proLékaře.cz | 15.9.2026

Analýza krevních stříkanců na příkladech z praxe: Jsou výpočty po aplikaci parabolické trajektorie využitelné?

Peter Makovický [1], Radek Matlach [2], Olga Pokorná [3], František Mošna [3], Pavol Makovický [4]

[1] Oddělení transgenních modelů nemocí, Ústav molekulární genetiky AV ČR, v v. i., České centrum pro fenogenomiku. Praha. Česká republika.
[2] Soudní znalec v oboru zdravotnictví, Liberec, Česká republika.
[3] Katedra matematiky, Technická fakulta, Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká republika.
[4] Katedra biológie, Pedagogická fakulta, Univerzita J. Selyeho v Komárne, Slovenská republika.

SOUHRN

Cílem práce bylo vypočítat hodnoty délky dopadu, výšky výstřiku a vzdálenosti letu kapek krve dvěma modely a výsledky srovnat se skutečnými hodnotami. Úhel dopadu krevních kapek byl počítán dvěma způsoby. Byly použity dva případy z praxe s podmínkou dobře zachovalých a čitelných krevních skvrn, které byly zdokumentovány. Naměřené údaje byly dále analyzované na modelu trojúhelníku a na modelu parabolické trajektorie. Z výsledků vyplývá, že parabolická trajektorie je využitelná pro potřeby BPA.

Klíčová slova: Eulerova substituce – metoda krevních skvrn – trigonometrie – sebevražda – střelná rána – vražda.

Bloodstain pattern analysis on examples from practice: Are calculations with application parabolic trajectory usable?

SUMMARY

The bloodstain pattern analysis (BPA) is useful in the forensic medicine. In Czechoslovakian criminology is this method not commonly used. The objective of this work is to calculate the impact length, height and distance splashing of blood drops. The results are compared with the real values for specific cases. It is also compared to calculate the angle of incidence of blood drops, using sinα with a form using tgα. For this purposes we used two different character cases from practice with well-preserved condition and readable blood stains. Selected blood stains were documented in order to calculate the angle of incidence of blood drops and to calculateorigin splashes. For this drop of blood, the distance of impact of the drops of blood (x), the height of the sprayed blood drops (y) and the length of the flight path the drop of blood (l). The obtained data was retrospectively analysed for the two models. The first straight line is represented by the triangle (M1) and the other is the parabolic model (M2). The formulae were derived using the Euler substitution. The results show that the angle of incidence of the drop of blood can be calculated as sinα and the tgα. When applying, the triangle is appropriate to consider the application and sinα parabolic requires the calculation of the angle of incidence drops of blood tgα. Parabola is useful for the BPA. In Czechoslovakian should be providing workplace training seminars BPA primarily intended for forensic investigators.We recommend the use of this method during investigations, verification of acts in forensic practice.

Keywords: Eulers substitution – bloodstain pattern – trigonometry – suicide – gunshot wound – murder

Soud Lek 2015; 60(4): 57-65

Krevní stopy jsou validním materiálem v retrospektivní analýze činů pro potřeby kriminalistiky i potřeby soudního lékařství. Metoda zahrnuje širší interpretační možnosti. Jednou je analýza krevních stříkanců, tzv. Bloodstain pattern analysis (BPA), která spadá do metodik biologických stop, využívajíc i trigonometrické modely. Současné využití metody pro potřeby praxe bylo opakovaně prezentováno v renomovaných časopisech forenzního zaměření (1,2) a problematika je zastřešená odborníky pod hlavičkou mezinárodní asociace pro analýzu krevních stop (IABPA), která byla oficiálně založená Herbertem MacDonellem v roce 1983. Mezi její hlavní cíle patří podpora využívání, analýza a standardizace metodických postupů při interpretaci krevních stříkanců. Postupem času metoda rozšířila svůj záběr. Dnes poskytuje více cenných informací v retrospektivě činů a její aplikací je možné s určitostí zjistit původ, typ, směr a uhel dopadu krevních stříkanců, dále odhadnout vzdálenost mezi zdrojem a dopadem krevních stříkanců, včetně odhadu nástroje, kterým došlo k traumatu. Tvary v podobě stříkanců, kapek, výtrysků, kaluží, stružek a nakonec šmouh napomáhají určit mechanismus jejich vzniku. Mimo toho je dále možné odhadnout postavení, pohyby oběti a útočníka. Sběrem všech těchto informací by měly být nalezeny odpovědi na otázky charakteru: kde, jak, v jakém pořadí a co se vlastně na místě činu stalo. Na zahraničních pracovištích se konají meetingy, kde jsou prezentovány postupy BPA na modelových situacích i s možností získání nadstavbového certifikátu s oprávněním vykonávat znaleckou činnost BPA. Zdá se, že postupy jsou již standardizované a toho času k nim není co dodat. Proto se ve světové literatuře pracuje především s informační a aplikační, dále nadstavbovou a taky počítačovou

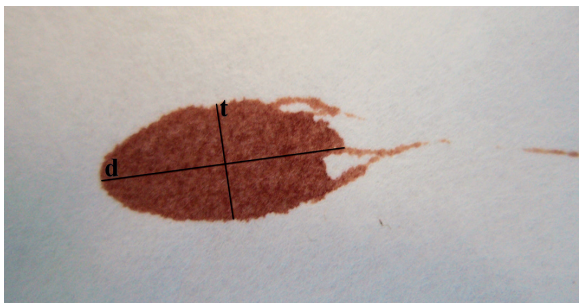
✉ ***Adresa pro korespondenci:***
Ing. Peter Makovický, PhD.
České centrum pro fenogenoniku.
Ústav molekulární genetiky AV ČR v. v. i.
Oddělení transgenních modelů nemocí
Vídeňská 1083, 142 20 Praha 4
e-mail: pmakovický@email.cz

proLékaře.cz | 15.9.2026

formou využití BPA. Trend kopírují i práce domácích autorů, přičemž jde o omezené množství materiálu (3–6). Neexistují přitom žádná důvěryhodná data, která by dokumentovala využití BPA v praxi i v našich podmínkách. Spíše rezonuje konzervativní a nepopulární pohled na BPA, který vychází z náročnosti a nepřesnosti metody, opíraje se o malý význam a zahrnuje malou efektivitu v trestním řízení. Jisté využití se rýsovalo ve spojení s digitalizací místa činu a počítačovou animací událostí i s možností zpřesnění jednotlivých fází pohybu osob při incidentu, což by mohlo být využité k potvrzení, nebo vyloučení jednotlivých verzí účastníků při jednání před soudem. Jelikož se však ani tady velká efektivita pro přípravu trestního řízení neočekává, zůstává BPA vnímána jen jako pomocná, časově mimořádně náročná metoda, vyžadující pečlivé ohledání místa činu a další navazující speciální měření. Možno tedy konstatovat, že i když je metodika BPA v povědomí odborné kriminalistické a soudnělékařské veřejnosti, není jí věnována patřičná pozornost. Podle nás není situace z tohoto pohledu uspokojivá, protože BPA by mohla být víc než jen nápomocnou metodou a podpořit, nebo vyvracet předběžné závěry z vyšetřování. Proto by podle nás měla být standardní součástí postupů při zajišťování a verifikaci biologických stop, včetně nových přístupů, které by mohly sloužit jak ke zjištění, tak k ověření údajů o původu krevních stříkanců. Jde o další pohled na možnosti a využití uvedené metody v praxi. V první řadě se jedná o výpočty, jejichž aplikací by bylo možné zjistit údaje o původu krevních stříkanců i v průběhu dynamických dějů, a v druhé radě by bylo možné konfrontovat tyto výsledky s měřením na místě činu, a tak ověřit, nebo naopak vyvrátit jednotlivé verze. Pro tyto účely je možné využít výpočty, které vycházejí z trigonometrie. Jde o poměrně jednoduché vzorce, ve kterých je možné dosazením dvou známých vypočítat neznámou. Pokud vezmeme v úvahu, že jednou známou je úhel dopadu kapky krve, další je buď výška výstřiku, vzdálenost dopadu, nebo délka letu kapky krve, tak uvedené je možné aplikovat i na krevní stříkance. Není přitom přesně známo, která alternativa je nejvhodnější a za kterých podmínek je a za kterých již není možné využít jednotlivé způsoby. Mimo toho je možné, že trojúhelník v konečném důsledku zkresluje výpočty, protože kapka krve může dopadnout i obloukem. Je tedy otázka, zda by výsledky mohly být přesnější aplikací paraboly, která víc kopíruje oblý let kapek krve. Práce, které srovnávají i jiné způsoby výpočtů se sice o parabole zmiňují, ale vzhledem k primární analýze krevních stříkanců v blízkosti původu činu zůstává tento způsob mimo aplikace BPA (7,8). Podle nás by se ale mělo ověřit, zda je parabolický model použitelný a zda je prakticky aplikovatelný pro výpočet původu krevních stříkanců, a když ano, tak kterých a za jakých podmínek. V naší práci jsme proto upravili jednu stranu trojúhelníka na parabolickou křivku a porovnáváme ho s obvyklým trojúhelníkem. Mimo toho je porovnán klasický vzorec výpočtu uhlu dopadu krevních kapek s modifikovaným. Cílem naší práce bylo vypočítat hodnoty délky dopadu, výšky výstřiku a vzdálenosti letu kapek krve dvěma modely a výsledky srovnat se skutečnými hodnotami na konkrétních případech z praxe. Ověřujeme, zda je možné použít parabolu k výpočtům původů kapek krve. Další cíle naší práce spočívají v matematickém odvození navržených a vypracovaných vzorců a dále v diskusi praktických postupů při zajišťování dat o krevních stříkancích, včetně diskuse možnosti oficiálních školení v uvedené problematice pro domácí odbornou veřejnost.

MATERIÁL A METODY

Pro potřeby dosažení cílů naší práce jsme vybrali dva obsahem i dějem odlišné případy z praxe s několika dobře čitelnými krevními stříkanci, které byly fotograficky zdokumentované



Obr. 1. Jde o jednu krevní kapku s načrtnutými přímkami, které znázorňují její šířku a délku. Údaje je potřeba změřit co nejpřesněji v mm. Pokud vycházíme z předpokladu, že: t je šířka a d je délka krevní kapky, tak dále můžeme vypočítat úhel dopadu krevní kapky. K tomu použijeme vzorec: $\sin\alpha = \frac{t}{d}$. Podobně možno vypočítat i: $\mathrm{tg}\alpha = \frac{t}{d}$.

s přiloženým pravoúhlým pravítkem, tak aby bylo možné odečíst šířku, délku kapek krve a následně vypočítat úhel dopadu krevních kapek (obr. 1). Dále byly změřeny, eventuálně odvozeny hodnoty vzdálenosti dopadu, výšky výstřiku a vzdálenost letu kapky krve v cm. Případy jsou dále níže dokumentovány s primárním ohledem na cíle naší práce.

Popis případu č. 1

76letý muž dle anamnézy opakovaně líčil blízkým a známým atypický způsob sebevraždy, kterou spáchá z důvodu pokračující vleklé deprese. V anamnéze je obsažena informace o chronické obstrukční plicní nemoci a Parkinsonském syndromu, přičemž třes rukou měl být příčinou atypického způsobu umístění střelné zbraně i místa vstřelu (obava z nepřesného výstřelu při třesu rukou). V zahradní kůlně přiložil krátkou palnou poloautomatickou zbraň ústím hlavně na hrudník a v sedu na přenosném plátěném zahradním křesílku se střelil přes oděv (bavlněný pletený svetr, flanelová košile, bavlněné triko) do srdeční krajiny. Střela pronikla celým tělem i plátěným opěradlem křesílka a nebyla nalezena, protože za poškozeným byla hromada naskládaného dříví na otop. Při pitvě byl zjištěn vodorovný předozadní průstřel hrudníku ze srdeční krajiny (vstřel ve 4. mezižebří, 5 cm vlevo od střední čáry; výstřel v úrovni dolního úhlu lopatky 7 cm vlevo od střední čáry), kdy vstřel vykazoval známky střelby z bezprostřední blízkosti s přiložením hlavně. Střela minula srdce, způsobila průstřel levé plíce a dolní větve levé plicní tepny v blízkosti plicní stopky. Jako příčinu smrti jsme stanovili šok ze ztráty krve. Krevní stříkance, které byly využity k výpočtům, se nacházely na poměrně svislé stěně dříví naskládaného za křesílkem, bylo tedy možné velmi snadno zjistit více proměnných a ověřovat tak metodu výpočtu více způsoby a ověřovat tak spolehlivost metody. Případ je z odborného hlediska zajímavý především tím, že jakkoliv se jedná o atypický průběh sebevraždy, je to způsob shodný s tím, jak jej poškozený opakovaně uváděl. Lze dobře stanovit výšku střílející zbraně pro fixaci zbraně poškozeným v souladu stým jak, svůj záměr dlouhodobě líčil (zbraň přiložena na hrudník držená oběma rukama zapřenýma o opěradla křesílka), a ze stejného důvodu lze snadno stanovit výšku těla (sedící postava v zahradním křesílku, u které odpovídá umístění výstřelu defekt v plátně opěradla zad) a poměrně přesně tak lze rekonstruovat průběh sebevraždy (obr. 2,3).

Popis případu č. 2

24letý muž probuzený v noci halasnou zábavou opilé trojice mladíků, kteří procházeli rozestavěnou ulicí, se je rozhodl zklidnit. Vyběhl na staveniště a započal ponejprv slovní a následně i fyzickou potyčku, a to především s jedním z uvedené trojice. Během potyčky kromě úderů pěstmi a kopů užil poškozený

proLékaře.cz | 15.9.2026

Obr. 2. A: Makroskopické foto znázorňujíc vztahy mezi tělem a pozadím s krevnými stopy. **B:** Pohled na zbraň na zemi. **C:** Pohled na židli s roztrhnutým povlakem. Povšimněte si prosím krevní stopy v pozadí a na zemi. **D:** Pohled na dlažbu a pozadí s dobře viditelnými krevními stopami.

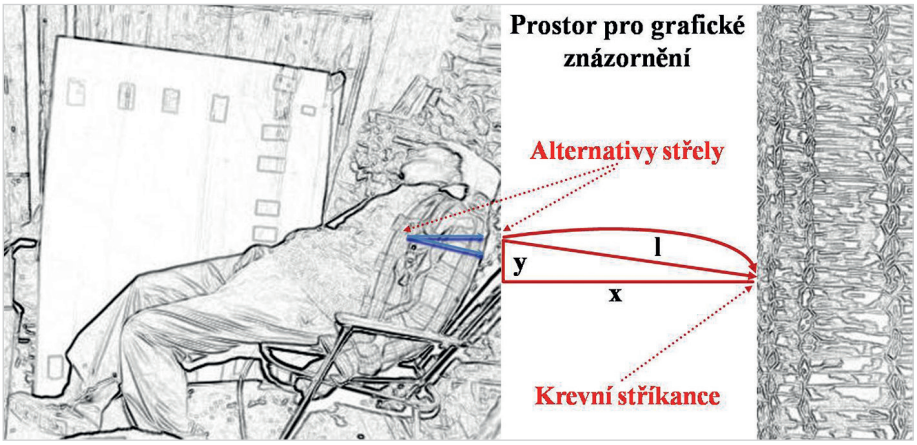
hliníkovou násadu na koště. Uvedený mladík přitom uchopil poměrně velkou dlažební kostku nepravidelně jehlancovitého tvaru. Touto dlažební kostkou poškozeného několikrát udeřil zezadu do hlavy a následně i ze strany v době, kdy poškozený ležel na zemi, čímž mu způsobil krvácející poranění a lehký otřes mozku. Hlídka Policie ČR přivolaná přítelkyní poškozeného zajistila místo činu. Protože bylo místo potyčky dobře zdokumentováno přítelkyní napadeného na videozáznam, ze kterého vyplývá vzájemné postavení všech zúčastněných na místě nálezu krevních kapek, lze spolehlivě určit i okolnosti, za kterých kapky dopadly na chodník. Lékařským vyšetřením bylo zjištěno pohmoždění více částí měkkých tkání hlavy, tržná rána záhlaví (délka 7 cm) zasahující až ke kosti a čelní krajiny, otřes mozku, pohmoždění kolena, podvrtnutí základního kloubu palce pravé ruky, krevní výrony pod očima a drobné kožní oděrky různě po těle. Z odborného hlediska lze na tomto případě, který je velmi dobře popsán jak svědecky, tak videozáznamem, modelovat různé situace na místě činu a ověřit známé veličiny (obr. 4, 5).

Analýza údajů z terénu

Z naměřených hodnot vybraných kapek krve byl dvěma způsoby vypočítaný uhel dopadu kapek krve. První je sinα, dále byla použita modifikace tohoto výpočtu formou tgα (obr. 1). Hodnoty byly dosazeny do trigonometrických modelů. Vycházeli jsme přitom z následujících alternativ. Jednou známou byl úhel dopadu kapky krve a druhou známou buď vzdálenost dopadu kapky krve (x), výška výstřiku kapky krve (y), nebo vzdálenost letu kapky krve (l). Model č.1 (M1) vychází z trojúhelníku a na modelu č.2 (M2) se počítá s aplikací trajektorie paraboly. Na modelech (M1 a M2) jsou dále počítané hodnoty x, y, l. Výsledky jsou porovnány s reálnými hodnotami naměřenými na místě činu.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky přepočtů případu č. 1 jsou uvedeny v tabulce č. 1. Je uvedena analýza čtyř krevních kapek za předpokladu výpočtu



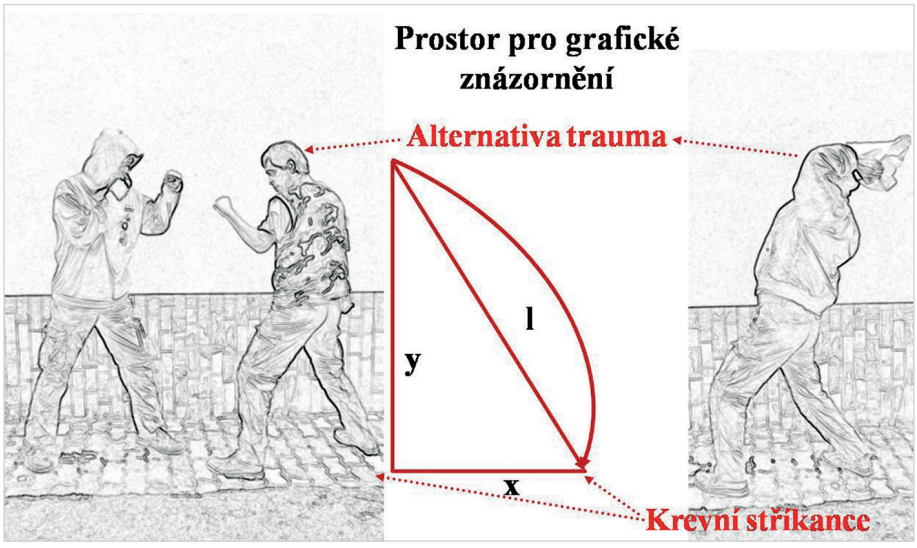
Obr. 3. Jde o detailně prokreslenou verzi místa činu s grafickým znázorněním vstupních a analyzovaných údajů. Povšimněte si, prosím, znázornění jednotlivých naměřených hodnot pro další výpočty (x = 100 cm), (y = 10 cm) a (l = 110 cm). K laskavému povšimnutí alternativy střely, přičemž jedna modrá šipka znázorňuje vodorovný a druhá modrá šipka šikmý let.

proLékaře.cz | 15.9.2026

Obr. 4. A: Pohled na chodník s množstvem krevních stop. **B:** Jeden z nástrojů v podobě kamene, který byl užitý při vzniku trauma. **C:** Zajištění několika krevních kapek, dle pokynů BPA. **D:** Jiný z nástrojů, který byl užitý při vzniku trauma.

sinα a za předpokladu výpočtu tgα. Při vyhodnocení údajů z tabulky č. 1 odvozujeme, že M2 za předpokladu známé hodnoty (x) a za předpokladu výpočtu dopadu kapky krve tgα vycházejí téměř přesné hodnoty (l) porovnáním se skutečnými hodnotami. Při předpokladu známé (l) a za předpokladu výpočtu dopadu kapky krve tgα vycházejí aplikací M2 méně přesné hodnoty (x) porovnáním se skutečnými hodnotami. Při předpokladu známé (y) vycházejí v M1, M2 velice nepřesné výsledky (x, l) porovnáním se skutečnými hodnotami. Zdá se, že tgα je přesnější než sinα, a to zvláště užitím M2. Odlišnosti hodnoty (l) můžou být výsledkem více faktorů. Prvním je let střely, která mohla letět vodorovně, nebo šikmo se směrem k zemi. My jsme vycházeli z předpokladu, že střela letěla vodorovně. Pokud však letěla šikmo se směrem k zemi, pak by trajektorie (l) byla vlastně trajektorií (x). I pitevní zpráva přitom připouští možnost šikmého průstřelu. Krevní kapky byly dobře rozpoznatelné, hojné, ale na nerovné ploše, což může zkreslovat výsledky. Podle nás by se v takových případech mělo počítat vždy s výchozí známou (x) a uhlem dopadu kapky krve. Protože známá (x) je dobře měřitelná na rozdíl od hodnoty (l), kterou lze jen odhadnout. Na experimentálním modelu jsme demonstrovali, že vypočítané hodnoty (x, y) jsou přesnější porovnáním se skutečnými formou M1, než M2 (10). Pro výpočet uhlu však byla použitá alternativa sinα. Touto metodou vyšly zvláště přesné výsledky s odchylkou pouze několik centimetrů ve vzdálenosti krevních stříkanců 5 m od zdroje.

Výsledky přepočtů případu č. 2 jsou uvedeny v tabulce č. 2. Opět je uvedena analýza čtyř krevních kapek za předpokladu výpočtu sinα a tgα. Jelikož se jedná o dynamický proces, nelze výsledky přesně ověřit, ale předpoklad známé hodnoty (y) se jeví být v přepočtech hodnot (l) i (x) velice objektivní jak za M1, M2. Platí, že výpočty hodnot (l), (x) mají M1 vždy menší hodnoty,



Obr. 5. Jde o detailní náčrt verzi místa činu podle části videa s grafickým znázorněním vstupních a analyzovaných údajů. Povšimněte si prosím znázornění jednotlivých naměřených hodnot pro další výpočty.

proLékaře.cz | 15.9.2026

Tabulka 1. Výsledky analýzy případu č. 1 (cm).

Případ č. 1	Ukazatele	M1	M2	M1	M2	M1	M2	Skutečné h odnoty
1. kapka sin α	l	272	169	známe	známe	11	13	110
	x	známe	známe	40	65	4	8	100
	y	253	127	102	82	známe	známe	10
2. kapka tg α	l	128	110	známe	známe	16	27	110
	x	známe	známe	86	100	13	25	100
	y	80	40	69	40	známe	známe	10
3. kapka sin α	l	293	178	známe	známe	11	13	110
	x	známe	známe	38	62	4	7	100
	y	276	138	103	85	známe	známe	10
4. kapka tg α	l	137	113	známe	známe	15	24	110
	x	známe	známe	80	97	11	21	100
	y	94	47	75	46	známe	známe	10
5. kapka sin α	l	503	275	známe	známe	10	11	110
	x	známe	známe	22	40	2	4	100
	y	492	246	108	99	známe	známe	10
6. kapka tg α	l	140	114	známe	známe	14	23	110
	x	známe	známe	79	96	10	20	100
	y	98	49	77	47	známe	známe	10
7. kapka sin α	l	229	150	známe	známe	11	15	110
	x	známe	známe	48	73	5	10	100
	y	206	103	99	76	známe	známe	10
8. kapka tg α	l	135	112	známe	známe	15	25	110
	x	známe	známe	82	98	11	22	100
	y	90	45	74	44	známe	známe	10

než M2. Aplikací výpočtu úhlu dopadu kapky krve pomocí sinα vycházejí nižší hodnoty, než aplikací tgα.

O aplikaci BPA se v odborné i vědecké literatuře intenzivně diskutuje, ale práci, která by na případech z praxe porovnávala validitu jednotlivých modelů, jsme nenašli. Výpovědní hodnota M1 již byla námi ověřená a zjistili jsme, že až na ojedinělé hodnoty jsou vypočítané hodnoty (x) pravidelně nižší než jejich skutečné hodnoty a vypočítané hodnoty (y) zas pravidelně vyšší než jich skutečné hodnoty (11). Parabolická trajektorie vychází z definice paraboly, která má matematický původ. Původně jsme vycházeli z předpokladu, že M1 bude vhodná pro kratší trajektorie a M2 pro vzdálenější. Z našich výsledků však vyplývá, že M2 se za předpokladu výpočtu úhlu dopadu krevní kapky tgα zdá být použitelná i na kratší trajektorie. Myslíme si, že její sklon by však měl být modifikovaný, zahrnujíc vzdálenost krevních stříkanců od původu. Další výzkum by tedy možná měl kopírovat balistický sklon letu kapky krve v závislosti na vzdálenosti od zdroje. Podle nás mohou být výsledky ovlivněné i rychlostí letu krevních kapek. Vzdálenost krevních stříkanců od místa jich původu by však měla být hlavním problémem přesnosti M2 a definice balistických křivek. K tomu je potřeba sesbírat především více konkrétních případů z praxe. V naší práci jsme se snažili rozšířit možnosti BPA, ale podle nás v praxi chybí i její základní využití. Autorům je znám případ, kdy nebylo úplně jasné ani to, ze které strany se vlastně střílelo. Přitom šlo o interiér domu a právě dokumentace a dohledání krevních kapek mohly vnést více světla do problému nalezení polohy střelce. Kromě toho by bylo možné určit úhel dopadu krevních kapek, což by se mohlo porovnat s údaji o sklonu zbraně, eventuálně alternativami použití jiných forem zbraní. Podle nás je důležité si všímat jednotlivých obrazců krevních stop. Je nevyhnutelné věnovat pozornost jejich vlastnostem, rozptylu a v případě dynamických procesů taky jejich lokalizaci v kombinaci s časovou návazností jednotlivých dějů. Všechny tyto údaje by byly velice nápomocné v rekonstrukci na místě činu a potvrzení, nebo vyvrácení jednotlivých verzí, a tak by byly uplatnitelné i v rámci soudního řízení. Přitom v pracích, které se zabývají postupy při prohlídce těla, eventuálně i místa činu bývá zmíněn význam krevních skvrn (12–15). Autoři Hejna a Hottmar (16) uvádějí, že krevní stříkance mají mnohdy charakteristické uspořádání a jsou nezastupitelným důkazovým materiálem pro potřeby soudnělékařského a kriminalistického posuzování. V praxi však neexistují žádná přesná schémata nebo šablona, která by vysloveně jednoznačně uváděla legislativní povinnost identifikace jednotlivých krevních stříkanců (17). Spíše jde o možnost využít logickou kombinaci jednotlivých schémat s přihlédnutím k zdravotním a forenzním aspektům v kombinaci s prostorovým nálezem krevních stříkanců. Podle nás by proto v rámci doškolovacích seminářů soudních expertů měl existovat i samostatný blok krevních skvrn i s BPA. I když se metoda možná zdá být ča-

proLékaře.cz | 15.9.2026

Tabulka 2. Výsledky analýzy případu č. 2 (cm).

Případ č. 2	Ukazatele	M1	M2	Skutečné hodnoty
1. kapka sin α	l	183	227	Neznáme
	x	67	134	Neznáme
	y	známe	známe	170
2. kapka tg α	l	272	467	Neznáme
	x	213	425	Neznáme
	y	známe	známe	170
3. kapka sin α	l	179	213	Neznáme
	x	56	112	Neznáme
	y	známe	známe	170
4. kapka tg α	l	248	409	Neznáme
	x	181	362	Neznáme
	y	známe	známe	170
5. kapka sin α	l	173	190	Neznáme
	x	35	69	Neznáme
	y	známe	známe	170
6. kapka tg α	l	243	396	Neznáme
	x	173	347	Neznáme
	y	známe	známe	170
7. kapka sin α	l	189	248	Neznáme
	x	82	165	Neznáme
	y	známe	známe	170
8. kapka tg α	l	254	424	Neznáme
	x	189	378	Neznáme
	y	známe	známe	170

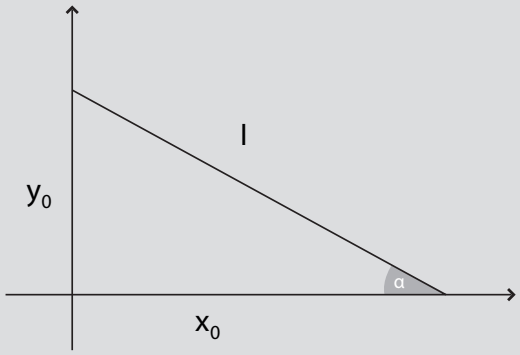
sové velice náročná, my jsme názoru, že jde spíše o zvyk a především cvik. Jde o definici postupů při interpretaci, zajišťování krevních stop a několika dalších důležitých činností, které je potřeba striktně dodržet. V tomto slova smyslu máme na mysli především pečlivé měření, kvalitní fotografickou dokumentaci, eventuálně jinou formu digitalizace místa činu, dále vše zapsat a následně nezávisle ověřit, eventuálně dát do vztahu s pitevním nálezem. V práci Schmidta (18) je zvýrazněno, že výstupy z BPA budou použitelné jen tehdy, když je bude provádět kvalifikovaný personál. Současné možnosti digitalizace místa činu přitom dnes umožňují v kombinaci s neustálým vývojem technologií stále živější pohled na dynamiku dějů i přes počítač (19, 20). Dobře spolupracující kolektiv by již po krátkém zacvičení lehce zvládl uvedené postupy a osvojil si postupy BPA v praxi. Autorský kolektiv doufá, že případná změna metodiky přinese relevantní výstupy.

ZAVĚR

BPA je vhodnou doplňkovou metodou, která se zabývá krevními stříkanci při analýze činů pro potřeby kriminalistiky a soudního lékařství. Pro její využití je nevyhnutelné již na místě činu přesně zdokumentovat všechny dostupné údaje související s krevními stříkanci. Metoda umožňuje širší výstupy. Při analýze krevních kapek je potřebné určit směr jejich letu, dále přesné změření délky, šířky všech reprezentativních krevních kapek s následným výpočtem úhlu dopadu krevních kapek. Dále je potřebné přesné změřit vzdálenost dopadu kapky krve, výšku výstřiku kapky krve a nakonec vzdálenost letu kapky krve od místa jejich zdrojů, eventuálně při dynamických situacích možno některé hodnoty i odvodit. Úhel dopadu kapky krve může být vypočten pomocí funkcí sinα nebo tgα. Při výpočtu dopadu krevní kapky pomocí sinα je doporučené jednotlivé vzdálenosti trajektorií počítat na bázi trojúhelníku s aplikací do 5m., krevních stříkanců od zdroje. Námi realizované výsledky na limitovaném materiálu dokumentují, že parabolická trajektorie je využitelná pro praxi za předpokladu výpočtu dopadu krevní kapky pomocí tgα. Zjistili jsme, že přesnost jednotlivých výpočtů M1, M2 je závislá na vzdálenosti krevních stříkanců od jejich zdroje. Proto jsme názoru, že jednotlivé výpočty by měly být modifikované balistickou křivkou, která by byla přesně definovaná více vzorci v závislosti na vzdálenosti krevních stříkanců od zdrojů. Následující vzorce by pak jednoznačně dokázali původ jednotlivých kapek. Výpočty by měly být provázané standardně a úkon BPA by měl být oficiálně evidovaný a zvlášť finančně hrazený. V rámci České a Slovenské republiky by měla existovat školící pracoviště zabezpečující semináře BPA prioritně určené pro soudné experty a kriminalistické vyšetřovatele.

PROHLÁŠENÍ
Autor práce prohlašuje, že v souvislosti s tématem, vznikem a publikací tohoto článku není ve střetu zájmů a vznik ani publikace článku nebyly podpořeny žádnou farmaceutickou firmou. Toto prohlášení se týká i všech spoluautorů.

Schematický nákres prvního modelu – přímková trajektorie (M1), vztahy vzdáleností (x_0, event. y_0), délky (l) a úhlu (α). Schematic drawing of the first model-rectilinear trajectory (M1) relations distances (x_0, event. y_0), length (l) and angle (α).



proLékaře.cz | 15.9.2026

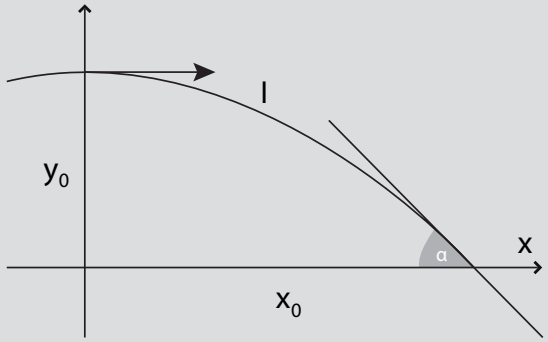
Z obrázku vidíme, že pomocí definice goniometrické funkce tg α, resp. cotg α můžeme vyjádřit y_0 i x_0 následovně.

$y_0 = x_0 \operatorname{tg} \alpha$ $\qquad$ $x_0 = y_0 \operatorname{cotg} \alpha$

Z téhož obrázku můžeme pomocí definice goniometrické funkce cos α, resp. sin α vyjádřit délku křivky l následovně.

$l = \frac{x_0}{\cos \alpha}$ $\qquad$ $l = \frac{y_0}{\sin \alpha}$

Schematický nákres druhého modelu – parabolická trajektorie (M2), vztahy vzdáleností (x_0, event. y_0), délky (l) a úhlu (α) Schematic drawing of the second model - parabolic trajectory (M2), distance relationships (x_0, event. y_0), length (l) and angle (α)



Lepší model pro pohyb hmotného bodu v gravitačním poli při zanedbání odporu vzduchu vychází z druhého Newtonova pohybového zákona **F** = m.**a** (9).
Předpokládáme, že na počátku dráhy v místě o souřadnicích [0, y_0] má hmotný bod počáteční rychlost v_0, jejíž směr je rovnoběžný s kladnou částí osy x.
Polohový vektor $\boldsymbol{r} = [x, y]$ hmotného bodu má pak počáteční hodnotu $\boldsymbol{r}(0) = [0, y_0]$, počáteční rychlost (časovou derivaci) $\dot{\boldsymbol{r}}(0) = [v_0, 0]$ a působí na něj síla $\boldsymbol{F} = [0, -m\boldsymbol{g}]$.

Platí $[0, -mg] = m\,[\ddot{x}, \ddot{y}]$

Odtud dostaneme, že $\dot{x}$ je konstantní a s ohledem na počáteční podmínky $\dot{x}(t) = v_0$. Dále $\dot{y}(t) = -gt + konst.$ a s ohledem na počáteční podmínky $\dot{y}(t) = -gt$ Podobně dostaneme další integrací vztahy pro souřadnice hmotného bodu $x = v_0\, t$ a $y = y_0 - \frac{1}{2}\, g\, t^2$ což popisuje vodorovný vrh jako pohyb složený z rovnoměrně přímočarého pohybu ve směru kladné části osy x a volného pádu ve směru záporné části osy y.

Vzájemný vztah souřadnic x a y obdržíme například tak, že vyjádříme z obou vztahů t^2 :

$\frac{x^2}{v_0^2} = t^2 = \frac{2(y_0 - y)}{g}$ $[y \le y_0]$, neboli $y(x) = y_0 - \frac{g}{2v_0^2}\, x^2$…. [1]

Pro $x=x_0$ je y=0 a ze vztahu [1] dostaneme vztah $y_0 = \frac{g}{2v_0^2}\, x_0^2$…. [2], kde y_0 je výška výstřiku kapky krve.

Jiné vyjádření výšky výstřiku kapky krve y_0 dostaneme užitím geometrického významu derivace funkce v daném bodě, která určuje směrnici tečny ke grafu funkce v daném bodě.
Zderivováním vztahu [1] příslušné funkce podle proměnné x dostaneme vztah: $y'(x) = -\frac{g}{v_0^2}\, x$; pro $x=x_0$ platí $y'(x_0) = -\frac{g}{v_0^2}\, x_0$.
Užitím geometrického významu derivace dostaneme : $y'(x_0) = -\operatorname{tg} \alpha$.

Porovnáme dvojí vyjádření $y'(x_0)$: $-\frac{g}{v_0^2}\, x_0 = -\operatorname{tg} \alpha$. Protože platí: $\frac{g}{v_0^2} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{x_0}$, kde α ϵ (0, π/2)…. [3], tak ve vztahu [2] pro y_0 se dostaneme k dalšímu jeho vyjádření : $y_0 = \frac{g}{2v_0^2}\, x_0^2 = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2x_0}\, x_0^2$, tedy $y_0 = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2x_0}\, x_0^2$, kde α ϵ (0, π/2)…. [4].

Dosazením vztahu [3] do vztahu [1] dostáváme vztah: $y = y_0 - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2x_0}\, x^2$ a tedy se dostáváme k vyjádření polohy libovolného bodu trajektorie pomocí dálky výstřiku x_0 a úhlu α : $y = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2x_0}\,(x_0^2 - x^2)$ pro $x \le x_0$, kde α ϵ (0, π/2)…. [5].

Dále vyjádříme y_0 pomocí x_0 a úhlu α ze vztahu [4]: $y_0 = \frac{1}{2}\, x_0 \operatorname{tg} \alpha$, kde α ϵ (0, π/2)

a podobně z téhož vztahu vyjádříme x_0 pomocí y_0 a úhlu α : $x_0 = 2\, y_0 \operatorname{cotg} \alpha$, kde α ϵ (0, π/2)

nebo velikost úhlu α pomocí x_0 a y_0 : $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{2y_0}{x_0}$, kde α ϵ (0, π/2)

Neurčitý integrál $I = \int \sqrt{(1+t^2)}\, dt = \int \frac{1+t^2}{\sqrt{(1+t^2)}}\, dt = \int \frac{1}{\sqrt{(1+t^2)}}\, dt + \int \frac{t \,.\, t}{\sqrt{(1+t^2)}}\, dt = I_0 + I_1$

proLékaře.cz | 15.9.2026

Nejdříve spočteme integrál $I_1 = \int \frac{t \,.\, t}{\sqrt{(1+t^2)}}\,dt$ užitím metody per partes: $\int f'(t)\,.\,g(t)\,dt = f(t)\,g(t) - \int f(t)\,.\,g'(t)\,dt$

$$\mathbf{I_1} = \left| \begin{array}{l} \mathbf{g(t) = t}, \quad \mathbf{f'(t) = \frac{t}{\sqrt{(1+t^2)}}} \\ \mathbf{g'(t) = 1}, \quad \mathbf{f(t) = \int \frac{t}{\sqrt{(1+t^2)}}\,dt} \end{array} = \left| \begin{array}{l} \text{Subst. } 1 + t^2 = s \\ t\,dt = \frac{1}{2}\,ds \end{array} \right| = \frac{1}{2}\int \frac{1\,ds}{\sqrt{s}} = \sqrt{s} = \sqrt{\mathbf{(1+t^2)}} \right| = t\,\sqrt{(1+t^2)} - \int \sqrt{(1+t^2)}\,dt + C_1 = t\,\sqrt{(1+t^2)} - \mathbf{I}$$

K výpočtu neurčitého integrálu $I_0 = \int \frac{1}{\sqrt{(1+t^2)}}\,dt$ použijeme první Eulerovu substituci (místo proměnné *t* zavedeme novou proměnnou *u*):

$$I_0 = \int \frac{1}{\sqrt{(1+t^2)}}\,dt = \left| \begin{array}{l} \text{Subst. } \sqrt{(1+t^2)} = u - t \ldots. \; [6[, \;\; 1+t^2 = u^2 - 2tu + t^2 \\ t = \frac{u^2 - 1}{2u}, \text{ ze vztahu (6) vyplyne: } \sqrt{\mathbf{(1+t^2)}} = \frac{\mathbf{u^2+1}}{\mathbf{2u}} \quad \ldots[7] \\ \mathbf{dt} = \frac{1}{2}\,\frac{2u\,.\,u - (u^2-1)}{u^2}\,du = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}\,\frac{\mathbf{u^2+1}}{\mathbf{u^2}}\,\mathbf{du} \quad \ldots[8] \\ \text{Ze vztahu [6] dostaneme vyjádření nové proměnné } u = \sqrt{(1+t^2)} + t \end{array} \right|$$

Vztahy [7], [8] dosadíme do neurčitého integrálu I_0:

$$I_0 = \int \frac{2u}{u^2+1}\,\frac{1}{2}\,\frac{u^2+1}{u^2}\,du = \int \frac{1}{u}\,du = ln\,|u| + C_0 = ln\,|t + \sqrt{(1+t^2)}| + C_0 \quad \ldots[9]$$

Dostaneme tedy rovnici, tj. vztah mezi integrály I, I_0 a I_1:

$$I = I_0 + I_1 = ln\,|t + \sqrt{(1+t^2)}| + t\,\sqrt{(1+t^2)} - I$$

Tedy dvojnásobek hledaného integrálu I vyjádříme v následujícím tvaru: $2I = t\,\sqrt{(1+t^2)} + ln\;|t + \sqrt{(1+t^2)}| + C_2$

Tedy hledaný neurčitý integrál I je tvaru: $I = \frac{1}{2}\,\{t\,\sqrt{(1+t^2)} + ln\,|t + \sqrt{(1+t^2)}|\} + C$ …[10]

Délku oblouku paraboly ℓ, tj. délku letu kapky spočteme užitím známého vzorce z integrálního počtu a užijeme i odvozený vzorec pro neurčitý integrál I …[10].
Pro výpočet následujícího určitého integrálu užijeme substituci $t = \frac{tg\,\alpha}{x_0}\,x$ …[11]. Zdiferencováním vztahu [11] dostaneme $dt = \frac{tg\,\alpha}{x_0}\,dx$, resp. $dx = \frac{x_0}{tg\,\alpha}\,dt$

Ze vztahu [11] vypočteme i nové meze určitého integrálu. Dolní nulová mez $x = 0$ se nezmění a horní mez $x = x_0$ přejde v hodnotu $tg\,\alpha$.
Při výpočtu délky křivky ℓ použijeme vztah [5] a jeho zderivováním dostaneme $y'(x) = -\frac{tg\,\alpha}{x_0}\,x$, tedy $\left(y'(x)\right)^2 = \frac{\mathrm{tg}^2\,\alpha}{x_0^2}\,x^2$

$$l = \int_0^{x_0} \sqrt{1 + \left(y'(x)\right)^2}\,dx = \int_0^{x_0} \sqrt{1 + \frac{\mathrm{tg}^2\,\alpha}{x_0^2}x^2}\,dx = \frac{x_0}{\mathrm{tg}\,\alpha}\int_0^{\mathrm{tg}\,\propto} \sqrt{1+t^2}\;dt = \frac{x_0}{\mathrm{tg}\,\alpha}\left[\frac{1}{2}\left(t\sqrt{1+t^2} + \ln\left|t + \sqrt{1+t^2}\right|\right)\right]_0^{\mathrm{tg}\,\propto} =$$
$$= \frac{x_0}{2}\left(\frac{1}{\cos\alpha} + \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}\cdot \ln\frac{1+\sin\alpha}{\cos\alpha}\right) \quad \ldots[12]$$

Délku křivky ℓ můžeme rovněž vyjádřit pomocí y_0 a goniometrických funkcí uhlu α:

$$\ell = y_0\left(\frac{1}{sin\,\alpha} + \frac{cos^2\alpha}{sin^2\alpha}\;ln\frac{1+sin\,\alpha}{cos\,\alpha}\right) \quad \ldots[13]$$

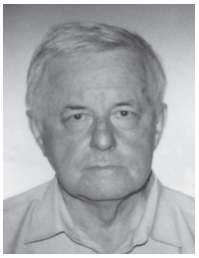
LITERATURA

1. **Attinger D, Moore C, Donaldson A, Jafari A, Stone HA.** Fluid dynamics topics in bloodstain pattern analysis: comparative review and research opportunities. *Forensic Sci Int* 2013; 231(1-3): 375-396.
2. **Kunz SN, Brandtner H, Meyer H.** Unusual blood spatter patterns on the firearm and hand: a backsspatter analysis to reconstruct the position and orientation of firearm. *Forensic Sci Int* 2013; 228(1-3): 54-57.
3. **Koplík J.** Význam prostorové identifikace při objasňování trestné činnosti. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín 2010; 85.
4. **Musil J, Konrád Z, Suchánek J.** Kriminalistika. Vydavatelstvo C. H. Beck 2004; 583.
5. **Pinka M.** Analýza krvných obrazcov a jej využitie v kriminalistike. Akadémia policajného zboru v Bratislave, Bratislava 2012; 65.
6. **Straus J, Němec M.** Teorie a metodologie kriminalistiky. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., Praha 2009; 503.
7. **Buck U, Kneubuehl B, Nather S, Albertini N, Schmidt L, Thali M.** 3D bloodstain pattern analysis: ballistic reconstruction

proLékaře.cz | 15.9.2026

of the trajectories of blood drops and determination of the centres of origin of the bloodstains. *Forensic Sci Int* 2011; 206(1-3): 22-28.
8. **Camana F.** Determining the area of convergence in bloodstain pattern analysis: a probalistics approach. *Forensic Sci Int* 2013; 231(1-3): 131-136.
9. **Halliday D, Resnick R. Walker J.** Fyzika. 2000; 328.
10. **Makovický P, Matlach R, Pokorná O, Slavík P, Mošna F, Makovický P.** Možnosti využitia krvných kvapiek v praxi: experimentálny model. 4. Česko-slovenský sjezd soudního lékařství s mezinárodní účastí. Programový sborník. 15. – 16. Května 2014 kongresové centrum – hotel Duo, Praha, s. 36.
11. **Makovický P, Horáková P, Slavík P, Mošna F, Pokorná O.** The use of trigonometry in bloodstain analysis. *Soud Lek* 2013; 58(2): 20-25.
12. **Ficová M.** Nové aspekty a metódy vyšetrovania trestných činov a vrážd. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2011; 78.
13. **Kunz SN, Klawonn T, Grove C.** Possibilities and limitations of forensic bloodstain pattern analysis. *Wien Med Wochenschr* 2014; 164(17-18): 358-362.
14. **Peschel O, Kunz SN, Rothschild MA, Mützel E.** Blood stain pattern analysis. *Forensic Sci Med Pathol* 2011; 7(3): 257-270.
15. **Porada V, Dzurčanin Š, Šlosár D, Madliak J, Němec P.** Kriminalistika, kriminalistická taktika. Vysoká škola bezpečnostného manažérstva v Košiciach, Košice 2009; 112.
16. **Hejna P, Hottmar P.** Prohlídka místa činu při střelném poranění – postup lékaře. *Prakt Lek* 2006; 86(3): 171-173.
17. **Dvořáček I.** Postup lékaře při úmrtí mimo zdravotnické zařízení a následná součinnost s orgány Policie ČR. *Soud Lek* 2005; 50(4): 54-56.
18. Schmidt J. Analýza krvných obrazcov a jej perspektívy. Policajná teória a prax 2011; 19(2): 102-111.
19. **Gavaľa P, Ivicsics I, Mlynár J, Novomeský F.** Možnosti využitia digitálneho zobrazovania v súdnom lekárstve. **Soud Lek** 2005; 50(3): 45-49.
20. **Tichý J.** Fotografická dokumentace místa činu. Kriminalistický sborník 2001; 45(5): 71-72.

ZPRÁVA



„85 rokov? Ideme ďalej“, hovorí doc. Ing. Miroslav Bauer, CSc.

Dňa 16. 4. 2015 sa dožil veku 85 rokov nestor slovenskej súdnolekárskej toxikológie doc. ing. Miroslav Bauer, CSc. Väčšine slovenských i českých súdnych lekárov a toxikológov sú jeho život a práca dôverne známe. Snáď len v krátkosti si ich pripomeňme.

Miroslav Bauer sa narodil dňa 16. 4. 1930 v Spišskom Podhradí. Študoval na klasickom gymnáziu v Levoči a neskôr na Chemicko-technologickej fakulte Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave. V roku 1961 nastúpil na Ústav súdneho lekárstva Lekárskej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave. Pracoval vo funkcii odborného asistenta a zároveň aj vedúceho toxikolo-chemického laboratória. V roku 1982 získal na LF UK hodnosť kandidáta biologických vied a v roku 1989 habilitoval na docenta toxikológie na Farmaceutickej fakulte UK v Bratislave. Podieľal sa na práci Laboratória k zisťovaniu dopingových látok u špičkových športovcov a k zisťovaniu liečiv u vodičov, zriadeného Fakultnou nemocnicou v Bratislave. Od roku 1991 do roku 1997 t.j. do odchodu do dôchodku bol vedúcim Laboratória súdnej chémie a toxikológie LF UK. Laboratórium realizovalo testovanie dychových analyzátorov, angažovalo sa pri riešení ďalších úloh spojených s alkohologickou problematikou. Problematike alkoholu venoval značnú časť svojho pracovného úsilia. Len v krátkosti v tejto súvislosti je potrebné spomenúť prípravu „Odborného stanoviska SSLS k problematike prepočtu koncentrácie etanolu v krvi“ a „Pokynov pre stanovenie etanolu“, testovanie analyzátorov alkoholu vo vydychovanom vzduchu pre MV SR, vytvorenie súboru alkoholemických kriviek u testovaných osôb, vypracovanie prepočtových tabuliek koncentrácie etanolu z objemových na hmotnostné % a opačne a tabelárne vyhodnotenie skutočných hmotnostných hodnôt etanolu v nápojoch s prihliadnutím na jeho koncentráciu. Je autorom dvoch významných vynálezov riešiacich problém izolácie alveolárneho vzduchu z pľúcneho tkaniva mŕtvych tiel homogenizáciou a evakuáciou, ktoré boli patentované. Bol zodpovedným riešiteľom 6 výskumných úloh. Popri práci v laboratóriu a výskumnej činnosti sa intenzívne venoval aj pedagogickej práci. Tridsať rokov viedol stáže pre študentov LF UK. Bol školiteľom študentov v rámci ŠVOČ aj absolventov v rámci vedeckej prípravy. Bol autorom a spoluautorom celého radu učebníc a učebných textov. V súdnolekárskej toxikológii bol školiteľom 24 vysokoškolákov a 14 stredoškolákov. Od roku 1969 až dodnes sa aktívne zúčastňoval a zúčastňuje na vzdelávacích aktivitách Ústavu súdneho lekárstva dnešnej Slovenskej zdravotníckej univerzity v Bratislave. Výsledky každodennej práce doc. Bauera boli východiskom pre jeho bohatú prednáškovú a publikačnú činnosť. Je autorom a spoluautorom viac ako 200 prednášok prednesených na domácich a zahraničných odborných podujatiach. V domácich a zahraničných časopisoch bol autorom a spoluautorom viac ako 60 publikácií a štvornásobným nositeľom Ceny za najlepšiu publikáciu SSLS. Ocenením jeho práce boli aj viaceré medaily LF UK a Slovenskej lekárskej spoločnosti, kde mu bolo udelené aj Čestné členstvo. Veľmi potešiteľnou až neuveriteľnou skutočnosťou je, že jeho publikačná aktivita neutícha ani v tomto období jeho života a aktívne sa radí do kolektívu prispievateľov do časopisu Česko-slovenská patológia a súdne lekárstvo.

Na tomto mieste nie je možné vymenovať všetky aktivity doc. Ing. Miroslava Bauera, CSc., ktorý svoj život nerozlučne spojil so súdnolekárskou toxikológiou. Zaslúžil sa o jej rozvoj v regióne Bratislavy ako aj celého Slovenska a tiež za získanie jej uznania aj v zahraničí najmä v Českej republike a v Poľsku.

Vážený pán docent, milý Mirko, za všetko, čo si vykonal pre slovenskú súdnolekársku toxikológiu a súdne lekárstvo Ti patrí nesmierna vďaka. Prajeme Ti aj naďalej pevné zdravie a veľa ďalších spokojných a tvorivých rokov v kruhu svojich blízkych a priateľov. Ad multos annos!

Jozef Šidlo, Bratislava