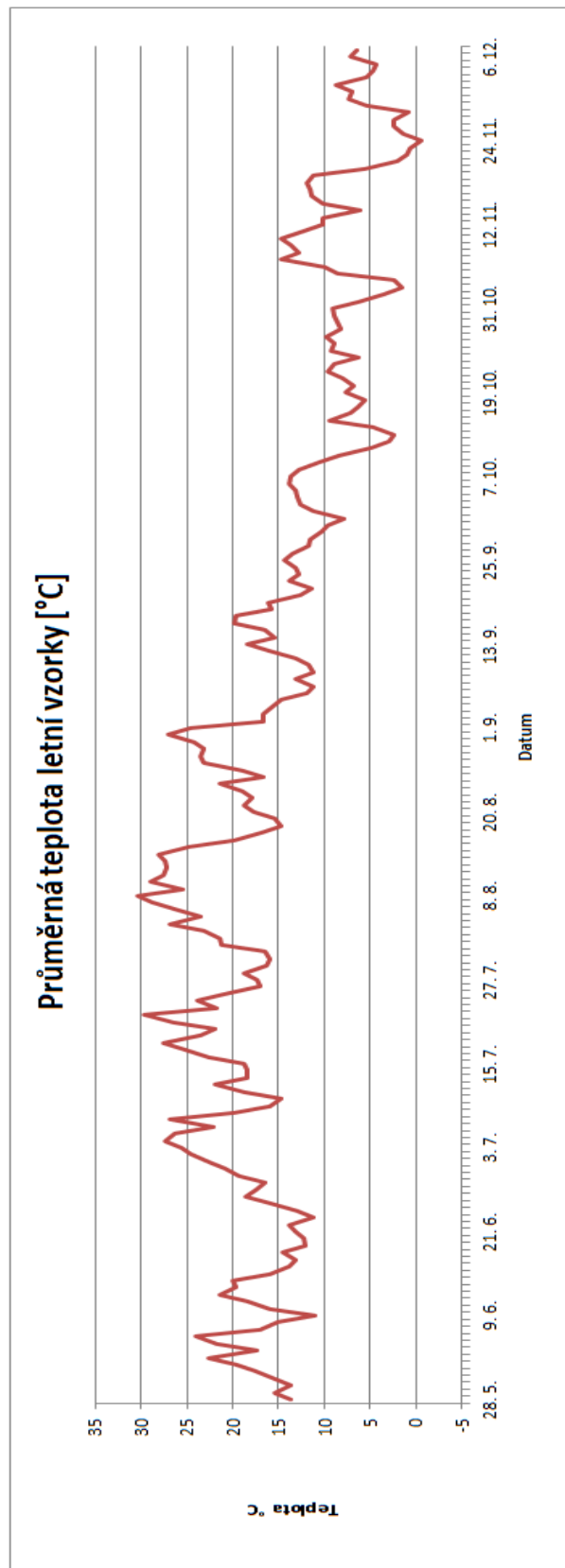
Během doby, kdy byly venkovním podmínkám vystaveny zimní vzorky, činila průměrná teplota 4,94°C. Maximální teploty 26,3°C pak bylo dosaženo 5. května 2015 a minimální teploty -10,7°C 29. prosince 2014. Celkem napadlo 146,8 mm srážek, nejdeštivější den byl potom 18. listopad 2014, kdy napadlo 20,6 mm, a 104 dní nepršelo vůbec – což je skoro 58% období. Největší rychlost větru byla naměřena 9,35 m/s dne 31. března 2015 a celkem bylo zaznamenáno 37 hodin, kdy panovalo bezvětří. Průměrná hodnota slunečního záření byla 7061,807 kJ/m²/den, maximum se vyskytlo 11. května 2015 a bylo naměřeno 26101 kJ/m²/den a minimum 5. prosince 2015 a bylo naměřeno 368,25 kJ/m²/den.

V období letních vzorků byla průměrná venkovní teplota 14,95°C. Maxima dosáhla 8. srpna 2015, kdy bylo naměřeno 37,9°C, minimální teplota -3,3°C připadla na den 2. listopadu. Celkové srážky činily 252 mm. Nejvíce pršelo 17. srpna 2015, kdy napadlo 23,3 mm srážek, a bez srážek bylo 116 dní – což činí téměř 60% období. Největší rychlost větru byla naměřena 10,01 m/s a to dne 30. listopadu 2015 a bezvětří trvalo dohromady 61 hodin. Hodnoty slunečního záření se pohybovali v průměru 12915,02 kJ/m²/den, maximum bylo zjištěno dne 10. července 2015 a činilo 29253 kJ/m²/den a minimum dne 15. října 2015 a měřilo 976,19 kJ/m²/den.

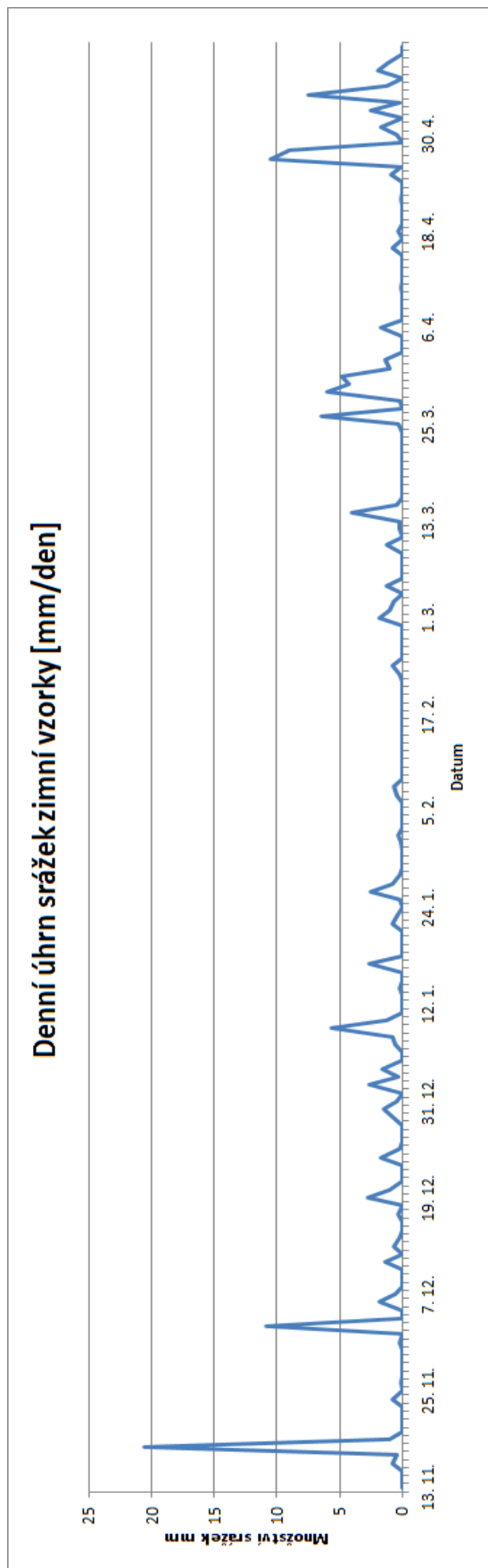
Počasí v obdobích zimních vzorků a letních vzorků se dosti lišilo v teplotách, kdy teplota letních byla průměrně o 10°C vyšší než v zimních. V období letních vzorků napadlo o 105,2 mm více srážek – tedy navýšení o 70% oproti období zimních vzorků, ale suchých dní se vyskytovalo srovnatelně. Rychlost větru se nejevila rozdílně. Zato sluneční záření se v průměru lišilo o 5850 kJ/m²/den, takže v období letních vzorků bylo o 82% více slunečního záření než v období zimních vzorků.



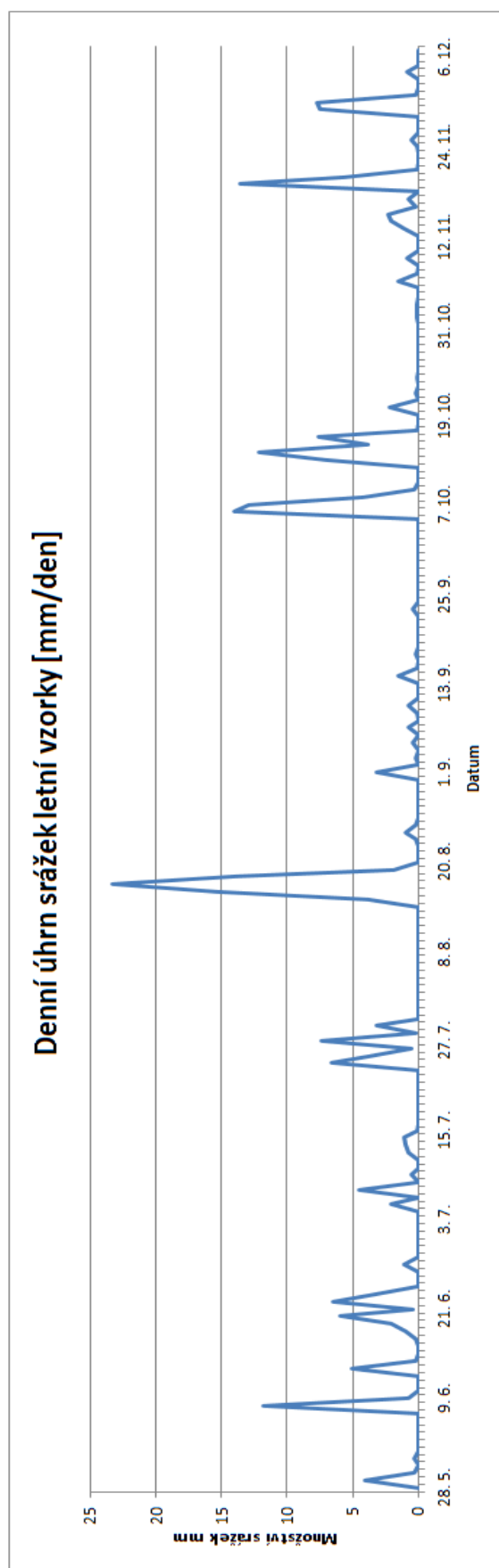
Graf číslo 1. Hodnoty průměrných teplot u zimních vzorků (autorka 2016).



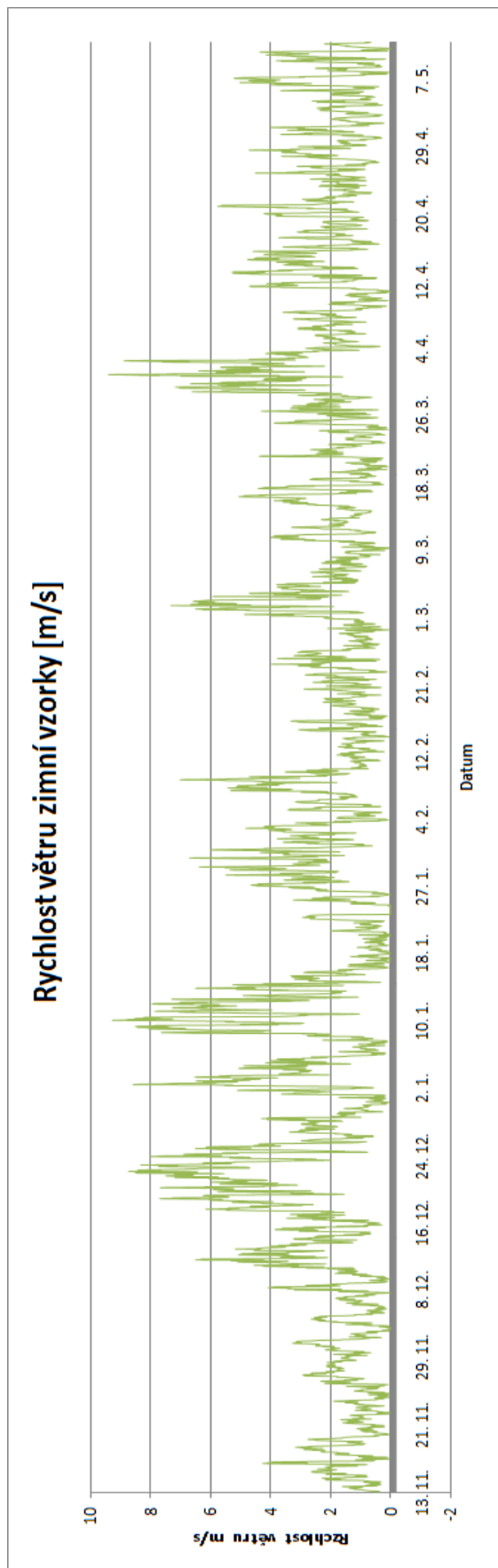
Graf číslo 2. Hodnoty průměrných teplot u letních vzorků (autorka 2016).



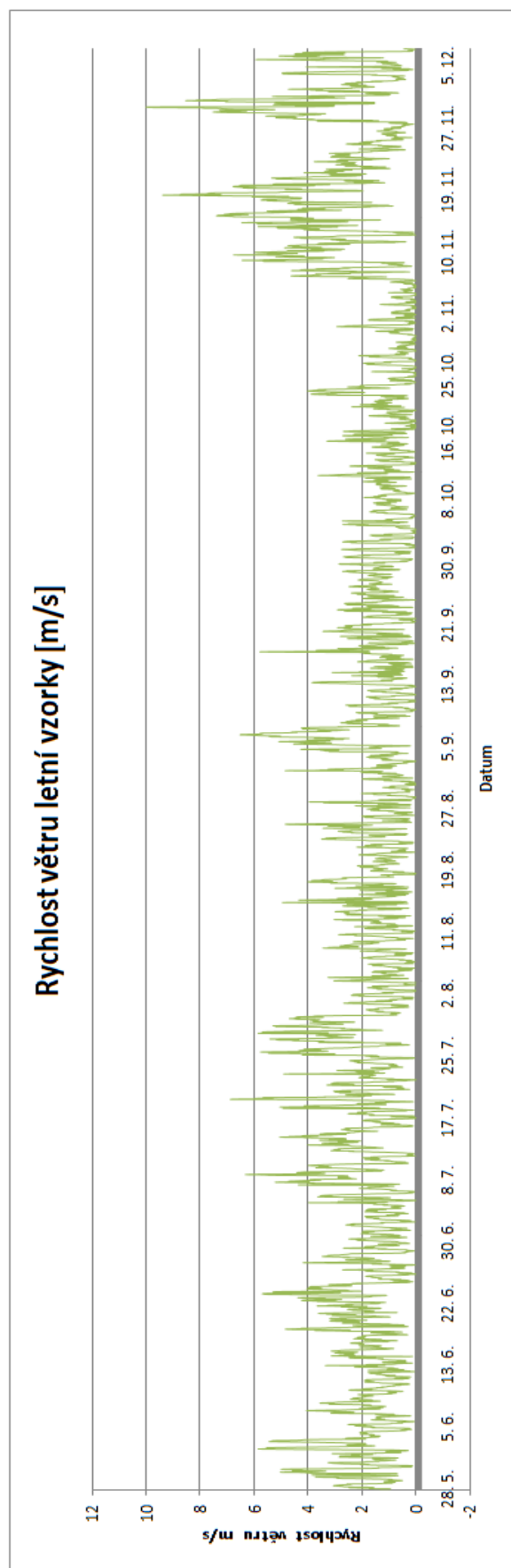
Graf číslo 3. Množství spadlých srážek u zimních vzorků (autorka 2016).



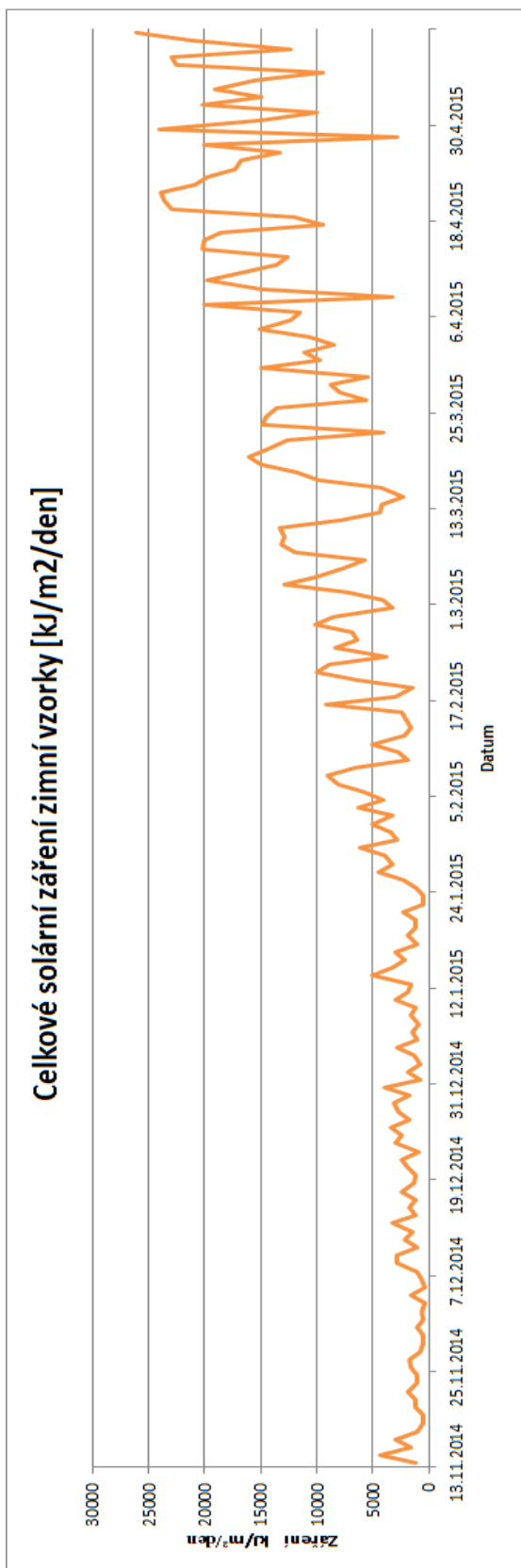
Graf číslo 4. Množství spadlých srážek u letních vzorků (autorka 2016).



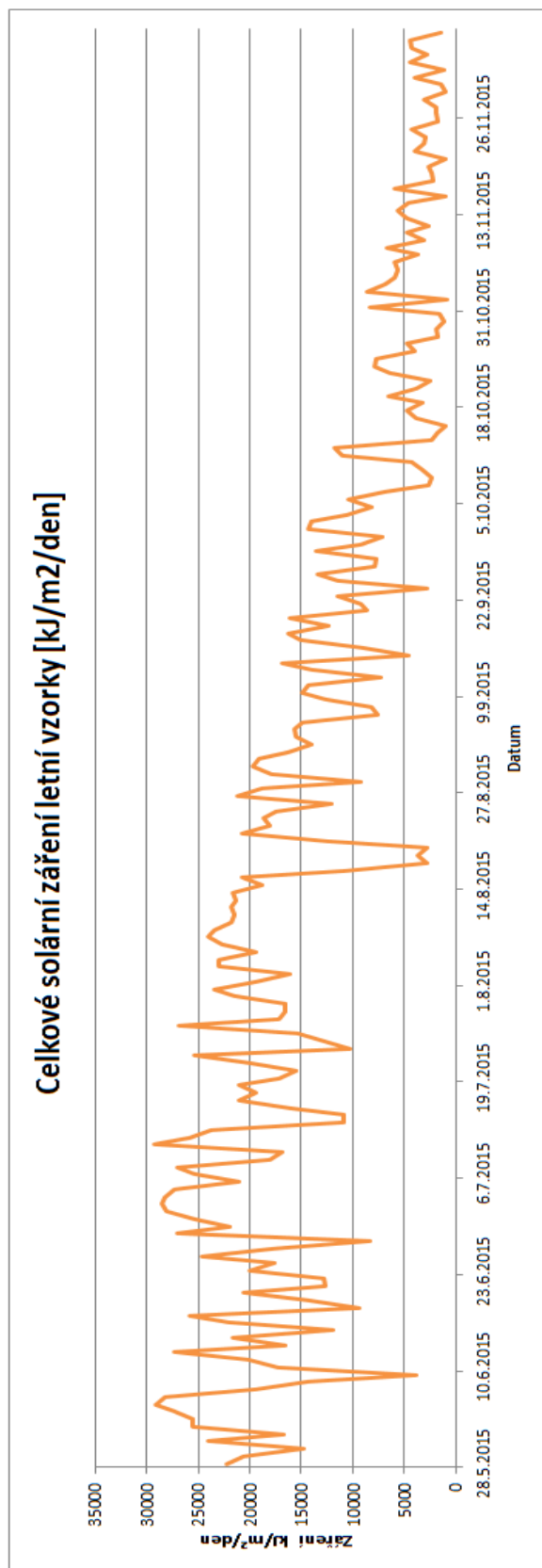
Graf číslo 5. Záznam rychlosti větru u zimních vzorků (autorka 2016).



Graf číslo 6. Záznam rychlosti větru u letních vzorků (autorka 2016).

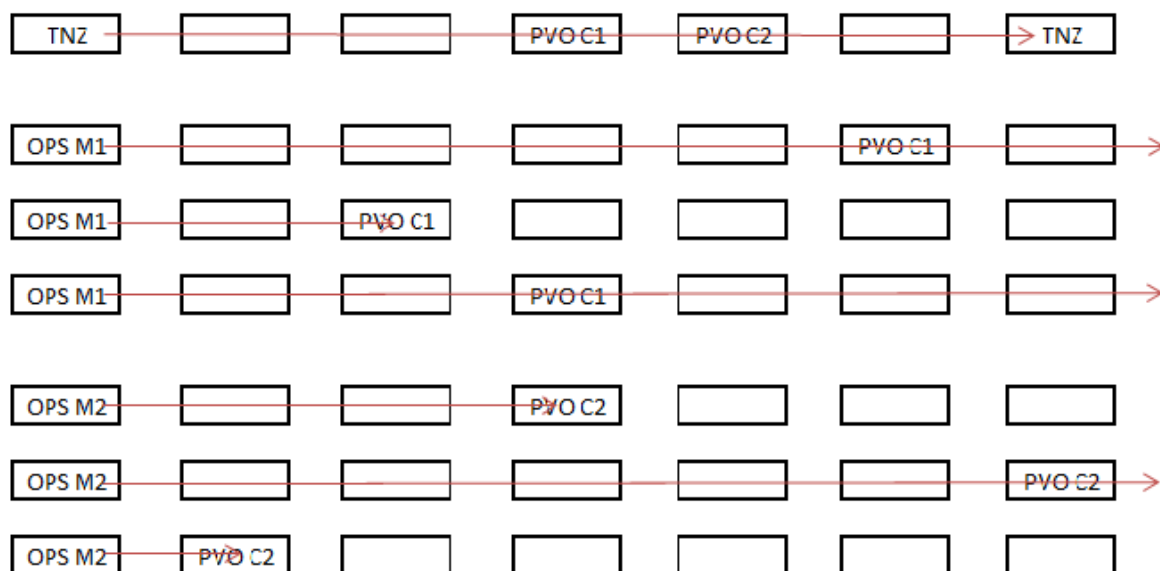


Graf číslo 7. Hodnoty slunečního záření u zimních vzorků (autorka 2016).



Graf číslo 8. Hodnoty slunečního záření u letních vzorků (autorka 2016).

Během identifikace pachů psy byly všechny výsledky nejdříve zakresleny do diagramů (obrázek číslo 9), následně pro větší přehlednost zapsány do tabulek a nakonec statisticky zpracovány.



Obrázek číslo 9. Ukázka diagramu průběhu čichání.

Vysvětlivky: TNZ – test náhodné zajímavosti, OPS M1,2 – otisk pachové stopy ze zkumavky s cílovým pachem, jež byla nechána na meteorologické stanici, PVO C1, 2 – pachový vzorek osoby nabraný z trupu cílové osoby. Šipky protažené až za poslední pole znamenají, že pes cílový vzorek neztotožnil (Machová, 2014).

U všech čichání byl proveden test náhodné zajímavosti a žádná z fen nevykazovala nežádoucí zaujetí k předloženým pachům. Proto se mohlo přistoupit k samotnému experimentu.

stáří vzorku	osoba č.	jméno psa	řada č.	náhodná zajímavost	načichávací vzorek	srovnávací vzorek	ztotožněno	neztotožněno
3 měsíce	1	Kora	1	+	OPS	PVO	+	
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
	2	Freny	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
	3	Ivka	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
4 měsíce	1	Freny	1	+	OPS	PVO	+	
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
	2	Helga	1	+	OPS	PVO	+	
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
	3	Kora	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO		+
			3		OPS	PVO		+
5 měsíců	1	Helga	1	+	OPS	PVO	+	
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
	2	Goja	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO		+
			3		OPS	PVO		+
	3	Freny	1	+	OPS	PVO	+	
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
6 měsíců	1	Ivka	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO		+
	2	Kora	1	+	OPS	PVO	+	
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
	3	Helga	1	+	OPS	PVO	+	
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	

Tabulka číslo 1. Výsledky jednotlivých čichání zimních vzorků (autorka 2016).

stáří vzorku	osoba č.	jméno psa	řada č.	náhodná zajímavost	načichávací vzorek	srovnávací vzorek	ztotožněno	neztotožněno
3 měsíce	1	Freny	1	+	OPS	PVO	+	
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
	2	Helga	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
	3	Skathi	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO		+
			3		OPS	PVO	+	
4 měsíce	1	Helga	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO		+
			3		OPS	PVO	+	
	2	Ivka	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO		+
			3		OPS	PVO		+
	3	Kora	1	+	OPS	PVO	+	
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
5 měsíců	1	Kora	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
	2	Skathi	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
	3	Freny	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
6 měsíců	1	Ivka	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO		+
			3		OPS	PVO		+
	2	Freny	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	
	3	Helga	1	+	OPS	PVO		+
			2		OPS	PVO	+	
			3		OPS	PVO	+	

Tabulka číslo 2. Výsledky jednotlivých čichání letních vzorků (autorka 2016).

U zimních ani letních vzorků není pozorován rozdíl v úspěšnosti psů mezi jednotlivými časovými intervaly. Je patrný rozdíl ve výsledcích mezi zimními a letními vzorky. Zatímco zimní vzorky feny správně ztotožnili v 72,2% případů, tak letní vzorky jen v 55,5% případů.

Statistické zhodnocení výsledků

Při identifikaci pachu uvažujeme pouze 2 možná řešení a to ztotožnil/neztotožnil. Pro statistické vyhodnocení tedy mohl být použit binomický znaménkový test. U výsledků z období zimních i letních vzorků má hladina významnosti hodnotu $\alpha < 0,05$. Období zimních vzorků bylo vyhodnoceno jako statisticky signifikantní ($P = 0,0057$) a období letních vzorků jako statisticky nevýznamné ($P = 0,3089$). Ze statistických výpočtů vyplývá, že zimní vzorky jsou feny schopné ztotožnit, ale letní vzorky už nikoli.

Na porovnání výsledků mezi měsíčními intervaly vzorků byl použit Fisherův faktoriální test. Výsledky z obou období vykazují pravděpodobnost vyšší než 0,05 (pro zimní $P = 0,5$ a pro letní $P = 0,3186$). To znamená, že mezi výsledky z 3, 4, 5 a 6 měsíčních intervalů není prokazatelný vztah a schopnost fen ztotožnit lidský pach se během těchto časových úseků nemění.

Statistické výpočty byly prováděny ve statistickém programu GraphPad Software.

7 Diskuze

U bakalářské práce byly dodatečně ponechány venku vzorky do doby 6 měsíců. Část roku, kdy byly vystaveny venkovním podmínkám, se shodovala s časovým obdobím letošních zimních vzorků. Avšak feny nebyly schopné správně ztotožnit ani jeden ze vzorků. Vzhledem k tomu, že tyto výsledky podávaly feny před 2 lety, je vhodné se domnívat, že jejich olfaktorické schopnosti se během těchto 2 let výrazně zlepšili. Tito psi jsou neustále využíváni k experimentům, které často zkoumají extrémně nízké koncentrace pachu. Jejich čich tak může být neustále zjemňován a psi zároveň získávají další a další zkušenosti, které pak uplatňují v následujících pokusech. Toto tvrzení lze doložit i na feně jménem Ivka, která je na metodu pachové identifikace naučena a využívána nejkratší dobu a je tak ze všech vybraných fen nejméně zkušená. V tabulkách s výsledky lze vyčíst, že Ivka ve srovnání s ostatními fenami měla horší úspěšnost. Zimní vzorky byla schopna v některých případech správně ztotožnit, ale letní již ne. Oproti tomu psi u služebních složek s takto nízkými koncentracemi do styku nepříjdou a často by bylo nežádoucí, aby tyto nízké koncentrace značili. Nelze proto vyloučit negativní výsledek u všech vzorků experimentu v případě využití služebních psů.

Především u letních vzorků se vyskytuje trend, kdy psi při prvním čichání vzorku cílovou osobu neztotožnili, ale u druhého a třetího čichání již byli úspěšní. To může poukazovat na sníženou kvalitu pachu. Fenám se po prvním setkání s pachem mohla v mozku na základě principů učení, zesilování a tvarování přijatých informací o odorantu dotvořit čichová mapa objektu. Tak by došlo i k poznání pachu, který byl neúplný.

Mezi měsíčními intervaly v jednotlivých obdobích se nezdá, že by docházelo k nějaké změně v souvislosti se stářím vzorku. Srovnání období zimních a letních vzorků však vykazuje rozdílnost. U zimních vzorků byli psi průkazně úspěšnější ve ztotožňování lidského pachu než u letních vzorků. Při komparaci údajů o počasí jednotlivých období by se dalo tvrdit, že za změnu kvality pachu je zodpovědná vyšší teplota, větší množství srážek i slunečního záření v období letních vzorků. V práci Santariové et al. (2012), je uvedeno, že psi správně ztotožňovali lidský pach, který byl vystaven působení tekoucí vody v potoce. Množství vody, jež přišlo do styku se vzorky v potoce, bylo mnohonásobně víc, než kolik srážek napadalo na vzorky na meteorologické stanici. V dalším výzkumu Santariová et al. (2016) vystavovala lidský pach extrémně vysokým teplotám a to až 900°C. Psi přesto byli schopni metodou pachové identifikace pach správně ztotožnit. Hudson et al. (2009)

publikovali studii, ve které naopak vystavovali lidský pach extrémně nízkým teplotám a jiné vzorky lidského pachu ultrafialovému záření. Dle jejich výsledků byl pach nezměněn i po působení teploty -80°C . Zato pach vystavený UV záření vykazoval jiné složení než pach původní. Vzhledem k předešlým výzkumům jiných autorů je možno uvést, že lidský pach z období letních vzorků je pro psy oproti zimním vzorkům hůře ztotožnitelný vlivem působení většího množství slunečního záření. A rozdíl mezi měsíčními intervaly v období letních vzorků se nevyskytuje, protože i ty nejkratší 3 měsíční vzorky se nacházely venku v době nejintenzivnějšího slunečního záření, které se vyskytovalo v měsících červen a červenec (graf číslo 8), a jejich kvalitativní změna je tedy totožná se změnou, kterou prošly i vzorky s delším časovým intervalem.

V dalším výzkumu by bylo vhodné se zaměřit na kvalitativní i kvantitativní analýzu vzorků. Hudson et al. (2009) hovoří o kvalitativní změně odorantu po jeho vystavení UV záření. Avšak u fen, které pracovaly na pachové identifikaci, byl u načichávacího vzorku pocházejícího z meteorologické stanice pozorován dlouhý kontakt a časté sumování odorantu, což svědčí o malé koncentraci pachu. Analýzou by se dalo zjistit, zda na zhoršení úspěšnosti psů mají vliv oba tyto aspekty nebo pouze jeden z nich.

V experimentu nedošlo k tomu, aby absolutně všichni psi neztotožnili lidský pach. Otázkou zůstává, zdali by se tak stalo, kdyby byly vzorky vystaveny venkovním podmínkám po dobu delší než 6 měsíců, a jestli je vzhledem k našim přírodním podmínkám a zeměpisné šířce vůbec možné, aby k takové změně došlo během 1 meteorologického roku.

Nakonec připadá v úvahu i vystavení vzorků lidského pachu po dobu 2 měsíců v měsících červen a červenec. Není jisté, že by nedošlo ke zhoršení kvality lidského pachu na úroveň, kdy již psi dle statistiky nebudou úspěšní v následném ztotožňování. Tím by se částečně vyvrátil výsledek bakalářské práce (2014), kde se úspěšné ztotožnění 2 měsíčních vzorků týkalo pachu, který byl vystaven venkovním podmínkám v zimních měsících.

8 Závěr

Vzorky lidského pachu ze zimního období roku feny ztotožnili v 72,2% případů a z letního období roku v 55,5% případů. Dle statistického zhodnocení jsou psi schopni identifikovat lidský pach ponechaný venku od listopadu do května i po 6 měsících, ale pach vystavený venkovnímu prostředí od května do prosince neidentifikují ani ve stáří 3 měsíců. Hypotéza číslo 1 tedy byla vyvrácena a hypotéza číslo 2 potvrzena.

Mezi jednotlivými časovými intervaly – 3, 4, 5 a 6 měsíců, kdy byl pach ponechán venku, nedocházelo ani v jednom z intervalu ke změnám schopnosti identifikace.

Na kvalitu vzorků lidského pachu v letním období roku mělo negativní vliv sluneční záření.

9 Seznam literatury

- Barrios, A. W., Sánchez-Quinteiro, P., Salazar, I. 2015. Dog and mouse: Towards a balanced view of the mammalian olfactory system. *Olfactory subsystems in mammals: morphology, genetic and evolution*, 20.
- Bernier, U. R., Kline, D. L., Barnard D. R., Schreck, C. E., Yost, R. A. 2000. Analysis of human skin emanations by gas chromatography/mass spektrometry. 2. Identification of volatile compounds that are candidate attractants for the yellow fever mosquito (*Aedes aegypti*). *Analytical Chemistry*. 72(4): 747-756.
- Breer, H., Fleischer, J., Strotmann, J. 2006. The sense of smell: multiple olfactory subsystems. *Cell Mol Life Sci*, 63(13), 1465-1475.
- Curran, A. M., Rabin, S. I., Furton, K. G. 2005. Analysis of the uniqueness and persistence of human scent. *Forensic Science Communications*. 7(2): 1-20.
- DeMaria, S., Ngai, J. 2010. The cell biology of smell. *The Journal of cell biology*, 191(3), 443-452.
- Dennis, J. C., Allgier, J. G., Desouza, L. S., Eward, W. C., Morrison, E. E. 2003. Immunohistochemistry of the canine vomeronasal organ. *Journal of anatomy*, 202(6), 515-524.
- Doyle, C. 1970. Secret cloud that surrounds us. *Family health*. 32-35.
- Eis, V. 1991. *Pachové práce služebních psů*. Magnet Press. p. 97. ISBN 80-85434-33-4
- Ekstrand, J. J., Domroese, M. E., Johnson, D. M., Feig, S. L., Knodel, S. M., Behan, M., Haberly, L. B. 2001. A new subdivision of anterior piriform cortex and associated deep nucleus with novel features of interest for olfaction and epilepsy. *Journal of Comparative Neurology*, 434(3), 289-307.

- Firestein, S. 2001. How the olfactory system makes sense of scents. *Nature*, 413(6852), 211-218.
- Fletcher, M. L., Wilson, D. A. 2002. Experience modifies olfactory acuity: acetylcholine-dependent learning decreases behavioral generalization between similar odorants. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 22(2), RC201.
- Gallagher, M., Wysocki, C. J., Leyden, J. J., Spielman, A. I., Sun, X., Preti, G. 2008. Analyses of volatile organic compounds from human skin. *Br J Dermatol*. 159(4): 780-791.
- Haberly, L. B. 2001. Parallel-distributed processing in olfactory cortex: new insights from morphological and physiological analysis of neuronal circuitry. *Chemical senses*, 26(5), 551-576.
- Hart, R. Human Body Odor. *Nexus* [online]. 1980 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z <<http://digitalcommons.mcmaster.ca/nexus/vol1/iss1/1>>.
- Harvey, L. M., Harvey, J. W. 2003. Reliability of bloodhounds in criminal investigations. *J Forensic Sci*. 48(4): 811-816.
- Hasselmo, M. E. 1995. Neuromodulation and cortical function: modeling the physiological basis of behavior. *Behavioural brain research*, 67(1), 1-27.
- Hebb, D. O. 2005. *The organization of behavior: A neuropsychological theory*. Psychology Press.
- Hepper, P. G., Wells, D. L. 2005. How many footsteps do dogs need to determine the direction of an odour trail? *Chemical Senses*. 30(4): 291-298.
- Hopfield, J. J. 1982. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proceedings of the national academy of sciences*, 79(8), 2554-2558.

- Horová, R., Kholová, H., Jebavý, L., Svobodová, I. 2012. Kynologický výkladový slovník. CanisTR. p. 352. ISBN: 9788090421066.
- Hudson, D. T., Curran, A. M., Furton, K. G. 2009. The stability of collected human scent under various environmental conditions. *J Forensic Sci.* 54(6): 1270-1277.
- Jeziński, T., Sobczyńska, M., Walczak, M., Gorecka-Bruzda, A., Ensminger, J. 2012. Do trained dogs discriminate individual body odors of women better than those of men? *J Forensic Sciences.* 57(3): 647-653.
- Jia, H., Pustovyy, O. M., Waggoner, P., Beyers, R. J., Schumacher, J., Wildey, C., Barrett, J., Morrison, E., Salibi, N., Denney, T. S., Vodyanoy, V. J., Desphande, G. 2014. Functional MRI of the olfactory system in conscious dogs. *PloS one*, 9(1), e86362.
- Johnson, D. M., Illig, K. R., Behan, M., Haberly, L. B. 2000. New features of connectivity in piriform cortex visualized by intracellular injection of pyramidal cells suggest that “primary” olfactory cortex functions like “association” cortex in other sensory systems. *The Journal of Neuroscience*, 20(18), 6974-6982.
- Katada, S., Hirokawa, T., Oka, Y., Suwa, M., Touhara, K. 2005. Structural basis for a broad but selective ligand spectrum of a mouse olfactory receptor: mapping the odorant-binding site. *The Journal of neuroscience*, 25(7), 1806-1815.
- King, J. E., Becker, R. F., Markee, J. E. 1964. Studies on olfactory discrimination in dogs: (3) ability to detect human odour trace. *Animal Behaviour.* 12(2): 311-315.
- Korting, H. C., Lukacs, A., Braun-Falco, O. 1988. Microbial flora and odor of the healthy human skin. *Hautartz.* 39(9): 564-568.
- Lesniak, A., Walczak, M., Jeziński, T., Sacharczuk, M., Gawkowski, M., Jaszczak, K. 2008. Canine olfactory receptor gene polymorphism and its relation to odor detection performance by sniffer dogs. *Journal of heredity*, 99(5), 518-527.
- Linster, C., Smith, B. H. 1999. Generalization between binary odor mixtures and their components in the rat. *Physiology & behavior*, 66(4), 701-707.

- Luskin, M. B., Price, J. L. 1983. The topographic organization of associational fibers of the olfactory system in the rat, including centrifugal fibers to the olfactory bulb. *Journal of comparative neurology*, 216(3), 264-291.
- Machová, L. 2014. Odolnost lidského pachu v různých podmínkách prostředí. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita.
- Mombaerts, P. 2001. How smell develops. *nature neuroscience*, 4, 1192-1198.
- Mombaerts, P. 2004. Genes and ligands for odorant, vomeronasal and taste receptors. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(4), 263-278.
- Mori, K., Yoshihara, Y. 1995. Molecular recognition and olfactory processing in the mammalian olfactory system. *Progress in neurobiology*, 45(6), 585-619.
- Mori, K., Takahashi, Y. K., Igarashi, K. M., Yamaguchi, M. 2006. Maps of odorant molecular features in the mammalian olfactory bulb. *Physiological reviews*, 86(2), 409-433.
- Nicolaides, N. 1974. Skin lipids: Their biochemical uniqueness. *Science*. 186(4158): 19-26.
- Peter, A., Burgsteiner, H., Maass, W. 2008. A learning rule for very simple universal approximators consisting of a single layer of perceptrons. *Neural Networks* 21 (5): 786–795.
- Prada. P. A., Curran, A. M., Furton, K. G. 2010. Comparison of extraction methods for removal of volatile organic compounds (VOCs) present in sorbents used for human scent evidence collection. *Anal. methods*. 2(5): 470-478.
- Preti, G., Willse, A., Labows, J. N., Leyden, J. J., Wahl, J., Kwak, J. 2006. On the definition and measurement of human scent: Comments on Curran et al. *J Chem Ecol*. 32(8): 1613–1616.
- Quignon, P., Giraud, M., Rimbault, M., Lavigne, P., Tacher, S., Morin, E., Retout, E., Valin, A., Toh, K., Nicolas, J., Galibert, F. 2005. The dog and rat olfactory receptor repertoires. *Genome biology*, 6(10), R83.

- Ramotowski, R. S. 2001. Composition of latent fingerprint residue. *Advances in fingerprint technology*. CRC Press.
- Reece, W. O. 2011. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Vyd. 2. rozšířené. Grada. ISBN 978-80-247-3282-4.
- Royet, J. P., Souchier, C., Jourdan, F., Ploye, H. 1988. Morphometric study of the glomerular population in the mouse olfactory bulb: numerical density and size distribution along the rostrocaudal axis. *Journal of Comparative Neurology*, 270(4), 559-568.
- Rubin, B. D., Katz, L. C. 1999. Optical imaging of odorant representations in the mammalian olfactory bulb. *Neuron*, 23(3), 499-511.
- Saito, H., Chi, Q., Zhuang, H., Matsunami, H., Mainland, J. D. 2009. Odor coding by a Mammalian receptor repertoire. *Science signaling*, 2(60), ra9.
- Sanger, T. D. 1989. Optimal unsupervised learning in a single-layer linear feedforward neural network. *Neural networks*, 2(6), 459-473.
- Santariová, M., Písaříková, A., Kloubek, M., Vyplelová, P., Pinc, L., 2012. Schopnost psů identifikovat lidský pach poté, co byl vystaven působení vody. *Bezpečnostní teorie a praxe*. Zvláštní číslo, 2. díl., s. 355-365
- Santariová M., Pinc L., Bartoš L., Vyplelová P., Gerneš J., Sekyrová V., 2016. Resistance of human odours to extremely high temperature as revealed by trained dogs, in press.
- Sato, K., Kane, N., Soos, G., Sato, F. 1995. The eccrine sweat gland; basic science and disorder of eccrine sweating. *Dermatology Foundation*. 1-11.
- Schoon, A., Haak, R. 2002. K9 suspect discrimination: Training and practising scent identification line-ups. *Detselig enterprises ltd*. p. 167. ISBN 1-55059-233-5.
- Schoon, A. 2003. The effect of the ageing of crime scene objects on results of scent identification line-ups using trained dogs. *Forensic science international*. 147(1): 43-47.
- Settles, G. S., Kester, D. A., Dodson-Dreibelbis, L. J. 2003. The external aerodynamics of canine olfaction (pp. 323-335). *Springer Vienna*.

- Singh, P. B., Brown, R. E., Roser, B. 1987. MHC antigens in urine olfactory recognition cues. *Nature*. 327: 161-164.
- Singh, P. B. 2001. Chemosensation and genetic individuality. *Reproduction*. 121(4): 529-539.
- Stockham, R. A., Slavin, D. L., Kift, W. 2004. Specialized Use of Human Scent in Criminal Investigations. *Forensic science international*. 6(3).
- Straus, J., Kloubek, M. 2010. *Kriminalistická odorologie*. Aleš Čeněk. p. 184. ISBN: 978-80-7380-238-7.
- Syrotuck, W. G., 2000. *Scent and the scenting dog*. Barkleigh Productions, Pennsylvania.
- Thomas, L. 1995. *The lives of a cell: notes of biology watcher*. Viking Press.
- Vyplelová, P., Vokálek, V., Pinc, L., Pacáková, Z., Bartoš, L., Santariová, M., Čapková, Z. 2014. Individual human odor fallout as detected by trained Canines. *Forensic Science International*. 234: 13-15.
- Wilson, D. A. 2000. Odor specificity of habituation in the rat anterior piriform cortex. *Journal of Neurophysiology*, 83(1), 139-145.
- Wilson, D. A. 2009. Pattern separation and completion in olfaction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1170(1), 306-312.
- Yamazaki, K., Beauchamp, G. K. 2005. Chemosensory recognition of olfactory individuality. *Chemical senses*. 30 (1): 142-143.
- Yonemori, M., Nishijo, H., Uwano, T., Tamura, R., Furuta, I., Kawasaki, M., Takashima, Y., Ono, T. 1999. Orbital cortex neuronal responses during an odor-based conditioned associative task in rats. *Neuroscience*, 95(3), 691-703.
- Zald, D. H., Pardo, J. V. 1997. Emotion, olfaction, and the human amygdala: amygdala activation during aversive olfactory stimulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(8), 4119-4124.

10 Seznam použitých zkratk a symbolů

HOE – hlavní olfaktorický epitel

GG - Gruenbergerovo ganglium

MHC - histokompatibilní komplex

MPI – metoda pachové identifikace

OPS – otisk pachové stopy

OPS M - otisk pachové stopy ze zkumavky s cílovým pachem

PVO – pachový vzorek osoby

PVO C - pachový vzorek osoby nabraný z trupu cílové osoby

SO – septální orgán

TNZ – test náhodné zajímavosti

VNO – vomeronasální orgán