

# Forensisch onderzoek

Every contact  
leaves a trace



Gecertificeerde NLT module  
voor havo

# Colofon

De module Forensisch onderzoek is bestemd voor de lessen Natuur, Leven en Technologie (NLT). De module is op 14 juni 2007 gecertificeerd door de Stuurgroep NLT voor gebruik op het havo.

De module is, na keuring en herziening, gehercertificeerd door de Stuurgroep Verankering NLT op 13-11-2014 en bruikbaar in de domein:

havo	
C: Aarde en natuur	
D: Gezondheid, bescherming en veiligheid	
E1: Methoden en technieken van technologische ontwikkeling	
E2: Processen en producten	xxx

De module is gehercertificeerd tot 1-8-2020 met certificeringsnummer 1010- 006-HE2-2.

De originele gecertificeerde module is in pdf-formaat downloadbaar via ► <http://www.betavak-nlt.nl>.

Op deze website staat uitgelegd welke aanpassingen docenten aan de module mogen maken, voor gebruik in de les, zonder daardoor de certificering teniet te doen.

Deze module is ontwikkeld door

- Bonhoeffercollege, A. de Graaf, te Castricum
- Hogeschool van Amsterdam, L.S. van Furstenberg, te Amsterdam
- Goois Lyceum, P.H. Keeven, te Bussum
- Open Schoolgemeenschap Bijlmer, P. van Rossum, te Amsterdam

Materialen die leerlingen nodig hebben bij deze module zijn beschikbaar via het vaklokaal NLT:

► <http://www.vaklokaal-nlt.nl/>. Op dit vaklokaal staat ook de meest recente versie van de URL-lijst.

© 2014 versie 2.0

De volgende (belangrijkste) aanpassingen zijn gemaakt:

-De context CSI is gewijzigd. Er is een fictieve zaak bedacht, waarbinnen de thema's vingerafdrukken, haarsporen, bloed, DNA en statistiek behandeld worden.

-De eindopdracht is nieuw en omvangrijk. In de eindopdracht werken de leerlingen de fictieve zaak uit. De eindopdracht is nu een logisch vervolg van de theorie.

- Alle thema's zijn geupdate. Dit betekent dat alle onderwerpen en de practica gehandhaafd zijn, maar dat nieuwe kennis toegevoegd is en eventuele fouten verwijderd zijn.
- De toetsen zijn vernieuwd.

© 2007 versie 1.0

Het auteursrecht op de module berust bij SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling). SLO is derhalve de rechthebbende zoals bedoeld in de hieronder vermelde creative commons licentie.

De auteurs hebben bij de ontwikkeling van de module gebruik gemaakt van materiaal van derden en daarvoor toestemming verkregen. Bij het achterhalen en voldoen van de rechten op teksten, illustraties, enz. is de grootst mogelijke zorgvuldigheid betracht. Mochten er desondanks personen of instanties zijn die rechten menen te kunnen doen gelden op tekstgedeeltes, illustraties, enz. van een module, dan worden zij verzocht zich in verbinding te stellen met SLO.

De module is met zorg samengesteld en getest. Landelijk Coördinatiepunt NLT, Stuurgroep Verankering NLT, SLO en auteurs aanvaarden geen enkele aansprakelijkheid voor onjuistheden en/of onvolledigheden in de module. Ook aanvaarden Landelijk Coördinatiepunt NLT, Stuurgroep Verankering NLT, SLO en auteurs geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade, voortkomend uit (het gebruik van) deze module.

SLO verspreid, als rechthebbende, deze module onder de volgende licentie:

Creative Commons Naamsvermelding-Niet-commercieel-Gelijk delen 2.5 Nederland Licentie

► <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/nl>



# Inhoudsopgave

Voorwoord .....	4
1 Inleiding .....	5
2 Forensisch onderzoek .....	7
2.1 Waarom forensisch onderzoek?.....	7
2.2 Forensisch onderzoek in Nederland .....	11
2.3 'Every contact leaves a trace' .....	13
3 Vingersporenonderzoek .....	14
3.1 Inleiding .....	14
3.2 Vingersporen zichtbaar maken .....	15
3.3 De vorming van een vingerspoor .....	16
3.4 Een databank maken .....	20
3.5 Wie heeft het voorwerp aangeraakt? .....	21
3.6 Oude sporen zichtbaar maken op verschillende voorwerpen .....	22
4 Haaronderzoek .....	25
4.1 Inleiding .....	25
4.2 Morfologisch onderzoek van haren .....	26
4.3 Van wie is het haarspoor? .....	28
5 Bloedonderzoek .....	30
5.1 Inleiding .....	30
5.2 Luminol .....	30
5.3 De tetrabasetest .....	34
5.4 Bloedspoorpatroononderzoek.....	35
6 Forensisch DNA-onderzoek .....	38
6.1 Inleiding .....	38
6.2 DNA-kenmerk en locus .....	41
6.3 DNA-profiel en matchkans .....	43
6.4 Een match bewijst geen schuld .....	47
7 Forensische statistiek .....	48
7.1 Inleiding .....	48
7.2 De regel van Bayes .....	49
8 Simulatie: nabootsen van de werkelijkheid met de computer .....	48
8.1 Inleiding .....	52
8.2 Reconstructie van de baan van de kogel .....	53
9 Forensisch onderzoek: eindopdracht .....	55
Bijlage 1 Vingerafdrukkenkaart.....	57
Bijlage 2 Kaart voor een vergrote vingerafdruk .....	58
Bijlage 3 Haarkaart voor haarpalet .....	59
Bijlage 4 Tabel Bloedspoorpatroononderzoek .....	60
Bijlage 5 Oefenen met grafisch modeleer-programma Coach .....	61
Bijlage 6 Sporenmatrix .....	69
Bijlage 7 Begrippenlijst .....	70
Bijlage 8 URL-lijst .....	73
Bijlage 9 Bronvermelding .....	74

# Voorwoord

De module 'Forensisch onderzoek: Every contact leaves a trace' is tot stand gekomen binnen het samenwerkingsverband Bètapartners.

Bètapartners is een netwerk waarin scholen, HO-instellingen en het bedrijfsleven samenwerken. Voor informatie: ► [URL1](#)

De module is gemaakt in samenwerking met de hogeschool van Amsterdam (HvA). Van deze onderwijsinstelling waren betrokken: Laura van Furstenberg, Gilles van der Hoeven en Hans Alta.

Dank gaat uit naar Peter M.P. Uylings (UvA; Bonhoeffercollege), Ludolf Maat (VU; Bonhoeffercollege) en Chris A.J. Klaasen (UvA) voor het aanleveren van ideeën en lesmateriaal.

# 1 Inleiding

*Forensisch onderzoek* is wetenschappelijk onderzoek. Het doel van forensisch onderzoek is om een analyse te maken van gebeurtenissen rond een misdrijf. Op deze manier probeert men de vraag te beantwoorden wat zich op de plaats van een misdrijf (*de plaats delict*) heeft afgespeeld.

Forensisch onderzoek staat tegenwoordig sterk in de belangstelling. Dit is vooral te danken aan de televisie. Series als Dexter, Bones, Crime Scene Investigation (CSI), Cold Case en Law & Order worden goed bekeken. De makers van deze series proberen het verhaal zo realistisch mogelijk uit te beelden. Maar dat lukt niet altijd. Want forensisch onderzoek is in werkelijkheid arbeidsintensief, specialistisch en tijdrovend werk. Het kent vele regels waar onderzoekers zich strikt aan dienen te houden. Dit zijn zaken waar makers van spannende televisie niet zo op zitten wachten.

Spannende televisie over forensisch onderzoek is leuk. Maar het grote publiek moet wel weten hoe forensisch onderzoek in de praktijk in zijn werk gaat. Een forensische onderzoeker draagt geen hoge hakken en wapens, maar draagt een wit pak, handschoenen en een mondkapje. Zulke onderzoekers ondervragen geen getuigen en achtervolgen geen verdachten. Ze lossen geen misdaad op, maar doen wetenschappelijk onderzoek. En de resultaten van dit onderzoek kunnen worden meegewogen in het oordeel van de rechter. Forensisch onderzoek maakt daarmee deel uit van een ingewikkeld rechtssysteem. En in een goed functionerend rechtssysteem is het van groot belang dat de dader wordt veroordeeld en niet iemand anders. Niemand mag het slachtoffer worden van een gerechtelijke dwaling.

Genieten van een strakke televisieserie is geen bezwaar, maar je moet wel weten dat de werkelijkheid veel ingewikkelder is.

**Hoe ziet een realistisch forensisch onderzoek er in de praktijk uit?**

Om deze vraag te kunnen beantwoorden moet je kennis en vaardigheden hebben van forensisch onderzoek. We kijken daarom eerst naar vragen zoals: Wat is forensisch onderzoek? Hoe worden vingerafdrukonderzoek, haaronderzoek en bloedsporenonderzoek uitgevoerd? Wat is een DNA-profiel? En hoe bepaal je of iemand werkelijk de dader is?

Met de in deze module opgedane kennis ga je een werkplan maken voor het veiligstellen en verder onderzoeken van bewijsstukken in een realistische casus. Alle opgedane kennis wordt hierbij ingezet om een goed onderzoek neer te zetten, zoals echte forensisch onderzoekers dat doen.

## 1. Groepsopdracht

Ongetwijfeld weet je al het één en ander over forensisch onderzoek. In deze opdracht ga je kijken wat je daarvan al weet.

Vorm een groep van twee jongens en twee meisjes. Bekijk een misdaadserie van de televisie (bij voorkeur CSI). Iedere persoon in de groep concentreert zich op één van de personages die als onderzoeker werkt.

Vul voor je personage een schema in. Vermeld welke forensische techniek(en) je personage toepast. Vertel wat je weet van de gebruikte techniek(en) en of de betreffende scènes volgens jou realistisch zijn.

Bespreek de resultaten binnen je groep. Presenteer als groep jullie resultaten aan de klas. Gebruik hiervoor ► werkinstructie presenteren in de [NLT Toolbox](#).

De presentatie moet de volgende onderdelen bevatten:

### 1 Inleiding

Hierin geef je informatie over de betreffende serie, de personages en de vraagstelling.

### 2 Materiaal en methode

Je geeft informatie over de gebruikte materialen (bijvoorbeeld: een dvd) en de aanpak in jullie groep (wie bestudeert wie?).

### 3. Resultaten en discussie

Vertel welke forensische technieken jullie personages hebben gebruikt. Geef (als niet-deskundige) informatie over de gebruikte technieken en een oordeel over het realiteitsgehalte van de door jullie bestudeerde scènes.

(Bron: 1)

## 2 Forensisch onderzoek

### 2.1 Waarom forensisch onderzoek?

Laten we een voorbeeld geven aan de hand van een gefingeerde forensisch onderzoeker van de politie, Victor Zand. Deze komt op een dag aan bij een plaats delict, welke zich bevindt in de badkamer en slaapkamer van een woonhuis. Het slachtoffer is reeds afgevoerd naar het ziekenhuis. De partner en andere betrokkenen worden verhoord en het is nog niet zeker of deze als verdachten zullen worden aangemerkt. Hun verklaringen kunnen zomaar niet kloppen.

In de badkamer treft Victor een bebloede handdoek aan.

Druppels leiden naar een bloedplas - met schoenafdrukken erin te zien - op de grond van de slaapkamer, waar meubels op hun kant liggen en kleding en sierraden rommelig op het bed liggen, tezamen met een bebloed mes en een aantal losse haren.

Wat is hier gebeurd? Van wie is het bloed? Wie heeft het mes gehanteerd? Wie is er in de slaapkamer geweest? Kan het slachtoffer dit zelf hebben aangericht? Gaat het om een beroving of is iemand in de intieme sfeer tekeer gegaan in de woning?

*Forensisch onderzoek* kan antwoord geven op de vraag wat er zich op de plaats delict heeft afgespeeld. Forensisch onderzoek begint met een analyse van de plaats delict en van de sporen die zich daar bevinden (de stukken van overtuiging). Want de plaats delict ligt vol aanwijzingen. Laat de sporen - de stille getuigen - vertellen wat er is gebeurd.

Forensisch onderzoek is natuurwetenschappelijk onderzoek.

Een forensische analyse moet op feiten en niet op meningen berusten. En zo'n analyse moet experimenteel controleerbaar zijn. Het sporenonderzoek moet een eenduidig antwoord geven op de vraag of de verdachte al dan niet kan worden gelinkt aan het misdrijf.

Soms kunnen meerdere *scenario's* worden onderbouwd met hetzelfde sporenbeeld. Een scenario wordt ook wel omschreven als een hypothese (veronderstelling) over de toedracht van het misdrijf. Dat wil zeggen dat er bepaalde theorieën zijn over het gebeurde:

- Het slachtoffer heeft zelfmoord gepleegd met het mes.
- Het slachtoffer heeft een inbreker betrappt in de slaapkamer en is toen neergestoken.
- Het slachtoffer had ruzie met zijn geliefde in de slaapkamer, wat heeft geleid tot een steekpartij.

Maar slechts één theorie kan de juiste zijn.



De valkuil waar een forensisch onderzoeker kan intrappen, is dat de gegevens bevooroordeeld worden verzamelen. Bijvoorbeeld door uit te gaan van een echtelijke ruzie en daarom niet meer te zoeken naar sporen van een derde persoon, of inbraaksporen. Dit kan de betrouwbaarheid van de onderzoeksmethode verkleinen. Want door gegevens achteraf en bevooroordeeld te verzamelen, kun je accenten leggen die je in een verkeerde richting sturen.

Het is dus belangrijk om steeds in- en uit te zoomen, kijkend naar het sporenmateriaal. Meerdere scenario's zullen moeten worden uitgetest, de sporen die elk van deze scenario's kunnen onderbouwen zullen moeten worden veiliggesteld voor verder onderzoek en kritisch worden geïnterpreteerd.

Wie weet blijkt de haar op het bed van een derde persoon afkomstig te zijn. Wie weet zit er DNA van de partner op het handvat van het mes, maar komt dit doordat deze er eerder die dag een tomaatje mee gesneden heeft. Van wiens schoenen zijn die bebloede schoenafdrukken afkomstig? Zeggen die iets over het misdrijf? Of zijn ze van een ambulancebroeder? Je ziet al dat het belangrijk is om steeds heel kritisch na te blijven denken en steeds andere invalshoeken uit te proberen.

Hoe kritisch ben jij eigenlijk? Lees hieronder wat er zoal circuleert op Internet over Abraham Lincoln en John F. Kennedy, twee presidenten van de Verenigde Staten van Amerika, die allebei zijn vermoord tijdens hun presidentschap.

Abraham Lincoln werd in het congres gekozen in 1848  
John F. Kennedy werd in het congres gekozen in 1948

Beiden waren zeer gehecht aan de mensenrechten

Abraham Lincoln werd president in 1860  
John F. Kennedy werd president in 1960

Beide presidenten werden vermoord door 'zuiderlingen' en beide presidenten werden opgevolgd door 'een zuiderling'.

Eén week voor hij vermoord werd, was Lincoln met vakantie in Monroe, Maryland. Eén week voor hij werd vermoord, was Kennedy met vakantie met Marilyn Monroe.

De echtgenotes van beide presidenten verloren ieder een kind tijdens hun verblijf in het Witte Huis.

Beide presidenten werden gedood door een kogel in het hoofd.

Beide presidenten stierven op een vrijdag.

De secretaresse van Lincoln heette Kennedy.

De secretaresse van Kennedy heette Lincoln.

Beide presidenten werden opgevolgd door een president met de naam Johnson.

Andrew Johnson, die Lincoln opvolgde, werd geboren in 1808.

Lyndon Johnson, die Kennedy opvolgde, werd geboren in 1908.

John Wilkes Booth, die Lincoln vermoordde, werd geboren in 1839.

Lee Harvey Oswald, die Kennedy vermoordde, werd geboren in 1939.

Booth en Oswald werden beiden vermoord voor hun proces.

Wat is jouw oordeel? Is hier sprake van toeval?

Forensisch onderzoek speelt een belangrijke rol bij het beantwoorden van de vraag wie bij een misdrijf betrokken zijn. Maar forensisch onderzoek kan ook waardevolle informatie verschaffen over de vraag wat zich op de plaats van het misdrijf kan hebben afgespeeld. Deze informatie kan worden verkregen door onder andere *biologisch sporenonderzoek* (vingerafdrukken, haren, bloed, DNA). Met dit sporenonderzoek kan men verklaringen van personen bevestigen of ontkrachten. En dat is belangrijk omdat verklaringen van personen soms bewust, maar soms ook onbewust, onjuist blijken te zijn. Het komt zelfs voor dat een verdachte een misdrijf bekent dat hij/zij nooit gedaan kan hebben.

## 2. Vraag

- a. Stel, een forensische onderzoeker vindt sporen van een verdachte op een moordwapen. Is daarmee bewezen dat de verdachte de moord heeft gepleegd? Noem een andere verklaring waardoor sporen van een verdachte op een moordwapen kunnen komen.
- b. De recherche bedenkt bij het opstarten van onderzoek van een misdrijf eerst een scenario. Hierna onderzoekt de recherche of er feiten te vinden zijn die het scenario ondersteunen. In plaats van na te gaan wie de dader kan zijn, kijkt men eerst naar het waarom (het motief). Geef een reden waarom de recherche belang hecht aan het opstellen van een scenario.

*Getuigenverklaringen* kunnen een scenario ondersteunen of verwerpen. De vraag is of een getuigenverklaring juist is. Een leugendetector zou antwoord kunnen geven op de vraag of iemand de waarheid spreekt. Maar het gebruik van zo'n toestel roept ook veel vragen op. Bijvoorbeeld of het mogelijk is om een leugendetector voor de gek te houden. En of een verdachte

ten onrechte door een leugendetector als schuldige kan worden aangewezen.

De leugendetector wordt in Nederland niet gebruikt bij misdaadonderzoek omdat men ernstig twijfelt aan de betrouwbaarheid ervan. In de Verenigde Staten van Amerika wordt de leugendetector nog zelden gebruikt bij strafrechtelijk onderzoek. Toch is het een interessant gegeven.

Leugendetectors kunnen lichamelijke reacties meten, die je niet kunt beheersen. Als je liegt, neemt bijvoorbeeld je bloeddruk toe. Je krijgt het warm en gaat meer zweten. Verder neemt je hartslag toe en je ademhaling wordt sneller. Als je aan zo'n leugendetectie onderworpen wordt, worden deze reacties door de leugendetector gemeten. De gemeten waarden worden vergeleken met de waarden van je hartslag, ademhaling, bloeddruk, transpiratie en temperatuur onder normale omstandigheden. Is er een verschil, dan is de kans groot dat je niet de waarheid spreekt.

Uit experimenten is gebleken dat de leugendetector niet altijd foutloos werkt. Zo wordt in slechts 75% van de gevallen een leugenaar daadwerkelijk als leugenaar herkend. Ook bij mensen die niet liegen, werkt de leugendetector niet altijd foutloos. Gemiddeld blijkt de leugendetector 1 van de 12 eerlijke mensen toch als leugenaar aan te wijzen.

### 3. Vraag

We bekijken een tweetal verdachten. Eén persoon is eerlijk en één is een leugenaar.

- a. Hoe groot is de kans dat de leugenaar door de leugendetector niet herkend wordt als leugenaar? En hoe groot is de kans is dat de eerlijke persoon door de leugendetector voor een leugenaar wordt gehouden?
- b. Bereken de kans dat, van dit tweetal, de verkeerde persoon als leugenaar wordt aangewezen.

Tekenen van emotie die mensen kunnen vertonen als ze liegen, zijn rood worden of zweten. Maar als iemand deze verschijnselen heeft, kan het ook zijn dat deze persoon toch de waarheid spreekt.

### 4. Vraag

Noem een andere reden waardoor een persoon rood kan worden tijdens een verhooring.

Sommige leugendetectors werken op basis van het principe dat emoties van invloed zijn op je stem of je lichaamshouding. Van mensen die anderen niet recht in de ogen kijken of wegstaren als ze iets zeggen, wordt vaak aangenomen dat ze niet de waarheid spreken. Het niet aankijken van de ander wordt

blijkbaar opgevat als een teken van onzekerheid. Maar het wil niet altijd zeggen dat iemand daadwerkelijk liegt.

#### 5. Vraag

Noem een andere reden waardoor een persoon een ander niet recht in de ogen kan kijken.

Getuigenverklaringen zijn niet altijd betrouwbaar, maar ze worden door deskundigen toch zeer serieus genomen. Dit hangt samen met het gegeven dat personen (slachtoffers, verdachten en getuigen) een volledig verhaal kunnen vertellen. Dit in tegenstelling tot sporenmateriaal dat alleen informatie geeft over een momentopname.

#### 6. Vraag

Over welk moment geeft sporenmateriaal informatie?

Hoe goed ben jij als getuige?

Recentelijk heb je binnen het kader van deze module een aflevering van een misdaadserie gezien. Daarbij heb je als het goed is op allerlei details gelet. Weet je je nog belangrijke informatie te herinneren die belangrijk is voor getuigen? Bijvoorbeeld wat voor kleding het slachtoffer aanhad? Wat was de kleur haar van de onderzoeker(s)? Indien er een voertuig bij betrokken was: welk merk, type en kleur had deze? Indien er een wapen bij betrokken was: wat was dit voor wapen, hoe groot was het en hoe zag het eruit? Kun je het nog beschrijven? Je staat er waarschijnlijk niet bij stil hoe moeilijk het eigenlijk is om een goede getuige te zijn.

## 2.2 Forensisch onderzoek in Nederland

Als forensisch onderzoeker verzamel je bewijsmateriaal dat een link kan opleveren met een verdachte. Soms zoek je in het huis van de verdachte naar bewijsstukken die hem/haar nog meer aan de zaak kan koppelen. Het kan zo zijn dat je overtuigd raakt van de schuld van de verdachte omdat er veel in diens richting wijst. Toch is het niet zo dat je op zoek zou moeten gaan naar enkel bewijsmateriaal dat in de richting van de verdachte leidt. Je zult ook andere bewijsstukken moeten onderzoeken die deze persoon juist zullen uitsluiten. Het draait namelijk enkel om waarheidsvinding, en niet om het zo aannemelijk mogelijk maken dat de verdachte 'het gedaan heeft'. Dat is aan de Officier van Justitie, die besluit of een verdachte zal worden gedaagd.

De vraag of iemand veroordeeld of vrijgesproken wordt, mag dus bij forensisch onderzoek geen rol spelen. Forensische onderzoekers bepalen niet of iemand schuldig of onschuldig is. Dat doet een rechter. Forensische onderzoekers doen

onderzoek, gebaseerd op feiten. Ze geven enkel objectieve interpretaties en alle onderzoeksresultaten maken deel uit van een dossier. Een rechter baseert zijn oordeel mede op de gegevens in dat dossier.

In Nederland wordt forensisch onderzoek meestal uitgevoerd door het *Nederlands Forensisch Instituut (NFI)*. Het NFI werkt alleen in opdracht. Wanneer er een strafbaar feit is gepleegd, zijn de opsporing, vervolging en berechting van de dader(s) een taak van politie (denk aan forensische opsporing en tactisch rechercheurs), het openbaar ministerie en de rechtbank. De resultaten van het NFI komen in handen van de rechercheur, de officier van justitie en de rechter.

Om de betrouwbaarheid van het onderzoek te waarborgen, is binnen een organisatie als het NFI één persoon (de tekenbevoegde deskundige) verantwoordelijk voor het gehele traject van het onderzoek. Deze coördineert het onderzoek: hij of zij stelt het onderzoeksplan op, instrueert de onderzoekers en rapporteert het onderzoek en de conclusies in een deskundigenrapport. De deskundige onderhoudt als enige de contacten met de opdrachtgevers van het onderzoek. Hierdoor krijgen forensisch onderzoekers op het NFI alleen informatie ten behoeve van het uit te voeren onderzoek. Meer informatie dan noodzakelijk is, kan immers leiden tot vooringenomenheid die het onderzoek kan beïnvloeden. Dit wordt ook wel *tunnelvisie* genoemd.

In misdaadseries op de televisie verzamelen forensische onderzoekers bewijsmateriaal op de plaats delict, ze bekijken dit in het laboratorium, ondervragen verdachten en lossen het misdrijf op.

#### 7. Vraag

Leg uit in welk opzicht deze werkwijze verschilt met de werkwijze van forensische onderzoekers van het NFI in de praktijk. Welke verschillende functies horen bij het plaats delict optreden, het laboratoriumonderzoek, het verhoren, het coördineren van de zaak en het getuigen in de rechtbank?

Bij forensisch onderzoek hoort een hoop administratie. Dat is vaak nodig om het onderzoek te coördineren. De administratieve handelingen zijn in misdaadseries op televisie meestal weggelaten.

#### 8. Vraag

Waar zal al deze administratie voor nodig zijn? Wat is het nut en wie stelt het verplicht? Wat zou er kunnen gebeuren als er geen documentatie wordt gemaakt van het werk op de plaats delict en in het laboratorium?

## 2.3 'Every contact leaves a trace'

Veel vragen rond een misdrijf kunnen beantwoord worden door middel van een sporenonderzoek. De centrale vraag bij elk sporenonderzoek is of een gevonden spoor (bijvoorbeeld een vingerspoot of een bloedvlek op een moordwapen) in verband staat met het misdrijf en daardoor bewijswaarde heeft. Is dit het geval dan noemt men dat spoor *delictgerelateerd*. Dit kan dan een sterke aanwijzing zijn om een persoon in relatie te brengen met een delict. Sporen kunnen aanwezig zijn op de plaats delict en op de stukken van overtuiging. Hierbij kun je denken aan een kledingstuk of een wapen.

Bloed, sperma, speeksel en haren zijn biologische sporen, dat wil zeggen sporen die celmateriaal en daarmee *DNA* bevatten. Biologische sporen kunnen een antwoord geven op de vraag of de *donor* van deze sporen betrokken is bij het delict. Denk hierbij aan een haar op de kleding van het slachtoffer, bloed op de trui van een verdachte, of sperma op het lichaam van een slachtoffer van een zedendelict.

Bijna altijd wordt biologisch sporenmateriaal onderworpen aan een DNA-onderzoek. Het doel hiervan is de vraag te beantwoorden van welke persoon het biologische materiaal afkomstig is. *DNA-profielen* kunnen nauwkeurig antwoord geven op de vraag wie de donor is van het spoor. En een donor kan informatie geven over de dader.

Forensisch onderzoek kent strikte regels. Zo moeten onderzoekers op de plaats delict of in laboratoria speciaal gekleed zijn (bijvoorbeeld in witte pakken), waarbij het hoofd, het haar, de mond en de handen bedekt zijn.

Forensische onderzoekers op de televisie zijn vaak modieus gekleed op de plaats delict, wat natuurlijk niet strookt met de werkelijkheid.

### 9. Vraag

Is een dergelijke aanpak realistisch? Waarom bedekken forensische onderzoekers in de praktijk het hoofd, het haar, de mond en de handen tijdens het onderzoek?

(Bronnen: 1-6)

# 3 Vingersporenonderzoek

## 3.1 Inleiding

Op een ochtend komt forensisch onderzoeker Victor Zand aan bij een baai van een groot meer voor onderzoek aan een aangespoeld 'waterlijk'. De betreffende vrouw is onherkenbaar door de schade die het water heeft aangericht en men weet niet om wie het zou kunnen gaan. De handen van de vrouw zijn extreem rimpelig, maar Victor kent een manier om de huid van haar vingers om een mal te wikkelen en een afdruk te maken op een zogenaamde Live Scanner. De digitale afdruk levert weldra een aantal matches op in het systeem, en na een zorgvuldig onderzoek concludeert een dactyloscoop dat we te maken hebben met Sylvia van der Plas. Na tactisch speurwerk blijkt Sylvia al enkele dagen niet gezien te zijn op haar werk en kan de politie overgaan naar het zoeken naar de oorzaak van het feit dat zij in het water lag.

Het koppelen van een vingerafdruk of -spoor aan een persoon is niet alleen maar fantasie: forensische onderzoekers kunnen gebruikmaken van een databank met daarin vingerafdrukken van een groot aantal mensen. Deze databank heet HAVANK, Het Automatisch Vinger Afdrukkensysteem Nederlandse Kollektie. Het overgrote deel van de Nederlandse bevolking komt nu nog niet voor in zo'n databank. Nederland kent namelijk een wet op de bescherming van persoonsgegevens.

In de komende lessen ga je leren hoe je zelf een eenvoudig *vingersporenonderzoek* kunt uitvoeren. Je gaat leren hoe je vingersporen zichtbaar kunt maken en welke patronen je kunt ontdekken in je eigen vingerafdrukken. Met de vingerafdrukken van alle leerlingen in je klas, ga je vervolgens een databank maken. Deze databank ga je gebruiken om te bekijken wat de grootste verschillen zijn tussen jullie vingerafdrukken. Ten slotte gaan we achterhalen van wie de vingersporen op een gegeven voorwerp zijn.

NB: een *vingerspoor* is een vaak onzichtbare afdruk/indruk van de vinger, achtergelaten door een nog onbekend persoon. *Vingerafdrukken* zijn een set afdrukken die gemaakt worden van de vingers/hand van een bekend persoon, bijvoorbeeld een verdachte of getuige van het misdrijf, of van een persoon die een nieuw paspoort laat maken of het vliegtuig naar Amerika neemt. Dit zijn afdrukken gemaakt met inkt op papier (oude stijl) of digitale afdrukken gemaakt met een scanner.

## 3.2 Vingersporen zichtbaar maken

Het officiële woord voor vingersporenonderzoek is *dactyloscopie*. Dactyloscopie is een woord dat afkomstig is uit het Grieks en dat “kijken naar vingers” betekent. Meer precies gezegd kijkt men bij dactyloscopie naar vingersporen of vingerafdrukken. Dactyloscopie/vingersporenonderzoek houdt zich bezig met het zichtbaar maken en identificeren van vingersporen. Met identificeren bedoelen we het vaststellen van wie de vingersporen afkomstig zijn. Daarmee kan immers worden bepaald of iemand op de plaats delict aanwezig is geweest.

Omdat mensen overal (vaak onzichtbare) vingersporen achterlaten en omdat het patroon op de vingers voor iedere vinger van elk mens uniek zijn, is vingersporenonderzoek een belangrijk onderdeel van een forensisch sporenonderzoek. Hierdoor zijn heel wat misdadigers achter de tralies beland.

### 10 Proef: Vingerafdrukken maken

In deze proef ga je leren hoe je een representatieve afdruk van je vingers kunt maken. Je gaat een kaart maken van de vingerafdrukken van je schrijfhand. Oefen eventueel één of tweemaal voordat je de afdruk op het formulier zet.

#### Benodigdheden:

- Lege vingerafdrukkenkaart (zie bijlage 1)
- Let op: Niet aanraken in de hokjes!
- Stempelkussen met zwarte inkt
- Schoonmaakmiddel voor je vingers
- Liniaal (of geodriehoek)
- Digitale camera of scanner

#### Uitvoering:

- Schrijf op de lege vingerafdrukkenkaart je naam en geef aan of je van je linker of van je rechter hand een vingerafdrukkenkaart gaat maken.
- Maak van één vinger van je schrijfhand het bovenste deel voorzichtig zwart op het stempelkussen. Let er op dat je niet teveel inkt op je vinger krijgt!
- Maak nu van deze vinger een vingerafdruk in het daarvoor bedoelde hokje. Dit doe je als volgt: Rol het bovenste deel van je vinger losjes (niet schuiven!) van links naar rechts over het papier (niet terugrollen!).
- Laat de gemaakte vingerafdruk even drogen.
- Herhaal dit voor alle vijf vingers van je schrijfhand.
- Leg een liniaal naast of onder je vingerafdrukkenkaart.
- Maak een digitale foto (of een scan) van je vingerafdrukkenkaart met de liniaal of laat dit doen door je docent. Bewaar dit document met jouw digitale



vingerafdrukkenkaart. Deze digitale foto gaan we in de volgende lessen gebruiken.

#### Vragen bij proef 10:

- a. Leg uit waarom je de liniaal samen met de vingerafdrukken fotografeert.
- b. Is de proef goed gelukt? Zo nee, wat ging er mis en hoe had je dat kunnen voorkomen?
- c. Wat kun je zeggen over de patronen die je ziet in de vingers van je hand?

#### Achtergrondinformatie:

Een van de grondleggers van de moderne dactyloscopie is Sir Francis Galton, een Engelse geleerde uit de 19e eeuw. Hij bestudeerde vingerafdrukken en ontdekte dat vingerafdrukken zeer verschillend kunnen zijn. Ze zijn voor ieder mens uniek en bovendien onveranderlijk (tenzij de huid van de vinger zeer ernstig beschadigd wordt, bijvoorbeeld bij verbranding). Dit maakt vingerafdrukken zo geschikt voor identificatie.

Heel nieuw was dit overigens niet. Lang voor onze jaartelling begon, ondertekenden de oude Babyloniërs en Chinezen hun kleitabletten en papieren documenten al met een vingerafdruk.

### 3.3 De vorming van een vingerspoor

Je vraagt je nu misschien af hoe een vingerspoor ontstaat en hoe je die zichtbaar kunt maken. Dan is eerst nog maar de vraag wat je allemaal in een vingerspoor kunt zien. Kijk dus eerst maar eens goed naar je vingertoppen. Je ziet dan in de huidlijnen in een bepaald patroon dat je ook in je vingerafdruk van proef 10 weer terug ziet. De huidlijnen in je vingertoppen zijn lijnvormige verhogingen in je vingerhuid, ook wel *papillairlijnen* genoemd.

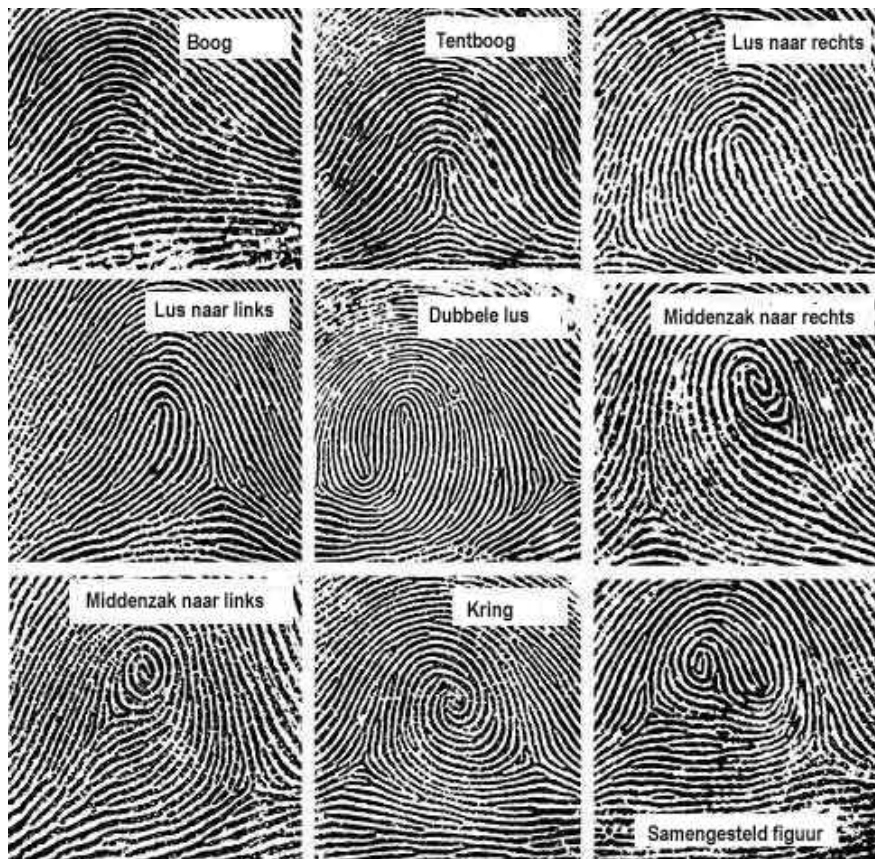
In de papillairlijnen bevinden zich heel veel poriën (kleine openingen), waardoor continu meer of minder transpiratievocht (zweet) naar buiten komt. Dit transpiratievocht verspreidt zich over de papillairlijnen en bestaat uit een mengsel van allerlei stoffen, zouten en vooral water. Door het aanraken van andere huiddelen, wordt dit mengsel weer vermengd met vetten uit het talg dat zich bevindt op bijvoorbeeld je gezicht, armen haren etc. Het water verdampt, maar de vetten, zouten en andere stoffen blijven op de papillairlijnen achter.

Wanneer je vingers nu in contact komen met een voorwerp, bijvoorbeeld als je het vastpakt, worden het transpiratievocht en vooral de niet verdampte stoffen, zoals vetten en zouten, daarop overgebracht. Zo ontstaat op het voorwerp een (meestal onzichtbare) afdruk van het huidlijnenpatroon, een

vingerspoor. Vooral vette afdrücken kun je met diverse poeders erg goed zichtbaar maken.

## Hoofdpatronen en minutiae

Door de verschillen tussen de huidlijnenpatronen van verschillende personen zijn vingerafdrücken uniek. Om deze verschillen te beschrijven, kunnen we de huidlijnenpatronen in een aantal hoofdpatronen indelen. Dit zijn globale figuren in het huidlijnenpatroon zoals bogen, lussen of kringen; de grondpatronen. Deze zijn verder in te delen in de hoofdpatronen, hieronder te zien in figuur 1. Het groeperen van vingerafdrücken in hoofdgroepen op grond van de hoofdpatronen noemen we classificeren.



Copyright: <http://www.vingerafdrücken.nl>

Figuur 1: hoofdpatronen vingersporen






Daarnaast kunnen we onderscheid maken tussen de vingers van verschillende personen door te kijken naar de details in het huidlijnenpatroon. Kenmerkende details noemen we *minutiae*, vroeger typica genoemd omdat deze typisch zijn voor het huidlijnenpatroon van de betreffende persoon (zie kader hieronder). Je kunt dan denken aan punten waar huidlijnen stoppen of splitsen, maar ook aan eilandjes, ogen, haken, tussenlijnen, lijnstukjes, de dikte van de huidlijnen, de vorm van de poriën en plooien. Ook littekens en andere beschadigingen kunnen minutiae van het huidlijnenpatroon zijn.

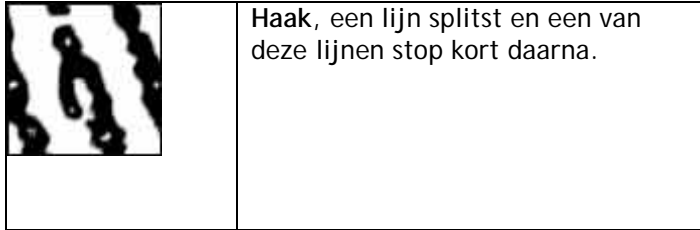
In een forensisch onderzoek wordt bij het vergelijken van vingerafdrukken in de eerste plaats gekeken naar de hoofdgroepen. Vervolgens wordt er gezocht naar *dactyloscopische punten* (dat zijn overeenkomende minutiae op overeenkomende onderlinge posities). Voor een sluitende identificatie zijn in Nederland (volgens de wet) minstens 12 dactyloscopische punten noodzakelijk, of ten minste 10 met daarnaast een bijzonder kenmerk, zoals een litteken.

### Minutiae

Minutiae zijn de details in de vingerafdruk. Met behulp van deze details kan een vingerafdruk worden geïdentificeerd. Er zijn grove details zoals beginnende lijnen, splitsende lijnen en lijnfragmenten. Er zijn ook kleinere details zoals poriën, tussenlijnen en lijnranden. Deze laatste worden niet behandeld in deze module.

Secundaire minutiae:

	<p><b>Lijnunit</b>, deze bestaat slechts uit een eilandje met een porie.</p> <p>(Deze wordt in Nederland niet geteld als dactyloscopisch punt).</p>
	<p><b>Lijnfragment</b>. Deze bestaat minimaal uit 2 of meer lijnunits.</p>
	<p><b>Beginnende- of eindigende papillairlijn</b>.</p>
	<p><b>Bifurcatie</b>, de lijn splits zich in twee lijnen.</p>
	<p><b>Oog</b>, twee lijnen splitsen en ontmoeten elkaar kort daarna weer.</p>



Zo zijn er nog wel meer bijzonderheden te noemen maar eigenlijk zijn dat allemaal combinaties van beginnende en/of splitsende lijnen. De belangrijkste minutiae zijn het lijnfragment, de beginnende- of eindigende lijn en de bifurcatie.

### 11. Proef: Dactyloscopische punten

In deze proef ga je op zoek naar de hoofdpatronen en minutiae (dactyloscopische punten) in je eigen vingerafdrukken. Je gaat daartoe de vingerafdruk van de duim of wijsvinger van je schrijfhand vergroten en beschrijven.

#### Benodigdheden:

- Computer waarop je digitale vingerafdrukkenkaart van proef 10 te zien is
- Printer
- Overtrekpapier
- Potlood
- Lege kaart voor een vergrote vingerafdruk (zie bijlage 2)
- Lijm
- Digitale camera

#### Uitvoering:

- Open in de computer het bestand met je digitale vingerafdrukkenkaart van proef 10.
- Bewaar dit bestand onder een andere naam, bijvoorbeeld "Vergrote vingerafdrukken van (*jouw naam*)".
- Vergroot in de computer je digitale vingerafdrukkenkaart twee keer (horizontaal en verticaal in dezelfde verhouding), bewaar je bestand en print je vergrote vingerafdrukkenkaart uit.
- Om het huidlijnenpatroon in je duim of wijsvinger (de meest duidelijke) scherper in beeld te brengen, ga je met potlood en overtrekpapier de huidlijnen in de vergrote vingerafdrukken overtrekken. Je krijgt dan een huidlijnenpatroon in strakke lijnen.
- Plak de overgetrokken, vergrote vingerafdruk op de kaart in bijlage 2.
- Beschrijf de hoofdpatronen van de huidlijnen in je duim of wijsvinger.

- Probeer 12 minutiae (dactyloscopische punten) te vinden en markeer ze met een puntje en een nummertje van 1 tot 12.
- Maak een digitale foto van je kaart met de vergrote vingerafdruk of laat dit doen door je docent. Ook deze digitale foto gaan we in de volgende lessen gebruiken, dus sla het document op.
- Ga in een groepje van drie of vier leerlingen zitten en vergelijk je vergrote vingerafdruk met die van de andere leerlingen. Zijn jullie minutiae (dactyloscopische punten) duidelijk verschillend?

#### Vragen bij proef 11:

- a. Leg uit waarom je deze proef doet met een vingerafdruk van je duim of wijsvinger en niet met één van je andere vingers.
- b. Leg uit waarom je deze proef doet met een *vergrote* vingerafdruk van je duim of wijsvinger.

## 3.4 Een databank maken

### 12. Proef: Databank met vingerafdrukken maken

In deze proef ga je in groepjes van vier, een databank maken met de vingerafdrukken van alle leerlingen in je klas.

#### Benodigheden:

- Computer waarop alle digitale vingerafdrukkenkaarten en digitale kaarten met vergrote vingerafdrukken van alle leerlingen in je klas te zien zijn
- Eventueel een printer
- Eventueel papier

#### Uitvoering:

- Bespreek met z'n vieren hoe je de databank gaat opzetten. Dit mag zowel digitaal als op papier. Bedenk dat je gemakkelijk de vingerafdrukken en dactyloscopische kenmerken (minutiae) van de leerlingen in je klas moet kunnen vinden.
- Maak jullie (digitale) databank.

#### Vraag bij proef 12:

Leg uit hoe jullie de databank hebben opgezet en waarom jullie dat op deze wijze hebben gedaan.

#### Achtergrondinformatie:

Wat je in proef 12 gedaan hebt, is door de politie gedurende lange tijd en op grote schaal gedaan met de vingerafdrukken van vele personen (meestal misdadigers). Voorheen met inkt op papier en nu steeds meer met behulp van digitale scanners.

In HAVANK staan scans opgeslagen van de afzonderlijke vingerafdrukken die geclassificeerd zijn naar onder andere soort vinger en het hoofdpatroon. In het digitale zoekstelsel zijn ook de dactyloscopische punten (de minutiae met hun onderlinge posities) opgenomen en daarop kan semiautomatisch gezocht worden. Van een gevonden vingerspoot kan zo snel worden onderzocht of deze overeenkomt met een vingerafdruk (en dus een persoon) in de databank.

## 3.5 Wie heeft het voorwerp aangeraakt?

### 13. Proef: Vingersporen analyseren

In deze laatste proef ga je op een gegeven voorwerp vingersporen zoeken en proberen te achterhalen van wie (uit jouw klas) deze vingersporen zijn. Daartoe maak je gebruik van de databank die je met jouw groepje hebt opgezet (zie proef 12).

#### Benodigheden:

Voor deze proef heb je het volgende nodig:

- Een objectglasje of een stukje plexiglas dat goed ontvet is
- Een rekje om de glasjes in te zetten (klassikaal)
- Kwastje met zachte haren
- Vingerafdrukkenpoeder
- Doorzichtig plakband
- Lege kaart voor een vergrote vingerafdruk (bijlage 2)

#### Uitvoering:

- Pak het glasje kort vast met de duim en wijsvinger van je schrijfhand en zet het voorzichtig in het rekje.
- Pak, als iedereen dit gedaan heeft, een glasje uit het rekje.
- Doop de toppen van het kwastje in ongeveer een spatelpunt vingerafdrukkenpoeder en tik het overtollige poeder zachtjes af.
- Kwast voorzichtig over het hele glasje en kijk of er vingersporen zichtbaar worden.
- Verwijder eventueel een teveel aan poeder door voorzichtig te blazen. Het huidlijnenpatroon moet nu duidelijk zichtbaar worden.
- Plak de vingerafdruk heel voorzichtig af met een stukje plakband dat past over het hele spoor.
- Maak op een lege kaart voor een vergrote vingerafdruk een 2x vergrote schets van het vingerspoot.
- Beschrijf de hoofdpatronen van de huidlijnen.
- Probeer minutiae (dactyloscopische punten) te vinden en markeer ze met een puntje en een nummertje.
- Vergelijk de vergrote schets van de vingerafdruk met de beschrijving van de hoofdpatronen en minutiae van de gegevens in jullie databank.



- Probeer te achterhalen wie uit je klas het glaasje heeft aangeraakt.

#### Vragen bij proef 13:

- a. Is de proef goed gelukt? Zo nee, wat ging er mis en hoe had je dat kunnen voorkomen?
- b. Vertel wat er bij deze proef (nog verder) mis had kunnen gaan.
- c. Vertel wat belangrijk is bij het doen van een goed vingersporenonderzoek.

## 3.6 Oude sporen zichtbaar maken op verschillende voorwerpen

Verse vingerafdrukken zijn beter zichtbaar te maken dan oude afdrukken. Een verse vingerafdruk bestaat voor 99% uit water en 1% uit zouten en organisch materiaal (bijvoorbeeld vetten en eiwitten). Als gevolg van verdamping vermindert de hoeveelheid water in de tijd, waardoor het poeder minder goed kan hechten aan de afdruk. Vingerafdrukpoeder werkt alleen goed op redelijk verse vingersporen, of wat fettigere sporen op een *niet-poreus* (niet absorberend, zoals glas of plastic) materiaal. Poreuze materialen zoals papier kunnen de sporen opnemen en met een chemische vloeistof worden behandeld. Zijn de vingerafdrukken nu ouder dan twee dagen én gezet op een niet-poreus materiaal, dan is een derde methode, de *cyanoacrylaatmethode* een uitermate geschikte methode. Algemeen wordt deze methode beschouwd als één van de beste methodes om vingerafdrukken zichtbaar te maken.

### 14. Proef: Vingerafdrukken zichtbaar maken

#### Benodigdheden:

Voor deze proef heb je het volgende nodig:

- Zuurkast (bij voorkeur)
- Aquarium of andere glazen bak met deksel
- Bekerglas met kokend water
- Schotel secundelijm (cyanoacrylaat)
- Objectglaasjes
- Gekleurd plastic voorwerp
- Stukje geknipte (grijze) vuilniszak

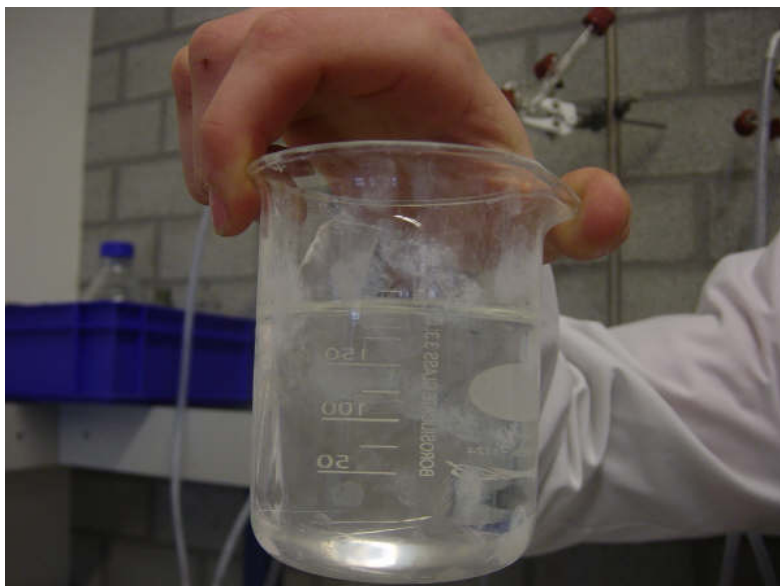


*Figuur 2: Opstelling om vingerafdrukken zichtbaar te maken met behulp van de cyanoacrylaatmethode (foto met toestemming van Jord Betjes en René Oud).*

#### **Uitvoering:**

- Plaats een bekeerglas met water in het aquarium en plaats een deksel op het aquarium (zie figuur 2). Laat het aquarium 1 uur afgesloten staan, waarbij de luchtvochtigheid tot ongeveer 80% kan oplopen.
- Breng op verschillende voorwerpen (objectglasje, stuk gekleurd plastic, stuk grijze vuilniszak) een vingerspoot aan en plaats deze voorwerpen in het aquarium.
- Haal het bekeerglas uit het aquarium en breng het water aan de kook. Plaats het bekeerglas terug in het aquarium.
- Doe een druppel secundelijm op een schotel en plaats deze boven op het bekeerglas met kokend water.
- Plaats een deksel op het aquarium en laat het overnacht in de zuurkast of een goed geventileerde ruimte staan. De lijmdamp slaat als een witte film neer op de vingerafdrukken (Figuur 3).





*Figuur 3: Vingerafdrukken zichtbaar gemaakt met behulp van de cyanoacrylaatmethode. Vingerafdrukken zijn zelfs zichtbaar op het bekeerglas met kokend water (foto met toestemming van Jord Betjes en René Oud).*

#### Vragen bij de proef

- a. Is de proef goed gelukt? Zo nee, wat ging er mis en hoe had je dat kunnen voorkomen?
- b. Op welk voorwerp zijn de vingerafdrukken het best te zien?  
Op welk voorwerp zijn de vingerafdrukken het slechtst te zien? Geef een verklaring voor je antwoord.

(Bronnen: 6-11)

# 4 Haaronderzoek

## 4.1 Inleiding

Forensisch onderzoeker Victor Zand gaat op een plaats delict vaak gericht op zoek naar vingersporen en DNA-sporen. In het geval van de roofoverval die hij nu onderzoekt is op camerabeelden te zien dat de misdadiger zichzelf beschermd heeft tegen het achterlaten van sporen door handschoenen en een bivakmuts te dragen. Ook heeft hij geen speeksel achtergelaten op bijvoorbeeld een blikje of sigarettenpeuk, en is hij niet gaan bloeden. Het lijkt er dus op dat het wat vingersporen en DNA betreft moeilijk gaat worden.

Dan wordt er verder op het terrein een bivakmuts gevonden die visueel gelijk is aan die van de camerabeelden. Een zeer delictgerelateerd spoor dus. De bivakmuts test negatief op speeksel maar bevat wel een aantal haren, heel waarschijnlijk van de drager. Enkele haren bevatten een wortel, wat DNA-onderzoek mogelijk maakt. Daarnaast vertellen de haren mogelijk nog meer. Werk aan de winkel dus.

Tijdens een misdrijf kunnen dus op velerlei manieren haren van de dader terechtkomen op het slachtoffer en omgekeerd. Ook op de plaats delict kunnen haren van dader en slachtoffer te vinden zijn. Haaronderzoek concentreert zich in eerste instantie op de vraag wie de donor is van het *haarspoor*. Daarna wordt er gekeken of het haarspoor in verband staat met het misdrijf en daardoor bewijswaarde heeft. Dit laatste is niet eenvoudig. De aanwezigheid van een haarwortel bewijst niet onomstotelijk dat er een worsteling heeft plaatsgevonden; het slachtoffer en/of de dader kan bijvoorbeeld eerder op die plaats zijn haren gekamd hebben. Ook kunnen haren secundair worden overgedragen: er kan bijvoorbeeld haar van een willekeurige persoon via een bioscoopstoel op de jas van iemand terecht komen die zich daarna op een plaats delict begeeft en de haar verliest.

In de komende lessen ga je leren hoe je zelf een eenvoudig haaronderzoek kunt uitvoeren. Je gaat leren hoe je haren en haarcellen in een haarwortel zichtbaar kunt maken onder de microscoop. Van haren uit je hoofd ga je een *haarpalet* maken. Zo'n haarpalet gebruik je om te bekijken wat de grootste verschillen zijn tussen jouw haren en die van de andere leden binnen je groep. Ten slotte ga je achterhalen van wie de haren op een gegeven voorwerp zijn.

## 4.2 Morfologisch onderzoek van haren

Forensisch haaronderzoek richt zich meestal op de vraag wie de donor is van het haarspoor. Er zijn twee mogelijkheden om van een haarspoor de donor vast te stellen:

- De haaronderzoeker vergelijkt de uiterlijke kenmerken (de *morfologie*) van haarsporen rond een misdrijf met haar van een verdachte, slachtoffer en/of betrokkenen.
- De haaronderzoeker isoleert DNA van het celmateriaal aan de wortels van de haarsporen en maakt een DNA-profiel.

De forensische opsporing verzamelt haren op de plaats delict. Haren op stukken van overtuiging worden bijna altijd door forensische onderzoekers verzameld (*veiliggesteld*). Vindt men haarsporen, dan worden deze op een zogenaamde haarkaart geplakt. Het onderzoek begint meestal met het beschrijven van de uiterlijke kenmerken van de haren. De haaronderzoeker bekijkt ieder haarspoor met de microscoop.

### 15. Vraag

- a. Bij menselijke haren zijn verschillende typen haren te onderscheiden. Welke zijn dat?
- b. Een haar heeft diverse morfologische kenmerken, die onderverdeeld kunnen worden in algemene en bijzondere kenmerken. Algemene kenmerken hebben betrekking op eigenschappen die het haar van nature heeft, zoals kleur en kleurintensiteit, pigmentatie, vorm, lengte en dikte. Bijzondere kenmerken zijn ontstaan door invloeden van buitenaf. Noteer hiervan enkele voorbeelden.

Om een vergelijkend haaronderzoek te kunnen uitvoeren dienen verdachte(n), maar ook slachtoffer(s) haarmonsters ter beschikking te stellen. Hoofdharen kunnen bij één persoon sterk verschillen, afhankelijk van hun plaats op het hoofd. Het is dus belangrijk er voor te zorgen dat de haren van het haarmonster representatief zijn voor de desbetreffende persoon. In de regel moet een referentiemonster daarom bestaan uit gekamde, getrokken en geknipte haren van diverse plaatsen op het hoofd. Samen vormen al deze haren een *haarpalet*. Het vergelijkende haaronderzoek richt zich op de vraag of het haarspoor past in het haarpalet van de verdachte, het slachtoffer of een ander bekend persoon. Dit is bijzonder moeilijk en gespecialiseerd werk. In de regel wordt haaranalyse daarom uitgevoerd door minimaal twee personen, die onafhankelijk van elkaar tot een oordeel komen.

### 16. Proef: Maak je eigen haarpalet

In deze proef ga je een haarpalet maken van je eigen hoofdhaar. Je gaat daartoe een referentiemonster maken van drie sets haren (een gekamd monster, 6 geknipte en 6 getrokken haren) van diverse plaatsen op je hoofd.

### Benodigheden

- Een haarkaat (zie bijlage 3)
- Etiketten
- Een pincet
- Een schaar
- Een kam
- Plakband

### Uitvoering

- Maak een referentiemonster van je eigen hoofdhaar. Een referentiemonster bestaat uit drie sets haren (een gekamd monster, 6 geknipte en 6 getrokken haren). Verzamel gekamde, getrokken en geknipte haren van diverse plaatsen op het hoofd en plak ze voorzichtig op het haarkaatje met een plakbandje. Ze vormen met elkaar een zogenoemd haarpalet.
- Je bedenkt voor deze proef een eigen systeem van nummering. Referentieharen worden als set beschouwd en dus ook als set genummerd.
- In verband met mogelijk DNA-onderzoek aan haarwortels, wordt voorzichtig omgesprongen met de wortel. Zorg dat de wortel 1 cm uitsteekt boven de plaats waar je de haar vastplakt. De rest van de haar hangt daaronder. Bij zeer korte haren zal de wortel boven de plakrand uitkomen en de haar zelf zich eronder bevinden.
- Het voorkomen van *contaminatie* (verontreiniging) is een belangrijk aspect van forensisch onderzoek. Als je de kleding van slachtoffer en verdachte op dezelfde tafel onderzoekt, kunnen (haar)sporen van het slachtoffer op kleding van de verdachte terechtkomen. Je zou dan kunnen concluderen dat slachtoffer en verdachte met elkaar in contact zijn geweest, terwijl dat in feite helemaal niet het geval hoeft te zijn. Werk dus netjes en gecontroleerd. Jouw haren mogen niet op andermans palet terechtkomen en vice versa.

### Vragen bij proef 16

Vergelijkend morfologisch haaronderzoek geeft niet altijd directe informatie over de donor van het haarspoor. Is een haarspoor niet verschillend van de haren in het haarpalet, dan stelt men dat het haarspoor past in het haarpalet van de persoon. Is het haarspoor duidelijk verschillend, dan past het haarspoor niet in het haarpalet van de persoon.

- a. Mag bij het laatste geconcludeerd worden dat de persoon niet in aanraking is geweest met het stuk van overtuiging waar de haar vanaf is gehaald?
- b. Vergelijkend haaronderzoek wordt bijna altijd uitgevoerd door twee of meer ervaren haaronderzoekers. Geef hiervoor een verklaring.

### 17. Proef: Haarcellen in haarwortel

In deze proef ga je een haarwortel zichtbaar maken onder de microscoop.

#### Benodigdheden

- Een haar met haarwortel
- Een pincet
- Een microscoop
- Voorwerpglas en dekglasje

#### Uitvoering

- Neem een (getrokken) haar met haarwortel.
- Maak een preparaat.
- Bestudeer het preparaat bij een vergroting van 150x en 400x. Zijn er cellen in de haarwortel aanwezig?
- Maak een tekening van je haar met enkele haarcellen.

## 4.3 Van wie is het haarspoor?

Maak een groep van ongeveer vier personen. In proef 18 ga je proberen te achterhalen van wie in je groep een haarspoor afkomstig is. Daartoe maak je gebruik van de verschillende haarpaletten die jullie in je eigen groepje hebben gemaakt.

### 18. Proef: Haarsporen analyseren

#### Benodigdheden:

Voor deze proef heb je het volgende nodig:

- Een schoon mutsje
- Een pincet
- Etiketjes
- Je haarpalet
- Een microscoop

#### Uitvoering:

- Maak een groep van ongeveer vier personen.
- Zet om de beurt het mutsje op het hoofd en draai het een aantal malen krachtig rond.
- Als iedereen aan de beurt is geweest, keer je het mutsje binnenstebuiten en mag ieder uit het groepje met een pincetje één haar uit het mutsje verzamelen. Dit is een zogenaamd haarspoor, het mutsje zou je kunnen zien als een stuk van overtuiging, zoals bijvoorbeeld de bivakmuts.
- Zijn er te weinig haren losgekomen, herhaal dan stap 2 van deze proef (allemaal muts op en draaien) en ga pas door wanneer iedereen een haarspoor van één haar heeft verzameld.
- Het haarspoor dat je hebt verzameld label je door de haar in het midden van een klein etiketje te plakken, het etiketje

dubbel te vouwen met de plakranden naar elkaar toe, en het etiketje te beschrijven met een (korte maar unieke) code.

- Vergelijk het haarspoor met de verschillende haarpaletten van het groepje. Gebruik eventueel een microscoop.
- Probeer te achterhalen van wie uit je groep het haarspoor afkomstig is. Geef dit aan door de code van het haarspoor te koppelen aan de code van het haarpalet waar de haar (het beste) in past. Leg je resultaat voor aan de andere groepsleden en kijk of jullie het met elkaar eens.

**Vraag bij proef 18:**

Is de proef goed gelukt? Zo nee, wat ging er mis en hoe had je dat kunnen voorkomen?

(Bron: 6)

# 5 Bloedonderzoek

## 5.1 Inleiding

Naast een scherpe blik beschikt Victor Zand ook over een goed reukvermogen, al zijn zintuigen staan aan op de plaats delict. Vandaag onderzoekt hij de woning van een man die verdacht wordt op de moord van zijn vrouw. Haar lichaam is in een ondiep graf gevonden in een park nabij, gewikkeld in een tentzeil. Het lichaam vertoont diverse steekwonden. De politie vermoedt dat de vrouw ergens anders om het leven is gebracht, om haar lichaam vervolgens op deze plek te 'dumpen'. Er moet veel bloed hebben gevloeid.

In de woning van de verdachte ruikt Victor een lichte bleekgeur, de geur van flink schoonmaken. Zou de vrouw op deze plek dodelijk mishandeld zijn? Bloed kun je wel wegwassen zodat je het niet meer ziet, maar het is er nog wel, je krijgt het nooit helemaal weg. Kan Victor aantonen dat er daadwerkelijk sprake is geweest van een bloedbad in deze woning? Lichten uit en sprayen maar...

Om vast te stellen of er bloedsporen aanwezig zijn op de plaats delict, test een forensische onderzoeker het materiaal met een zeer gevoelige aantoningsreactie die specifiek bloed kan aantonen, zoals luminol. Het is natuurlijk wel van essentieel belang dat zulke aantoningsreacties alleen bloed aantonen en niet reageren met allerlei andere materie.

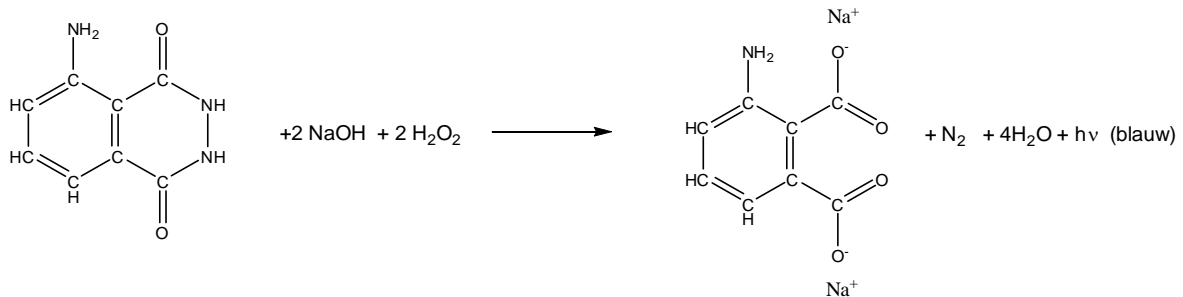
In de komende lessen leer je hoe je zelf bloed kunt aantonen. Ten slotte gaan we een *bloedspoorpatroononderzoek* uitvoeren. Onderzoek naar bloedspoorpatronen kan een antwoord geven op de vraag hoe, met hoeveel kracht en van welke richting en hoogte een letsel kan zijn toegebracht.

## 5.2 Luminol

Er zijn situaties waarin men geen bloedsporen met het blote oog kan waarnemen en waarbij men toch het idee heeft dat er wel degelijk bloedsporen aanwezig moeten zijn (geweest). Op de plaatsen waarvan wordt vermoed dat er bloedsporen aanwezig zijn, kan gebruik worden gemaakt van een oplossing van luminol en waterstofperoxide als *reagens* op bloed. Eenvoudigweg kan gesteld worden dat een reagens een stof (of een mengsel) is waarmee een andere stof kan worden aangetoond.

*Luminol* is geen systematische naam maar is afgeleid van het Latijnse woord voor licht: lumen. Luminol kan reageren met

waterstofperoxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) waarbij een helder, blauwgekleurd licht vrijkomt. In figuur 4 is de reactie van luminol met waterstofperoxide in basisch milieu weergegeven.



Figuur 4: reactie van luminol (systematische naam 5-amino-1,2,3,4-tetrahydroftalazine-1,4-dion) met waterstofperoxide in basisch milieu

In de praktijk verloopt de reactie van luminol met waterstofperoxide bijzonder traag. Om de blauwachtige kleuring van de luminolreactie te kunnen waarnemen kan het experiment het beste in een donkere kamer worden uitgevoerd.

## 19. Proef: Luminolreactie

### Doel van de proef

In deze proef ga je onderzoeken of

- je een helder blauw gekleurd licht kunt waarnemen tijdens de trage reactie van luminol met waterstofperoxide.
- er tijdens de reactie warmte aan de omgeving wordt onttrokken (*endotherme reactie*) of dat er warmte vrijkomt (*exotherme reactie*).

### Benodigdheden

- Erlenmeyer (100 ml)
- Glazen trechter (passend op de erlenmeyer)
- Een luminoloplossing die bestaat uit:
  - 0,1 g luminol
  - 5 g gedehydrateerd natriumcarbonaat
  - aangevuld met demiwater tot 85 ml
- Oplossing van waterstofperoxide: 15 ml van een 3% waterstofperoxide-oplossing in demiwater
- Thermometer
- Een donkere ruimte: bij voorkeur een zuurkast in een verduisterd practicumlokaal

### Uitvoering

Giet de luminoloplossing in de erlenmeyer en plaats de thermometer in de erlenmeyer. Noteer de temperatuur van de vloeistof.

- Verduister het lokaal/de ruimte en laat je ogen wennen aan het donker in ongeveer 5 à 10 minuten. Zie je al iets aan de vloeistof in de erlenmeyer?



- Probeer in het donker de waterstofperoxide-oplossing via de trechter in de erlenmeyer te gieten (liefst in de zuurkast).
- Kijk of je een helder, blauwgekleurd licht kunt waarnemen in de erlenmeyer
- Kijk of de helderheid afneemt na enige tijd en beëindig hierna het experiment.
- Noteer de temperatuur in de erlenmeyer.

#### Vragen bij proef 19

Kun je nu aan de hand van je waarnemingen concluderen dat de reactie van (een) waterstofperoxide(-oplossing) met (een) luminol(-oplossing) exotherm of endotherm is?

- a. Zo ja, welke aanwijzing(en)/waarneming(en) heb je daarvoor en waarom is de reactie dan endotherm of exotherm?  
Zo nee, welke waarneming(en) mis je daarvoor?

De reactie van luminol met waterstofperoxide kan worden versneld door gebruik te maken van een katalysator.

- b. Wat zou het effect zijn van het gebruik van een katalysator op de hoeveelheid licht die per seconde wordt uitgezonden bij de reactie van luminol met waterstofperoxide?

Een goede katalysator voor de genoemde reactie is een ijzerion. IJzerionen komen onder andere voor in hemoglobine in rode bloedcellen. De aanwezigheid van rode bloedcellen kan de luminolreactie dus versnellen, zodat de reactie onmiddellijk en veel heftiger zichtbaar wordt.

Luminol werkt op lage bloedconcentraties, dus op verdund bloed. Dit komt mooi uit, omdat het bloed zo dus kan worden aangetoond wanneer het is weggewassen met water/sop.

#### 20. Proef: Bloedvlekken aantonen

##### Doel van de proef

In dit experiment ga je onderzoeken of er bloedvlekken kunnen worden aangetoond op 3 ondergronden.

##### Benodigdheden:

- Een donkere ruimte: bij voorkeur een zuurkast in een verduisterd practicumlokaal
- Een bekeerglas met verdund bloed (van mens of dier) in water, verhouding 1:100 (bijvoorbeeld 0,5 ml bloed in 50 ml water), aangeleverd door de docent
- 3 ondergronden van verschillende materialen, bijvoorbeeld een lapje stof, een plankje hout en een tegeltje
- Latex handschoenen
- Pipetje

- Een plantenspuit met daarin een oplossing van de volgende samenstelling:
  - 0,1 g luminol
  - 5 g gedehydrateerd natriumcarbonaat
  - 15 ml van een 3% waterstofperoxide-oplossing
  - aangevuld met gedestilleerd water tot 100 ml

#### Uitvoering

- Trek latex handschoentjes aan, maak deze steeds nat met het verdunde bloed en zet een handafdruk ermee op de verschillende ondergronden. Laat hierna ook een druppel verdund bloed met een pipetje op linksbovenhoek van de ondergronden vallen.
- Leg de ondergronden, zodra ze (bijna) droog zijn, in de zuurkast neer. Het lokaal/de ruimte wordt verduisterd.
- Wanneer de ogen zijn gewend aan het duister sprayt iemand één voor één de luminoloplossing op de verschillende ondergronden. Kijk allemaal wat er gebeurt en of je iets kunt zien en/of herkennen op de ondergronden.

#### Vragen bij de proef:

- a. Waarom is het niet erg dat de luminol en het waterstofperoxide al samen in één oplossing zitten voordat het op het kledingstuk wordt gebracht?
- b. Bij welke ondergronden heb je een helder, blauwgekleurd licht waargenomen na besproeiing met de oplossing uit de plantenspuit? Hoe zag de vorm van dit licht eruit? Welke conclusie(s) kun je daar uit trekken?

Bij de vorige proefje had je te maken met zelfgemaakte verdunde bloedvlekken, die de luminolreactie duidelijk versnelden/versterkten. In de praktijk moet de forensisch onderzoeker nog uitvinden of er zich daadwerkelijk verdund bloed op de ondergrond bevindt. Helaas blijkt luminol geen selectief reagens te zijn. Luminol reageert dus met meerdere stoffen waarbij gelijkaardige waarnemingen kunnen worden gedaan. Zo wordt éézelfde reactie bewerkstelligd door

- roestige materialen
- micro-organismen (denk hierbij aan schimmels en bacteriën)
- joodionen en chloorionen, bijvoorbeeld in schoonmaakmiddelen
- formalineoplossing (ook wel 'sterk water' genoemd)
- peroxidasen in planten zoals vooral voorkomen in citrusvruchten, bananen, watermeloenen en talloze groentesoorten
- een aantal verfsoorten

Uit onderzoek is gebleken dat valspositieve reacties (bijvoorbeeld veroorzaakt door een verfsoort) vaak onderscheidbaar zijn. Zij luminesceren meestal minder lang dan bloed en geven soms ook een wat andere kleur.

De restanten van bleekmiddelen die hypochloriet bevatten (zoals bleekwater) ontleden binnen enkele dagen waardoor er geen reactie met luminol meer mogelijk is. Als het vermoeden bestaat dat een misdadiger heeft geprobeerd de bloedsporen met bleekwater weg te spoelen, dan kan de forensische onderzoeker besluiten de sporen enkele dagen te bewaren. De restanten van bleekmiddelen zijn dan verdwenen en beïnvloeden niet meer het resultaat van de luminolproef. De gevoeligheid van luminol voor bloed is zó hoog, dat het hoeveelheden bloed die voor het oog niet meer waarneembaar zijn, makkelijk kan aantonen, dus ook wanneer er op de plaats delict grondig is schoongemaakt.

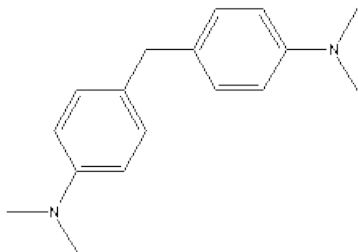
De blauwkleuring van luminol bij aanwezigheid van oud bloed is intensiever dan de blauwkleuring van luminol bij aanwezigheid van vers bloed.

Luminol is dus wel een gevoelig reagens, maar geen selectief reagens. Luminol reageert niet alleen met bloed, maar geeft ook vergelijkbare resultaten bij een reactie met bijvoorbeeld roest of een verf.

Wat luminol verder nog kan betekenen in het onderzoek, is dat de aangetoonde vlekken vermoedelijk weggesopt bloed kunnen leiden tot een locatie waar het bloed bijvoorbeeld onder een plintje is gelopen. Wanneer dat plintje wordt weggehaald, tref je mogelijk bloed aan, wat nog kan leiden tot een DNA-profiel.

(Bronnen: 6, 12-14)

## 5.3 De tetrabasetest



*Figuur 5: structuurformule van tetrabase, een stof met de systematische naam N,N,N',N'-tetramethyl-4,4'-diaminodifenylmethaan.*

Een manier om vast te stellen dat zichtbaar bloedgelijkend spoor (bijvoorbeeld een rode of bruine vlek) daadwerkelijk bloed is, kan de forensische onderzoeker dit spoor testen met een aantoningsreactie die specifiek bloed aan kan tonen. Deze test, de zogenoemde tetrabasetest, onderscheidt bloed van andere op bloed gelijkende substanties. De tetrabasetest reageert net als luminol met het hemoglobine in de rode bloedcellen.

Bij de tetrabasetest maakt men gebruik van twee oplossingen, die beide na aanmaken maar één maand gebruikt mogen worden: een oplossing van tetrabase (zie figuur 5) en een oplossing van bariumperoxide ( $\text{BaO}_2$ ).

Voordat de forensische onderzoeker de tetrabasetest uitvoert met het aangetroffen spoor, controleert hij de tetrabasetest eerst op bruikbaarheid. Dat wordt gedaan door de tetrabasetest uit te voeren op een papiertje dat geschraapt is langs een droog stukje katoen met een ingedroogde bloeddruppel. Als beide oplossingen nog werkzaam zijn, dan treedt een blauwkleuring op. Daarna voert hij de test uit op een papiertje dat geschraapt is langs het bloedgelijkende spoor, druppelt eerst een druppel tetrabase en dan een druppel bariumperoxide op dit papiertje, wacht een seconde en kijkt of hij een

blauwkleuring waarneemt, wat wijst op de aanwezigheid van (de hemoglobine in de rode bloedcellen van het) bloed. De tetrabasetest kent dezelfde valspositieve reagentia als luminol (hierboven genoemd); deze valspositieve reacties zijn soms wel maar soms niet onderscheidbaar van de reactie met bloed.

De tetrabasetest en luminol reageren ook positief met dierenbloed. Als het veiliggestelde bloed niet afkomstig is van een mens, dan zal dit blijken uit het DNA-onderzoek: uit het spoor wordt geen *DNA-profiel* (► zie begrippenlijst achterin en ook hoofdstuk 6) verkregen. De door het NFI gebruikte DNA-analysesystemen zijn alleen geschikt voor menselijk celmateriaal. Met deze DNA-analysesystemen is uit dierlijk bloed geen DNA-profiel te verkrijgen. Indien gewenst, dan is het mogelijk te onderzoeken of het daadwerkelijk dierenbloed betreft en van welke soort dier het bloed afkomstig is.

(Bronnen: 6, 15)

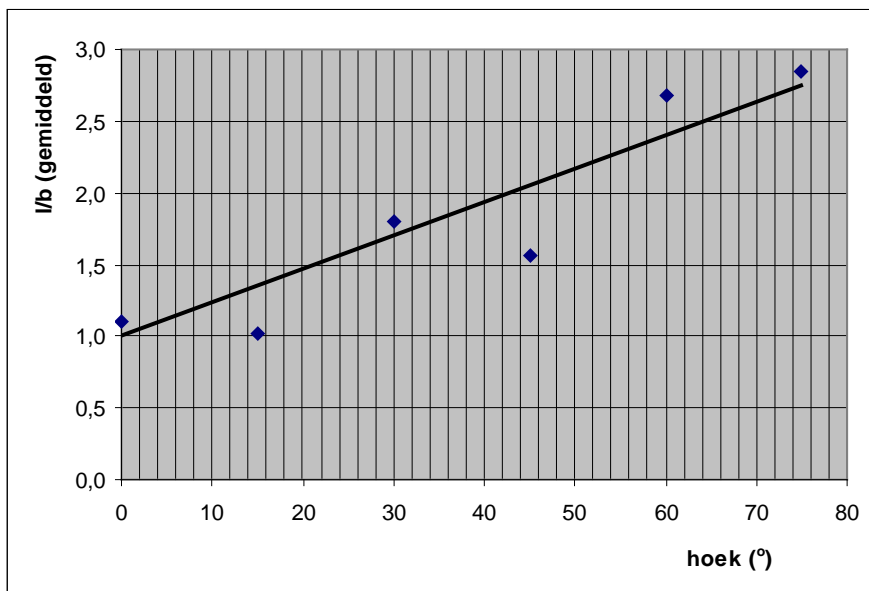
#### Vraag 21

- Wanneer biedt de tetrabasetest een uitkomst op de plaats delict, en wanneer zou je hem achterwege kunnen laten?
- Zou de tetrabase-test ook vals-positieve reacties kunnen vertonen? Zo ja, waarmee denk je?
- Bedenk een situatie waarin je zou je willen weten of een bloedspoor van humane of dierlijke afkomst is.

## 5.4 Bloedspoorpatroononderzoek

Niet zelden verklaart een verdachte van een gewelddadige moord dat het een handeling uit zelfverdediging was. Recentelijk heeft Victor Zand het verschil kunnen maken in een zaak waarin een verdachte verklaarde het slachtoffer te hebben doodgeschoten omdat deze hem aanviel terwijl hij in een gevecht op de grond was beland en niet anders kon dan naar zijn wapen grijpen en schieten. Victor reconstrueerde het delict door metingen te verrichten aan de bloeddruppels in het bloedspoorpatroon op de achterliggende muur. Door de vorm, richting en hoek van de afzonderlijke bloeddruppels te bekijken en lijnen te trekken in de ruimte, kon het punt van oorsprong van de bloedbron (het hoofd van het slachtoffer) worden bepaald. Zo bleek dat de verdachte onmogelijk vanuit liggende positie het staande slachtoffer in het hoofd kon hebben geschoten; het bepaalde punt van oorsprong i.c.m. de locatie van de hoofdwond leek veel beter te passen bij een zittend/knielend slachtoffer dat van bovenaf werd beschoten. Deze casus illustreert de grote waarde die *bloedspoorpatroononderzoek* kan hebben bij forensisch onderzoek. Onderzoek naar de patronen van de bloedsporen op

de plaats delict of op een stuk van overtuiging (zoals een kledingstuk) kan antwoord geven op de vraag op welke manier en met hoeveel kracht letsel werd toegebracht. Ook kun je met zo'n onderzoek vaststellen van welke richting en hoogte een letsel kan zijn toegebracht. Dit kan doordat bloed zich gedraagt volgens regels van de *ballistiek*. De ballistiek bestudeert de banen die niet-geleide projectielen in de lucht beschrijven. In hoofdstuk 8 komen onderdelen van de ballistiek terug in een simulatie van een kogelbaan. In proef 22 onderzoeken we wetmatigheden bij het totstandkomen van een bloedpatroon. Bloed kan een voorwerp vanuit verschillende richtingen raken. Bloed dat een muur raakt onder een hoek van  $90^\circ$  zal een ander bloedspoorpatroon opleveren dan bloed dat de muur raakt onder een hoek van  $10^\circ$ . In Figuur 6 zijn de resultaten van een bloedspoorpatroononderzoek weergegeven.



*Figuur 6: Bloedspoorpatroononderzoek (data van R. Bessems). Voor de lengte van het bloedspoorpatroon staat de  $l$ , voor breedte van het bloedspoorpatroon staat de  $b$ . De verhouding  $l/b$  is uitgezet tegen de hoek (in graden) tussen de baan van het bloed en de loodlijn op het voorwerp (een hoek van  $70^\circ$  geeft aan dat het bloed het voorwerp onder een hoek van  $20^\circ$  treft).*

Je gaat nu het experiment zelf uitvoeren.

## 22. Proef: Bloedspoorpatroononderzoek

### Benodigdheden

- (Rode) inkt
- Plastic handschoenen
- Pipet
- Papier
- Verplaatsbare/verstelbare ondergrond
- (Grote) geodriehoek
- Tabel 18 bij het bloedspoorpatroononderzoek (zie bijlage 4)

### Uitvoering

- Plaats papier op een vlakke, harde ondergrond. Laat een druppel rode inkt vallen van verschillende hoogten zoals vermeld in tabel 18 van bijlage 4. Bedenk zelf hoe je ervoor kunt zorgen dat elke druppel (vrijwel) even groot is.
- Plaats het papier onder een hoek van 30 graden en laat wederom een druppel inkt vallen van verschillende hoogten als vermeld in tabel 18. Herhaal deze procedure met hoeken van 45, 60 and 75 graden.
- Meet nauwkeurig de lengte (l) en breedte (b) van iedere inktspat, bereken eventueel een gemiddelde. Deel de lengte (l) door de breedte (b) en noteer het getal in tabel 18. Wees voorzichtig omdat inkt langzaam droogt en vlekken kan veroorzaken.
- Zet de meetwaarden uit in een grafiek, met op de X-as de invalhoek (let er goed op welke hoek dat is). Zet op de Y-as de berekende waarde (l/b). Gebruik hiervoor ► werkinstructie presenteren in de [NLT Toolbox](#).

#### Vragen bij de proef:

Over bovenstaande proef worden twee beweringen gedaan.

Geef aan of de beweringen juist of onjuist zijn.

- a. De vorm van een bloedspat geeft informatie over de vraag van welke hoogte en richting het letsel is toegebracht.
- b. De vorm van een bloedspat geeft informatie over de vraag wie de donor is van het bloedspoor.

(Bron: 16)

# 6 Forensisch DNA-onderzoek

## 6.1 Inleiding

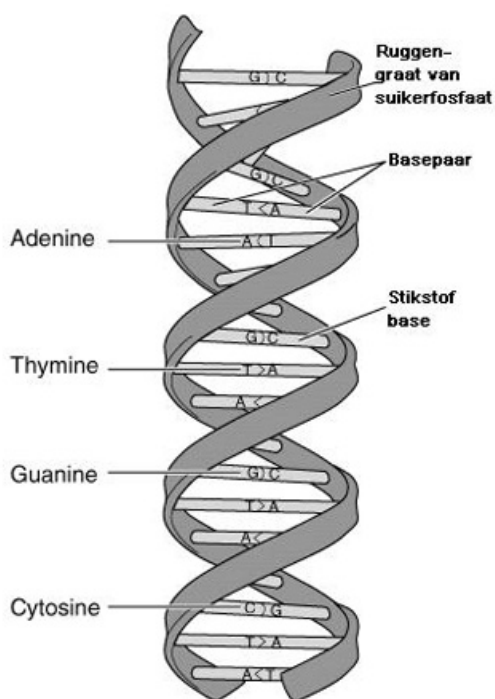
In een oud kantoorpand in een afgelegen woonwijk, dat officieel leegstaat, wordt na een melding van stankoverlast van de burens een wietplantage ontdekt. Victor Zand onderzoekt de zaak en treft, naast de vele plantenbakken met aarde, wietplanten en grote lampensets erboven, een aantal bierflesjes, lege glazen en sigarettenpeuken aan. Hiermee kan er mogelijk de vraag beantwoorden wie er in deze plantage werkzaam waren en er zodoende drank en sigaretten nuttigden. Het speeksel dat zich namelijk bevindt op de randen van de glazen, de mondstukken van de bierflesjes en de filters van de peuken, kan namelijk wijzen in de richting van specifieke personen. Speeksel is namelijk, net als bloed, sperma en haar, een biologisch spoor, dat wil zeggen een spoor dat celmateriaal en dus *DNA* bevat. Speeksel bevat namelijk wangslimvliescellen uit de binnenkant van de mond.

Bij forensisch onderzoek wordt biologisch sporenmateriaal onderworpen aan een DNA-onderzoek. Het resultaat van zulk DNA-onderzoek is een DNA-profiel. DNA-profielen kunnen nauwkeurig antwoord geven over de vraag wie de donor is van het spoor. Bij *vergelijkend DNA-onderzoek* wordt DNA van een biologisch spoor vergeleken met DNA van verdachte personen of, indien gewenst, met DNA-gegevens in een databank. Voor het onderzoek moet een (verdacht) persoon DNA-materiaal afstaan. Meestal wordt DNA verzameld uit makkelijk isoleerbaar celmateriaal, zoals wangslimvliescellen. Voor het onderzoek moet het DNA zo zuiver mogelijk geïsoleerd worden. Of het DNA-onderzoek daadwerkelijk bruikbaar DNA oplevert, hangt af van de kwaliteit van het geïsoleerde DNA.

In de komende lessen leer je hoe je op een eenvoudige manier DNA kunt isoleren uit je eigen wangslimvliescellen. Je leert welk deel van het DNA geschikt is voor het maken van een DNA-profiel. Met een gegeven DNA-profiel leer je hoe je een *matchkans* kunt berekenen, dat wil zeggen de kans dat (een niet-verwant) persoon toevallig hetzelfde volledige DNA-profiel heeft. Ten slotte gaan we in op de vraag wat de betekenis is van een *“match”*.

Voor meer informatie zie ► URL 2-4

In onderstaand kader is extra theorie opgenomen over DNA (Biologie)



Figuur 7: gedeelte van een DNA-molecuul, schematisch (Bron 30)

## DNA in een biologisch spoor

Hoewel cellen verschillen in bouw en functie is het belangrijk om te weten dat iedere cel in het menselijk lichaam hetzelfde DNA bevat. Het maakt voor vergelijkend DNA-onderzoek dus niet uit van welk deel van het lichaam het biologische spoor afkomstig is.

Een DNA-molecuul kun je je voorstellen als een gedraaide touwladder. Het molecuul bestaat uit twee ketens (de touwen van de ladder) met als de treden van de ladder twee aan elkaar gebonden bouwstenen, ook wel basen genoemd, zie figuur 7. Er zijn vier soorten basen (Adenine (A), Thymine (T), Cytosine (C) en Guanine (G)). De volgorde van deze basen in de keten bepaalt de erfelijke code.

In elke menselijke cel is het DNA verdeeld over 23 paren chromosomen. Van elk paar is het ene chromosoom van de vader geërfd en het andere van de moeder. Voor elke boodschap op het DNA heb je dan ook een variant van je vader en een variant van je moeder meegekregen.

Een klein deel van het DNA (2%) bevat informatie voor de erfelijke eigenschappen, zoals geslachtskenmerken en haarkleur. Het overgrote deel (98%) codeert niet (is niet verantwoordelijk) voor erfelijke eigenschappen. Sommige plaatsen op het niet-coderende DNA zijn per persoon sterk verschillend. Zulke plaatsen heten *hypervariabele gebieden*. Dergelijke gebieden worden gebruikt bij het opstellen van het DNA-profiel.

Een DNA-profiel van een persoon beschrijft geeft informatie over vijftien verschillende variabele gebieden van het DNA en daarnaast geeft het informatie over een gedeelte van het X-en/of Y-chromosoom, om na te gaan of de donor van het DNA een man of vrouw betreft.

Je gaat nu wangslijmvliescellen zichtbaar maken onder de microscoop. Hierna isoleer je zelf je DNA uit wangslijmvliescellen, met behulp van een eenvoudige DNA-isolatiemethode. Op het NFI gebeurt dit overigens met een specialistische isolatiekit en ziet het proces er anders uit.

## 23. Proef: Morfologie van wangslijmvliescellen

### Benodigdheden

- Wattenstaafje
- Microscoop
- Prepareermateriaal (preparaat en dekglasje)
- Eosine
- Druppelpipet



### **Uitvoering**

- Schraap met het wattenstaafje langs de binnenkant van je wang. Maak van het schraapsel een preparaat in een druppel eosine.
- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 100x. Je ziet wangslimvliessen liggen.
- Bekijk een cel bij een vergroting van 400x en maak er een tekening van. Geef de celkern aan in je tekening.

## **24. Proef: Isolatie van DNA uit wangslimvliessen**

### **Benodigheden:**

- Reageerbuis
- Maatcilinder 10 ml
- Bekerglas 400 ml
- Erlenmeyer 250 ml
- Weegschaal
- Waterbad 60 ° C
- Plastic koffielepeltjes of wattenstaafje
- Keukenzout
- Afwasmiddel
- Alcohol
- Reageerbuis
- Stift
- Ovenhandschoen
- Vriezer

### **Uitvoering**

Voor DNA-isolatie uit wangslimvlies heb je een oplossing nodig van 10 ml water en 0,3 gram keukenzout in een bekerglas van 40 ml. Schraap met een roerstaaf langs je wang en breng het materiaal van je wangslimvlies in de oplossing. Voeg vervolgens 1 ml afwasmiddel toe. Plaats de oplossing 20 minuten in een waterbad van 60 °C. Doe 6 ml van deze oplossing in een reageerbuis en voeg voorzichtig 6 ml alcohol (-20 °C) hieraan toe. Gebruik handschoenen bij het werken met koude alcohol. Dit voorkomt brandwonden. Na 5 minuten ontstaat er als het goed is een witte "band" met DNA.

**Opmerking:** in de praktijk wordt het DNA niet op bovenstaande manier behandeld. De wattenstaafjes/swabs van de plaats delict die mogelijk DNA bevatten, worden volgens een strak protocol met zuivere chemische stoffen behandeld om zo het DNA te isoleren, de concentratie ervan te meten, het te vermeerderen en er een DNA-profiel van op te stellen.

## 6.2 DNA-kenmerk en locus

Je hebt nu DNA geïsoleerd uit je wangslimvliescellen. Is al dit DNA geschikt voor het maken van een DNA-profiel of beperken we ons tot een deel van het DNA? In deze paragraaf gaan we dieper op deze vraag in.

Voor het maken van een DNA-profiel zijn slechts beperkte delen van het DNA geschikt: de in het kader benoemde *hypervariabele gebieden*. Deze gebieden bestaan uit zich steeds herhalende eenheden van een klein aantal basen, bijvoorbeeld TCATTCATTCAT (3 herhalingen van de basevolgorde TCAT). Die zich herhalende eenheden heten ook wel Short Tandem Repeats (STR). Het aantal herhalingen verschilt sterk per persoon en is daardoor geschikt voor vergelijkend DNA-onderzoek.

De plaats van een hypervariabel gebied op het DNA heet een *locus* (meervoud is loci). Bij forensisch DNA-onderzoek kijkt men naar vijftien verschillende hypervariabele loci, die allemaal op verschillende chromosomen liggen, plus het locus AMEL (amelogenine-gen) op de geslachtschromosomen X en Y. In tabel 8 kun je zien op welke chromosomen de loci liggen die voor het forensische onderzoek worden gebruikt. Uiteraard onderzoekt men bij ieder persoon dezelfde loci.

De loci hebben een combinatie van letters en/of cijfers als aanduiding gekregen, bijvoorbeeld D2S1338. Deze locus ligt, zoals je in tabel 8 kunt zien, op chromosoom 2.

Locus	Locus bevindt zich op
D1S1656	chromosoom 1
D2S1338	chromosoom 2
D2S441	chromosoom 2
D3S1358	chromosoom 3
FGA	chromosoom 4
D8S1179	chromosoom 8
D10S1248	chromosoom 10
TH01	chromosoom 11
VWA	chromosoom 12
D12S391	chromosoom 12
D16S539	chromosoom 16
D18S51	chromosoom 18
D19S433	chromosoom 19
D21S11	chromosoom 21
D22S1045	chromosoom 22
AMEL	chromosoom X en Y

Tabel 8: DNA-kenmerken en hun plaats op de chromosomen

Het DNA-kenmerk van een locus wordt aangeduid met een cijfer. Het cijfer staat voor het aantal herhalingen van het repeterende stukje DNA. Voor locus D2S1338 varieert het aantal herhalingen van 15 tot en met 27. Van deze locus zijn dus 13

verschillende vormen *DNA-kenmerken* bekend, zie tabel 9. Een ander woord voor DNA-kenmerk is allel (meervoud: allelen).

D10S1248	vWA	D16S539	D2S1338	AMEL	D8S1179	D21S11	D18S51	D22S1045	D19S433	TH01	FGA	D2S441	D3S1358	D1S1656	D12S391
10	11	8	15	X	8	27	9	11	9	5	18	9	12	11	15
11	13	9	16	Y	9	28	10	12	10	6	18.2	10	13	12	16
12	14	10	17		10	29	11	13	11	7	19	11	14	13	17
13	15	11	18		11	29.2	12	14	12	8	19.2	11.3	15	13.3	17.3
14	16	12	19		12	30	13	15	12.2	9	20	12	16	14	18
15	17	13	20		13	30.2	14	16	13	9.3	21	12.3	17	14.3	18.3
16	18	13,3	21		14	31	15	17	13.2	10	22	13	18	15	19
17	19	14	22		15	31.2	16	18	14		22.2	14	19	15.3	19.3
18	20	15	23		16	32	17		14.2		23	15	20	16	20
	21		24		17	32.2	18		15		23.2	16		16.3	21
			25		18	33	19		15.2		24			17	22
			26			33.1	20		16		25			17.1	23
			27			33.2	21		16.2		25.2			17.3	24
						34	22		17		26				25
						34.2	23		17.2		27				26
						35	25		18.2		28				
						35.2					29				
						36					31.2				
											45.2				

Tabel 9: voorkomende DNA-kenmerken van de 15 loci + AMEL

In elke cel is het DNA verdeeld over 23 paren chromosomen. Van elk paar is het ene chromosoom van de vader geërfd en het andere van de moeder.

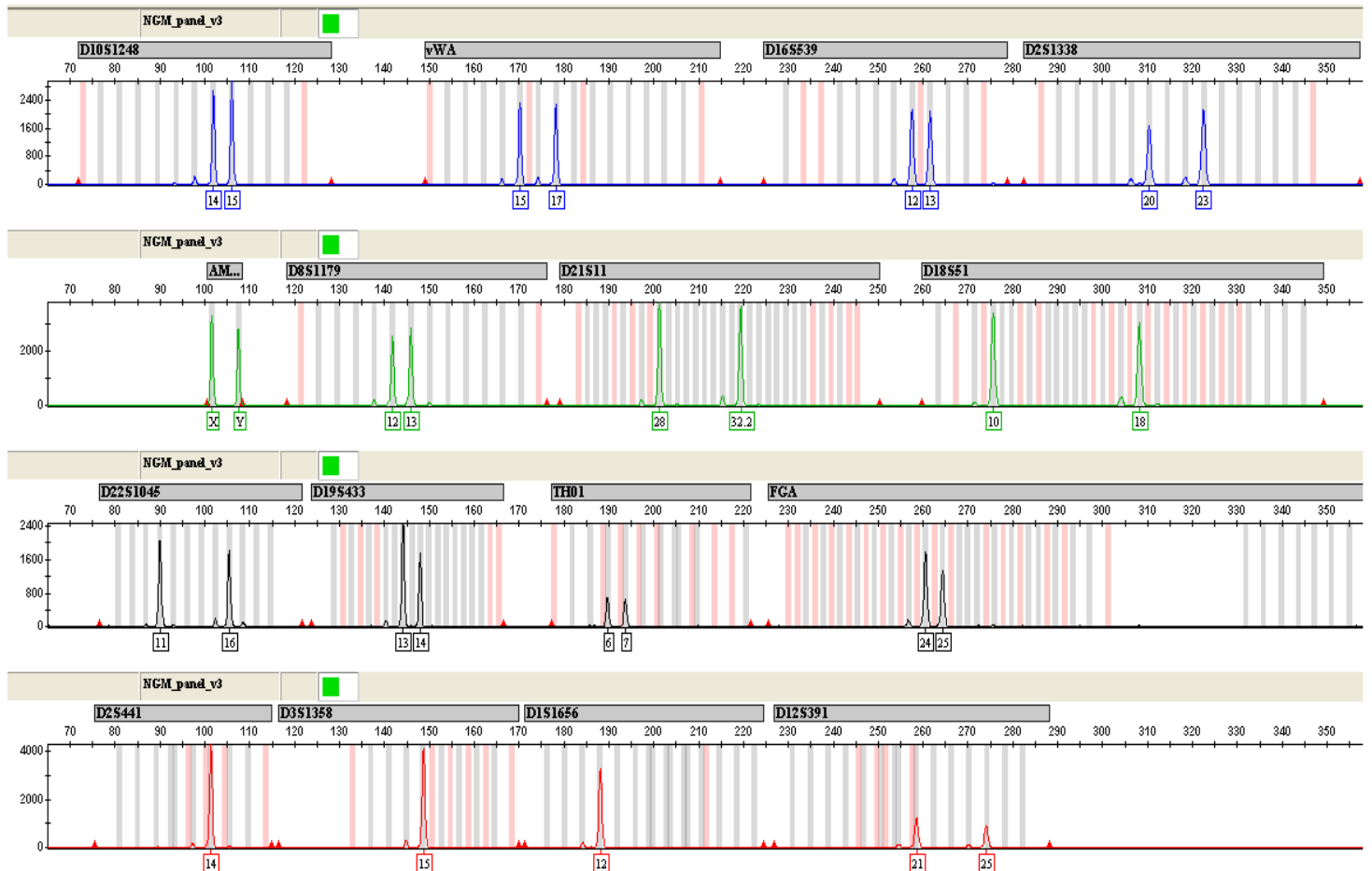
Een locus komt in een cel dus in tweevoud voor: eenmaal in het van de vader geërfde chromosoom en eenmaal in het van de moeder geërfde chromosoom. Bij het opstellen van een DNA-profiel moet je hiermee rekening houden.

Bij een onderzocht persoon kan in locus D2S1338 het chromosoom (bijvoorbeeld dat van de vader afkomstig is) een serie van 17 repeterende stukjes DNA bevatten. Bij dezelfde persoon kan in locus D2S1338 het andere chromosoom (dat van de moeder afkomstig is) een serie van 20 repeterende stukjes DNA bevatten. Dan heeft locus D2S1338 bij die onderzochte persoon de DNA-kenmerken 17 en 20 (notatie 17/20).

Bij *forensisch DNA-onderzoek* streeft men ernaar om een compleet DNA-profiel te verkrijgen. Om dit te bewerkstelligen onderzoekt men de DNA-kenmerken van 15 verschillende loci, verdeeld over 13 verschillende paren chromosomen, plus het locus AMEL dat zich bevindt op het X- en Y-chromosoom (tabel 8). De kans dat twee verschillende mensen op één locus dezelfde DNA-kenmerken hebben is vrij groot, maar de kans dat

ze op alle loci dezelfde DNA-kenmerken hebben, is heel erg klein.

Alleen als binnen een DNA-profiel alle onderzochte loci waarneembaar zijn, kan men spreken van een volledig *DNA-profiel*. Hoe vollediger het DNA-profiel, des te kleiner de kans dat een ander persoon hier op aarde hetzelfde profiel vertoont.



Figuur 10: een volledig DNA-profiel (Bron: L.S. van Furstenberg)

## 6.3 DNA-profiel en matchkans

Bij vergelijkend DNA-onderzoek vergelijkt een forensisch onderzoeker het DNA-profiel van een biologisch spoor met het DNA-profiel van een verdachte, een slachtoffer of betrokkenen. Hierbij zijn twee resultaten denkbaar: of de DNA-profielen verschillen, of ze zijn aan elkaar gelijk. Verschillen de DNA-profielen van elkaar dan betekent dit dat de persoon niet de donor is van dit spoor.

Als het DNA-profiel van het spoor overeenkomt met het DNA-profiel van een persoon, dan spreekt men van een *'match'*. De kans dat (een niet-verwant) persoon toevallig hetzelfde volledige DNA-profiel heeft als het spoor, is minder dan één op

een miljard. Dit betekent dat het biologisch spoor in hoge mate van waarschijnlijkheid afkomstig is van de verdachte.

Om de bewijswaarde van gelijke DNA-profielen te bepalen is het van belang te weten hoe groot de kans is dat de DNA-profielen bij toeval gelijk zijn.

Een voorbeeld:

Stel dat je een profiel zou opstellen alleen op basis van locus D2S1338, en dat het DNA-profiel van een verdachte (in locus D2S1338) dezelfde DNA-kenmerken heeft als het DNA-spoor dat aangetroffen is op de plaats delict. Heb je dan een duidelijke aanwijzing dat deze persoon de donor is van het betreffende DNA-spoor?

Het antwoord hangt af van de frequentie waarmee de DNA-kenmerken van beide allelen (gedeelte van de moeder en dat van de vader) onder de bevolking voorkomt. Als 20% van de bevolking het DNA-kenmerk heeft, is het bewijs niet zo sterk. Maar als maar 1% van de bevolking het DNA-kenmerk heeft, is de kans al groter dat de verdachte de donor het van het DNA-spoor.

In tabel 11 kun je van elk DNA-kenmerk zien bij welk percentage van de Nederlandse bevolking het voorkomt. Als je het getal 0,1 ziet staan, betekent dit dat 10% van de bevolking dit DNA-kenmerk bezit.

D2S1338	Frequentie	D10S1248	Frequentie
15	0,000	10	0,001
16	0,050	11	0,000
17	0,207	12	0,028
18	0,083	13	0,283
19	0,153	14	0,344
20	0,155	15	0,170
21	0,023	16	0,143
22	0,023	17	0,028
23	0,076	18	0,005
24	0,106		
25	0,106		
26	0,016		
27	0,002		

Tabel 11: Frequenties van DNA-kenmerken D2S1338 en D10S1248. Frequentie is uitgedrukt voor de populatie mensen in Nederland, berekend op basis van de DNA-profielen van 400 - 800 Nederlanders. (Bron: DNA allelfrequenties NGM)

## 25. Vraag

- Stel, een DNA-profiel verschilt op één locus van DNA-kenmerken en al de andere loci zijn gelijk. Moet dan de verdachte uitgesloten worden als donor van dit spoor? Geef een verklaring voor je antwoord.
- Familieleden vertonen veel overeenkomsten in DNA-profiel. Geef hiervoor een verklaring.

- c. Bestudeer tabel 11. Wat is de frequentie van DNA-kenmerk 18 op locus D2S1338?
- d. Wat is de som van alle frequenties (in Nederland) van locus D2S1338? Geef hiervoor een verklaring.

Zoals eerder gezegd is bij de mens het DNA verdeeld over 23 paren chromosomen. Van elk paar is één chromosoom geërfd via de vader en één via de moeder. Een persoon kan dus ten aanzien van locus D2S1338 maximaal twee verschillende DNA-kenmerken bezitten.

Neem bijvoorbeeld DNA-kenmerken 17 en 18. Bij bevruchting kunnen er 4 combinaties gevormd worden:

- 17/17
- 17/18
- 18/17
- 18/18

Stel nu dat bij een persoon DNA-kenmerken 17 en 18 waarneembaar zijn. DNA-kenmerk 17 komt in de bevolkingsgroep voor met een frequentie van 0,207 (20,7%). DNA-kenmerk 18 komt voor met een frequentie van 0,083 (8,3%).

De kans dat een persoon DNA-kenmerk 17 en 18 bezit is dan als volgt te berekenen. Eerst vermenigvuldig je de frequenties van beide DNA-kenmerken:  $0,207 (20,7\%) \times 0,083 (8,3\%) = 0,017 (1,7\%)$ .

Omdat er voor DNA-kenmerk 17 en 18 in totaal twee mogelijkheden zijn: 17/18 en 18/17 (kenmerk 17 is van de vader geërfd en kenmerk 18 van de moeder, of andersom: kenmerk 18 is van de moeder geërfd en kenmerk 17 van de vader) is een vermenigvuldiging met een factor twee nodig. De berekende frequentie van de DNA-kenmerkencombinatie van dat locus is  $2 \times 1,7\% = 3,4\%$  ( $2 \times 0,017 = 0,034$ ).

## 26. Vraag

Bereken op basis van boven beschreven gegevens voor locus D2S1338 de frequentie van de DNA-kenmerkcombinatie (17/17). Reken ook uit wat de frequentie is van de DNA-kenmerkcombinatie (18/18).

Bij analyse van een DNA-profiel worden de verschillende DNA-kenmerken van de loci weergegeven als pieken (zie figuur 10). De hoogte en breedte van een piek is een maat voor de hoeveelheid DNA.

Figuur 10 is een weergave van een DNA-profiel op grond van de 16 eerder genoemde loci. Voor bijna elke locus zie je twee pieken, de ene voor het van de vader geërfde DNA-molecuul, de andere voor het molecuul dat van de moeder is geërfd. Alleen voor de loci D2S441, D3S1358 en D1S1656 is er maar één piek zichtbaar (bij D3S1358 is dit 15). Deze persoon heeft op

dat locus dus voor beide chromosomen het DNA-kenmerk 15. Dit wordt weergegeven als 15/15 en het gegeven dat beide allelen het kenmerk 15 bezitten noemt men *homozygoot*. Voor de loci waar twee pieken te zien zijn is de persoon *heterozygoot*. Een DNA-profiel bevat ook altijd een kenmerk dat aangeeft of de persoon een man of een vrouw is. Bij een man geeft dat kenmerk twee pieken, weergegeven als X en Y. Bij een vrouw is er op die plaats één piek, weergegeven als X.

### 27 Vraag

Is het DNA-profiel in figuur 10 afkomstig van een man of van een vrouw?

### De berekende frequentie van het DNA-profiel

Een DNA-profiel wordt berekend door de frequenties van de DNA-kenmerken met elkaar te vermenigvuldigen. Een voorbeeld hiervan zie je in

Tabel 12, een tabel gebaseerd op het DNA-profiel van figuur 10. Voor alle loci zijn de frequentie van DNA-kenmerken berekend.

Locus	Locus bevindt zich op	DNA-kenmerk	Frequentie
D1S1656	chromosoom 1	12/12	$0,130 \times 0,130 = 0,017$
D2S1338	chromosoom 2	20/23	$2 \times 0,155 \times 0,076 = 0,024$
D2S441	chromosoom 2	14/14	$0,286 \times 0,286 = 0,082$
D3S1358	chromosoom 3	15/15	$0,248 \times 0,248 = 0,062$
FGA	chromosoom 4	24/25	$2 \times 0,135 \times 0,076 = 0,021$
D8S1179	chromosoom 8	12/13	$2 \times 0,137 \times 0,327 = 0,090$
D10S1248	chromosoom 10	14/15	$2 \times 0,344 \times 0,170 = 0,117$
TH01	chromosoom 11	6/7	0,081
VWA	chromosoom 12	15/17	0,062
D12S391	chromosoom 12	21/25	0,004
D16S539	chromosoom 16	12/13	0,100
D18S51	chromosoom 18	10/18	0,001
D19S433	chromosoom 19	13/14	0,162
D21S11	chromosoom 21	28/32.2	0,227
D22S1045	chromosoom 22	11/16	0,097
AMEL	chromosoom X en Y	X/Y	<i>wordt niet meeberekend</i>

Tabel 12: Schematische weergave van DNA-profiel van figuur 10 met bijbehorende frequenties (geldend voor de populatie mensen in Nederland). Van de eerste frequenties zijn de berekeningen voorgedaan. De berekende frequenties in de grijze vakken zijn te controleren m.b.v. tabel 11 (Bron: L.S. van Furstenberg)

Door alle frequenties met elkaar te vermenigvuldigen, bereken je de kans dat een persoon toevallig hetzelfde DNA heeft.

In dit geval is dat  $0,017 \times 0,024 \times 0,082 \times 0,062 \times 0,021 \times 0,090 \times 0,117 \times 0,081 \times 0,062 \times 0,004 \times 0,100 \times 0,001 \times 0,162 \times 0,227 \times 0,097 = 3,29 \times 10^{-21}$ .

Voor een volledig DNA-profiel, dat bestaat uit 15 loci (+ AMEL), is de frequentie altijd (stukken) lager dan 1 op een miljard.

De *berekende frequentie* is de maat voor de zeldzaamheid van een vastgesteld DNA-profiel in de populatie (bijvoorbeeld Nederland). De berekende frequentie is de kans dat een willekeurig gekozen, niet aan de matchende verdachte

verwante, persoon hetzelfde DNA-profiel heeft als dat van het spoor. Als de kans voor een onvolledig (minder dan 15 loci + AMEL bepaald) DNA-profiel berekend wordt op 1:1.000.000 (1 op 1 miljoen), dan betekent dit dat er in Nederland ongeveer 17 mensen rondlopen met hetzelfde DNA-profiel (ten tijde van het jaar 2014).

#### 28. Vraag

In

Figuur is een DNA-profiel getoond met een matchkans van  $3,29 \times 10^{-21}$ . Op aarde leven (ten tijde van het jaar 2014) ongeveer 7 miljard mensen. Is de kans groot dat er op aarde nog een persoon rondloopt met dit DNA-profiel?

### 6.4 Een match bewijst geen schuld

Stel dat het DNA-profiel van het spoor overeenkomt met dat van de verdachte, wat zegt dat dan? Een match bewijst op zichzelf niets, behalve dat diegene de donor kan zijn van het biologische spoor. Dat is de enige objectieve informatie die met de DNA-test is verkregen. Daarna volgt interpretatie. De verdachte kan 'toevallig' op de plaats van het misdrijf zijn geweest zonder iets met de daad te maken hebben gehad. Vooral op openbare plaatsen of in de open lucht kunnen sporen makkelijk door voorbijgangers, getuigen of zelfs politieagenten zijn achtergelaten. De bewijskracht van een positieve identificatie hangt af van de relatie tussen het spoor en het delict. En het oordeel is aan de rechter.

(Bronnen: 6 en 17-21)



# 7 Forensische statistiek

## 7.1 Inleiding

Het werk van de forensisch opsporing lijkt vrij afgekaderd: een plaats delict bezoeken, foto's maken, sporen veiligstellen in verder onderzoeken (of opsturen) en hier een Proces Verbaal van schrijven. Onderzoekers van het NFI hebben daarnaast de globale functie: ingestuurde SVO's analyseren, natuurlijk met de meest geavanceerde apparatuur, de resultaten interpreteren en hiervan een deskundigenrapport opstellen. Dit klopt. Maar hierbij houdt het takenpakket niet (altijd) op. Een forensisch onderzoeker is een deskundige. En de onderzoeksresultaten van een deskundige kunnen worden meegewogen in het oordeel van de rechter. Een rechter moet bepalen wat de bewijswaarde is van de onderzoeksresultaten uit forensisch onderzoek. Het zal dan ook regelmatig voorkomen dat een medewerker van de forensische opsporing of (vooral) een forensisch onderzoeker op het NFI/ander wetenschappelijk laboratorium wordt gevraagd om aanvullende informatie te geven, over dat wat onderzocht is en de interpretatie ervan. Voor de interpretatie van het bewijsmateriaal is het voor de rechter belangrijk om een waarde te kunnen toekennen; hierbij is een statistische analyse een belangrijk hulpmiddel.

De komende lessen leer je hoe onderzoeksresultaten meegewogen kunnen worden in een rechterlijk oordeel. Je leert hoe de kracht van bewijsmateriaal uitgedrukt wordt volgens de regel van Bayes. Statistiek is hierbij heel belangrijk en vooral de vraag: hoe uniek is het bewijsmateriaal? Wanneer twee DNA-profielen overeenkomen, wat is dan de bewijswaarde? Er is een onderzoeksprotocol opgesteld, dat het mogelijk maakt de bewijswaarde uit te rekenen. De centrale vraag is: 'Hoe bijzonder is het profiel dat we in de sporen hebben aangetroffen ten opzichte van de totale populatie? Hoeveel procent van de populatie loopt met hetzelfde profiel rond?' Het antwoord wordt uitgedrukt in een kans.

In de komende les leer je hoe je de kracht van bewijsmateriaal uitgedrukt kan worden volgens *de regel van Bayes*. Maar bestudeer eerst de theorie van Bayes in de volgende link: <http://amber.bonhoeffer.nl/~arjan/bayes/index.html>

## 7.2 De regel van Bayes

Stel, je bent op werkweek op een boot samen met 1001 medepassagiers. Je vermaakt je kostelijk tot het moment waarop een onbekende persoon levenloos wordt aangetroffen, uitgerekend in jouw kamer. Het moordwapen wordt gevonden met bloedsporen. En wat blijkt, het DNA-profiel matcht met dat van jou. Dan heb je een probleem!

Je wordt beschuldigd van een moord die je niet hebt gepleegd. Maar bewijs je onschuld maar eens! Uit forensisch onderzoek blijkt dat van het gevonden bloedspoor, de matchkans gelijk is aan 1:1000 (het DNA-profiel is onvolledig). De kans dat jij de moord gepleegd hebt zou dus simpel redenerend, gelijk moeten zijn aan 99,9%. Zoals het er nu uitziet, zit je in een hopeloze situatie.

Maar gelukkig is er forensische statistiek. Deze vorm van statistiek is gebaseerd op de regel van Bayes uit de kansrekening.

We gaan het *Bayesiaanse model* gebruiken om jou vrij te pleiten.

### De *a priori* kansverhouding

De rechter, en niemand anders dan de rechter, oordeelt over de vraag of je schuldig bent. De rechter heeft in eerste instantie (dus zonder rekening te houden met het sporenbewijsmateriaal) te maken met twee hypothesen. De hypothese  $H_p$  van de aanklager (Jij bent schuldig) en de hypothese  $H_d$  van de verdediging (jij bent onschuldig). De rechter zal jou veroordelen als de hypothese van de aanklager veel waarschijnlijker is dan die van de verdediging. Als het proces begint heeft de rechter *a priori* een bepaalde inschatting van de kansverhouding. In jouw geval zou de rechter als volgt kunnen redeneren: Bekend is welke personen er ten tijde van de moord op de boot waren. In totaal kunnen 1001 personen de dader zijn.

In jouw geval is de *a priori kansverhouding* dan:

$$\frac{P(H_p)}{P(H_d)} = \frac{\frac{1}{1001}}{1 - \frac{1}{1001}} = \frac{\left(\frac{1}{1001}\right)}{\left(\frac{1000}{1001}\right)} = \frac{1}{1000}. \quad (1)$$

- $P(H_p)$  = de kans dat je schuldig bent
- $P(H_d)$  = de kans dat je onschuldig bent.

De *a priori* kansverhouding is gelijk aan 1/1000. Dat is een mooi begin. Maar de rechter weegt ook het sporenmateriaal mee in het eindoordeel.

## De likelihood ratio

Om de kracht van bewijsmateriaal (in dit geval het bloedspoor) uit te drukken gaat men volgens de regel van Bayes te werk. Het sporenmateriaal heeft een bepaalde matchkans. Dit is de kans dat een willekeurig gekozen persoon hetzelfde DNA-profiel heeft als dat van het spoor. In jouw geval bedraagt de matchkans 1/1000. De matchkans wordt verwerkt in een zgn. *likelihood ratio*. Hierbij worden twee hypothesen tegen elkaar afgewogen.

- $P(E | H_p) =$  de voorwaardelijke kans dat men het gevonden spoor ( $E$ ; evidence) vindt, als de hypothese van de aanklager juist is, namelijk dat jij het gedaan hebt.

Deze is meestal gelijk aan 1. Want als de moordenaar een bloedspoor achterlaat zal het DNA-profiel van het spoor logischerwijs matchen met de moordenaar.

- $P(E | H_d) =$  de voorwaardelijke kans dat men het gevonden spoor ( $E$ ) vindt, als de hypothese van de verdachte juist is, namelijk dat jij het niet gedaan hebt.

Deze is in dit geval gelijk aan de matchkans: 1/1000

$$\text{De likelihood ratio} = \frac{P(E | H_p)}{P(E | H_d)}. \quad (2)$$

In jouw geval is de *likelihood ratio*

$$= \frac{P(E | H_p)}{P(E | H_d)} = \frac{1}{\frac{1}{1000}} = 1000.$$

## De *a posteriori* kansverhouding

En nu moet de rechter tot een oordeel komen. Volgens de regel van Bayes wordt de *a priori* kansverhouding vermenigvuldigd met de *likelihood ratio*. Wat dan ontstaat wordt de *a posteriori* kansverhouding genoemd:

$$\frac{P(H_p | E)}{P(H_d | E)} = \frac{P(H_p)}{P(H_d)} \cdot \frac{P(E | H_p)}{P(E | H_d)} \quad (3)$$

Hierbij geldt dat:

- $P(H_p | E) =$  de voorwaardelijke kans dat de verdachte schuldig is ( $H_p$ ), als het gevonden spoor ( $E$ ) op tafel ligt.
- $P(H_d | E) =$  de voorwaardelijke kans dat de verdachte onschuldig ( $H_d$ ), als het gevonden spoor ( $E$ ) op tafel ligt.

$$\text{In jouw geval geldt: } \frac{P(H_p | E)}{P(H_d | E)} = \frac{1}{1000} \cdot \frac{1000}{1} = \frac{1}{1}$$

## 29. Vraag

- a. Is het aannemelijk dat een rechter je op basis van deze kansverhouding zal veroordelen?
- b. In dit voorbeeld is uitgegaan van een onvolledig DNA-profiel met een matchkans van 1/1000. Wat zouden je kansen geweest zijn als er een volledig DNA-profiel gevonden was met een matchkans van  $3,29 \times 10^{-21}$ , zoals getoond in figuur 10?

(Bronnen: 22-25)

# 8 Simulatie: nabootsen van de werkelijkheid met de computer

## 8.1 Inleiding

Bij wetenschappelijk onderzoek speelt het experiment een belangrijke rol. Het experiment levert namelijk een antwoord op de onderzoeksvraag. Zo kan een onderzoeksvraag als “Komt het DNA-profiel van het bloedspoor overeen met dat van de verdachte?” door middel van een experiment beantwoord worden met ja of nee.

Niet alle onderzoeksvragen zijn eenvoudig. Moeilijk wordt het als verschillende factoren een rol spelen bij een gebeurtenis. Een vraag als “Hoeveel bloed verlaat het lichaam bij een kogelwond?” is moeilijk te beantwoorden omdat het antwoord van vele factoren afhankelijk is, zoals kogelgrootte, snelheid van de kogel of bloeddruk.

Om deze vraag te beantwoorden kun je een *model* te bouwen. Een model is een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. Het beschrijft alle onderdelen, eigenschappen en relaties van die werkelijkheid zo nauwkeurig mogelijk, zodat simulatie (voorspelling van het verloop) mogelijk wordt. Een model kan dus een voorspellende waarde hebben.

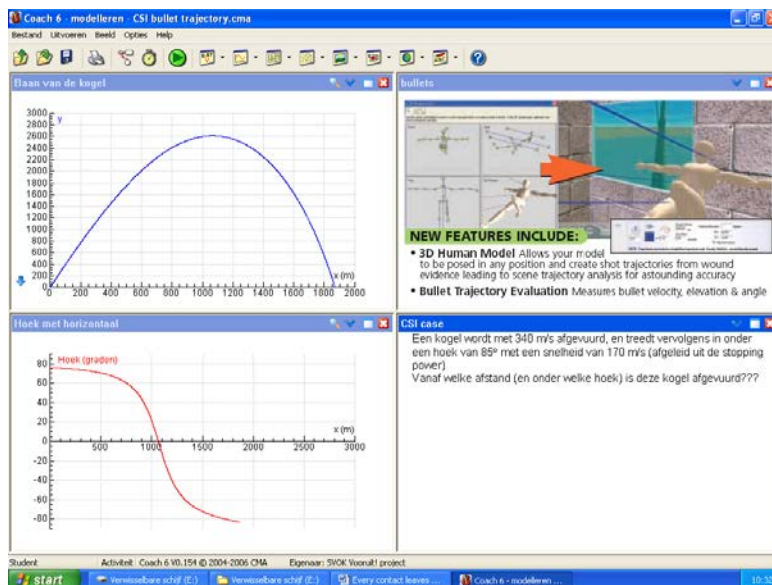
Een belangrijk voordeel van het werken met een model is dat een effect van een ingreep of handeling snel zichtbaar gemaakt kan worden. Voorwaarde is wel dat binnen een model de onderdelen, eigenschappen en relaties juist zijn weergegeven. Alleen dan kun je stellen dat een model de werkelijkheid benadert.

In dit project ga je een grafisch computermodel gebruiken bij het oplossen van een probleem. Heb je nog nooit met een Coach 6 modelleromgeving gewerkt? Doe dan eerst een oefening zoals beschreven in bijlage 5. Voer experiment 31 uit.

Op een plaats delict op een open plaats gaat Victor Zand aan de slag met een man die is getroffen door een kogel. In eerste instantie verdenken Victor en het FO-team een aantal personen in de directe omgeving van het slachtoffer, maar al snel blijken deze niks met het misdrijf te maken te hebben. De kogel blijkt

van zeer grote afstand afgeschoten te zijn. Door een onverwachte gebeurtenis veranderde de richting van het schot met fatale gevolgen. Victor werkt mee aan een nauwkeurige reconstructie van de baan van het schot. Alles wordt nauwkeurig in een model geplaatst, zoals snelheid van de kogel, luchtweerstand en hoek van intrede in het lichaam. En deze reconstructie leidt uiteindelijk tot de aanhouding van de ongelukkige schutter.

In opdracht 41 ga je deze simulatie zelf uitvoeren. Je reconstrueert de kogelbaan en bepaalt de horizontale afstand die de schutter tot zijn slachtoffer heeft gehad én de hoek waaronder het wapen is afgevoerd. Een voorbeeld van zo'n reconstructie is afgebeeld in Figuur 13 .



Figuur 13: Simulatie van de baan van de kogel m.b.v. grafisch modelleerprogramma Coach 6 (data: P.H.M. Uylings)

## 8.2 Reconstructie van de baan van de kogel

De volgende gegevens zijn beschikbaar:

- Over de kogel:
  - 40-punts ammunitie, dat wil zeggen de massa is 40x de standaardmassa van 64,8 mg, dus:
 
$$m = 40 \times 64,8 \cdot 10^{-6} = 2,59 \times 10^{-3} \text{ kg} .$$
  - diameter 2,15 mm, dus voor het frontale oppervlak in m<sup>2</sup> geldt:  $A = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi (2,15 \cdot 10^{-3})^2 = 3,63 \times 10^{-6} .$
  - stroomlijnfactor type kogel  $C_w = 0,295 .$
  - de luchtdichtheid is  $\rho = 1,2 \text{ kgm}^{-3} .$
  - voor de wrijvingscoëfficiënt  $k$  geldt in lucht:
  - $k = \frac{1}{2} C_w A \rho = 6,43 \times 10^{-7} .$

- deze kogel ondervindt in de lucht dus een wrijvingskracht  $F_w = k \cdot v^2$ , waarin  $v$  de snelheid van de kogel in m/s voorstelt.
- dit soort ammunitie wordt met een startsnelheid van 340 m/s afgevuurd.
- Intreehoek: de kogel blijkt bij inslag een hoek van  $85^\circ$  met de verticale lichaamsas te hebben gemaakt.
- Indringdiepte: de kogel blijkt 43 mm in het lichaam te zijn doorgedrongen. Uit proeven met ballistische gel, een substantie die ongeveer hetzelfde remmende vermogen als weefsel van een menselijk lichaam heeft, kan daaruit worden afgeleid wat de intreesnelheid van de kogel was: 170 m/s.

### 30. Opdracht

- a. Bepaal uit de gegeven indringdiepte van 43 mm welke waarde de aanvangssnelheid van de kogel heeft gehad bij het binnentreden van het lichaam. Gebruik daartoe het model "Ballistische gel.cma" In dit model gaat men uit van een onmiddellijk verlies van de snelheidsenergie  $E_k$  ter grootte van 2,1 J door deformatie, en vervolgens een afname van 8,3 J per afgelegde cm in het lichaam (= 830 J per m). Omdat  $v$  het aantal afgelegde meters per seconde is, betekent dit een afname van  $830 \cdot v$  per seconde. Het model stopt bij het bereiken van snelheid nul. Klik rechts op het modelvenster en gebruik de optie "Simuleren" voor de beginsnelheid  $v_i$ , totdat de afgelegde weg zo nauwkeurig mogelijk overeenkomt met 43 mm. Maak daarbij een schatting van de nauwkeurigheid van de gevonden waarde voor  $v_i$ .
- b. Reconstrueer de kogelbaan van een kogel met massa  $2,59 \cdot 10^{-3}$  kg en een luchtwrijvingscoëfficiënt van  $6,43 \cdot 10^{-7}$  die met 340 m/s wordt afgevuurd en uiteindelijk met 170 m/s onder een hoek van  $85^\circ$  het lichaam treft. Bepaal uit deze reconstructie **de horizontale afstand** die de schutter tot zijn slachtoffer heeft gehad én **de hoek** waaronder het wapen is afgevuurd. In het model "CSI bullet trajectory.cma" wordt rekening gehouden met de zwaartekracht en de luchtwrijving. Klik rechts op het modelvenster en gebruik de optie "Simuleren" voor de starthoek alpha, totdat de eindsnelheid gelijk is aan de gevraagde 170 m/s, en de hoek  $85^\circ$ . Bepaal vervolgens uit de baangrafiek de gewenste horizontale afstand.

(Bron: 22)

# 9 Forensisch onderzoek: eindopdracht

Forensisch onderzoek is wetenschappelijk onderzoek. Het doel van forensisch onderzoek is om een analyse te maken van gebeurtenissen rond een misdrijf. Op deze manier probeert men de vraag te beantwoorden wat zich op de plaats van een misdrijf heeft afgespeeld.

Voor de eindopdracht dienen de leerlingen in groepjes van twee tot drie personen aan een casus te werken binnen een door de docent aan gegeven tijds kader. Je zult hierbij de NLT-module en de behandelde vragen en proeven gebruiken, dus zorg dat je al het werk bij je hebt. Vanwege de tijdsdruk is het verstandig om voorafgaand aan de eindopdracht het lesmateriaal goed te lezen/leren.

Hieronder staat beschreven wat er bij de verschillende onderdelen van de eindopdracht van de groepjes wordt verwacht. Tussen de invulopdrachten door en aan het eind dienen de nodige inzichtvragen beantwoord te worden vanuit een forensisch-wetenschappelijk oogpunt.

De moeilijkheidsgraad zal, naast het toepassen van de opgedane kennis in een casus, gaan zitten in het zelf logisch nadenken over de aanpak en de inzichtvragen, ook wat betreft zaken die niet letterlijk in de theorie staan. Wees dus scherp en kritisch, overleg goed en haal het onderste uit de kan!

## Proces Verbaal

De docent zal elk groepje een uitdraai uitreiken van het Proces Verbaal, dat forensisch onderzoeker Victor Zand heeft opgesteld na het plaats delict onderzoek in de casus. In dit (gedeelte van het volledige) Proces Verbaal wordt beschreven wat Victor Zand allemaal aantreft op de plaats delict. Zijn waarnemingen worden beschreven in de originele Proces Verbaal-stijl: "Ik zag"; "Ik trof ... aan" etc. Zo kan er een globaal beeld worden verkregen van de casus en de sporen die er te vinden zullen zijn.

Maak een puntsgewijze samenvatting van dit Proces Verbaal dat een duidelijk overzicht biedt. Geef daarin aan waar het sporenbeeld (mogelijk) op wijst.

## Sporenmatrix

Daarna zullen de groepjes een *sporenmatrix* invullen met de sporen die zij wensen veilig te stellen. De sporenmatrix is een tabel waarin gegevens over de sporen worden ingevuld. Deze lijst wordt aangevuld met zaakinformatie, zoals datum en plaats, en geparafeerd; het is een officieel document.



In bijlage 6 is een sporenmatrix te vinden, waarbij twee sporen reeds staan ingevuld. Bij het vervolgonderzoek wordt gesproken van het vergelijken met referenties en/of een databank. Referenties worden afgenomen van slachtoffer, getuigen, betrokkenen en natuurlijk verdachten. Het sporenmateriaal van de plaats delict kan dan worden vergeleken met deze referenties, om te zien of er een match is of niet. Is er geen match met de betrokkenen en/of de verdachten, dan bieden de databanken een uitkomst. Er zijn databanken voor o.a. vingersporen (HAVANK) en DNA-sporen (CODIS); misschien kun je er zelf nog meer vinden op het net.

De sporenmatrix dienen de groepjes zo zorgvuldig mogelijk aan te vullen met alle sporen die in de casus van belang kunnen zijn. Maak goed het onderscheid tussen stukken van overtuiging (SVO's) en *sporendragers* waarop je sporen zou verwachten en zet enkel de SVO's in de lijst. De sporendrager wordt vermeld bij de plaats van aantreffen.

Tref je bijvoorbeeld een bebloed mes aan (is een sporendrager), dan kun je daar misschien wel 2 of meer sporen vanaf halen: SVO 1 = bloedmonster van het lemmet van het mes, veiliggesteld met een vochtig wattenstaafje; SVO 2 = vingersporen op het heft van het mes (bijvoorbeeld met cyanoacrylaat opgedampt). Neem je het mes daarnaast ook mee als SVO zelf, voor bijvoorbeeld de afmetingen ervan, dan krijgt het mes ook een eigen SVO-nummer (bijvoorbeeld SVO 3). Het bestaan van deze 3 SVO's in dit voorbeeld, zal je dus wel zelf moeten bedenken aan de hand van de waarneming dat er een bebloed mes ligt. Brainstorm dus steeds goed met je groepje welke SVO's er van welke sporendragers kunnen worden veiliggesteld.

### **Scenario's**

Vervolgens dienen de groepjes 3 scenario's op te stellen: wat kan er, gezien het sporenbeeld van de plaats delict dat Victor Zand geschetst heeft in zijn Proces Verbaal, gebeurd zijn? Probeer het aangetroffen sporenbeeld op 3 verschillende manieren te verklaren. Informatie over scenario's is te vinden in hoofdstuk 2. Bedenk niet teveel details en vergezochte motieven, maar richt je met name op het sporenbeeld. Geef ook aan welke van de 3 scenario's jullie het meest waarschijnlijk achten en waarom.

### **Analyse onderzoeksresultaten**

Hierna dienen de groepjes een aantal aangeleverde onderzoeksresultaten van SVO's te analyseren, interpreteren en er berekeningen aan verrichten. Gebruik hiervoor alle informatie uit de module en de uitgevoerde proeven.

# Bijlage 1 Vingerafdrukkenkaart

Vingerafdrukkenkaart				
Naam:			Hand:	(linker of rechter)
Duim	Wijsvinger	middelvinger	Ringvinger	Pink

*Figuur 15: Een lege vingerafdrukkenkaart.*

## Bijlage 2 Kaart voor een vergrote vingerafdruk

Kaart voor een vergrote vingerafdruk	
Naam:	Hand: (linker of rechter)
Vinger: (duim of wijsvinger)	Beschrijving van hoofdpatronen
Beschrijving van de minutiae (dactyloscopische punten)	
1.	7.
2.	8.
3.	9.
4.	10.
5.	11.
6.	12.

Figuur 16: Een lege kaart voor een vergrote vingerafdruk van duim of wijsvinger.

## Bijlage 3 Haark kaart voor haarpalet

Naam:		Etiket:
gekamd	geknipt	getrokken

*Figuur 17: Een haark kaart geschikt voor het creëren van een haarpalet*

## Bijlage 4 Tabel

### Bloedspoorpatroononderzoek

Vul in l/b bloedspat	Hoek					
	0°	15°	30°	45°	60°	75°
Hoogte (cm)						
5						
30						
45						
60						
75						
90						
105						
gemiddeld						

Tabel 18: Bloedspoorpatroononderzoek

# Bijlage 5 Oefenen met grafisch modeleerprogramma Coach 6

## Inleiding

In de CSI aflevering *Sex, lies and larvae* (CSI Las Vegas, 1<sup>e</sup> seizoen; aflevering 10) wordt een poging gedaan om het toeval uit te sluiten. Grissom doet entomologisch onderzoek (onderzoek naar het gedrag van insecten) op het lijk van een vrouwelijk slachtoffer van een geweldsmisdrijf.

Alle sporen wijzen in de richting van de echtgenoot. Het bewijs lijkt rond, maar het entomologische onderzoek gooit roet in het eten. Het moment van overlijden wordt vastgesteld. En dat is precies het moment waarop de man een sluitend alibi heeft.

Om het bewijs sluitend te krijgen doet Grissom een natuurwetenschappelijk experiment. Hij wikkelt een varken heel erg stevig in een deken, precies zoals bij het slachtoffer en observeert het gedrag van de insecten onder deze aangepaste omstandigheden. Alle condities zijn nu dezelfde als die waaronder het slachtoffer is gevonden. En wat blijkt? De insecten gedragen zich anders, het alibi van de man ligt in duigen en het bewijs tegen de vermoedelijke dader lijkt rond. Een experiment kan antwoord geven op een onderzoeksvraag. In de CSI aflevering *Sex, lies and larvae* toont Grissom aan dat insecten een paar dagen nodig hebben om het lichaam van het slachtoffer te bereiken. Gegevens uit een experiment kunnen worden verwerkt in een model. Een belangrijk voordeel van het werken met een model is dat een effect van een ingreep, in dit geval het stevig inwikkelen in een deken, snel zichtbaar gemaakt kan worden.

Om te oefenen gaan we nu zelf een experiment uitvoeren en een model maken. Stel je volgende situatie voor:

Op een plaats delict is een vrouwelijk slachtoffer van een dodelijk misdrijf gevonden. Het lichaam is strak gewikkeld in een wollen deken. De deken is doordrenkt met bloed. Maar op de plaats delict zelf is nauwelijks bloed aanwezig. Heeft haar kleding al het bloed kunnen stelpen? Is de vrouw wel op de plaats delict vermoord. Om deze vragen te kunnen beantwoorden moet de doorlaatbaarheid van de deken onderzocht worden en je kunt een model maken.

### 31. Experiment: doorlaatbaarheid van een deken

Voer een experiment uit waarbij je de stelpende werking van een deken onderzoekt. Je werkt in tweetallen. Voer het experiment uit als hieronder beschreven. De resultaten noteer

je in een tabel en deze gegevens gebruik je bij het opstellen van een model.

#### Benodigheden

- Trechter
- Stukje van een deken
- Maatcilinder
- Rode inkt (of water met rode kleurstof)

#### Uitvoering

- Dek de trechteropening af met een stukje van een deken.
- Voeg 50 ml rode inkt toe en vang de inkt op in de maatcilinder. Meet iedere 10 s de hoeveelheid inkt in de maatcilinder.
- Voer het experiment tweemaal uit (in duplo). Zet de resultaten uit in Tabel 19
- Bereken van ieder tijdstip het gemiddelde.

Inkt_in_maatcilinder (mL)			
Tijd (s)	Meting 1	Meting 2	Gemiddeld
0			
20			
40			
60			
80			
100			

Tabel 19: inkt in maatcilinder

Probeer nu je resultaten te verwerken tot een model dat de werkelijkheid zo nauwkeurig mogelijk benadert. Voer de handelingen uit zoals hieronder beschreven bij zelf een model maken.

### Zelf een model maken

Het computerprogramma Coach 6 waarmee je een model gaat maken, bevat een grafisch modelleerprogramma.

### Hoe kom je aan Coach 6?

Je kunt het programma bestellen bij CMA (► URL 5)

### Opstarten Coach6

Open Coach6 en klik op  'open activity'.

### Zelf een model maken

Gebruik de volgende werkvolgorde.

## A Het plaatsen van de symbolen

### Vorraadgrootheid trechter plaatsen

- Klik op de button  'Vorraadgrootheid' (Toestandsvariabele).
- Klik in het blanco modelvenster. De voorraadgrootheid staat er. Het onderschrift is nog zwart met aanduiding Toestand\_1.
- Tik nu '*inktintrechter*'
- Klik buiten de voorraadgrootheid.

### Vorraadgrootheid maatcilinder plaatsen

- Klik opnieuw op de button  'Vorraadgrootheid'.
- Klik in het modelvenster onder de voorraadgrootheid *inktintrechter*. De tweede voorraadgrootheid staat er nu. Het onderschrift is nog zwart met aanduiding Toestand\_1.
- Tik nu '*inktinmaatcilinder*'.
- Klik buiten de voorraadgrootheid.


### Stroomgrootheid plaatsen

- Klik op de button  'Stroomgrootheid' (Stroom).
- Klik in het midden van de voorraadgrootheid *inktintrechter* en sleep naar de voorraadgrootheid *inktinmaatcilinder*.
- Klik buiten de stroomgrootheid.

### Relatiepijl aanbrengen

- Klik op de button  'Relatiepijl' (Relatiepijl).
- Klik midden in de voorraadgrootheid *inktintrechter* en sleep (met een boog) naar de stroomgrootheid totdat de stroomgrootheid zwart wordt.
- Klik buiten de stroomgrootheid.

### Constante plaatsen

- Klik op de button  'Constante'.
- Klik ergens waar de constante moet komen. De plek is niet zo belangrijk.
- Tik '*doorlaatbaarheid*'.

### Laatste relatiepijl aanbrengen

- De tweede relatiepijl plaatsen. (van '*doorlaatbaarheid*' naar 'Stroom').

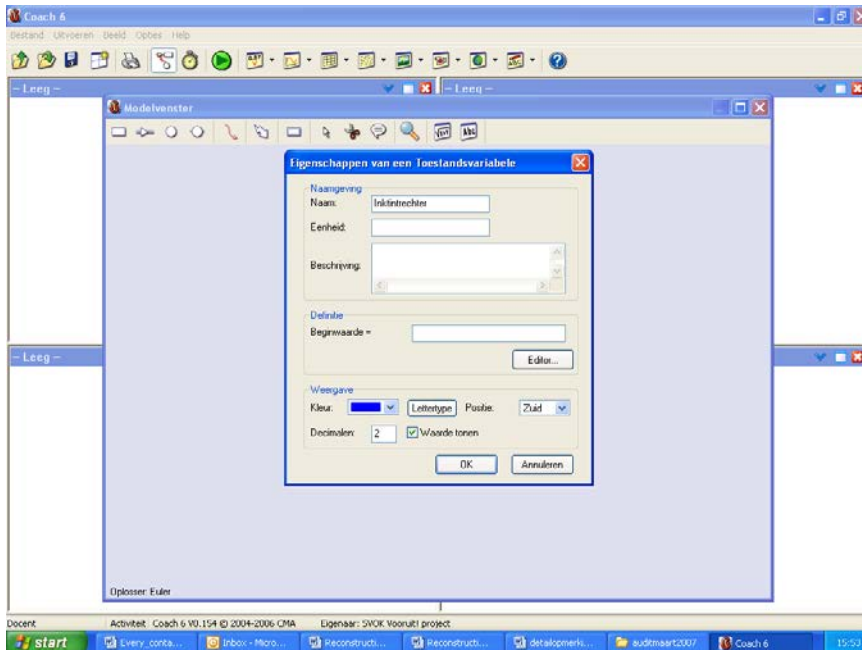
## B Samenhang en grootte factoren

We gaan uit van een trechter met een inhoud van 100 milliliter. De vraagtekens in de symbolen moeten nog weg, want anders werkt het model niet.


De factoren moeten daartoe een bepaalde grootte hebben, maar ook moet aangegeven worden op welke manier de factoren elkaar beïnvloeden.

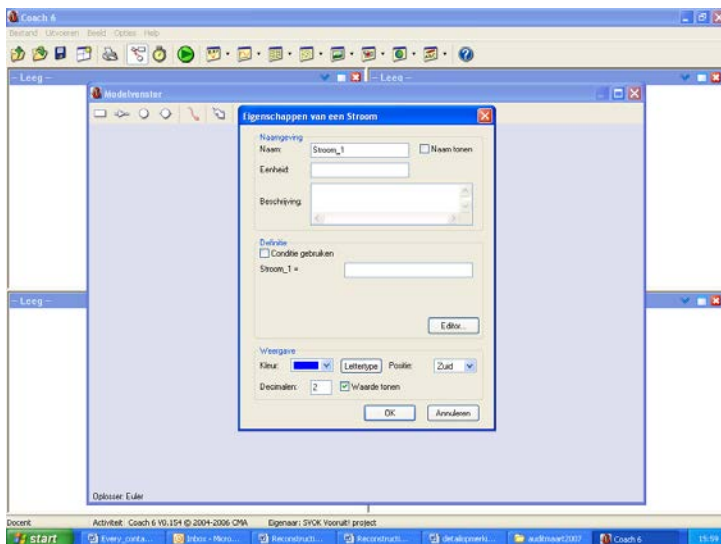


- Neem daarvoor eerst de symbolen waar alleen maar relatiepijlen beginnen. Hiertoe dubbelklik je in zo'n symbool met een vraagteken. In dit model begin je met de voorraadgrootheid 'inktrechter'. Het volgende dialoogvenster verschijnt (Figuur 20):



Figuur 20: dialoogvenster voorraadgrootheid

- Je moet aangeven hoe groot de voorraadgrootheid is. Je gaat (zoals eerder vermeld) uit van 100 milliliter water in de trechter. Daarvan is een bepaald percentage gebonden aan het verband en een ander deel verplaatst naar de maatcilinder. Je klikt daarvoor in het vak 'Definitie: Beginwaarde' en tikt er de hoeveelheid milliliter inkt dat zich naar de maatcilinder kan verplaatsen. Doe hetzelfde bij de voorraadgrootheid 'inktinmaatcilinder' en stel deze in op 0 ml.
- De eenheid mag je zelf bedenken en hoef je niet in te vullen, maar voor het begrip van wat je aan het doen bent, is het verstandig om de eenheid vast te leggen. Vul dan bij 'Eenheid' 'milliliter' in en druk op 'OK'.
- Dubbelklik op 'doorlaatbaarheid' en vul bij 'Definitie' in hoe groot deze factor is. De doorlaatbaarheid moet je proefondervindelijk vaststellen. Als je bij 'doorlaatbaarheid' 0,08 invult, betekent dit dat er per één tijdseenheid 8% van het volume in de trechter verplaatst naar de maatcilinder. Dus moet je 0,08 intypen.
- Nu blijft 'Stroom'  met een vraagteken over. Dubbelklik hierop. We gaan aangeven hoe de uitstroom samenhangt met de hoeveelheid inkt in de trechter en de doorlaatbaarheid. Klik op Stroom en het dialoogvenster wordt uitgebreid. De uitbreiding ziet er als volgt uit (Figuur 21):



Figuur 21: dialoogvenster Stroom

Klik op het vak 'Editor'. Hier staan nu in de Formula Editor de variables die via een relatiepijl met de uitstroom verbonden zijn.

- Klik nu op '*inkintrechter*'. In het vak 'Definitie' verschijnt nu '*inkintrechter*'. Hierachter moet je nu aangeven wat het verband is met de andere 'Variabelen'. Hiervoor kun je gebruik maken van het hokje 'Rekenkundige bewerkingen'. In ons geval levert een 2x zo grote doorlaatbaarheid ook een 2x zo grote uitstroom per tijdseenheid op, dus geeft het simpel vermenigvuldigen van de grootte van het gat met de hoeveelheid water in de trechter de relatie juist weer. Dus klik op het vermenigvuldigingsteken (\*) en dit verschijnt achter '*inkintrechter*' in het venster.
- Dubbelklikken op de ' Variabele' ('doorlaatbaarheid') plaatst hem achter het vermenigvuldigingsteken.
- Sluit dit venster met 'OK'. Alle relaties zijn nu gedefinieerd en dus is het laatste vraagteken in het model nu weg.

## C Modelleeromstandigheden

Nu moet je de modelleeromstandigheden vastleggen.

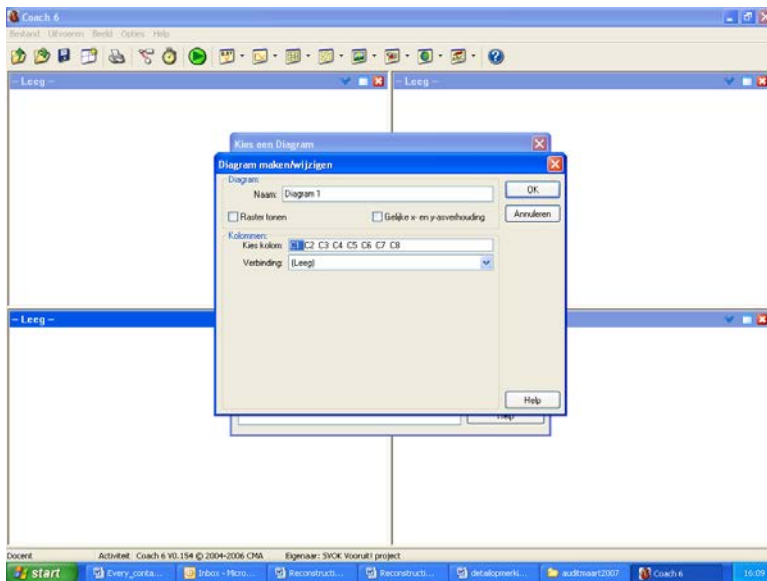
- Klik op de button  'Instelling'.
- Stel stoptijd in op 100.
- Sluit dit venster met 'OK'.

## D Diagram en tabel plaatsen

Nu kun je het model laten lopen. Om het verloop te kunnen waarnemen moet je een diagram maken. Hiertoe sluit je het modelvenster. Je ziet nu vier menuvakken.

- Open in één van de vier vakken "Gereedschappen".
- Klik op "Diagram plaatsen".

- Klik op button 'Nieuw'. Het onderstaande menu verschijnt (Figuur 22).



Figuur 22: dialoogvenster 'Nieuw diagram'

- Ga naar "Kies kolom" en klik op C1.
- Ga naar 'Verbinding' en klik op de rechter pijl. Verschillende keuzemogelijkheden verschijnen en klik op 'Variabele: t'. Het diagram wordt nu in relatie tot de tijd weergegeven.
- Ga terug naar "Kies kolom" en klik op C2.
- Ga weer naar 'Verbinding' en klik op de rechter pijl. Verschillende keuzemogelijkheden verschijnen. Klik op 'Variabele: inktintrechter'. 'Inktintrechter' wordt straks in het diagram in relatie tot de tijd weergegeven.
- Ga terug naar 'Kies kolom' en klik op C3.
- Ga weer naar 'Verbinding' en klik op de rechter pijl. Klik op 'Variabele: inktmaatcilinder'. 'Inktmaatcilinder' wordt straks in het diagram in relatie tot de tijd weergegeven.

## E Tijdsduur of grootte tijdstappen aanpassen

In de (standaard-)duur van 100 eenheden (seconden bijvoorbeeld) is de meeste inkt uit de trechter gestroomd. De tijd van 100 eenheden is dus goed om een duidelijke afname van de hoeveelheid inkt in de trechter te laten zien.

- Ga binnen het menu 'Diagram maken/wijzigen' naar 'Decimalen' en stel minimum in op 0 en maximum op 100. Het programma runt nu van tijdstip 0 tot 100.
- Klik op OK. Het diagram verschijnt nu in het venster.

## F Model runnen

- Nu wil je zien of het model werkt en wat het resultaat is. Als

je op de button  'Start' klikt, wordt het model doorgerekend.

## G Factoren veranderen

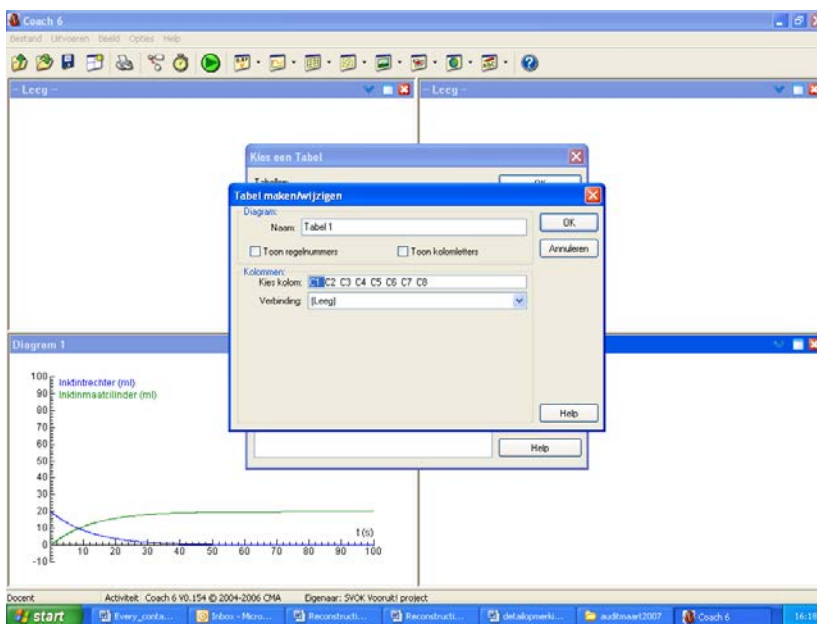
Je kunt het model perfectioneren door de doorlaatbaarheid, of de beginhoeveelheid inkt, te veranderen. Maak een model dat de werkelijkheid het meest benadert.

## Je modelgegevens vergelijken met je meetgegevens

Je hebt nu niet alleen een model van het onderzoek gemaakt, maar je hebt ook experimenteel getest. Nu wil je jouw model zo nauwkeurig mogelijk vergelijken met de gemeten waarden. Daarvoor moet je eerst de gemeten waarden binnenhalen. Je moet dan wel eerst zorgen dat je data in de juiste vorm in Coach6 inbrengt.

## H Tabel invoegen

- Open in ander menu "Gereedschappen".
- Klik op 'Tabel plaatsen' .
- Klik op de button 'Nieuw'. Het volgende menu verschijnt (Figuur 23).



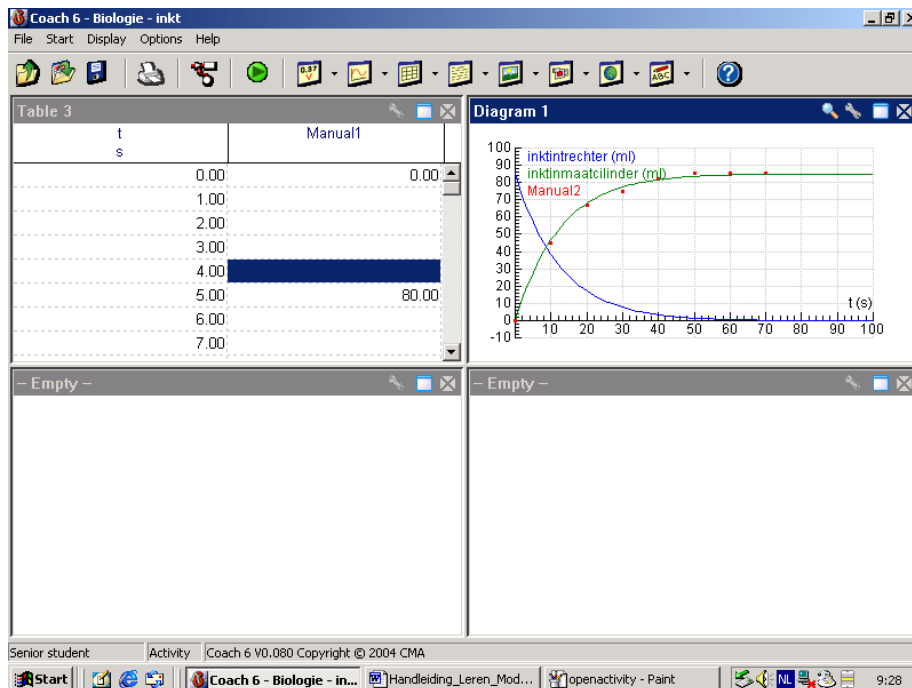
Figuur 23: dialoogvenster voor instellingen van een diagram

- Klik op C1.
- Ga naar 'Verbinding' en klik op 'Variabele: t'.
- Klik op C2.
- Ga terug naar 'Verbinding' en kies 'Handinvoer'.
- Klik op de OK button.
- De tabel verschijnt nu in het gekozen venster.
- Voer je eigen, experimenteel verkregen, data in in de tabel.

## I Invoeren experimentele data

Voor invoeren van de experimentele data ga je nu terug naar het diagram.

- Open 'Gereedschappen'.
- Klik op 'Diagraminstellingen' en ga naar 'Kies kolom'.
- Klik op C4.
- Ga naar 'Verbinding' en klik op Handinvoer: Handinvoer 1.
- Stel de Kleur (links onder), lijnsoort en lijndikte in.
- Klik op OK en je kunt nu de geïmporteerde meetdata samen met je model in een grafiek bekijken (Figuur 24).



Figuur 24: modelresultaten in tabelvorm en in diagramvorm

Je kunt nu de meetgegevens van het onderzoek vergelijken met je modelgegevens. Pas het model zo aan dat de resultaten van het model overeenkomen met die van het experiment.

(Bronnen: 27 en 28)

# Bijlage 6 Sporenmatrix

<b>SPORENMATRIX</b>			<b>Zaaknummer:</b>	<b>Datum:</b>
NLT1-h010 Forensisch Onderzoek			<b>Plaats:</b>	<b>Paraaf:</b>
<b>SVO</b>	<b>Soort SVO</b>	<b>Plaats aantreffen</b>	<b>Wijze veiligstellen</b>	<b>Vervolgonderzoek</b>
1	Schoenindruk	Aarde in het voortuintje	Gipsen	Vergelijken met referentieschoenen
2	Vingerspoor	Glasscherf onder gebroken raam	Poeder + liftfolie	Vergelijken met referenties+HAVANK

Figuur 25: sporenmatrix met twee SVO's reeds ingevuld

# Bijlage 7 Begrippenlijst

**Bayesiaanse stroming in de forensische statistiek:** Kansmodel dat gebruik maakt van de regel van Bayes voor voorwaardelijke kansen. Het model geeft een numerieke uitdrukking voor de bewijskracht van allerlei bewijsmateriaal.

**Berekende frequentie:** de maat voor de zeldzaamheid van een vastgesteld DNA-profiel in een populatie. De berekende frequentie is de kans dat een willekeurig gekozen (niet aan de matchende persoon verwante) persoon hetzelfde DNA-profiel heeft als dat van het spoor. Volledige DNA-profielen van tien loci hebben een berekende frequentie die altijd kleiner is dan één op één miljard.

**Bloedspoorpatroononderzoek:** onderzoek van de uiterlijke kenmerken van de bloedsporen (zoals grootte, vorm en richting) op de plaats delict of op een stuk van overtuiging (zoals een kledingstuk). Zulk onderzoek kan bijvoorbeeld laten zien op welke manier, met hoeveel kracht en van welke richting en hoogte een letsel kan zijn toegebracht.

**Delictgerelateerd:** wat in direct verband kan worden gebracht met het delict. Een delictgerelateerd biologisch spoor brengt de celdonor van dat spoor in verband met het delict. De rechter bepaalt in welke mate het spoor delictgerelateerd is.

**DNA:** Deoxyribo Nucleic Acid (in het Nederlands: desoxyribonucleïnezuur). De stof in het lichaam die de drager is van de erfelijke eigenschappen. Het DNA bevindt zich in de chromosomen in de celkern.

**DNA-kenmerk:** verschijningsvorm van een hypervariabel gebied (locus) op het DNA. Een DNA-kenmerk wordt aangeduid met een getal. Het getal geeft weer het aantal malen dat een repeterend stukje DNA aanwezig is in dat hypervariabele gebied. Een ander in de literatuur gebruikt begrip voor DNA-kenmerk is allel. Omdat chromosomen in paren voorkomen wordt elk locus gekenmerkt door twee (gelijke of verschillende) DNA-kenmerken.

**DNA-profiel:** de weergave (in pieken) van de DNA-kenmerken (verschijningsvormen/lengten) van de onderzochte hypervariabele gebieden (loci) op het DNA (in de celkern). Je kunt een DNA-profiel maken van het celmateriaal van een spoor

of van een referentiemonster van een persoon. Elk volledig DNA-profiel is uiterst zeldzaam en daardoor sterk persoonsonderscheidend. Het onderscheidende vermogen is kleiner voor bloedverwanten.

**Forensisch DNA-onderzoek:** onderzoek van biologisch celmateriaal dat is gericht op het vergelijken van DNA-profielen. Zulk onderzoek heeft uiteindelijk als doel: het vaststellen van de identiteit van de dader.

**Forensische entomologie:** forensisch onderzoek dat gebruik maakt van (larven van) insecten. Dit onderzoek richt zich onder andere op het schatten van de tijdsduur die sinds het overlijden is verstreken.

**Haarpalet:** de beschrijving van de morfologische kenmerken van de haren in een referentiemonster haar.

**Haarspoor:** een op de plaats delict of stuk van overtuiging aangetroffen haar, die mogelijk delictgerelateerd is.

**Hypervariabel gebied:** een gebied op het niet voor erfelijke eigenschappen coderende deel van het DNA. Hypervariabele gebieden kunnen van persoon tot persoon sterke verschillen vertonen. Die verschillen betreffen het aantal malen dat een klein stukje DNA zich herhaalt in het betrokken gebied. Deze hypervariabele gebieden zijn nauwkeurig te analyseren.

**Locus:** aanduiding van een plaats (bijvoorbeeld de plaats van een hypervariabel gebied) op het DNA. Meervoud: loci.

**Luminol:** een chemische oplossing waarmee bloedsporen die men met het blote oog niet kan zien, zichtbaar kunnen worden gemaakt. Luminol kan worden ingezet om 'schoongemaakte' delictplaatsen nader te onderzoeken op de aanwezigheid van latent (onzichtbaar) aanwezig bloed.

**Match:** twee gelijke DNA-profielen. Men spreekt ook van een match wanneer de DNA-kenmerken van een onvolledig DNA-profiel gelijk zijn aan de desbetreffende DNA-kenmerken in een volledig DNA-profiel.

**Onvolledig DNA-profiel:** DNA-profiel waarin niet van alle onderzochte loci de DNA-kenmerken zichtbaar zijn, zoals bij afgebroken DNA. De berekende frequentie van een onvolledig DNA-profiel is afhankelijk van het aantal waargenomen DNA-kenmerken (pieken) en de frequentie van deze DNA-kenmerken. Een onvolledig DNA-profiel bestaande uit slechts enkele, maar wel zeldzame, DNA-kenmerken kan daarom een



lage berekende frequentie hebben en derhalve een grote bewijswaarde.

**Populatie:** (in de forensische context) een samenleving; een geheel van met elkaar verkerende mensen; hiervoor gebruikt men ook het begrip bevolkingsgroep

**Tetrabasetest:** een specifieke test voor het aantonen van bloed. Hiermee kan men bloed onderscheiden van andere op bloed gelijkende substanties.

**Volledig DNA-profiel:** DNA-profiel waarin van alle tien onderzochte loci de DNA-kenmerken zichtbaar zijn, aangevuld met de aanduiding van het geslacht. Een volledig DNA-profiel heeft een berekende frequentie die altijd kleiner is dan één op één miljard.

(Bron: 6)

## Bijlage 8 URL-lijst

- ▶ URL 1 <http://www.itsacademy.nl>  
Site met informatie over het Amsterdamse netwerk ITS academy van de bètapartners.
- ▶ URL 2 <http://www.forensischinstituut.nl>  
Officiële site van het NFI met heel veel informatie over forensisch onderzoek.
- ▶ URL 3 <http://www.science.uva.nl/research/amstel/dws/praktijk2/>  
Site met o.a. informatie over het mobiele laboratorium van Genes in a bottle: je eigen DNA aan een halsketting.
- ▶ URL 4 <http://www.bioplek.org>  
Website met veel informatie over DNA.
- ▶ URL 5 <http://www.cma.science.uva.nl>  
Officiële site van cma, makers van Coach.

# Bijlage 9 Bronvermelding

- 1 <http://.geolution.nl/science/tv-misdaad.php> Een website met veel informatie over misdaadseries en forensisch onderzoek.
- 2 <http://www.detectives.kro.nl> Een website met informatie over misdaadseries bij de publieke omroepen.
- 3 [http://en.wikipedia.org/wiki/Lincoln-Kennedy\\_coincidences](http://en.wikipedia.org/wiki/Lincoln-Kennedy_coincidences) Een website met informatie over overeenkomsten tussen Lincoln en Kennedy.
- 4 <http://www.utwente.nl/projecten/tto/Projecten/T15+/Opdrachten/> Een site met informatie over technisch ontwerp van een leugendetector.
- 5 Marcel Crok, (2006). Bij toeval veroordeeld; Natuurwetenschap en Techniek, nummer 9, jaargang 2006, blz. 20-22.
- 6 <http://www.forensischinstituut.nl> Een site met heel veel informatie over forensisch onderzoek.
- 7 <http://www.vingerafdrukken.nl> Een site met informatie over vingersporenonderzoek.
- 8 Heleen Driessen, Carel de Goeij, Jan Paalman, Kees Ris, Lydia Sevenster-Van der Lelie, Donald Staal & Harm de Vries (1998): "Solar algemene natuurwetenschappen - vwo bovenbouw - deel 1", Wolters-Noordhoff in samenwerking met de NVON, Groningen.
- 9 Hans Alta (2006): schriftelijke mededelingen, Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam.
- 10 <http://www.topsysecrets.com/fingerprint-powder.html> Een website met informatie over biomedische identificatie.
- 11 <http://www.wikipedia.org/wiki/Dactyloscopie> Een website met informatie over vingersporenonderzoek.
- 12 Themabrochure 'Een spoor van licht' van de Vrije Universiteit Amsterdam.
- 13 CSI Utrecht, Lesbrieft: betrouwbaarheid van luminoloplossing als reagens voor bloed.
- 14 <http://nl.wikipedia.org/wiki/Luminol> Een website met informatie over luminol.
- 15 Profielwerkstuk getiteld 'Chemoluminescentie: Wat is het? Waar wordt het voor gebruikt?', geschreven door Richard Batenburg en Remco Silvijs (17-12-2005).
- 16 [http://www://en.wikipedia.org/wiki/Bloodstain\\_pattern\\_analysis](http://www://en.wikipedia.org/wiki/Bloodstain_pattern_analysis) Een website met informatie over bloedspoorpatroononderzoek.
- 17 <http://www.nl.wikipedia.org/wiki/DNA> Een website met veel informatie over DNA.
- 18 <http://www.bioplek.org> Een website met veel informatie over DNA.
- 19 De Molecule versus de Materie, Grootchalig DNA-onderzoek, Heide Allemeersch
- 20 Gerard Smits en Ben Waas, Biologie voor jou VWO B2 deel 1, Thema 2 Evolutie, Malmberg Den Bosch 2<sup>e</sup> druk Blz. 55-97.

- 21 [http://www.nl.wikipedia.org/wiki/Wet\\_bescherming\\_persoonsgegevens](http://www.nl.wikipedia.org/wiki/Wet_bescherming_persoonsgegevens) Een website met informatie over de wet bescherming persoonsgegevens.
- 22 Chris A.J. Klaasen (2007): schriftelijke mededelingen, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- 23 Marjan Sjerps, (2004), Forensische statistiek, HAW 5/5 nr.3 september 2004, blz. 106 -111.
- 24 J. van Es en C.A. J. Klaassen, Lecture Notes Forensic Statistics, 18 december 2006 .
- 25 <http://www.kennislink.nl> Een website met informatie over o.a. het onderwerp: Statistiek in de rechtzaal.
- 26 Peter Uylings (2007): schriftelijke mededelingen, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- 27 <http://www.cdbeta.uu.nl/vo/modelleren/> Een website met veel informatie over grafisch modelleren.
- 28 <http://www.cma.science.uva.nl> Een website met veel informatie over Coach.
- 29 Ludolf Maat: Mondelinge mededelingen, Vrije Universiteit van Amsterdam en Bonhoeffercollege, Castricum.
- 30 <http://www.kennislink.nl/publicaties/de-dna-computer>