

Riskbaserad beslutsanalys vid undersökningar och efterbehandling



SWECO VIAK, Göteborg

GEO – Institutionen för geologi och geoteknik, Chalmers



Olika synsätt och möjligheter för undersökning och efterbehandling

- Säkerhetsnivå (UCLM₉₅)?
- Kostnadseffektivitet – t ex bästa nytta inom en viss budget?
- Kombination av dessa?
- Annat?

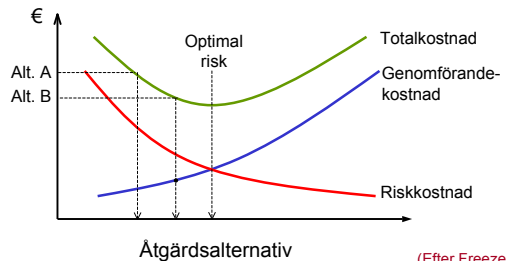


Vad är riskbaserad beslutsanalys?

- Stöd för "beslut under osäkerhet" – vilken säkerhet har vi råd med?
- Strukturering av komplexa problem
 - ✓ Beslutsträd
 - ✓ Influensdiagram
- Identifiering av kostnadseffektiva strategier
 - ✓ Användning av tillgängliga resurser
 - ✓ Miljöbalken (2 kap. 7§)
- Underlag för kommunikation



Riskbaserad beslutsanalys

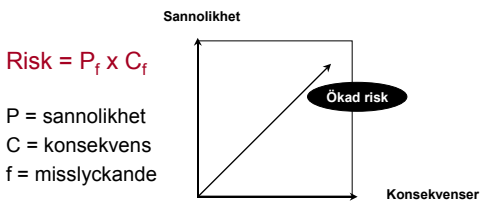


(Efter Freeze et al, 1990)



Vad är risk?

En sammanvägning av sannolikhet och konsekvens:



Riskkostnad = förväntad kostnad för misslyckande

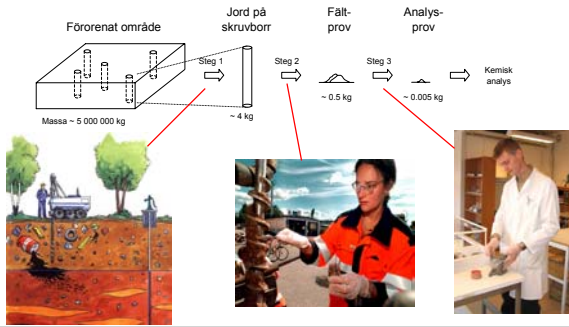


Exempel misslyckande

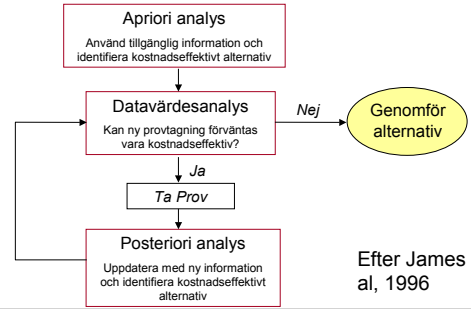
- Att mängden förorenade massor överskrider en viss beräknad volym
- Att åtgärdsmålen inte nås
- Att ineffektiv behandlingsmetod väljs
- Att skador uppstår på recipienter (människa, miljö)
- Förlorad trovärdighet
- Juridiska påföljder - böter, fängelse
- Begränsad markanvändning



Bedömning av värdet av provtagning i jord



Datavärdesanalys – en del av beslutsanalysen

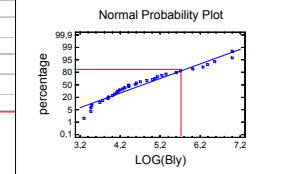


Användningsområden datavärdesanalys

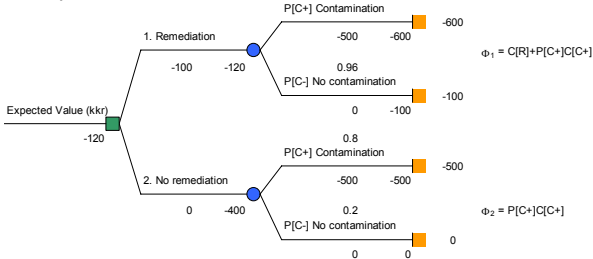
- Jämföra kostnadseffektivitet mellan olika provtagningsprogram
- Stoppklocka för när provtagning inte längre är försvarbar

Exempel Gärdssås

Beräknade värden:		
UCLM _{95%}	218.1	normal
UCLM _{95%}	267.5	lognormal
\bar{X} medel	213.2	
$S_C(\bar{X}$ medel)	2.9	
s	281	
n	34	
$t_{0.95}$	1.697	
n-1	33	
μ_1	197.5	
$S_C(\mu_1)$	41.3	
CV	1.3	



Prior Analysis



$C[R]$ = saneringskostnad; $P[C+]$ = sannolikhet för förorening; $C[C+]$ konsekvensen av förorening

Prior Analysis

Prior probability of contamination $P[C+]$	0.80
Prior probability of no contamination $P[C-]$	0.20
Remediation efficiency $P[R+]$	0.95
Cost of remediation $K[R+]$	100.00
Cost of no remediation $K[R-]$	0.00
Cost of failure $C[C+]$	500.00
Cost of no failure $C[C-]$	0.00
Expected total cost Remediation alternative $\Phi[R+]$	-120.00
Expected total cost No remediation alternative $\Phi[R-]$	-400.00
Perform remediation?	Yes

Sannolikheter

- $P[C+] =$ P[förorening finns] (Apriori-skatning)
- $P[D+|C+] =$ P[förorening detekteras | förorening finns]
- $P[D-|C+] =$ P[förorening detekteras ej | förorening finns]
- $P[D+|C-] =$ P[förorening detekteras | förorening finns ej]
- $P[D-|C-] =$ P[förorening detekteras ej | förorening finns ej]
- $P[D+] =$ P[förorening detekteras]
- $P[D-] =$ P[förorening detekteras ej]
- $P[R_{success}] =$ P[sanering lyckas]

Kostnader

- Genomförandekostnaden och mervärden (vinst) förknippad med efterbehandling
- Misslyckandekostnaden
- Provtagningskostnaden

Bayesiansk datavärdesanalys

Apriori risk

$R_0 = P(C+) C(C+) =$ den förväntade kostnaden av att "göra ingenting"

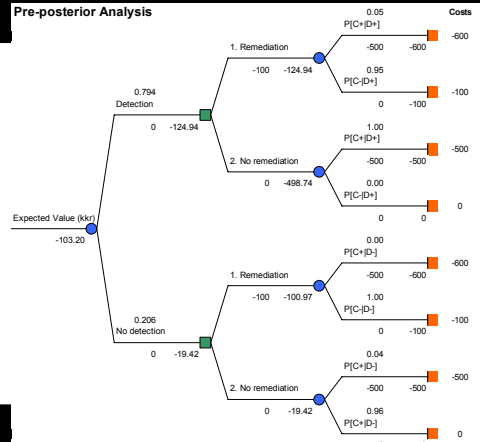
Pre-posterior analys – Bayes' teorem

$$P(C+|D-) = \frac{P(C+)P(D-|C+)}{P(C+)P(D-|C+) + P(C-)P(D-|C-)}$$

Pre-posterior risk

$$R_I = C(C+) P(C+|D-)$$

Pre-posterior Analysis



Datavärde

- **Datavärde:** = pre-posterior värde – prior värde
 - = reduktionen i total kostnad som ett resultat av förbättrad information
 - = reduktion av risken för misslyckande
- Om datavärde > provtagningskostnad: Genomför provtagning
- Beror på
 - provtagningsars osäkerhet
 - a priori information
 - misslyckandekostnader

Pre-Posterior Analysis

Probability of detection in case of contamination $P[D+ C+]$	0.99
Probability of no detection in case of contamination $P[D- C+]$	0.01
Probability of detection in case of no contamination $P[D+ C-]$	0.01
Probability of no detection in case of no contamination $P[D- C-]$	0.99
Probability of contamination in case of detection $P[C+ D+]$	1.00
Probability of no contamination in case of detection $P[C- D+]$	0.00
Probability of contamination in case of no detection $P[C+ D-]$	0.04
Probability of no contamination in case of no detection $P[C- D-]$	0.96
Probability of sampling detection $P[D+]$	0.79
Probability of no sampling detection $P[D-]$	0.21
Data worth (kkkr)	16.80
Cost of sampling program (kkkr)	10.00
Net worth of sampling program (kkkr)	6.80
Run sample program?	Yes

Pre-Posterior Analysis

Probability of detection in case of contamination $P[D+ C+]$	0.95
Probability of no detection in case of contamination $P[D- C+]$	0.05
Probability of detection in case of no contamination $P[D+ C-]$	0.01
Probability of no detection in case of no contamination $P[D- C-]$	0.99

Probability of contamination in case of detection $P[C+ D+]$	1.00
Probability of no contamination in case of detection $P[C- D+]$	0.00
Probability of contamination in case of no detection $P[C+ D-]$	0.17
Probability of no contamination in case of no detection $P[C- D-]$	0.83

Probability of sampling detection $P[D+]$	0.76
Probability of no sampling detection $P[D-]$	0.24

Data worth (kkr) -4.80

Cost of sampling program (kkr) 10.00

Net worth of sampling program (kkr) -5.20

Run sample program? No

Betydelse av förhandsinformationen (a priori)

Prior Analysis

Prior probability of contamination $P[C+]$	0.50
Prior probability of no contamination $P[C-]$	0.50

Remediation efficiency $P[R+]$ 0.95

Cost of remediation $K[R+]$ 100.00

Cost of no remediation $K[R-]$ 0.00

Cost of failure $C[C+]$ 500.00

Cost of no failure $C[C-]$ 0.00

Expected total cost Remediation alternative $\phi[R+]$ -112.50

Expected total cost No remediation alternative $\phi[R-]$ -250.00

Perform remediation? Yes

Pre-Posterior Analysis

Probability of detection in case of contamination $P[D+ C+]$	0.80
Probability of no detection in case of contamination $P[D- C+]$	0.20
Probability of detection in case of no contamination $P[D+ C-]$	0.01
Probability of no detection in case of no contamination $P[D- C-]$	0.99

Probability of contamination in case of detection $P[C+ D+]$	0.99
Probability of no contamination in case of detection $P[C- D+]$	0.01
Probability of contamination in case of no detection $P[C+ D-]$	0.17
Probability of no contamination in case of no detection $P[C- D-]$	0.83

Probability of sampling detection $P[D+]$	0.41
Probability of no sampling detection $P[D-]$	0.60

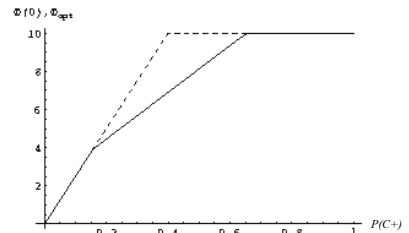
Data worth (kkr) 12.00

Cost of sampling program (kkr) 10.00

Net worth of sampling program (kkr) 2.00

Run sample program? Yes

Inom vilket sannolikhetsintervall för förorening, $P(C+)$, är provtagning kostnadseffektiv?



Svårigheter riskbaserad beslutsanalys

- Ekonomisk värdering av misslyckande ibland mycket komplicerat
- Olika beslutsfattare har olika förutsättningar
 - vad är misslyckande?
 - motstående intressen?
- Kräver många olika kompetenser
 - statistik
 - provtagning – osäkerheter
 - ekonomisk värdering

Möjligheter

- Tydliggörande av osäkerheter
- Strukturera komplexa problemställningar
- Undersökningars omfattning anpassas till det problem som skall lösas
- Kan innan provtagning görs värdera hur många prover som är rimligt att ta
- Syftar till en helhetssyn
- Syftar till att identifiera kostnadseffektiva alternativ
- Underlag för kommunikation

FRIST – Forum for Risk Investigations and Soil Treatment

- Kompetenscentrum startat vid Chalmers september 2003
- Sponsras av Stena Metall AB, Renova och KK-stiftelsen
- Huvudsaklig inriktning:
 - ✓ Tillstånd, juridik och prioritering av förorenade områden
 - ✓ Riskbaserade beslutsmodeller vid undersökning och val av efterbehandlingsmetoder
 - ✓ Saneringsteknik
- Särskild fokus på västsvenska förhållanden
- Två doktorandprojekt startas hösten 2003