

POLICEJNÍ AKADEMIE ČESKÉ REPUBLIKY V PRAZE

Nejmodernější molekulárně genetické metody

v kriminalistice

Disertační práce

ŠKOLITEL

AUTOR PRÁCE

doc. Ing. Jaroslav Suchánek, CSc.

kpt. Mgr. Barbora KŘENKOVÁ

PRAHA

2022

POLICE ACADEMY OF THE CZECH REPUBLIC IN PRAGUE

**The most modern molecular genetic methods
in forensics**

Dissertation

SUPERVISOR

AUTHOR

doc. Ing. Jaroslav Suchánek, CSc.

kpt. Mgr. Barbora KŘENKOVÁ

PRAGUE

2022

Abstrakt

Tato disertační práce se věnuje novým metodám kriminalistické genetiky, které se v poslední dekádě začaly prosazovat při řešení složitých případů závažné trestné činnosti. Cílem této studie je popsat, zhodnotit přínos a využití vybraných nových metod kriminalistické genetiky pro forenzní účely. Analýzou volně dostupných dokumentů a odborných publikací a vyhodnocením experimentálně získaných dat byl odhalen značný potenciál v metodě určování věku osoby ze vzorku DNA pro využití jak v trestním řízení, tak například v aktuální problematice rozhodování o zletilosti žadatelů o azyl. Další slibnou metodou je analýza vzhledových charakteristik na základě analýzy DNA. Rovněž analýza zvířecí a rostlinné DNA pro kriminalistické účely prokázaly jasný přínos pro orgány činné v trestním řízení. Metody kriminalistické genetiky představují cenné zdroje důkazů a operativně přínosných informací. Kriminalistický ústav následuje trend špičkových světových pracovišť v oboru a rozšiřuje základní identifikační analýzy o doplňkové analýzy věku, geografického původu či vzhledu osob a nonhumánní analýzy DNA. Tyto novinky se zatím nachází spíše ve fázi vývoje a operativně pátrací informace, ale na jejich optimalizaci a postupném zavedení se v současné době pracuje. Veškeré tyto nové metody budou potřebovat ukotvení v českém právním systému.

Klíčová slova: kriminalistika * forenzní vědy * forenzní genetiky * DNA analýza * fenotyp * nehumánní forenzní genetiky

Abstract

This dissertation is dedicated to the new methods of forensic genetics, which in the last decade have begun to assert in solving complex cases of serious criminal activity. The aim of this study is to describe, evaluate the contribution and the use of selected new methods of forensic genetics for forensic purposes. The analysis of freely available documents and of our experimental data revealed considerable potential for using the method of determining the age of a person from a DNA sample in criminal proceedings and, for example, in the current issue of deciding on the age of asylum seekers. Another promising method is the analysis of appearance characteristics based on DNA analysis. Analysis of animal and plant DNA for forensic purposes has also shown clear benefits for law enforcement. Methods of forensic genetics represent valuable sources of evidence and operationally useful information. The Institute of Criminalistics follows the trend of the world's top workplaces in the field and expands basic identification analyzes with additional analyzes of age, geographical origin or appearance of persons and non-human DNA analysis. So far, these innovations are more in the phase of development and operational search information, but their optimization and gradual introduction is currently being worked on. All these new methods will need to be anchored in the Czech legal system.

Key words: **criminology * forensics * forensic genetics * DNA analysis * phenotyping * non-human forensic genetics**

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracovala samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem čerpala, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze, dne 21.09.2022

.....

kpt. Mgr. Barbora Křenková

Beru na vědomí, že tato disertační práce je majetkem Policejní akademie ČR v Praze a že bez jejího souhlasu nesmí být nic z obsahu práce publikováno.

V Praze, dne 21.09.2022

.....

kpt. Mgr. Barbora Křenková

Poděkování

Na tomto místě bych ráda vyjádřila své poděkování doc. Ing. Jaroslavu Suchánkovi, CSc. za odborné vedení disertační práce a přínosné rady. Rovněž bych ráda poděkovala své rodině za pochopení s časově náročným projektem této práce a kolegům a kolegyním z Kriminologického ústavu za konzultace.

OBSAH

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam zkratk

ÚVOD.....	1
Vymezení řešeného vědeckého problému.....	3
Cíle disertační práce.....	4
Metody.....	5
1. VSTUP DO PROBLEMATIKY A ZÁKLADNÍ POJMY.....	7
1.1. Forenzní analýza DNA.....	7
1.2. Identifikační genetika v trestních kauzách.....	12
1.3. Využití genetiky v boji s nelegální migrací.....	13
1.4. DNA analýza kosterního materiálu.....	19
1.5. Identifikace obětí válečných zločinů a obětí katastrof.....	23
1.6. Identifikační genetika pro občanskoprávní soudní účely.....	24
1.7. Forenzní genetika zvířat, rostlin a mikroorganismů.....	31
2. PRÁVNÍ ÚPRAVA V ČR A ZAHRANIČÍ.....	38
2.1. Právní předpisy České republiky.....	40
2.1.1. Zákon o znalcích, znaleckých kancelářích a znaleckých ústavech.....	40
2.1.2. Trestní řád.....	42
2.1.3. Zákon o Policii České republiky.....	48
2.1.4. Zákon o zpracování osobních údajů.....	51
2.1.5. Trestní zákoník.....	53
2.2. Interní akty řízení Policie České republiky.....	53
2.3. Právní úprava v zahraničí.....	57
2.3.1. Slovenská republika.....	58
2.3.2. Polská republika.....	59
2.3.3. Rakouská republika.....	59
2.3.4. Spolková republika Německo.....	60
2.3.5. Velká Británie.....	61
2.3.6. Evropská unie.....	62
2.3.7. Srovnávací tabulka.....	63
2.4. Certifikace a akreditace související s forenzní genetickou analýzou.....	66
2.5. Právní úprava forenzní analýzy nehumánní DNA.....	70
3. FORENZNÍ GENETICKÁ ANALÝZA.....	75
3.1. Laboratorní zpracování vzorku.....	75

3.2.	Současný stav	80
3.3.	Informační systémy používané v rámci PČR	87
3.4.	Statistické výpočty	89
3.5.	Nové metody ve forenzní genetice	91
3.5.1.	Určování věku osob ze vzorku DNA.....	91
3.5.2.	Fenotypy neboli vizuální charakteristiky osob	93
3.5.3.	Forenzní analýza DNA zvířecího a rostlinného původu	94
4.	PŘÍNOSY A ÚSKALÍ NOVÝCH GENETICKÝCH METOD V KRIMINALISTICE – BIOLOGICKÝ SVĚDEK	101
4.1.	Interpretace.....	102
4.2.	Sekundární přenos.....	103
4.3.	Otázka syntetické DNA a falešné genetické stopy	108
4.4.	Kognitivní zkreslení	110
4.5.	Když je muž žena a všechno je jinak	111
4.6.	Etika.....	113
4.7.	Budoucnost forenzní genetiky	115
5.	VÝZKUM.....	119
5.1.	Úvod k DNA fenotypování	119
5.2.	Materiál a metody – DNA fenotypování	123
5.3.	Výsledky DNA fenotypování.....	126
5.4.	Vyhodnocení a diskuse k DNA fenotypování.....	131
5.5.	Úvod k určování věku osob z DNA	133
5.6.	Materiál a metody – určování věku osob z DNA	136
5.7.	Výsledky určování věku osob z DNA.....	142
5.8.	Vyhodnocení a diskuse k určování věku osob z DNA	145
6.	KAZUISTIKA	150
6.1.	Kazuistika k využití vizuálních charakteristik.....	150
6.2.	Kazuistika k určování věku	153
	ZÁVĚR.....	156

LITERATURA

Monografie
 Časopisecké články
 Konferenční příspěvky
 Zákonná úprava a interní akty
 Právní předpisy České republiky
 Zahraniční právní předpisy
 Právní předpisy Evropské unie
 Judikatura
 Interní pokyny PČR
 Webové stránky a elektronické zdroje
 Vysokoškolské kvalifikační práce
 Ostatní zdroje

Seznam obrázků

Obr. č. 1: Zjednodušené schéma forenzně genetického zkoumání od místa činu po vypracování posudku. Autor: Křenková B., 2021, Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. <i>Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice</i> . Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.	9
Obr. č. 2: Ukázka předmětů genetického zkoumání. Autor: Křenková B., 2021, Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. <i>Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice</i> . Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96....	10
Obr. č. 3: Schéma k důkazní hodnotě genetického zkoumání. Autor: Křenková B., 2021, Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. <i>Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice</i> . Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.	11
Obr. č. 4: Informace, které lze za ideálních podmínek získat ze vzorku lidské DNA. Pod pojmem aDNA (ancient DNA, tedy stará, archaická nebo starobylá DNA) se rozumí DNA získaná z archeologických nálezů a historických materiálů. Autor: Křenková B., 2020, převzato z: KŘENKOVÁ a kol. Pochopení lidské migrace. 2020. Vesmír 99:298.	21
Obr. č. 5: Schématické zjednodušení základních kroků genetické laboratorní analýzy. Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. <i>Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice</i> . Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.	75
Obr. č. 6: Ukázka výstupu ze sekvenátoru, testovaný úsek mtDNA. Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. <i>Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice</i> . Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.	77
Obr. č. 7: Zmnožení zájmového úseku DNA v thermocycleru. Zdroj: Robert Kiss, Kriminalistický ústav, 2021.	78
Obr. č. 8: Ukázka výstupu ze sekvenátoru, část profilu autosomální DNA osoby mužského pohlaví, tzv. STR markery. (Zdroj: Barbora Křenková, 2021)	81
Obr. č. 9: Schéma základních rozdílů mezi individuální a skupinovou identifikací ve forenzní genetice. Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. <i>Výklad základních</i>	

<i>pojmu molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.</i>	85
Obr. č. 10: Základní přehled objektů forenzně genetické analýzy. Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. <i>Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.</i>	87
Obr. č. 11: Jednoduché schéma určování biologického druhu metodou DNA barcoding. Autor: SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. <i>Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.</i>	96
Obr. č. 12: Nejvýznamnější aplikace nehumánní genetické analýzy. Autor: Křenková, B., Převzato z: SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. <i>Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.</i>	99
Obr. č. 13: Antropologický vzorník barev vlasů zapůjčený z oddělení antropologie KÚ. (Zdroj: Křenková Barbora, 2021).....	122
Obr. č. 14: Ukázka softwarového výstupu z ForenSeq™ . Zdroj: vlastní. Již dříve publikováno v Suchánek a kol. 2019.	125
Obr. č. 15: Ukázka pyrogramu znázorňující zdařilou sekvenaci markeru C1orf132. Laskavě poskytnuto z: ORLÍČKOVÁ, Jana. Určování stáří donora biologického materiálu pomocí pyrosekvence. 2021. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Rotková, Gabriela.	140
Obr. č. 16: Ukázka kalkulátoru věku na základě naměřených údajů metylace DNA. Získáno z: http://biovectis.com/forensic1/age-calculator dne 02.08.2022.	141
Obr. č. 17: Graf korelace biologického a chronologického věku naměřené u vzorků slin. Dosud nepublikovaný materiál výzkumného týmu poskytnut s laskavým svolením hlavní řešitelky grantu, kolegyně Ivy Kulichové (2022)...	143
Obr. č. 18: Graf korelace biologického a chronologického věku naměřené u vzorků bukálních stěrů. Dosud nepublikovaný materiál výzkumného týmu poskytnut s laskavým svolením hlavní řešitelky grantu, kolegyně Ivy Kulichové (2022).....	144

Obr. č. 19: Výsledky měření metylace DNA u spermatických vzorků. Predikovaný věk nejen že neodpovídá chronologickému, neboli kalendářnímu věku osoby, ale dává zcela nesmyslnou hodnotu. Tkáňová specifita metylace je v tomto případě natolik odlišná, že sada markerů úspěšně používaná na jiné typy tkání je pro sperma zcela nepoužitelná. Dosud nepublikovaný materiál výzkumného týmu poskytnut s laskavým svolením hlavní řešitelky grantu, kolegyně Ivy Kulichové (2022).	145
Obr. č. 20: Příklad Parabon® Snapshot™ predikce podoby ve srovnání s fotografií osoby: detektiv Rodie Sanchez. Převzato z: Parabon Nanolabs. 13.2.2020. Dostupné z: https://snapshot.parabon-nanolabs.com/img/examples/sirens_t1-example.png	152
Obr. č. 21: Predikce věku matky zavražděného novorozence na základě metylace DNA zajištěné na místě činu. Dosud nepublikovaný materiál výzkumného týmu poskytnut s laskavým svolením hlavní řešitelky, kolegyně Ivy Kulichové (2022).	155

Seznam tabulek

Tab. č. 1: Srovnávací tabulka právní úpravy využívání pokročilých metod forenzní genetiky napříč vybranými zeměmi. Vytvořeno na základě komparativní studie Švýcarského institutu srovnávacího práva na regulace využití DNA ve složkách prosazujících právo ke dni 28.08.2020.63

Tab. č. 2: Výsledky predikce barvy vlasů na základě analýzy DNA na vzorku 40 osob. Sloupec Skutečný vzhled označuje barvu vlasů osob na základě vizuálního ověření. Sloupec Fenotyp z DNA vyjadřuje laboratorně naměřené hodnoty poměru zastoupení genetických znaků, které vedou k projevu hnědého, černého, plavého (blond) či rzzavého pigmentu vlasu.126

Tab. č. 3: Výsledky predikce barvy očí osob na základě analýzy jejich DNA. Sloupec Barva očí označuje barvu očí testovaných osob na základě vizuálního ověření. Sloupec Fenotyp z DNA prezentuje laboratorně naměřené hodnoty poměru zastoupení genetických znaků, které vedou k projevu hnědé, modré či přechodové (zde uvedeno jako „střední“) barvy oka. Sloupec zcela vpravo ukazuje výsledky predikce biogeografického původu osoby na základě analýzy DNA.

Pozn.: Vzorky 3, 16 a 19 označené * jsou hraničního evropského a smíšeného Amerického původu (v softwaru ozn.: „Admixed American“). 128

Seznam zkratk

AOPK ČR – Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky

DNA – deoxyribonukleová kyselina

ČIŽP – Česká inspekce životního prostředí

FODAGEN – informační systém obsahující osobní údaje zájmových a mezinárodně zájmových osob (kriminalistické fotografie, daktyloskopické otisky, profil DNA a popis osoby)

KÚ – Kriminalistický ústav Policie České republiky

LZPS – Listina základních práv a svobod

MČ – místo činu

MS ČR – Ministerstvo spravedlnosti České republiky

mtDNA – mitochondriální DNA

MV ČR – Ministerstvo vnitra České republiky

NOZ – Zákon č. 89/2012 Sb., nový občanský zákoník

OČTŘ – orgány činné v trestním řízení

OKTE – odbor kriminalistické techniky a expertiz krajských ředitelství policie

OMČ – ohledání místa činu

OMPS – odbor mezinárodní policejní spolupráce

OPČ – operativně pátrací činnost

OPL – omamné a psychotropní látky

PČR – Policie České republiky

POPP – podpůrný operativně pátrací prostředek

PSP ČR – Poslanecká sněmovna České republiky

RNA – ribonukleová kyselina

SKPV PČR – služba kriminální policie a vyšetřování Policie České republiky

TČ – trestný čin

TŘ – zákon č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád)

TZ – zákon č. 40/2009 Sb., trestní zákoník

ZoZT – zákon č. 36/1967 Sb., zákon o znalcích a tlumočnících

ÚVOD

Molekulární genetiky patří k nejmladším a zároveň nejdynamičtěji se rozvíjejícím metodám kriminalistiky, která se vyčlenila z původní kriminalistické biologie. V prvních krocích si kriminalističtí genetici kladli za cíl ztotožnit dárce biologického materiálu s osobou o známé totožnosti. Nebývalo to v počátcích jednoduché. Byly dostupné pouze časově a finančně náročné metody, které neposkytly vždy jednoznačné výsledky. Během posledních dvou desetiletí však kriminalisté pokročili od určování krevních skupin, přes časově náročnou metodu RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism, tedy metoda štěpení restrikčními enzymy) až k dnešním metodám zahrnujícím polymerázovou řetězovou reakci a následnou sekvenaci krátkých tandemových repetitiv. Nové metody jsou oproti předchozím výrazně rychlejší (vzorek je možno zpracovat i v řádu hodin!) a vyžadují výrazně menší množství vstupního materiálu. Dostali jsme se z řádů miligramů na 0,5-1 ng DNA na reakci a mnohdy i méně! Tato zlepšení umožňují rutinní zpracovávání i tzv. dotykových stop, tedy stop z pouhých otisků lidské kůže na objektu s minimálním množstvím obsažené DNA, která dříve spadala pouze do kategorie sci-fi. V metodách individuální identifikace genetiky pokročila k dříve nepředstavitelným možnostem, je však stále limitovaná svým základním principem – je to metoda komparativní. Bez srovnávacího vzorku známé osoby nelze určit identitu donora biologického materiálu. Nebo ano?

V posledních letech přichází na vědeckou scénu nové metody umožňující kriminalistům získat nepřímé, však neméně cenné, informace o dárci biologického materiálu. Namísto ztotožňující individuální identifikace se zkoumá vzhled, geografická příslušnost či věku donora. Získané informace nemají váhu individuální identifikace jak u nyní rutinně testovaných krátkých tandemových repetitiv, ale nově dodávají operativně pátrací indicie, které mohou být pro vyřešení případu naprosto klíčové. Ve své disertační práci bych se ráda věnovala dvěma metodám právě z této oblasti. Tou první je metoda určování fenotypu analýzou DNA osoby čili tzv. DNA fenotypování (v anglicky psané odborné literatuře zařité pod zkratkou FDP – Forensic DNA Phenotyping neboli forenzní DNA fenotypování), v našem případě se bude jednat o určení barvy vlasů a očí z DNA.

Druhá metoda představuje určování věku donora biologického materiálu. Obě metody jsou zpracovávány naprosto odlišným mechanismem a na rozdílných přístrojích, ale obě mají za cíl sloužit stejnému účelu – objasňování trestné činnosti.

Technologie masivního paralelního sekvenování známější pod pojmem NGS („next generation sequencing“ neboli sekvenování nové generace) je na Kriminologickém ústavu (dále KÚ) zastoupena přístrojem MiSeq FGx od společnosti Verogen (v době zakoupení přístroje společnost Illumina). NGS umožňuje paralelní testování mnoha desítek markerů a současně i krátkých úseků (fragmentované) DNA, se kterými se setkáváme u vysoce degradovaných (starých či poškozených) vzorků. Při uvedeném postupu se zároveň s identifikačními markery testují i markery na určení geografického původu, barvy očí a barvy vlasů. Jednou analýzou tak lze získat značné množství informací. Příprava vzorků pro analýzu je poměrně časově náročná a prakticky ji nelze provést během jednoho dne, a to přes částečnou automatizaci přípravy vzorků, kdy je možné zpracovávat větší množství vzorků zároveň.

Další převratnou metodou moderní forenzní genetiky je pyrosekvenování. Vyžaduje odlišné přístrojové vybavení než klasické sekvenování či masivní paralelní sekvenování. Pyrosekvenátor je přístroj, který se na KÚ standardně nepoužívá na určování individuální identifikace, ale je primárně určen ke zkoumání úrovně metylace lidské DNA a následnému ustanovení věku donora biologického materiálu. Tato metoda se nezabývá klasickou Mendelistickou dědičností, ale jedná se o tzv. epigenetiku, jenž studuje změny v genové expresi, tedy projevy genu, které nejsou způsobeny změnou nukleotidové sekvence DNA. Netestuje tedy změny pořadí či četnost nukleotidů jako v případě krátkých tandemových repetit u klasického sekvenování, ale změny na struktuře DNA, které následně ovlivňují její expresi jako například výše uvedenou DNA metylaci. V některých zemích je tato metoda již nyní úspěšně využívána pro forenzní účely.

Obě výše zmíněné metody nejsou zamýšleny pro rutinní užití, ale mohou hrát rozhodující roli v závažných forenzních případech, zejména tam, kde chybí důkazy směřující ke konkrétním osobám, které by bylo možno analyzovat zavedenými způsoby.

Téma mojí disertační práce jsem si zvolila, protože úzce souvisí s předmětem výzkumu, kterému se při svojí práci na KÚ od roku 2017 věnuji. Blíže se tomuto budu věnovat v kapitole Výzkum.

Vymezení řešeného vědeckého problému

Disertační práce se věnuje novým metodám kriminalistické genetiky, které se v poslední dekádě začaly prosazovat při řešení složitých případů závažné trestné činnosti. Jedná se o techniky, které bohatě rozšiřují možnosti klasické identifikační genetiky o nové charakteristiky původce biologického materiálu, který se tím stává tzv. „biologickým svědkem“ promlouvajícím k vyšetřujícím orgánům s objektivitou, kterou u lidského svědka nelze ani předpokládat. Těmito novými charakteristikami mohou být především znaky určující vzhled (např. barva pleti, vlasů a očí, výška postavy, morfologie obličeje, tvaru vlasové linie), biogeografický původ či věku osoby.

Hlavní předností těchto metod, která je také zásadně odlišuje od metod klasické kriminalistické genetiky, je skutečnost, že k jejich použití není zapotřebí vzorku srovnávacího materiálu osoby známé totožnosti nebo jejího DNA profilu v databázi. Jsou proto vhodné k použití i v případech absence či naopak příliš vysokého počtu podezřelých osob nebo obecně v případech důkazní nouze, tedy u případů, kterým by jinak hrozilo, že budou pro nedostatek důkazů odloženy anebo již v minulosti odloženy byly.

U těchto nových vědeckých metod je nezbytný jejich správný výklad a při práci s nimi klást důraz na jejich pochopení všemi zúčastněnými subjekty. Je nutné brát v potaz, že výsledky těchto analýz poskytují pouze indicie pro operativně pátrací činnost (dále OPČ)¹, informace o vzhledu, biogeografickém původu či věku podezřelých osob, které se na místě činu pohybovaly. Ze své podstaty se tyto informace pohybují ve škále pravděpodobnostních vyjádření, se kterou je nezbytné se naučit pracovat. K těmto informacím je také obecně potřeba

¹ Principy a definice OPČ přehledně uvedeny v: DVOŘÁK, Vratislav a Martin KLOUBEK. *Základy operativně pátrací činnosti policie v definicích a schématech*. 2011. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 37-47. ISBN 978-80-7251-351-2.
Dále ve věci operativní činnosti čerpáno z: BUDKA, Ivan, a kol. *Vybrané problémy operativně pátrací činnosti*. 2010. s. 13-25. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie ČR v Praze.

přístupovat s přihlédnutím ke všem okolnostem a skutečností zjištěným v rámci šetření. A, v neposlední řadě, pro jednoznačné určení nebo vyloučení konkrétní osoby je nutné následně provést klasické identifikační úkony.

Dále budou v této práci představeny dosud málo známé metody forenzní genetiky využívající biologický materiál zvířecího a rostlinného původu. S vědeckým pokrokem se tyto metody dostaly za poslední roky rychle do popředí a jejich výstupy využívají policejní orgány v České republice i v zahraničí.

Cíle disertační práce

Na základě výše specifikovaného výzkumného problému je možné stanovit cíle této disertační práce následovně:

- zmapovat nové forenzně genetické metody,
- ověřit funkčnost predikce fenotypů pro forenzní účely,
- ověřit přesnost a přínos stanovování věku osob z metylace DNA.

Zmapování nových forenzně genetických metod a uvedení zjištěných poznatků v disertační práci a souvisejících publikacích pomůže upozornit na nové možnosti kriminalistiky, které aktuální vědecké poznání a technologický pokrok nabízí, otvírající dveře policejním orgánům k objasňování závažné trestné činnosti i v případech důkazní nouze a možnému zrychlení postupu vyšetřování díky takto získaným poznatkům.

V této disertační práci budou představeny nejnovější metody využívané ve forenzní genetice, uvedeny jejich principy a především přínos, dále budou tyto metody kriminalistické techniky zasazeny do českého i mezinárodního právního prostředí, a v další části práce budou názorně prezentovány v praktickém výzkumu provedeném autorkou práce v Kriminalistickém ústavu a v rámci recentní kazuistiky.

K dosažení primárního cíle disertační práce byly stanoveny dílčí cíle, kterým odpovídají níže nastíněné kapitoly: popis současného stavu, právní úprava v ČR a v zahraničí, nové metody – určování vizuálních charakteristik osob a jejich věku, nehumánní forenzní genetika, vlastní výzkum zaměřený na určování vizuálních charakteristik osob analýzou biologického materiálu a určování věku osob na

základě metylační analýzy DNA a konečně kapitola přinášející kazuistiku k vybraným rozebíraným metodám.

Pokud bychom chtěli výčet nových forenzně genetických metod absolutně vyčerpat, bylo by nutno zmínit i minoritní velmi slabě zastoupené projekty, které se rutinního užití v kriminalistice pravděpodobně nikdy nedočkají. Uvádění takových minoritních technik nebylo do disertační práce zahrnuto pro neúčelnost. Vlastní disertace se tedy bude zaměřovat zejména na:

- možnosti zkoumání DNA nastiňující možný vzhled zůstavitele biologického materiálu,
- určování věku osob na základě metylační analýzy DNA,
- forenzní analýzu biologického materiálu zvířat,
- forenzní analýzu biologického materiálu rostlinného původu,
- související právní úpravu v Česku i zahraničí.

Přínos práce spočívá v komplexním zpracování problematiky dosud málo známých novějších metod forenzní genetiky. Práce přináší sjednocený a srozumitelný přehled a popis moderních metod forenzní genetiky včetně relevantních právních předpisů. Práce identifikuje potenciální rizika či problematická místa spojená s využitím těchto metod vyvěrající ze samotné podstaty metod moderní genetiky. Disertační práce obsahuje návrhy na možná opatření řešící výše zmíněné rizikové faktory.

Metody

K vypracování disertace byly využity bazální výzkumné metody, mezi kterými lze jmenovat následující:

- analýza (například při rozebrání druhů metod),
- syntéza (např. vytváření stanovisek),
- dedukce (např. při formulaci otázek),
- komparace (např. právního prostředí v ČR a v zahraničí),
- analogie (např. příbuzné kazuistiky) či
- indukce (např. při hodnocení výsledků experimentu)

V přípravě disertace byla v hojné míře využita rešerše tuzemské a především zahraniční literatury. Příčinou tohoto rozložení zdrojů je skutečnost, že v česky psaných odborných publikacích dosud nebyla tato problematika příliš zevrubně zpracována. K nápravě této situace se snaží autorka přispět vlastní publikační činností.

Zvláštní kapitola věnovaná výzkumu byla zpracována na základě výsledků laboratorních měření. V experimentálním výzkumu byly následovány metody dle platných standardních operačních postupů (dále SOP) Kriminalistického ústavu.

Z užitých výzkumných technik byly využity následující:

- studium analýzu volně dostupných dokumentů
 - judikáty (tj. soudní rozhodnutí),
 - trestní spisy,
 - odborné publikace
- komparace zjištěných informací
- konzultace s odborníky zabývající se touto praxí ve forenzní oblasti, případně při univerzitách či jiných vědeckých institucích.

1. VSTUP DO PROBLEMATIKY A ZÁKLADNÍ POJMY

1.1. Forezní analýza DNA

Analýza DNA je populárním nástrojem napomáhajícím orgánům činným v trestním řízení (dále OČTŘ) k objasňování trestné činnosti. Je relativně rychlou, dostupnou a obsáhle informativní metodou užívanou v kriminalistice již více jak dvacet let.

Textem celé disertační práce a souvisejících publikací se opakovaně prolínají pojmy kriminalistická genetika, forezní genetika, případně identifikační genetika. Je na místě hned v úvodu vymezit jejich význam. Vědecký obor molekulární genetika pro účely soudního řízení, tedy pro účely forezní, bývá v literatuře nazýván forezní genetikou nebo kriminalistickou genetikou. Významy pojmů genetiky forezní a kriminalistické se do značné míry překrývají, avšak pro úplnost je vhodné si ujasnit jejich rozlišení. Tyto a související pojmy lze definovat následovně:

- Forezní genetika či forezní analýza DNA zahrnuje využití analýzy DNA pro účely soudního řízení a dokazování. Sem spadá jak trestně právní, tak civilně právní sektor. Šimková H. tento pojem používá jako nadřazený kriminalistické, identifikační a kognativní genetice. Šimková sem zařazuje také genetické analýzy spadající pod jiné vědní obory nebo různé typy analýz pro soukromou potřebu osob, dnes populárně nazývané „rekreační genetika“. Zde bych si dovolila rozporovat, neumím si představit obhajobu výsledků rekreační genetiky při soudním jednání na rozdíl od standardního znaleckého posudku, který soud připouští jako důkaz.
- Kriminalistická genetika jako pojem bývá v literatuře běžně užívána synonymně ke genetice forezní, ale zpravidla se jí rozumí analýza DNA z biologického materiálu ze stop za účelem zjištění jejího původce a další analýzy přispívající k vyšetřování či dokazování trestných činů. Oproti tomu forezní genetika bývá vnímána jako širší pojem.

- Identifikační genetika je ve svém principu cílem genetiky kriminalistické i forenzní, má totiž za úkol identifikaci neboli ztotožnění osob. Kožina J. tento pojem nadřazuje genetice forenzní a kriminalistické.²
- Kognitivní genetika stanovuje příbuzenské vztahy mezi testovanými osobami. Šimková H. tento pojem podřazuje forenzní genetice jako takové.³

Jak samotná kriminalistická DNA analýza probíhá? Cesta kriminalistické genetiky začíná již při prvotním ohledání místa činu (viz obr. č. 1). Ohledání místa činu jako neodkladný, neopakovatelný a značně komplexní úkon zahrnuje celou řadu nezbytných kroků vedoucích k zajištění místa a podchycení jeho materiální situace, čímž se rozumí vyhledání stop a věcí majících vztah s prověřovanou událostí. Jako kriminalistické stopy bývají označovány změny související s kriminalisticky relevantní událostí, obsahující kriminalisticky relevantní informace, existující nejméně od vlastního vzniku do svého zjištění pracovníkem provádějícím ohledání, a vyhodnotitelné současnými kriminalistickými metodami a prostředky.⁴ Trestní řád uvádí, že „*je-li k objasnění skutečnosti důležité pro trestní řízení třeba odborných znalostí, vyžádá orgán činný v trestním řízení odborné vyjádření. Jestliže pro složitost posuzované otázky takový postup není postačující, přibere orgán činný v trestním řízení znalce.*“⁵ Přizvaný znalec stopy vyhledá, zajistí je, odbornými metodami na specializovaném pracovišti zanalyzuje, výsledky vyhodnotí a sepíše do odborného vyjádření nebo znaleckého posudku, který odešle spolu se stopami po analýze dožadujícímu orgánu. V praxi stopy v drtivé většině zajišťuje stálý člen výjezdové skupiny, kriminalistický technik a policista služby kriminální policie a vyšetřování pověřený vyšetřováním (dále „vyšetřovatel“)⁶ je policejním kurýrem spolu s dožádáním odešle na

² KOŽINA, Jiří. *Právní a kriminalistické aspekty identifikačních analýz DNA*. 2016. Univerzita Karlova, Právnická fakulta. Katedra trestního práva. Rigorózní práce. Vedoucí práce Musil, Jan.

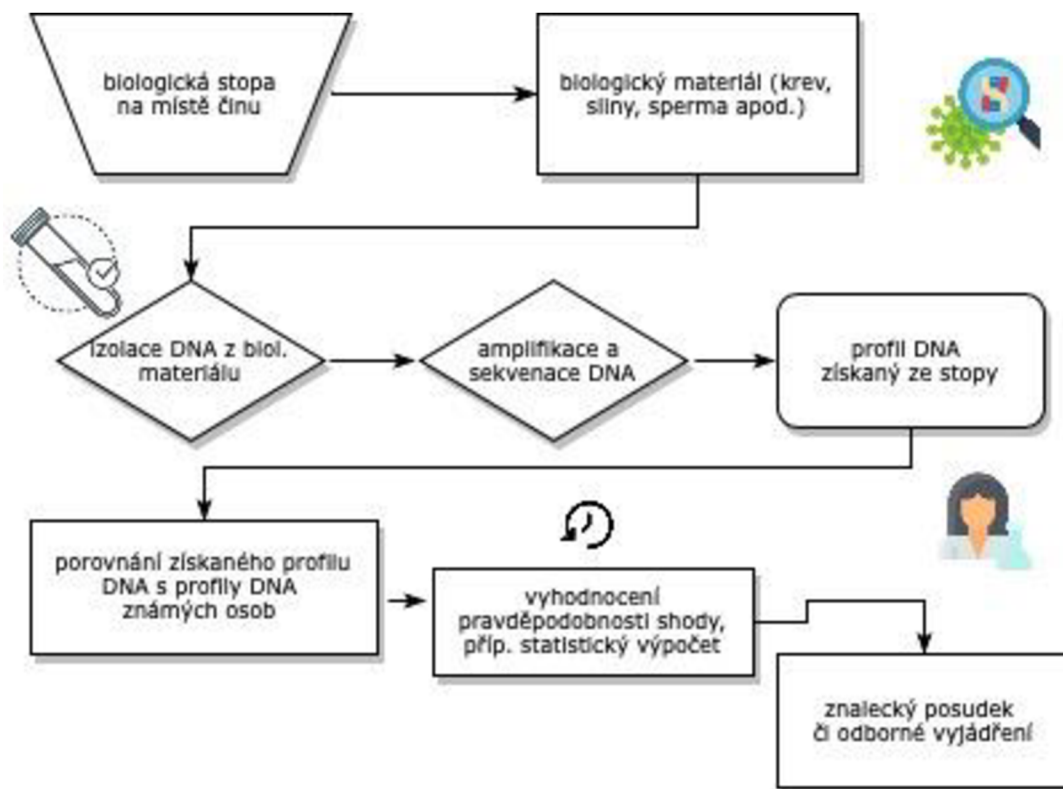
³ ŠIMKOVÁ, Halina. *Breviář forenzní genetiky: forenzní DNA analýza v otázkách a odpovědích*. Tribun EU. s. 214. ISBN 978-80-263-0247-6.

⁴ KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

⁵ Zákon č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), § 105/1.

⁶ Pojem „vyšetřovatel“ není oficiální termín, ale je v tuzemském prostředí natolik zažitý, že si jej dovolím v práci pro stručnost a srozumitelnost použít.

specializované pracoviště (zpravidla Kriminalistický ústav či odbor kriminalistické techniky a expertiz). Znalec se tedy se stopami setká poprvé často až při ohledání doručených stop k případu.^{7 a 8}



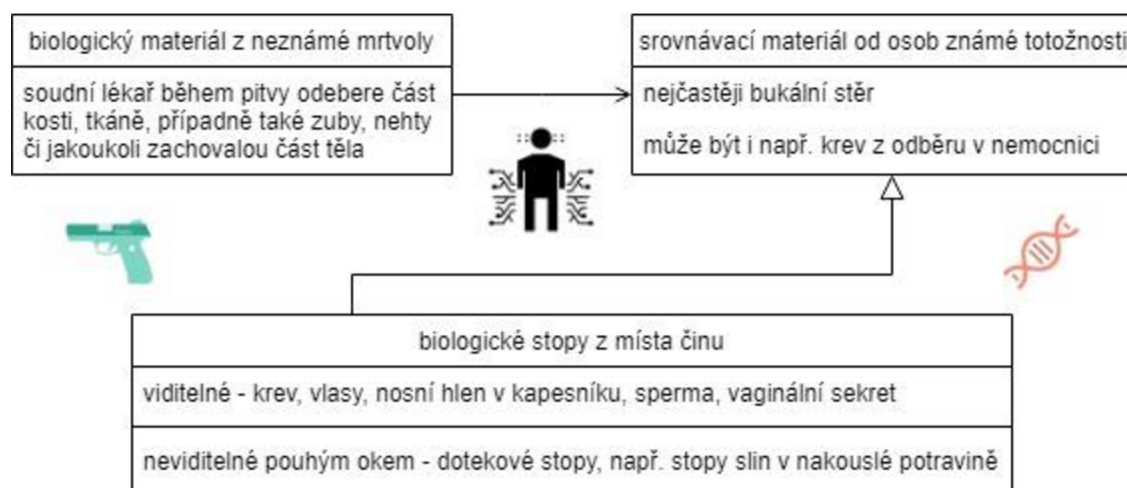
Obr. č. 1: Zjednodušené schéma forenzně genetického zkoumání od místa činu po vypracování posudku. Autor: Křenková B., 2021, Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

Biologický materiál nalezený na stopách či přímo na místě činu může být dobře viditelný jako například krevní stopa nebo pouhým okem zcela neviditelný jako třeba dotyková stopa na nástroji (viz obr. č. 2). Při vyhledávání a zajišťování stop s předpokládaným výskytem biologického materiálu se proto pracuje s ohledem na riziko infekce, možnou degradaci materiálu nebo jeho kontaminaci. Z těchto

⁷ Pokyn policejního prezidenta č. 103/2013, o plnění některých úkolů policejních orgánů Policie České republiky.

⁸ HUBÁLKOVÁ Pavla. *DNA zločinu: nové genetické metody pomáhají při vyšetřování kriminalistům*. 06.05.2022. Hospodářské noviny, s. 24.

důvodů je nezbytné používání ochranných pomůcek (jako jsou například jednorázové rukavice a jejich pravidelná výměna, dále ochranný oděv, pravidelně očišťované či jednorázové nástroje), nad stopami nemluvit bez ochrany úst (chirurgická rouška, respirátor). Nad stopami je nutné nekašlat, nekýchat a vždy se vyvarovat kontaktu stop s holou rukou, aby nedošlo k jejich kontaminaci zúčastněným pracovníkem. Biologické stopy jsou dle pokynu ředitele Kriminalistického ústavu č. 34/2019, přílohy 14 a 15, baleny do obalových materiálů k tomu určených a dále jsou transportovány či skladovány suché, chráněné před vlhkostí, přímým slunečním zářením a jednotlivě (například cigaretové nedopalky lze spolehlivě biologicky i procesně znehodnotit jejich sesypáním do jedné obálky a odesláním ke zkoumání) tak, aby nedošlo k přenosu biologického materiálu mezi stopami.^{9 a 10}



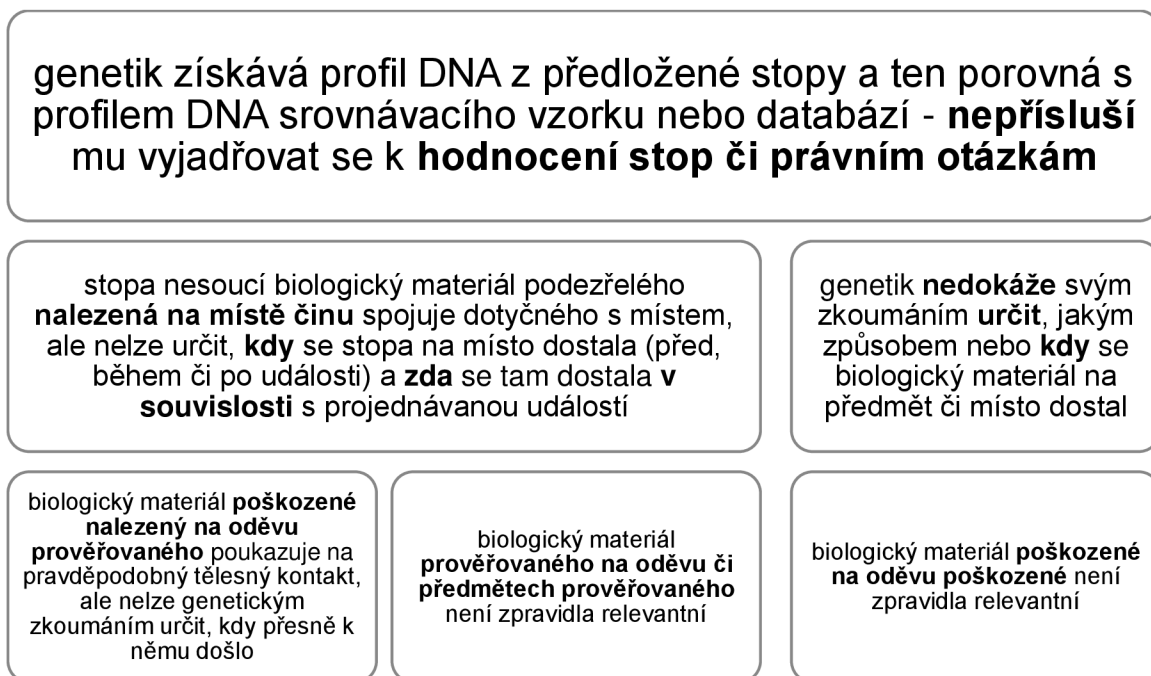
Obr. č. 2: Ukázka předmětů genetického zkoumání. Autor: Křenková B., 2021, Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

Pro následné soudní řízení není podstatný pouze získaný profil DNA, ale také z jakého místa na stopě či předmětu byl biologický materiál odebrán (viz obr. č. 3). S ohledem na to je vhodné odebírat stěry či vzorky z míst relevantních pro

⁹ KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

¹⁰ Pokyn ředitele Kriminalistického ústavu č. 34/2019, *k vybraným kriminalistickotechnickým činnostem*.

následné dokazování, věcné stopy odesílat ke zkoumání v ideálním případě celé a balit je takovým způsobem, aby během transportu nedocházelo k otisku a přenosu z jedné části stopy na druhou. Typicky se jedná to oděvní součástky, u kterých může být klíčovým důkazem podírajícím nebo vyvracejícím výpověď svědka či poškozeného právě biologický materiál odebraný z konkrétní části oděvu (typicky výstřih přední části halenky, okraj rukávů košile) či zda byl stěr tělesné tekutiny odebrán z přední nebo zadní části svršku v souladu s výpovědí. K věcným stopám je mnohdy na místě doplnit také popis, jakým způsobem se stopou pachatel pravděpodobně manipuloval, pokud to není zcela zřejmé, aby znalec věděl, které části věcné stopy při ohledání věnovat pozornost.¹¹



Obr. č. 3: Schéma k důkazní hodnotě genetického zkoumání.¹² Autor: Křenková B., 2021, Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

¹¹ KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

¹² „... je třeba dbát toho, že znalci nepřísluší provádět hodnocení důkazů a řešit právní otázky.“ § 107 odst. 1 zákona č. 141/1961 Sb., o *trestním řízení soudním (trestní řád)*, v posledním znění.

1.2. Identifikační genetika v trestních kauzách

Analýza DNA je v kriminalistice velmi často užívanou metodou. Jedná se o značně univerzální nástroj umožňující individuální identifikaci, může tedy pro vyšetřování znamenat zásadní posun.

Základem forenzní genetiky je analýza biologického materiálu z kriminalistických stop a porovnávání získaného profilu DNA s profilem DNA známé osoby získaným ze srovnávacího vzorku nebo z databáze. Biologický materiál se apriorně může vyskytovat na jakémkoli předmětu, kterého se dotkla ruka bez ochranné rukavice, nad kterým bylo mluveno bez roušky či respirátoru, či na který byla jiným způsobem přenesena DNA (nejčastěji ve formě tělesných tekutin či epiteliálních buněk). Z toho vyplývá, že stopy potenciálně vhodné ke genetickému zkoumání lze nalézt u většiny druhů trestné činnosti. Příkladem:

- násilná trestná činnost – zbraně, krevní stopy, stěry dopisů, klop obálek a stříhy známek vyděračských dopisů
- majetková trestná činnost – nástroje použité k překonání zámků a zabezpečení vstupů do objektů zanechané na místě činu, stopy potu a epiteliálních buněk z povrchu dveří a oken, krevní stopy z poranění při pokusu o vstup do objektu, dotekové stopy z odcizených předmětů, stěry z volantu a řadicí páky ukradeného vozidla
- nedovolená výroba omamných a psychotropních látek (dále OPL) – nástroje použité k výrobě OPL, nádoby a obaly na transport OPL
- mravnostní trestná činnost – tělesné tekutiny na oděvních součástkách a předmětech
- hospodářská trestná činnost – dotykové stopy na padělaných smlouvách a obálkách

Pokročilejší metody moderní forenzní genetiky mohou možnosti OČTŘ rozšířit o indicie nezávislé na znalosti identity hledané osoby, tedy pro případy, kdy není k dispozici srovnávací vzorek DNA či není v databázi profil DNA ztotožňované

osoby. Mezi tyto indicie patří vizuální charakteristiky osob (barva vlasů, pleti apod.), věku osob nebo například biogeografický původ osob.¹³

Tyto informace o hledané či ztotožňované osobě mohou zásadně napomoci vyšetřování v případech, kdy jiné kriminalistické stopy v případě nevedou k žádné konkrétní osobě anebo naopak je okruh podezřelých příliš široký. V některých případech mohou tyto metody nahradit či, lépe řečeno, předejít nutnosti použití plošného screeningu, který je časově i finančně náročný a v neposlední řadě zatěžuje velké množství pracovníků i zúčastněných občanů. Zúžením okruhu podezřelých a zpřesněním atributů hledané osoby dostanou vyšetřovatelé dostatek indicií k cílenému vyhledání jednotlivých osob bez nutnosti analyzovat vzorky DNA od desítek či stovek osob.

1.3. Využití genetiky v boji s nelegální migrací

V návaznosti na globální situaci započala kolem roku 2015 migrační vlna občanů cizích států do Evropy. Evropské státy byly postaveny před nutností ověřování totožnosti či udávaného věku příchozích osob v nebyvalém počtu. Mnohé z evropských států mají pro podobné situace kvalitní nástroj pro identifikaci, ověřování příbuzenských vztahů či věku osob, forenzní genetiku. Detailnější informace včetně údajů ze zahraniční odborné literatury budou rozvedeny v této kapitole.

V dnešní době opakovaných vln masové legální i nelegální migrace se nabízí další využití metody určování věku osoby z DNA. Trestněprávní úprava České republiky obsahuje čtyři trestné činy přímo související s nelegální migrací. Jedná se o trestné činy násilné překročení státní hranice podle § 339 zákona č. 40/2009 Sb. (dále „trestní zákoník“), organizování a umožnění nedovoleného překročení státní hranice podle § 340 trestního zákoníku, napomáhání k neoprávněnému pobytu na území republiky podle § 341 trestního zákoníku a

¹³ KAYSER, M. *Forensic DNA Phenotyping: Predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes*. 2015. *Forensic Sci Int Genet.* roč. 18, s. 33-48. doi: 10.1016/j.fsigen.2015.02.003.

neoprávněné zaměstnávání cizinců podle § 342 trestního zákoníku.¹⁴ V těchto čtyřech odvětvích DNA analýza využití nachází pouze okrajově, ale v souvislosti s nelegální migrací získává slovo jako levná, rychlá a spolehlivá metoda ověřování věku osob. Cizinci, kteří překročí státní hranice bez potřebných a platných dokladů často záměrně uvádí nižší věk, než je jejich skutečný, aby dosáhli statusu nezletilého. Může jim to přinést četné výhody od vyšší šance na udělení azylu až po nižší trestní sazbu v případě prokázání spáchání trestného činu.

V Česku je standardem určování věku při pochybnostech o zletilosti osob využití antropometrických metod, které jsou založené na vyhodnocování rozměrů, stavby či tvaru určitých částí lidského těla. Činí se tak zejména pomocí rentgenových snímků kostí ke zjištění stupně osifikace, tedy tzv. kostního věku. Těchto metod byla vypracovaná celá řada, ale nejpoužívanějšími metodami, o kterých se z tuzemských rozsudků lze dočíst, jsou dvě metody:

- TW3 – Tanner a Whitehouse – metoda založená na vyhodnocování rozměrů, tvaru a prostorových vztahů kostí na základě jejich rozdílné rychlosti či stupně osifikace z rentgenového snímku levé ruky a distální části předloktí. Předností této metody je zohlednění pohlaví při výpočtu kostního věku. Vyhodnocování kompartmentu RUS (Radius Ulna Short bones, česky kost vřetenní, kost loketní a krátké (zápěstní) kůstky) se navíc používá k predikci konečné tělesné výšky, neboť koreluje se stavem růstu. Tato metoda umožňuje stanovení kostního věku osoby s přesností na desetinu roku, ale pouze u dětí a mladistvých do věku ukončení růstu kostí.^{15, 16}

¹⁴ MVČR. *Nelegální migrace v České republice - Aktuální informace o migraci*. 2019. [online]. [cit. 14.02.2020]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/migrace/clanek/nelegalni-migrace-v-ceske-republice.aspx?q=Y2hudW09Mw%3D%3D>.

¹⁵ WUTSCHERK, Heinz. 1974. *Die Bestimmung des "biologischen" Alters*. Theor. Prax. Körperkult., vyd. 23, č. 2, s. 159-170.

¹⁶ CYRUSOVÁ, Tereza. *Problematika měření biologického věku*. 2011. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové, Katedra biofyziky a fyzikální chemie. Vedoucí práce Kuchařová, Monika.

- GP – Greulich a Pyleové – metoda založená na porovnávání rentgenového snímku ruky a distálního předloktí se standardy GP atlasu, tzv. atlas matching system.¹⁷

Kromě výše zmíněných metod rentgenování ruky a zápěstí existují analogické metody vypracované pro koleno, nárt, páteř a další kosti. Zejména u dětí je také vhodné použití metody stanovení dentálního věku, která se běžně používá u archeologického materiálu. Metoda založená na sledování prořezávání a výměny zubů má však zjevné limity. O něco přesnější je metoda vycházející z mineralizace zubů, případně kombinace erupce a mineralizace zubů. Odhad věku podle dentice se používá zpravidla u dětí školního věku, kdy k posledním změnám souvisejícím s věkem dochází okolo 18. roku věku, kdy se prořezávají zuby moudrosti.

Krom dentálního a skeletálního věku je možno určovat věk osob podle vývoje sekundárních pohlavních znaků, kdy u dívek se jedná o stadia rozvoje prsu, přítomnost pubického ochlupení či menstruace a u chlapců hodnocení vnějšího genitálu, testikulární objem a přítomnost pubického ochlupení. Nevýhodou metody vyhodnocování sekundárních pohlavních znaků je nutnost odhalování a vyhodnocování intimních částí těla, protože se některé osoby odmítají podvolit takovému vyšetření.

Pro posuzování věku osob tedy vychází jako nejuniverzálnější metody antropometrické. Jejich nevýhodou však je určité radiační zatížení, což některé osoby napadají a odmítají se takovému vyšetření podrobit. Zde se nabízí využití epigenetiky pro určení věku osob jako neinvazivní a neintimní metody. V Česku se tato metoda nachází ve fázi výzkumu, ale v zahraničí začíná v některých případech docházet i k jejímu využití pro soudní účely. V roce 2013 vyvinul doktor Steve Horvath z University of California v Los Angeles pro případy plošného ověřování zletilosti osob metodu nazývanou „epigenetické hodiny“. Tato metoda se vyznačuje citlivostí vhodnou i pro osoby blížící se hranici zletilosti, finanční dostupností, rychlostí vyhotovení a přesností s mediánem chyby 2,7 roku, tedy podobnou jako u nyní standardně používaných rentgenových metod.¹⁸

¹⁷ CYRUSOVÁ, Tereza. *Problematika měření biologického věku*. 2011. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové, Katedra biofyziky a fyzikální chemie. Vedoucí práce Kuchařová, Monika.

¹⁸ HORVATH, Steve. *DNA methylation age of human tissues and cell types*. 2013. *Genome Biology*. roč. 14, č. 10. s. 1-20. DOI: 10.1186/gb-2013-14-10-r115.

Později byla tato metoda optimalizována pro vzorky bukálních stěrů, které jsou neinvazivní a nebolestivé, a se zaměřením na osoby na hranici zletilosti (18 let) pro lepší možnosti využití úřady. V roce 2018 Horvath publikoval studii s novou verzí této metody, jež vykazovala medián chybovosti již jen 1,03 roku. Na druhou stranu tato metoda vykazovala větší množství outlierů, tedy vzorků, které se chovaly extrémně odlišně od ostatních – např. vykazovaly věk osob o 5-6 let mimo jejich skutečný věk. Dále se vede debata o větší uzpůsobení této metody na míru konkrétním populacím. Tato metoda již byla použita úřady v Německu ke stanovení věku pomocí DNA analýzy ze vzorku krve v případě údajně nezletilého žadatele o azyl. Úřady se k tomuto dosud oficiálně nevyjádřily.^{19, 20 a 21}

Z českého právního prostředí je na místě uvést recentní rozsudek Nejvyššího správního soudu ze dne 21. 10. 2020, čj. 6 Azs 41/2020, který situaci okolo určování věku osob pro účely soudní (zde v případě žadatele o azyl) vystihuje.

„K volbě metody lze zopakovat, co konstatoval zdejší soud ve výše zmíněných rozsudcích, ze kterých vychází, citovat lze znovu např. rozsudek ze dne 25. 6. 2020, č. j. 5 Azs 107/2020 – 46: *„Zákon o pobytu cizinců žádný postup při určování věku nestanoví. Obecně platí, že není důvod vyloučit výsledek lékařského vyšetření jako důkazní prostředek při určení věku cizince; navíc ho výslovně předpokládá související právní úprava pro případy zjišťování věku žadatele o mezinárodní ochranu – viz § 89 odst. 3 zákona č. 325/1999 Sb., o azylu, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o azylu“). Konkrétní metody, které ke zjištění věku vedou, zde stanoveny nejsou. Jde o odbornou (nikoli právní) otázku, na kterou v tuto chvíli rozhodně nelze poskytnout tak jednoznačnou odpověď, jak to učinil krajský soud. Jeho úvahy je nezbytné korigovat, neboť nejsou založeny na dostatečně podložených závěrech o podstatě metod TW3 a GP, jejich limitech a z toho plynoucí vypovídací hodnotě výsledků těchto metod.*

¹⁹ ABBOTT, Alison. *Can epigenetics help verify the age claims of refugees?* 2018. Nature. Nature Publishing Group, roč. 561, č. 7721. DOI: 10.1038/d41586-018-06121-w.

²⁰ FLECKHAUS, Jan a kol. *Impact of genetic ancestry on chronological age prediction using DNA methylation analysis.* 2017. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. roč. 6, s. 399-400. DOI: 10.1016/j.fsigss.2017.09.162.

²¹ HORVATH, Steve a kol. *Epigenetic clock for skin and blood cells applied to Hutchinson Gilford Progeria Syndrome and ex vivo studies.* 2018. Aging. roč. 10, s. 1758–1775. DOI: 10.18632/aging.101508.

Lze přitom poukázat na jiný případ tří nezletilých cizinců bez doprovodu původem z Afghánistánu, jejichž zajištěním za účelem předání podle § 129 zákona o pobytu cizinců se zabýval shora zmíněný rozsudek zdejšího soudu pod č. j. 2 Azs 198/2019 - 81, z něhož vyplývá, že v praxi byly zjištěny významné rozdíly mezi výsledky uvedených metod. Závěry o zletilosti těchto cizinců se Nejvyšší správní soud v citovaném rozsudku, stejně jako v nyní souzené věci, podrobněji nezabýval. Věcného přezkumu se dotčení cizinci domohli v rámci soudního řízení o žalobách proti rozhodnutím Ministerstva vnitra o jejich zajištění podle § 46a odst. 1 písm. e) zákona o azylu; k tomu srov. rozsudek Krajského soudu v Plzni ze dne 24. 7. 2019, č. j. 17 A 121/2019 - 74, z jehož odůvodnění je zřejmé, že vyhodnocení rentgenových snímků provedlo specializované pracoviště Fakultní nemocnice v Motole, na které poukazuje rovněž stěžovatel, přičemž z lékařských zpráv vyplynulo, že v závislosti na použité metodě byl cizincům zjištěn věk cca 18 až 19 let (metoda GP), resp. 16,5 let (metoda TW3). Už tato pluralita výsledů vyšetření věku ukazuje důležitost užitých metod, jejichž podstatu krajský soud vůbec neřešil. Pro stručnost je v tomto ohledu možné odkázat např. na obecně dostupnou praktickou příručku k posuzování věku, kterou vypracoval Evropský podpůrný úřad pro otázky azylu (EASO – European Asylum Support Office, druhé vydání, 2018), v níž je – s poukazem na odbornou literaturu – vysvětleno, že je vyhodnocován tvar, velikost kostních částí a stupeň osifikace epifyzy právě pomocí rentgenu ruky, který je porovnán:

a) podle radiologického atlasu, který obsahuje standardní snímky příslušného věku a pohlaví k určení vývojového stadia; referenční publikací se stal atlas Greulich a Pyleho (GP) – tato metoda je výsledkem studie z roku 1935.

b) podle jednotlivých kostí, kde je stupeň zralosti určován u jednotlivých kostí a kombinuje se pro účely výpočtu celkového stadia zralosti, což se opírá o přístup Tannera-Whitehouse (TW), který je aktuálnější a dostupný ve třech vydáních.

Nejvyšší správní soud nepopírá, že i metoda GP může být použita při odhadu kostního věku, avšak má pochyby, že je metodou nejpřesnější, resp. přesnější než metoda TW3, která odděleně hodnotí jednotlivé kosti. Ostatně to, že celosvětově užívanou metodou první volby je metoda TW3 potvrzuje i odborné stanovisko doc. RNDr. H. K., CSc., které krajský soud provedl k důkazu během jednání.

Současně lze komparativně lze poukázat např. na judikaturu švýcarského Federálního správního soudu, která vychází z toho, že výsledek vyšetření zápěstní kosti má omezenou autoritativní hodnotu – zvláště po dosažení věku 16 let je důkazní hodnota vyšetření nižší a nelze z ní jednoznačně usuzovat na skutečný věk. Výpověď dotčeného cizince tak zjištěný výsledek vyšetření věku nemůže zpochybnit, ledaže by byl vyšší o 3 a více let oproti cizincem udávanému věku. Jako jediný důkaz je tak výsledek vyšetření kostního věku uznáván v případě, že by odchylka oproti udávanému věku byla vyšší než 3 roky; srov. rozsudky ze dne 10. 3. 2016, sp. zn. D-5785/2015, a ze dne 4. 3. 2019, sp. zn. E-7333/2018. Navíc si je třeba uvědomit, že obě uvedené metody jsou založeny na srovnávacím materiálu, u něhož je nezbytné zohlednit i jiný socioekonomický a geografický původ posuzovaných osob; srov. instruktivní rozsudek ze dne 8. 8. 2018, sp. zn. E-891/2017, na který velmi případně odkázal již Krajský soud v Plzni v citovaném rozsudku č. j. 17 A 121/2019 – 74, a který se vyjadřuje k relevanci jednotlivých metod, neboť v tomto ohledu bylo vedeno řádné znalecké dokazování. V daném případě tomu tak nebylo a podle názoru Nejvyššího správního soudu by bylo namístě, aby si policie, příp. Ministerstvo vnitra v rámci metodické činnosti opatřilo odborně podložený závěr o podstatě metod TW3 a GP, vč. toho, do jaké míry je možné jejich výsledky považovat za validní a za jakých okolností je nutné je doplnit.

K tomu je vhodné připomenout, že vedle obou uvedených lékařských metod vycházejících z rentgenového snímku karpálních kostí (ruky/zápěstí) je možné užít i jiné lékařské či nelékařské metody, jak uvedl stěžovatel v kasační stížnosti a jak je zřejmé též z příručky EASO k posuzování věku. Rozbor těchto metod by však výrazně přesahoval rámec nutného odůvodnění v této věci. Nejvyšší správní soud proto k otázce posuzování věku obecně uzavírá, že se musí jednat o rychlý postup, který může zahrnovat též lékařské vyšetření, u něhož ovšem nelze – v závislosti na užití metodě – vyloučit určitou míru chybovosti či odchylky; podle okolností tedy může být vhodná i jeho kombinace s psychosociálním hodnocením

dotčeného cizince na základě jeho pohovoru se sociálním pracovníkem či psychologem.“²²

Závěrem tématu nelegální migrace je z pohledu forenzního genetika vhodné připomenout benefity mezinárodní výměny profilů DNA. Možnost vzájemně „nahlédnout“ do policejních databází profilů DNA jiných států poskytuje státním orgánům značnou výhodu při řešení otázek kriminality spojených i s nelegální migrací. Jak uvádí Křenková v Kriministickém sborníku 2020, „V roce 2008 se Česká republika připojila ke státům Průmské úmluvy umožňujícím vzájemnou mezinárodní výměnu DNA profilů. Pro ukázkou: jen za rok 2017 došlo v odvětví genetika k výměně šedesáti čtyř tisíc odchozích transakcí se spolupracujícími evropskými státy, z čehož bylo nalezeno tisíc devět set shod. Z transakcí příchozích bylo evidováno rovněž tisíc devět set shod. Z těchto čísel je na první pohled patrné, že se nejedná o zanedbatelná čísla, a že tato aktivita mezinárodní spolupráce významnou měrou přispívá k účinnějšímu potírání trestné činnosti.“^{23 a 24}

1.4. DNA analýza kosterního materiálu

V této kapitole bude rozebrána DNA analýza kosterního materiálu. Nakolik archeogenetika (věda zkoumající archeologické nálezy metodami molekulární genetiky) či archeogenomika (věda zabývající se genomy, čímž se rozumí veškerá genetická informace organismu uložená v jeho DNA, využívající vzorky historického či velmi starého biologického materiálu ke studiu minulosti určitých skupin lidí či lidstva jako takového) evokují spíše historické téma, bývá s forenzní genetikou v úzké spolupráci a poznatky z analýz těchto extrémně náročných vzorků přináší cenné poznatky pro analýzy složitějších vzorků v kriminalistické

²² Rozsudek Nejvyššího správního soudu ze dne 21. 10. 2020, čj. 6 Azs 41/2020 - 47 [online] [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: http://nssoud.cz/files/SOUDNI_VYKON/2020/0041_6Azs_2000047_20201104090516_20201105130033_prevedeno.pdf Zákony, vyhlášky a rozhodnutí rady EU

²³ PEDLÍK, Radek. *Výroční zpráva za rok 2017 Kriministický ústav Praha*. 2018. [online]. [cit. 28.04.2020]. Dostupné z: <https://www.msmt.cz>.

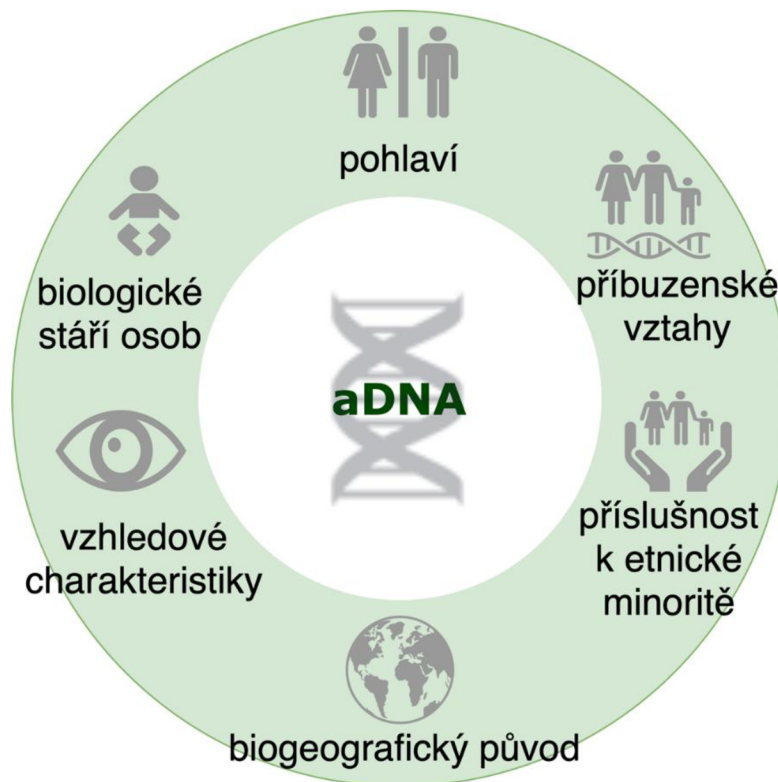
²⁴ KŘENKOVÁ, Barbora. *Co nabízí současná genetika na Kriministickém ústavu*. 2020. Kriministický sborník. Praha: Kriministický ústav Praha Policie ČR, č. 5, s. 69-72.

genetice, jako jsou například lidské pozůstatky v různém stádiu rozkladu²⁵ nebo úmyslně upravovaná těla (nebo části lidských těl) za účelem ztížení jejich identifikace.

Následující diagram (obr. č. 4) názorně ukazuje základní aplikace analýzy DNA kosterního materiálu, tedy informace, které lze za ideálních podmínek získat ze vzorku lidské DNA. Z nich je na první pohled patrné forenzní využití. Přibližný biogeografický původ osoby, její pohlaví a základní vzhledové vlastnosti jsou přínosná vodítka pro vyšetřovatele při ztotožňování nálezu neznámé mrtvoly. Stejně tak analýza příbuzenských vztahů či vztahů vůči nějaké izolované etnické skupině mohou napomoci ke zjištění identity a zásadnímu posunu ve vyšetřování případu.

K tématu analýzy DNA ze vzorků lidského kosterního materiálu jsem se recentně detailně vyjádřila v článku Pochopení lidské migrace (KŘENKOVÁ, B., P. FLEGONTOV a J. LUKEŠ, 2020), dovolím si proto se na tuto publikaci a diagram pro tuto publikaci vytvořený v následujících odstavcích odkázat.

²⁵ Tato aplikace bude detailněji rozebrána v kapitole 2.5 Identifikace obětí válečných zločinů a obětí katastrof.



Obr. č. 4: Informace, které lze za ideálních podmínek získat ze vzorku lidské DNA. Pod pojmem aDNA (ancient DNA, tedy stará, archaická nebo starobylá DNA) se rozumí DNA získaná z archeologických nálezů a historických materiálů. Autor: Křenková B., 2020, převzato z: KŘENKOVÁ a kol. Pochopení lidské migrace. 2020. Vesmír 99:298.

Křenková a kol. (2020) uvádí: „Archeogenomika studující DNA „ze starých kostí“ (aDNA; obr. č. 4) dokáže určit kdo, kdy a jak osídloval v dávnověku českou kotlinu, kdo poprvé přešel Beringovu úžinu, komu je geneticky nejpříbuznější první a poslední faraón nebo zda pravá Anastázie opravdu neunikla popravě carské rodiny. [...] co lze vyčíst z kostí našich přímých předků a jak se k podobným informacím dostat? V současné době již existují veřejně přístupné geneticko-genealogické databáze, kam si lidé ukládají své profily DNA a další genealogicky významné údaje, jako je místo původu či rodové příjmení. Ty se stávají oblíbeným nástrojem výzkumu i pro profesionální archeogenetiky, kteří porovnávají profily DNA analyzovaných kosterních nálezů s DNA současného obyvatelstva žijícího v dané oblasti. Přes společné příjmení a záznamy z matrik a kronik lze vypátrat

společné vzdálené příbuzné či dávného předka. Občas navštěvují tyto databáze i kriminalisté. Nedávno díky nim v USA dopadli dva dlouho hledané sériové vrahy. Sečtější zločinci si tedy své profily z genealogických databází patrně již smazali. Nejnovější metodou forenzní genetiky se stává předpovídání viditelných charakteristik na základě sekvence DNA. Jde o určování barvy kůže, vlasů a očí, ale testují se i další znaky, jako je výška, pravděpodobný BMI, tvar vlasové linie, pihovatost či obličejové a další znaky.

Archeogenetika pracuje s haploskupinami, což jsou shodné znaky skupiny lidí s dávnými společnými předky. Haploskupiny znaků na chromozomu Y odrážejí příbuznost po otcovské linii, neboť otcové tento chromozom téměř beze změn předávají svým synům. [...] Druhým sledovaným typem jsou haploskupiny mitochondriální DNA, které mají muži i ženy, ale pouze ženy (opět až na nepatrné výjimky) je předávají svým potomkům. Jde tedy o ukazatel příbuznosti po mateřské linii. Haploskupiny Y se osvědčily při určení původu předků dané osoby, nic nám ale neříkají o tom, kde se osoba narodila. Toho využívá i kriminalistika, neboť jde o „viditelný“ původ člověka, nikoli občanskou příslušnost, což je důležité u svědeckých výpovědí. Svědek popíše osobu, jak ji při kriminalisticky relevantní události viděl, aniž měl možnost se jí optat na zemi narození. Mnoho zdánlivých „cizinců“ se již narodilo v České republice nebo obecně v Evropě, i když žádný z jejich předků odtud nepochází, a proto se na první pohled vizuálně odlišují. Genetického určení biogeografického původu osoby využili například policisté v Brně při vyšetřování vraždy osoby vietnamské státní příslušnosti. Analýzou DNA zjistili, že podezřelá osoba, která zanechala na místě činu stopy svojí DNA, pochází též z Vietnamské socialistické republiky. Díky následnému prověření této verze rychle přišli na stopu podezřelého, který byl poté zadržen.²⁶

Podle chromozomu Y lze určit původ s přesností na kontinenty a některé izolovanější regiony. Rozhodně ale nelze geneticky rozlišit Čecha od Slováka či Němce. [...] nelze také jednoznačně určit, zda byli něčí předkové Kelti. Ti totiž byli vymezeni především svou kulturou, nikoli biologickým původem.²⁷

²⁶ KOŽINA, Jiří. *Identifikační genetik v právní praxi*. 2018. Wolters Kluwer. pp. 120. ISBN 978-80-7598-033-5.

²⁷ LESLIE, Stephen a kol. *The fine-scale genetic structure of the British population*. 2015. Nature. 519, s. 309–314. <https://doi.org/10.1038/nature14230>.

Mitochondriální haploskupiny se zase osvědčily jako vhodný ukazatel etnické příslušnosti v případě komunit žijících uzavřeně, jako jsou Židé či Romové. Kriminalisté je proto využívají např. u atypicky umístěných nálezů kosterních pozůstatků, při nichž vyvstává otázka, zda šlo o příslušníka minorit nepohřbívaných na křesťanských hřbitovech, nebo o osoby jinak společensky vyloučené (tuláky, zločince či sebevrahy).“²⁸

1.5. Identifikace obětí válečných zločinů a obětí katastrof

Na podobném principu jako funguje genetická analýza u DNA velmi starého biologického materiálu, tzv. aDNA, jsou využívány nejnovější poznatky pro analýzu DNA u takto extrémně náročných vzorků také v případech identifikací obětí válečných zločinů a obětí katastrof. Zatímco v případech ztotožňování osob určité předpokládané identity a relativně krátce po úmrtí, jako je například ztotožňování známých pasažérů letecké nehody, je zpravidla možné osoby nechat ztotožnit pozůstalými na základě vnější podoby nebo v horším případě podle chrupu a dentálních karet a podobně, u osob zemřelých během rozsáhlejších katastrof, jako byla například tsunami v roce 2004 v Indickém oceánu, anebo v případě masových hrobů obětí válečných konfliktů je situace odlišná. V takovýchto složitějších případech bude možné již podle dentice nebo zachovalé vnější osoby možné identifikovat jen minimum osob, resp. jejich pozůstatků, a tedy se přistupuje k identifikaci na základě analýzy DNA. V ideálním případě lze zemřelé osoby ztotožnit porovnáním profilu jejich DNA s profily DNA získanými od pozůstalých z předmětů osobní potřeby (oděvy, zubní kartáčky, holicí strojky, hřebeny, hodinky apod.) anebo s profily DNA pozůstalých příbuzných, ale v komplikovanějších případech mohou pomoci a pomáhají také novější metody – určování viditelných charakteristik či věku osob.

²⁸ KŘENKOVÁ, Barbora, Pavel FLEGONTOV a Julius LUKEŠ. *Pochopení lidské migrace*. 2020. Vesmír roč. 99:298, s. 2-5.

1.6. Identifikační genetika pro občanskoprávní soudní účely

V této podkapitole bude zmíněna otázka určování otcovství neboli paternity a nastíněna problematika surrogátního mateřství, které je na vzestupu a jehož výsledkem jsou osoby počaté kombinací biologického materiálu více osob, což je nová výzva nejen pro matriky, ale i zákonnou úpravu práv a povinností všech zúčastněných osob a v neposlední řadě genetiku.

Forenzní genetika v soukromém sektoru sestává převážně z určování otcovství (§ 776-793 zákona č. 89/2012 Sb., Otcovství a Popírání otcovství) ať už z důvodu vyjasňování rodinných konstelací (a s tím související placení alimentů či dědické řízení) nebo v případech slučování rodin cizinců s občany EU v souvislosti s udělováním trvalého pobytu na území České republiky. Samotné určení otcovství je z hlediska genetiky prostá otázka, neboť potomek vlastní v každém testovaném markeru jeden znak shodný se znakem matky a jeden znak shodný se znakem otce. Potomek dostal jeden znak či alelu od matky a jednu alelu od otce. V případě náhradního mateřství je však situace mnohem složitější.

Mater semper certa est, pater incertus, neboli „matka je vždy jistá, otec nejistý“ je zásada římského práva, která se zdá být přirozeně nezpochybnitelnou. Nastala však doba, kdy i nad mateřstvím visí pomyslný otazník. V případech některých dětí již není jednoznačně jasné, jakým adekvátním výrazem označit všechny osoby, které svým biologickým materiálem přispěly ke vzniku nového jedince, a tedy jsou vepsány do jeho DNA. Běžně rozumíme náhradním mateřstvím nebo také surrogátním mateřstvím situaci, kdy je v centru asistované reprodukce embryo tvořené vajíčkem ženy z objednatelského páru oplodněné spermatem jejího muže a následně implantováno do dělohy „náhradní“ matky, která dítě odnosi a porodí. V takovém případě se na zrození dítěte podílí tři osoby: žena, která darovala vajíčko, žena, která dítě odnosi a porodila, a muž, dárce spermatu. Po úspěšně provedeném umělého oplodnění je možné provést souhlasné prohlášení o otcovství. Náhradní matka po porodu může souhlasit se svěřením dítěte do péče otce a jeho manželky, která si může zažádat o osvojení nezletilého.

Situace ale může být biologicky i právně složitější. Dovolím si zde ve stručnosti nastínit některé další možné varianty.

Je-li muž z objednatelského páru zároveň dárce spermatu, je pro něj situace nejjednodušší, je biologickým i právním otcem a jako takový pravděpodobně nebude ani později zpochybněn. Je-li muž z objednatelského páru neplodným a objednatelský pár se rozhodne pro použití sperma dárce, vstupuje do situace další otec, který by se mohl potenciálně hlásit o svá rodičovská práva.

Je-li náhradní matka svobodná, je situace o něco jednodušší. Je-li v době porodu vdaná, je otcovství ze zákona přiznáno manželovi náhradní matky. V případě, že by se po porodu manželský pár rozhodl si dítě ponechat, nebude mít objednatelský pár velkou šanci na popření tohoto rodičovství. Totéž platí pro případ porodu v ochranné lhůtě tří set dní po zániku manželství náhradní matky.²⁹

Náhradní matka, ač třeba s dobrým úmyslem podepíše libovolnou smlouvu či prohlášení, je dle českého práva matkou dítěte v souladu s občanským zákoníkem: „*Matkou dítěte je žena, která je porodila.*“³⁰ Náhradní matka proto bývá s objednatelským párem předem domluvena, že po porodu udělí souhlas s osvojením dítěte tímto objednatelským párem. Po porodu však může být všechno jinak. Náhradní matka si může zřeknutí se dítěte rozmyslet a o dítě budou mít zájem dvě matky. Nebo může nastat situace, kdy o dítě nebude mít zájem žádný z rodičů, například narodí-li se zdravotně postižené.

Ani po pojmenování těchto pěti možností nejsme s výčtem možných rodičů u konce. Žena s patologickou predispozicí v mitochondriální DNA může mít zdravé potomstvo, pokud se jádro z její vaječné buňky (tedy jaderný genom kódující drtivou většinu známých genů a potažmo vlastností) vloží do vajíčka zdravé ženy (resp. ženy se zdravými mitochondriemi) výměnou za vyňaté jádro vaječné buňky.^{31,32} Takové vajíčko by po oplodnění mohla hypoteticky odosit třetí žena, čímž bychom se dostávali ke třem matkám téhož potomka. Hypoteticky tedy lze

²⁹ § 776 zákona č. 89/2012 Sb., *nový občanský zákoník*, v platném znění. *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 23. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-89#p776>.

³⁰ § 775 zákona č. 89/2012 Sb. *nový občanský zákoník*, v platném znění. *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 23. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-89#p775>.

³¹ POMPEI, Marybeth a Francesco POMPEI. *Overcoming bioethical, legal, and hereditary barriers to mitochondrial replacement therapy in the USA*. 2019. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*. roč. 36, č. 3. DOI: 10.1007/s10815-018-1370-7.

³² HOŠEK, Jiří. *Britští poslanci schválili metodu umělého oplodnění, která využívá DNA tří lidí*. *Rozhlas.cz*. 2015. [online]. [cit. 2.1.2020]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/zpravy/clovek/_zprava/britsti-poslanci-schvalili-metodu-umeleho-oplodneni-ktera-vyuziva-dna-tri-lidi--1451430.

v současné době pojmenovat nejméně 7 různých rodičů, kteří mohou participovat na narození potomka:

- Otec z objednatelského páru – může být zároveň poskytovatelem spermií, ale nemusí.
- Otec – manžel náhradní matky v případě ponechání si potomka po porodu, není biologickým otcem.
- Biologický otec – dárce spermií.
- Náhradní matka – zde žena, která dítě odnosiла a porodila.
- Biologická matka – žena z objednatelského páru, která poskytla vajíčko k oplození.

nebo:

- Biologická matka – žena dárkyně, která poskytla vajíčko se zdravými mitochondriemi a cytoplasmou, bez jádra.
- Biologická matka – žena z objednatelského páru, která poskytla jádro vaječné buňky, které bylo vloženo do vajíčka ženy dárkyně.

Není pravděpodobné, že by se výše nastíněné možnosti tolika rodičů sešly u jednoho dítěte, ale i kdybychom mluvili „jen“ o dvou až třech matkách jednoho dítěte, nejsme již v současné době v rovině experimentální, ale popisujeme jev, který se děje, ať už na to společnost připravena je nebo není. Má-li právní prostředí chránit zájem slabších, což je v tomto případě bez pochyby dítě, měl by právní systém reflektovat současnou realitu. Současný český právní systém selhává v nastavení pravidel jak v samotném provádění náhradního mateřství, tak v určování rolí, práv a povinností v případě, že se všechny strany zcela harmonicky neshodnou.

Jak v roce 2019 upozornila JUDr. Samková, se současnými možnostmi náhradního mateřství nekorelují také rodné listy, kde se vyplňují stále tradičně dva rodiče, otec a matka. Hrozí tedy možnost, že se dítě o svém kompletním původu nedozví, což ohrožuje jeho zdraví v případě zatajení chorob a patologických predispozic.³³

³³ SAMKOVÁ, A. Klára. Dvě až tři matky a asi jeden otec. Právní prostor. 10.05.2019. [online]. [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: <https://www.pravniprostor.cz/clanky/obcanske-pravo/dve-az-tri-matky-a-asi-jeden-otec>.

V neposlední řadě tato situace může způsobit nepříjemnosti orgánům činným v trestním řízení a genetikům z DVI týmu, pokud se budou snažit DNA vzorek takového potomka, ať už jako osobu pohřešovanou, neztotožněnou či podezřelou, porovnat se vzorkem DNA jeho domnělých příbuzných.

V České republice je zákon k problematice náhradního mateřství skoupý, tato problematika dosud nemá ucelené právní zakotvení, pouze se jí zákon v některých oblastech okrajově dotýká.

Jedná se o již zmíněný občanský zákoník, ve kterém se v § 775 praví, že matkou dítěte je žena, která je porodila. Občanský zákoník k náhradnímu mateřství dále uvádí v § 804 následující: *„Osvojení je vyloučeno mezi osobami spolu příbuznými v přímé linii a mezi sourozenci. To neplatí v případě náhradního mateřství.“*³⁴

V důvodové zprávě k novému občanskému zákoníku (též r. 2012), se v § 775 uvádí: *„Právní pravidlo u nás přijaté, podle kterého je porod jedinou relevantní skutečností pro rozhodnutí otázky mateřství, odpovídá i článku 2 evropské Úmluvy o právním postavení dětí narozených mimo manželství (bez ohledu na věcnou působnost této Úmluvy). Je nepochybné, že žalobě ženy, která byla dárkyní genetické látky, proti ženě, která dítě porodila, nelze vyhovět.“* To považuji za velmi důležité, přesto si dovedu představit, že se může i dárkyně vajíčka, ze kterého bylo dítě počato, hlásit o přiznání styku s nezletilým.

Dále lze zmínit zákon č. 373/2011 Sb. o specifických zdravotních službách z roku 2011, který stanovuje pravidla pro asistovanou reprodukci obecně. Zde v § 10 odst. (1) se uvádí: *„Poskytovatel, který je oprávněn provádět metody a postupy asistované reprodukce, je povinen zajistit zachování vzájemné anonymity anonymního dárce a neplodného páru a anonymity anonymního dárce a dítěte narozeného z asistované reprodukce.“*³⁵ S ohledem na nutnost zachování vzájemné anonymity anonymního dárce a neplodného páru pro zákonný průběh asistované reprodukce je těžké si představit jakoukoli platnou smlouvu mezi

³⁴ § 775 a § 804 zákona č. 89/2012 Sb. *nový občanský zákoník*, v platném znění. *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 23. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-89#p775>.

³⁵ § 3-11 zákona č. 373/2011 Sb., *o specifických zdravotních službách*, hlava II, Díl 1 *Asistovaná reprodukce*, v platném znění. *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 19. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-373#3>.

objednatelským párem a náhradní matkou upravující podmínky dojednaného odnošení a porodu dítěte.

Zákon o specifických zdravotních službách jasně hovoří o asistované reprodukci výhradně ze zdravotních důvodů. Je tedy v souladu s Mezinárodní úmluvou o lidských právech a biomedicině, která se vyhrazuje například proti využití metody umělého oplodnění pro záměrnou volbu pohlaví dítěte, není-li to z důvodu vážné dědičné nemoci vázané na pohlaví.³⁶

Trestní zákoník v § 169 Svěření dítěte do moci jiného odst. (1) uvádí: „*Kdo za odměnu svěří dítě do moci jiného za účelem adopce nebo pro jiný obdobný účel, bude potrestán odnětím svobody až na tři léta nebo zákazem činnosti.*“.³⁷ Samotné náhradní mateřství tedy probíhá principiálně altruisticky, tedy bezúplatně. Náhradní matce však bývají hrazeny náklady spojené s těhotenstvím a porodem, což je částka, do které se může skrýt prakticky cokoli od finančních prostředků na zdravou výživu, další prostředky, aby matka v těhotenství nemusela pracovat a vystavovat tak plod dalším rizikům a v neposlední řadě finance kompenzující nepohodlí spojené s těhotenstvím a porodem. Praxe je však taková, že přímou kontrolu nad průběhem těhotenství náhradní matky objednatelský pár nemá, riskuje tedy poškození plodu nevhodným životním stylem či požíváním toxických látek matkou. Náhradní matka zase nemá jistotu předání úplaty, není-li uhrazena celá předem. Zpětná vymahatelnost a dokazování je oboustranně komplikované.

Česká legislativa náhradní mateřství tedy vysloveně nezakazuje, ale ani mu nevyhrazuje podmínky. Zcela zde chybí právní úprava, komu náleží jaká práva a povinnosti, neproběhne-li vše dle původní domluvy. Nejčastěji je diskutována situace, kdy se náhradní matka po porodu pod vlivem hormonů odmítne dítěte dle domluvy zřici. Objednatelský pár by se tím dostal do situace, kdy muž má dítě

³⁶ Sdělení č. 96/2001 Sb. m. s., Ministerstva zahraničních věcí o *přijetí Úmluvy na ochranu lidských práv a důstojnosti lidské bytosti v souvislosti s aplikací biologie a medicíny: Úmluva o lidských právech a biomedicině* - znění od 1. 10. 2001. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 19. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/ms/2001-96#f5322994>.

³⁷ § 169 zákona č. 40/2009 Sb., *trestní zákoník*, v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 19. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-40#p169>.

s cizí ženou, vůči kterému bude mít ze zákona vyživovací povinnost a se kterým nebude mít zdaleka kontakt dle původních představ.

V České republice zákon umožňuje provedení asistované reprodukce v souladu se zákonem o specifických zdravotních službách z roku 2011, který hovoří o vzniku lidského embrya oplodněním vajíčka spermií mimo tělo ženy. V dnešní době je však možné pracovat při umělém oplodnění již se spermatidami, což jsou pohlavní buňky před dokončením jejich vývoje ve spermii. Tato možnost dnes zákon o zdravotních službách elegantně obchází a nabízí provádění zákroků obdobných k umělému oplodnění, akorát mimo regulace tímto zákonem. Byla by tedy na místě úprava definice v zákoně na „vznik lidského embrya za pomoci oplodnění ženských pohlavních buněk mužskými pohlavními buňkami“ namísto dosavadního „oplodnění vajíčka spermií“.

Patrně nejznámější cestou, jak počít potomka pomocí náhradního mateřství, přestože nastávající rodiče pochází ze země, kde je náhradní mateřství vysloveně zakázáno (např. Francie, Itálie, Německo) nebo je povoleno pouze altruisticky, tedy si je nelze klasicky „objednat a zaplatit“ (např. Velké Británie, v principu bych sem zařadila i Českou republiku, byť u nás zákon náhradní mateřství vysloveně zakotvující chybí), je „objednat“ si potomka v zemi, kde je komerční náhradní mateřství možné (např. Ukrajina, Kalifornie). Na uzákonění možnosti náhradního mateřství za úplatu je pozitivní, že se tím jasně stanoví pravidla pro řešení takových situací, a umožní to lidem, kteří to již praktikují, vystoupit z ilegality. Negativně bych na tom vnímala etické a morální problémy. Jako matka dvou dětí si dovedu představit, že pro bohaté páry může být lákavé přenechat strasti těhotenství a porodu na někom jiném. Otázka ale je, nakolik je etické chtít po chudých ženách rodit pět, šest či často ještě více dětí za život, pokud nemají jiný zdroj obživy. Tyto ženy navíc zpravidla nemají nárok na řádnou poporodní péči, psychologa a v případě nežádaného výsledku těhotenství nedostanou ani zapláceno.³⁸ Jednou z mnoha etických otázek náhradního mateřství je, jaký dopad na zdraví potomků bude mít „odnošení“ v ženě v ne zcela dobrém

³⁸ SAXENA, Pikee, Archana MISHRA a Sonia MALIK. *Surrogacy: ethical and legal issues*. 2012. Indian J Community Med. č. 37(4), s. 211-213. DOI: 10.4103/0970-0218.103466.

zdravotním stavu, i kdyby měla krevní rozbor a gynekologické vyšetření s obstojným výsledkem.

Tímto se dostáváme k příspěvní náhradní matky ke zdraví či genetické výbavě dítěte počatého z vajíčka jiné ženy a spermie jejího partnera. Původně se mělo za to, že vyjma možného negativního vlivu toxických látek či hladovění, nelze o vlivu náhradní matky na dítě hovořit a dítě je po porodu touto osobou prakticky „netknuté“. Existuje několik rozsudků z USA z 80. a 90. let, které nepřiznaly náhradní matce rodičovská práva, jelikož nemá pro dítě genetický přínos, což by dnes bylo značně diskutabilní tvrzení. Stalo se tak kupř. v Kalifornii v r. 1993 ve sporu Calvertových a náhradní matky Johnsonové. V odůvodnění rozsudku stálo: *„Ač má devět měsíců v děloze ženy nepochybný vliv na fyzický vývoj dítěte, nelze jej dle názoru soudu srovnávat s tím, jakým způsobem identitu dítěte ovlivní jeho genetická výbava, protože „geny a to, co nás potkává, až se narodíme, je tím, co určuje, kým jsme a čím se stáváme“.*³⁹ V tehdejšímu stavu poznání se zdálo být takové tvrzení v pořádku, i když dnes již vidíme situaci jinak. Náhradní matka po celou dobu gravidity na dítě působí skrze placentu a propojené krevní oběhy. Nenarozené dítě je tedy tři čtvrtě roku vystaveno všem látkám, které kolují v krevním oběhu matky, a všem vnějším vlivům v okolí matky (např. nadměrný hluk ohrožující vyvíjející se sluch).

Je nepochybně pozitivním jevem, že se o problematice náhradního mateřství mezi odborníky i širší veřejností nejméně posledních deset let vede živá debata. Na 8. česko-slovenském sjezdu soudního lékařství byl nadnesen složitý případ, který v důsledku museli řešit forenzní genetici i kriminální policie, kdy si náhradní matka za úplatu domlouvala spolupráci s více objednatelskými páry a v rámci několika pracovišť umělého oplodnění (tzv. IVF center) ve stejném období zároveň. Tato situace bohužel může v tuzemsku nastat, protože v České republice nejsou dosud propojeny registry IVF center. Stačí potom, aby náhradní matka chodila s každým objednatelským párem do jiné kliniky a tito potenciální rodiče se o sobě navzájem a o tom, že jsou obětí podvodu, nemusí nikdy

³⁹ Rozhodnutí Nejvyššího soudu Kalifornie v případě Johnson v. Calvert, No. S023721., citace z: Lojková J. Náhradní mateřství: Mater et pater semper incerti sunt? Rigorózní práce. Právnická fakulta, Masarykova univerzita. Brno. 2011. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/61215/pravf_r/rigo_final.txt

dozvědět. V sousedním Slovensku jsou registry IVF center vzájemně propojeny, čímž je podobným podvodům zabráněno.⁴⁰

Chybějící právní úprava náhradního mateřství a související administrativní úkony jako například propojení registrů IVF center dávají prostor k pochybení jak na straně zprostředkující kliniky a objednatelského páru, tak na straně vyšetřujících lékařů či náhradní matky. Důsledky těchto chybných rozhodnutí pak dopadají nejvíce na toho nejslabšího, v tomto případě takto narozené děti, jejichž zájmy by zákon měl chránit v první řadě. Dalším nešťastným důsledkem je také dlouhodobá péče o nemocné dítě v dětském domově na náklady daňových poplatníků. V neposlední řadě jsou to samotní „objednatelé“, tedy bezdětný pár toužící po rodině s dětmi, kteří v případě nepovedeného pokusu utrpí ztrátu nejen finanční, ale zejména psychickou.

Ač je náhradní mateřství téma vyvolávající emoce, je nutné je uchopit racionálně a přijmout stav věcí v jeho aktuální podobě. Ať s náhradním mateřstvím v jeho různých podobách souhlasíme nebo ne, je to způsob, kterým jsou i v České republice ročně narozeny desítky dětí. Tyto děti by se neměly rodit do „právního vakua“, ale jejich zájmy by měly být ochráněny právním systémem této republiky stejně jako zájmy ostatních občanů.

1.7. Forenzní genetiky zvířat, rostlin a mikroorganismů

Forenzní analýza DNA ze zvířecího a rostlinného biologického materiálu, do určité míry i analýza mikrobiální a virové DNA, je v posledních letech na výrazném vzestupu. Význam těchto analýz narůstá s vědeckým a s technologickým pokrokem, který molekulární genetiku obecně zrychlil a finančně zpřístupnil širšímu využití, tak s mezinárodně rozšířenou a rozrůstající se kriminalitou v odvětví nelegálního obchodu s chráněnými a ohroženými druhy živočichů či rostlin, pytláctví, produktů „nelegální čínské medicíny“ obsahujících zvířecí či

⁴⁰ PUTZOVÁ, Martina a MICHAL, Michal. Neinvazivní prenatalní screening a jeho vztah k forenzní praxi. Přednáška na konferenci 8. česko-slovenský sjezd soudního lékařství, Praha, 2022.

rostlinný materiál pocházející z chráněných druhů a také kriminalitou spojenou s rostlinami obsahujícími omamné a psychotropní látky. ⁴¹

Zatímco technologie a věda již zásadně pokročily, standardizace operačních postupů, technik, metod a formy výsledkových zpráv zaostává. Problém vyvěrá z nedostatečné právní úpravy forenzních DNA analýz materiálu pocházejícího ze zvířat, rostlin či mikroorganismů. Nejpropracovanější dokumentace a mnohdy i právní úpravy se dosud dostává ochraně ohrožených druhů fauny a flory. Nejznámější mezinárodní úmluva na ochranu živočichů a rostlin, CITES ⁴², nese v současné době podpisy zástupců 183 zemí včetně České republiky (od r. 1993). Úmluvou CITES se členské státy zavazují přijmout opatření směřující k regulaci obchodu s exempláři chráněných druhů rostlin a živočichů a k nárůstu populací ohrožených živočichů. Samotná úmluva CITES právně závazná není, členské státy nebo také Evropská unie na ni však většinou navazují vlastní, již závaznou, legislativou.

Právní zakotvení ochrany ohrožených druhů zvířat a rostlin v České republice spočívá převážně v následujících zákonech:

- zákon č. 114/1992 Sb. – zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny
- zákon č. 246/1992 Sb., zákon České národní rady na ochranu zvířat proti týrání
- zákon č. 100/2004 Sb., o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi a dalších opatřeních k ochraně těchto druhů a o změně některých zákonů (zákon o obchodování s ohroženými druhy),
 - s prováděcí vyhláškou č. 210/2010 Sb., o provedení některých ustanovení zákona o obchodování s ohroženými druhy,
 - a s vyhláškou č. 198/2013 Sb., o výši náhrady nákladů péče o skupiny druhů exemplářů v záchranných centrech

⁴¹ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

⁴² Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, v čes. překl.: Úmluva o mezinárodním obchodu ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin

- zákon č. 40/2009 Sb., trestní zákoník, hlava VIII Trestné činy proti životnímu prostředí § 293 – 308 (zejm.: § 293 Poškození a ohrožení životního prostředí, § 299 Neoprávněné nakládání s chráněnými volně žijícími živočichy a planě rostoucími rostlinami, § 302 Týrání zvířat, § 304 Pytláctví)
- zákon č. 93/2018 Sb., o podmínkách využívání genetických zdrojů podle Nagojského protokolu – zákon inkorporující Nagojský protokol o přístupu ke genetickým zdrojům a spravedlivém a rovnocenném sdílení přínosů plynoucích z jejich využívání vydaný v nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 511/2014 o opatřeních pro dodržování pravidel Nagojského protokolu a prováděcím nařízením Komise 2015/1866 s příslušným metodickým pokynem ministerstva životního prostředí.

Orgánem státní správy mající v gesci kontrolní a represivní činnost pro tuto problematiku v České republice je Česká inspekce životního prostředí (dále ČIŽP), která je podřízena Ministerstvu životního prostředí, a která ve spolupráci s Celní správou České republiky dozoruje ochranu vzácných druhů zvířat a rostlin. Vědeckým orgánem pro problematiku CITES v České republice je dle zákona č. 100/2004 Sb., o obchodování s ohroženými druhy, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky (dále AOPK ČR).

Geografická poloha strategicky umístěná uprostřed Evropy a do jisté míry také stabilní chovatelská základna činí z České republiky významnou zemi pro obchod se zvířaty, a to z hlediska zákonného obchodu i nelegálního odvětví. AOPK uvádí, že v České republice chová některé z živočichů, jejichž druh spadá do nejvíce ohrožené kategorie CITES I/A, více než deset tisíc chovatelů. Živočichům zařazeným do této kategorie přímo hrozí vyhubení, jsou proto chráněni nejpřísněji. V návaznosti na českou a evropskou legislativu potřebují chovatelé některých druhů k udělení výjimky ze zákazu obchodní činnosti navíc k dokladu o povinné registraci ještě genetické testy rodičovství, tzv. parentitní (tedy otcovství, paternity, i mateřství, maternity) testy. Není předem dané, v jaké laboratoři je nutné tyto testy objednat, postačí, aby daná firma či instituce poskytovala výsledkovou zprávu včetně rozpisu použité metodiky, testovací sady primerů, příslušného přístrojového vybavení, výčtu analyzovaných lokusů/markerů a případně také

výstup ze sekvenátoru (tzv. elektroforetogram). Při odběru vzorků je povinná přítomnost zástupce orgánu ochrany přírody, tedy pracovníka krajského úřadu nebo vědeckého orgánu CITES, vlastní testy pak probíhají na náklady chovatele.

43

Forenzní genetika zvířat se však zdaleka netýká pouze kontroly obchodu s chráněnými druhy zvířat. Jak uvádí patrně nejznámější současný forenzní genetik, John M. Butler, zvíře může v trestním případě zaujmout roli pachatele, oběti, nebo svědka.⁴⁴ Jmenovitě lze uvést následující aplikace analýzy DNA zvířat v kriminalistice, předem však uvádím, že se jedná pouze o ukázkou, celkový výčet by byl mnohem delší:

- biologický materiál nalezený na stopách na místě činu relevantní k projednávanému skutku (nejčastěji sliny, krev nebo chlupy domácích zvířat)
- případy útoků zvířete na osobu
- případy útoků zvířete na jiné zvíře
- nelegální obchodování se zvířaty a pašeráctví chráněných druhů zvířat
- pytláctví
- týrání zvířat
- krádeže zvířat
- podvody s deklarovaným původem při obchodování se zvířaty a záměny identit zvířat např. při soutěžích
- testy rodičovství a obecně testy příbuznosti u exemplářů chráněných druhů.^{45 a 46}

Z oblasti forenzní genetiky rostlin je patrně nejznámější analýza rostlinných drog, nejčastěji konopí. Základními úkony forenzních botaniků je druhové určení,

⁴³ AOPK ČR. *CITES: Informace pro chovatele a obchodníky*. [online]. [cit. 14.01.2022]. Dostupné z: <https://www.ochranaprirody.cz/cites/informace-pro-chovatele-a-obchodniky/>

⁴⁴ BUTLER, John M. *Forensic DNA typing: Biology, Technology, and Genetics of STR Markers*. 2005. Elsevier Academic Press, New York, USA, ISBN: 9781493300204.

⁴⁵ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

⁴⁶ OLEKŠÁKOVÁ, Tereza, a kol. *Using SPInDel species analysis and STR typing for detecting human DNA inside fly larvae collected from the crime scene*. *Forensic Science International: Genetics*, v recenzním řízení (ke dni 14.09.2022).

určení metod a podmínek pěstování rostlin a případně genetickou predispozici pro vysoký obsah THC. Forezní botanici se ale zdaleka nezabývají pouze zkoumáním marihuany. Analýza DNA umožňující druhové určení má velmi široké využití. Mezi objekty forezně genetického zkoumání patří četné druhy rostlin, například při podezření na otravu rostlinnými jedy, nebo hub v souvislosti s otravami nebo zneužíváním halucinogenních hub, v České republice nejčastěji lysohlávek, které se v české přírodě hojně vyskytují a jsou tedy dobře dostupné.

Další významnou oblastí zkoumání je ve forezní botanice analýza řas, např. rozsivek, v případech vyšetřování podezřelých případů utonutí. Analýzou řas je možné určit, zda oběť utonula v těch stejných vodách, jako byla nalezena, nebo došlo k posmrtnému přesunu těla, případně rozlišit způsob smrti utonutím od jiného způsobu smrti s posmrtným přesunem těla do vody na základě přítomnosti rozsivek v některých orgánech v těle zesnulého.⁴⁷

Forezní botanici dále podrobují zkoumání produkty tradiční čínské medicíny. V těchto produktech se mohou nacházet často výslovně výrobcem deklarované zákonem chráněné byliny, případně jejich rostlinné náhražky s údajně podobnými účinky. Tyto náhražky sice nejsou zákonem chráněné, ale mohou být zdraví škodlivé, často např. patří na seznam zakázaných bylin kvůli známému obsahu karcinogenů.

V neposlední řadě se forezní botanici zabývají fragmenty rostlin nebo obecně rostlinným materiálem zajištěným policií na místě činu. Nález fragmentů či semen a plodů vzácné nebo endemické (tj. výhradně lokálně se vyskytující) rostliny, která byla zpozorována na místě činu, a dále také na oděvu, nástrojích nebo podrážkách obuvi podezřelého, případně v jeho autě, může tuto osobu spojovat s místem činu a sehrát tak významnou roli při objasňování projednávaného skutku.⁴⁸

Méně známým tématem je forezní analýza mikroorganismů. Forezní genetika mikroorganismů má široké využití i pro kriminalistiku z důvodu všudypřítomného a často velmi specifického výskytu mikroorganismů.

⁴⁷ OLIVEIRA, Manuela a António AMORIM. *Microbial forensics: new breakthroughs and future prospects*. 2018. Appl Microbiol Biotechnol. roč. 102, s. 10377–10391. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9414-6>.

⁴⁸ YOON, Carol Kaesuk. *Botanical witness for the prosecution*. 1993. Science. č. 260, s. 894–895. doi:10.1126/science.8493521.

Mikroorganismy se nachází jak v lidském těle se specifickými druhy odlišujícím mikroorganismy osidlující jednotlivé části lidského těla (např. mikroorganismy úst, trávicího traktu nebo vaginální mikroflóra) tak v každém prostředí této planety opět specificky podle konkrétního prostředí – mikroorganismy určité půdy, vod, mikroorganismy žijící specificky na určitých částech konkrétních druhů rostlin a podobně.^{49 a 50}

Z tohoto důvodu se nabízí využití forenzní analýzy DNA mikroorganismů například pro následující aplikace:

- individuální identifikace osob na základě individuálního složení mikrobiomu jedince,
- analýza půdy či jiných částech, které by mohly spojit osobu podezřelou či svědka s místem činu – typicky se jedná o shodu vzorků půdy z podešve či pneumatiky vozidla,
- analýza potravin na přítomnost deklarovaných mikroorganismů s pozitivními účinky na lidské zdraví, nebo mikroorganismů pro lidské zdraví škodlivých,
- nesprávná lékařská praxe – přenos patogenů a infekce zanedbáním péče lékařů či zdravotního personálu zejména v nemocnicích a pečovatelských zařízeních,
- určení způsobu úmrtí – například při vyšetřování podezřelých případů utonutí lze použít analýzu vodních mikroorganismů v těle zesnulého,
- určení post mortem intervalu na základě postupné kolonizace těla zesnulého mikroorganismy, podobně jako forenzní entomologové vypočítávají odhadovaný čas úmrtí podle postupného osidlování mrtvého těla specifickými druhy hmyzu.
- bioterorismus a úmyslné šíření nákazy – zde analýza DNA mikroorganismu pomůže určit konkrétní druh mikroorganismu, a tím následně zjistit jeho vlastnosti a nasadit potřebná bezpečnostní a

⁴⁹ BUDOWLE, Bruce a Ranajit CHAKRABORTY. *Genetic considerations for interpreting molecular microbial forensic evidence*. 2004. International Congress Series. č. 1261. s. 56-58. doi: 10.1016/S0531-5131(03)01833-8.

⁵⁰ Toto téma je detailněji rozvedeno v kapitole autorky práce v monografii: SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 71-78. ISBN 978-80-7251-531-8.

hygienická opatření k zamezení jeho šíření a k ochraně zdraví obyvatel; analýzou DNA mikroorganismu lze v některých případech také vystopovat původce tohoto patogenu díky znalosti kmenů virů či bakterií – tyto metody se využívají mimo jiné při sledování původu epidemie, ale toto téma již spadá spíše do oboru epidemiologie, i když je na hranici forenzní genetiky.⁵¹

⁵¹ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

2. PRÁVNÍ ÚPRAVA V ČR A ZAHRANIČÍ

Kriminalistická genetická analýza patří k nejmladším a zároveň nejdynamičtěji se rozvíjejícím metodám kriminalistiky. Četnost jejího využití ve forenzní praxi v posledních letech rapidně narůstá, stejně jako šíře nabízených analýz. Se stoupající obsáhlostí a frekvencí využití forezně genetických analýz narůstá také množství právních otázek, kterých se tato činnost týká a které se nezdá dotýkat ústavně zakotvených lidských práv a svobod.

Zákon č. 2/1993 Sb., Listina základních práv a svobod (dále LZPS), jako součást ústavního pořádku České republiky zaručuje základní práva a svobody všem lidem bez rozdílu pohlaví, rasy, barvy pleti, jazyka, víry a náboženství, politického či jiného smýšlení, národního nebo sociálního původu, příslušnosti k národnostní či etnické menšině, stejně tak i majetku, rodu nebo jiného postavení. Mezi základní lidská práva patří právo na život a zdraví, nedotknutelnost osoby, právo na svobodu pohybu a myšlení, domovní svobodu, majetek, listovní tajemství a další.

V zákonem stanovených případech může dojít k omezení těchto práv, pouze však zákonem stanoveným způsobem a za zákonem daných okolností. Trestní řád k tomu uvádí: „Trestní věci projednávají s plným šetřením práv a svobod zaručených Listinou základních práv a svobod a mezinárodními smlouvami o lidských právech a základních svobodách, jimiž je Česká republika vázána; při provádění úkonů trestního řízení lze do těchto práv osob, jichž se takové úkony dotýkají, zasahovat jen v odůvodněných případech na základě zákona a v nezbytné míře pro zajištění účelu trestního řízení.“⁵² Forenzní genetiky se týká hned několik takových případů:

- Nedotknutelnost osoby a jejího soukromí podle §7 LZPS – povinnost strpět odběr DNA formou bukalního stěru (tj. stěru sliznice dutiny ústní) v zákonem stanovených případech (§ 65 zákona č. 273/2008 Sb., o Policii

⁵² § 2 odst. 4 zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 18. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p2>.

České republiky).⁵³ Tento odběr je neinvazivní, nebolestivý a neintimní. Na rozdíl od odběru krve, který je vnímán jako zásah do integrity člověka, má policie možnost odběr DNA formou bukalního stěru u trestně stíhaných či podezřelých osob vynutit. U jiných účastníků trestního řízení, například poškozených osob, nemůže policie odběr DNA vynutit. Někteří poškození či oběti raději svůj vzorek DNA odmítnou poskytnout kvůli kolujícím mýtům, že by se jejich profil DNA dostal do databáze. Profily DNA poškozených či tzv. domácích osob (například spolubydlících či pracovníků, kteří se na místě projednávaného činu vyskytují bez souvislosti se skutkem) se do databáze neukládají, tyto profily DNA se pouze porovnají s profily DNA získanými ze stop a poté je jejich biologický materiál zlikvidován a jejich profily DNA se nikam dále neukládají. Pokud však svůj vzorek pro porovnání poškození policii odmítnou poskytnout, může se stát, že jejich profil DNA je nalezen na stopě a je právě spolu s ostatními neztotožněnými profily DNA z případu uložen do databáze profilů DNA, kde zůstane uložen až do svého ztotožnění.

- Ochrana osobnosti podle §10 LZPS – podle článku 10 odstavce 3 má každý právo na ochranu před neoprávněným shromažďováním, zveřejňováním nebo jiným zneužíváním údajů o své osobě. Podle zákona o zpracování osobních údajů lze s osobními informacemi nakládat jen tehdy, stanoví-li tak zvláštní zákon nebo se souhlasem žijící dotčené osoby, pokud může tento projev vůle učinit. Mezi osobní údaje se počítá také profil DNA. Nakládání s těmito údaji, například při provozu databáze DNA profilů, probíhá v souladu s platnými zákonnými předpisy.
- Nedotknutelnost obydlí podle §12 LZPS v případě domovní prohlídky nařízené předsedou senátu nebo v přípravném řízení soudcem na návrh státního zástupce provedené zákonem stanoveným způsobem a za přítomnosti nezúčastněné osoby – během domovní prohlídky bývají zajišťovány důkazy pro trestní řízení, mezi zajišťovanými předměty mohou být také stopy zajištěné pro odzkoumání na oddělení genetiky.

⁵³ § 65 odst. 1 zákona č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky, v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 19. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273#p65-1>.

2.1. Právní předpisy České republiky

Analogicky s dynamikou, s jakou se odvětví kriminalistické genetiky proplétá mnoha obory, se analýza lidské DNA se rozpíná od trestněprávních a občanskoprávních témat přes zdravotnictví a výzkum až po genetickou genealogii a rekreační genetiku. To činí toto téma poměrně obtížně uchopitelné a je jedním z důvodů, proč dosud neexistuje jeden komplexní „zákon o DNA“, který by problematiku analýzy humánní DNA zcela vykrýval. Zatímco některé státy (kupříkladu sousední Slovensko) si jakousi variantu zákona o DNA odsouhlasily, i za cenu, že se jedná o zákon velmi obecný a pokrývá pouze malou část skutečné problematiky DNA analýz, jiné státy (kupříkladu Česko nebo Německo) se věnují jednotlivým aspektům genetiky v příslušných zákonech i za cenu určité rozdrobenosti.

2.1.1. Zákon o znalcích, znaleckých kancelářích a znaleckých ústavech

Navzdory snahám vytvořit a přijmout aktuální právní předpis upravující používání genetických analýz, které provázejí forenzní genetiku v České republice téměř od zavedení jejího rutinního používání, dosud nedošlo k jejímu upravení souhrnně jedním zákonem. Oblast kriminalistických genetických analýz je rozdrobena mezi několik zákonů, jiné druhy genetických analýz však pod jejich působnost nespádají, jsou tedy vykrývány zákony zdravotnickými a jinými, které jsou mimo rámec této disertační práce, anebo na svoji zákonnou úpravu teprve čekají. Oblast kriminalistických analýz byla více jak padesát let regulována zákonem o znalcích a tlumočnících (zákon č. 36/1967 Sb., dále ZoZT), který již dlouho nemohl odrážet skutečnost současné doby. ZoZT byl utvářen v době, kdy téměř výhradním zadavatelem posudků byl stát, nikoli soukromé osoby, a soukromý sektor celkově nebyl příliš rozvinutou oblastí. Krom toho v šedesátých letech některá odvětví zkoumání byla teprve ve fázi výzkumu. V roce 1967

rozhodně nebylo možné počítat například s kriminalistickou analýzou DNA pro účely trestního řízení nebo s odvětvím bojujícím s kyberkriminalitou.

Dnes je situace diametrálně odlišná a nový znalecký zákon s tím již počítá. Koncem roku 2019 byl tento „starý znalecký zákon“ nahrazen zákonem č. 254/2019 Sb., *o znalcích, znaleckých kancelářích a znaleckých ústavech*, s účinností od 1.1.2021. Tento zákon již více počítá se soukromým sektorem, než tomu bylo u jeho předchůdce v 60. letech. Pro komerční společnosti, které působí mimo znalecké ústavy, jako jsou například univerzity nebo vědeckovýzkumné instituce, ale provozují znaleckou činnost, zavádí termín „znalecké kanceláře“. Nově také zákon detailněji popisuje předepsané formální i obsahové náležitosti znaleckých posudků. Tomuto je konkrétně věnována prováděcí vyhláška Ministerstva spravedlnosti č. 503/2020 Sb. *o výkonu znalecké činnosti*.

Další významnou změnou v novém znaleckém zákoně je nárok na zápis do seznamu znalců, čímž se tento zákon oproti svému předchůdci ZoZT zásadně liší. Dříve znalce jmenovali předsedové krajských soudů a jmenování znalce nebylo nárokové. Nově má uchazeč na jmenování znalcem právní nárok, který žadateli vzniká po splnění veškerých zákonem stanovených podmínek, a to pokud složí vstupní zkoušku, má předepsané vzdělání a stanovenou délku praxe, která se oproti dřívějšímu zkrátila o polovinu. Po splnění předepsaných podmínek je Ministerstvo spravedlnosti povinno žadatele do seznamu znalců zapsat.

Nový znalecký zákon dále mění výši odměn za znaleckou činnost (vyhláška Ministerstva spravedlnosti č. 504/2020 Sb., *vyhláška o znalečném*), ale i peněžních sankcí za přestupky při výkonu znalecké činnosti, jako je například nesplnění obsahových náležitostí posudku nebo nesprávné vyúčtování znalecké odměny. Zvýšení hodinové sazby znalců však nemá vliv na znalce pracující pod Policií ČR, jejichž odměna za posudek je již zahrnuta ve výplatě.

Nově znalcům, znaleckým kancelářím a znaleckým ústavům přibýly povinnosti uzavřít pojištění odpovědnosti za výkon této činnosti, prokázat splnění této povinnosti doložením potvrzení o pojištění, povinnost vést elektronicky znalecký deník a do pěti pracovních dnů zapisovat údaje o posudcích do

elektronické evidence posudků vedené Ministerstvem spravedlnosti.⁵⁴ Dle nového zákona budou muset znalci mít také zřízenou datovou schránku a v zákoně je uvedena možnost podávat posudky elektronicky, čímž se obecně směřuje k modernizaci a zrychlení práce orgánů veřejné moci.

Pro činnost kriminalistického genetika je dále relevantní vyhláška č. 505/2020 Sb., *kteřou se stanoví seznam znaleckých odvětví jednotlivých znaleckých oborů, jiná osvědčení o odborné způsobilosti, osvědčení vydaná profesními komorami a specializační studia pro obory a odvětví*. Zde jsou uvedené kvalifikační požadavky na odvětví Kriminalistická genetika oboru Kriminalistika v podobě „absolvování Kvalifikačního kurzu kriminalistických expertů, nebo absolvování studia či nadstavbového studia zaměřeného na kriminalistiku (zejm. na teorii a metodologii kriminalistiky, teorii kriminalistické stopy a teorii kriminalistické identifikace) v rozsahu minimálně 150 vyučovacích hodin, včetně složení závěrečné zkoušky“.⁵⁵

2.1.2. Trestní řád

Dále se kriminalistické analýzy jako znalecké činnosti zásadně týká trestní řád (zákon č. 141/1961 Sb., *o trestním řízení soudním*), a to zejména v otázce přibrání znalce, výslechu znalce, ohledání či jiných relevantních procesních úkonů a vlastního posudku. § 105 trestní řád (dále TR) uvádí: „*Je-li k objasnění skutečnosti důležité pro trestní řízení třeba odborných znalostí, vyžádá orgán činný v trestním řízení odborné vyjádření. Jestliže pro složitost posuzované otázky takový postup není postačující, přibere orgán činný v trestním řízení znalce. V přípravném řízení přibírá znalce ten orgán činný v trestním řízení, jež považuje znalecký posudek za nezbytný pro rozhodnutí, pokud byla věc vrácena k došetření, státní zástupce, a v řízení před soudem předseda senátu.*“ Odstavec 5

⁵⁴ ŠTURM, Jan, Adam FORST a Klára VITOVSKÁ. *Deset hlavních změn dle nového znaleckého zákona* [online]. [cit. 19.05.2021]. Dostupné z: <https://www.havelpartners.cz/deset-zmen-noveho-znaleckeho-zakona/>.

⁵⁵ vyhláška č. 505/2020 Sb., *vyhláška, kterou se stanoví seznam znaleckých odvětví jednotlivých znaleckých oborů, jiná osvědčení o odborné způsobilosti, osvědčení vydaná profesními komorami a specializační studia pro obory a odvětví*, v platném znění. *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 18. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-505#f6934112>.

§ 105 TŘ stanovuje, že o odborné vyjádření lze krom znalce, znalecké kanceláře a znaleckého ústavu požádat fyzickou nebo právnickou osobu, která má k projednávané věci potřebné odborné předpoklady. Proti osobě znalce lze, dle odstavce 3 § 105 TŘ, vznést námitky pouze ze dvou zákonných důvodů: z důvodu podjatosti nebo proti odbornému zaměření znalce. Vedle toho lze vznést námitky proti formulaci otázek položených znalci.⁵⁶

V § 107 TŘ je zapsána velmi důležitá věta: „znalci nepřísluší provádět hodnocení důkazů a řešit právní otázky“, kterou musí občas samotní znalci u soudních jednání ostatním účastníkům připomenout, aby nebyli tlačeni k vyjádřením, která jim samotným nepřísluší a nemohou příslušet. Dále se v tomto odstavci uvádí, že v rámci přípravy posudku má znalec právo nahlédnout do spisů nebo být přítomen úkonů trestního řízení, jako je například výslech obviněného a svědků, kde smí klást otázky vztahující se na předmět jeho znaleckého vyšetřování, má-li takový úkon význam pro vypracování znaleckého posudku.⁵⁷

Následují § 108 a 109 TŘ, které spolu souvisí, a to § 108, výslech znalce, a § 109, vady posudku. „Je-li pochybnost o správnosti posudku nebo je-li posudek nejasný nebo neúplný, je nutno požádat znalce o vysvětlení.“⁵⁸

§ 110 TŘ se věnuje posudkům ústavu a tzv. revizním posudkům: „Ve výjimečných, zvláště obtížných případech, vyžadujících zvláštního vědeckého posouzení, může policejní orgán nebo státní zástupce a v řízení před soudem předseda senátu přibrat znalecký ústav k podání znaleckého posudku nebo přezkoumání posudku podaného znalcem.“⁵⁹

§ 112 TŘ definuje věcné a listinné důkazy. Věcné důkazy trestní řád definuje jako „předměty, kterými nebo na kterých byl trestný čin spáchán, jiné předměty, které prokazují nebo vyvracejí dokazovanou skutečnost a mohou být

⁵⁶ § 105 odst. 1, 3 a 5 zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 18. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p105-3>.

⁵⁷ § 107 odst. 1 zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 18. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p107-1>.

⁵⁸ § 109 odst. 1 zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 18. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p109-1>.

⁵⁹ § 110 odst. 1 zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 18. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p110-1>.

prostředkem k odhalení a zjištění trestného činu a jeho pachatele, jakož i stopy trestného činu“. Listinné důkazy, mezi které patří odborná vyjádření, definuje trestní řád následovně: „Listinnými důkazy jsou listiny, které svým obsahem prokazují nebo vyvracejí dokazovanou skutečnost vztahující se k trestnému činu nebo k obviněnému.“⁶⁰

Následující odstavce jsou věnovány procesnímu úkonu ohledání. § 113 TŘ v první větě definuje ohledání jako úkon, při kterém jsou přímým pozorováním objasněny skutečnosti důležité pro trestní řízení.⁶¹ Ve druhém odstavci § 113 se TŘ věnuje protokolu o ohledání. Krom ohledání se znalec může účastnit také dalších procesních úkonů, jako jsou například:

- § 104c, vyšetřovací pokus – „mají-li být pozorováním v uměle vytvořených nebo obměňovaných podmínkách prověřeny nebo upřesněny skutečnosti zjištěné v trestním řízení, popřípadě zjištěny nové skutečnosti důležité pro trestní řízení.“⁶²
- § 104d, rekonstrukce – „má-li být obnovením situace a okolnosti, za kterých byl trestný čin spáchán nebo které k němu mají podstatný vztah, prověřena výpověď podezřelého, obviněného, spoluobviněného, poškozeného nebo svědka, jestliže jiné důkazy provedené v trestním řízení nepostačují k objasnění věci.“⁶³
- § 104e, prověrka na místě – „je-li zapotřebí za osobní přítomnosti podezřelého, obviněného nebo svědka doplnit nebo upřesnit údaje důležité pro trestní řízení, které se vztahují k určitému místu.“⁶⁴

⁶⁰ § 112 zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 18. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p112>.

⁶¹ § 113 odst. 1 zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 18. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p113-1>.

⁶² § 104c odst. 1 zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 18. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p104c-1>.

⁶³ § 104d odst. 1 zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 18. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p104d-1>.

⁶⁴ § 104e zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 18. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p104e>.

Samotné laboratorní analýze DNA předchází získání stopy obsahující lidskou DNA a někdy také odběr vzorku DNA pro účely porovnání DNA z biologického materiálu získaného ze stopy zajištěné na místě činu a biologického materiálu fyzické osoby známé totožnosti, tzv. srovnávacího vzorku. Tohoto odběru biologického materiálu se dotýká trestní řád §114 (Prohlídka těla a jiné podobné úkony) a §158, kde se ve třetím odstavci umožňuje provádět odběr biologického materiálu policejním orgánem i před zahájením trestního řízení.⁶⁵

Důležitým milníkem v této problematice je usnesení Vrchního soudu v Praze v roce 1996 v následujícím znění: „Povinnost svědka strpět sejmutí svých daktyloskopických otisků příslušníkem Policie České republiky není výslovně v trestním řádu stanovena. Jestliže však má být tímto postupem zjištěna totožnost osoby, která se zdržovala na místě činu, lze od svědka vyžadovat, aby strpěl sejmutí otisků prstů na základě ustanovení § 114 odst. 3 tr. ř., a to i s upozorněním na následky nevyhovění (§ 114 odst. 4, § 66 tr. ř.).⁶⁶ Přitom za zjišťování totožnosti osoby ve smyslu uvedeného ustanovení je nutno považovat každé objasňování směřující k identifikaci osob, které se zdržovaly na místě činu, tedy i určování, komu patří otisky prstů na tomto místě nalezené. Povinnost strpět úkony potřebné pro takové zjištění se proto může týkat i osob, jejichž totožnost je již známa. V řízení před soudem může být opakované odepření svědka strpět sejmutí svých daktyloskopických otisků za takových okolností považováno za zmaření jednání soudu ve smyslu § 169b tr. zák., o trestném činu pohrdání soudem.“ (usnesení Vrchního soudu v Praze sp. zn. 7 To 49/96)⁶⁷

Povinnost strpět úkony směřující ke ztotožnění osoby, přestože je její totožnost známa, do té doby nebyla soudně vymáhána. V tomto případě se to však bylo nezbytné k porovnání otisků svědka s otisky nalezenými na klíčovém předmětu na místě činu vraždy nezletilé. V dnešní době by takový předmět z místa

⁶⁵ § 158 odst. 3 písm. e) zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), v platném znění. *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 23. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p158-3-e>.

⁶⁶ § 114 zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád), v platném znění. *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 23. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1961-141#p114>.

⁶⁷ Usnesení Vrchního soudu v Praze ze dne 15.10.1996, sp. zn. 7 To 49/96, Povinnost svědka strpět sejmutí svých daktyloskopických otisků. *ASPI* [online] [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: <https://www.aspi.cz/products/lawText/4/7477/0/2/usneseni-rt-c-7-to-49-96-povinnost-svedka-strpet-sejmuti-svych-daktyloskopickych-otisku>

činu byl OČTŘ zaslán ke zkoumání jak na daktyloskopickou expertízu, tak na genetiku, kde by bylo možné ztotožnit pachatele i na základě tzv. dotekové stopy (např. neúplný otisk prstů, který nemá pro daktyloskopii dostatečné množství markant). Nicméně tyto moderní genetické metody v ČR v roce 1996 dosud nebyly dostupné. (van Oorschot R.A., a Jones M. K., 1997; Šimková H., 2012) ^{68, 69}

§114 TŘ (Prohlídka těla a jiné podobné úkony) ve druhém odstavci uvádí možnost provést „zkoušku krve nebo jiný obdobný úkon“, je-li toho potřeba k důkazu. V počátcích kriminalistické biologie a genetiky bylo potřeba získat za účelem porovnání se stopou vzorek krve, což je akt invazivní, bolestivý a problematicky vymahatelný bez souhlasu jeho poskytovatele. Navíc ze zákona není možné vyžadovat odběr krve od osoby, pro kterou by takový odběr byl zdraví ohrožující. Tento problém byl odstraněn pokrokem v metodách moderní biologické analýzy, díky kterému pro jednoznačnou identifikaci osoby nebo její vyloučení stačí použití vzorku stěru bukalní sliznice (vnitřní strana tváře). Tento vzorek lze získat odběrem, který je neintimní, na rozdíl od odběru krve neinvazivní, bezbolestný a nezasahuje do integrity člověka. Díky tomuto pokroku bylo v roce 2006 možné uzákonit vynucení tohoto úkonu novelou vkládající do §114 TŘ čtvrtý odstavec o překonání kladeného odporu při odběru, „nejde-li o úkon spojený se zásahem do tělesné integrity“ způsobem přiměřeným intenzitě odporu. Policejní orgán k překonání odporu podezřelého potřebuje předchozí souhlas státního zástupce. (Viz novela TŘ – zákon č. 321/2006 Sb. ⁷⁰)

§114 TŘ dále uvádí, že prohlídce těla za účelem zjištění, zda na sobě nese stopy nebo následky trestného činu, je podle prvního odstavce §114 TŘ každý povinen se podrobit. Taková prohlídka je provedena lékařem nebo osobou téhož pohlaví jako je prohlížená osoba.

⁶⁸ VAN OORSCHOT A. H. Roland a Maxwell K. JONES. *DNA fingerprints from fingerprints*. 1997. Nature. roč. 387, s. 767. [online]. [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/42838>.

⁶⁹ ŠIMKOVÁ, Halina. *Breviář forenzní genetiky: forenzní DNA analýza v otázkách a odpovědích*. Tribun EU. s. 214. ISBN 978-80-263-0247-6.

⁷⁰ Zákon č. 321/2006 Sb., kterým se mění zákon č. 141/1961 Sb, o trestním řízení soudním (trestní řád), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 283/1991 Sb., o Policii České republiky, ve znění pozdějších předpisů – novela opravňující příslušné orgány, aby překonaly i případný odpor podezřelé nebo obviněné osoby při provedení odběru slin za účelem analýzy DNA. Na žádost OČTŘ může tento odběr i bez souhlasu podezřelé nebo obviněné osoby provést lékař nebo odborný zdravotnický pracovník.

Podle třetího odstavce §114 TR je osoba, která se zdržovala na místě činu povinna strpět úkony potřebné pro zjištění její totožnosti. Na základě tohoto ustanovení lze legálně požadovat poskytnutí vzorků DNA (stěrů z bukalní sliznice) od osob, které se pohybovaly na místě činu, včetně tzv. domácích osob, tedy např. obyvatel bytu, kde se projednávaná událost stala. Za osoby, které se pohybovaly na místě činu, lze v některých případech považovat velké množství lidí. Takové hromadné či odběry DNA osoby bývají nazývány „plošný screening“. V zahraničí bylo za tímto účelem odebráno i přes deset tisíc vzorků. Takový případ se odehrál v severním Německu v roce 1998. V rámci vyšetřování znásilnění a vraždy jedenáctileté dívky byla veřejnost v lokálním tisku požádána o spolupráci formou dobrovolného odběru biologického materiálu všech místních mužů ve věkovém rozmezí 18 a 30 let. Do této kategorie spadalo 18 000 jedinců. Díky vysoké spolupráci místních obyvatel bylo odebráno a analyzováno 11 200 vzorků. V květnu 1998 byla zjištěna shoda DNA profilu získaného ze vzorku bukalního stěru č. 3889 a DNA profilu získaného ze skvrny spermatu na kalhotkách poškozené nalezených na místě činu. V rámci následného vyšetřování došlo k zatčení třicetiletého místní obyvatele, který se doznal k vyšetřovanému skutku, ale i k vraždě další pohřešované mladé dívky. (Wenzel, R., 2006) ⁷¹

V ČR byl zaznamenán podobný případ, kdy plošný screening velkého množství vzorků DNA významně pohnul vyšetřováním závažného trestného činu. Jednalo se o případ ubodání a následné znásilnění třináctileté dívky 1. ledna roku 2004 mezi vesnicemi Kmetiněves a Hospozín. Pro porovnání se stopami, které pachatel zanechal na těle poškozené, bylo zapotřebí získat vzorky DNA místních mužů z obou vesnic. Jednalo se o do té doby nejrozsáhlejší testování DNA. V té době byly odběry pouze dobrovolné, ale s ohledem na tlak okolí se postupně dostavilo k odběru 700 mužů. Nedostavení se k odběru by na dotýčeného automaticky vrhlo podezření. Vzorky byly odesílány k analýze na Kriminologický ústav v Praze anonymně a po porovnání se stopami z místa činu zničeny. Nejprve byli zváni k odběru dospělí, postupně se okruh rozšiřoval na mladší muže, až došlo

⁷¹ WENZEL, Rainer. *European Network of Forensic Science Institutes DNA Working Group Report on Criminal Cases in Europe solved by ILS (DNA Mass Testing)*. 2006. [online]. enfsi.eu. [cit. 06.08.2019]. Dostupné na: http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/enfsi_report_on_criminal_cases_in_europe_solved_by_ils_0.pdf

i na spolužáky poškozené. Porovnáním 632. srovnávacího vzorku byla zjištěna shoda. Zjištění, že vrahem byl stejně starý spolužák poškozené, rozvířilo diskuzi o možném snížení věkové hranice trestní odpovědnosti pod současných 15 let.⁷²

§ 115 TŘ upravuje prohlídku a pitvu mrtvoly a její exhumaci, vznikne-li podezření, že smrt dotyčného byla způsobena trestným činem. Pitva může být anatomická (pro edukační účely), zdravotní (pro zjištění příčiny úmrtí zemřelého) nebo soudní pitva (v případě podezření na cizí zavinění, tedy že byla smrt zemřelého způsobena trestným činem). Soudní pitvu nařizuje OČTŘ a provádí ji dva znalci soudní lékaři s cílem objasnit příčiny úmrtí osoby, někdy také přispět k identifikaci osoby. V průběhu pitvy mohou být odebrány vzorky biologického materiálu pro pozdější analýzu, nejčastěji určení profilu DNA.

§ 158 TŘ ve třetím odstavci opravňuje policejní orgány k provedení zkoušky krve nebo jiného podobného úkonu, včetně odběru potřebného biologického materiálu za podmínek uvedených v § 114 již ve fázi prověřování, tedy před zahájením úkonů trestního stíhání, a to za účelem objasnění a prověření skutečností důvodně nasvědčujících tomu, že byl spáchán trestný čin.

2.1.3. Zákon o Policii České republiky

Dalším zákonem regulujícím kriminalistickou genetiku je zákon č. 273/2008 Sb., *o Policii České republiky*, který v §63, třetím odstavci, opravňuje policisty předvést osoby (jmenované v odstavci 2) k provedení „úkonů směřujících ke zjištění totožnosti“ v případě, že tyto osoby odmítnou nebo nemohou prokázat svou totožnost. Těmito osobami se dle odstavce (2) rozumí následující:

- „Osoby podezřelé ze spáchání trestného činu nebo přestupku,
- Osoby zdržující se v prostoru, o kterém lze důvodně předpokládat, že se v něm zdržují cizinci bez povolení opravňujícího k pobytu na území České republiky,
- bezdůvodně se zdržující v bezprostřední blízkosti policí chráněného prostoru nebo v místě, z něhož lze tento prostor účinně ohrožit,

⁷² KOPP, Milan a kol. *U Kmetiněvsi vraždil školák, ukázaly testy DNA*. Zpravy.rozhlas.cz. [online] 10. září 2004 [cit. 06.08.2019]. Dostupné na <http://irozhl.as/6Tx>.

- od níž je požadováno vysvětlení,
- odpovídající popisu hledané nebo pohřešované osoby,
- vstupující do policií chráněného objektu nebo prostoru anebo do místa, kam je policistou zakázán vstup, nebo z tohoto objektu, prostoru anebo místa vycházející,
- která má na místě veřejně přístupném zbraň a je důvodné podezření, že zbraně může být užito k násilí nebo pohružce násilím,
- zdržující se v blízkosti místa, kde došlo ke spáchání trestného činu nebo přestupku, k požáru anebo jiné mimořádné události,
- která má být předvedena na žádost příslušného orgánu podle jiného právního předpisu,
- která je oznamovatelem podezření ze spáchání trestného činu nebo přestupku,
- na žádost jiné osoby, která má na zjištění totožnosti právní zájem, jakož i osobu, která o prokázání totožnosti policistovi žádá, a zjištěné osobní údaje předat osobě, která o prokázání totožnosti požádala, nebo
- při plnění jiného úkolu, je-li to nezbytné k ochraně bezpečnosti osob a majetku, veřejného pořádku nebo pro předcházení trestné činnosti.“⁷³

Prokázáním totožnosti se dle zákona rozumí prokázání jména, příjmení, data narození a v případě potřeby také adresy místa pobytu, místa trvalého pobytu, bydliště v zahraničí, rodného čísla a státní příslušnosti, úměrně účelu zjišťování totožnosti. Není-li možné předvedenou osobu ztotožnit na základě uvedených údajů ani v dostupných evidencích, je policista dle zákona č. 273/2008 Sb. oprávněn k získání informací potřebných ke zjištění její totožnosti sejmutím daktyloskopických otisků, měřením těla a zjištěním tělesných znaků, pořizováním obrazových či jiných záznamů a odebíráním biologických vzorků za účelem získání informací o genetickém vybavení.⁷⁴

⁷³ § 63 odst. 2 zákona č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky, v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 23. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273#p63-2>.

⁷⁴ § 63 odst. 4 zákona č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 23. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273#p63-4>

Dále zákon o policii upravuje odebírání vzorků DNA v § 65 – získávání osobních údajů pro účely budoucí identifikace. Zde je zakotveno, jaké úkony a kterým osobám lze zákonně provést pro účely budoucí identifikace Policií ČR. Těmito úkony se rozumí snímání otisků papilárních linií, tzv. daktyloskopických otisků, zjišťování tělesných znaků, měření těla, pořizování obrazových, zvukových a obdobných záznamů (zde se nejčastěji jedná o třídílnou kriminalistickou fotografii) a odebírání biologických vzorků umožňujících získání informací o genetickém vybavení. Biologickým vzorkem v tomto kontextu nejčastěji bývá stěr bukalní sliznice, tedy stěr vnitřní strany úst, případně okolí dásní. V druhém odstavci § 65 zákona o Policii se uvádí: „Nelze-li úkon podle odstavce 1 pro odpor osoby provést, je policista po předchozí marné výzvě oprávněn tento odpor překonat. Způsob překonání odporu musí být přiměřený intenzitě odporu. Překonat odpor osoby nelze, jde-li o odběr krve nebo jiný obdobný úkon spojený se zásahem do tělesné integrity.“⁷⁵

Identifikační úkony může policie dle odstavce 1 § 65 zákona o Policii provést osobám

- obviněným ze spáchání úmyslného trestného činu,
- osobám, kterým bylo sděleno podezření pro spáchání takového trestného činu,
- osobám ve výkonu trestu odnětí svobody za spáchání úmyslného trestného činu,
- osobám, kterým bylo uloženo ochranné léčení nebo zabezpečovací detence,
- a osobám nalezeným, po nichž bylo vyhlášeno pátrání a jejichž svéprávnost je omezena.⁷⁶

Poslední odstavec § 65 zákona o Policii se vypořádává s likvidací takto získaných osobních údajů: „Policie osobní údaje získané podle odstavce 1 zlikviduje, jakmile jejich zpracovávání není nezbytné pro účely předcházení, vyhledávání nebo odhalování trestné činnosti anebo stíhání trestných činů nebo

⁷⁵ § 65 odst. 2 zákona č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky, v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 19. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273#p65-2>.

⁷⁶ § 65 odst. 1 zákona č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky, v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 19. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273#p65-1>.

zajišťování bezpečnosti České republiky, veřejného pořádku nebo vnitřní bezpečnosti.“⁷⁷

2.1.4. Zákon o zpracování osobních údajů

Posledních téměř dvacet měl za úkol zaručovat občanovi právo na ochranu před neoprávněným zasahováním do jeho soukromého a osobního života neoprávněným shromažďováním, zveřejňováním nebo jiným zneužíváním osobních údajů, zakotvené v Listině základních práv a svobod (ústavní zákon č.2/1993 Sb. ve znění Ústavního zákona č. 162/1998 Sb.) let zákon č.101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů (dále „ZOOU“). Vzorek biologického materiálu nebo profil DNA je díky výše popsané schopnosti individuální identifikace svého původce považován za osobní údaj. ZOOU poskytoval obecný právní rámec pro nakládání s osobními údaji zjištěnými analýzou DNA a zároveň stanovoval zřízení orgánu zaštitujícího kontrolní a správní agendu, Úřad na ochranu osobních údajů.

ZOOU byl od 25. května 2018 částečně nahrazen nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (obecné nařízení o ochraně osobních údajů). Nařízením EU 2016/679 neboli GDPR (z anglického názvu General Data Protection Regulation) je DNA považována za objekt přísněji chráněný než některé jiné osobní údaje. Zpracování profilů DNA za účelem prevence, vyšetřování, odhalování či stíhání trestných činů nebo výkonu trestů, včetně ochrany před hrozbami pro veřejnou bezpečnost a jejich předcházení (Čl. 2 odst. 1 písm. d) GDPR) se počínaje květnem 2018 řídí směrnicí Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/680 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů příslušnými orgány za účelem prevence, vyšetřování, odhalování či stíhání trestných činů nebo výkonu trestů, o volném pohybu těchto údajů). S profily DNA, které tyto podmínky nesplňují, muselo být s nástupem platnosti EU 2016/680 naloženo dle Nařízení GDPR.

⁷⁷ § 65 odst. 5 zákona č. 273/2008 Sb., o Policii České republiky, v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 19. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-273#p65-5>.

24.04.2019 byl ZOOU zrušen a nahrazen zákonem č. 110/2019 Sb., zákonem o zpracování osobních údajů. Tento zákon zpracovává příslušné aktuální předpisy Evropské unie týkající se ochrany soukromí, je tedy jakousi fúzí ZOOU a nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679. Nový zákon na zpracování osobních údajů upravuje

- zpracování osobních údajů příslušnými orgány v souvislosti s prevencí,
- vyhledávání nebo odhalování trestné činnosti,
- stíhání trestných činů, výkonů trestů a ochranných opatření,
- pátrání po osobách a věcech,
- zaručování bezpečnosti státu a veřejného pořádku, zajišťování obranných a bezpečnostních zájmů státu,
- automatizaci pořizování záznamů,
- zpracovávání osobních údajů,

a to následně: spravujícímu orgánu zákon ukládá povinnost stanovit konkrétní účel zpracování osobních údajů v souvislosti s plněním úkolu, přijmout opatření zajišťující, aby osobní údaje byly přesné ve vztahu k povaze a účelu zpracování, a uchovávat osobní údaje v podobě umožňující identifikaci subjektu údajů jen po dobu nezbytnou k dosažení účelu jejich zpracování.⁷⁸

Dále nový zákon o zpracování osobních údajů stanovuje postavení a pravomoci Úřadu pro ochranu osobních údajů.

Zákon na zpracování osobních údajů se od předchozího zákona o ochraně osobních údajů v některých bodech přeci jen liší. Příkladem je § 62 odst. 5 (zákona č. 110/2019 Sb.), podle kterého nemůže Úřad pro ochranu osobních údajů uložit správní trest orgánu veřejné moci a veřejnému subjektu („jde-li o správce a zpracovatele uvedené v čl. 83 odst. 7 nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679.), přestože došlo k porušení zákona. Úřad tímto nařízením přišel o možnost ukládat pokuty za přestupky souvisejícím se zpracováním osobních údajů např. ministerstvům, správním úřadům nebo obcím. Nadále však může orgánům a veřejným subjektům ukládat nápravná opatření. Poprvé ÚOOÚ narazil na toto ustanovení již v průběhu letošního roku, kdy uložil za přestupek v

⁷⁸ § 25 odst. 1 zákona č. 110/2019 Sb., o zpracování osobních údajů, v platném znění. Zákony pro lidi.cz [online]. [cit. 19. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2019-110#p25-1>.

souvislosti se zpracováním údajů v registru obyvatel spáchaný ministerstvem a přešupek spáchaný městem pokutu. Oba subjekty toto rozhodnutí napadly rozkladem a vzhledem k tomu, že v mezidobí nabyt účinnosti zákon o zpracování osobních údajů, v obou případech musel Úřad pro ochranu osobních údajů aplikovat nové ustanovení zákona a tedy upustit od uložení pokuty. (uouu.cz, 09.08.2019) ⁷⁹

2.1.5. Trestní zákoník

V neposlední řadě se znalecké činnosti týká také trestní zákoník (zákon č. 40/2009 Sb.), a to zejména § 346 o křivé výpovědi a nepravdivém posudku. Zde se prvním odstavcem uvádí, že podá-li znalec nepravdivý, hrubě zkreslený nebo neúplný znalecký posudek, bude potrestán odnětím svobody až na dvě léta nebo zákazem činnosti. Ve druhém odstavci § 346 je stanoveno, že uvede-li svědek či znalec před soudem, státním zástupcem, policejním orgánem, anebo před vyšetřovací komisí Poslanecké sněmovny České republiky (dále PSP ČR) nepravdu o okolnosti, která má podstatný význam pro rozhodnutí nebo pro zjištění vyšetřovací komise PSP ČR, nebo takovou okolnost zamlčí, bude potrestán odnětím svobody až na tři léta nebo zákazem činnosti. ⁸⁰

2.2. Interní akty řízení Policie České republiky

V rámci Policie ČR je činnost související s analýzou DNA a výslednými profily navíc podřízena vnitřním příkazům či interním aktům. Pokyny policejního prezidenta (dále PPP) a pokyny ředitele Kriminálního ústavu (dále PŘKÚ) velmi detailně a promyšleně řídí a regulují činnost expertů jak z Kriminálního ústavu, tak z jemu podřízených krajských expertizních pracovišť a také

⁷⁹ ÚOOÚ. *ÚOOÚ nemohl udělit pokutu ministerstvu, neumožňuje mu to zákon*. Uouu.cz [online]. [cit. 2019-08-10]. Dostupné na: <https://www.uouu.cz/uouu-nemohl-udelit-pokutu-ministerstvu-neumoznuje-mu-to-zakon/d-35454/p1=1483>.

⁸⁰ § 346 zákona č. 40/2009 Sb., *trestní zákoník*, v platném znění. *Zákony pro lidi*.cz [online]. [cit. 19. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-40#p346>.

kriminalistických techniků a dalších zúčastněných pracovníků PČR. Tyto pokyny jsou pro příslušné pracovníky závazné, s jejich náplní jsou pracovníci dobře obeznámeni a jejich vydávání pružně reaguje na legislativní i celkovou situaci v oboru.

Oproti propracovanému systému interních aktů, který reguluje práci genetiků policie ČR a zúčastněných pracovníků, činnost soukromých znalců a expertů zůstává detailněji neupravena a týká se jich pouze poměrně široké vymezení výše uvedenými – trestním řádem, trestním zákonem, zákonem o zpracování osobních údajů a novým zákonem o znalcích, znaleckých kancelářích a znaleckých ústavech. Soukromá znalecká praxe v oblasti genetiky by mohla být vlastní kapitolou, ale na tu se ve svojí práci do detailů zaměřovat nebudu, neboť se soukromé znalecké činnosti v současnosti nevěnuji a netýká se ani hlavního tématu mojí disertační práce. Znalecké dokazování na poli genetiky v občanském soudním řízení je roztrženo ve více zákonech, jeho předmětem je typicky otázka paternit, neboli určování otcovství, a tomuto oboru se rovněž ve svojí práci detailněji věnovat nehodlám, neboť nespadá pod témata, která jsem pro svou disertační práci vytyčila.

Mezi interní pokyny PČR upravující činnost genetických znalců, expertů a techniků, patří především následující:

- PPP č. 275/2016, *o identifikačních úkonech*, kterým je upraveno provádění identifikačních úkonů (popis osoby, pořízení kriminalistických fotografií osoby, snímání daktyloskopických otisků prstů a dlaní a odebírání biologického materiálu osoby), provozování informačních systémů s tím souvisejících, provozování daktyloskopických sbírek, uchovávání biologického materiálu a standardních odběrových souprav, porovnávání daktyloskopických otisků a stop a profilů DNA s obsahem daktyloskopických databází a DNA databází. Dále je tímto pokynem upraveno prověřování potřebnosti zpracovávání osobních údajů a likvidace osobních údajů získaných výše uvedenými identifikačními údaji a dále také zpracování osobních údajů včetně DNA profilu příslušníků a zaměstnanců Policie České republiky získaných odběrem biologického materiálu.
- PPP č. 100/2018, *o kriminalistickotechnické činnosti*, kterým je upraveno ohledání místa činu (a jiná ohledání), prvotní a neodkladné úkony na místě

činu, vyhledávání a zajišťování stop a předmětů na místě činu a zadokumentování těchto úkonů včetně pokynů k vytvoření protokolu o ohledání. Dále pak tento pokyn stanovuje obecné zásady kriminalistickotechnické činnosti a související povinnosti policisty.

- k PPP č. 100/2018 se vztahuje nově vydaný PŘKÚ č. 34/2019, *k vybraným kriminalistickotechnickým činnostem*, který upravuje postupy, zvláštnosti a podrobnosti kriminalistickotechnické činnosti při vyhledávání a zajišťování stop a věcí a srovnávacího materiálu, jejich balení, označování, uchovávání a přepravě, pořizování a zpracovávání dokumentace ohledání a jiných procesních úkonů. Jednotlivé přílohy tohoto pokynu pokrývají jednotlivá znalecká odvětví a informace nutné pro nakládání se stopami a vzorky spadající pod tato konkrétní odvětví s ohledem na bezpečnost pracovníků a zachování kvality a kvantity kriminalistických stop.
- PŘKÚ č. 2/2021, *ke zpracování výstupních dokumentů znaleckého zkoumání*, který reflektuje nový zákon č. 254/2019 Sb., o znalcích, znaleckých kancelářích a znaleckých ústavech s účinností od 1.1.2021. Tento pokyn obsahuje v přílohách vzory znaleckých posudků a odborných vyjádření odpovídající nové legislativě.
- PŘKÚ č. 51/2017, *kterým se stanoví pravidla provozování systémů databáze DNA (provozní řád systémů databáze DNA)*. Tento pokyn uvádí jednotný postup pro naplňování, provozování a užívání systémů databáze DNA, jimiž se myslí informační systém (dále IS) INFO DNA, IS CODIS a IS SHODA.
- PPP č. 177/2018, *kterým se upravuje věcná, funkční a místní příslušnost znaleckých ústavů PČR*, včetně přílohy č. 1 vytyčující rozsah věcné příslušnosti Kriminalistického ústavu, Pyrotechnické služby a odborů kriminalistické techniky a expertiz (dále OKTE) ke znalecké činnosti podle jednotlivých odvětví, přílohy č. 2 udávající rozsah věcné příslušnosti Kriminalistického ústavu, Pyrotechnické služby a OKTE ke kriminalistickotechnickým a dalším činnostem souvisejícím se znaleckou činností polici, a přílohy č. 3 udělující věcnou příslušnost Kriminalistickému ústavu k fyziodetekčnímu vyšetření.

- PPP č. 170/2015, *spisový řád*, který upravuje vyhotovování, odesílání/přijímání a evidenci dokumentů vytvořených či doručených policií, přidělování čísla jednacího, celkově související práci s ETŘ, lhůty vyřizování dokumentů (velmi pilné, pilné a ostatní dokumenty) a skartaci dokumentů.
- Rozkaz ředitele Kriminalistického ústavu (dále RŘKÚ) č. 3/2011, *k vyloučení kontaminace vzorků a stop*, který obsahuje pokyny k zajištění úspěšného a bezchybného provádění genetického zkoumání v souladu se zásadami systému managementu kvality v Kriminalistickém ústavu. V tomto rozkazu je stanoveno odebírání eliminačních vzorků bukálního stěru pro stanovení profilu DNA a jeho uložení do kriminalistické databáze DNA v KÚ zúčastněným příslušníkům a zaměstnancům PČR v KÚ, kteří mohli při své činnosti přijít do kontaktu s přílohami (vzorky) zasílanými ke genetickému zkoumání.
- RŘKÚ č. 52/2011, *kterým se stanoví pravidla manipulace se stopami a srovnávacími vzorky za účelem vyloučení jejich kontaminace*, obsahující detailní instrukce ke sjednocení postupu příslušníků a zaměstnanců PČR v KÚ s cílem prevence kontaminace stop a srovnávacích vzorků v souladu se zásadami systému managementu kvality v Kriminalistickém ústavu.
- PPP č. 175/2016 *o odborné způsobilosti k vykonávání znalecké a kriminalistickotechnické činnosti*. Zde jsou stanoveny požadavky na profesní přípravu a pokyny související s vydáváním znaleckého osvědčení a prolongaci oprávnění příslušníka PČR k činnosti kriminalistického znalce, stejně tak i profesní přípravu a oprávnění příslušníka PČR k vykonávání činnosti kriminalistického technika a vedení evidence kriminalistických znalců, techniků a odborných pracovníků.
- PPP č. 103/2013, *o plnění některých úkolů policejních orgánů Policie České republiky*, a jeho novelizace PPP č. 116/2015, týkající se výjezdových skupin.
- PPP č. 272/2016, *o drogové kriminalitě*, který vytyčuje úkoly kriminalistickotechnických a znaleckých pracovišť PČR a manipulaci se zajištěnými věcnými důkazy.

- PPP č. 130/2021, o *odborné způsobilosti k vykonávání znalecké a kriminalistickotechnické činnosti*.

2.3. Právní úprava v zahraničí

Jak uvádí státní zástupce Jiří Kožina (2016) na příkladu sousedních států České republiky, v zahraničí bývá tématu identifikace osob DNA analýzou věnována nějaká z variant „zákona o DNA“ (zákona o nakládání s genetickými údaji) nebo je právní regulace jednotlivých odvětví genetiky vyhotovena v příslušných zákonech, jejichž oboru či problematiky se týká, podobně jako je tomu v současnosti v Česku.⁸¹

Podstatně složitější je situace u nejmodernějších, a tedy i nejnovějších, metod jako je DNA fenotypování a stanovování pravděpodobného věku osoby z DNA. Obecně v mnoha zemích DNA fenotypování často není výslovně uzákoněno, ač se v určitých případech využívá. Jde o novou technologii, která v době, kdy řada zemí v Evropě i mimo ni vydávala legislativu o forenzním testování DNA, ještě nebyla známa. V důsledku toho se explicitní legislativa ve většině zemí zaměřuje na ukládání informací standardního profilování STR a nezmiňuje DNA fenotypování. V Nizozemsku je povoleno DNA fenotypování za určitých podmínek za účelem odvození biogeografického původu, jakož momentálně také barvy vlasů a očí, pro barvu pleti v současné době probíhá zákonné schvalovací řízení. Nedávná právní změna v německém zákoně o trestním řízení (der Strafprozessordnung, dále StPO) umožňuje metodou DNA fenotypování odvodit barvu očí, vlasů a pleti a také věk. V Rakousku změna zákona v roce 2018 znamená, že predikce fenotypových rysů z DNA za účelem identifikace neznámého pachatele je nyní přípustná v kontextu závažných trestných činů. Ve Spojeném království, Švédsku, Španělsku a Polsku je DNA fenotypování považováno za povolené zákonem, protože není výslovně zakázána, a v některých z těchto zemí je praktikována. Ve Francii bylo DNA fenotypování považováno za zakázané, ale nedávné soudní rozhodnutí povolilo DNA

⁸¹ KOŽINA, Jiří. *Právní a kriminalistické aspekty identifikačních analýz DNA*. 2016. Univerzita Karlova, Právnická fakulta. Katedra trestního práva. Rigorózní práce. Vedoucí práce Musil, Jan.

fenotypování pro „morfologické charakteristiky“. V současné době se DNA fenotypování praktikuje ve Francii a probíhají politické diskuse k vyřešení nejasné právní situace. Také v dalších evropských zemích v současné době probíhají diskuse o legalizaci letové služby prostřednictvím přizpůsobení forenzní legislativy týkající se DNA. Ve Švýcarsku je v současné době přezkoumáván návrh zákona o legalizaci DNA fenotypování.⁸²

V následujících podkapitolách si uvedeme příklady vybraných evropských států a jejich právní úpravy DNA analýz, zejména pak DNA fenotypování. Z mimoevropských států se nabízí uvést Spojené státy americké, kde se využití DNA fenotypování liší stát od státu, stejně jako příslušná právní úprava. Alespoň okrajově se o situaci v USA zmiňuji v níže uvedené tabulce srovnávající několik vybraných zemí. Zde jsem také uvedla Taiwan jako příklad asijské země zapojující se do forenzní genetiky v rámci těchto nejmodernějších metod.

2.3.1. Slovenská republika

Slovenská republika přijala v roce 2002 zákon č. 417/2002 Z. z., o používání analýzy deoxyribonukleovej kyseliny na identifikáciu osôb, s účinností od 1.1.2003 a novelizací v květnu 2018 (v souladu s Nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 ze dne 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (obecné nařízení o ochraně osobních údajů), označovaným též jako GDPR (General Data Protection Regulation).

Zákon č. 417/2002 Z. z. vymezuje odebírání vzorků biologického materiálu osob pro účely DNA analýzy – taxativně jmenuje, kterým osobám lze vzorek DNA odebrat pro účely identifikace a kterým osobám pro účely predikce vizuálních fenotypových charakteristik; dále se zákon věnuje zřízení a vedení slovenské národní databáze profilů DNA a nakládání s údaji v databázi, stanovuje povinně testované markery, vymezuje okolnosti využití analýzy vizuálních charakteristik osob, tzv. fenotypů (například barva vlasů, barva očí a pigmentace kůže), a věnuje

⁸² WESTERMARK, Henrik, a kol. *The Regulation of the Use of DNA in Law Enforcement*. 2020. Swiss Institute of Comparative Law. [online]. [cit. 05.01.2022]. Dostupné z: <http://www.isdc.ch/media/1953/e-2020-02-20-016-use-of-dna.pdf>

se i možnosti přezkoumání správnosti posudku novou DNA analýzou z druhé části vzorku, umožňuje-li množství DNA ve vzorku na analýzu rozdělení na dvě části.⁸³
a 84

2.3.2. Polská republika

Polsko žádnou obdobu zákona o DNA dosud nepřijalo, pokrývá tematiku forenzní DNA analýzy v zákoně o policii, který se věnuje jak odběru vzorku biologického materiálu osoby a nakládání s ním, tak vedením databáze DNA. Genetické určení vizuálních charakteristik osob stejně jako určení věku osoby ze stopy DNA se v Polsku provádí i pro forenzní účely, nicméně tato témata v Polsku na svoji právní úpravu teprve čekají.⁸⁵

2.3.3. Rakouská republika

Podobně jako Polsko, také Rakousko věnuje forenzní genetice prostor v zákonu o policii. Databáze DNA je však vedena Spolkovým ministerstvem vnitra, při čemž vlastní analýzu DNA provádí Rakouská centrální DNA laboratoř v Innsbrucku.⁸⁶ Centrální předpisy týkající se shromažďování a používání informací o DNA pro účely trestního stíhání v rakouském právu lze nalézt v § 124 trestního řádu (der Strafprozessordnung)⁸⁷ a v § 67 zákona o policii (das Sicherheitspolizeigesetz – dále SPG)⁸⁸. Tato ustanovení jsou úzce vzájemně propojeny, ale mají různé oblasti použití: Zatímco trestní řád se týká konkrétního

⁸³ WESTERMARK, Henrik, a kol. *The Regulation of the Use of DNA in Law Enforcement*. 2020. Swiss Institute of Comparative Law. [online]. [cit. 05.01.2022]. Dostupné z: <http://www.isdc.ch/media/1953/e-2020-02-20-016-use-of-dna.pdf>

⁸⁴ § 4 ods. 6 zákona č. 417/2002 Z. z. o používání analýzy deoxyribonukleové kyseliny na identifikaci osob - znění účinné od 25.05.2018.

⁸⁵ SAMUEL, Gabrielle a Barbara PRAINSACK. *The regulatory landscape of forensic DNA phenotyping in Europe VISAGE*. 2018. [online]. [cit. 10.11.2019]. Dostupné z: <http://www.visageh2020.eu/>.

⁸⁶ KOŽINA, Jiří. *Právní a kriminalistické aspekty identifikačních analýz DNA*. 2016. Univerzita Karlova, Právnická fakulta. Katedra trestního práva. Rigorózní práce. Vedoucí práce Musil, Jan.

⁸⁷ Bundesgesetzblatt č. 631/1975. [online]. [cit. 18.03.2022]. Dostupné z: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/I/1975/631>.

⁸⁸ Bundesgesetzblatt č. 566/1991. [online]. [cit. 18.03.2022]. Dostupné z: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/I/1991/566>.

trestního řízení a objasnění konkrétního skutku, cílem zákona o policii je v tomto případě předcházení trestným činům; v souladu s tím rakouský zákon o policii obsahuje také ustanovení o uchovávání profilů DNA v jedné databázi.

V květnu 2018 vešla v platnost novela rakouského zákona o policii upravující § 51 SPG. V rámci přizpůsobení zákonných předpisů požadavkům Obecného nařízení o ochraně osobních údajů dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679 z 27. dubna 2016 o ochraně fyzických osob při zpracování osobních údajů, o volném pohybu údajů a dále Zrušení směrnice 95/46/ES (obecné nařízení o ochraně osobních údajů)⁸⁹ bylo uvedené nařízení rozšířeno z hlediska zákona o ochraně údajů.⁹⁰ V této novele se uvádí, že bezpečnostní orgány mají při zpracovávání osobních údajů dodržovat přiměřenost. Zpracování zvláštních kategorií osobních údajů je přípustné, pokud je to nezbytné pro plnění úkolů v rámci policie, jsou přijata přiměřená opatření k ochraně osobních údajů a jsou dodržovány zájmy důvěrnosti dotčených osob. Kategorie osobních údajů jsou právně definovány v rakouském zákoně o ochraně osobních údajů a zahrnují mimo jiné genetické údaje a biometrické údaje k jednoznačné identifikaci fyzické osoby.

2.3.4. Spolková republika Německo

Spolková republika Německo věnuje tématice analýzy lidské DNA odstavce více zákonů podle jednotlivých oborů. Německo zákonem o zjišťování DNA identity stanovuje, kterým osobám může být DNA vzorek odebrán, při čemž obsahuje taxativní výčet trestných činů, z nichž obviněné osoby jsou povinny odběr DNA strpět. Tyto vzorky mohou být použity pouze pro zjištění genetického profilu sloužícího k individuální identifikaci osoby a k určení pohlaví. Analýzu DNA z anonymizovaných vzorků provádí laboratoře institutů forenzních věd na základě soudního příkazu nebo instituty soudního lékařství a několik soukromých

⁸⁹ viz <https://eurlex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32016R0679> (18.03.2022).

⁹⁰ Bundesgesetzblatt č. 29/2018 ze dne 16.05.2018. [online]. [cit. 18.03.2022]. Dostupné z: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/l/2018/29>.

laboratoří. Soukromé laboratoře se věnují především občanskoprávním sporům, tedy nejčastěji určování otcovství.⁹¹

Novelou zákona o policejních úkolech (Polizeiaufgabengesetz, „PAG“) bylo 15. května 2018 bavorské policii uděleno oprávnění k provádění DNA analýz za účelem získání informace o vizuálních charakteristikách původce biologického materiálu (barvy kůže, vlasů a očí), jeho věku a geografickém původu. Diskutovaný zákon dále umožňuje např. využití dronů včetně tzv. „čteček obličejů“ nebo monitoring online projevů zájmové osoby nejen v rámci vyšetřování závažné trestné činnosti, ale také v rámci prevence proti hrozícímu nebezpečí. Nizozemský forenzní biolog, prof. Manfred Kayser, který stojí za vývojem několika metod pro určení vizuálních charakteristik osoby ze vzorku DNA povolených novým bavorským zákonem, uvádí, že vzdělávání a zaučení pracovníků v tomto směru je nezbytné, společně se zvládnutím statistických výpočtů a jejich interpretací. Nicméně, na rozdíl od svědecké výpovědi lze u důkazu analýzy DNA jednoznačně stanovit míru pravděpodobnosti.⁹²

Navzdory pobouření, které vyvolala bavorská novela ohledně DNA analýz, došlo k jejich právní úpravě v obdobném duchu i ve zbytku SRN. Od konce roku 2019 je v Německu u biologického materiálu z kriminalistických stop, u jehož není známo, od koho pochází, možné určit barvu očí, vlasů a kůže a věk člověka, pokud je to nutné pro vyšetřování či by mohlo vést k zúžení okruhu možných pachatelů. Analýza biogeografického původu člověka je povolena.⁹³

2.3.5. Velká Británie

Velká Británie je zemí, kde vznikla v roce 1995 první DNA databáze na světě, NDNAD – the National DNA Database of England and Wales. V současnosti zde platí metodologie Královské prokuratury (The Crown

⁹¹ KOŽINA, Jiří. *Právní a kriminalistické aspekty identifikačních analýz DNA*. 2016. Univerzita Karlova, Právnická fakulta. Katedra trestního práva. Rigorózní práce. Vedoucí práce Musil, Jan.

⁹² VOGEL, Gretchen. *German law allows use of DNA to predict suspects' looks*. 2018. Science. New York, N.Y. roč. 360, č. 6391. DOI: 10.1126/science.360.6391.841.

⁹³ WESTERMARK, Henrik, a kol. *The Regulation of the Use of DNA in Law Enforcement*. 2020. Swiss Institute of Comparative Law. [online]. [cit. 05.01.2022]. Dostupné z: <http://www.isdc.ch/media/1953/e-2020-02-20-016-use-of-dna.pdf>

Prosecution Service), která udává jako zlatý standard forenzní genetiky analýzu „DNA-17“, tedy analýzu 10 STR tradičně užívaných v Evropě, známých pod označením kitu jako „SGMPlus“ společně s 6 nově přidanými STR a markerem určujícím pohlaví.⁹⁴ Tato kombinace neposkytuje žádné biologické či medicínské informace o původci biologického materiálu krom pohlaví, jedná se čistě o identifikační markery vybrané z „nekódující“ oblasti genomu.

Analýzy DNA zkoumající vizuální charakteristiky člověka, obvykle označované jako DNA fenotypování a standardně prováděné na přístroji NGS, výše zmíněná metodologie nereguluje ani vysloveně nezakazuje, jsou tedy obecně považovány za povolené.

2.3.6. Evropská unie

Procesy v rámci vymáhání práva jsou v unii vedeny na národní úrovni, nicméně některá pravidla EU se k forenzní genetice vztahují. Nejznámější v této oblasti je přeshraniční spolupráce v rámci boje s terorismem, nelegální migrací a přeshraničním zločinem zahrnující výměnu informací mezi členskými státy unie. Právní základ této spolupráci byl položen již v roce 1997 na základě rozhodnutí Rady o výměně výsledků analýzy DNA (97/C 193/02).⁹⁵ Toto rozhodnutí se stalo podkladem pro multilaterální úmluvu uzavřenou v roce 2008 známou pod pojmem Průmská úmluva či Průmská dohoda. Ta v praxi znamená výměnu informací o DNA profilech či otiscích prstů z místa činu formou automatického porovnávání databází s následným hlášením o shodě (tzv. „hit/no-hit“).

Další regulací EU zasahující do forenzní genetiky je oblast ochrany osobních údajů (mezi které se řadí i profil DNA osoby) zastřešená Článkem 8 Úmluvy o základních právech EU a ještě detailněji pak regulací GDPR.⁹⁶

⁹⁴ Crown Prosecution Service, *DNA-17 Profiling, contained in Prosecution Policy and Guidance, Legal Guidance*, D-G, [online]. [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: http://www.cps.gov.uk/legal/d_to_g/dna-17_profiling/.

⁹⁵ Rozhodnutí Rady (EU) 97/C 193/02 ze dne 9. června 1997, o vzájemné výměně výsledků analýzy DNA. [online]. [cit. 20.04.2022]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52004DC0376&from=EN>

⁹⁶ Nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) 2016/679 ze dne 27. dubna 2016, o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (obecné nařízení o ochraně osobních údajů). [online]. [cit. 10.11.2019].

Specifický sběr a ukládání informací pro policii a forenzní účely je právně zakotven ve Směrnici EU 2016/680 – ochrana fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů policií a orgány činnými v trestním řízení a volný pohyb těchto údajů. Tato směrnice pokrývá oblast získávání, ukládání, přesuny a mazání dat za účelem ochrany osobních údajů používaných policií a OČTŘ.

2.3.7. Srovnávací tabulka

Níže přikládám srovnávací tabulku vybraných států napříč kontinenty, jejichž státní orgány užívají pokročilé metody forenzní genetiky, tzv. DNA fenotypování, tedy predikci externě viditelných charakteristik, případně také určování věku donora biologického materiálu analýzou DNA. Tabulka znázorňuje, zda jsou tyto metody moderní kriminalistické genetiky v daném státu legální, případně které druhy metod, a na jakém právním základě jsou povoleny. Pokud nemají vlastní právní úpravu, zda jsou výslovně zakázány.

Tab č. 1: Srovnávací tabulka právní úpravy využívání pokročilých metod forenzní genetiky napříč vybranými zeměmi. Vytvořeno na základě komparativní studie Švýcarského institutu srovnávacího práva na regulace využití DNA ve složkách prosazujících právo ke dni 28.08.2020.⁹⁷

Stát	Regulace pokročilých metod forenzní genetiky – kterých a pro jaké přečiny	Zákaz využívání těchto metod
<i>Belgie</i>	Z fenotypů povoleno pouze určení pohlaví.	Zákaz analýzy kódující části DNA.
<i>Kanada</i>	Určování fenotypů není specificky regulováno ani implicitně povoleno. Podle neoficiálních záznamů je policie využívá jako operativně pátrací informaci v rámci	Žádný zákon je výslovně nezakazuje.

Dostupné

z:

[https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=CS)

[lex.europa.eu/legalcontent/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=CS](https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=CS)

⁹⁷ WESTERMARK, Henrik, a kol. *The Regulation of the Use of DNA in Law Enforcement*. 2020. Swiss Institute of Comparative Law. [online]. [cit. 05.01.2022]. Dostupné z: <http://www.isdc.ch/media/1953/e-2020-02-20-016-use-of-dna.pdf>

	vyšetřování (podpůrný operativně pátrací prostředek, dále POPP).	
<i>Dánsko</i>	Nejsou nijak regulovány. Není žádný důkaz toho, že by je policie využívala.	Žádný zákon je výslovně nezakazuje.
<i>Francie</i>	Povoleny jako POPP, ale bez právního podkladu. Judikatura: Rozhodnutí kasačního soudu ze dne 25.06.2014: povoleny viditelné charakteristiky a mohou být omezeny na využití u závažných zločinů.	Žádný zákon je výslovně nezakazuje.
<i>Itálie</i>	Nejsou regulovány. Podle článku 7, I, d. zákona aplikujícího Prümskou dohodu, mohou být informace zařazené v DNA databázi využity pouze pro identifikaci osob (shoda).	Žádný zákon je výslovně nezakazuje.
<i>Německo</i>	Předběžné vyjádření soudu: Pro materiál nalezený nebo zabavený, pokud je neznámého původu, je povoleno testování barvy očí, vlasů, kůže a věku. Pokud jde o identifikovanou osobu: jsou povoleny pouze analýzy původu, pohlaví a testování shody s materiálem nalezeným na místě činu.	Výslovně zakázané zjišťování jakýchkoli informací, které nejsou vyjmenované v zákoně.
<i>Nizozemí</i>	Povoleny. Trestní řád stanovuje, že státní zástupce může nařídit DNA analýzu cílenou na určení pohlaví, původu nebo jiných externě pozorovatelné osobní charakteristiky určené nařízením vlády. Ke dni 28.08.2020 byly povoleny analýzy určující pohlaví, geografický původ/rasu a barvu očí, vlasů a kůže.	Žádný zákon je výslovně nezakazuje.

<i>Rakousko</i>	Nejsou specificky regulovány. Určování fenotypů (vizuálně pozorovatelných charakteristik) může být od května 2018 prováděno v souladu se změnami rakouských pravidel ochrany osobních údajů.	Od května 2018 nejsou výslovně zakázané.
<i>Španělsko</i>	Nejsou zavedené specifické regulace k určování fenotypů, ale v praxi je prováděno policií jako forenzní nástroj. Španělský zákon upravující uchovávání DNA v registru DNA povoluje pouze identifikaci osob a určení pohlaví. Analýza je omezena na nekódující sekvence DNA.	Žádný zákon je výslovně nezakazuje.
<i>Švédsko</i>	Povoleny, ale ne specificky na základě konkrétního zákona. Po přijetí zákona o zpracování osobních údajů z roku 2018 a zákona o trestních údajích (criminal data act) z roku 2018 považuje policie určování fenotypů za přípustné. Dosud bylo určování fenotypů užito restriktivně ve dvou známých případech a bylo omezeno na vyšetřování vražd.	Žádný zákon je výslovně nezakazuje.
<i>Taiwan</i>	Nejsou specificky regulovány, ani implicitně povoleny podle předepsaných informací k užití DNA v nařízení o kontrole a správě DNA záznamů a v zákonu o ochraně osobních údajů.	Žádný zákon je výslovně nezakazuje.
<i>USA</i>	Regulace se liší podle státu.	CODIS (federální databáze) neukládá takovéto informace.

		Regulace (určování fenotypů jako POPP) se liší na úrovni jednotlivých států. 3 z 50 států je specificky zakazují, ostatní omezují jejich využití.
<i>Velká Británie</i>	Povoleny, ale ne specificky na základě konkrétního zákona. Nepovažují se za přípustný důkaz u soudu, ale uvádí se pouze jako operativně pátrací indicie.	Žádný zákon je výslovně nezakazuje.

Na okraj této kapitoly bych ráda dodala drobnou poznámku, že Česká republika není v právní úpravě forenzní genetiky žádnou černou ovčí mezi státy, které jsou natolik bohaté, aby si moderní metody forenzní genetiky mohli dovolit. Z tabulky výše uvedené (tab. č. 1,⁹⁸) jasně vyplývá, že mnoho států Evropy a severu Ameriky dosud tyto oblasti nemají legislativně vyřešené, přestože je již mohou využívat či příležitostně využívají.

2.4. Certifikace a akreditace související s forenzní genetickou analýzou

Management kvality je nedílnou součástí života soukromých i státních podniků, v našem případě laboratoří. Má za úkol zajišťovat dobré hospodaření a prosperitu firmě a zaručovat zákazníkům firmy očekávaný (v pozitivním slova smyslu) produkt či službu.

⁹⁸ WESTERMARK, Henrik, a kol. *The Regulation of the Use of DNA in Law Enforcement*. 2020. Swiss Institute of Comparative Law. [online]. [cit. 05.01.2022]. Dostupné z: <http://www.isdc.ch/media/1953/e-2020-02-20-016-use-of-dna.pdf>.

S rozvojem mezinárodního obchodu začal narůstat tlak zákazníků na kvalitu produktů i na související sjednocení norem. V mezinárodním prostředí se proto ujaly normy vyvažující lokální a mezistátní rozdíly v technických specifikacích výrobků. Celosvětově nejrozšířenější a nejdůležitější jsou normy ISO (International Organization for Standardization), tedy česky přeloženo Mezinárodní organizace pro standardizaci či Mezinárodní organizace pro normalizaci, jejímž členem je většina států vyspělého světa. Mezinárodní organizace pro standardizaci vydává tisíce norem zahrnující množství odvětví průmyslu, výroby nebo například zdravotnictví. Normy ISO se rozlišují např. na evropské normy (EN), česká norma nese označení ČSN a dále se odlišují číselně a podle roku, ve kterém byla dokončena zásadní revize určité řady norem.

Forenzní genetika je odvětvím, ve kterém se provádí analýzy vzorků DNA za účelem objasňování a dokazování v civilních či trestních soudních řízeních anebo pro výzkumné či soukromé účely. Forenzní aplikace genetických analýz vyžaduje nejvyšší kvalitu, neboť její výsledky přímo ovlivňují životy lidí, ať už je to rozhodnutí o udělení či zamítnutí udělení občanství, výsledek testu otcovství či kriminalistická analýza stopy z místa činu spojující osobu s projednávaným skutkem.

Řada soukromých firem je držitelem nějakého druhu certifikace, nejčastěji dle normy 9001:2008. ISO 9001 pouze odpovídá potvrzení certifikačního orgánu, že konkrétní služba či výrobek odpovídají stanovené normě. Konkrétněji, podle ISO 9001 je certifikace „potvrzením souladu, shody skutečného stavu produktu, systému, znalostí apod. se stanovenými specifikacemi, obvykle nějakým standardem, normou.“⁹⁹ Zde je patrná možná diskrepance využití certifikace. Existují firmy, pro které je certifikace jedním z mnoha přínosů funkčního managementu kvality. Taková firma využívá přínosů funkčního managementu kvality a také si díky normě udržuje vysokou úroveň výroby, pomocí efektivně nastavených procesů minimalizuje náklady a celkově těží z výkonnosti celé organizace. Na druhou stranu existuje nezanedbatelný podíl firem, které certifikaci mají pouze z povinnosti do výběrových řízení nebo aby mohli zákazníkům uvést,

⁹⁹ ISO - *certifikace systémů řízení - ISO 9001* [online]. [cit. 10.1.2021]. Dostupné z: <http://www.iso.cz/iso-9001>.

že určitý certifikát mají, s úmyslem vytvořit kolem sebe iluzi důvěryhodnosti. Toto se týká zejména malých firem, které systém řízení kvality ve skutečnosti nevyužívají, pouze vlastní veškerou požadovanou dokumentaci, zápisy z fiktivních porad, absolvují nutná školení managerů kvality a pravidelné audity.¹⁰⁰

Kromě certifikace se může firma či instituce ucházet také o akreditaci. Akreditací uděluje akreditační orgán potvrzení, že daná instituce nebo firma je odborně a organizačně způsobilá k určité činnosti (poskytování určité služby), nebo že určitý certifikační orgán je způsobilý k udílení certifikací. V případě forenzně genetických laboratoří se může jednat o akreditaci podle normy ČSN EN ISO/IEC 17025 Posuzování shody - Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří. Norma ISO 17025:2005 byla před rokem nahrazena revidovanou normou ISO 17025:2018. Pro přechod na novou normu bylo rozhodnutím organizace ILAC (pozn.: International Laboratory Accreditation Cooperation, česky Mezinárodní spolupráce v akreditaci laboratoří) stanoveno tříleté přechodné období, tedy až do dne 29.11.2020.

K normě ISO 17025 byla v roce 2002 vydána směrnice ILAC G19 pro forenzní laboratoře udávající návod k aplikaci normy ISO 17025 v případě forenzních analýz a zkoumání. ILAC G19 pracuje s forenzním procesem zahrnujícím především následující kroky:¹⁰¹

- Prvotní kroky na místě činu a první rozhovory na místě činu (dále MČ)
- Vytváření strategie a realizace ohledání MČ
- Posouzení zajištěných stop, případně další ohledání MČ
- Analýza, interpretace a prezentace stop z MČ
- Ohledání, zkoušení, posouzení případu
- Interpretace výsledků ohledání a zkoušení, prezentace dat a interpretace výsledků

¹⁰⁰ ŠIMKOVÁ, Halina. Breviář forenzní genetiky: forenzní DNA analýza v otázkách a odpovědích. Tribun EU. s. 214. ISBN 978-80-263-0247-6.

¹⁰¹ Dokument ILAC-G19:08/2014 - *Moduly ve forenzním procesu*, Český institut pro akreditaci, o.p.s. [online] [2022-04-29] Dostupné z: https://www.cai.cz/wp-content/uploads/2019/02/01_08-P028_ILAC-G19_201602121.pdf.

Zmíněná nejnovější akreditace byla, jako již poněkoličtější, udělena Kriminologické ústavu Policie České republiky, který je již od roku 2007 akreditovanou zkušební laboratoří č. 1494 na základě splnění požadavků podle normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří (doloženo osvědčením o akreditaci č. 465/2020 ze dne 21. 7. 2020).

Další normou přicházející alespoň okrajově v úvahu pro forenzně genetickou laboratoř je ČSN EN ISO 15189 Zdravotnické laboratoře - Zvláštní požadavky na kvalitu a způsobilost (současně účinná verze je z roku 2013) a pro ohledání místa činu ČSN EN ISO 17020 Posuzování shody - Všeobecná kritéria pro činnost různých typů orgánů provádějících inspekci (současně účinná verze je z roku 2012) se zvláštním doporučením pro ohledání místa činu EA-5/03 (Pokyny pro implementaci ISO/IEC 17020 v oblasti ohledání místa činu) z roku 2009¹⁰², ale tím už od běžné laboratorní praxe spíše odbíháme.

Zásadní rozdíl mezi certifikací ISO 9001 a akreditací ISO 17025 spočívá v tom, že certifikace ISO 9001 zavazuje firmu či organizaci pouze obecně k zavedení systému managementu kvality a splňování jeho požadavků, nijak však nezohledňuje odborná specifika laboratorní praxe. Oproti tomu akreditace ISO 17025 garantuje krom systému managementu kvality také odbornou způsobilost k provádění deklarovaných laboratorních zkoušek.

Nelze však apriorně paušalizovat, že laboratoř vlastníci pouze certifikaci ISO 9001 musí nezbytně produkovat méně kvalitní výstupy než akreditovaná laboratoř. Schopnost laboratoře poskytovat zadavatelům vysoce validní data ve skutečnosti nemůže absolutně garantovat žádná akreditační komise. Kvalita výstupů závisí především na schopnostech a kompetenci pracovníků, odpovídajícím vybavení a materiálním zabezpečení pracoviště a také na samotném řízení té konkrétní laboratoře. Lze tedy říci, že i neakreditované laboratoře mohou mít vlastní funkční systémy řízení kvality a kontroly správnosti dat a poskytovat zadavatelům zcela kvalitní služby.¹⁰³

¹⁰² Dokument EA 5/03 - *Pokyny pro implementaci ISO/IEC 17020 v oblasti ohledání místa činu*. Český institut pro akreditaci, o.p.s. [online] [2022-04-29] Dostupné z: https://www.cai.cz/wpcontent/uploads/2019/02/01_08-P018_EA_05_03_200912041.pdf.

¹⁰³ ŠIMKOVÁ, Halina. *Breviář forenzní genetiky: forenzní DNA analýza v otázkách a odpovědích*. Tribun EU. s. 214. ISBN 978-80-263-0247-6.

2.5. Právní úprava forenzní analýzy nehumánní DNA

Forenzní analýza zvířecího a rostlinného biologického materiálu, do jisté míry i analýza mikrobiální a virové DNA prochází v posledních letech bouřlivým vývojem a je čím dál častěji využívána i pro účely soudního řízení. Avšak zatímco problematika forenzní DNA analýzy lidského biologického materiálu doznala ve většině zemí řádné legislativní úpravy, ať už v podobě zákona o DNA nebo ukotvení ve více specifických zákonech, forenzní analýza nehumánní DNA je v tomto o krok zpět. Tato skutečnost souvisí s nedostatečným povědomím o současné úrovni nehumánních genetických analýz, šíři a míře jejich využití. Tedy, existují již metody a jsou využívány, ale chybí pro ně řádná legislativní úprava. Do jisté míry tato situace souvisí se samotnou právní definicí zvířete, kdy po dobu téměř padesáti let starý občanský zákoník, zákon č. 40/1964 Sb., považoval zvíře za věc, konkrétně „zvláštní druh věci movité“. Toto změnil v roce 2014 nový občanský zákoník: „Živé zvíře má zvláštní význam a hodnotu již jako smysly nadaný živý tvor. Živé zvíře není věcí a ustanovení o věcech se na živé zvíře použijí obdobně jen v rozsahu, ve kterém to neodporuje jeho povaze.“¹⁰⁴

Forenzní genetické analýzy nehumánní DNA nejen v ČR, ale celosvětově, trpí nedostatečnou či zcela chybějící standardizací postupů a metod, stejně jako výsledné formy závěrů posudků či výsledkových zpráv. Tvůrci zákona tedy nemají ideální podklady, o které by se mohli v případě snahy o tvorbu příslušného zákona opřít. Jak uvádí Křenková v kapitole knihy J. Suchánka *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí, 2021*): „Mezi nejpropracovanější dokumenty v této oblasti patří mezinárodní úmluvy týkající se ochrany ohrožených druhů fauny a flory, které však samy o sobě nemají právně závazný charakter. Často však na ně navazují zákony konkrétních zemí, které již závazné jsou. Potřeba chránit ohrožené druhy živočichů a rostlin je celosvětově uznávanou skutečností, což dosvědčuje 183 podpisů členských zemí úmluvy CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and

¹⁰⁴ § 494 zákona č. 89/2012 Sb., *nový občanský zákoník*, v platném znění. *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 23. 5. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-89#p494>.

Flora – Úmluvy o mezinárodním obchodu ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin), mezi kterými je od roku 1993 také Česká republika. Cílem úmluvy CITES je regulace obchodu s exempláři chráněných druhů a zvýšení populací druhů živočichů ohrožených například lovem. Regulace obchodu probíhá formou dovozních a vývozních povolení – permity CITES – potřebných pro převoz exemplářů CITES přes státní hranice. Permits se týkají jasně uvedeného množství či počtu jmenovaných ohrožených druhů v konkrétní zásilce a jeden konkrétní povolený dovoz, nejedná se tedy o dlouhodobé povolení prodeje nebo nějakou licenci na obchod s ohroženými druhy. Úmluva CITES dále kontroluje obchod s živočichy odchovanými v zajetí a uměle vypěstovanými rostlinami v případě druhů ve volné přírodě ohrožených.“¹⁰⁵

„Evropská unie reguluje obchod s chráněnými druhy v souladu s CITES, v některých případech i přísněji. Na rozdíl od úmluvy CITES jsou však nařízení EU závaznými právními předpisy platnými na území celé unie. Ve vztahu k CITES lze mluvit o nařízení Rady (ES) č. 338/97 a nařízení Komise (ES) č. 865/2006. Evropská unie používá ve svých předpisech rozdělení živočichů a rostlin do příloh A až D namísto seznamů druhů chráněných podle CITES v přílohách I až III. Příloha A obsahuje obdobně jako CITES I seznam druhů přímo ohrožených vyhubením, a navíc druhy chráněné zákony členských států EU nebo legislativou EU pro ochranu přírody a přirozeně se vyskytující ve volné přírodě Evropské unie (například všechny druhy evropských dravců a sov). Tyto druhy tedy nemusí být všechny nutně jmenovány v CITES I. Obchod s jedinci z přílohy A je zakázán s výjimkou jedinců narozených a odchovaných v zajetí anebo s výjimkou jedinců určených k záchranným chovům či vědeckému výzkumu. Příloha B obsahuje většinu druhů uvedených v příloze CITES II, některé z CITES III, a dále druhy mimo CITES, jejichž dovoz do unie je pozastaven například z důvodu ohrožení původních druhů nepůvodními invazivními druhy, např. želva nádherná (*Trachemys scripta*) nebo skokan volský (*Lithobates catesbeianus*). Příloha C zahrnuje druhy z přílohy CITES III a některé další druhy mimo seznamy CITES. Příloha D je tvořena druhy z přílohy CITES III a některé další druhy nechráněné

¹⁰⁵ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

CITES, jejichž dovoz do unie je ale sledován na základě oznámení o dovozu (např. norek sibiřský).“^{106 107}

„České republiky se jakožto člena EU týká Nagojský protokol o přístupu ke genetickým zdrojům a spravedlivém a rovnocenném sdílení přínosů plynoucích z jejich využívání z roku 2014, z něž vyplývá nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 511/2014 o opatřeních pro dodržování pravidel Nagojského protokolu, prováděcí nařízení Komise (EU) 2015/1866 a příslušný metodický pokyn. V návaznosti na tato opatření vydala Česká republika zákon č. 93/2018 Sb., o podmínkách využívání genetických zdrojů podle Nagojského protokolu, a k němu příslušný metodický pokyn ministerstva životního prostředí. Nagojský protokol se týká práva zemí na jejich přírodní či životní zdroje jako jsou například léčiva přírodního původu. Žádné genetické zdroje českého původu však regulaci Nagojského protokolu dosud nepodléhají.“^{108 109}

„V České republice má ochrana ohrožených druhů právní zakotvení v zákonu č. 114/1992 Sb., *zákonu České národní rady o ochraně přírody a krajiny*, dále zákoně č. 100/2004 Sb., *o ochraně druhů volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin regulováním obchodu s nimi a dalších opatřeních k ochraně těchto druhů a o změně některých zákonů (zákon o obchodování s ohroženými druhy)*, s prováděcí vyhláškou č. 210/2010 Sb., *o provedení některých ustanovení zákona o obchodování s ohroženými druhy*, a s vyhláškou č. 198/2013 Sb., *o výši náhrady nákladů péče o skupiny druhů exemplářů v záchranných centrech*. Novela zákona č. 100/2004 Sb. z roku 2010 ukládá chovatelům povinnost vést si záznamy o chovech a obchodu s exempláři z přílohy CITES A nebo B. Dále je v ČR povinná registrace držených a chovaných druhů ze seznamů CITES vypsanych ve vyhlášce č. 210/2010 Sb. Dalším zákonem vztahujícím se k této problematice je zákon č. 246/1992 Sb., *zákon České národní rady na ochranu zvířat proti týrání*. Ve hlavě VIII trestního zákoníku, Trestné činy proti životnímu

¹⁰⁶ AOPK ČR. *CITES v Evropské unii a České republice*. [online]. [cit. 06.07.2020]. Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/cites/cites-v-eu-a-cr/>

¹⁰⁷ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

¹⁰⁸ Nagojský protokol. Ministerstvo životního prostředí. [online]. [cit. 28.08.2020]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/nagojsky_protokol

¹⁰⁹ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

prostředí, je upraveno jak nakládání s chráněnými živočichy a rostlinami, § 299-301, Neoprávněné nakládání s chráněnými volně žijícími živočichy a planě rostoucími rostlinami, tak i problematika týrání zvířat v § 302, Týrání zvířat, a pytláctví v § 304, Pytláctví.“¹¹⁰

„Kontrolním a represivním orgánem v České republice fungující jako orgán státní správy a organizační složka státu spadající pod Ministerstvo životního prostředí, který ve spolupráci s Celní správou ČR dohlíží na problematiku ochrany vzácných druhů živočichů a rostlin, je Česká inspekce životního prostředí (ČIŽP). Do gesce ČIŽP dále spadá mimo jiné problematika týrání zvířat, řeší rozličné podněty občanů a právnických osob a podílí se při řešení havárií ohrožujících životní prostředí. Zákonem jmenovaným vědeckým orgánem CITES je pro Českou republiku Agentura ochrany přírody a krajiny ČR (AOPK ČR). Jeho kompetence jsou zakotveny v § 27 zákona č. 100/2004 Sb. (o obchodování s ohroženými druhy) a v právu Evropského společenství. Tento vědecký orgán shromažďuje odborné informace o chráněných druzích živočichů a rostlin, připravuje podklady pro Evropskou komisi, ve spolupráci s orgány státní správy vyhodnocuje a shromažďuje data týkající se legálního i nelegálního obchodu s ohroženými živočichy a vyjadřuje se k udělování výjimek ze zákazu obchodní činnosti a permitů CITES.“¹¹¹

„Česká republika je díky své strategické poloze uprostřed Evropy a dlouholetou chovatelskou tradicí významnou zemí na poli chovatelství a obchodu se zvířaty. Více než deset tisíc Čechů se věnuje chovu ohrožených druhů živočichů spadajících do kategorie CITES I/A.¹¹² Pro získání výjimky ze zákazu obchodních činností je u některých druhů kromě doložení povinné registrace nutné k žádosti přiložit také tzv. parentitní testy, tedy testy rodičovství – paternity (otcovství) i maternity (mateřství). Tyto testy si lze objednat v kterékoli laboratoři, která je schopna kromě výsledků analýzy přiložit také detailní popis metodiky analýzy, konkrétní typ používaných přístrojů a seznam analyzovaných lokusů

¹¹⁰ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

¹¹¹ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

¹¹² AOPK ČR. *CITES: Informace pro chovatele a obchodníky*. [online]. [cit. 14.01.2022]. Dostupné z: <https://www.ochranaprirody.cz/cites/informace-pro-chovatele-a-obchodniky/>

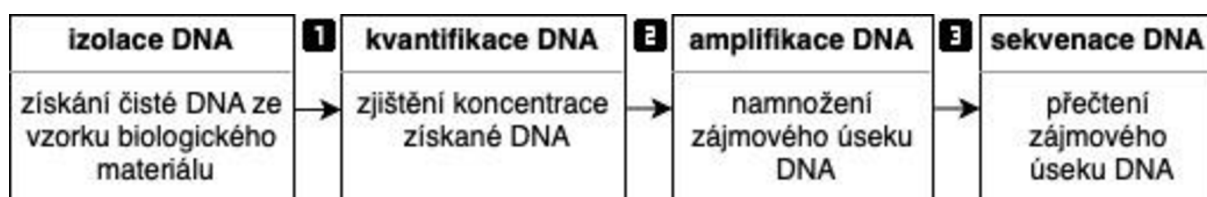
včetně užívaných primerů, případně elektroforetogram (výstup ze sekvenátoru). Odběry vzorků probíhají za přítomnosti zástupce orgánu ochrany přírody (např. pracovníka krajského úřadu nebo vědeckého orgánu CITES pro potvrzení totožnosti testovaného jedince. Testy probíhají na náklady chovatele. Povinné testy DNA se však týkají pouze několika druhů zvířat z důvodu nedostatečné dostupnosti těchto testů v ČR či zcela chybějící metodiky pro takové analýzy pro většinu druhů. Vzhledem k vývoji nehumánních genetických analýz v posledních letech se však nabídka i dostupnost analýz více druhů postupně zlepšuje.“¹¹³

¹¹³ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

3. FORENZNÍ GENETICKÁ ANALÝZA

3.1. Laboratorní zpracování vzorku

Pro účely této práce záměrně nebudu zabíhat do detailů vědeckých principů používaných laboratorních metod. Dovolím si zde ocitovat srozumitelné shrnutí uvedené ve své publikaci s názvem „Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice“. Dílčí procesy analýzy vzorku DNA jsou pro přehlednost shrnuty ve schématu na začátku kapitoly (obr. č. 5).



Obr. č. 5: Schématické zjednodušení základních kroků genetické laboratorní analýzy. Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

„Prvním krokem je vždy izolace DNA, během které jsou rozloženy stěny buňky, čímž se DNA uvolní do roztoku. Následně je DNA promýváním chemickými látkami očištěna od proteinů a nežádoucích látek, které by mohly blokovat následující analýzy. Samotná DNA je následně rozpuštěna ve vodě nebo pufru a používána pro další analýzy. Konkrétní postupy a použité reagenty se upravují podle povahy vstupního vzorku, tedy pracujeme-li s buňkami, vzorkem krve nebo třeba kouskem tkáně.

Druhým krokem bývá zjišťování přesné koncentrace DNA v roztoku, tzv. kvantifikace DNA, protože pro následující reakce je zapotřebí přesného poměru DNA a ostatních reagujících látek.

Následuje zmnožení úseků, které chceme přečíst, tzv. amplifikace (viz obr. č. 7). Naše cílové úseky jsou tolikrát „zkopírovány“, aby při následném čtení byly patrné pouze tyto úseky a zbytek DNA byl jimi přehlušen. Do reakce se vkládají

dva primery („počátky“), což jsou úseky DNA, které se připojí na začátek a konec zájmového úseku a představují jakési zarážky. Mezi těmito zarážkami probíhá intenzivní kopírování ohraničeného úseku DNA pomocí enzymu DNA polymeráza. Jeden z primerů je fluorescenčně značen (je k němu připojena molekula barviva, kterou lze později rozpoznat) kvůli pozdějšímu čtení na sekvenátoru.“^{114 115}

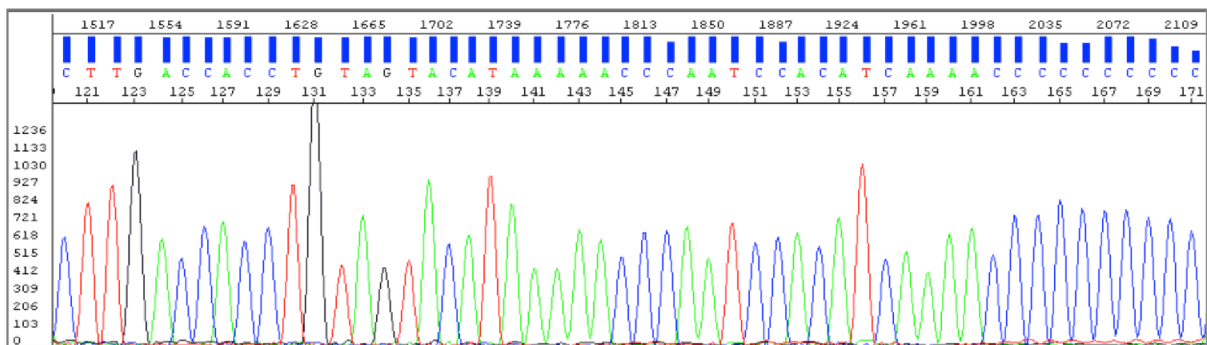
„Poslední laboratorní krok je přečtení namnožených zájmových úseků DNA. K tomu dochází v našem případě dvěma způsoby. Jaderná DNA včetně X, Y chromozomů je analyzována standardně fragmentační analýzou, mtDNA je analyzována sekvenací (pro ilustraci viz obr. č. 6). Obě metody probíhají na sekvenátoru, ale za pozměněných podmínek. Fragmentační analýza zjišťuje délku namnožených úseků – seřadí je podle jejich délky a přečte konkrétní hodnoty na základě vloženého alelického žebříčku, což je srovnávací vzorek známých délek, jakési molekulární pravítko. Následné výpočty (např. že porovnáním délek úseků oproti alelickému žebříčku vidíme, že alela 15 konkrétního markeru představuje 15 opakování svého motivu a bude tedy o dvě opakování delší než alela 13)¹¹⁶ se ale již desetiletí neprovádí manuálně, ale provádí je rychle a bezchybně software. MtDNA je oproti tomu kompletně čtena (sekvenována) v zájmových úsecích. Analýza mtDNA je založena na čtení její přesné podoby a porovnávání každého nukleotidu s nukleotidy referenční sekvence, nikoli na porovnávání délek opakovaných úseků, protože je na rozdíl od jaderné DNA neobsahuje. Zjištěné pořadí nukleotidů se v analytickém softwaru porovnává s referenční sekvencí a zapisují se rozdíly oproti ní, tyto odchylky čili mutace jsou poté určujícími markery pro identifikaci.“¹¹⁷

¹¹⁴ KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

¹¹⁵ NĚMEC, Miroslav a kol. *Teorie a metodologie kriminalistiky pro magisterské studium*. 2018. 1. díl. 1. vydání. Praha: Abook. ISBN 978-80-906974-1-6.

¹¹⁶ Existují také tzv. mikrovarianty, tedy takové alely, které mají neúplný počet opakování. Například hojně se vyskytující mikrovariantní alela 9.3 markeru TH01 obsahuje 9 kompletních opakování a neúplné čtvrté opakování, konkrétně 3 nukleotidy ze čtyř.

¹¹⁷ KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.



Obr. č. 6: Ukázka výstupu ze sekvenátoru, testovaný úsek mtDNA. Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

„Naměřené hodnoty bývají následně statisticky vyhodnoceny. Děje se tak nejčastěji u DNA profilů neúplných, smíšených anebo v rámci vyhodnocování příbuzenských vztahů. V případě, že je například smíšený profil poškozené a neznámé osoby mužského pohlaví porovnán s databází DNA (IS CODIS), která nabídne shodu s konkrétní osobou, provede znalec výpočet pravděpodobnosti této shody, aby podložil své tvrzení. Výjimečným případem jsou jednovaječná dvojčata, která jsou metodami využívanými v běžné kriminalistické praxi nerozlišitelná, neboť jsou v jejich případě stanoveny vzájemně shodné profily DNA.

Patrně nejčastěji používaný statistický výpočet využívá známých frekvencí výskytu jednotlivých zjištěných alel a výsledkem je hodnota LR (z angl. likelihood ratio), věrohodnostní poměr, anebo RMP (z angl. Random Match Probability), pravděpodobnost náhodné shody. LR nabývá hodnot jako je např. $3,14 \times 10^{24}$, kdy znalec konstatuje, že genetická expertiza $3,14 \times 10^{24}$ krát posiluje hypotézu, že stopa č. 2 je směsí biologického materiálu poškozené AB a podezřelého CD oproti hypotéze, že je směsí biologického materiálu dvou jiných náhodně vybraných osob. Tento výrok platí, nebudeme-li do výpočtů započítávat také další faktory ovlivňující tuto pravděpodobnost (jako například, zda se dotyčná osoba v inkriminovanou dobu vyskytovala na místě činu).

Další možností statistického vyhodnocení výsledku genetické analýzy je RMP, které popisuje pravděpodobnost náhodné shody. Pokud RMP nabyde hodnoty např. 9.87×10^{-12} , znamená to, že pouze jedna osoba z deseti bilionů mohla

zanechat svůj biologický materiál na této stopě. Toto tvrzení může být poměrně obtížně uchopitelné. Vzhledem k tomu, že na Zemi nyní žije okolo 7,7 miliard, tedy $7,7 \times 10^9$, tato hodnota počet lidí na Zemi dalece přesahuje. Znamená to, že můžeme s jistotou tvrdit, že se druhý člověk se stejnou genetickou výbavou dosud nenarodil, a tedy se nejedná o náhodnou shodu.

Nicméně i přes kvalitní statistické zpracování naměřených hodnot, pečlivou práci v laboratoři a odbornou analýzu výstupů DNA analýzy je stále nezbytné na veškeré stopy nahlížet s přihlédnutím ke všem relevantním skutečnostem a okolnostem zjištěným v rámci šetření případu.“^{118 119}



Obr. č. 7: Zmnožení zájmového úseku DNA v thermocycleru. Zdroj: Robert Kiss, Kriminologický ústav, 2021.

¹¹⁸ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Vybrané aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2019. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. ISBN 978-80-7251-500-4.

¹¹⁹ KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminologika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

Zjištěné výsledky laboratorní analýzy kriminalistický znalec uvede ve znaleckém posudku či odborném vyjádření v rámci odpovědí na otázky položené dožadujícím orgánem. Tyto otázky sepisuje vyšetřovatel s ohledem na zasílané stopy a vyšetřovanou trestní věc. Jelikož dožadující není znalcem ani přírodovědného vzdělání, může dojít k nechtěné krkolomnosti otázek. Dále v některých případech dožadující policista sloučí otázky směřované na oddělení biologie a oddělení genetiky, jelikož na Odboru kriminalistické techniky a expertíz jsou součástí jednoho společného oddělení, avšak na Kriminalistickém ústavu fungují zvláště v rámci dvou samostatných oddělení. Z tohoto důvodu uvádí KÚ na intranetu vzory otázek pro dožadující (<https://kip.pcr.cz/>), které lze použít s jistotou správnosti.

První otázkou dožadujícího orgánu na odvětví genetiky často bývá, zda jsou zaslané stopy vhodné pro analýzu DNA. Na takovou otázku nelze odpovědět až do provedení samotné analýzy. Neexistuje způsob, jakým by pouhým okem znalec určil, že ze stopy lze získat kompletní nekontaminovaný profil DNA. Ani není bez samotné analýzy možné nějaký předmět apriorně zavrhnout jako nevhodný pro analýzu. Hypoteticky jediný myslitelný apriorně nevhodný vzorek pro genetickou analýzu je vzorek čistých erytrocytů neboli červených krvinek, což jsou jediné lidské buňky, které neobsahují jádro a tedy ani vlastní DNA. Avšak stopa složená čistě z erytrocytů je v běžné kriminalistice velice obtížně představitelná až nereálná.

Oproti výše uvedenému případu je vhodné zamyslet se nad důkazní hodnotou zasílaného předmětu k dozkoumání. Ze stěrů předmětů, u kterých je pravděpodobnost hraničící s jistotou, že se jich dotýkalo mnoho osob, jako například vypínače světel, kliky oken a dveří veřejných prostor nebo například varné konvice ve stavební buňce, které se denně dotýká osm až patnáct dělníků, budou nejspíše získány silně smíšené profily DNA. Smíšené profily DNA více jak tří osob navzdory technickému pokroku dosud nejsou současně dostupnými metodami a prostředky rozlišitelné, takový profil je proto zcela nepoužitelný.

3.2. Současný stav

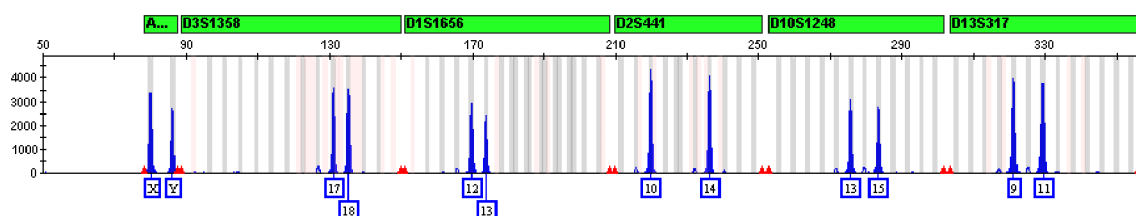
Počátky genetické analýzy v Kriministickém ústavu sahají tři dekády nazpět, kdy byl počátkem devadesátých let vyškolen první genetik KÚP u FBI. Z počátku bylo zapotřebí k analýze větší množství biologického materiálu, analyzovaly se především tzv. silné stopy¹²⁰ jako například krev. Možnosti současné genetiky se rozšířily i na tzv. slabé stopy obsahující kupříkladu i méně než 0,05 nanogramu nepoškozené a nekontaminované DNA, což odpovídá pro představu cca 4 – 8 buňkám, ze kterých lze za optimálních podmínek získat kompletní profil DNA potenciálně sloužící k individuální identifikaci osoby. Ve skutečnosti se však genetici na Kriministickém ústavu častěji setkávají se stopami smíšené DNA více osob a DNA poškozené a různými způsoby znečištěné, protože tato DNA nebývá setřena u dutiny ústní kvalifikovaným odborníkem na čistý odběrový tampon, ale bývá získána ze stop z místa činu. Na biologický materiál na stopách působí až do okamžiku jejich zajištění OČTŘ povětrnostní podmínky a činnost osob, které je mohou úmyslně či neúmyslně kontaminovat či ničit, analýza takových stop a DNA profilů z nich získaných je časově i odborně náročnější než analýza tzv. jednoduchých profilů DNA (tedy profilů DNA čistě jedné osoby).

Rizikem velmi poškozené DNA či vzorku o limitně nízké koncentraci DNA, tedy máme-li z nějakého důvodu k dispozici pro analýzu velmi malé množství nepoškozené templátové DNA (tedy „vzorové“ – čisté DNA z našeho vzorku použitelné k namnožení – amplifikaci a následné analýze), je stochastický efekt. Stochastickým efektem rozumíme situaci, kdy nerovnoměrné zastoupení alel ve vzorku o krajně nízké koncentraci po namnožení vede k výpadku některých alel, nebo jejich nižšímu zastoupení a nekonzistentním profilům DNA při více amplifikacích ze stejného vzorku. (Pozn.: ukázka úplného a rovnoměrného zastoupení alel v příkladově vyváženém profilu DNA odpovídající s největší pravděpodobností jedné osobě mužského pohlaví je např. na obrázku č. 8 níže.)

¹²⁰ Jako silné stopy se ve forenzní genetice označují stopy obsahující větší množství DNA, typicky se jedná o krev či sperma. Oproti tom slabými stopami rozumíme stopy s řádově menším množstvím DNA, jako např. dotekové stopy obsahující pouze určité množství například kožních epitelálních buněk.

Zvýšení počtu opakování při amplifikaci DNA nad standardní počet cyklů, které se na první pohled nabízí jako řešení nízkého množství templátové DNA, může tento jev ještě výrazně prohloubit a negativně tak ovlivnit reprodukcibilitu analýzy a možnosti interpretace výsledků.

Z tohoto důvodu je záležitost kvantity DNA ve vzorku a tedy i použitelného vstupního množství DNA do reakcí palčivou otázkou forezních genetiků po celém světě. Jelikož množství biologického materiálu na stopě zajištěné z místa činu apriorně nelze ovlivnit (nepočítáme-li negativní ovlivnění množství či kvality materiálu nesprávným zajišťováním, manipulací a skladováním ¹²¹), vynakládají vědci velké úsilí při vývoji citlivějších přístrojů, technologií a metod, které by jim umožnily úspěšně a spolehlivě analyzovat co nejnižší množství DNA.



Obr. č. 8: Ukázka výstupu ze sekvenátoru, část profilu autosomální DNA osoby mužského pohlaví, tzv. STR markery. (Zdroj: Barbora Křenková, 2021)

Základem současné forezně genetické analýzy v Kriminalistickém ústavu, je analýza krátkých opakujících se úseků, tzv. tandemových repetit (z angl. STR – short tandem repeats), viz obr. č. 8. Využití analýzy STR pro porovnávání profilů DNA ze stop nalezených na místě činu s referenčními profily DNA známých osob je v dnešní kriminalistice celosvětově považováno za zlatý standard. Identifikace osob na základě DNA během přibližně poslední čtvrtiny století prošla dynamickým vývojem, který umožnil její zrychlení, zvýšil její efektivitu a v zásadě také dostupnost.

Forezní DNA analýza je ze své podstaty komparativní metoda. Je zapotřebí vzorku osoby známé totožnosti k porovnání se vzorky neznámého původu nalezenými na místě kriminalisticky relevantní události, aby bylo možné na základě jejich zkoumání činit závěry. Samotnému genetickému zkoumání tedy

¹²¹ viz KŘENEK, Petr a Barbora KŘENKOVÁ. Rizika při zajišťování, manipulaci a skladování kriminalistických stop v rámci Policie ČR. 2021. Kriminalistika. roč. 54, č. 3, s. 201-218.

musí nutně předcházet práce kriminalistů, kteří pomocí kriminalisticko-taktických metod a prostředků zajistí indicie vedoucí k natipování osoby nebo osob, jejichž profily DNA je vhodné porovnat s profily DNA získanými ze stop nalezenými na místě činu.

Nejsou-li k dispozici informace vedoucí k podezřelé osobě, nebo pokud taková osoba uniká dosahu policejních orgánů, lze vzorky z místa činu odzkoumat samotné a jejich DNA profily porovnat s policejní databází DNA. Vedení databáze DNA profilů podezřelých a odsouzených osob zvyšuje šanci na nalezení ztotožňující osoby (Santos, F., a kol., 2013).¹²² Účinnost databáze narůstá s jejím rozsahem. Ivor J. (2002) uvádí, že pro výrazné zvýšení objasňovací je potřeba nejméně okolo čtrnácti tisíc profilů DNA osob a sedmi tisíc profilů DNA stanovených z kriminalistických stop.¹²³ V České republice je veden od roku 2002 informační systém CODIS (z angl. Combined DNA Index System – kombinovaný indexový systém DNA), který je součástí systémů databáze DNA. Databázový systém CODIS obsahuje mimo jiné profily DNA stanovené analýzou stop z dosud neobjasněných trestných činů, dále obsahuje profily DNA osob obviněných ze spáchání trestného činu, odsouzených pro spáchání zvláště závažných trestných činů nebo proti kterým bylo pro tyto trestné činy zahájeno trestní stíhání, DNA profily neznámých mrtvol či neztotožněných kosterních nálezů a zbytků lidských těl a také profily DNA zúčastněných pracovníků za účelem eliminace. V IS CODIS se k závěru roku 2021 nachází přes pět set sedmdesát tisíc profilů DNA stop a osob. Systémy databáze DNA využívají a provozují Kriminalistický ústav a odbory kriminalistické techniky a expertiz krajských ředitelství policie, provozovatelem systémů databáze DNA na centrální úrovni je Kriminalistický ústav.¹²⁴

Porovnávání profilů DNA v systému CODIS upravené pokynem policejního prezidenta č.275/2016, o identifikačních úkonech, umožňuje policejnímu orgánu získat informace propojující nalezené stopy a věci s konkrétními osobami.¹²⁵

¹²² SANTOS Filipe, Helena MACHADO a Susana SILVA. *Forensic DNA databases in European countries: is size linked to performance?* 2013. Life Sciences, Society and Policy. roč. 9, č. 1. DOI: 10.1186/2195-7819-9-12.

¹²³ IVOR, Jaroslav. *Zákon o analýze a databáze DNA na Slovensku*. Kriminalistika. 2002. roč. 35, č. 3, s. 216–218.

¹²⁴ Pokyn ředitele Kriminalistického ústavu č. 51/2017, *kterým se stanoví pravidla provozování systémů databáze DNA (provozní řád systémů databáze DNA)*.

¹²⁵ Pokyn policejního prezidenta č. 275/2016, *o identifikačních úkonech*.

Účinnost systému databází DNA se neustále zvyšuje s její narůstající kapacitou a především pak díky mezinárodní výměně DNA profilů prostřednictvím Interpolu, na základě zprostředkovaného porovnávání cestou odboru mezinárodní policejní spolupráce (dále OMPS) nebo na základě automatizované výměny mezi spolupracujícími státy EU dle Průmské úmluvy.

V případě, že ani touto cestou nelze získat ztotožňující informace k nalezeným stopám, lze u obzvláště závažných případů přistoupit k plošnému screeningu osob z natipovaného regionu, obyvatel konkrétní ubytovny nebo například zaměstnanců podniku, kde se udál projednávaný čin. Takovéto odběry vzorku DNA, zpravidla bukláním stěrem, probíhají na základě dobrovolné spolupráce. Není tedy jisté, že se skutečný pachatel k odběru dostaví, avšak takový krok by na něj mohl právě přitáhnout pozornost vyšetřovatelů. Dále se může stát, že se ve screeningu vyskytne přímý příbuzný hledaného pachatele, jehož vzorek bude vykazovat vysokou shodu, ale nikoli shodu totožnou, načež vyšetřovatelé budou vědět, ve kterém okruhu osob mají ve vyšetřování pokračovat.

Standardním analyzovaným souborem markerů jsou v případě plošných screeningů i běžných případů sady autosomálních¹²⁶ STR, které umožňují individuální identifikaci osob (viz obr. č. 9). Ve specifických případech je však možné také testovat jiná místa na DNA, je-li to pro objasnění případu příhodné.

Analýza chromozomu Y, který se vyskytuje pouze ve vzorcích osob mužského pohlaví, je výhodná v následujících případech.

- Sexuálně motivovaná trestná činnost – zde jsou typické směsné vzorky poškozené ženy a neznámého útočníka. Analýzou čistě chromozomu Y lze získat profil nezatížený ženskou složkou směsi.
- Příbuzenské analýzy – ať již při ztotožňování zesnulých osob nebo například v situaci, kdy policie získá vzorek mužského příbuzného pachatele, ale nikoli v té chvíli pachatele osobně.

Zde je na místě upozornit, že profil DNA pocházející z chromozomu Y, tzv. Y-STR haplotyp, nemá hodnotu individuální identifikace, ale identifikace

¹²⁶ Pojmeme autosomální DNA se v genetice rozumí DNA pocházející z chromozomů, které nejsou pohlavními chromozomy (chr. X a Y) – tedy z párů chromozomů označovaných čísly 1-22.

skupinové – je identický pro více jedinců mužského pohlaví společného mužského předka. Analýzu Y haplotypu lze využít jako vylučovací metodu nebo jako doplňkovou informaci, která je později upřesněna například analýzou autosomální DNA, kterou již můžeme dosáhnout individuální identifikace.

Kriminalistické laboratoře pro účely objasňování dále provádějí analýzu mitochondriální DNA (dále mtDNA). Zatímco doposud byla řeč výhradně o DNA získané z jádra buněk, mtDNA se od ní značně liší. Mitochondrie jsou orgány nacházející se mimo jádro buněk, jejich DNA se liší svojí sekundární strukturou a počtem kopií na buňku. Zatímco jedna lidská buňka obsahuje jedno jádro, mitochondrií se v ní nachází stovky, v některých případech i více jak tisíc. Z toho pramení jedna z hlavních výhod analýzy mtDNA, a to její úspěšnost u vysoce degradovaných či starých vzorků, kde jaderná DNA je již poškozená a nečitelná, ale některé z mitochondrií zůstaly dosud zachovány v analyzovatelné kvalitě. Analýza mtDNA se tedy často užívá na:

- Staré či poškozené vzorky (např. mrtvoly ve vysokém stádiu rozkladu či ohořelá těla), kde již běžná analýza autosomální DNA selhává.
- Vzorky neobsahující žádnou jadernou DNA (např. vlasy bez kořínků)
- Příbuzenskou analýzu – jelikož je mtDNA předávána z matky na veškeré její potomstvo.

Zde je opět na místě upozornit, že analýza mtDNA není ztotožňující, poskytuje pouze skupinovou identifikaci, ne individuální. Analýzu mtDNA je možno využít jako vylučovací metodu či doplňkovou indicii pro operativně pátrací činnost, avšak s přihlédnutím ke všem okolnostem a skutečností zjištěným v rámci šetření.

individuální identifikace	umožňuje nezaměnitelné ztotožnění jedince
	získá se porovnáním DNA profilu ze stopy s DNA profilem téže osoby získaným ze srovnávacího vzorku (např. bukálního stěru)
	získáme ji analýzou jaderné DNA
skupinová či druhová identifikace	umožňuje zařazení jedince do skupiny osob (např. podle společného předka) nebo zařazení zvířete k určitému druhu
	nemá váhu individuální identifikace, avšak je vhodná pro vyloučení shody srovnávaného profilu
	získáme ji analýzou DNA chromozomu Y, X nebo mitochondriální DNA

Obr. č. 9: Schéma základních rozdílů mezi individuální a skupinovou identifikací ve forenzní genetice. Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

Rozsáhlými populačními studiemi vedenými po celém světě byly získány informace propojující osoby stejného biogeografického původu. Zevrubnou datovou analýzou byly vyprofilovány skupiny lidí pocházející ze stejného předka před mnoha generacemi a sdílející stejné místo původu na úrovni dávných předků. Tyto skupiny se projevují stejnými nebo velmi podobnými hodnotami konkrétních markerů, podle nichž je lze geneticky určit. Na základě analýzy Y haplotypů lze zařadit muže do haploskupiny chromozomu Y. Y-haploskupina přináší možnost určení, zda dva na první pohled nepříbuzní muži, sdílí společného předka v nepříliš daleké minulosti (v rámci několika generací), neboť DNA chromozomu Y se předává beze změn z otce na syny podobně jako příjmení. Tato vzdálená příbuznost poukazuje na pravděpodobný společný geografický původ nebo pravděpodobnou dávnou příslušnost k některé etnické skupině jako jsou např. Baskové nebo Židé.^{127, 128}

¹²⁷ LEVY-COFFMAN, Ellen. *A mosaic of people: the Jewish Story and a Reassessment of the DNA Evidence*. 2005. *Journal of Genetic Genealogy*. č. 1, s. 12-33.

¹²⁸ ROSSER, Zoë H. a kol. *Y-Chromosomal Diversity in Europe Is Clinal and Influenced Primarily by Geography, Rather than by Language*. 2000. *American Journal of Human Genetics*. roč. 67, č. 6. s. 1526-1543. DOI:10.1086/316890.

Haploskupiny mtDNA vykazují jistou dosud méně prozkoumanou společnou biogeografickou příslušnost u osob se společnými markery mtDNA a tedy společným ženským předkem. Nicméně v odborné literatuře již byla zevrubně popsána spojitost společné mtDNA a příslušnosti k určité etnické skupině jako jsou Židé nebo Romové.^{129, 130 a 131} Okrajově se v odborné literatuře píše také o souvislosti mtDNA haploskupin s genetickými předpoklady k rozvinutí některých chorob nebo například dlouhověkostí, avšak zdravotní dispozice na této úrovni nevykazují zásadně přínosný potenciálu v kriminalistice. Krom toho takové informace nesou značnou zátěž otázky nakládání s osobními údaji, proto se forenzní genetici znakům souvisejícím se zdravotními vlastnostmi celosvětově apriorně vyhýbají.

Biogeografický původ opět není informace ani blížící se individuální identifikaci, ani si to neklade za cíl. Avšak jsou případy, kdy i operativně pátrací informace tímto směrem může napomoci vyšetřovatelům nasměrovat se rychleji k hledané osobě. Nelze očekávat genetické rozlišení blízkých národů, jako jsou například Češi a Poláci nebo Němci, ale na úrovni kontinentu – např. Češi a Vietnamci již geografická příslušnost na základě analýzy DNA pracuje poměrně spolehlivě. V případě vyšetřování závažného trestného činu například uvnitř uzavřené komunity cizinců z jiného kontinentu může i tato analýza napovědět, zda hledaná osoba pochází z této komunity nebo je třeba hledat zcela jinde.¹³²

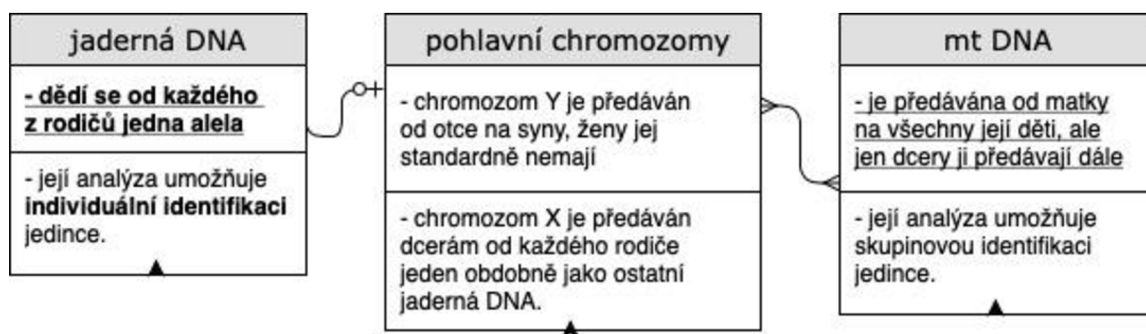
Pro přehlednost si dovoluji zde přiložit zjednodušené shrnutí standardně používaných typů analýz DNA v kriminalistice – obr. č. 10.

¹²⁹ BEHAR, Doron M. a kol. *MtDNA evidence for a genetic bottleneck in the early history of the Ashkenazi Jewish population*. 2004. *European Journal of Human Genetics*. roč. 12, č. 5, s. 355-364. DOI: 10.1038/sj.ejhg.5201156.

¹³⁰ COSTA, Marta D. a kol. *A substantial prehistoric European ancestry amongst Ashkenazi maternal lineages*. 2013. *Nature Communications*. roč. 4: 2543. DOI: 10.1038/ncomms3543.

¹³¹ SALIHOVIĆ, Marijana Peričić a kol. *The role of the Vlax Roma in shaping the European Romani maternal genetic history*. 2011. *American Journal of Physical Anthropology*. roč. 146, č. 2, s. 262-270. DOI: 10.1002/ajpa.21566.

¹³² KŘENKOVÁ, Barbora., *Pošlete mi z genetiky „fotku“ podezřelého*. 2021. *Vesmír*. roč. 100, s. 502-505.



Obr. č. 10: Základní přehled objektů forenzně genetické analýzy. Převzato z: KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

3.3. Informační systémy používané v rámci PČR

V této podkapitole budou shrnuty informační systémy užívané při práci policie v souvislosti s genetickým zkoumáním. Souhrnně bývají někdy označeny jako Národní databáze DNA. Spadají sem systémy databáze DNA a dále také informační systém FODAGEN. Provozování těchto systémů je upraveno pokynem policejního prezidenta č. 275/2016 a v pokynu ředitele Kriminalistického ústavu č. 51/2017.

Informační systém FODAGEN je spravován Úřadem služby kriminální policie a vyšetřování (dále ÚSKPV). FODAGEN obsahuje osobní údaje zájmových a mezinárodně zájmových osob, k nimž policie zpracovává, jak již název napovídá, kriminalistické fotografie (sem spadá také dobře známá tzv. „trojdílka“, tedy trojdílná fotografie osoby – zepředu a z obou profilů), daktyloskopické otisky, genetika, tedy profil DNA osoby, a popis osoby. Zájmovou osobou PPP č. 275/2016 rozumíme osobu:

- prověřovanou v souvislosti s úmyslným trestným činem,
- obviněnou,
- podezřelou,
- odsouzenou,
- osobu, které bylo uloženo ochranné léčení,
- osobu s omezenou svéprávností,
- neznámé totožnosti,

- biologicky příbuznou s osobou v pátrání,
- mrtvolu neznámé totožnosti,
- osobu se zneužitou identitou.

Systémy databáze DNA se rozumí informační systémy INFO DNA, CODIS (zkratka anglického Combined DNA Index System, tedy kombinovaný systém indexu DNA) a SHODA. INFO DNA slouží k uchovávání informací o laboratorním zpracování biologického materiálu, z něhož byl stanoven profil DNA. Jedná se o popis vzorku, administrativní údaje (čísla jednacích dožadujícího i zpracujícího útvaru apod.), datum přijetí, datum zpracování, přesné postupy a použité chemikálie v každém kroku zpracování, jména veškerých osob, které se vzorkem v jednotlivých krocích manipulovaly, a výsledek analýzy. Systém CODIS je určen k porovnávání a uchovávání profilů DNA zájmových osob, mezinárodně zájmových osob, zúčastněných pracovníků a profilů DNA získaných z biologických stop, které nebyly ztotožněny. Informační systém SHODA umožňuje propojení identifikátorů profilů DNA uložených v IS CODIS, které jsou shodné.

K úloze systémů databáze DNA uvádí Křenková (2020) v Kriminologickém sborníku: „Po roce 2000 [...] Následovalo školení prvních expertů v odvětví genetika pro odbory kriminalistické techniky a expertiz a instalace informačního systému CODIS (Combined DNA Index System), který je součástí systémů databáze DNA profilů. Existence databáze značně zvyšuje pravděpodobnost nalezení ztotožňující osoby (původce) dosud neztotožněné stopy. Kupříkladu za pomoci prohledání a porovnání genetických profilů IS CODIS databáze DNA se orgánům činným v trestním řízení podařilo po sedmnácti letech objasnit vraždu ženy z roku 1996. Databáze ukázala policistům shodu profilu DNA ze stopy z místa činu s profilem DNA osoby. Tou osobou byl recidivista, který si tou dobou odpykával ve vězení trest za vraždu vlastní babičky.¹³³ Význam zařazování profilů DNA pachatelů do databáze i v případech méně závažné trestné činnosti se naplno projevil při vyšetřování znásilnění a vraždy devítileté Aničky Janatkové v roce 2011. Na stopu podezřelého tehdy přivedla vyšetřovatele shoda profilu

¹³³ ROČEK, František. *Odsouzený vrah jde před soud za další vraždu*. 2011. Ústecký deník. [online]. [cit. 17.02.2020]. Dostupné z: https://ustecky.denik.cz/zlociny-a-soudy/20110405_odsouzeny_vrah_dalsi_vrazda_kutner.html.

DNA stopy sejmuté z batohu dívky s profilem DNA Otakara T., jehož profil DNA byl v databázi pro drobnou majetkovou trestnou činnost. Obviněný se ve vazební věznici oběsil.¹³⁴ “ 135

3.4. Statistické výpočty

Výsledky forenzní genetické analýzy bývají podloženy statistickým vyjádřením pravděpodobnosti výsledku v rámci určité populace. Populací zde rozumíme osoby pocházející ze stejné geografické oblasti či uzavřeně žijící komunity. V rámci každé populace se genetické markery (resp. jejich alely) vyskytují ve specifických frekvencích. Tyto alelické frekvence byly zjištěny vědeckým výzkumem a nyní jsou zohledňovány při statistických výpočtech. V rámci statistických výpočtů u genetické analýzy kriminalistických stop v KÚ je tedy standardně zohledňovány alelické frekvence české či evropské populace.

Statistické výpočty přináší v kriminalistické genetice například tyto možnosti:¹³⁶

- Vyjádření pravděpodobnosti příbuzenských vztahů (např. mezi bratřenci/sestřenicemi, strýc/teta – neteř/synovec, prarodiče a vnuci).
- Odhad biogeografického původu testované osoby – zde nelze očekávat výsledek v podobě konkrétního státu, jedná se o širší oblasti. Více v kapitole o biogeografickém původu.
- Stanovení pravděpodobnosti shody profilu DNA získaného z kriminalistické stopy s profilem DNA osoby známé totožnosti.

¹³⁴ KOUKAL, Josef a Petr NOVÝ. *Muž obviněný z vraždy Aničky zemřel, jeho stíhání končí*. Novinky.cz [online]. 2011-03-23, rev. 2011-03-23 [cit. 13.04.2022] Dostupné z: <http://www.novinky.cz/krimi/228572-muz-obvineny-z-vrazdy-anicky-zemrel-jeho-stihani-konci.html>.

¹³⁵ KŘENKOVÁ, Barbora. *Co nabízí současná genetika na Kriminalistickém ústavu*. 2020. Kriminalistický sborník. Praha: Kriminalistický ústav Praha Policie ČR, č. 5, s. 69-72.

¹³⁶ KŘENKOVÁ, Barbora. *Co nabízí současná genetika na Kriminalistickém ústavu*. 2020. Kriminalistický sborník. Praha: Kriminalistický ústav Praha Policie ČR, č. 5, s. 69-72.

Konkrétní podobu statistických výpočtů, se kterými se lze standardně setkat ve znaleckém posudku nebo odborném vyjádření znalce na poli kriminalistické genetiky, přibližuje Křenková (2021) následně:

„Naměřené hodnoty bývají následně podrobeny statistickému vyhodnocení. Děje se tak nejčastěji u DNA profilů neúplných, smíšených anebo v rámci vyhodnocování příbuzenských vztahů. V případě, že je například smíšený profil poškozené a neznámé osoby mužského pohlaví porovnán s databází DNA (IS CODIS), která nabídne shodu s konkrétní osobou, provede znalec výpočet pravděpodobnosti této shody, aby podložil své tvrzení. Výjimečným případem jsou jednovaječná dvojčata, která jsou metodami využívanými v běžné kriminalistické praxi nerozlišitelná, neboť jsou v jejich případě stanoveny vzájemně shodné profily DNA.¹³⁷

Patrně nejčastěji používaný statistický výpočet využívá známých frekvencí výskytu jednotlivých zjištěných alel a výsledkem je hodnota LR (z angl. likelihood ratio), věrohodnostní poměr, anebo RMP (z angl. Random Match Probability), pravděpodobnost náhodné shody.

LR nabývá hodnot jako je např. $3,14 \times 10^{24}$, načež znalec konstatuje, že genetická expertiza $3,14 \times 10^{24}$ krát posiluje hypotézu, že stopa č. 2 je směsí biologického materiálu poškozené AB a podezřelého CD oproti hypotéze, že je směsí biologického materiálu dvou jiných náhodně vybraných osob, nebudeme-li do výpočtů započítávat také další faktory ovlivňující tuto pravděpodobnost (jako například, zda se dotyčná osoba v inkriminovanou dobu vyskytovala na místě činu).

Další možností statistického vyhodnocení výsledku genetické analýzy je RMP, které popisuje pravděpodobnost náhodné shody. Pokud RMP nabyde hodnoty např. $9,87 \times 10^{-12}$, znamená to, že pouze jedna osoba z deseti bilionů mohla zanechat svůj biologický materiál na této stopě. Toto tvrzení může být poměrně obtížně uchopitelné. Vzhledem k tomu, že na Zemi nyní žije okolo 7,7 miliard, tedy $7,7 \times 10^9$, tato hodnota počet lidí na Zemi dalece přesahuje. Znamená

¹³⁷ Rozlišení jednovaječných dvojčat slibují nové molekulárně biologické metody, např. epigenetická metoda methylace DNA. Již nyní je ale lze spolehlivě rozlišit starší osvědčenou metodou, daktyloskopicky, protože papilární linie na prstech se vyvíjí i u jednovaječných dvojčat individuálně.

to, že můžeme s jistotou tvrdit, že se druhý člověk se stejnou genetickou výbavou dosud nenarodil, a tedy se nejedná o náhodnou shodu.¹³⁸

Nicméně i přes kvalitní statistické zpracování naměřených hodnot, pečlivou práci v laboratoři a odbornou analýzu výstupů DNA analýzy je stále nezbytné na veškeré stopy nahlížet s přihlédnutím ke všem relevantním skutečnostem a okolnostem zjištěným v rámci šetření případu.¹³⁹ “¹⁴⁰

3.5. Nové metody ve forenzní genetice

Pokrok se ve vědě neustále ubírá kupředu zrychlujícím tempem a vědci neustále nachází nové a nové cesty k získávání informací z biologického materiálu. V této kapitole budou rozebrány nové metody ve forenzní genetice testované anebo již i využívané u nás i v zahraničí relevantní k práci kriminalistů v rámci objasňování trestné činnosti.

3.5.1. Určování věku osob ze vzorku DNA

Výzkum na zjištění věku osob ze vzorku jejich DNA probíhá již desetiletí, avšak v posledních letech již můžeme hovořit o velmi uspokojivém rozmezí výsledných hodnot a jejich spolehlivosti. Nejvíce se osvědčila metoda technologicky odlišná od klasického zjišťování DNA profilu, který známe z individuální identifikace osob nebo určování otcovství. V tomto případě se nejedná o čtení sekvence vytipovaných úseků dvoušroubovice DNA, ale o testování míry metylace¹⁴¹ této molekuly. Metylace je reversibilní neboli vratné

¹³⁸ Stanovení hranice individuální identifikace pro RMP 10⁻¹⁰ je uvedeno v pokynu ředitele Kriminalistického ústavu č. 51/2017 (*provozní řád systémů databáze DNA*).

¹³⁹ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Vybrané aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2019. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. ISBN 978-80-7251-500-4.

¹⁴⁰ KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

¹⁴¹ Metylací DNA se rozumí její modifikace připojením –CH₃ (metylové) skupiny na nukleové báze molekuly. Metylová skupina se v tomto případě napojuje na cytosin následovaný guaninem, čímž dochází k reverzibilní a dědičné změně molekuly DNA.

připojování funkční skupiny na molekulu DNA, která zásadně mění její vlastnosti ve smyslu „zapínání“ a „vypínání“ projevu určitých genů.

Míra metylace DNA nám vypovídá o věku osoby, ale je ovlivněná i jejím životním stylem.¹⁴² Z tohoto důvodu vychází výsledné hodnoty uživatelů drog¹⁴³ a vrcholových sportovců^{144,145} zkreslené, protože odráží vyšší míru opotřebování organismu než by těmto jedincům přinesl běžný životní styl. Jisté nepřesnosti se pozorují také u malých dětí a starších seniorů, což příliš nebrání využití metody v kriminalistice, neboť z těchto dvou skupin populace se nerekrutuje nejčetnější množina osob páchajících trestnou činností.^{146, 147}

Výsledkem testování metylace DNA je tedy biologický věk člověka, který odráží jeho životní styl, zdravotní stav či obecně míru opotřebování organismu, a může se tedy více či méně lišit od věku chronologického. Věk chronologický, neboli kalendářní, vychází striktně z data narození. Odchylka biologického věku člověka od jeho chronologického věku se může v průběhu života měnit v závislosti na životním stylu. Biologický věk člověka je často viditelný v tom smyslu, že dotyčný vypadá mladší nebo starší. Pakliže tedy popíše svědek osobu na místě činu jako osobu odpovídající věku okolo 35 let, může tomu věku také přibližně odpovídat analýza metylace DNA z biologického materiálu, který dotyčný na místě činu zanechal, ačkoli věk kalendářní se bude mírně lišit.

V současné době se testování věku osob ze vzorku DNA technologicky ustálilo na využití pyrosekvenátoru či NGS, které se nachází také v přístrojovém repertoáru Kriminalistického ústavu. Metoda jako taková dosahuje přesnosti s odchylkou přibližně 3 – 5 let v závislosti na druhu biologického

¹⁴² ALEGRÍA-TORRES, Jorge Alejandro, Andrea BACCARELLI a Valentina BOLLATI. *Epigenetics and lifestyle. Epigenomics*. 2011. roč. 3, s. 267-77. DOI:10.2217/epi.11.22.

¹⁴³ DESPLATS, Paula a kol. *Epigenetic Alterations in the Brain Associated with HIV-1 Infection and Methamphetamine Dependence*. 2014. PloS one. roč. 9 (7). e102555. DOI:10.1371/journal.pone.0102555.

¹⁴⁴ VOISIN, Sarah a kol. *Exercise training and DNA methylation in humans*. 2014. Acta Physiologica. roč. 213 (1), s. 39-59. DOI:10.1111/apha.12414.

¹⁴⁵ SPÓLNICKA, Magdalena a kol. *Modified aging of elite athletes revealed by analysis of epigenetic age markers*. 2018. Aging. roč. 10 (2), s. 241-252. DOI:10.18632/aging.101385.

¹⁴⁶ CICCARONE, Fabio a kol. *DNA methylation dynamics in aging: how far are we from understanding the mechanisms?* 2018. Mech Ageing Dev. roč. 174, s. 3-17. DOI:10.1016/j.mad.2017.12.002.

¹⁴⁷ VIDAĞI, Athina, a Manfred KAYSER. *From forensic epigenetics to forensic epigenomics: Broadening DNA investigative intelligence*. 2017. Genome Biology. roč. 18 (1), s. 238. DOI:10.1186/s13059-017-1373-1.

materiálu. Jsou sice relativně četné případy, kdy se poštěstí i odchylka méně než dva roky, ale pro forenzní využití u stop nelze tyto šťastné případy brát jako samozřejmost a rozhodovat na základě nich při vyšetřování. Na druhou stranu lze očekávat přesnost s odchylkou pod 2 roky v případech čerstvých vzorků odebraných v kontrolovaných podmínkách živým osobám.^{148, 149 a 150}

3.5.2. Fenotypy neboli vizuální charakteristiky osob

Fenotypem nazýváme soubor vizuálních znaků či charakteristik osob, které společně vykreslují vzhled osoby. Každý takový znak, který dokáží vědci určit ze vzorku DNA ze stopy na místě činu, může být cenným přínosem pro orgány činné v trestním řízení (dále OČTŘ) zejména při vyšetřování případů, kde se vyskytne příliš široký okruh podezřelých, či v případech důkazní nouze. V současné době se nejčastěji využívají analýzy pigmentace vlasů, kůže a očí. Dále se již testuje řada dalších znaků, jako je výška osoby, její BMI (body mass index vypovídající o hmotnosti osoby v poměru k výšce), obličejové znaky či tvar vlasové linie.¹⁵¹

K tomuto druhu analýz se používá nový druh sekvenátoru, tzv. sekvenátor nové generace, zde konkrétně MiSeq FGx, kterým od roku 2015 disponuje jako jediná z institucí v České republice právě Kriminologický ústav. Technologie jeho využití je celosvětově známější pod pojmy NGS, next generation sequencing („sekvenování příští generace), nebo MPS, massive parallel sequencing („masivně paralelní sekvenování“). Již v roce 2017 jsem měla příležitost účastnit se osobně prvních testů zjišťování viditelných znaků osob ze vzorků DNA, avšak

¹⁴⁸ CICCARONE, Fabio a kol. *DNA methylation dynamics in aging: how far are we from understanding the mechanisms?* 2018. *Mech Ageing Dev.* roč. 174, s. 3-17. DOI:10.1016/j.mad.2017.12.002.

¹⁴⁹ FREIRE-ARADAS Ana, Christopher P. PHILLIPS a Maria V. LAREU. *Forensic Individual Age Estimation with DNA: From Initial Approaches to Methylation Tests.* 2017. *Forensic Science Review*, roč. 29 (29, s. 141-144. PMID: 28691915.

¹⁵⁰ GOEL, Neelam, Priya KARIR a Vivek Kumar GARG. *Role of DNA methylation in human age prediction.* 2017. *Mechanisms of Ageing and Development*, roč. 166, s. 33-41. DOI: 10.1016/j.mad.2017.08.012.

¹⁵¹ KAYSER, M. *Forensic DNA Phenotyping: Predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes.* 2015. *Forensic Sci Int Genet.* roč. 18, s. 33-48. doi: 10.1016/j.fsigen.2015.02.003.

výsledky těchto testů dosud nebyly uveřejněny. Ukázka tohoto typu analýzy je uvedena ve výzkumné části této práce (viz kapitola 6. Výzkum).

Pro zjišťování vizuálních znaků osob se v současné době používá klasická sekvenace změn v molekule DNA, při čemž oproti standardní STR analýze používané v kriminalistice pro individuální identifikaci, kde se sledují změny v počtu opakování krátkých repetitivních motivů na molekule DNA, se používají kratší markery, tzv. jednonukleotidové polymorfismy, zažité pod zkratkou SNP (z angl. single nucleotide polymorphism). U SNP markerů, jak název napovídá, se sledují pouze změny v jednom nukleotidu. To vědcům umožňuje analyzovat i významně kratší úseky DNA, což je výhodné u fragmentované DNA („naštípané“ na kousky) či jinak poškozené DNA, se kterou se forezní genetici u kriminalistických stop často setkávají.

3.5.3. Forezní analýza DNA zvířecího a rostlinného původu

Na rozdíl od lidské genetiky potřebuje genetik pro analýzu DNA zvířat ovládat také odlišné vlastnosti zvířecího genomu, ke každému z testovaných druhů zvlášť. K samotné analýze přibývají také komplikovanější okolnosti, než jaké mohou nastat u analýzy DNA člověka.

U vzácných druhů může být výzvou opatření vzorků od dostatečného počtu jedinců pro potřebné statistické vyhodnocení četnosti alel v populaci, v případě nejvzácnějších druhů takový počet exemplářů již ani nežije.

V určitých případech méně vzácných druhů zvířat, zejména těch domestikovaných, je při statistickém vyhodnocování genetické analýzy nezbytné započítat předchozí generace křížení příbuzných jedinců.

V případě zvířecího biologického materiálu je nutné počítat se specifiky biologického materiálu vzorku. Kromě tělesných tekutin, výměšků a kostí či zubů lze použít pro analýzu různé kožní deriváty (drápy, rohy, chlupy, peří, svlečky plazů a obojživelníků) s ohledem na jejich specifické vlastnosti – obsahy pigmentů blokujících některé chemické reakce a podobně. Výše zmíněné druhy materiálu

obsahují DNA v různé koncentraci a mají jinou míru odolnosti vůči degradaci za různých povětrnostních, fyzikálních a chemických podmínek v čase.

Zvláštním druhem vzorku jsou vzorky exemplářů v muzeích a zoologických sbírkách. Jejich předností je zpravidla odborné určení jedince a vzorná dokumentace způsobu, data a místa získání vzorku. Nevýhodou potom jsou použité konzervační látky pro dlouhodobé uchování nebo obecně způsob skladování, který může vyhovovat muzejním podmínkám, ale není již ideální pro genetickou analýzu. Typickým příkladem je všeobecně rozšířená fixace muzejních a zoologických vzorků pomocí roztoků formaldehydu – „formalín“ více či méně známého složení. Tento způsob účinně zachovává přirozený tvar materiálu, navíc je nenáročný, levný a dostupný. Vzorky takto ošetřené však ztvrdnou a jejich použitelnost pro analýzu DNA značně klesne, navíc je formaldehyd pro člověka karcinogenní. Z hlediska pozdější analýzy DNA je vhodnější fixace vzorku za pomoci ethanolu nebo dlouhodobé hluboké mražení, což jsou nákladnější metody. Další cestou je vytvoření suchého preparátu, který nevyžaduje drahý provoz mrazáků, lze skladovat za pokojové teploty a je použitelný i pro pozdější analýzy.¹⁵²

Další častou konzervační metodou používanou pro uchování vzorků rozšířenou zejména v odborných institucích, muzeích a univerzitách, je zalévání formalínem nafixované tkáně do parafínových bločků – tzv. FFPE bločky.¹⁵³ Tyto vzorky jsou odvodněny ethanolem a chráněny parafínem před přístupem vzduchu a vlhkosti, jsou tedy velmi dobře chráněny proti degradaci po dobu více jak deseti let. Tento způsob konzervace vzorků je typický pro histologické preparáty vzorků tkání v nemocnicích, ale rozšířil se i pro jiné aplikace a vzorky zvířecí materiál. Existuje proto značné množství potenciálně cenných vzorků tímto způsobem uchovaných, ale jejich genetická analýza nebývá vždy úspěšná navzdory dostupnosti komerčních testovacích kitů, které úspěšnou izolaci DNA a následnou analýzu z těchto vzorků slibují. Vliv na to má, samozřejmě krom známých

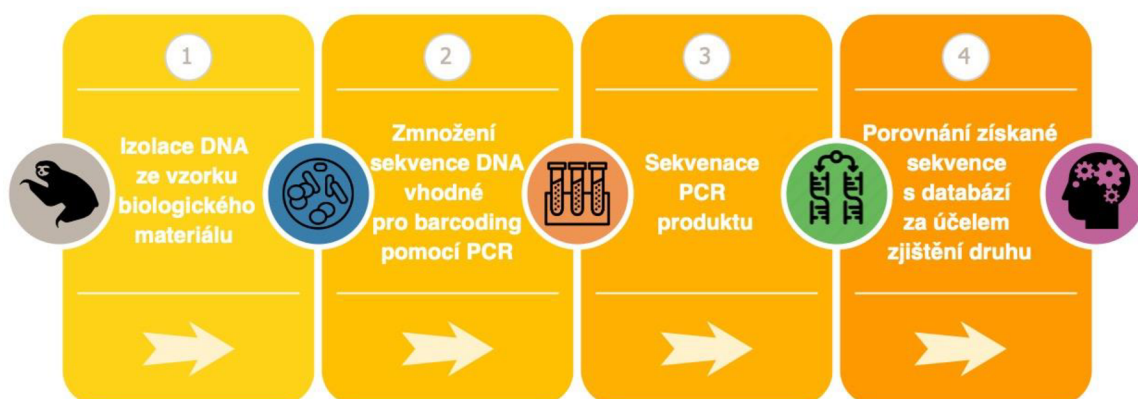
¹⁵² AGHOVÁ, Tatiana a kol. *Metodika správy a evidence tkáňové zoologické sbírky a determinace zoologického sbírkového materiálu na základě analýzy DNA (Methods for storing and archiving zoological tissue collections, and identification based on DNA barcoding)*. 2019. Praha: Národní muzeum. 111 s. ISBN 8070366257.

¹⁵³ FFPE – Formalin Fixed Paraffin Embedded, v čes. překl. „fixované formalínem, zalité parafínem“

použitých chemikálií, také značné stáří vzorků a nejisté postupy, kterými se vzorek fixoval v dobách, kdy se s budoucí genetickou analýzou dosud nemohlo počítat.

Samotná izolace DNA ze zvířecího materiálu probíhá analogicky k obvyklé izolaci DNA z lidské tkáně s určitými specifickými mezikroky. Těmi je nejčastěji odstraňování látek ve vzorku přirozeně přítomných, které by mohly rušit plánované chemické reakce, tzv. inhibitory PCR. Typickým inhibitorem je melanin, pigment přítomný v lidských vlasech a chlupcích a také v srsti zvířat. Po izolaci DNA zpravidla probíhá kvantifikace DNA, tedy zjištění množství získané DNA ve vzorku. I tento krok probíhá analogicky ke kvantifikaci lidské DNA, obdobnými metodami, postupy i přístrojovým vybavením. Následuje potom samotné zjišťování informací ze vzorku samotné DNA.

Základním a nejčastějším typem forenzní genetické analýzy je určení druhové příslušnosti. Momentálně nejpoužívanější metodou k tomuto je DNA barcoding.



Obr. č. 11: Jednoduché schéma určování biologického druhu metodou DNA barcoding. Autor: SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

DNA barcoding (viz obr. č. 11) vychází z teorie, že každý jedinec napříč existujícími druhy obsahuje jedinečný krátký úsek, který jej spojuje s ostatními jedinci stejného druhu a zároveň jej odlišuje od jedinců jiných druhů. Metodu blíže popisují v kapitole monografie J. Suchánka *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí* (2021): „Metoda barcodingu byla pojmenovaná po

čárových kódech, v angličtině „bar codes“. Čárový kód EAN obsahuje 13 číslic o variantách 0-9, což dává 10^{13} možných kombinací. Analogicky genetický kód, DNA, disponuje čtyřmi písmeny, A, C, T, G, avšak na výrazně delší sekvenci, čímž dostáváme počet unikátních kombinací dalece přesahující předpokládaný počet biologických druhů této planety. Adeptem na univerzálně vhodnou sekvenci by mohla být sekvence mtDNA genu pro podjednotku 1 cytochromoxidázy c, označovaná jako COI. COI se osvědčila jako „diagnostický biomarker“ pro identifikaci vzorků v širokém taxonomickém měřítku, zejména u zvířat a dále například u některých druhů řas, ale ne tolik u rostlin. Dalším dobrým adeptem by byl gen pro cytochrom b (taktéž na mtDNA), avšak ani on není vždy dobře aplikovatelný u rostlin. U rostlin, jejichž mtDNA je většinou nedostatečně variabilní pro tento typ analýzy, se s úspěchem používají geny typicky rostlinné organely, chloroplastu, a to například *matK* a *rbcL*, a u hub s nevyhovujícím či chybějícím chloroplastovým genomem jaderný ITS.^{154, 155, 156}

Získané barcodové sekvence se ve speciálním software kontrolují a tzv. editují, tedy upravují (odstranění šumu a oprava počítačově nesprávně či neúplně čtených úseků) do podoby, ve které je lze odeslat k porovnání s jinými sekvencemi známého původu, optimálně s co nejrozsáhlejší databází sekvencí DNA různých biologických druhů. Mezi nejznámější a nejrozsáhlejší databáze patří americká NCBI (National Center for Biotechnology and Information) obsahující GenBank, „banku“ DNA sekvencí, nebo evropská databáze EMBL (European Molecular Biology Laboratory), které je možné prohledat a porovnat například pomocí nástroje BLAST (The Basic Local Alignment Search Tool) nebo programů FASTA (fast alignment, název je užíván pro nástroj i formát souborů), oba jsou veřejně

¹⁵⁴ Geny pro *matK* (gen pro chloroplast mutázu K), *rbcL* (ribulose-1,5-bisphosphate carboxylázu/oxygenázu neboli Rubisco), ITS (Internal Transcribed Spacer, česky „mezerníková oblast“).

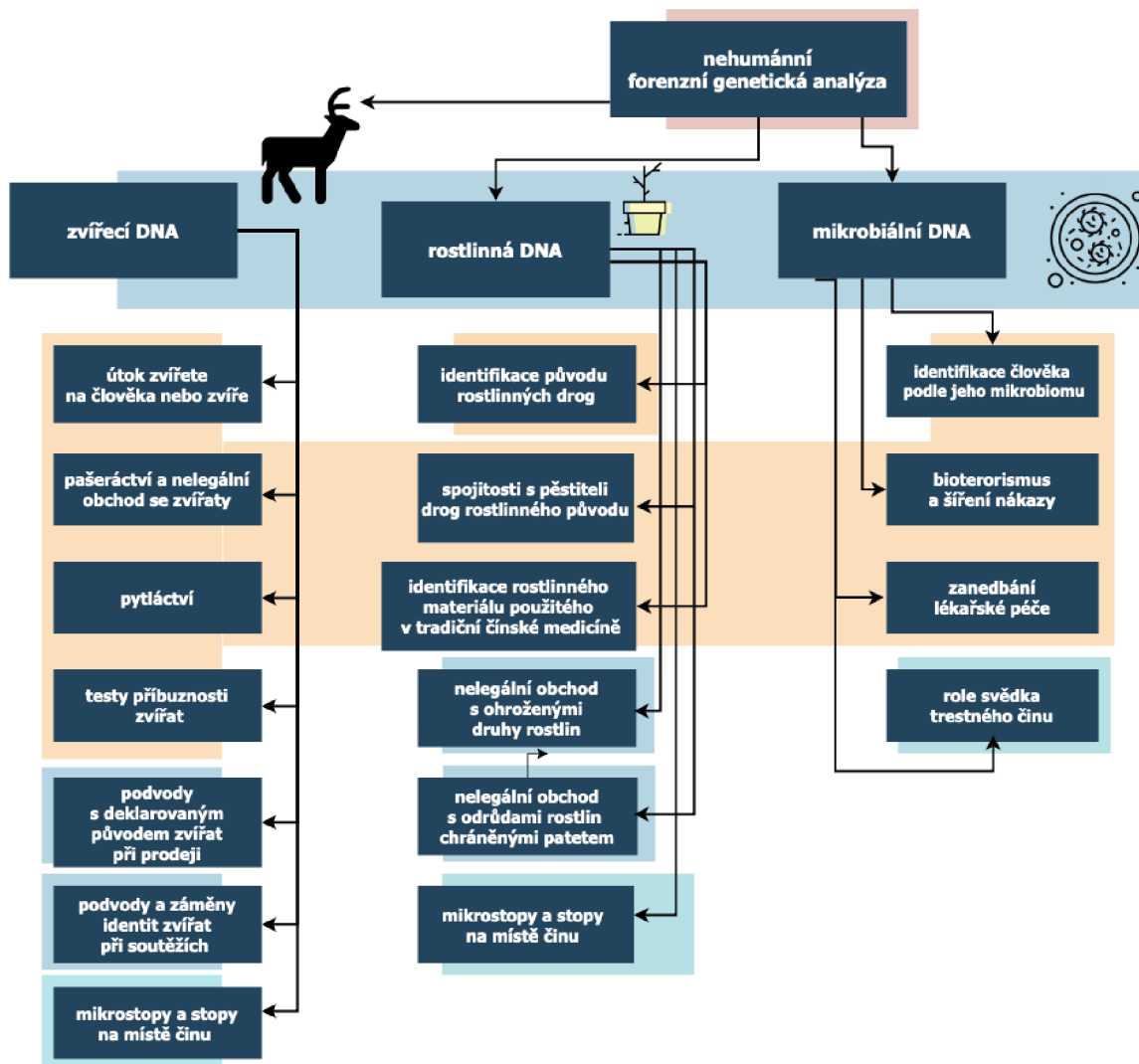
¹⁵⁵ SAUNDERS, W. Gary. *Applying DNA barcoding to red macroalgae: a preliminary appraisal holds promise for future applications*. 2005. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, roč. 360(1462), s. 1879–1888. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1719>.

¹⁵⁶ SARVANANDA, Letchuman. *Short introduction of DNA barcoding*. 2018. International Journal of Research. roč. 5, s. 673-686. s-ISSN 2348-6848.

bezplatně dostupné. Nicméně databází i softwarových nástrojů je podstatně širší nabídka, záleží na konkrétním požadavku.“¹⁵⁷

Krom druhového určení se forenzní genetici zabývají i u zvířat individuální identifikací. Individuální identifikace je úhelným kamenem kriminalistické genetické analýzy za účelem soudního dokazování. V současné době se za účelem ztotožnění jedince používá i u zvířat analýza krátkých tandemových repetit, tzv. STR, obdobně jako u lidského materiálu. U značné části druhů zvířat již byly objeveny vhodné lokusy (místa na molekule DNA) k tomuto testování. Zároveň odborníci pracují na vybudování databáze frekvencí alel pro statistické vyhodnocení výsledků genetické analýzy pro co největší množství druhů. U řady druhů savců, zejména domestikovaných zvířat, a zvířat často se vyskytujících ve volné přírodě, byly již tyto databáze publikovány. Zdaleka se to však netýká všech nebo většiny druhů. Problematickým případem pro genetickou analýzu zvířat je pak analýza hybridů, tedy kříženců různých druhů.

¹⁵⁷ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.



Obr. č. 12: Nejvýznamnější aplikace nehumánní genetické analýzy. Autor: Křenková, B., Převzato z: SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

Obrázek č. 12 názorně shrnuje nejvýznamnější aplikace nehumánní genetické analýzy. Vzhledem k oblibě chovu zvířecích mazlíčků v domácnostech se zvířata často dostávají do role němeého svědka trestného činu a až díky analýze DNA například z jejich srsti zachycené na oblečení lidí dojde k objasnění způsobu spáchání skutku. Samostatnou kapitolou jsou trestné činy páchané na zvířatech, jako je například pašeráctví, pytláctví či týrání, anebo vyšetřování skutků spáchaných samotnými zvířaty jako je útok zvířete na člověka (typicky psa či

skotu) nebo útok zvířete na jiné zvíře. U rostlin převládá tematika rostlinných drog a nezákonné nakládání s chráněnými rostlinami, typicky jejich pašování nebo výroba produktů tzv. čínské medicíny. Okrajově potom se jedná o analýzy rostlinných jedů. Dosud minoritním tématem, které však celosvětově získává stále větší prostor ve výzkumu, je téma analýzy DNA mikrobiálního původu, ať již z hlediska možnosti individuální identifikace lidského jedince pomocí jeho mikrobiomu, nebo jiná mikrobiální témata jako například bioterorismus.¹⁵⁸

Z košatosti schématu je jasně patrné, že informací relevantních pro objasňování a vyšetřování trestné činnosti, které lze získat analýzou DNA zvířat, rostlin nebo mikrobů je značné množství, protože o přínosech výzkumu těchto témat není pochyb a lze rozhodně očekávat další výzkum a publikační činnost směřované na témata nonhumánní analýzy DNA.

¹⁵⁸ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

4. PŘÍNOSY A ÚSKALÍ NOVÝCH GENETICKÝCH METOD V KRIMINALISTICE – BIOLOGICKÝ SVĚDEK

V této kapitole nastíním přínosy a úskalí využívání výše zmíněných nových genetických metod v kriminalistice. Zmíněny budou i mediálně známé problematiky jako například možnost oklamání OČTŘ pomocí syntetické DNA.

Zcela zásadní je problematika interpretace výsledků, jak je vykládat a jakou těmto informacím přiřadit váhu. V neposlední řadě je nutné vytyčit limity genetické analýzy, ať již té standardní, která dnes u PČR probíhá, tak potenciálních budoucích metod, které jsou momentálně ve výzkumné fázi.

Genetické určení vizuálních charakteristik osob ve spojení s již zavedenou metodou určování biogeografického původu osob na základě analýzy její DNA (tedy původu osoby podle biologických předků bez ohledu na to, v jakém státě se tato osoba nakonec narodila a kde má občanství) a analýzou věku osoby ze vzorku DNA mohou dohromady poskytnout OČTŘ velmi komplexní nástroj usnadňující operativně pátrací činnost v závažných případech vyšetřování trestné činnosti¹⁵⁹ či umožňující znovuotevření a vyřešení některých již odložených případů.

V neposlední řadě je potřeba k těmto informacím přistupovat střízlivě a s přihlédnutím ke všem okolnostem a skutečnostem zjištěným v rámci vyšetřování. Ani jedna z výše jmenovaných metod nemá váhu individuální identifikace. Pro tuto míru jistoty je potřeba vzorek ještě dotestovat oproti srovnávacímu vzorku podezřelé osoby. Celkově je potřeba mít na paměti, že stopa DNA nemusí být přímý důkaz. Je možné ji použít jako metodu vylučovací nebo doplňkovou, ale v žádném případě by neměla genetika nahradit prověřené kriminalistickotaktické metody a prostředky a vyšetřovatelskou praxi.

¹⁵⁹ BUDKA, Ivan, a kol. *Vybrané problémy operativně pátrací činnosti*. 2010. s. 13-25. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie ČR v Praze.

4.1. Interpretace

Otázka interpretace výsledků genetické analýzy je obšírná už v té pozici, jak širokého spektra osob se týká. V první řadě je to záležitost znalců, kteří vyhodnocují výstupy ze sekvenátoru a formulují hodnocení analýzy do závěru posudku či odborného vyjádření. Již zde může vstoupit do analýzy lidský faktor. Tento fakt je pokryt „kontrolou čtyř očí“, tedy kontrolou výstupu dalším znalcem, dále pak kontrolou výstupů v rámci instituce a příslušným managementem kvality instituce (standardní operační postupy a kontrolní mechanismy). Následně si odborné vyjádření či posudek čte vyšetřovatel, který si jej vyžádal. Vyšetřovatel posudku musí porozumět a správně naložit s informacemi v něm uvedenými. Zde opět je jistý potenciální prostor pro různou interpretaci. To se snaží podchytit odborná školení příslušných pracovníků i velice četné průběžné individuální konzultace mezi jednotlivými znalci a vyšetřovateli či operativci nad konkrétními případy.¹⁶⁰

Vrcholem celého procesu je obhajoba posudku znalcem před soudem. Zde může docházet k vysvětlování, a tedy interpretaci, závěrů analýzy znalcem. Komunikace u soudního jednání probíhá jak s předsedou soudu či státním zástupcem, kteří znalcův posudek četli a nějak jej pochopili, ale také s advokáty obhajoby i obžaloby, kteří rovněž měli posudek k nahlédnutí u spisu a budou se jej snažit nějak interpretovat. Pro lepší pochopení komplexních výstupů genetické analýzy probíhají pravidelná školení pro soudce a státní zástupce, stejně tak právní zástupci se v tomto individuálně vzdělávají. Situaci mohou zkomplikovat soukromí genetici, kteří se v médiích hlasitě vyjadřují a umí široké (i odborné) veřejnosti podsunout různé tendenční názory či pochyby. Je na místě, aby znalec takové legendy vysvětlil a uvedl na pravou míru, pokud na ně při soudním jednání narazí, či je-li k tomu vyzván.

Identifikační genetika je populární kriminalistickou metodou se širokým využitím. Výsledky analýzy DNA z biologického materiálu nalezeného na kriminalistické stopě mohou poukázat na svého zůstavitele a dát tím orgánům

¹⁶⁰ BUDKA, Ivan, a kol. *Vybrané problémy operativně Pátrací činnosti*. 2010. s. 13-25. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie ČR v Praze.

činným v trestním řízení do rukou vodítka ke konkrétní osobě. Stále však je nezbytné mít na paměti, zda se jedná o důkaz přímý či nepřímý, a vyhnout se snaze jakoukoli osobu odsoudit výhradně na základě genetického posudku na stopy z případu. Existuje celá řada okolností a jevů, které je nutné zvážit při hodnocení takového důkazu. V následujících podkapitolách se pokusím ty nejvýraznější jevy ve vztahu k tématu vyjmenovat.

4.2. Sekundární přenos

Patrně nejčastěji zmiňovaným jevem souvisejícím s úskalím interpretace genetického důkazu, je sekundární přenos DNA či biologického materiálu. Sekundární přenos se točí kolem otázky, zda se mohl biologický materiál osoby dostat na místo, kde byl kriminalisty nalezen a zajištěn, jiným způsobem než v souvislosti s projednávanou událostí. U soudních líčení není tato otázka ze strany obhajoby žádnou vzácností.

Nejcitlivější diskuse pak vzniká nad dotekovými stopami. Každý člověk, který uchopí do holé ruky nějaký předmět, na něm zanechá s určitou pravděpodobností otisk prstů a dlaně a také svoji DNA pocházející převážně z epitelálních buněk. Ještě před přibližně dvaceti lety bylo toto množství DNA zpravidla považováno za podlimitní pro izolaci dostatečného množství DNA pro získání kompletního profilu DNA osoby. Technika však pokročila a dnes již genetici z těchto dotekových stop rutinně získávají profily DNA vhodné k porovnávání s ostatními profily DNA z případu či s profily DNA osob uloženými v databázi. Situace s analýzou DNA dotekových stop však není zdaleka jednoduchá.

Dotekové stopy různých osob nabývají různých kvalit i kvantit. Zatímco někteří lidé zanechávají stejným dotekem hojné a intenzivní stopy DNA, jiní nemusí na stejném povrchu zanechat stopu DNA téměř žádnou. „Troušení“ DNA se i v rámci jedné osoby může různit. Dotykem vlastní ruky je možné přenést kromě své DNA i DNA patřící jiné osobě, například po podání ruky. Obecně platí, že DNA předávajícího se v profilu DNA projeví v jasné majoritě (většině), ale nemusí tomu tak být ve sto procentech případů.

Na stanovení profilu DNA z předmětu, jehož se osoba dotkla, má značný vliv, kolik tato osoba sama DNA uvolňuje, a jestli se na jejích rukou nachází i DNA jiné osoby, která uvolňuje DNA ještě mnohem více. Ve vzácných, ale vícenásobně reportovaných případech, může DNA osoby, která je „slabým trousičem“ být v minoritě smíšeného profilu jeho vlastní dotekové stopy.¹⁶¹

Vliv na sekundární přenos čili transfer DNA má mnoho faktorů, které nelze všechny předem zcela předjímat či odhadnout. Jedná se o druh přenášeného biologického materiálu, fyzikální podmínky přenosu (např. vlhkost povrchů), povrch předmětu, který je dotýkán, délka a četnost doteku, jedinečné vlastnosti a návyky osoby (individuální uvolňování epitelů, pocení a individuální struktura pokožky, mytí rukou po podání ruky s dalšími osobami a personální návyky jako frekvence dotýkání se obličeje či vlasů).

Je potřeba mít na paměti, že sekundární transfer DNA může probíhat mezi osobami i předměty v různých kombinacích. Zde je několik příkladů ilustrujících možnosti sekundárního transferu DNA:

- Z osoby A na předmět, ze kterého je DNA přenesena na osobu B – pokud osoba A používá nějaké nářadí s rýhovanou rukojetí, pravděpodobně se na strukturovanou rukojeť nástroje dostane hojné množství její DNA. Vezme-li tento nástroj následně do ruky osoba B, dostane se na její ruku množství DNA osoby A, které bezprostřední stěr prokáže. To může vést k mylným závěrům, že tyto osoby byly recentně v kontaktu, ačkoli se nemusely nikdy potkat.
- Z osoby A na osobu B a na předmět – osoba A si podá ruku s osobou B. Osoba B poté uchopí do ruky zbraň a zanechá na ní DNA osoby A. V době pandemie Covid-19 zvyk třesení rukou mezi lidmi ustává, ale stále kolem sebe lidé šíří DNA svých intimních partnerů, která jim zůstává na obličeji, na rukou i za nehty, a to někdy i po zběžném umytí rukou.
- Z osoby na předmět A, a z něj poté na předmět B – předmětem A může být například kapesník nebo ručník, do kterého se osoba utře, čímž zde

¹⁶¹ GORAY, Mariya a kol. *Shedder status-An analysis of self and non-self DNA in multiple handprints deposited by the same individuals over time*. 2016. *Forensic Science International: Genetics*. roč. 23, s. 190-196. DOI: 10.1016/j.fsigen.2016.05.005.

zanechá hojné množství své DNA. Pokud poté do tohoto kapesníku či ručníku někdo zabalí nějaký předmět, obtiskne se na něj pravděpodobně detekovatelné množství DNA osoby, která s předmětem osobně nemusela být nikdy v kontaktu.

- Z rukou osoby A na osobu B a případně na osobu C – pokud osoba A uvolňuje DNA ve značném množství a osoba B naopak „trousí“ minimálně, po podání rukou bude ruka osoby B obalena DNA osoby A. Tu poté může přenést dotykem i na osobu C. Dosáhnout takového přenosu pouze podáváním rukou je možnost doložená laboratorními experimenty, kterou může být obtížné si představit v reálném životě. V reálném životě však dochází k analogickému přenosu DNA na ruku pachatele v případech sériové trestné činnosti. Například pachatel, který napadne během jedné noci více obětí, bude na svých obětech zanechávat krom vlastní DNA také DNA předchozích obětí. Není to jisté u dotekových stop, ale pokud má pachatel na ruce tělesné tekutiny (sliny, krev, vaginální sekret, sperma), je přenos velmi pravděpodobný. Pokud by orgány činné v trestním řízení nebraly v potaz možnost takového transferu biologického materiálu, může potom během vyšetřování vyvstávat otázka, zda oběť č. 1 nebyla fyzicky přítomna u napadení oběti č. 2 a v jakém postavení tam případně vystupovala.

V roce 2016 byla opublikována studie C. M. Cale a kol., ve které si pokusné osoby potřásly rukami a vzápětí uchopily do ruky nůž. Z toho byl proveden stěr a izolace DNA. U 85% vzorků, 17 z 20 testovaných nožů, byla nalezena sekundárně přenesená DNA. V pěti případech byl sekundární přispěvatel, tedy osoba, která tento nůž v ruce nikdy neměla, na noži nalezen v majoritě anebo výhradně bez příměsí DNA osoby, jež nůž skutečně držela v ruce. Tuto informaci však nelze interpretovat tak, že 25% profilů DNA z věcných stop pochází od nezúčastněné osoby. Pravděpodobnost náhodně vybraného nepříbuzného jedince z populace, která je zdrojem profilu DNA, je přibližně 1 z 983 kvintilionů. (pozn. kvintilion odpovídá hodnotě 10^{30})¹⁶² Studie C. M. Cale byla odbornou veřejností kritizovaná

¹⁶² CALE, Cynthia M. a kol. *Could Secondary DNA Transfer Falsely Place Someone at the Scene of a Crime?* 2016. *Journal of Forensic Sciences*. roč. 61, č. 1. DOI: 10.1111/1556-4029.12894.

jako příliš nahrávající scénáři sekundárního transferu nevhodně nastavenými podmínkami experimentů (např. přehnaná délka potřesení rukami).^{163 a 164}

O rok později byla publikována studie zpřesňující tento typ experimentů z nereálně dlouhých podáváníí rukou, jež uváděly předchozí studie (1-2 minuty), na 10 sekund, a místo používání laboratorně čistých nožů použila nože, které dobrovolníci používali po dobu jedné hodiny, jednoho dne či jednoho týdne. Výsledky této studie poukázaly na širší škálu možností mezi osobami i v rámci té samé pokusné osoby. Jeden z účastníků studie se projevil jako silný „trousič“ a jeho DNA se razantně šířila v hojném množství napříč experimenty, zato jiní účastníci sotva zanechali stopu. Detekce stop DNA, zejména sekundárně přenesené, ze stěru nože klesala s časem uplynulým od posledního použití. DNA sekundárního přispěvatele (tedy osoby, která s nožem osobně nemanipulovala) byla detekována u méně než 5% profilů. Výjimku tvořila osoba, která v průběhu celé série experimentů zanechávala na nástrojích stopy DNA svého intimního partnera, a to ve čtvrtině profilů DNA z nožů, které vzala do ruky, a víc jak desetinu profilů v rámci pokusů podáváníí rukou a následného bodání nožem.¹⁶⁵

Novější studie, např. Gosch a Courts (2019) a Tanzhaus a kol. (2021) k sekundárnímu případně terciálnímu transferu DNA přistupují značně strážlivěji, popisující ji na základě rozsáhlých experimentů jako jednoznačně vzácnou událost, nikoli běžný jev.^{166 a 167}

V minulosti již byla dokumentována řada případů, kdy sekundární přenos DNA hrál významnou roli během vyšetřování. K mezinárodně nejznámějším patří případy Lukise Andersona z roku 2012 a Amandy Knox z roku 2007.

¹⁶³ KOKSHOORN, B., a kol. *Commentary: Cale CM, Earll ME, Latham KE, Bush GL. Could Secondary DNA Transfer Falsely Place Someone at the Scene of a Crime?* 2016. *Journal of Forensic Sciences*. roč. 61, č. 1, s. 196–203. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13165>.

¹⁶⁴ GORAY, Mariya, a kol. *Commentary: Cale CM, Earll ME, Latham KE, Bush GL. Could Secondary DNA Transfer Falsely Place Someone at the Scene of a Crime?* 2016. *Journal of Forensic Sciences*. roč. 61, č. 1, s. 196–203. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13156>.

¹⁶⁵ MEAKIN, Georgina E. a kol. *Trace DNA evidence dynamics: An investigation into the deposition and persistence of directly- and indirectly-transferred DNA on regularly-used knives*. 2017. *Forensic Science International. Genetics*. roč. 29. DOI: 10.1016/j.fsigen.2017.03.016.

¹⁶⁶ GOSCH, A., a C. COURTS. *On DNA transfer: The lack and difficulty of systematic research and how to do it better*. 2019. *Forensic Sci Int Genet*. roč. 40, s. 24-36. doi: 10.1016/j.fsigen.2019.01.012.

¹⁶⁷ TANZHAUS, K., M.T. REIß a T. ZASPEL. *"I've never been at the crime scene!" - gloves as carriers for secondary DNA transfer*. 2021. *Int J Legal Med*. roč. 135(4), s. 1385-1393. doi: 10.1007/s00414-021-02597-w.

V roce 2012 zemřel při loupeži milionář v San Jose v Kalifornii. Lukis Anderson byl obviněn z vraždy. Policie našla jeho DNA za nehty milionáře. Byl tu ale jen jeden problém: v době spáchání činu byl Anderson v bezvědomí v nemocnici. Později se vyšetřovatelé dozvěděli, co způsobilo chybu. Záchranáři, kteří Andersona převáželi do nemocnice, byli ti samí, kteří se poté snažili zachránit život milionáře. Záchranáři nějakým způsobem (například pokud si nevyměnili rukavice mezi pacienty, použitím stejných nástrojů bez důkladného očištění mezi pacienty, nebo třeba otěrem oděvu) omylem přenesli Andersonovu DNA na nehty milionáře.

Případ Amandy Knox je složitější. Americká studentka byla spolu se svým přítelem a dalším mužem obviněna ze znásilnění a vraždy své tehdejší spolubydlící. Vražedným nástrojem byl pravděpodobně kuchyňský či jiný nůž. Skutek se odehrál v roce 2007 v Itálii a od začátku byl uchopen poněkud nešťastně. Nebudeme zde zabíhat do komplikovaného líčení rozporuplných výpovědí a četných chyb na straně policie a justice. Hlavní důkazy, které mohly být použity k osvětlení situace, byly kontaminovány buď již na místě při ohledání a zajišťování (na místě se pohybovalo množství osob bez ochranných prostředků a technici si neměnili rukavice mezi jednotlivými důkazy) nebo později v laboratoři, kde byly hromadně zpracovávány. Jeden z hlavních důkazů byl nalezen na místě více jak měsíc po prvním ohledání, mohl tedy být mezitím manipulován. Jisté je, že založit obžalobu na samotné přítomnosti stop DNA (nikoli například krve, ale velmi slabého množství DNA) v případě podezřelé osoby, která je zároveň domácí osobou, a jejím intimním partnerem, je předem odsouzené k zániku. Plejádou chyb při vyšetřování byly důkazy z místa znehodnoceny, protože byla Amanda s jejím přítelem později propuštěna na svobodu a očištěna.¹⁶⁸

Cílem diskuze nad sekundárním přenosem DNA není smést ze stolu jakýkoli důkaz založený na DNA, jak doufají a zkouší někteří obhájci, ale poukázat na potřebu správné interpretace u dotykových stop. Je-li zajištěn na místě činu stěr biologického materiálu, který po laboratorní analýze a komparaci s profily DNA vytipovaných osob či databází poukáže na shodu profilů DNA s konkrétní osobou, není to automaticky odůvodnění k rozsudku nad touto osobou bez dalších důkazů

¹⁶⁸ DRÁBEK, Jiří. *Omyly při soudním procesu*. 2017. Bulletin-advokacie.cz. [online]. [cit. 26.05.2021]. Dostupné z: <http://www.bulletin-advokacie.cz/omyly-pri-procesu-s-amandou-knoxovou-a-raffaellem-sollecito-obvinenymi-z-vrazdy-meredith-kercherove>.

spojujících osobu s projednávanou událostí. Vždy je potřebné zvážit povahu stopy, druh biologického materiálu a vědět s jistotou, že se DNA této osoby dostala na místo činu v souvislosti s projednávanou kriminalisticky relevantní událostí. Není-li tato jistota a chybí-li další důkazy a okolnosti svědčící proti této osobě, nelze ji s jistotou označovat za pachatele. Na druhou stranu, jedním dotekem holou rukou ještě nemusí osoba nezbytně zanechat na povrchu předmětu stopu svojí DNA. I s touto skutečností je nutné počítat při vyhodnocování DNA stop nalezených či nenalezených na místě činu. Tato dosud zřídka zmiňovaná zjištění nesnižují výpovědní hodnotu genetických a biologických stop, pouze dokreslují nutnost posuzovat tyto stopy s přihlédnutím ke všem skutečnostem a okolnostem případu.

4.3. Otázka syntetické DNA a falešné genetické stopy

V médiích lze občas zachytit alarmující zprávu o možnosti výroby syntetické DNA umožňující takřka dokonalý zločin pomocí falešné genetické stopy. Studenti na vysoké škole se na určitých přednáškách mohou doslechnout přesný návod na vytvoření falešné biologické stopy požadovaného typu (doteková stopa, krevní stopa, stopa slin). Když pomineme amorálnost takového typu výuky, shrňme si k tomu nějaká fakta.

- Současné laboratorní metody skutečně umožňují výrobu úseků umělé DNA o takřka libovolném složení a délce. K vzorku stačí přidat erytrocyty (pro pozitivní průkaz krve), amylázu (pro pozitivní průkaz slin) a podobně.
- Takový způsob výroby falešné stopy vyžaduje přístup k laboratornímu vybavení, chemikáliím a vzdělání v oboru, anebo potřebné finance a spolupracujícího genetika pochybné morálky. Dále nutně potřebujete znát profil DNA cílové osoby, abyste věděli, jakou sekvenci nasyntetizovat. V případě použití vlastní DNA cílové osoby pro výrobu falešné stopy zase potřebujete přístup k této osobě nebo jejím předmětům. V neposlední řadě je na místě znát přesně používané metody a kity, které použije zkoumající znalec. U uměle vyrobené DNA

však stačí, aby znalec použil jednu analýzu, kterou výrobce neočekával, a přijde na podvrh, protože vzorek nebude obsahovat cílové znaky. I při perfektní práci podplaceného genetika a získání poměrně nákladného falešného vzorku je na pováženou, nakolik se taková riskantní (a poměrně nákladná) akce vyplatí, když s jedním nepřímým důkazem získáme řadu potenciálně nebezpečných svědků a velké riziko vydírání nebo odhalení činu do budoucna.

Další zmiňovaná „finta“ použití DNA jednovaječného dvojčete má ze své podstaty zjevné limity. Ať již omezený počet lidí majících jednovaječné dvojče, tak nutnost alespoň nevědomé spolupráce takového dvojčete a v neposlední řadě samotný fakt, že OČTŘ budou jinak nakládat s genetickým důkazem u podezřelého, který má jednovaječné dvojče.

V médiích lze občas zaznamenat zmínku o genetickém chimérismu. Jedná se o stav, kdy se v jednom těle nachází buňky pocházející od dvou (ještě vzácněji i více než dvou) různých jedinců. V důsledku lze tedy například z vlasů a z tkáně nebo z krve téže osoby získat analýzou DNA jiný profil, jako by se jednalo o vzorky pocházející od dvou osob. Tento jev může vzniknout více způsoby. V děloze může dojít ke splynutí dvou embryí (častěji dvojčat, ale nemusí tomu tak nezbytně být, hypoteticky mohou mít i obě embrya jiné otce), poté se narodí jeden jedinec obsahující i buňky svého nenarozeného sourozence. Dalším známým a poměrně dobře popsáným jevem je chimérismus jako následek krevní transfúze či transplantace. Dalším možným zdrojem chimérismu je infekční rakovina.¹⁶⁹ Do jisté míry lze pozorovat chimérismus také v důsledku propojených krevních oběhů matky a dítěte v těhotenství. Jedná se o tzv. mikrochimérismus, který může či nemusí přetrvávat i v delším časovém odstupu od těhotenství. Týká se i matek po předčasně ukončených těhotenstvích. Navzdory tomu, jak bývá otázka chimérismu někdy predestinována v médiích, je tato problematika dobře známá a genetici s touto možností, zejména u osob, které v minulosti podstoupili transfúzi nebo transplantaci, běžně počítají.

¹⁶⁹ ČERNÝ, Jan. *Krise identity*. 2008. Vesmír. roč. 87 (138), č. 2, s. 84-85.

4.4. Kognitivní zkreslení

Kognitivní zkreslení je způsob, jakým si lidské myšlení podvědomě zkracuje cestu k závěru. Jedná se o evolučně výhodný nástroj k bleskovému vyhodnocení situace, zorientování se ve složité situaci nebo nadměrném množství informací. Díky němu ušetří člověk energii a čas a získá výhodu v boji o přežití. V kriminalistice je však tento jev méně žádaný, protože může člověka dovést k nesprávným závěrům. Osoby, kterých se toto nebezpečí dotýká, jsou v kontextu této disertační práce zejména kriminalističtí znalci, detektivové, vyšetřovatelé, státní zástupci, soudci a celý řetězec OČTŘ, mimo toto prostředí se však kognitivní zkreslení týká každé osoby a nebezpečné je zejména u osob v rozhodujících pozicích ať už se jedná o lékaře, osoby na vedoucích a rozhodujících pozicích či například členy zákonodárského sboru. Nebezpečí kognitivního zkreslení spočívá v možnosti nevidět indicie, které do „našeho příběhu“ nezapadají a připisovat skutečnostem váhu a pravděpodobnost na základě vlastního úsudku, osobních zkušeností a postojů či názorů, nikoli nestranně a objektivně.¹⁷⁰

Kognitivních zkreslení již byla popsána celá řada, zde si dovoluji uvést jen několik příkladů, které jsem již opublikovala ve svém příspěvku do monografie J. Suchánka *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí* (2021):¹⁷¹

- „Klam dostupnosti – snaha upřednostňovat jako pravděpodobné jevy často zmiňované a opakované, které se nám lépe vybaví (zkreslují módní a aktuální témata).
- Haló efekt – stížení úsudku prvním dojmem z dotyčného.
- Klam přeživších – posuzování situací, procesů apod. podle těch, kteří je úspěšně absolvovali, aniž jsme se zabývali těmi, kteří je neprošli či nedokončili. (Zkreslení ve smyslu „po bitvě je každý generálem“).

¹⁷⁰ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

¹⁷¹ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

- Klam reprezentativnosti – posuzování ovlivněné zakořeněnou představou o typickém reprezentantovi určité skupiny lidí (např. oběť znásilnění musí být zkroušená a zakřiknutá).
- Klam zpětného pohledu – snaha ve smyslu „já jsem to věděl“ – tvrdit, že věci bylo možné předvídat, přestože v daném bodě v minulosti ještě nic nenasvědčovalo tomu, jak se situace vyvine.
- Potvrzovací zkreslení – tendence vidět či upřednostňovat pouze indicie potvrzující „naš příběh“, tedy naši zažitou zkušenost nebo životní názor. Typickým příkladem je myšlenkové síto vyšetřovatele vyslyšajícího svědka tak, aby vnímal jenom ty informace, které zapadají do jeho představy o tom, jak se čin stal, protože podobných viděl už desítky. Veškeré nezapadající informace potom lze v souladu se zkreslením vyložit tak, aby do hypotézy, tedy našeho příběhu, zapadaly.
- Klam nulového rizika – preference takového řešení situace, které zcela eliminuje jedno z rizik, oproti alternativám, které zmírní více rizik, aniž je stoprocentně eliminovaly. Druhé řešení může být celkově výhodnější, ale není upřednostňováno, protože kompletní eliminace, byť jen jednoho rizika, přináší větší pocit bezpečí a jistoty.
- Past chybné atribuce – hledání logiky a souvislostí v jakémkoli jevu ve snaze eliminovat náhodné události jako apriorně nepravděpodobné.

Vyvarovat se takovým myšlenkovým zkreslením je důležité pro každého, zejména pak v kriminalistice, medicíně nebo managementu. Prvním krokem k nápravě je vědomí těchto myšlenkových pastí. Dalším krokem k nestranným úsudkům může být využití Bayesovské statistiky, která zpřesňuje hypotézy pomocí podmíněných pravděpodobností. Hlubší popis Bayesovské statistiky by vydal na samostatnou knihu, zakončím jej tedy pro účely této publikace zde.“

4.5. Když je muž žena a všechno je jinak

V současné forenzní genetice můžeme narazit na několik případů, kdy je „všechno jinak“, než se zdá být. Tyto skutečnosti jsou v odborné literatuře dobře

popsané a kriminalisté si jich jsou vědomi, avšak i tak dokáží situaci značně znesnadnit. Lze mezi nimi uvést například následující:

- pohlaví – marker určující pohlaví (v genetice reprezentovaný zpravidla markerem pro Amelogenin byl dlouho považován za jednoznačný ukazatel pohlaví testované osoby. Odchytky existovaly leda u osob s poměrně vzácnou mutací v tomto markeru nebo jinou genetickou odchylkou (např. osoby s fenotypem ženy nesoucí genotyp XY či fenotypově muži s genotypem XX).¹⁷² Stále častějším případem s komplikovaným určením pohlaví jsou osoby, které prochází změnou pohlaví. V takovém případě si mohou v České republice osoby, které podstoupily operaci měnící pohlaví, změnit spolu s pohlavím nejen jméno, ale také rodné číslo. Úředně i vzhledově tedy taková osoba může vypadat jako osoba určitého pohlaví, geneticky však bude stále vykazovat své pohlaví rodné.^{173 a 174}
- biogeografický původ vs. občanství – zatímco genetika určí původ, odkud pocházeli předkové testované osoby, dotýčný může mít v občanském průkazu zemi zcela jiného kontinentu. Tento fakt nijak nepřekáží využití predikce biogeografického původu, pouze je potřeba vést v patrnosti, že v popisu očitého svědka bude mít hledaná osoba vzhled odpovídající genetické predikci, ale v registrech může být vedena jako občan jiné země jiného kontinentu.¹⁷⁵
- vzhled – dovolím si zde připojit poznámku ke genetickému určování vzhledu. Na metodách umožňujících co nejpřesnější určení vzhledových markant probíhá celosvětově intenzivní výzkum, ale i tak

¹⁷² DUNKELMANN, Bettina. *Intersexuality as a potential source of error in sex determination using forensic multiplex kits*. 2019. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. č. 7. s. 525-527. DOI: 10.1016/j.fsigss.2019.10.076.

¹⁷³ Nález pléna Ústavního soudu České republiky ze dne 9. listopadu 2021, sp. zn. Pl. ÚS 2/20. [online] [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: https://www.usoud.cz/fileadmin/user_upload/Tiskova_mluvci/Publikovane_nalezky/2022/Pl._US_2_20_vcetne_disentu.pdf

¹⁷⁴ NICOLAE, Renata Alis a kol. *A rare genetic gender anomaly identified in a paternity case presenting AMEL-Y dropout*. 2019. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. 7. DOI: 10.1016/j.fsigss.2019.10.088.

¹⁷⁵ KŘENKOVÁ, Barbora, Pavel FLEGONTOV a Julius LUKEŠ. *Pochopení lidské migrace*. 2020. Vesmír roč. 99:298, s. 2-5.

je nutné k výstupům těchto analýz dosud přistupovat s nadhledem. Vzhled osoby je určen mnoha dalšími faktory, než jsou testovány v rámci analýzy. Ovlivňuje jej například věku osoby, životní styl, stres, choroby, úrazy způsobující jizvy či jiné viditelné následky či jakékoli záměrné úpravy zevnějšku. Výsledky analýz vizuálních charakteristik, stejně tak navazující počítačové simulace možných podob hledané osoby mohou být stejně tak nápomocné, pokud jsou správně využity, jako zavádějící, pokud jsou misinterpretovány.^{176, 177}

4.6. Etika

Zatímco tradiční forenzně genetická analýza cílí výhradně na tzv. nekódující oblast DNA, tedy oblast, která nenesení geny pro žádné vlastnosti člověka (vyjma markeru pro určení pohlaví), forenzní fenotypování využívá i části DNA, které kódují proteiny, tzv. kódující oblast. Tato skutečnost vyvolává mezi odborníky i v řadách veřejnosti jisté obavy. Jednou z důležitých obav je, že analýza markerů umístěných v kódující oblasti může vést k narušení soukromí, protože by to mohlo odhalit pravděpodobnostní informace o osobních charakteristikách dárce vzorku biologického materiálu. Rozhodujícím faktorem pro etické a sociální posouzení však v důsledku není otázka, zda DNA marker jako takový je či není v oblasti kódující proteiny, ale spíše to, jaké informace o osobních vlastnostech tento kódující DNA marker poskytuje, tedy co přesně gen kóduje. Navíc dokonce i nekódující oblasti, a tedy DNA markery v takových oblastech, mohou mít dopad na osobní vlastnosti, např. regulací funkce genů umístěných jinde v lidském genomu nebo z důvodu těsné fyzické blízkosti ke kódujícímu DNA markeru (tzv. vysoká vazebná nerovnováha). Proto místo toho, abychom se spoléhali na prosté rozlišení mezi kódujícími a nekódujícími DNA markery, je vhodné se ptát, jaký druh informací konkrétní kódující nebo nekódující DNA marker poskytuje, a na tomto

¹⁷⁶ CICCARONE, Fabio a kol. *DNA methylation dynamics in aging: how far are we from understanding the mechanisms?* 2018. *Mech Ageing Dev.* roč. 174, s. 3-17. DOI:10.1016/j.mad.2017.12.002.

¹⁷⁷ KŘENKOVÁ, Barbora., *Pošlete mi z genetiky „fotku“ podezřelého.* 2021. *Vesmír.* roč. 100, s. 502-505.

základě zvažovat, jak eticky problematické získané informace jsou – či nikoliv – a jak by měly nebo neměly být použity. Na to navazuje otázka, jaké kroky by měly být na místě, aby nedošlo ke zneužití technologie. Těmito otázkami se mimo jiné zabývá mezinárodní konsorcium VISAGE (Visible Attributes Through Genomics – doslova „vizuální atributy skrze genomiku“) složené z předních forenzních genetiků a z odborníků souvisejících oborů. VISAGE analyzuje etické, právní a sociální aspekty související s novými metodami využití forenzní genetiky a vydává návrhy k omezení možných rizik a vyšší ochraně lidských práv.

Etické debaty na téma moderních metod forenzní genetiky zpravidla bilancují přínosy a rizika. Již bylo praxí prokázáno, že určování vizuálních charakteristik či věku člověka z DNA může pomoci vyšetřováním závažných trestných činů v případech, kdy nejsou známí podezřelí a žádné další stopy o tom, kdo by mohl být pachatelem. Takové případy, které nelze vyřešit standardní analýzou profilu DNA (pomocí STR), se mohou stát řešitelnými pomocí DNA fenotypování, například tím, že by pomohlo zúžit skupinu potenciálních podezřelých, a tím umožnilo využít standardní profilování (STR) efektivněji a rychleji.

DNA fenotypování není vhodná metoda k prokázání spojení mezi konkrétními osobami a konkrétními případy trestné činnosti. **Jedná se o vyšetřovací nástroj, nikoli nástroj pro identifikaci.** Hodnota důkazů v soudním řízení by neměla být založena pouze na výsledcích DNA fenotypování, ale na jiných typech důkazů, které mohou prokázat, že konkrétní osoba je spojena s trestným činem (jako je například standardní profilování STR), což DNA fenotypování nemůže.¹⁷⁸

Kromě toho existuje také jistá obava, že by DNA fenotypování mohlo být používáno způsobem, který je zaujatý vůči menšinám. V případě, že výsledky DNA analýzy poskytnou informace o znaku, který je v populaci méně často pozorován (vzácný znak nebo charakteristika), je její výpovědní hodnota a tedy i hodnota pro vyšetřování větší než v případě, kdy se jedná o častěji pozorovaný (v populaci běžný) znak. Aby byla tato otázka ještě složitější, otázka toho, co je často pozorováno (tj. běžné), do značné míry závisí na populaci a/nebo regionu, kde k trestnému činu došlo (např. modrá barva očí je častější v regionech severní

¹⁷⁸ KŘENKOVÁ, Barbora., *Pošlete mi z genetiky „fotku“ podezřelého*. 2021. Vesmír. roč. 100, s. 502-505.

Evropy). Bude se tedy v jednotlivých případech značně lišit. Ačkoli lze souhlasit s argumentem, že DNA analýza by také mohla vyloučit příslušníky menšinové populace z podezření, je na místě si být vědomi rizik potenciální možné diskriminace menšin ve společnostech a kontextech, které mají v minulosti takovou zaujatost.¹⁷⁹

V neposlední řadě je důležité mít na paměti, že DNA fenotypování umožňuje pouze pravděpodobnostní závěry o pravděpodobných externě viditelných charakteristikách, biogeografickém původu a věku neznámých osob. Žádnou z těchto charakteristik nemůže stanovit se stoprocentní jistotou. Existuje riziko lidského faktoru, že prediktivní hodnota DNA fenotypování by mohla být nepochopena nebo záměrně zveličena těmi, kdo k tomu mají motivy. Členové VISAGE na mezinárodní úrovni, stejně jako zúčastnění odborní pracovníci na úrovni lokální, působí na odborníky, OČTŘ a relevantní osoby v rámci četných školení a šíření informací, aby pomohli minimalizovat riziko, že prediktivní hodnota DNA fenotypování bude nepochopena.

4.7. Budoucnost forenzní genetiky

Forenzní genetiky prošla za posledních dvacet až třicet let překotným vývojem a posunula se na úroveň, o které se minulé generaci nesnilo. Kromě standardní identifikace osob i z velmi malého množství biologického materiálu (např. tzv. dotekové stopy)¹⁸⁰ a¹⁸¹ a porovnávání získaného profilu DNA se srovnávacími vzorky za účely ztotožnění anebo porovnávání profilu DNA osoby s profily DNA vzdálenějších příbuzných pro určení jisté míry biologické příbuznosti se dnes již

¹⁷⁹ SAMUEL, Gabrielle a Barbara PRAINSACK. *The regulatory landscape of forensic DNA phenotyping in Europe VISAGE*. 2018. [online]. [cit. 10.11.2019]. Dostupné z: <http://www.visageh2020.eu/>.

¹⁸⁰ ALKETBI, Salem K. a William GOODWIN. *The effect of surface type, collection and extraction methods on touch DNA*. 2019. Forensic Science International: Genetics Supplement Series, č. 7, s. 704-706. DOI:10.1016/j.fsigss.2019.10.145.

¹⁸¹ ALKETBI, Salem K. a William GOODWIN. *The effect of time and environmental conditions on Touch DNA*. 2019. Forensic Science International: Genetics Supplement Series, č. 7, s. 701-703. DOI:10.1016/j.fsigss.2019.10.144.

rozvíjí také „vykreslování portrétů“ osob na základě analýzy vzorku DNA.¹⁸² Od přibližně patnácti STR markerů se posouvá analýza k desítkám SNP markerů. K analýze tradičních dědičných markerů se připojuje zkoumání epigenetických změn. Avšak tím se možnosti genetiky zdaleka nevyčerpaly. Podle všeho je toto jen „začátek“ ještě většího rozmachu.

Ve světě, převážně v akademické sféře, probíhá rozsáhlý výzkum na využití RNA (ribonukleové kyseliny), tedy jednovláknové varianty DNA (deoxyribonukleová kyselina, zpravidla ve formě dvou vzájemně komplementárních vláken). Například pro určení tělních tekutin se mRNA osvědčila jako vysoce stabilní molekula přetrvávající za příznivých podmínek i 16 let ve stavu vhodném pro analýzu (v tomto případě se jednalo o analýzu druhu tělní tekutiny).¹⁸³

Poměrně zajímavým výzkumným tématem na poli forenzní genetiky je zjišťování přibližného času úmrtí jedince – zpravidla jde o denní dobu, kdy osoba zemřela na základě obsahu určitého množství vybraných biomarkerů. Tento údaj bývá měřen na základě hladiny látek v organismu odrážejících tzv. cirkadiálních rytmy (tj. látek odrážejících biologický rytmus organismů v rámci přibližně jednoho dne). V roce 2016 Karolina Lech a kol. publikovali studii, ve které měřili dvanácti dobrovolníkům po dobu 36 hodin ve dvouhodinových intervalech hladinu cirkadiálních hormonů melatoninu a kortizolu v krvi a na základě zjištěných údajů se jim dařilo vysledovat korelaci koncentrace těchto hormonů v krvi s časovými kategoriemi: ráno až dopoledne, odpoledne až večer a noc až po brzké ráno. Dále v této studii sledovali přes dvě desítky mRNA markerů, ze kterých vybrali jedenáct mRNA markerů, jejichž hladina v krvi odpovídala sledovaným časovým kategoriím.^{184 a 185}

¹⁸² VAJPAYEE, Kamayani a Ritesh K. SHUKLA. *DNA Phenotyping: The Technique of the Future. Handbook of DNA Profiling*. 2021. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9364-2_54-1.

¹⁸³ AN, Ja Hyun a kol. *Body fluid identification in forensics*. 2012. *BMB Reports*. č. 45(10), s. 545-553. DOI:10.5483/BMBRep.2012.45.10.206.

¹⁸⁴ LECH, Karolina a kol. *Evaluation of mRNA markers for estimating blood deposition time: Towards alibi testing from human forensic stains with rhythmic biomarkers*. 2016. *Forensic Science International* [online], roč. 21, s. 119-125. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.12.008>.

¹⁸⁵ LECH, Karolina a kol. *Investigation of metabolites for estimating blood deposition time*. 2018. *International Journal of Legal Medicine*, roč. 132, s. 25-32. <https://doi.org/10.1007/s00414-017-1638-y>.

Dalším tématem, kterému se věnují vědecké týmy po celém světě, je určení stáří stopy, tedy určení časového intervalu, který uplynul od vzniku stopy po okamžik jejího zajištění. Na to navazuje potenciální možnost zjistit, zda byla stopa vytvořena již před spácháním skutku nebo během něj nebo až později, což by mohlo jednoznačně odlišit skutečné stopy související s projednávaným trestným činem od stop vzniklých bez souvislosti s ním či stop falešně vytvořených a podstrčených.¹⁸⁶

Jedno z největších témat forenzní genetiky, které se již roky snaží genetici vyřešit, je otázka směsných vzorků. Obsahuje-li vzorek biologický materiál více než dvou osob, stává se obtížně čitelný kvůli kombinaci tří (a více) krát dvou alel na testovaný marker. Předem nelze předem říci, zda každá z osob v daném systému nese jednu či dvě alely (je-li pro tento systém homozygot či heterozygot), jedná se tedy o kombinaci tří až šesti hodnot v různých variacích.¹⁸⁷

V neposlední řadě stojí za zmínku genetické určování post-mortem intervalu, tedy odpověď na otázku, kdy poškozený zemřel či byl zabit. V současnosti se tato otázka řeší nejčastěji soudně-lékařskými metodami (zejména v řádu hodin až dní) a u delších časových intervalů entomologicky (nejčastěji dny až týdny). Genetické určení, například pomocí rozpadu DNA či RNA nebo epigeneticky, by bylo přínosem v případech, kdy ani jedna ze stávajících metod nepřináší uspokojivý výsledek nebo se v této otázce nachází nějaké rozpory.¹⁸⁸

Výše uvedené metody v této podkapitole jsou zmíněné pro naznačení směru, kterým se výzkum na poli kriminalistické genetiky ubírá. Nelze je brát na stejnou úroveň jako metody analýzy DNA již zavedené do kriminalistické praxe, akreditované a standardně užívané. Ani nelze očekávat jejich zavedení do praxe v nejbližší době, některé z nich se nemusí zavedení do forenzní praxe ani nikdy dočkat. Jedná se čistě o ukázkou vybraných forenzně genetických metod

¹⁸⁶ WILLIAMS, Graham a Asaghiar FISAL. *Evaluating the use of hypoxia sensitive markers for body fluid stain age prediction*. 2020. Science & Justice. roč. 60. č. 6. s. 547-554.

¹⁸⁷ BISBEE, Rachel. *Error in DNA Mixture Analysis: Why the Application of Forensic DNA is not a Perfect Science*. 2020. Honors Theses, University of Nebraska-Lincoln. s. 205. [online]. [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: <https://digitalcommons.unl.edu/honorstheses/205>.

¹⁸⁸ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

současného výzkumu. Nejedná se také o kompletní výčet metod v současné době testovaných pro možné budoucí využití pro orgány činné v trestním řízení v rámci objasňování trestné činnosti.

Závěrem této podkapitoly si dovoluji uvést, že budoucností forenzní genetiky nebude jen její vědecky výzkumná část, ale také právní prostředí, které ji bude vymezovat. Oproti například sousednímu Slovensku či Bavorsku, kteří již i modernější forenzně genetické metody jako je například určování fenotypů či věku osob ze vzorku DNA mají právně zakotvené,¹⁸⁹ a¹⁹⁰ Česko obdobnou právní úpravu této tematiky dosud nemá, ale do budoucna se jí bez pochyby nevyhne.

¹⁸⁹ Zákon č. 417/2002 Z. z. o používání analýzy deoxyribonukleovej kyseliny na identifikáciu osob, v platném znění.

¹⁹⁰ Gesetz über die Aufgaben und Befugnisse der Bayerischen Staatlichen Polizei (Polizeiaufgabengesetz – PAG) ze dne 14. 9. 1990 (GVBl. S. 397), BayRS 2012-1-1-I, v platném znění.

5. VÝZKUM

Tato kapitola obsahuje experimentální výzkum odpovídající zaměření této disertační práce, na němž jsem se vlastní prací podílela v rámci svého působení v Kriministickém ústavu PČR. Těžiště této části disertační práce bude spočívat ve dvou z forenzně genetických tématech, na kterých současně době v KÚ probíhá výzkumná práce.

Prvním experimentálním tématem, které zde představím, je analýza DNA predikující vizuální charakteristiky (tj. viditelné, pozorovatelné znaky) osob známé podoby a porovnání výsledků s jejich skutečnou podobou. Tyto laboratorní experimenty dosud nebyly nikde publikované. Práce na tomto tématu nejsou dosud ukončeny, a proto se tato data stanou součástí až budoucí souhrnné publikace.

Druhým tématem je určování věku osob na základě metylace jejich DNA a porovnávání výsledků s jejich kalendářním věkem. Část těchto experimentů byla již uvedena v diplomové práci kolegyně Orlíčkové, se kterou jsme na tématu spolupracovaly v rámci jednoho výzkumného týmu.¹⁹¹

5.1. Úvod k DNA fenotypování

DNA fenotypování (v anglicky psané odborné literatuře zažité pod zkratkou FDP – Forensic DNA Phenotyping neboli forenzní DNA fenotypování) si nachází cestu do forenzních laboratoří a následně do soudních síní, kde poskytuje informace, které by mohly vyšetřovatele přivést k zájmové osobě jako „biologický očitý svědek“. Vyhodnocením externě viditelných lidských vlastností, jako je například barva očí, vlasů a kůže získaných ze vzorku DNA z místa činu, je forenzní genetik schopen získat více informací ze vzorku biologického materiálu než doposud, což může mít za výsledek zásadní posun ve složitých případech.

¹⁹¹ ORLÍČKOVÁ, Jana. *Určování stáří donora biologického materiálu pomocí pyrosekvence*. 2021. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Rotková, Gabriela.

Není to metoda zamýšlená pro rutinní užití jako standardní analýzy DNA prováděné na KÚ.

V dnešní době již nové metody ve forenzní genetice překonávají jednu z jeho největších dosavadních překážek – potřebu disponovat srovnávacím vzorkem biologického materiálu či profilem DNA osoby s ověřenou identitou pro účely porovnání s profily DNA získanými ze vzorků místa činu. Využívání nových molekulárně genetických metod, jako je sekvenování příští generace (NGS či MPS) k predikci externě viditelných charakteristik, nám umožňuje najít jedince zcela neznámé vyšetřujícím orgánům. Jinými slovy, výsledky forenzní DNA fenotypování může sloužit jako „biologický svědek“,^{192, 193 a 194} jenž nám poskytuje objektivní informace o pozorovatelných lidských vlastnostech dárce biologického materiálu, které nejsou ovlivněny lidskými faktory negativně ovlivňujícími lidského očitého svědka. Tyto pozorovatelné lidské vlastnosti, jako je barva očí, vlasů a kůže, pihy, tvar vlasů, výška těla nebo biogeografický původ, by mohly být důležitými stopami pro operativně pátrací činnost a zužující zužujícím okruh podezřelých v případech v důkazní nouzi, které by jinak musely být odloženy nevyřešené.

Výzkum uvedený v této kapitole je jedním z prvních provedených na přístroji – sekvenátoru MiSeq FGx od firmy Verogen. Jedná se o testování DNA ze vzorků bukálních stěru dobrovolníků známé podoby za účelem analýzy jejich barvy očí a vlasů a porovnání naměřených údajů se skutečnou podobou účastníků výzkumu.

Exaktní vyjádření k barvě očí či vlasů je poměrně složitá disciplína. Mezi pozorovateli obecně nepanuje velká shoda na odstíny, dlouhé diskuze tradičně vyvolávají rozdílné názory na tutéž barvu zejména mezi muži a ženami. Ani mezi profesionály neexistuje exaktní měřítko nebo jednotně kalibrovaný srovnávací

¹⁹² KAYSER, Manfred. *Forensic DNA Phenotyping: Predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes*. 2015. *Forensic Sci Int Genet.* roč. 18, s. 33-48. doi: 10.1016/j.fsigen.2015.02.003.

¹⁹³ KAYSER, Manfred a Peter M. SCHNEIDER. *DNA-based prediction of human externally visible characteristics in forensics: motivations, scientific challenges, and ethical considerations*. 2009. *Forensic Science International. Genetics.* roč. 3, č. 3, s. 154-161. DOI: 10.1016/j.fsigen.2009.01.012.

¹⁹⁴ KAYSER, Manfred a Peter DE KNIJFF. *Improving human forensics through advances in genetics, genomics and molecular biology*. 2011. *Nature Reviews. Genetics.* roč. 12, č. 3., s. 179-192. DOI: 10.1038/nrg2952.

vzorník, který by jednoznačně udával odstíny a jejich pojmenování. V určování barvy očí mezi svědky i úřady lze spoléhat pouze na okometrii a pojmenování barvy podle nejlepšího vědomí a svědomí. Obecně se lidé poměrně dobře shodnou v hodnocení modré (včetně modrozeleného nebo modrošedého odstínu) anebo hnědé (až černé) barvy očí. Naprosté nejednoznačnosti v označení lze pak pozorovat u hojně vyskytované oční duhovky přechodových barev nebo duhovky obsahující více barevných částí jako například obvod duhovky odlišný od zbytku duhovky nebo různé barevné prvky a skvrny.

Na určení barvy vlasů existují pouze kadeřnické vzorníky, které se vztahují ke konkrétnímu výrobcí a nejsou nijak sjednocené, pro naše účely jsou tedy nepoužitelné. Po konzultaci s antropology na KÚ, kteří se podobou lidí profesionálně zabývají, došlo k zapůjčení jejich antropologického vzorníku vlasů. Jedná se o vzorník odstřížků vlasů různých barev podobný těm, se kterými se lze setkat v kadeřnických salónech. Antropologický vzorník (obr. č. 13) obsahuje škálu vzorků označených písmeny od nejsvětějšího po nejtmaší následovaný dvěma vzorky zrzavé barvy označenými římskými číslicemi. Od nejsvětějšího A následují písmena D-E-H-I-M-R-U-X a nejtmaší Y, který následují zrzavé odstíny I a IV. Barva vlasů účastníků byla porovnána se vzorníkem přiložením a vyhledáním nejbližšího odstínu vzorových vlasů. Pro naše účely se tento typ vzorníku vlasů příliš neosvědčil. Vzorník především neobsahoval dostatečné množství odstínů vlasů, aby bylo možné objektivně zařadit všechny testované osoby, zejména v zrzavém odstínu, kde obsahuje pouze dvě varianty. Následně je obtížné tento vzorník aplikovat do kriminalistického kontextu. Svědek, pokud si barvu vlasů zapamatuje, ve své výpovědi použije jednu z kategorií využívaných v běžné hovorové řeči.



Obr. č. 13: Antropologický vzorník barev vlasů zapůjčený z oddělení antropologie KÚ. (Zdroj: Křenková Barbora, 2021)

Z těchto důvodů jsem se nakonec rozhodla pojmenování barev vlasů i očí korelovat s běžně zažitými kategoriemi, které dobře znají a mají zažité jak svědci, tak odborníci, kteří barvy očí a vlasů uvádí například do úředního popisu osoby. Pro vlasy byly použity kategorie slovního vyjádření barev blond, tmavá blond (sem zařazuji i světlou hnědou), hnědá, tmavě hnědá, černá a zrzavá. Pro oči byly použity kategorie slovního vyjádření barev modré, modrošedé, modrozelené, zelené, zelenohnědé, hnědé a tmavě hnědé. Vyskytly se i komplikovanější případy jako například zelenohnědé s modrými okraji nebo zelenohnědé do šeda, tam jsem se přiklonila k převažující barvě.

Společnost Verogen kategorizovala barvy vlasů dle analýzy DNA jako procentuální vyjádření poměru hnědé, červené, černé a blond odstínu. U barvy očí na základě analýzy DNA byly dle výrobce použity kategorie procentuálního vyjádření poměru modré, hnědé a přechodové barvy.

5.2. Materiál a metody – DNA fenotypování

DNA pro predikci fenotypů byla získána od čtyřiceti dobrovolníků s jejich informovaným souhlasem. Odebrání biologického materiálu pro izolaci DNA bylo provedeno bukálním stěrem na tampon 4N6 FLOQSwabs™.

Vlastní izolace DNA z odebraného biologického materiálu proběhla standardním způsobem za pomoci izolačního kitu PowerPlex ESI-17 Fast (Promega) dle manuálu výrobce.

Kvantifikace, tedy zjištění výtěžku izolované DNA a její koncentrace v roztoku, byla provedena metodou real-time PCR, a to kitem Plexor® HY Systém (Promega) na thermocyleru ABI 7500 (Applied Biosystems). Vyhodnocení kvantifikace proběhlo s využitím softwaru HID Real-Time PCR (Applied Biosystems) a Plexor HY Analysis software (Promega).

V laboratořích KÚ byly s laskavým svolením vedoucího oddělení genetiky provedeny analýzy pro predikci fenotypů z genotypů DNA pomocí následujícího vybavení:

- Testovací sady (kitu) ForenSeq™ DNA Signature Prep (Verogen),
- přístroje MiSeq FGx™ (Verogen),
- vyhodnocovacího programu ForenSeq™ Universal Analysis Software (Verogen).

Sada ForenSeq DNA Signature Prep Kit od společnosti Verogen nabízí na výběr dvě směsi primerů:

- 1) DNA Primer Mix A – obsahující páry primerů pro 27 autozomálních STR markerů, 7 X-chromozomových a 24 Y-chromozomových DNA haplotypových markerů) a 94 identifikačních jednonukleotidových polymorfismů (iiSNP) a
- 2) DNA Primer Mix B obsahující všechny markery v DNA Primer Mix A páry primerů pro 56 biogeografických SNP markerů s informacemi o původu

(aiSNP) a 22 fenotypově-informativní SNP markerů (piSNP), které poskytují predikci barvy očí (modré, přechodové barvy či hnědé) a barvy vlasů (složené z odstínů hnědé, červené, černé či blond).

Výsledky testovací směsi DNA Primer Mix A (obsahující komponenty pro analýzu autosomálních STR, analýza markerů haplotypu DNA chromozomu X a Y) byly porovnány s tradičními metodami kapilární elektroforézy.

Poté byla zkoumána shoda barvy vlasů, barvy očí a biogeografických předků odhadovaných z genotypů DNA se skutečným vzhledem testovaných jedinců ověřeným vizuálně pracovníky KÚ.

Testovací sada reagensů ForenSeq DNA Signature Prep Kit umožňuje analyzovat autosomální STR, Y-STR, X-STR, identifikační SNP i SNP biogeografického původu a fenotypové SNP pro barvu očí a vlasů. Analýza všech výše uvedených druhů markerů proběhla úspěšně, avšak výsledky analýzy identifikačních STR a SNP markerů nebudou v této práci dále rozváděny. Identifikační markery by nepřinesly tomuto výzkumu v rámci tématu disertační práce žádné užitečné informace a výzkum by byl zbytečně zatížen nadbytečnými osobními údaji testovaných osob.

Univerzální analytický software ForenSeq ukazuje atraktivní přehled výsledků analýzy – tabulku testovaných markerů s jejich specifickými vlastnostmi. Většina markerů v této sadě obsahuje velikosti ampliconů ≤ 125 bp,^{195, 196} což je kvalifikuje pro analýzu vzorků degradované nebo silně inhibované DNA. Tento software dále nabízí populační statistiky, srovnání mezi vzorky a odhad fenotypu osoby na základě analýzy DNA.

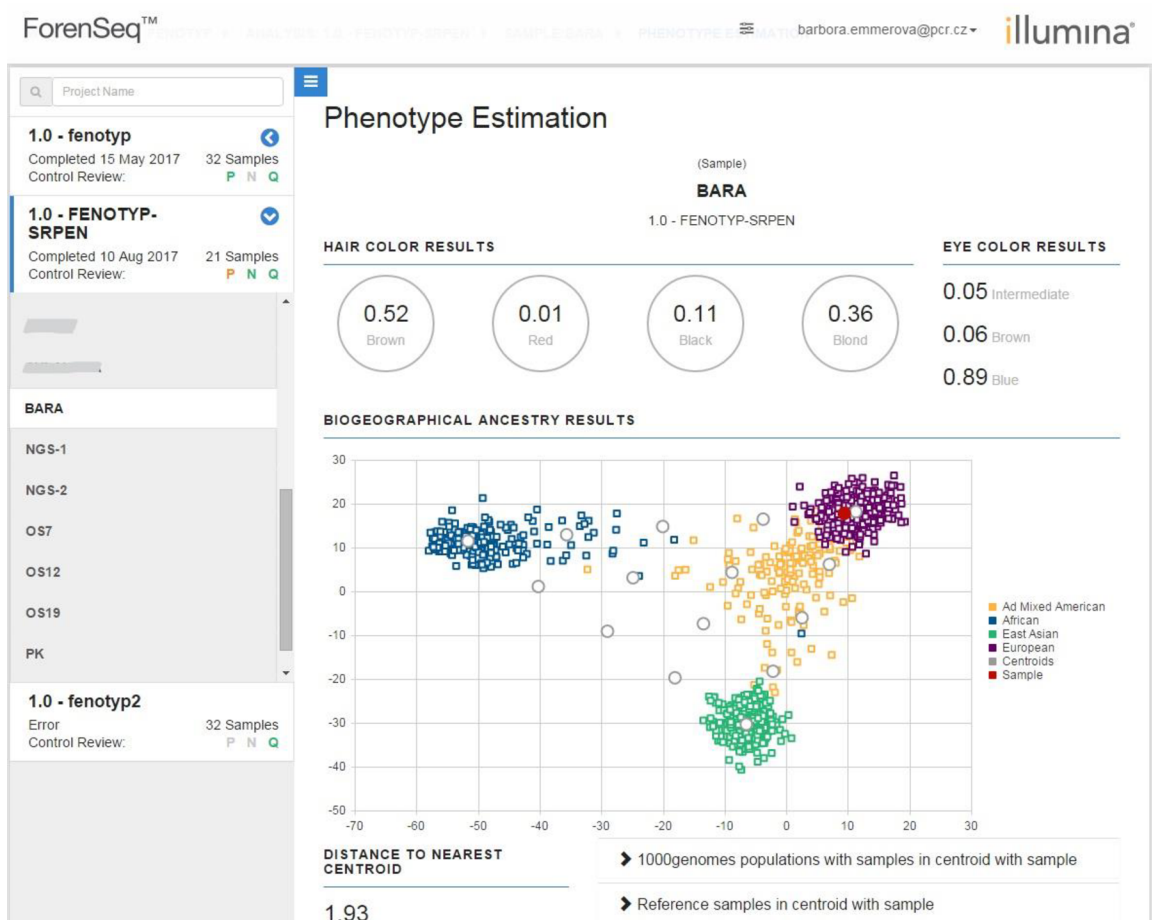
Jak ukazuje obrázek č. 14, ForenSeq nabízí dobře srozumitelný přehled výsledků analýzy:

- výsledky predikce barvy vlasů (na obrázku: „hair color results“) s poměrným zastoupením hnědých, černých, zrzavých či blond pigmentů ve vlasech testované osoby,

¹⁹⁵ Amplicon je označení pro amplikovaný (tedy namnožený) úsek DNA, rozumí se jím testovaná „zájmová“ sekvence DNA.

¹⁹⁶ bp je zkratka pro „base pair“ (pár bází) označující délku úseku DNA.

- výsledky predikce barvy očí (na obrázku: „eye color results“) s poměrným zastoupením modrých, hnědých, či barevně přechodových pigmentů v očích testované osoby,
- výsledky analýzy biogeografického původu jedince (na obrázku: „biogeographical ancestry results“) umisťující testovanou osoby do jedné ze čtyř základních skupin: smíšené americké populace, africké populaci, východní asijské anebo evropské populace.



Obr. č. 14: Ukázka softwarového výstupu z ForenSeq™. Zdroj: vlastní. Již dříve publikováno v Suchánek a kol. 2019.¹⁹⁷

Osoby testované na SNP biogeografického původu a fenotypové SNP pro barvu očí a vlasů byly vybrány z pracovníků KÚ a blízkých osob, jak je pro prvotní

¹⁹⁷ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Vybrané aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2019. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. ISBN 978-80-7251-500-4.

výzkumy typické. Zajisté by bylo vhodné zvolit širší geografický rozptyl osob, bohužel z důvodu podmínky občanství pro služební poměr u PČR zde pracují především osoby českého a slovenského původu s českým občanstvím. V budoucích výzkumech budou osoby pocházející z jiných kontinentů již zahrnuty. Pro kriminalistický výzkum však tato skutečnost není velkým handicapem, protože se jedná o vzorek středoevropského obyvatelstva, jehož výsledky budou aplikovatelné opět na středoevropské obyvatele, a tedy většinu cílových osob, což jsou v kriminalistice osoby podezřelé ze spáchání trestného činu, osoby poškozené anebo osoby, po nichž bylo vyhlášeno pátrání. Při výběru testovaných osob byl kladen důraz na co nejširší výběr pokrývající veškeré druhy přirozené barvy vlasů i očí.

5.3. Výsledky DNA fenotypování

Pro studii shody barvy vlasů, barvy očí a biogeografického původu odhadovaného z DNA bylo testováno 40 jedinců. Výsledky jsou prezentovány v tabulce č. 2 a tabulce č. 3. níže a následně porovnány a zhodnoceny v kapitole 6.4. Vyhodnocení a diskuse.

Tab. č. 2: Výsledky predikce barvy vlasů na základě analýzy DNA na vzorku 40 osob. Sloupec Skutečný vzhled označuje barvu vlasů osob na základě vizuálního ověření. Sloupec Fenotyp z DNA vyjadřuje laboratorně naměřené hodnoty poměru zastoupení genetických znaků, které vedou k projevu hnědého, černého, plavého (blond) či zrzavého pigmentu vlasu.

VZOREK	SKUTEČNÝ VZHLED	FENOTYP Z DNA			
	barva vlasů	%hnědé	%zrz	%černé	%blond
1	tmavá blond	28	0	2	70
2	černé	52	0	25	22
3	tmavě hnědé	41	4	11	43
4	hnědé	47	0	23	31
5	černé	34	0	18	47

6	zrz	3	81	0	15
7	černé	66	0	8	26
8	hnědé	59	1	7	33
9	blond	15	36	1	47
10	hnědé	58	0	7	35
11	tmavá blond	16	22	0	61
12	tmavá blond	22	1	3	75
13	černé	76	0	15	8
14	tmavá blond	29	32	2	37
15	tmavá blond	47	16	2	35
16	hnědé / zrz odlesk	10	70	0	19
17	hnědé	31	0	6	63
18	blond	33	1	4	62
19	tmavá blond	28	1	2	69
20	tmavá blond	22	1	5	72
21	hnědé	19	17	2	62
22	tmavě hnědé	52	0	16	32
23	tmavá blond	27	1	4	69
24	blond	27	23	1	49
25	tmavě hnědé	47	0	6	47
26	černé	72	7	8	14
27	blond	45	8	4	42
28	černé	39	11	4	45
29	tmavě hnědé	27	1	4	69
30	tmavě hnědé	41	7	2	51
31	tmavá blond	31	1	6	62
32	tmavě hnědé	40	0	2	57
33	tmavá blond	31	1	2	66
34	hnědé	26	0	4	69
35	hnědé	40	0	49	11
36	tmavá blond	12	27	0	61
37	tmavá blond	39	9	8	44
38	tmavá blond	52	1	11	36
39	tmavě hnědé	68	6	15	11
40	tmavá blond	27	1	3	69

Tab. č. 3: Výsledky predikce barvy očí osob na základě analýzy jejich DNA. Sloupec Barva očí označuje barvu očí testovaných osob na základě vizuálního ověření. Sloupec Fenotyp z DNA prezentuje laboratorně naměřené hodnoty poměru zastoupení genetických znaků, které vedou k projevu hnědé, modré či přechodové (zde uvedeno jako „střední“) barvy oka. Sloupec zcela vpravo ukazuje výsledky predikce biogeografického původu osoby na základě analýzy DNA.

Pozn.: Vzorky 3, 16 a 19 označené * jsou hraničního evropského a smíšeného Amerického původu (v softwaru ozn.: „Admixed American“).

VZOREK	SKUTEČNÝ VZHLED	FENOTYP Z DNA			biogeografický původ
	barva očí	%střední	%hnědá	%modrá	
1	modrozelené	4	2	94	EUR
2	hnědé	5	94	1	EUR
3	hnědé	14	76	10	EUR*
4	hnědé	12	83	5	EUR
5	hnědé	15	66	19	EUR
6	modré	3	2	95	EUR
7	modrozelené	8	3	88	EUR
8	hnědé	7	2	91	EUR
9	modré	7	4	89	EUR
10	hnědé	12	83	5	EUR
11	hnědozelené	3	2	95	EUR
12	hnědozelené	5	3	92	EUR
13	hnědé	2	98	0	EUR
14	hnědé	16	70	14	EUR
15	modrošedé	3	1	96	EUR
16	zelené	16	70	14	EUR*
17	modré	5	3	92	EUR
18	modré	5	3	92	EUR
19	modrozelené do šeda	5	3	92	EUR*
20	modré	3	2	95	EUR
21	modré	8	6	86	EUR
22	hnědé	12	83	5	EUR
23	modré	4	1	95	EUR
24	tmavě hnědé	22	37	41	EUR

25	hnědé	15	66	19	EUR
26	modrozelené	22	66	12	EUR
27	modré	14	76	10	EUR
28	zelenohnědé s modrými okraji	4	1	95	EUR
29	modré	8	6	86	EUR
30	hnědé	24	42	33	EUR
31	modrošedé	6	3	92	EUR
32	hnědé	14	76	10	EUR
33	modrošedé	3	1	96	EUR
34	modrošedé	4	2	94	EUR
35	zelenohnědé do šeda	10	51	38	EUR
36	modré	4	2	94	EUR
37	modré	4	1	95	EUR
38	modrozelené	5	6	89	EUR
39	tmavě hnědé	21	63	16	EUR
40	modrošedé	5	3	92	EUR

V tabulce č. 3 záměrně není uveden sloupec s ověřeným skutečným biogeografickým původem testovaných osob. U všech testovaných osob totiž byly predikce na základě laboratorní a softwarové analýzy plně ve shodě se skutečným stavem.

Analytický software od firmy Illumina, ForenSeq™ Universal Analysis Software, nabízí uživatelsky příjemné rozhraní a přehlednou prezentaci výsledků. Jak vidíme na obr. č. 14, software v horní části stránky ukazuje výsledky predikce barvy očí a vlasů v procentuálním vyjádření zastoupení jednotlivých barevných pigmentů. Ve druhé polovině stránky vidíme rozptyl jednotlivých barevně odlišených biogeografických oblastí a zasazení testovaného jedince (znázorněno červenou tečkou) do jedné z nich či na rozhraní populací. Ve spodní části stránky lze přečíst několik doplňkových informací.

- Informaci označenou: „Distance to nearest centroid“ („vzdálenost nejbližšího centroidu“, tedy bodu vyznačujícího střed biogeografické populace) – tato hodnota ukazuje, nakolik testovaný jedinec do vlastní

populace „zapadá“ – tedy nakolik vlastní její nejčastější alely, či se od populace spíše liší, a do určité míry se blíží svým původem a genetickým materiálem populaci jiné. Výslednou podobu testované osoby si lze tedy představit např. jako „typického Evropana“ – je-li bod osoby softwarem přiřazen na základě analýzy DNA blízko centroidu evropské populace. Anebo naopak, jedná-li se např. o Evropana se vzdálenými předky v „americké smíšené“ populaci, potom jeho výsledky budou vyznačeny na diagramu bodem na rozhraní evropské a smíšené americké populace.

- odkazy „1000genomes populations with samples in centroid with sample“ (1000 genomů populací se vzorky na stejném centroidu s (testovaným) vzorkem) a „reference samples in centroid with sample“ (referenční vzorky na stejném centroidu s (testovaným) vzorkem) odkazují na databáze – tato část nyní nesouvisí s mým výzkumem a nebude dále rozebírána.

U jedinců s tmavou barvou očí a vlasů byla pozorována vysoká shoda analyzované barvy a skutečné barvy. Také vysoká shoda byla pozorována u jedinců s velmi světlou barvou vlasů a mezi modrookými jedinci. Výsledky pro středně hnědé nebo tmavé blond vlasy a oči smíšené barvy, což je typický střeoevropský fenotyp, ukázaly nižší reprodukovatelnost. Na základě testovaného vzorku osob lze vyvodit, že se červené pigmenty vlasů dobře propisují testovanými systémy, působí spolehlivě detekovatelně. Vzhledem k velmi nízkému počtu testovaných osob s přírodní zrzavou barvou vlasů však na tento výsledek nelze zatím nijak spoléhat, k tomu by bylo zapotřebí otestovat DNA zásadně vyššího počtu přírodních zrzků a zrzek.

Analýza biogeografického původu naznačila u všech testovaných jedinců, dle očekávání, správně evropský původ. Mimo tento experiment jsme testovali i mimoevropské vzorky, při čemž určení biogeografického původu na úrovni kontinentů fungovalo bezproblémově.

Výsledky testovací směsi DNA Primer Mix A (testující autosomální STR a určující haplotypy DNA chromozomu X a Y) byly porovnány s profily DNA získanými standardní analýzou pomocí kapilární elektroforézy. Výsledek je takový, že obě analýzy jsou ve shodě, při tomto porovnávání nedošlo k žádným rozporům. Tato část výzkumu zde nebude dále rozváděna, neboť není předmětem mé disertační práce.

5.4. Vyhodnocení a diskuse k DNA fenotypování

Jak ukazují tabulky č. 2 a č. 3, ve výsledcích lze pozorovat jasný trend shody experimentálně získaných informací se známými podobami v rámci světlých typů a tmavších typů. Poměrně dobře se projeví také zrzavá barva vlasů, avšak pro jistotu tohoto tvrzení by bylo potřeba zopakování analýzy na více osobách s přirozeně zrzavou barvou vlasů, které bohužel není zcela snadné pro výzkum vyhledat.

Největší rozptýlení je patrné u osob se středně hnědou nebo tmavě blond barvou vlasů a s očima smíšené barvy, jenž reprezentují typický střeoevropský fenotyp. Tento výsledek je v souladu s reálnou situací v terénu, protože takový fenotyp je poměrně složité popsat i pro přímého pozorovatele. Někteří lidé popisují tmavou blond barvu vlasů jako blondaté nebo světlé vlasy, někteří říkají, že je to nahnědlá nebo světlá brunetka. Jinak bude stejnou barvu popisovat Evropan zvyklý na různé odstíny světlých vlasů, jinak bude tmavší blond popisovat například Asiat či Afričan zvyklý vidat téměř výhradně černou barvu vlasů. Tyto hraniční barvy budou také více postížené mírou osvětlení, za šera je takřka nemožné na ulici rozeznat tyto nuance. Lze tedy považovat rozlišení na (zjednodušeně řečeno) světlé a tmavší typy pro účely kriminalistické operativně pátrací činnosti za dostačující. Do budoucna je počítáno s přesnějšími testovacími sadami a metodami a rozšířením o další znaky.

Vnímání barvy očí je mezi lidmi ještě ošemetnější než kategorizace barev vlasů. Nejen že pro tyto účely zcela chybí jednotné srovnávací nástroje, ale je

velmi zatíženo osobním vnímáním každého jedince. Výzkum dánské výzkumné skupiny pod vedením Olivia S. Meyer (2019) potvrzuje naše zkušenosti s hodnocením barev v tomto kontextu. Tento tým provedl také testování barev očí na základě genetických markerů, který doplnili dotazováním 30 dobrovolníků na barvu očí u 442 fotografií detailních záběrů očí. Pokud dali dobrovolníkům na výběr tři kategorie barev očí (modrá, střední a hnědá barva), výsledky hodnocení předložených fotografií očí byly u nejméně 10% dobrovolníků v neshodě u 33% fotografií očí. V případě použití pouze dvou kategorií (modrá nebo hnědá barva), došlo mezi dobrovolníky k neshodě pouze v 10% fotografií. Méně kategorií a jejich jednoznačné rozdělení se tedy osvědčilo pro dotazování na barevné zařazení.¹⁹⁸ Na druhou stranu se tím vnáší do metody nižší citlivost – rozdělení barvy očí na modrou či světlou a hnědou či tmavou je poměrně hrubé. Obecně spíše stojí za zvážení vhodnost využívání barvy očí jako markeru pro kriminalistické účely. Vzhledem ke složitosti použití metody a nejednoznačným výsledkům se spíše nabízí zaměřit budoucí výzkum na jiné markery, například barvu pleti či výšku postavy a její BMI.

Biogeografický původ testovaných osob byl bezproblémově vyhodnocen, veškeré testované osoby byly evropského původu a software je tam na základě analýzy jejich DNA správně zařadil. Tři vzorky (č. 3, 16 a 19, v tabulce č. 3 označené *) se nachází na pomezí evropského a smíšeného amerického původu (v softwaru ozn.: „Admixed American“). Testované osoby tuto skutečnost nepotvrdily ani nevyvrátily. Takto vzdálená genetická příbuznost většinou nebývá mezi příbuznými, o kterých by měla testovaná povědomí, jedná se o poměrně dávnou genetickou příměs.

Korelace mezi naměřenými daty na základě analýzy DNA a skutečným vzhledem osob by se nabízela ke statistickému vyhodnocení. Nicméně v rámci výzkumného týmu na KÚ se nám dosud nepodařilo vypracovat exaktní, jednoznačnou a reprodučibilní metodu zařazení osob do skupin podle barvy očí či

¹⁹⁸ MEYER, Olivia, Claus BØRSTING a Jeppe D. ANDERSEN. *Perception of blue and brown eye colours for forensic DNA phenotyping*. 2019. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. roč. 7, č. 1. DOI: 10.1016/j.fsigss.2019.10.057.

vlasů. Zejména v případě barvy vlasů panuje mezi lidmi všeobecná neshoda v názoru na tutéž barvu za stejných světelných podmínek, a to platí především u tmavě blond až hnědých odstínů vlasů, což je jedna z nejčastějších střeoevropských variant. Z tohoto důvodu jsem od statistického vyhodnocování naměřených údajů upustila.

Výsledky tohoto výzkumu dosud nebyly opublikovány kvůli probíhajícímu výzkumu a většímu počtu jednotlivců, kteří stále poskytnou vzorky pro testování. Dále je zamýšleno testování dalších typů řešení testovacích souprav, aby se našla optimální kombinace sady primerů a dosáhlo se nejpevnějších výsledků fenotypizace forenzní DNA.

5.5. Úvod k určování věku osob z DNA

Určování věku osob je další populární metodou nadcházející kriminalistické genetiky. Zjištění, byť přibližného, věku osoby, která na kriminalistických stopách na místě činu zanechala svůj biologický materiál, může zásadním způsobem posunout vyšetřování – zejména zúžením okruhu podezřelých osob anebo jako operativně pátrací indicie.

V určitých vývojových obdobích člověka lze odhadnout jeho věk antropologickými metodami, jako je například určování kostního věku z rentgenových snímků, nebo určování zubního věku u dětí. U dospělého člověka již nedochází k tak zásadním změnám v konstituci v závislosti na kalendářním věku, ale na druhou stranu přibývají změny ovlivněné životním prostředím a životním stylem a tedy měrou opotřebování organismu.

Sledování změn v korelaci s věkem jedince a určitá forma predikce věku osoby na základě analýzy biologického materiálu má poměrně dlouhou historii, při čemž mezi nejznámějšími metodami lze jmenovat zkracování koncových částí chromozomů – tzv. telomer. Díky technologickému pokroku se v posledních letech dostala na výsluní metoda určování věku člověka na základě epigenetických úprav DNA, konkrétně metylace DNA.

Při epigenetických změnách dochází k navázání či ztrátě funkční skupiny na molekulu DNA, čímž je ovlivněna funkce určitého genu. V našem případě se jedná o připojování metylové skupiny na vlákno DNA, tzv. metylaci, která vykazuje zřetelnou korelaci s věkem jedince. Díky tomu je možné na základě míry metylace DNA odhadovat věk osob. Tento jev však neprobíhá lineárně jako nárůst kalendářního věku, ale je ovlivněn mnoha faktory – například životním prostředím, životním stylem (stres, kouření a jiné drogy, sport) či zdravotním stavem. Metylace neprobíhá ve všech tkáních totožně, což je dané specifitou jednotlivých druhů tkání a jejich aktivit. Analýza metylace různých tkání vyžaduje tedy specifický přístup a mírně odlišnou metodiku.

Pro výzkumné účely a do budoucna pro účely napomáhání objasňování trestné činnosti byla v laboratořích KÚ provedena řada experimentů zaměřených na určování věku původce biologického materiálu pocházejícího z různých tkání. Zaměřili jsme se zejména vzorky slin, bukalních stěrů, spermatu a krve. Tzv. „dotekové stopy“, kterými myslíme stěry z nástrojů a věcí, na které někdo sáhl nebo je držel v ruce, ale zanechal na nich pouze epitelální buňky a trochu potu, ale celkově velmi nízkou kvantitu DNA, jsme do výzkumu prozatím nezahrnuli z důvodu, že všechny dosud známé postupy analýzy metylace DNA vyžadují v současné době vysoké vstupní množství DNA, což u dotekových stop nelze splnit.

Pro stanovení míry metylace DNA jsou v současné době dostupné dvě technologie – prostřednictvím pyrosekvenace na přístroji pyrosekvenátoru anebo masivně paralelním sekvenováním na tzv. NGS, tedy sekvenátoru nové generace, což je ten samý přístroj, který byl využit u výše zmíněném určování vizuálních charakteristik či fenotypů z DNA.

Pyrosekvenování bylo dlouhou dobu považováno za zlatý standard metylační analýzy DNA z důvodu větší přesnosti, nižších nákladů na vzorek (zejména u nižšího počtu vzorků) a rychlosti zpracování. S technologickým pokrokem MPS začalo tyto přednosti pyrosekvenování dohánět a časem se k tomu to postupu začalo přiklánět více laboratoří, než tomu bylo původně. V současné době (tedy v době dokončování tohoto textu, v polovině roku 2022) mezi forenzními laboratořemi neexistuje konsensus jediného správného postupu určování věku na základě metylace DNA. Některé laboratoře upřednostňují

pyrosekvenování, jiné MPS a obě cesty dosahují velmi slibných výsledků. Nespornou výhodou KÚ je, že ve svém „vozovém parku“ laboratorních instrumentů disponuje oběma přístroji, může tedy provádět výzkum tímto směrem nezávisle na instrumentálních prerekvizitách. Do současné doby se výzkum zaměřený na určování věku na základě metylace DNA v KÚ prováděl metodou pyrosekvenování, v následujících podkapitolách tedy bude řeč o technologii využívající pyrosekvenátor.

Pro predikci věku osob v závislosti na míře metylace jejich DNA v experimentech prováděných v laboratořích KÚ (viz níže) byla využita opublikovaná metoda Zbieć-Piekarské a kol.¹⁹⁹ a ²⁰⁰ vyvinutá v Centrální kriminalistické laboratoři Polské policie. Metoda Zbieć-Piekarské vyniká přesností predikce, rychlým zpracováním, nízkými náklady na zpracování vzorku a v neposlední řadě poměrně nízkým množstvím potřebného vstupního materiálu. V rámci analýzy je zapotřebí poměrně krátkých úseků molekuly DNA, což činí metodu vhodnou pro zpracování forenzních vzorků, které jsou často fragmentované či jinak poškozené.

Metoda naráží na své limity z hlediska možnosti zpracování vyššího počtu vzorků najednou, pyrosekvenátor (např. PyroMark Q24) je standardně konstruovaný na max. 24 vzorků, což je podstatně méně oproti MPS sekvenátoru (např. MiSeq), který zvládá 96 vzorků najednou.

U metylační analýzy je potřeba brát v potaz skutečnost, že metylace je biologický jev vyznačující se tkáňovou specifitou. V různých tkáních probíhá metylace DNA jinou rychlostí a pro přesné zjištění věkové korelace s metylací v určité tkáni je tedy zapotřebí použít specifické kombinace markerů. Kombinace velmi dobře fungující pro vzorky krve proto vykazují příliš velkou chybovost například u vzorků spermatu. Jinak se z hlediska metylace chovají vzorky čistě slin a bukalní stěry, které obsahují sliny, ale také epiteliální buňky z povrchu sliznic úst a dásní. Pro případ ideálního vzorku, který obsahuje velké množství

¹⁹⁹ ZBIEĆ-PIEKARSKA Renata, a kol. Examination of DNA methylation status of the ELOVL2 marker may be useful for human age prediction in forensic science. 2015. Forensic Sci. Int. Genet. roč. 14, s. 161-167. DOI: 10.1016/j.fsigen.2014.10.002.

²⁰⁰ ZBIEĆ-PIEKARSKA Renata, a kol. Development of a forensically useful age prediction method based on DNA methylation analysis. 2015. Forensic Sci. Int. Gen. roč. 17, s. 173-179. DOI: 10.1016/j.fsigen.2015.05.001.

nepoškozené DNA, by bylo možné vyvinout komplexní sadu obsahující markery pro všechny typy lidských tkání. Toto řešení ale není ekonomické a neodpovídá reálnému forenznímu vzorku, kdy kriminalisté zpravidla zajišťují DNA, které není příliš velké množství a mnohdy je také fragmentovaná. Jako cesta se momentálně jeví vyvinutí optimalizovaných sad přibližně pěti markerů pro jednotlivé typy tkání zvlášť.

Metoda Zbieć-Piekarské byla vyvinuta na krevních vzorcích, na kterých účinkuje s vysokou přesností. Naše studie spočívá v:

- zopakování postupů dle Zbieć-Piekarské a kol. v podmínkách naší laboratoře a na vzorcích osob z české populace
- pokusu aplikovat tuto metodu na další typy tkání (konkrétně sliny, bukalní stěry a sperma)
- stanovení a porovnání přesnosti této metody pro různé typy biologických tkání.

5.6. Materiál a metody – určování věku osob z DNA

V laboratořích KÚ byly provedeny analýzy míry metylace DNA za účelem predikce věku osob na základě metody Zbieć-Piekarské a kol.²⁰¹ pomocí následujícího vybavení:

- amplifikační sady AgePlex Mono Kit (BioVectis) obsahující pět markerů dle Zbieć-Piekarské (ELOVL2, C1orf132, TRIM59, KLF14 a FHL2),
- komerčního kitu pro bisulfitovou konverzi EpiTect® Fast Bisulfite Conversion Kit (QIAGEN),
- přístroje použitého pro automatizovanou purifikaci (tj. přečištění) vzorků QIAcube Connect (QIAGEN),
- přístroje PyromarkQ48 (Qiagen),

²⁰¹ ZBIEĆ-PIEKARSKA Renata, a kol. Development of a forensically useful age prediction method based on DNA methylation analysis. 2015. Forensic Sci. Int. Gen. roč. 17, s. 173-179. DOI: 10.1016/j.fsigen.2015.05.001.

- vyhodnocovacího programu ForenSeq™ Universal Analysis Software (Verogen).

Analýza byla provedena na vzorcích krve, slin, bukalních stěrů a spermatu poskytnutých od dobrovolníků. Pro odebrání vzorků krve, bukalních stěrů a spermatu byly použité odběrové tampony COPAN 4N6 FLOQSwabs™. Pro odebrání vzorků slin byla použita odběrová sada GENOTEK Oragene ® DNA/saliva.

Izolace DNA z odebraného biologického materiálu a kvantifikace výtěžku proběhla standardním způsobem, jak bylo popsáno výše – viz podkapitola 6.2. Materiál a metody – DNA fenotypování.

Každý vzorek byl zpracován v tzv. triplikátu – tedy třikrát samostatně zcela stejný vzorek o identické koncentraci DNA totožného jedince. Zpracovávání vzorků v duplikátech (tedy dvakrát týž vzorek) či triplikátech se při výzkumu a optimalizaci metod standardně používá pro ověření spolehlivosti a opakovatelnosti metody a postupů při zpracování.

Pro pyrosekvenční metodu je nutný krok, který u předchozích metod nebyl představen, a to bisulfitová konverze. Během bisulfitové konverze dojde k chemickému „zviditelnění“ methylace pro odlišení metylované a nemetylované DNA. Zjednodušeně popsáno, vlákna DNA dvoušroubovice jsou nejprve rozdělena a cytosiny v jednom vlákně DNA jsou za pomoci hydrogensířičitanu sodného přeměněny na uracily, přičemž metylované cytosiny zůstanou nedotčené. Uracily se párují s adeninem, takže po následné amplifikaci polymerázovou řetězovou reakcí a sekvenací uvidíme na místě těchto nemetylovaných cytosinů bázi thymin. Oproti tomu metylované cytosiny nejsou bisulfitovou konverzí zasaženy, párují se klasicky s guaninem a v následné sekvenaci zůstanou zachovány jako cytosiny, čímž se tato místa na DNA odliší od sebe navzájem.

Originální postup v metodě Zbieć-Piekarské uvádí použití vstupní koncentrace DNA do bisulfitové konverze 2 µg DNA. Toto množství není kriticky nízké pro vzorky krve, ale pro ostatní typy biologického materiálu se již jedná o velké množství, které u kriminalistických stop nelze automaticky očekávat. Rozhodli

jsme se proto použít postup německého kolegy Jana Fleckhause, který za využití stejného komerčního kitu pro metylační analýzu DNA, jako jsme zvolili pro naši studii my, pracoval se vstupním množstvím DNA 100 ng DNA. Doporučené množství výrobce kitu je 1 ng – 2 µg DNA, což je poměrně široké rozmezí. Rozhodli jsme se proto držet množství, které se kolegovi Fleckhausovi a kolektivu prokazatelně osvědčilo.²⁰²

Při nahlédnutí do zdrojových článků je na první pohled patrné, že různé laboratoře používají různá vstupní množství DNA do reakce. Při volbě vstupního množství DNA do reakce je potřeba mít na paměti použitý kit pro bisulfidovou konverzi, protože efektivita bisulfitové konverze se zpravidla poměrně značně liší od použitého kitu, ztráty při přečištění dle zvoleného purifikačního kitu a postupu a stejně tak i použitou technologii, protože kupříkladu pyrosekvenování je skromnější (na potřebné minimální vstupní množství DNA než metoda masivního paralelního sekvenování). Obecně proto nelze univerzálně stanovit jednotné „ideální“ vstupní množství do reakce, které je udáno více faktory.

Nevýhodou bisulfitové konverze je, že podmínky potřebné pro průběh tohoto kroku (vysoká teplota, nízké pH, reakce DNA se hydrogensířičitanem sodným) molekuly DNA značně poškozují. Tím dochází ke snížení množství analyzovatelné DNA ve vzorku, což je speciálně pro forenzní vzorky problém, který je potřeba řešit, protože množství vzorku a tedy i DNA dostupné z kriminalistických stop je vždy více či méně limitované. Tyto škody lze zmírnit zkrácením doby průběhu bisulfitové konverze, kdy však na druhou stranu riskujeme neúplnou konverzi nemetylovaných cytosinů na thymin a zkreslení výsledků. Vědecké týmy v současnosti pracují na vyvinutí postupu bez nutné bisulfitové konverze, ale tato metoda je dosud ve vývoji.²⁰³

Po bisulfitové konverzi je DNA přečištěna od zbytků předchozích reakcí. Oba kroky, bisulfitová konverze DNA i následné přečištění jsou nevyhnutelně spojené se dalšími ztrátami DNA. Výtěžek DNA po konverzi a přečištění je tedy značně

²⁰² FLECKHAUS, Jan a Peter M. SCHNEIDER *Novel multiplex strategy for DNA methylation-based age prediction from small amounts of DNA via Pyrosequencing*. 2020. *Forensic Sci. Int. Genet.* roč. 44:102189. doi: 10.1016/j.fsigen.2019.102189.

²⁰³ LIU Yibin, SIEJKA-ZIELIŃSKA Paulina, VELIKOVA, Gergana a kol. *Bisulfite-free direct detection of 5-methylcytosine and 5-hydroxymethylcytosine at base resolution*. 2019. *Nature Biotechnology*, č. 37, s.424–429. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0041-2>.

snížen – v případě použití kitu pro bisulfitovou konverzi EpiTect® Fast Bisulfite Conversion Kit lze očekávat okolo 52% vstupního množství DNA.²⁰⁴

Následně je provedeno namnožení zájmových míst na DNA, tzv. amplifikace, pomocí metody PCR. V našem případě jsme pro amplifikaci DNA zvolili komerčně dostupnou sadu AgePlex Mono Kit (BioVectis), která obsahuje pět primerů pro markery vhodné pro predikci věku osob dle Zbieć-Piekarské (ELOVL2, C1orf132, TRIM59, KLF14 a FHL2).²⁰⁵

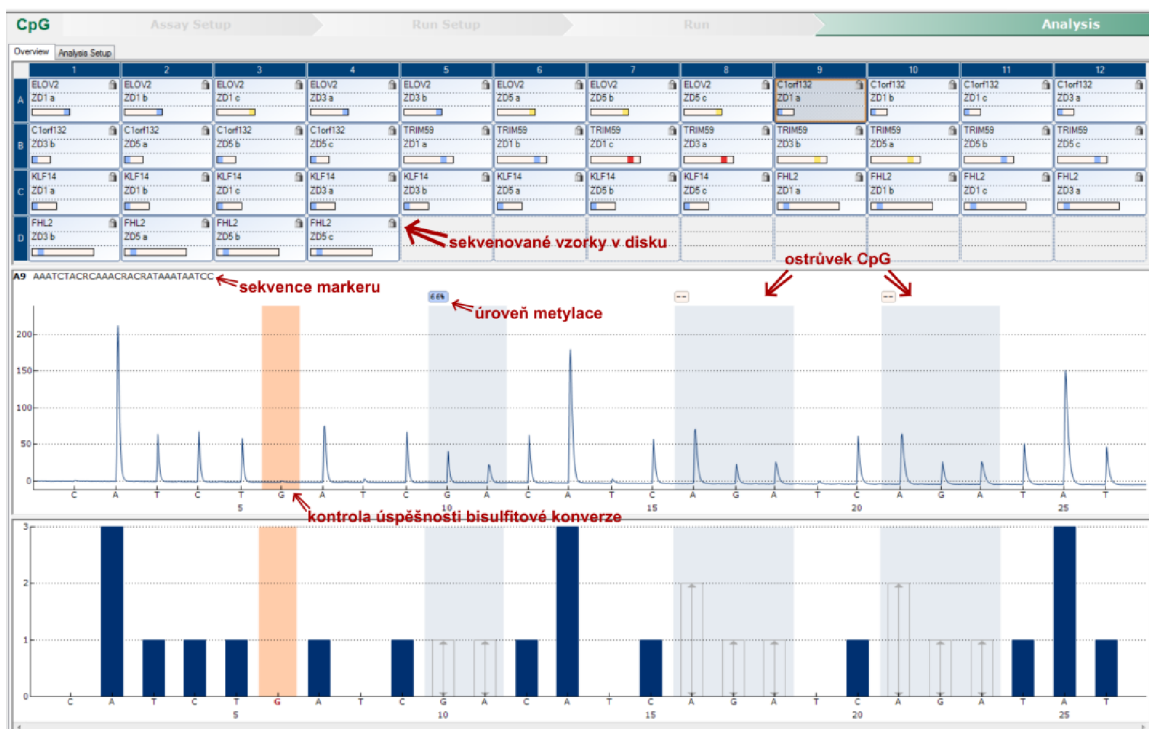
Po amplifikaci DNA může následovat buď klasická sekvenace DNA (někdy také nazývána jako Sangerova sekvenace podle svého objevitele Fredericka Sangera), či masivně paralelní sekvenování DNA, které je výhodnější pro větší počet vzorků či testovaných míst, anebo konečně metoda pyrosekvenování, což je náš případ.

Pyrosekvenování bývá v literatuře definováno jako sekvenace syntézou, tedy proces, při kterém se k templátovému vlákně DNA získanému z našeho vzorku biologického materiálu nasyntetizuje komplementární druhé vlákno. Tato část je ještě podobná jako u klasické sekvenace (využívané i pro MPS). Pro pyrosekvenaci je však typická bioluminiscenční enzymatická reakce zahrnující enzym luciferázu, který způsobuje světelný signál. Pyrosekvenátor tyto záblesky umí detekovat a zaznamenávat. Získané signály jsou pyrosekvenátor softwarově převede do výsledného záznamu. Výstup pyrosekvenátoru tvoří tzv. pyrogram. Ukázkový pyrogram je pro ilustraci níže přiložený jako obr. č. 15 – ukázka pyrogramu uvedeného v diplomové práci kolegyně Orlíčkové spolupracující s naším týmem na výzkumném tématu určování věku osob na základě metylace DNA.²⁰⁶

²⁰⁴ ORLÍČKOVÁ, Jana. *Určování stáří donora biologického materiálu pomocí pyrosekvenace*. 2021. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Rotková, Gabriela.

²⁰⁵ ZBIEĆ-PIEKARSKA Renata, a kol. Development of a forensically useful age prediction method based on DNA methylation analysis. 2015. *Forensic Sci. Int. Gen.* roč. 17, s. 173-179. DOI: 10.1016/j.fsigen.2015.05.001.

²⁰⁶ ORLÍČKOVÁ, Jana. *Určování stáří donora biologického materiálu pomocí pyrosekvenace*. 2021. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Rotková, Gabriela.



Obr. č. 15: Ukázka pyrogramu znázorňující zdařilou sekvenaci markeru C1orf132. Laskavě poskytnuto z: ORLÍČKOVÁ, Jana. Určování stáří donora biologického materiálu pomocí pyrosekvenace. 2021. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Rotková, Gabriela.

Pro vlastní práci na pyrosekvenátoru PyroMark jsme použili software PyroMark® Q48 Autoprep (Qiagen). Naměřené hodnoty odečtené z pyrogramů jsme zadali do aplikace vytvořené pro tyto účely společností BioVectis, která je volně dostupná na doméně: <http://biovectis.com/forensic1/age-calculator>. Tato online výpočetní aplikace „The Age estimation calculator“ převádí hodnoty naměřené pyrosekvenátorem v závislosti na použitých markerech a jeho výstupem je odhadovaný věk – pro ilustraci obr. č. 16.

The Age estimation calculator

Marker	[%]
ELOVL2 - C7	70
C1orf132 - C1	53
TRIM59 - C7	36
KLF14 - C1	9
FHL2 - C2	31

AgePlex

Estimated Age

43

Obr. č. 16: Ukázka kalkulátoru věku na základě naměřených údajů metylace DNA. Získáno z: <http://biovectis.com/forensic1/age-calculator> dne 02.08.2022.²⁰⁷

Hodnoty získané měřením úrovně metylace vzorku DNA jsou následně statisticky vyhodnocovány. Nejdůležitější hodnotou, která s vyhodnocováním pyrosekvenování prakticky pokaždé bývá spojována je průměrná absolutní odchylka souboru dat, pro kterou se v zahraniční i tuzemské odborné literatuře vžila zkratka MAD (z anglického výrazu mean absolute deviation). MAD hodnota vyjadřuje průměr absolutního rozdílu naměřených odchylek od průměru.

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$$

MAD popisuje rozptyl dat a nejlépe se hodí pro statistické vyjádření hodnot naměřených pyrosekvenací, protože lépe odpovídá rozložení dat (nevyžaduje normální, tedy Gaussovo, rozložení hodnot) a je tedy ve výpočtu přesnější.

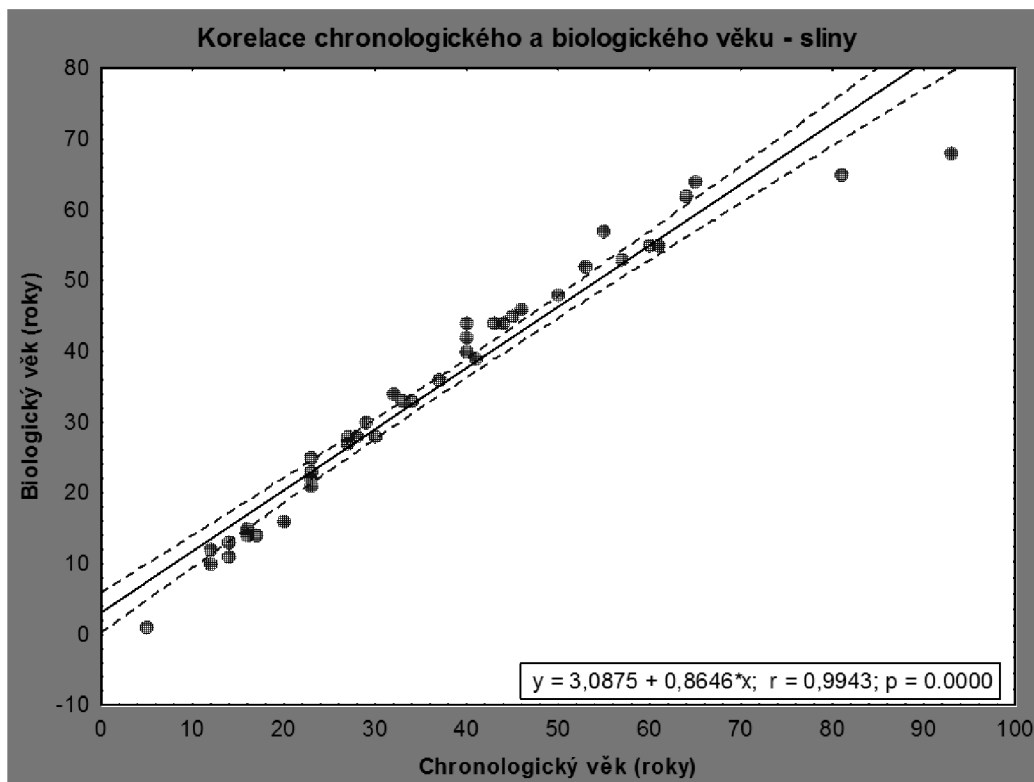
²⁰⁷ BioVectis, Age calculator. [online]. [cit.02.08.2022]. Dostupné z: <http://biovectis.com/forensic1/age-calculator>.

5.7. Výsledky určování věku osob z DNA

Nejprve byla analýza metylace DNA dle Zbiec-Piekarské otestována na vzorcích krve. Původně bylo pro tuto analýzu zamýšleno použití vyššího počtu vzorků, ale z důvodu obtížnějšího obstarávání materiálu a momentálnímu nedostatku reagensů, byly použity pouze čtyři vzorky krve. Vzhledem k tomu, že metoda Zbiec-Piekarské je právě pro krevní vzorky validována, šlo pouze o ověření funkčnosti metody v podmínkách naší laboratoře. Vzorky krve byly později ve spolupráci s lékařskou institucí získány a budou dotestovány v budoucnu, v této práci je však již zohledňovat nebude. Pro naše účely ověření funkčnosti metody v našich podmínkách získané vzorky pro tento okamžik postačují. Pro případnou pozdější akreditaci metody budou další vzorky krve dotestovány. Počet vzorků není vhodný pro statistické zpracování, proto zde konkrétní naměřená data nebude dále vyhodnocovat a budu se detailněji věnovat vzorkům slin, bukalním stěrům a vzorkům spermatu, které byly předmětem hlavního zkoumání.

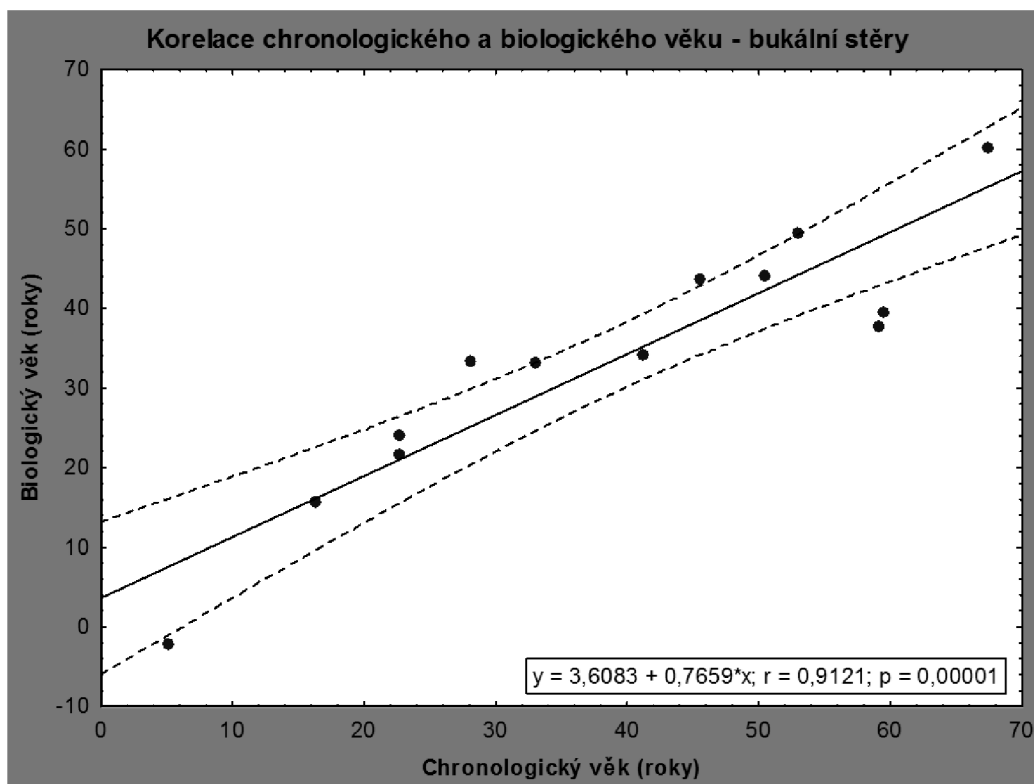
Jako druhý testovaný biologický materiál jsme zvolili sliny. Sliny obsahují stejný zdroj DNA jako krev – buňky lymfocyty (pozn.: druh bílých krvinek), lze proto očekávat obdobnou úspěšnost testovací metody jakou krve. Pro analýzu ze slin jsme získali 40 vzorků od jedinců ve věkovém rozmezí od 5 do 93 let. V případě slin byla zjištěna vysoká korelace biologického a chronologického věku ($r = 0,9943$) – viz obr. č. 17. Průměrná absolutní odchylka naměřených hodnot u slin byla naměřena velice nízká: $MAD = \pm 2,74$ let. To poukazuje na vysokou přesnost zvolené metody pro tento typ tělní tekutiny.

Přesné hodnoty použité pro výpočet MAD a detailní rozebrání statistických výpočtů vztahujících se k tomuto tématu je uvedeno v diplomové práci kolegyně Orlíčkové, která s námi na výzkumném tématu spolupracovala a naměřená data použila ve své diplomové práci. Pro zájemce jsou k nahlédnutí v: ORLÍČKOVÁ, Jana. *Určování stáří donora biologického materiálu pomocí pyrosekvence*. 2021. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Rotková, Gabriela. V této dizertační práci jsem těmto detailům nevěnovala prostor z důvodu neúčelnosti a přílišné vzdálenosti od vlastního tématu dizertační práce.



Obr. č. 17: Graf korelace biologického a chronologického věku naměřené u vzorků slin. Dosud nepublikovaný materiál výzkumného týmu poskytnut s laskavým svolením hlavní řešitelky grantu, kolegyně Ivy Kulichové (2022).

Dalším testovaným biologickým materiálem jsou bukální stěry, tedy stěry sliznice z dutiny ústní a okolí dásní. Na první pohled se tento vzorek může zdát analogický ke vzorku slin, ve skutečnosti však má odlišné složení. Zdrojem DNA u bukálních stěrů jsou lymfocyty jako v případě slin, ale také epiteliální buňky ústní sliznice, které již mají odlišný metylační profil od bílých krvinek. Bukální stěry byly analyzovány na datasetu 13 vzorků jedinců ve věku od 5 do 67 let. Původně byl zamýšlen pro bukální stěry stejně velký dataset jako u vzorků slin, ale z důvodu zpoždění objednávek chemických činidel byl v době dokončování méj disertační práce hotový pouze tento zlomek. Korelace biologického a chronologického věku byla zjištěna u vzorků bukálních stěrů nižší, avšak stále vysoká ($r = 0,9121$), viz obr. č. 18. Průměrná absolutní odchylka naměřených hodnot u bukálních stěrů byla naměřena $MAD = \pm 5$ let. Pro forenzní využití metody by bylo zapotřebí zrevidovat použité markery, některé byly vyhodnoceny jako méně vhodné až nevhodné pro tento typ biologického materiálu.



Obr. č. 17: Graf korelace biologického a chronologického věku naměřené u vzorků bukálních stěrů. Dosud nepublikovaný materiál výzkumného týmu poskytnut s laskavým svolením hlavní řešitelky grantu, kolegyně Ivy Kulichové (2022).

Jako poslední testovaný biologický materiál jsme zvolili sperma. Již po analýze prvních tří vzorků poskytnutých dobrovolníky bylo zřejmé, že v testování nemá smysl pokračovat. Záporné hodnoty predikovaného věku (viz obr. č. 19) jen potvrdily, co jsme předpokládali na základě velmi odlišného typu tkáně, a to, že pro sperma bude zapotřebí zcela odlišná metodika a rozhodně odlišné markery. Zvolené markery, které se standardně používají pro analýzu krve, pro stanovení věku ze spermatu vhodné nejsou. Metylační profil spermií je zcela odlišný od somatických buněk (pozn.: somatické buňky jsou tělní buňky, které nejsou pohlavními buňkami, při čemž pohlavními buňkami rozumíme u lidí spermie a vajíčka).

SPERMA			
číslo vzorku	koncentrace DNA po izolaci [ng/μl]	chronologický věk (roky)	odhad věku (roky)
13021	3,5	30	-11
13023	21,0	31	-16
13024	8,2	31	-17

Obr. č. 18: Výsledky měření metylace DNA u spermatických vzorků. Predikovaný věk nejen že neodpovídá chronologickému, neboli kalendářnímu věku osoby, ale dává zcela nesmyslnou hodnotu. Tkáňová specifita metylace je v tomto případě natolik odlišná, že sada markerů úspěšně používaná na jiné typy tkání je pro sperma zcela nepoužitelná. Dosud nepublikovaný materiál výzkumného týmu poskytnut s laskavým svolením hlavní řešitelky grantu, kolegyně Ivy Kulichové (2022).

5.8. Vyhodnocení a diskuse k určování věku osob z DNA

Predikce věku osoby společně s určením jeho biogeografického původu a případně vizuálních charakteristik ze vzorku DNA znamená zásadní posun v identifikační genetice. Tyto informace mohou synergicky vytvořit poměrně plastický „obraz“ osoby, která se nacházela na místě činu a poskytnout OČTŘ indicie zásadní pro probíhající vyšetřování.

Metoda Zbiec-Piekarské byla vyvinuta na krevních vzorcích, pro které se osvědčila i v podmínkách našich laboratoří a na vzorcích z české populace. Metodika vykazuje velmi vysokou korelaci biologického a chronologického věku pro vzorky krve, slin a poměrně vysokou korelaci u vzorků bukalní stěrů. Nejlepší průměrnou absolutní odchylku jsme naměřili u vzorků slin, $MAD = \pm 2,74$ let.

Zvolená metodika se ukázala být zcela neprůchozí pro vzorky spermatu. Tkáňová specifita metylace je v případě spermatu natolik odlišná od ostatních tkání (myšleno od tkání složených ze somatických – nepohlavních buněk, zatímco sperma je složené z buněk pohlavních), že sada markerů úspěšně používaná na jiné typy tkání je pro sperma zcela nepoužitelná.

Určování věku osob ze spermatu je kriminalisticky zájmovou výzkumnou otázkou, protože stopy spermatu jsou významný důkazní materiál zejména

v případech sexuálně motivovaných trestných činů. Proto jsme se rozhodli ve vývoji vhodné metodiky pro tento biologický materiál pokračovat ve spolupráci s forezním genetikem prof. Jiřím Drábkem a jeho kolektivem na Ústavu molekulární a translační medicíny Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, kteří se též dlouhodobě věnují určování věku osob na základě metylace DNA pro forezní účely. Výsledky pokračování tohoto výzkumu již nebudou zahrnuty do této disertační práce, ale stane se součástí budoucích publikací.

Další zásadní překážkou, kterou se v současné době ve vztahu k určování věku na základě metylace DNA snaží genetici překonat, je – krom výše zmíněného druhu biologického materiálu – vstupní množství DNA. Kriminalistické stopy často nemají ideální kvantitu pro všechny druhy analýz, které by na nich bylo potřeba provést. Forezní genetici se proto snaží vyvíjet stále citlivější metody, aby i z velmi slabých stop (tj. s nižší kvantitou DNA) bylo možné získat maximum kriminalisticky relevantních informací. Zbieć-Piekarska a kol. používali vstupní množství DNA pro metylační analýzu ve své studii 2 µg DNA. To je poměrně vysoká hodnota, což se odvíjí od zvoleného druhu biologického materiálu. V případě krve stačí i velmi malá kapička pro získání vysoké kvantity DNA, proto u krve zpravidla nebývá kvantita problémem, který by bylo potřeba řešit. V publikovaných studiích na určování věku metylační analýzou DNA obvykle bývá uváděno vstupní množství do reakce okolo 200-500 ng DNA.²⁰⁸ My jsme použili pro všechny testované druhy biologického materiálu vstupní množství do reakce 100 ng DNA po vzoru Jana Fleckhause (detaily v kapitole 6.6. Materiál a metody – určování věku osob z DNA), který s touto kvantitou úspěšně pracoval při použití stejného kitu, jako jsme použili v našich experimentech v rámci výzkumu na věkovou predikci v laboratořích KÚ.^{209 a 210}

²⁰⁸ ORLÍČKOVÁ, Jana. *Určování stáří donora biologického materiálu pomocí pyrosekvenace*. 2021. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Rotková, Gabriela.

²⁰⁹ FLECKHAUS, Jan a Peter M. SCHNEIDER *Novel multiplex strategy for DNA methylation-based age prediction from small amounts of DNA via Pyrosequencing*. 2020. *Forensic Sci. Int. Genet.* roč. 44:102189. doi: 10.1016/j.fsigen.2019.102189.

²¹⁰ ZBIEĆ-PIEKARSKA Renata, a kol. *Development of a forensically useful age prediction method based on DNA methylation analysis*. 2015. *Forensic Sci. Int. Gen.* roč. 17, s. 173-179. DOI: 10.1016/j.fsigen.2015.05.001.

Jako hranici minimálního vstupního množství DNA do PCR reakce, soudě dle aktuálních studií a osobní zkušenosti, lze v současné době uvést hodnotu okolo 10 ng DNA.^{211,212, 213 a 214} Při použití 100 ng DNA před bisulfitovou konverzí byla tato hranice bezpečně dodržena.

U metylační analýzy je množství vstupní DNA do reakce ještě citlivější otázkou než u STR nebo SNP analýzy, protože metylace je jevem binárním – molekula DNA ve sledovaném místě buď je, nebo není metylovaná. Pro spolehlivou interpretaci výsledků, zejména v případě forenzní praxe, je proto zapotřebí více molekul DNA.²¹⁵ Vstupní množství DNA pro metylační analýzu v případě naší studie postačovalo i s určitou rezervou, je však nutné brát v potaz, že naším dlouhodobým cílem je vyvinout metodu vhodnou pro forenzní využití.

Typickým vzorkem ve forenzní praxi je biologický materiál zajištěný z předmětu či nějakého povrchu na místě činu či kriminalisticky relevantní události. Tyto vzorky bývají často degradované a/nebo obsahují menší množství DNA než je ideální hodnota pro laboratorní zpracování. Stopy biologického materiálu neviditelné pouhým okem, tzv. latentní stopy odebírané „naslepo“ na místech předpokládaného výskytu dle obvyklé nebo očekávané manipulace s předmětem na základě zkušenosti kriminalisty či na základě popisu skutku jsou jedny z nejčastěji zajišťovaných kriminalistických stop odesílaných ke genetickému zkoumání na KÚ. Množství DNA v těchto latentních stopách se pohybuje do 100 pg/μl.²¹⁶ V případě bukálních stěrů, slin, krve či spermatu se již dostáváme o řád výše, ze pikogramů na mikrolitr na nanogramy na mikrolitr. U bukálních stěrů se

²¹¹ ORLÍČKOVÁ, Jana. *Určování stáří donora biologického materiálu pomocí pyrosekvenace*. 2021. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Rotková, Gabriela.

²¹² ZBIEĆ-PIEKARSKA Renata, a kol. Development of a forensically useful age prediction method based on DNA methylation analysis. 2015. *Forensic Sci. Int. Genet.* roč. 17, s. 173-179. DOI: 10.1016/j.fsigen.2015.05.001.

²¹³ FLECKHAUS, Jan a Peter M. SCHNEIDER *Novel multiplex strategy for DNA methylation-based age prediction from small amounts of DNA via Pyrosequencing*. 2020. *Forensic Sci. Int. Genet.* roč. 44:102189. doi: 10.1016/j.fsigen.2019.102189.

²¹⁴ NAUE, Jana a kol. *Proof of concept study of age-dependent DNA methylation markers across different tissues by massive parallel sequencing*. 2018. *Forensic Sci. Int. Genet.* roč. 36, s. 152-159. doi: 10.1016/j.fsigen.2018.07.007. PMID: 30031222.

²¹⁵ NAUE, Jana a kol. *Proof of concept study of age-dependent DNA methylation markers across different tissues by massive parallel sequencing*. 2018. *Forensic Sci. Int. Genet.* roč. 36, s. 152-159. doi: 10.1016/j.fsigen.2018.07.007. PMID: 30031222.

²¹⁶ GILL, Peter. *Application of Low Copy Number DNA Profiling*. 2001. *Croat. Med. J.* 42(3):229-232. PMID: 11387628.

množství odebrané DNA pohybuje obvykle okolo jednotek ng/μl, v závislosti na efektivitě odběru.²¹⁷ U čerstvě odebraných slin, budeme-li počítat průměr ze vzorků použitých v rámci této studie, je množství získané DNA 59 ng/μl. U slin, které stihly zaschnout, což více reflektuje typický forenzní vzorek, je odhadované množství DNA okolo 5 ng/μl.²¹⁸ Co se týče spermatu, hodnoty se mohou měnit dle dárce, ale obecně lze očekávat až 300 ng/μl výtěžnost z izolace DNA. U krve se výtěžnost mění dle způsobu uchovávání, a zda byla odebrána živé osobě či osobě kratší či delší dobu po smrti – nejvyšších hodnot bude dosahovat krev čerstvě odebraná živé osobě, u zaschlé krevní skvrny, což je poměrně typický forenzní vzorek, se výtěžnost pohybuje okolo 0,02-40 ng/μl vs. max. 5 ng/mm².²¹⁹ a ²²⁰ Z těchto čísel je zřejmé, že pro analýzu ve forenzní praxi je vždy lepší počítat s menším množstvím DNA. Dlouhodobá snaha vědců po celém světě proto směřuje k vyvinutí metod a technologií, které menší množství DNA zvládají přesně a spolehlivě analyzovat.

Co se týče otázky degradace DNA, je tato metoda pyrosekvenování velmi vhodně zvolená i pro starší vzorky či vzorky biologického materiálu, u kterého lze očekávat jistou míru poškození, protože během pyrosekvenování se pracuje s poměrně krátkými úseky DNA – pouze okolo 100 bp. Pro srovnání – u metod využívajících NGS se zkoumají úseky až trojnásobné – kolem 300 bp.²²¹ Zbiec-Piekarska a kol. v roce 2015 publikovali studii o degradaci krevních vzorků uchovávaných při pokojové teplotě po dobu 5, 10 a 15 let. Při použití 45 vzorků od dobrovolníků v rozmezí 1-81 let bylo zjištěno, že u vzorků měsíc uchovávaných na pokojové teplotě není prakticky žádný rozdíl oproti vzorkům čerstvě

²¹⁷ kpt. Mgr. Tereza Miklós, 25. 5. 2021, ústní sdělení.

²¹⁸ kpt. Mgr. Gabriela Rotková, PhD, 22. 5. 2021, ústní sdělení.

²¹⁹ ORLÍČKOVÁ, Jana. *Určování stáří donora biologického materiálu pomocí pyrosekvenace*. 2021. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Rotková, Gabriela.

²²⁰ Výše uvedené hodnoty je nutné vnímat orientačně, jedná se o údaje ilustrativní, skutečné množství získané DNA ze vzorku biologického materiálu zejména v případě forenzní praxe se různí v závislosti na mnoha faktorech jako je například způsob odběru biologického materiálu, fyzikální podmínky působící na něj během jeho uchovávání či transportu či zvolená metoda izolace DNA z tohoto materiálu. K tomuto více na: KŘENEK, Petr a Barbora KŘENKOVÁ. Rizika při zajišťování, manipulaci a skladování kriminalistických stop v rámci Policie ČR. 2021. Kriminalistika. roč. 54, č. 3, s. 201-218.

²²¹ ORLÍČKOVÁ, Jana. *Určování stáří donora biologického materiálu pomocí pyrosekvenace*. 2021. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Rotková, Gabriela.

odebraným. U vzorků starých 5, 10 a 15 let bylo možné sledovat postupující degradaci, ale i tak byl u 68% osob určen věk s přesností v rozmezí ± 7 let. Degradace DNA tedy patrně není pro úspěšný výsledek metylační analýzy DNA natolik určující jev jako výše zmíněná nízká koncentrace DNA a s tím spojené stochastické efekty.²²²

²²² ZBIEĆ-PIEKARSKA Renata, a kol. Examination of DNA methylation status of the ELOVL2 marker may be useful for human age prediction in forensic science. 2015. Forensic Sci. Int. Genet. roč. 14, s. 161-167. DOI: 10.1016/j.fsigen.2014.10.002.

6. KAZUISTIKA

6.1. Kazuistika k využití vizuálních charakteristik

V této kapitole bude uvedeno, zda existují doložené případy, kdy bylo pro účely soudního řízení využito zjišťování vizuálních charakteristik osoby na základě analýzy DNA, a jaké případy to jsou.

Genetické určení vizuálních charakteristik osoby, v tomto případě barvy kůže, vlasů a očí, ze vzorku DNA z místa činu bylo využito v případě vyšetřování série znásilnění ve francouzském Lyonu. Umožnilo to rozhodnutí kasačního soudu v Lyonu č. 3280 ze dne 25. června 2014. V odůvodnění soudního rozhodnutí se uvádí, že vzhledem k tomu, že biologické stopy nalezené u dvou z obětí neumožnily identifikaci pachatele podle jeho autosomálního profilu, vyšetřující soudce nařídil znalecký posudek směřující k analýze těchto stop poskytující základní údaje z DNA (tzv. autosomální profil) a dále veškeré relevantní informace týkající se viditelné morfologické povahy podezřelého. Toto bylo umožněno za předpokladu, že nedošlo k pokusu o identifikaci nemoci a neměl by tedy být tento případ posuzován podle článku 16.10. Dále pak bylo toto rozhodnutí umožněno za předpokladu, že při analýze byla použita DNA, která byla od osoby dříve přirozeně oddělena, což bylo v souladu s občanským zákoníkem 16.11, kterým je stanoveno opatření pro respektování a ochranu lidského těla (tj. stopa není součástí integrity těla).^{223 a 224}

Hojného využití se těmto metodám dostalo v některých státech USA dílem kontroverzní americké firmy Parabon Nano-Labs ve státě Virginia. Tato soukromá firma od roku 2014 nabízí státním složkám službu rekonstrukce profilu obličeje na

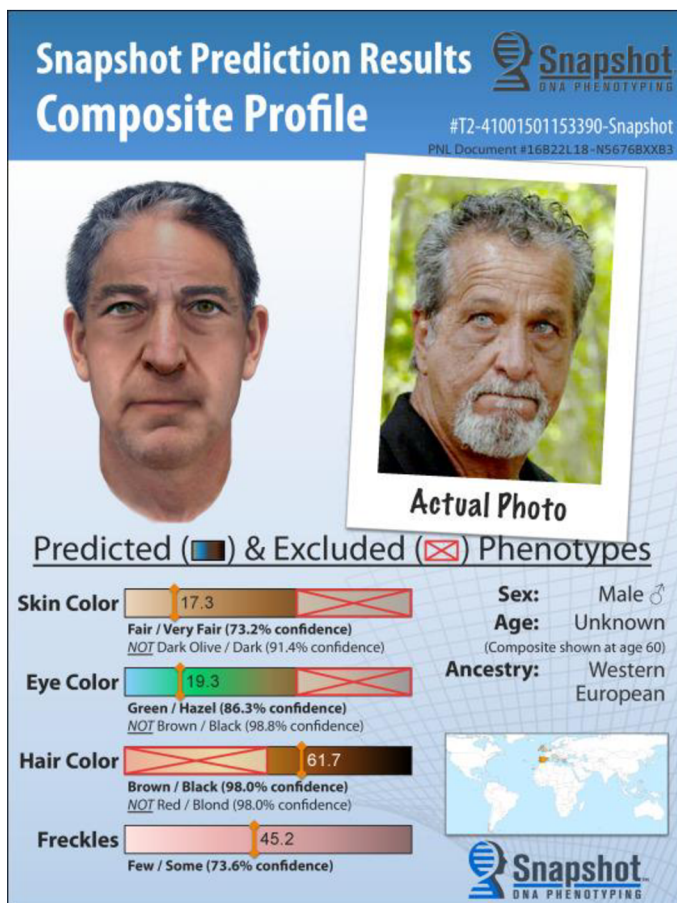
²²³ Rozsudek odvolacího soudu v Lyonu č. 3280 ze dne 25. června 2014 (13-87.493) – The Arrêt n° 3280 de la cour de cassation (25. června 2014).

Pracovala jsem s anglickým překladem rozsudku dostupným spolu s francouzským originálem online na: http://www.visageh2020.eu/PDF/Deliverable_5.1_for_posting_online_DECEMBER_2018.pdf

²²⁴ SAMUEL, Gabrielle a Barbara PRAINSACK. *The regulatory landscape of forensic DNA phenotyping in Europe VISAGE*. 2018. [online]. [cit. 10.11.2019]. Dostupné z: <http://www.visageh2020.eu/>.

základě analýzy vzorku DNA s využitím vlastní softwarové aplikace Parabon® Snapshot™ – viz obr. č. 20. Rozsah této analýzy zahrnuje určení mužského či ženského pohlaví, markerů pro tvar obličeje, množství pih, barvu kůže, vlasů a očí, dále pak biologickou příslušnost k jedné nebo více ze sedmi rozlišovaných populací (Afrika, Střední východ, Evropa, střední/jižní Asie, východní Asie, Oceánie a domorodí obyvatelé Ameriky), které společnost dále rozlišuje na některé subpopulace jako např. Japonci, některé specifické oblasti Evropy či obecně Židé. Zjištěné hodnoty jsou zadány do bioinformatického statistického modelu vyvinutého přímo v Parabonu a výsledkem je počítačově vymodelovaný obraz pravděpodobného obličeje osoby odpovídající zadaným znakům. Na stránkách společnosti jsou publikované četné úspěšně uzavřené případy závažné násilné trestné činnosti a nálezů neidentifikovaných lidských ostatků vyřešené díky službám této firmy. Navzdory tvrzením na stránkách firmy Parabon není příliš pravděpodobné, že by počítačová simulace na základě pouze několika, a ne stoprocentně přesně zjištěných znaků, přesně vykreslila do skutečné podoby hledané osoby tak, aby byla ta osoba ze získaného obrázku k poznání. Naopak takto získaná podobizna může být spíše zmást veřejnost či OČTŘ.²²⁵

²²⁵ KŘENKOVÁ, Barbora, *Pošlete mi z genetiky „fotku“ podezřelého*. 2021. Vesmír. roč. 100, s. 502-505.



Obr. č. 19: Příklad Parabon® Snapshot™ predikce podoby ve srovnání s fotografií osoby: detektiv Rodie Sanchez. Převzato z: Parabon Nanolabs. 13.2.2020. Dostupné z: https://snapshot.parabon-nanolabs.com/img/examples/sirens_t1-example.png.²²⁶

Jedním ze zveřejněných případů užití DNA fenotypování je případ zabití novorozence z roku 2017. Na Štědrý den 2017 byl v odpadkovém koši u parkoviště v Calgary nalezen mrtvý novorozenec, později v médiích označovaný jako „Baby Eve“. Z důkazů na místě bylo možno vyvodit, že matka dítěte potřebuje lékařskou pomoc. Při pátrání po matce mrtvého novorozence policie obdržela přes 70 tipů ze strany veřejnosti, které však nevedly k jasnému výsledku. Zároveň to byl první případ, kdy kanadská policie využila možnosti DNA fenotypování

²²⁶ Parabon Snapshot, obrazový materiál. Parabon Nanolabs. The Snapshot DNA Phenotyping Service. [online]. [cit.13.2.2020]. Dostupné z: https://snapshot.parabon-nanolabs.com/img/examples/sirens_t1-example.png.

k vytvoření portrétu matky. Ve výsledcích DNA analýzy bylo uvedeno, že matka Baby Eve byla evropského původu, světlé pleti s malým množstvím pih, zelených nebo oříškových očí a tmavě hnědých vlasů. Byly vytvořeny portréty pravděpodobné podoby matky ve věku 18, 25 a 35 let. Srovnáním výsledků z DNA analýzy a záznamů z bezpečnostních kamer získali vyšetřovatelé dostatek informací k nalezení matky dítěte a obvinění z neposkytnutí potřebné pomoci a nezákonným nakládáním s tělem mrtvého novorozence. Obviněná Nina Albrightová byla zatčena v roce 2020. V době spáchání činu jí bylo 18 let.²²⁷

6.2. Kazuistika k určování věku

Jedním z prvních zveřejněných případů, kdy bylo pro účely soudního řízení využito zjišťování věku osoby na základě analýzy DNA, je případ vyšetřování případu brutální dvojnásobné vraždy v sousedním Polsku ve Wroclawi z roku 2015. Jelikož poškozenými byly pracovnice eskortního servisu, byl okruh podezřelých velmi široký. Analýzou stěru krve z místa činu byl zjištěn profil DNA neznámého muže ve věku 16-18 let. Díky tomuto zúžení okruhu možných podezřelých vyšetřovatelé rychle přišli na stopu muže, který se ke skutku přiznal a byl odsouzen k trestu odnětí svobody na 25 let. Arturovi K. bylo v době spáchání činu 18 let.

S nástupem migrační krize v Evropě okolo roku 2015 se zvýšila také poptávka ze strany úřadů po metodách určení věku z důvodu ověřování věku osob u sporných případů nezletilých migrantů. V Evropě se nezletilým uprchlíkům dostává lepší péče, mají větší šanci na udělení azylu, stejně tak jako udělení povolení členům jejich rodiny k přicestování za nimi, a v neposlední řadě mají také nižší tresty v případě odsouzení za trestné činy. Úřady zaznamenaly případy lidí, kteří z výše uvedených důvodů tvrdili, že jsou mladší, než je jejich skutečný věk.

K prokázání skutečného věku osoby se standardně používají antropologické metody založené na rentgenových snímcích kostí nebo

²²⁷ FRANKLIN, Michael. *Calgary police arrest suspect in connection with death of 'Baby Eve'*. 2020. CTV News Calgary. [online]. [cit. 31.03.2022]. Dostupné z: <https://calgary.ctvnews.ca/calgary-police-arrest-suspect-in-connection-with-death-of-baby-eve-1.4780878>.

magnetické rezonanci. Tyto metody mají u dospělých přesnost okolo 3-4 let. Uprchlíci například v Norsku navíc následně žalují úřady, že byli donuceni tyto testy nesoucí jistou míru radiačního zatížení podstoupit. Doplněním, anebo časem i alternativou k těmto metodám, by mohly být epigenetické testy. Tyto testy se standardně provádí ze vzorků krve nebo bukalních stěrů z úst a jejich výsledky se pohybují na podobné hladině chybovosti jako antropologické metody měření kostního věku, ale v posledních letech výrobci přicházejí se stále přesnějšími metodami zaměřenými konkrétně na věk osob okolo 18 let a vzorky bukalních stěrů, které jsou neinvazivní a nebolestivé (provádí se i novorozencům, nelze tedy očekávat, že by mohly uškodit například náctiletému).^{228 a 229}

V Hildesheimu v Německu proběhl mediálně známý případ uprchlíka, jehož nezletilost byla úřady ověřována. Společnost Zymo research, která zakoupila exkluzivní licenci na Horvathův epigenetický test věku osob (v médiích nazývaný „Horvathovy epigenetické hodiny“),²³⁰ porovnala vzorek DNA prověřovaného uprchlíka se vzorky DNA pěti osob známého věku z podobné etnické skupiny. Na základě výsledků této analýzy byl určen pravděpodobný věk prověřovaného uprchlíka mezi 26 a 29 lety. Následný úřední postup týkající se této osoby nebyl uveřejněn.²³¹

Je mi potěšením, že závěrem mohu připojit také první, byť dosud nepublikovanou, kazuistiku z České republiky. V roce 2021 byl v KÚ řešen případ vraždy novorozence neznámou osobou. Mezi stopami doručenými na ústav byla nalezena krev matky, jejíž totožnost nebyla známá. Krev matky novorozence jsme podrobili metylační analýze za účelem predikce stáří a zúžení okruhu podezřelých osob. Pro analýzu jsme použili pyrosekvenační metodu pro krevní vzorky dle Zbieć-Piekarské, jak byla popsána výše v kapitole 6 Výzkum. Pyrosekvenací

²²⁸ ABBOTT, Alison. *Can epigenetics help verify the age claims of refugees?* 2018. Nature. Nature Publishing Group, roč. 561, č. 7721. DOI: 10.1038/d41586-018-06121-w.

²²⁹ HORVATH, Steve a kol. *Epigenetic clock for skin and blood cells applied to Hutchinson Gilford Progeria Syndrome and ex vivo studies.* 2018. Aging. roč. 10, s. 1758–1775. DOI: 10.18632/aging.101508.

²³⁰ HORVATH, Steve a kol. *Epigenetic clock for skin and blood cells applied to Hutchinson Gilford Progeria Syndrome and ex vivo studies.* 2018. Aging. roč. 10, s. 1758–1775. DOI: 10.18632/aging.101508.

²³¹ ABBOTT, Alison. *Can epigenetics help verify the age claims of refugees?* 2018. Nature. Nature Publishing Group, roč. 561, č. 7721. DOI: 10.1038/d41586-018-06121-w.

vzorků matky byl změřen a vypočítán odhadovaný věk matky 30.67 let (viz obr. č. 21).

	ELOVL2 (%)	C1orf132 (%)	TRIM59 (%)	KLF14 (%)	FHL2 (%)	odhad věku	průměr odhadu	skutečný věk
a	68	75	34	5	36	31	30.67	?
b	65	75	31	6	35	30		
c	64	75	32	7	36	31		

Obr. č. 20: Predikce věku matky zavražděného novorozence na základě metylace DNA zajištěné na místě činu. Dosud nepublikovaný materiál výzkumného týmu poskytnut s laskavým svolením hlavní řešitelky, kolegyně Ivy Kulichové (2022).

Na základě předaných informací a poznatků z vyšetřování zatčena žena, které bylo v době spáchání skutku 33 let. Shoda profilu DNA získaného ze zajištěné stopy z místa činu s profilem DNA podezřelé osoby byla potvrzena standardní STR analýzou, která umožňuje individuální identifikaci. Detailnější informace k případu nemohou být v současné době uvedeny, protože se jedná o tzv. živý případ (případ, k němuž dosud nebyl vynesena závěrečný rozsudek, neuzavřený případ).

ZÁVĚR

Identifikační genetika, jako speciální odvětví molekulární genetiky, se za posledních tři dekády stala často využívaným a užitečným nástrojem kriminalistické techniky. Analýza DNA z materiálu získaného ze stop zajištěných na místě činu může poskytnout orgánům činným v trestním řízení cenné informace o původci biologického materiálu z kriminalistické stopy, či dokonce jeho ztotožnění, a tím se významným dílem podílet na objasnění události. Tato práce je věnována nejnovějším metodám využívaných ve forenzní genetice, popisuje jejich principy a přínos, zasazuje je do tuzemského i mezinárodního právního prostředí, názorně je předvádí ve své výzkumné části a na recentní kazuistice. Jedná se především o metody určování vizuálních charakteristik analýzou DNA, tedy tak zvané DNA fenotypování, a určování věku osoby ze vzorku DNA. Tyto metody mají za cíl rozšíření možností identifikační genetiky o nové indicie, tedy stát se jakýmsi „biologickým svědkem“ vypovídajícím o skutečnostech na místě činu s vědeckou objektivitou.²³² Tyto metody se nesnaží klasické metody identifikační metody nahradit, pouze doplnit. Individuální identifikace schopny nejsou a ani to není jejich cílem.

Cíle práce jmenované v úvodu se v disertační práci podařilo úspěšně naplnit. V rámci zmapování nových forenzně genetických metod byly detailně popsány především moderní forenzně genetické nástroje na zkoumání DNA, aniž policejní orgány musely nezbytně vlastnit srovnávací materiál osoby známé totožnosti. Jedná se o možnosti zkoumání DNA nastiňující možný vzhled zůstavitele biologického materiálu – v této souvislosti byla uvedena řada metod, které jsou pro tyto účely vyvíjeny a využívány policejními orgány především v zahraničí; v tuzemsku jsou ve fázi výzkumu. K tomuto patří poznámka, že počítačové simulace pravděpodobného vzhledu hledané osoby jsou dosud ve vývoji a mohou být nejen přínosem, jak ukazují kazuistiky jejich úspěšného použití, ale mohou být také značně zavádějící. V rámci výzkumu provedeném v laboratořích KÚ pro tuto disertační práci byla ověřována funkčnost predikce

²³² SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Vybrané aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2019. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. ISBN 978-80-7251-500-4.

fenotypů pro forenzní účely, konkrétně barvy očí a vlasů osob na základě MPS analýzy vzorků DNA od dobrovolníků. Výsledek těchto experimentů naznačuje, že tyto metody pro forenzní využití potřebují ještě jistou optimalizaci a rozšíření o více kriminalisticky relevantních znaků jako například barvu pleti či informace o výšce osoby. Na druhou stranu barva očí je nejen obtížně testovatelná, ale ani se nejeví příliš dobře využitelně pro kriminalistické účely z hlediska obtížné zpozorovatelnosti a zapamatovatelnosti svědky a v neposlední řadě z hlediska velmi obtížné interpretovatelnosti barvy očí, kdy s možným využitím metody interferuje odlišné vnímání a popisování barev očí či barev obecně napříč jednotlivci.²³³

Dále byla uvedena metoda pyrosekvenování, pomocí které je možné ze vzorku DNA člověka vyčíst informace vypovídající o jeho věku. Ve výzkumné části práce se empiricky, experimenty provedenými v laboratořích KÚ, podařilo prokázat funkčnost této metody, tedy její *přesnost a přínos stanovování věku osob z metylace DNA*, s poznámkou, že metoda je dosud optimalizována na co největší přesnost v rámci cílové věkové skupiny, užitého typu biologického materiálu (druhu tkáně či tělesné tekutiny) a v rámci pravděpodobné testované populace pro co nejpřesnější výsledky.

Kriminalistická praxe v zahraničí prověřila skutečnost, že znalost vizuálních charakteristik, biogeografického původu či věku prověřované osoby může vyšetřovatelům značně napovědět při zúžení okruhu podezřelých či je nasměrovat v dalších krocích a značně tím urychlit jejich postup ve vyšetřování případu, jak je detailněji rozebráno v kapitole sedmé s názvem Kazuistika. Zde byl také uveden první tuzemský případ využití metody predikce věku osoby na základě analýzy DNA ze vzorku biologického materiálu z místa závažného trestného činu, kdy byl v roce 2021 za pomoci výsledků této nové genetické analýzy provedené v laboratořích KÚ ve velmi krátkém čase úspěšně vyřešen případ vraždy novorozence neznámou osobou.

Dále mezi nejmodernějšími metodami forenzní genetiky byly představeny dosud obecně málo známé metody analýzy DNA z biologického materiálu zvířat

²³³ SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

či rostlin. Analýza DNA z biologického materiálu zvířat či rostlin se již nachází na značně pokročilé úrovni, avšak její právní úprava jakož i obecně standardizace operačních postupů, metod a podoby výsledkových zpráv dosud poněkud zaostává.

Problematika forenzních genetických analýz je velmi komplexním mezioborovým tématem, které spojuje vědu a právo. Právní úprava forenzní genetiky je náročně uchopitelným tématem, se kterým se různé státy vypořádávají různými způsoby. Nelze se zaměřovat pouze na úpravu metodiky práce znalců, ale je vhodné věnovat příslušnou péči také školení všem příslušníkům účastnícím se ostatních relevantních procesních úkonů. Orgány činné v trestním řízení sehrávají klíčovou roli po celou dobu řízení počínaje prvotními úkony a ohledáním místa činu a prošetřováním všech skutečností a okolností zjištěných v souvislosti s projednávanou událostí konče. Je na místě zdůraznit, že samotné konečné rozhodnutí ve věci konkrétního případu je v kompetenci soudu, nikoli přizvaného znalce. K ověřování projednávané skutečnosti je vždy vhodné přistupovat individuálně a z více stran, nakoľik to konkrétní situace dovolí, a vyhnout se tak v maximální míře šablonovitému posuzování. DNA analýza může figurovat i jako důkaz nepřímý, což je jen další důvod, proč by existence dalších důkazních prostředků ani ve zdánlivě jednoznačných případech neměla být opomíjena a nahlížení veškerých důkazů společně s výpověďmi svědků by mělo být součástí jednoho společně nahlíženého a posuzovaného celku.

Ať už se orgány činné v trestním řízení rozhodnou k posuzování případu využít kterékoli odborné metody, nelze tím snižovat skutečnost, že vynášení konečných závěrů ve věci daného soudního řízení přísluší zásadně soudu. Ani přizvání kriminalistického znalce v jakémkoli jiném oboru nezabavuje soud této povinnosti.

Forenzně genetické analýzy se v kriminalistické a soudní praxi užívají v České republice již 30 let. Za tu dobu genetika nabyla u orgánů činných v trestním řízení vysoké oblíbenosti a dožadání na genetiku se posílají ke stále širšímu spektru spisů. S příchodem metod vykreslujících podezřelého jako osobu určitého věku a barvy pleti a pocházející z jistého kontinentu je důležitější než kdy jindy pečlivě zohledňovat veškeré poznatky a okolnosti zjištěné v rámci vyšetřování a varovat se chybnému úsudku nebo riziku náhodné shody.

Jako závěrečné poselství bych ráda uvedla, že ačkoli dnešní doba nabízí kriminalistům plejádu atraktivních nových metod a láká nás na rychlé výsledky, je radno se neřídit slepě pouze těmito poznatky, ale opírat se zejména o generacemi prověřené kriminalistickotaktické metody, prostředky a vyšetřovatelskou praxi.

LITERATURA

Monografie

AGHOVÁ, Tatiana a kol. *Metodika správy a evidence tkáňové zoologické sbírky a determinace zoologického sbírkového materiálu na základě analýzy DNA (Methods for storing and archiving zoological tissue collections, and identification based on DNA barcoding)*. 2019. Praha: Národní muzeum. 111 s. ISBN 8070366257.

BUDKA, Ivan, a kol. *Vybrané problémy operativně pátrací činnosti*. 2010. s. 13-25. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie ČR v Praze.

BUTLER, John M. *Forensic DNA typing: Biology, Technology, and Genetics of STR Markers*. 2005. Elsevier Academic Press, New York, USA, ISBN: 9781493300204.

DVOŘÁK, Vratislav a Martin KLOUBEK. *Základy operativně pátrací činnosti policie v definicích a schématech*. 2011. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 37-47. ISBN 978-80-7251-351-2.

KOŽINA, Jiří. *Identifikační genetika v právní praxi*. 2018. Wolters Kluwer. pp. 120. ISBN 978-80-7598-033-5.

NĚMEC, Miroslav a kol. *Teorie a metodologie kriminalistiky pro magisterské studium*. 2018. 1. díl. 1. vydání. Praha: Abook. ISBN 978-80-906974-1-6.

SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Vybrané aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2019. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. ISBN 978-80-7251-500-4.

SUCHÁNEK, Jaroslav a kol. *Nové, aktuální kriminalistické možnosti identifikace osob a věcí*. 2021. Praha: Policejní akademie České republiky v Praze. s. 36-88. ISBN 978-80-7251-531-8.

ŠIMKOVÁ, Halina. *Breviář forenzní genetiky: forenzní DNA analýza v otázkách a odpovědích*. Tribun EU. s. 214. ISBN 978-80-263-0247-6.

Časopisecké články

ABBOTT, Alison. *Can epigenetics help verify the age claims of refugees?* 2018. Nature. Nature Publishing Group, roč. 561, č. 7721. DOI: 10.1038/d41586-018-06121-w.

ALEGRÍA-TORRES, Jorge Alejandro, Andrea BACCARELLI a Valentina BOLLATI. *Epigenetics and lifestyle. Epigenomics*. 2011. roč. 3, s. 267-77. DOI:10.2217/epi.11.22.

ALKETBI, Salem K. a William GOODWIN. *The effect of surface type, collection and extraction methods on touch DNA*. 2019. Forensic Science International: Genetics Supplement Series, č. 7, s. 704-706. DOI:10.1016/j.fsigss.2019.10.145.

ALKETBI, Salem K. a William GOODWIN. *The effect of time and environmental conditions on Touch DNA*. 2019. Forensic Science International: Genetics Supplement Series, č. 7, s. 701-703. DOI:10.1016/j.fsigss.2019.10.144.

AN, Ja Hyun a kol. *Body fluid identification in forensics*. 2012. BMB Reports. č. 45(10), s. 545-553. DOI:10.5483/BMBRep.2012.45.10.206.

BEHAR, Doron M. a kol. *MtDNA evidence for a genetic bottleneck in the early history of the Ashkenazi Jewish population*. 2004. European Journal of Human Genetics. roč. 12, č. 5, s. 355-364. DOI: 10.1038/sj.ejhg.5201156.

CALE, Cynthia M. a kol. *Could Secondary DNA Transfer Falsely Place Someone at the Scene of a Crime?* 2016. Journal of Forensic Sciences. roč. 61, č. 1. DOI: 10.1111/1556-4029.12894.

CICCARONE, Fabio a kol. *DNA methylation dynamics in aging: how far are we from understanding the mechanisms?* 2018. Mech Ageing Dev. roč. 174, s. 3-17. DOI:10.1016/j.mad.2017.12.002

COSTA, Marta D. a kol. *A substantial prehistoric European ancestry amongst Ashkenazi maternal lineages*. 2013. Nature Communications. roč. 4: 2543. DOI: 10.1038/ncomms3543.

ČERNÝ, Jan. *Krize identity*. 2008. Vesmír. roč. 87 (138), č. 2, s. 84-85.

DESPLATS, Paula a kol. *Epigenetic Alterations in the Brain Associated with HIV-1 Infection and Methamphetamine Dependence*. 2014. PloS one. roč. 9 (7). e102555. DOI:10.1371/journal.pone.0102555.

DRÁBEK, Jiří. *Omyly při soudním procesu*. 2017. Bulletin-advokacie.cz. [online]. [cit. 26.05.2021]. Dostupné z: <http://www.bulletin-advokacie.cz/omyly-pri-procesu-s-amandou-knoxovou-a-raffaellem-sollecito-obvinenymi-z-vrazdy-meredith-kercherove>.

DUNKELMANN, Bettina. *Intersexuality as a potential source of error in sex determination using forensic multiplex kits*. 2019. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. č. 7. s. 525-527. DOI: 10.1016/j.fsigss.2019.10.076.

FLECKHAUS, Jan a kol. *Impact of genetic ancestry on chronological age prediction using DNA methylation analysis*. 2017. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. roč. 6, s. 399-400. DOI: 10.1016/j.fsigss.2017.09.162.

FLECKHAUS, Jan a Peter M. SCHNEIDER. *Novel multiplex strategy for DNA methylation-based age prediction from small amounts of DNA via Pyrosequencing*. 2020. Forensic Sci. Int. Genet. roč. 44:102189. doi: 10.1016/j.fsigen.2019.102189.

FREIRE-ARADAS Ana, Christopher P. PHILLIPS a Maria V. LAREU. *Forensic Individual Age Estimation with DNA: From Initial Approaches to Methylation Tests*. 2017. Forensic Science Review, roč. 29 (29, s. 141-144. PMID: 28691915.

GILL, Peter. *Application of Low Copy Number DNA Profiling*. 2001. Croat. Med. J. 42(3):229-232. PMID: 11387628.

GOEL, Neelam, Priya KARIR a Vivek Kumar GARG. *Role of DNA methylation in human age prediction*. 2017. Mechanisms of Ageing and Development, roč. 166, s. 33-41. DOI: 10.1016/j.mad.2017.08.012.

GORAY, Mariya a kol. *Commentary: Gale CM, Earll ME, Latham KE, Bush GL. Could Secondary DNA Transfer Falsely Place Someone at the Scene of a Crime?* 2016. Journal of Forensic Sciences. roč. 61, č. 1, s. 196–203. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13156>.

GORAY, Mariya a kol. *Shedder status-An analysis of self and non-self DNA in multiple handprints deposited by the same individuals over time*. 2016. Forensic Science International: Genetics. roč. 23, s. 190-196. DOI: 10.1016/j.fsigen.2016.05.005.

GOSCH Annica a Cornelius COURTS. *On DNA transfer: The lack and difficulty of systematic research and how to do it better*. 2019. *Forensic Sci Int Genet.* roč. 40, s. 24-36. doi: 10.1016/j.fsigen.2019.01.012.

HORVATH, Steve. *DNA methylation age of human tissues and cell types*. 2013. *Genome Biology.* roč. 14, č. 10. s. 1-20. DOI: 10.1186/gb-2013-14-10-r115.

HORVATH, Steve a kol. *Epigenetic clock for skin and blood cells applied to Hutchinson Gilford Progeria Syndrome and ex vivo studies*. 2018. *Aging.* roč. 10, s. 1758–1775. DOI: 10.18632/aging.101508.

HOŠEK, Jiří. *Britští poslanci schválili metodu umělého oplodnění, která využívá DNA tří lidí*. *Rozhlas.cz.* 2015. [online]. [cit. 2.1.2020]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/zpravy/clovek/_zprava/britsti-poslanci-schvalili-metodu-umeleho-oplodneni-ktera-vyuziva-dna-tri-lidi--1451430.

HUBÁLKOVÁ Pavla. *DNA zločinu: nové genetické metody pomáhají při vyšetřování kriminalistům*. 06.05.2022. *Hospodářské noviny*, s. 24.

IVOR, Jaroslav. *Zákon o analýze a databáze DNA na Slovensku*. *Kriminalistika.* 2002. roč. 35, č. 3, s. 216–218.

KAYSER, M. *Forensic DNA Phenotyping: Predicting human appearance from crime scene material for investigative purposes*. 2015. *Forensic Sci Int Genet.* roč. 18, s. 33-48. doi: 10.1016/j.fsigen.2015.02.003.

KAYSER, Manfred a Peter DE KNIJFF. *Improving human forensics through advances in genetics, genomics and molecular biology*. 2011. *Nature Reviews. Genetics.* roč. 12, č. 3., s. 179-192. DOI: 10.1038/nrg2952.

KAYSER, Manfred a Peter M. SCHNEIDER. *DNA-based prediction of human externally visible characteristics in forensics: motivations, scientific challenges, and ethical considerations*. 2009. *Forensic Science International. Genetics.* roč. 3, č. 3, s. 154-161. DOI: 10.1016/j.fsigen.2009.01.012.

KOKSHOORN, Bas, a kol. *Commentary: Cale CM, Earll ME, Latham KE, Bush GL. Could Secondary DNA Transfer Falsely Place Someone at the Scene of a Crime?* 2016. *Journal of Forensic Sciences.* roč. 61, č. 1, s. 196–203. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13165>.

KŘENEK, Petr a Barbora KŘENKOVÁ. *Rizika při zajišťování, manipulaci a skladování kriminalistických stop v rámci Policie ČR*. 2021. *Kriminalistika.* roč. 54, č. 3, s. 201-218.

KŘENKOVÁ, Barbora. *Výklad základních pojmů molekulární genetiky a jejich využití v kriminalistice*. Kriminalistika. roč. 55. č. 2, s. 87-96.

KŘENKOVÁ, Barbora. *Co nabízí současná genetiky na Kriminalistickém ústavu*. 2020. Kriminalistický sborník. Praha: Kriminalistický ústav Praha Policie ČR, č. 5, s. 69-72.

KŘENKOVÁ, Barbora., *Pošlete mi z genetiky „fotku“ podezřelého*. 2021. Vesmír. roč. 100, s. 502-505.

KŘENKOVÁ, Barbora, Pavel FLEGONTOV a Julius LUKEŠ. *Pochopení lidské migrace*. 2020. Vesmír roč. 99:298, s. 2-5.

LECH, Karolina a kol. *Evaluation of mRNA markers for estimating blood deposition time: Towards alibi testing from human forensic stains with rhythmic biomarkers*. 2016. Forensic Science International [online], roč. 21, s. 119-125. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2015.12.008>.

LECH, Karolina a kol. *Investigation of metabolites for estimating blood deposition time*. 2018. International Journal of Legal Medicine, roč. 132, s. 25-32. <https://doi.org/10.1007/s00414-017-1638-y>.

LESLIE, Stephen a kol. *The fine-scale genetic structure of the British population*. 2015. Nature. 519, s. 309–314. <https://doi.org/10.1038/nature14230>.

LEVY-COFFMAN, Ellen. *A mosaic of people: the Jewish Story and a Reassessment of the DNA Evidence*. 2005. Journal of Genetic Genealogy. č. 1, s. 12-33.

LIU Yibin, SIEJKA-ZIELIŃSKA Paulina, VELIKOVA, Gergana a kol. *Bisulfite-free direct detection of 5-methylcytosine and 5-hydroxymethylcytosine at base resolution*. 2019. Nature Biotechnology, č. 37, s.424–429. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0041-2>.

MEYER, Olivia, Claus BØRSTING a Jeppe D. ANDERSEN. *Perception of blue and brown eye colours for forensic DNA phenotyping*. 2019. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. roč. 7, č. 1. DOI: 10.1016/j.fsigss.2019.10.057.

NAUE, Jana a kol. *Proof of concept study of age-dependent DNA methylation markers across different tissues by massive parallel sequencing*. 2018. Forensic Sci. Int. Genet. roč. 36, s. 152-159. doi: 10.1016/j.fsigen.2018.07.007. PMID: 30031222.

NICOLAE, Renata Alis a kol. *A rare genetic gender anomaly identified in a paternity case presenting AMEL-Y dropout*. 2019. Forensic Science International: Genetics Supplement Series. 7. DOI: 10.1016/j.fsigss.2019.10.088.

MEAKIN, Georgina E. a kol. *Trace DNA evidence dynamics: An investigation into the deposition and persistence of directly- and indirectly-transferred DNA on regularly-used knives*. 2017. Forensic Science International. Genetics. roč. 29. DOI: 10.1016/j.fsigen.2017.03.016.

OLEKŠÁKOVÁ, Tereza, a kol. *Using SPInDel species analysis and STR typing for detecting human DNA inside fly larvae collected from the crime scene*. Forensic Science International: Genetics, v recenzním řízení (ke dni 14.09.2022)

OLIVEIRA, Manuela a António AMORIM. *Microbial forensics: new breakthroughs and future prospects*. 2018. Appl Microbiol Biotechnol. roč. 102, s. 10377–10391. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9414-6>.

POMPEI, Marybeth a Francesco POMPEI. *Overcoming bioethical, legal, and hereditary barriers to mitochondrial replacement therapy in the USA*. 2019. Journal of Assisted Reproduction and Genetics. roč. 36, č. 3. DOI: 10.1007/s10815-018-1370-7.

ROSSER, Zoë H. a kol. *Y-Chromosomal Diversity in Europe Is Clinal and Influenced Primarily by Geography, Rather than by Language*. 2000. American Journal of Human Genetics. roč. 67, č. 6. s. 1526-1543. DOI:10.1086/316890.

SALIHović, Marijana Peričić a kol. *The role of the Vlax Roma in shaping the European Romani maternal genetic history*. 2011. American Journal of Physical Anthropology. roč. 146, č. 2, s. 262-270. DOI: 10.1002/ajpa.21566.

SANTOS Filipe, Helena MACHADO a Susana SILVA. *Forensic DNA databases in European countries: is size linked to performance?* 2013. Life Sciences, Society and Policy. roč. 9, č. 1. DOI: 10.1186/2195-7819-9-12.

SAUNDERS, W. Gary. *Applying DNA barcoding to red macroalgae: a preliminary appraisal holds promise for future applications*. 2005. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, roč. 360(1462), s. 1879–1888. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1719>.

SARVANANDA, Letchuman. *Short introduction of DNA barcoding*. 2018. International Journal of Research. roč. 5, s. 673-686. s-ISSN 2348-6848.

SAXENA, Pikee, Archana MISHRA a Sonia MALIK. *Surrogacy: ethical and legal issues*. 2012. Indian J Community Med. č. 37(4), s. 211-213. DOI: 10.4103/0970-0218.103466.

SPÓLNICKA, Magdalena a kol. *Modified aging of elite athletes revealed by analysis of epigenetic age markers*. 2018. Aging. roč. 10 (2), s. 241-252. DOI:10.18632/aging.101385.

TANZHAUS, Katrin, Marie-Therese REIß a Tom ZASPEL. *"I've never been at the crime scene!" - gloves as carriers for secondary DNA transfer*. 2021. Int J Legal Med. roč. 135(4), s. 1385-1393. doi: 10.1007/s00414-021-02597-w.

VAN OORSCHOT A. H. Roland a Maxwell K. JONES. *DNA fingerprints from fingerprints*. 1997. Nature. roč. 387, s. 767. [online]. [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/42838>.

VAJPAYEE, Kamayani a Ritesh K. SHUKLA. *DNA Phenotyping: The Technique of the Future. Handbook of DNA Profiling*. 2021. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9364-2_54-1.

VIDAKI, Athina, a Manfred KAYSER. *From forensic epigenetics to forensic epigenomics: Broadening DNA investigative intelligence*. 2017. Genome Biology. roč. 18 (1), s. 238. DOI:10.1186/s13059-017-1373-1.

VOGEL, Gretchen. *German law allows use of DNA to predict suspects' looks*. 2018. Science. New York, N.Y. roč. 360, č. 6391. DOI: 10.1126/science.360.6391.841.

VOISIN, Sarah a kol. *Exercise training and DNA methylation in humans*. 2014. Acta Physiologica. roč. 213 (1), s. 39-59. DOI:10.1111/apha.12414.

WILLIAMS, Graham a Asaghiar FISAL. *Evaluating the use of hypoxia sensitive markers for body fluid stain age prediction*. 2020. Science & Justice. roč. 60. č. 6. s. 547-554.

WUTSCHERK, Heinz. 1974. *Die Bestimmung des "biologischen" Alters*. Theor. Prax. Körperkult., vyd. 23, č. 2, s. 159-170.

YOON, Carol Kaesuk. *Botanical witness for the prosecution*. 1993. Science. č. 260, s. 894–895. doi:10.1126/science.8493521.

ZBIEĆ-PIEKARSKA Renata, a kol. *Examination of DNA methylation status of the ELOVL2 marker may be useful for human age prediction in forensic science*.

2015. *Forensic Sci. Int. Genet.* roč. 14, s. 161-167. DOI: 10.1016/j.fsigen.2014.10.002.

ZBIEĆ-PIEKARSKA Renata, a kol. *Development of a forensically useful age prediction method based on DNA methylation analysis.* 2015. *Forensic Sci. Int. Gen.* roč. 17, s. 173-179. DOI: 10.1016/j.fsigen.2015.05.001.

Konferenční příspěvky

BUDOWLE, Bruce a Ranajit CHAKRABORTY. *Genetic considerations for interpreting molecular microbial forensic evidence.* 2004. *International Congress Series.* č. 1261. s. 56-58. doi: 10.1016/S0531-5131(03)01833-8.

Zákonná úprava a interní akty

Právní předpisy České republiky

Zákon č. 141/1961 Sb., *o trestním řízení soudním (trestní řád)*, v platném znění.

Sdělení č. 96/2001 Sb. m. s., Ministerstva zahraničních věcí *o přijetí Úmluvy na ochranu lidských práv a důstojnosti lidské bytosti v souvislosti s aplikací biologie a medicíny: Úmluva o lidských právech a biomedicíně* - znění od 1. 10. 2001.

Zákon č. 321/2006 Sb., *kterým se mění zákon č. 141/1961 Sb, o trestním řízení soudním (trestní řád), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 283/1991 Sb., o Policii České republiky, ve znění pozdějších předpisů.*

Zákon č. 273/2008 Sb., *o Policii České republiky*, v platném znění

Zákon č. 40/2009 Sb., *trestní zákoník*, v platném znění.

Zákon č. 373/2011 Sb., *o specifických zdravotních službách*, hlava II, Díl 1 *Asistovaná reprodukce*, v platném znění.

Zákon č. 89/2012 Sb., *nový občanský zákoník*, v platném znění.

Zákon č. 110/2019 Sb., *o zpracování osobních údajů*, v platném znění.

Zákon č. 254/2019 Sb., *o znalcích znaleckých kancelářích a znaleckých ústavech*, v platném znění.

Vyhláška č. 505/2020 Sb., vyhláška, kterou se stanoví seznam znaleckých odvětví jednotlivých znaleckých oborů, jiná osvědčení o odborné způsobilosti, osvědčení vydaná profesními komorami a specializační studia pro obory a odvětví, v platném znění.

Zahraniční právní předpisy

Slovensko

Zákon č. 417/2002 Z. z. o používání analýzy deoxyribonukleovej kyseliny na identifikáciu osôb - znění účinné od 25.05.2018.

Německo

Gesetz über die Aufgaben und Befugnisse der Bayerischen Staatlichen Polizei (Polizeiaufgabengesetz – PAG) ze dne 14. 9. 1990 (GVBl. S. 397), BayRS 2012-1-1-I, v platném znění.

Bundesgesetzblatt č. 631/1975. [online]. [cit. 18.03.2022]. Dostupné z: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/I/1975/631>.

Bundesgesetzblatt č. 566/1991 . [online]. [cit. 18.03.2022]. Dostupné z: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/I/1991/566>.

Bundesgesetzblatt č. 29/2018 ze dne 16.05.2018. [online]. [cit. 18.03.2022]. Dostupné z: <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/I/2018/29>.

Právní předpisy Evropské unie

Rozhodnutí Rady (EU) 97/C 193/02 ze dne 9. června 1997, o vzájemné výměně výsledků analýzy DNA. [online]. [cit. 20.04.2022]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52004DC0376&from=EN>

Nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) 2016/679 ze dne 27. dubna 2016, o ochraně fyzických osob v souvislosti se zpracováním osobních údajů a o volném pohybu těchto údajů a o zrušení směrnice 95/46/ES (obecné nařízení o ochraně osobních údajů). [online]. [cit. 10.11.2019]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=CS>

Judikatura

Usnesení Vrchního soudu v Praze ze dne 15.10.1996, sp. zn. 7 To 49/96, Povinnost svědka strpět sejmutí svých daktyloskopických otisků. ASPI [online] [cit. 23.05.2021]. Dostupné

z: <https://www.aspi.cz/products/lawText/4/7477/0/2/usneseni-rt-c-7-to-49-96-povinnost-svedka-strpet-sejmuti-svych-daktyloskopicky-otisku>

Rozhodnutí Nejvyššího soudu Kalifornie v případě Johnson v. Calvert, No. S023721., citace z: Lojková J. Náhradní mateřství: Mater et pater semper incerti sunt? Rigorózní práce. Právnická fakulta, Masarykova univerzita. Brno. 2011. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/61215/pravf_r/rigo_final.txt

Rozsudek odvolacího soudu v Lyonu č. 3280 ze dne 25. června 2014 (13-87.493) – The Arrêt n° 3280 de la cour de cassation (25. června 2014).

Pracovala jsem s anglickým překladem rozsudku dostupným spolu s francouzským originálem online na: http://www.visage-h2020.eu/PDF/Deliverable_5.1_for_posting_online_DECEMBER_2018.pdf

Rozsudek Nejvyššího správního soudu ze dne 21. 10. 2020, čj. 6 Azs 41/2020 - 47 [online] [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: http://nssoud.cz/files/SOUDNI_VYKON/2020/0041_6Azs_2000047_20201104_090516_20201105130033_prevedeno.pdf

Nález pléna Ústavního soudu České republiky ze dne 9. listopadu 2021, sp. zn. Pl. ÚS 2/20. [online] [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: https://www.usoud.cz/fileadmin/user_upload/Tiskova_mluvci/Publikovane_nalez/2022/Pl._US_2_20_vcetne_disentu.pdf

Interní pokyny PČR

Rozkaz ředitele Kriminalistického ústavu č. 3/2011, k vyloučení kontaminace vzorků a stop

Rozkaz ředitele Kriminalistického ústavu č. 52/2011, *kterým se stanoví pravidla manipulace se stopami a srovnávacími vzorky za účelem vyloučení jejich kontaminace.*

Pokyn policejního prezidenta č. 103/2013, o *plnění některých úkolů policejních orgánů Policie České republiky*.

Pokyn policejního prezidenta č. 170/2015, *spisový řád*.

Pokyn policejního prezidenta č. 175/2016 o *odborné způsobilosti k vykonávání znalecké a kriminalistickotechnické činnosti*.

Pokyn policejního prezidenta č. 272/2016, o *drogové kriminalitě, který vytyčuje úkoly kriminalistickotechnických a znaleckých pracovišť PČR a manipulaci se zajištěnými věcnými důkazy*.

Pokyn policejního prezidenta č. 275/2016, o *identifikačních úkonech*.

Pokyn ředitele Kriminalistického ústavu č. 51/2017, *kterým se stanoví pravidla provozování systémů databáze DNA (provozní řád systémů databáze DNA)*.

Pokyn policejního prezidenta č. 100/2018, o *kriminalistickotechnické činnosti*.

Pokyn policejního prezidenta č. 177/2018, *kterým se upravuje věcná, funkční a místní příslušnost znaleckých ústavů PČR*.

Pokyn ředitele Kriminalistického ústavu č. 34/2019, *k vybraným kriminalistickotechnickým činnostem*.

Pokyn ředitele Kriminalistického ústavu č. 2/2021, *ke zpracování výstupních dokumentů znaleckého zkoumání*.

Pokyn policejního prezidenta č. 130/2021, o *odborné způsobilosti k vykonávání znalecké a kriminalistickotechnické činnosti*.

Webové stránky a elektronické zdroje

AOPK ČR. *CITES v Evropské unii a České republice*. [online]. [cit. 06.07.2020]. Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/cites/cites-v-eu-a-cr/>

AOPK ČR. *CITES: Informace pro chovatele a obchodníky*. [online]. [cit. 14.01.2022]. Dostupné z: <https://www.ochranaprirody.cz/cites/informace-pro-chovatele-a-obchodniky/>

BioVectis, Age calculator. [online]. [cit.02.08.2022]. Dostupné z: <http://biovectis.com/forensic1/age-calculator>.

Crown Prosecution Service, *DNA-17 Profiling, contained in Prosecution Policy and Guidance, Legal Guidance*, D-G, [online]. [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: http://www.cps.gov.uk/legal/d_to_g/dna-17_profiling/.

Dokument EA 5/03 - *Pokyny pro implementaci ISO/IEC 17020 v oblasti ohledání místa činu*. Český institut pro akreditaci, o.p.s. [online] [2022-04-29] Dostupné z: https://www.cai.cz/wpcontent/uploads/2019/02/01_08-P018_EA_05_03_200912041.pdf.

Dokument ILAC-G19:08/2014 - *Moduly ve forenzním procesu*, Český institut pro akreditaci, o.p.s. [online] [2022-04-29] Dostupné z: https://www.cai.cz/wp-content/uploads/2019/02/01_08-P028_ILAC-G19_201602121.pdf.

FRANKLIN, Michael. *Calgary police arrest suspect in connection with death of 'Baby Eve'*. 2020. CTV News Calgary. [online]. [cit. 31.03.2022]. Dostupné z: <https://calgary.ctvnews.ca/calgary-police-arrest-suspect-in-connection-with-death-of-baby-eve-1.4780878>.

ISO - *certifikace systémů řízení - ISO 9001* [online]. [cit. 10.1.2021]. Dostupné z: <http://www.iso.cz/iso-9001>.

KOPP, Milan a kol. *U Kmetiněvsi vraždil školák, ukázaly testy DNA*. Zpravy.rozhlas.cz. [online] 10. září 2004 [cit. 06.08.2019]. Dostupné na <http://irozhl.as/6Tx>.

KOUKAL, Josef a Petr NOVÝ. *Muž obviněný z vraždy Aničky zemřel, jeho stíhání končí*. Novinky.cz [online]. 2011-03-23, rev. 2011-03-23 [cit. 13.04.2022] Dostupné z: <http://www.novinky.cz/krimi/228572-muz-obvineny-z-vrazdy-anicky-zemrel-jeho-stihani-konci.html>.

MVČR. *Nelegální migrace v České republice - Aktuální informace o migraci*. 2019. [online]. [cit. 14.02.2020]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/migrace/clanek/nelegalni-migrace-v-ceske-republice.aspx?q=Y2hudW09Mw%3D%3D>.

Parabon Snapshot, obrazový materiál. Parabon Nanolabs. The Snapshot DNA Phenotyping Service. [online]. [cit.13.2.2020]. Dostupné z: https://snapshot.parabon-nanolabs.com/img/examples/sirens_t1-example.png.

ROČEK, František. *Odsouzený vrah jde před soud za další vraždu*. 2011. Ústecký deník. [online]. [cit. 17.02.2020]. Dostupné z:

https://ustecky.denik.cz/zlociny-a-soudy/20110405_odsouzeny_vrah_dalsi_vrazda_kutner.html.

SAMKOVÁ, A. Klára. Dvě až tři matky a asi jeden otec. Právní prostor. 10.05.2019. [online]. [cit. 23.05.2021]. Dostupné z: <https://www.pravniprostor.cz/clanky/obcanske-pravo/dve-az-tri-matky-a-asi-jeden-otec>.

SAMUEL, Gabrielle a Barbara PRAINSACK. *The regulatory landscape of forensic DNA phenotyping in Europe VISAGE*. 2018. [online]. [cit. 10.11.2019]. Dostupné z: <http://www.visageh2020.eu/>.

ŠTURM, Jan, Adam FORST a Klára VITOVSKÁ. *Deset hlavních změn dle nového znaleckého zákona* [online]. [cit. 19.05.2021]. Dostupné z: <https://www.havelpartners.cz/deset-zmen-noveho-znaleckeho-zakona/>.

PEDLÍK, Radek. *Výroční zpráva za rok 2017 Kriminalistický ústav Praha*. 2018. [online]. [cit. 28.04.2020]. Dostupné z: <https://www.msmt.cz>.

ÚOOÚ. *ÚOOÚ nemohl udělit pokutu ministerstvu, neumožňuje mu to zákon*. Uoou.cz [online]. [cit. 2019-08-10]. Dostupné na: <https://www.uoou.cz/uoou-nemohl-udelitpokutu-ministerstvu-neumoznuje-mu-to-zakon/d-35454/p1=1483>.

WENZEL, Rainer. *European Network of Forensic Science Institutes DNA Working Group Report on Criminal Cases in Europe solved by ILS (DNA Mass Testing)*. 2006. [online]. enfsi.eu. [cit. 06.08.2019]. Dostupné na: http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/enfsi_report_on_criminal_cases_in_europe_solved_by_ils_0.pdf

WESTERMARK, Henrik, a kol. *The Regulation of the Use of DNA in Law Enforcement*. 2020. Swiss Institute of Comparative Law. [online]. [cit. 05.01.2022]. Dostupné z: <http://www.isdc.ch/media/1953/e-2020-02-20-016-use-of-dna.pdf>

Vysokoškolské kvalifikační práce

BISBEE, Rachel. *Error in DNA Mixture Analysis: Why the Application of Forensic DNA is not a Perfect Science*. 2020. Honors Theses, University of

Nebraska-Lincoln. s. 205. [online]. [cit. 19.04.2022]. Dostupné z: <https://digitalcommons.unl.edu/honorstheses/205>.

CYRUSOVÁ, Tereza. *Problematika měření biologického věku*. 2011. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové, Katedra biofyziky a fyzikální chemie. Vedoucí práce Kuchařová, Monika.

KOŽINA, Jiří. *Právní a kriminalistické aspekty identifikačních analýz DNA*. 2016. Univerzita Karlova, Právnická fakulta. Katedra trestního práva. Rigorózní práce. Vedoucí práce Musil, Jan.

ORLÍČKOVÁ, Jana. *Určování stáří donora biologického materiálu pomocí pyrosekvence*. 2021. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Rotková, Gabriela.

Ostatní zdroje

MIKLÓS, Tereza. 2021. Ústní sdělení. 25. 5. 2021.

ROTKOVÁ, Gabriela. 2021. Ústní sdělení. 22. 5. 2021.