

# DNA som bevismateriale

## Sannsynlighetsregning i rettsalen

Geir Storvik  
Matematisk institutt, Universitetet i Oslo

15. mars 2013

# Oversikt

- 1 DNA i kriminalsaker
- 2 Sannsynlighet i rettssalen
- 3 DNA og sannsynlighet
- 4 Utvidelser

# Oversikt

- 1 DNA i kriminalsaker
- 2 Sannsynlighet i rettssalen
- 3 DNA og sannsynlighet
- 4 Utvidelser

# Voldtekt

DNA-match på voldtektstiltalt | ba.no

<http://www.ba.no/nyheter/krim/article6530907.ece>



Voldtekten skal ha skjedd her ved DNS. Foto: SKJALG EKELAND

## DNA-match på voldtektstiltalt

**Mandag starter rettsaken mot mennene som er siktet for å ha voldtatt en ung student bak Den Nationale Scene.**

Linda Christine Nilssen  
[Publ](#) [E-post](#)

Publisert 03.02.2012 kl 18:58 Oppdatert 03.02.2012 kl 20:50

To menn på 22 og 26 år er tiltalt for å ha voldtatt en ung kvinne i en trappe bak Den Nationale Scene natt til søndag 15. august i fjor. Politiet sikret seg overvåkingsbilder fra stedet.

Kvinnen i 20-årene var på vei hjem fra et badderarrangement da hun, ifølge tiltalen, ble blåst og tungtet ned til trappen ved DNS av de to mennene.

Politiet brukte store ressurser på saken, og det koster tidlig frem at de mente de hadde sikret seg overvåkingsbilder av gjemtingmennene.

### HAR BIOLOGISKE SPOR

–Jeg kommer til å vise flere overvåkingsvideoer. En av dem viser selve overgrepene, sier statsadvokat Benedicte Hordnes til BA.

Et annet opptak er fra restauranten Mc Donalds der kvinnen skal ha møtt de to mennene.

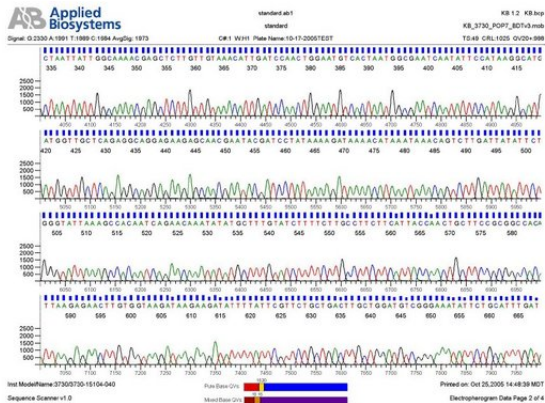
Bildene er gamle mørke og kornete, så de involverte må være forberedt på å se flimre flere ganger, sier statsadvokaten.

Den forsmædte kvinnen skal forklare seg for retten. Hun var beruset på tidspunktet, og husker ifølge Hordnes lite.

– Men det hun har forklart, samsvarer godt med det vi ser på film, sier hun.

**NEKTER STRAFFSKYLD**

# DNA-data



# Er DNA data sikre bevis?

- “Alle” har forskjellige DNA-profiler
- Hele DNA-strengen ikke mulig å observere
- Rettsmedisin: DNA-profil observeres i 10-12 ulike områder
- 4 muligheter i hvert område:  
 $4^{10} = 1.048.576 - 16.777.216 = 4^{12}$  muligheter
- Mange mulige mistenkte, viktig å **kvantifisere bevisbyrde**
- Bygger på **sannsynlighetsteori**

# Oversikt

- 1 DNA i kriminalsaker
- 2 Sannsynlighet i rettssalen**
- 3 DNA og sannsynlighet
- 4 Utvidelser

# Viktige resultater fra sannsynlighetsteori

## ■ Produktregel ved uavhengighet

$$\Pr(\mathcal{A} \text{ og } \mathcal{B} \text{ og } \dots \text{ og } \mathcal{K}) = \Pr(\mathcal{A}) \times \Pr(\mathcal{B}) \times \dots \times \Pr(\mathcal{K})$$

## ■ Bayes teorem

$$\Pr(\mathcal{B}|\mathcal{A}) = \frac{\Pr(\mathcal{B}) \Pr(\mathcal{A}|\mathcal{B})}{\Pr(\mathcal{B}) \Pr(\mathcal{A}|\mathcal{B}) + \Pr(\mathcal{B}^c) \Pr(\mathcal{A}|\mathcal{B}^c)}$$



# Wilson vs State

- Eldre dame overfalt
- Vitne så
  - ung hvit dame med blond hestehale og mørk bekledning
  - mann med afrikansk utseende, skjegg og bart
  - paret gå inn i gul bil.
- Politiet fant “matchende” par.
- Sannsynlighet for at disse er de samme som vitnet så?

# Wilson v State

- Aktorat:
  - Én av 3 kvinner er blonde
  - Én av 10 kvinner bruker hestehale
  - Én av 10 biler er gul
  - Én av 10 menn med afrikansk avstamning har skjegg
  - Én av 4 menn med afrikansk avstamning har bart
  - Én av 1000 par er mellom en hvit og en med afrikansk avstamning
- $p_S$ : Sannsynligheten for at et vilkårlig par har spor  $S$ .
- Multipliserer:  $p_S = \frac{1}{12000000}$ , én til 12 millioner
- Jury: Skyldig

# Wilson v State, problemer

- Problem: Tar ikke hensyn til *avhengigheter*
  - Mange som har skjegg har også bart
  - Flere gule biler blandt eiere av afrikansk avstamning
  - Er én av 3 kvinner blonde blandt de som er sammen med personer av afrikansk avstamning?
  - ∴
- Bygger inn avhengighet: Reduserer sjanse til én til 1000
- Jury i ankesak: Ikke skyldig

# Identifisering av skyldige

- Anta forbrytelse skjedd.
- $N$  mulige skyldige.
- Spor av type  $S$  funnet på åsted.
- Finner en person/personer som matcher spor.
- Hva er sannsynligheten for at disse er bidragsyttere til spor?
- Hvordan kan man kvantifisere bevisbyrden i data?
- Sentralt:  $p_S =$  Sannsynligheten for at en vilkårlig annen person også har spor  $S$ .

# Sannsynlighet for riktig person

- $\mathcal{A}$  er “spor  $\mathcal{S}$ ”,  $\mathcal{B}$  er “bidragsyter”
- Anta  $\Pr(\mathcal{B}) = p_B$  (F.eks  $p_B = \frac{1}{N}$ )
- Anta  $\Pr(\mathcal{A}|\mathcal{B}) = 1$  (matchende DNA-spor hvis riktig person)

$$\begin{aligned}\Pr(\text{bidragsyter}|\mathcal{S}) &= \Pr(\mathcal{B}|\mathcal{A}) \\ &= \frac{\Pr(\mathcal{B}) \Pr(\mathcal{A}|\mathcal{B})}{\Pr(\mathcal{B}) \Pr(\mathcal{A}|\mathcal{B}) + \Pr(\mathcal{B}^c) \Pr(\mathcal{A}|\mathcal{B}^c)} \\ &= \frac{p_B \times 1}{p_B \times 1 + (1 - p_B)p_S} \\ &= \frac{p_B}{p_B + (1 - p_B)p_S}\end{aligned}$$

Merk:  $p_S = 0 \Rightarrow \Pr(\mathcal{B}|\mathcal{A}) = 1$ ,  $p_S > 0$  gir usikkerhet!

# Odds

- Vanlig å se på odds:

$$\text{Odds} = \frac{\text{Pr}(\text{Mistenkt er bidragsyter})}{\text{Pr}(\text{Annen person er bidragsyter})}$$

- Før bevis:  $\text{Odds}_{\text{prior}} = \frac{p_B}{1-p_B}$  (f.eks.  $\frac{\frac{1}{N-1}}{\frac{1}{N}} = \frac{1}{N-1}$ )

- Etter bevis:

$$\text{Odds}_{\text{post}} = \frac{\frac{p_B}{p_B + (1-p_B)p_S}}{\frac{(1-p_B)p_S}{p_B + (1-p_B)p_S}} = \frac{p_B}{(1-p_B)p_S} = \text{Odds}_{\text{prior}} \times \frac{1}{p_S}$$

- Endring** i odds:  $\frac{1}{p_S}$
- Brukes ofte som **bevisbyrde**.
- Wilson v State:  $\frac{1}{p_S} = 12\,000\,000(1000)$

## Bevisbyrde og $\Pr(\mathcal{B} \text{ er bidragsyter})$

Ekspert/Statistiker i retten: Kvantifisere bevisbyrde  $\frac{1}{p_S}$

Jury: "Kvantifisere"  $p_B = \Pr(\mathcal{B} \text{ er bidragsyter})$  og kombinere med bevisbyrde.

Ekspert skal *ikke* spesifisere  $p_B$  eller angi  $\Pr(\text{bidragsyter}|\mathcal{S})$

I praksis: Bevisbyrde eneste kvantitative mål, resten vurderes subjektivt

Ekspert kan angi en tabell med  $\Pr(\text{bidragsyter}|\mathcal{S})$  for ulike verdier av  $p_B$ .

# Tabell over $\Pr(\text{bidragsyter}|\mathcal{S})$

$$\text{Anta } p_{\mathcal{S}} = \frac{1}{12\,000\,000}$$

---

 $p_B$ 
 $\frac{1}{2}$  $\frac{1}{10\,000}$  $\frac{1}{5\,000\,000}$ 


---

 $\Pr(\mathcal{B}|\mathcal{A})$     0.9999999    0.9991674    0.7058824
 

---



# Oversikt

- 1 DNA i kriminalsaker
- 2 Sannsynlighet i rettssalen
- 3 DNA og sannsynlighet**
- 4 Utvidelser

# DNA-spor



- DNA-spor av type  $\mathcal{S}$  funnet
- Mistenkt har DNA-type  $\mathcal{S}$
- $N$  er antall mulige som kan ha avgitt sporet
- $p_{\mathcal{S}}$  er sannsynlighet for at vilkårlig person har DNA-type  $\mathcal{S}$
- Sannsynlighet for at etterlatt spor stammer fra mistenkt:  $\frac{p_{\mathcal{B}}}{p_{\mathcal{B}} + (1 - p_{\mathcal{B}})p_{\mathcal{S}}}$
- Endring i odds (likelihood forhold):  $\frac{1}{p_{\mathcal{S}}}$

# DNA: Hvordan spesifisere $p_S$

- DNA-data: Sekvens av **baser/nukleotider**

TAC | ACC | AAT | GTA | ATC | TTT | CCC | TCT | TAA | CTT

- Tripler kalles **kodoner** og angir aminosyrer
- Uavhengighet (rimelig her!):

$$p_S = \Pr(\text{TAC}) \Pr(\text{ACC}) \Pr(\text{AAT}) \Pr(\text{GTA}) \Pr(\text{ATC}) \times \\ \Pr(\text{TTT}) \Pr(\text{CCC}) \Pr(\text{TCT}) \Pr(\text{TAA}) \Pr(\text{CTT})$$

- Hvordan spesifisere  $\Pr(\text{TAC})$ ?
  - Telling av forekomster i database
  - Antar som regel stor database, ignorerer usikkerhet i  $\Pr(\text{TAC})$

# Oversikt

- 1 DNA i kriminalsaker
- 2 Sannsynlighet i rettssalen
- 3 DNA og sannsynlighet
- 4 Utvidelser**

# DNA-registre

Storberget foreslår DNA-register neste år

<http://web3.aftenbladet.no/innserik/serie/le235437.ece?servicetype>

**Aftenbladet.no**

INNENRIKSK

Publiseret 17.11.2005 06:20 - Oppdatert 17.11.2005 07:34

## Storberget foreslår DNA-register neste år

Justisminister Knut Storberget (Ap) legger neste år fram et forslag om å innføre DNA-testing i etterforskningen av hverdagskriminalitet.

NTB

OSLO: I dag er det tann mulig å legge inn DNA-profilen til forbyrtere som er dømt i de mest alvorlige sakene, som voldtekt, drap og grove ran.

Nå venter regjeringen at den neste år vil legge fram en stortingsmelding og eventuelt et lovforslag om å innføre DNA-register skal utvides til også å omfatte krimelle som bedriver hverdagskriminalitet, som biltyverier og våltårsbrudd. Målet er at registeret skal være i bruk i 2007.

- Vi kommer til å legge fram et reformforslag som innebærer økt bruk og økt registrering av DNA-profiler knyttet til hverdagskriminalitet. Dette vil innebære en liten revolusjon av politiarbeidet på dette området, sier Storberget til Aftenposten.

Justisministeren er klar over at det vil bli snakk om en omfattende investering. Han mener likevel at samfunnet vil spare penger på sikt, ved at hverdagskriminaliteten vil gå ned samtidig som etterforskningen blir mindre ressurskrevende.

I Oslo oppklarer i dag mindre enn 5 prosent av hverdagskriminalsakene. En årsak er at politiet ikke har ressurser til å etterforske hvert eneste lille tyveri.

En prøveredning i Stortinget viser en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Riksadvokaten vil senke terskelen for å havne i...

<http://www.aftenposten.no/nyheter/Riksadvokat...>

Aftenposten

Utvalgte av oppgaver av NTB/CLA 



En arbeidsgangeren på politiet som arbeider på politistasjonen i Oslo. DNA-profiler brukes i etterforskningen av kriminalitet. NTB/CLA

## Riksadvokaten vil senke terskelen for å havne i DNA-registeret

Riksadvokaten åpner for at også de som blir dømt til betinget fengsel og samfunnsstraff skal havne i DNA-registeret. Han uttaler heller ikke å DNA-registret betinget.

NTB/CLA

Publiseret 17.11.2005 07:34 - Oppdatert 17.11.2005 07:34

Andring for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo er DNA-en i Norge. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpne et DNA-register for alle i Norge i 2007, har andring for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

I et forslag som innebærer en liten revolusjon av politiarbeidet på dette området, sier Storberget til Aftenposten.

Justisministeren er klar over at det vil bli snakk om en omfattende investering. Han mener likevel at samfunnet vil spare penger på sikt, ved at hverdagskriminaliteten vil gå ned samtidig som etterforskningen blir mindre ressurskrevende.

I Oslo oppklarer i dag mindre enn 5 prosent av hverdagskriminalsakene. En årsak er at politiet ikke har ressurser til å etterforske hvert eneste lille tyveri.

En prøveredning i Stortinget viser en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpne et DNA-register for alle i Norge i 2007, har andring for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

I et forslag som innebærer en liten revolusjon av politiarbeidet på dette området, sier Storberget til Aftenposten.

Justisministeren er klar over at det vil bli snakk om en omfattende investering. Han mener likevel at samfunnet vil spare penger på sikt, ved at hverdagskriminaliteten vil gå ned samtidig som etterforskningen blir mindre ressurskrevende.

I Oslo oppklarer i dag mindre enn 5 prosent av hverdagskriminalsakene. En årsak er at politiet ikke har ressurser til å etterforske hvert eneste lille tyveri.

En prøveredning i Stortinget viser en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpne et DNA-register for alle i Norge i 2007, har andring for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

I et forslag som innebærer en liten revolusjon av politiarbeidet på dette området, sier Storberget til Aftenposten.

Justisministeren er klar over at det vil bli snakk om en omfattende investering. Han mener likevel at samfunnet vil spare penger på sikt, ved at hverdagskriminaliteten vil gå ned samtidig som etterforskningen blir mindre ressurskrevende.

I Oslo oppklarer i dag mindre enn 5 prosent av hverdagskriminalsakene. En årsak er at politiet ikke har ressurser til å etterforske hvert eneste lille tyveri.

En prøveredning i Stortinget viser en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpne et DNA-register for alle i Norge i 2007, har andring for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Les også



Åpner for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpner for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpner for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpner for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpner for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpner for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpner for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpner for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpner for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpner for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpner for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

Åpner for utvalgte saker fra Politistasjonen i Oslo. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

oppløst og gjenlevert som 10 prosent og betalt det som ble tilbakeført. DNA-registret. Her gir det en oppklaringssats på 58 prosent av vinningsforbrytelsene etter at det ble innført et DNA-register for småbrottsforbrytninger.

# DNA-reformen

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/jd/tema/kriminalitetsbekjempelse/dna-register-.html?id=493708>

*Den 1. september 2008 trådte DNA-reformen i kraft i Norge. Den innebærer at politiet får adgang til å registrere DNA-profilen til alle som domfelles for en handling som kan medføre frihetsstraff.*

*1. september 2009: Etter DNA-reformen ble innført er antall søkbare personer i DNA-registeret økt med 40%, og utgjør nå i alt 16 600 personer.*

14.09.2011: DNA-registeret i Norge har passert 30.000 profiler

# Søk i register



- DNA-spor av type  $S$  funnet.
- Ingen mistenkte
- Søker register (av størrelse  $n$ ) etter mulige personer.
- Én person med type  $S$  blir funnet,  $n - 1$  har annen type.
- Større eller mindre bevisbyrde/sannsynlighet enn hvis kun én mistenkt er sjekket?

# DNA-register - større eller mindre sannsynlighet?

- Anta sannsynlighet  $p_B = 1/N$  for alle mulige personer.
- En viss andel  $p_S$  av befolkningen har DNA-spor  $\mathcal{S}$
- Tester flere personer, større sjanse for å finne  $\mathcal{S}$  dvs mindre sannsynlighet for riktig person?
- Luket ut  $n - 1$  av de testede  
dvs større sannsynlighet for riktig person?
- $\Pr(\text{riktig person}|\mathcal{S}) = \frac{1}{1+(N-n)p_S}$



# DNA-register - sannsynlighet

- $i$  er indeks for person som har  $\mathcal{S}$
- $\mathcal{I}$  er begivenheten at  $i$  er bidragsyter
- $\mathcal{D}$  er begivenheten  $\mathcal{S}$  på  $i$  men ikke de  $n - 1$  andre

$$\Pr(\mathcal{I}|\mathcal{D}) = \frac{\Pr(\mathcal{I}) \Pr(\mathcal{D}|\mathcal{I})}{\Pr(\mathcal{I}) \Pr(\mathcal{D}|\mathcal{I}) + \Pr(\mathcal{I}^c) \Pr(\mathcal{D}|\mathcal{I}^c)}$$

$$\Pr(\mathcal{S} \text{ på } i|\mathcal{I}) = 1$$

$$\Pr(\text{ikke } \mathcal{S}|\mathcal{I}) = 1 - p_{\mathcal{S}}$$

$$\Pr(\mathcal{D}|\mathcal{I}) = 1 \times (1 - p_{\mathcal{S}})^{n-1}$$

$$\Pr(\mathcal{D}|\mathcal{I}^c) = (n-1) \frac{1}{N-1} \times 0 + (N-n) \frac{1}{N-1} p_{\mathcal{S}} (1 - p_{\mathcal{S}})^{n-1}$$

$$\Pr(\mathcal{I}|\mathcal{D}) = \frac{1}{1 + (N-n)p_{\mathcal{S}}}$$

# DNA-register - odds

- $p_B = \frac{1}{N}$
- $\text{Odds}_{\text{prior}} = \frac{\frac{1}{N}}{\frac{N-1}{N}} = \frac{1}{N-1}$
- $\text{Pr}(\text{riktig person}|\mathcal{S}) = \frac{1}{1+(N-n)p_S}$
- $\text{Odds}_{\text{post}} = \frac{1}{(N-n)p_S} = \text{Odds}_{\text{prior}} \times \frac{N-1}{N-n} \frac{1}{p_S}$
- Sannsynlighet og bevisbyrde øker med  $n!!!$
- *Merk dog:* I tilfeller der DNA-register brukes, er ofte  $p_B$  mindre enn hvis en har kun én mistenkt!

# Blod fra flere personer

- Blodspor ofte blanding fra flere personer
  - Hvor mange personer er innblandet?
  - Hva er DNA-strukturen på de involverte?
- Hva er sannsynligheten for at en mistenkt er bidragsyter til blodspor?

# Hva er en blanding?

- Eksempel,  $N = 2$  bidragsyttere,  $\frac{1}{5}$  fra  $\mathbf{B}_1$ ,  $\frac{4}{5}$  fra  $\mathbf{B}_2$ .

$\mathbf{B}_1$	$\mathbf{B}_2$	Varianter	Mengde(ACGT)
$\begin{bmatrix} C & C \\ C & T \\ G & G \\ A & T \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} C & C \\ T & T \\ G & T \\ G & T \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} C \\ CT \\ GT \\ AGT \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{10} & 0 & \frac{9}{10} \\ 0 & 0 & \frac{3}{5} & \frac{2}{5} \\ \frac{1}{10} & 0 & \frac{4}{10} & \frac{5}{10} \end{bmatrix}$

- Varianter
  - Luke ut mulige mistenkte
  - Identifisering av antall bidragsyttere
  - Eks:  $1 * 7 * 7 * 12 = 588$  mulige kombinasjoner av  $\mathbf{B}_1, \mathbf{B}_2$

(F.eks kan variantene CT fås ved kombinasjonene

$\{(CC, CT), (CT, CC), (CC, TT), (TT, CC), (CT, CT), (CT, TT), (TT, CT)\}$ )

- Mengde: Gir informasjon om individuelle profiler

# Sannsynlighet for bidragsyter

- Mistenkt har profil **A**
- Blanding (varianter) **B** observert på gjerningssted
- To bidragsytere
- **B**<sub>1</sub> og **B**<sub>2</sub> de ukjente profiler
- Hva er  $\Pr(\text{mistenkt er bidragsyter}|\mathbf{B}) = \Pr(\mathcal{A}|\mathbf{B})$ ?

# Sannsynlighet for bidragsyter II

- Bayes teorem:

$$\Pr(\mathcal{A}|\mathbf{B}) = \frac{\Pr(\mathcal{A}) \Pr(\mathbf{B}|\mathcal{A})}{\Pr(\mathcal{A}) \Pr(\mathbf{B}|\mathcal{A}) + \Pr(\mathcal{A}^c) \Pr(\mathbf{B}|\mathcal{A}^c)}$$

- Addisjonssetningen

$$\Pr(\mathbf{B}|\mathcal{A}) = \sum_{\mathbf{B}_1: \mathbf{B}_1 + \mathbf{A} = \mathbf{B}} \Pr(\mathbf{B}_1) + \sum_{\mathbf{B}_2: \mathbf{A} + \mathbf{B}_2 = \mathbf{B}} \Pr(\mathbf{B}_2)$$

$$\Pr(\mathbf{B}|\mathcal{A}^c) = \sum_{\mathbf{B}_1, \mathbf{B}_2: \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2 = \mathbf{B}} \Pr(\mathbf{B}_1) \Pr(\mathbf{B}_2)$$

- Komplisert å beregne for hånd, enkelt med datamaskin

# Utvidelser/andre problemstillinger

- Ta hensyn til mengder av ulike varianter
- Ta hensyn til målefeil i mengder
- Samme sannsynlighet i alle populasjoner?
  - Isolerte folkegrupper ofte likere DNA-struktur
- Usikkerhet i  $p_S$
- Familierelasjoner
- Identifisering ved store katastrofer
- Komplekse problemer, krever
  - **matematisk modellering**
  - **behandling av data**
  - **store beregninger** (datamaskin)

# Statistikere i retten

- Ofte innkalt som eksperter utenlands, ikke så vanlig i Norge
- Flere statistikere ansatt ved  
Divisjon for rettsmedisin ved folkehelseinstituttet  
Universiteter  
som jobber med problemstillinger knyttet til dataanalyse i  
rettssaker
- Statistikere kan bidra med å
  - kvantifisere **bevisbyrde**
  - trekke ut mer informasjon fra data
  - vurdere hva slags data som er fornuftig å samle inn