

Hantering av osäkerheter vid riskbedömningar

Tomas Öberg
Högskolan i Kalmar



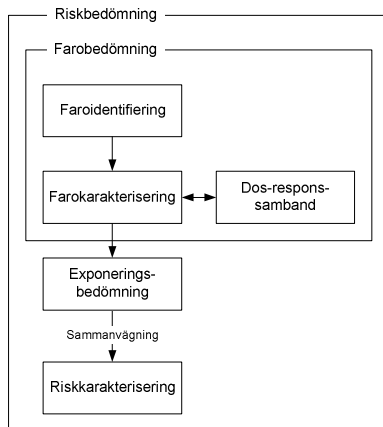
Vårmöte Renare Mark - 24 mars 2009 -
Hållbar riskbedömning



Vad är osäkerhet?

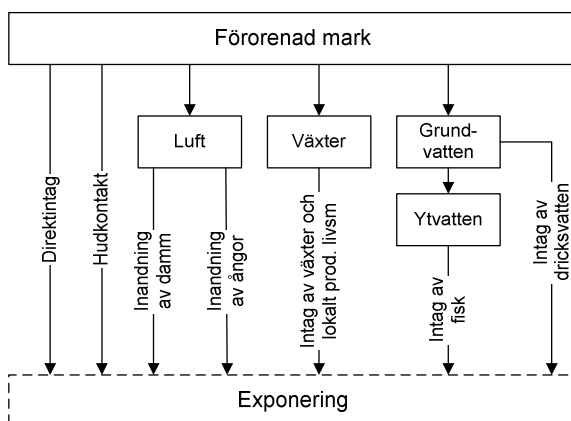
- Stokastisk osäkerhet el. *variabilitet*
 - naturlig variation som inte kan reduceras, t.ex. skillnaderna i kroppsvikt mellan individer i en population
- Epistemisk osäkerhet el. *kunskapsosäkerhet*
 - bristande kunskap som åtminstone i teorin kan åtgärdas, t.ex. mätfel
- Språklig osäkerhet

Var i riskbedömningen återfinns osäkerheterna?



- I alla led!
 - Faroidentifieringen
 - Farokarakteriseringen
 - Exponeringsbedömningen
- Mitt fokus blir dock på exponeringsmodeller

Exponeringsmodellen



- Konceptuell beskrivning
- Matematiska ekvationer
- Skattning av intag

Osäkerheter i exponerings- bedömningen

- *Scenarioosäkerhet*
 - Förutsättningar, t.ex. framtida markanvändning
- *Modellosäkerhet*
 - Val av modell, dess struktur och tillämpbarhet
- *Parameterosäkerhet*
 - Osäkerhet i de variabler (faktorer) som ingår
- De olika typerna hanteras delvis olika
 - Scenario- och modellosäkerhet; alternativ jämförs
 - Parameterosäkerhet; skattningsmetoden

Hur kan vi räkna med osäkerhet?

- *"Konservativa punktskattningar"*, dvs. vi bygger in en säkerhetsmarginal in en del faktorer
- *Intervallskattningar*, dvs. vi anger osäkerhetsintervall för faktorerna
- *Probabilistiska metoder*
 - Empiriska fördelningar
 - Parametriska fördelningar
 - Sannolikhetsboxar
- *Beräkning*
 - Analytiskt ("exakt")
 - Numeriskt (approximationer)
 - Numeriskt (simuleringar)



Ett räkneexempel

- Antag att vi vill skatta intaget av arsenik för barn som uppehåller sig inom ett förorenat område
- Vi beskriver intaget med följande enkla exponeringsmodell:

$$Intag_{As} = \frac{Intag_{jord} \times Halt_{As}}{Kroppsvikt}$$

- För att bestämma intaget måste vi först bestämma intaget av jord, halten i jorden och kroppsvikten
- Hur säkert/osäkert är det?

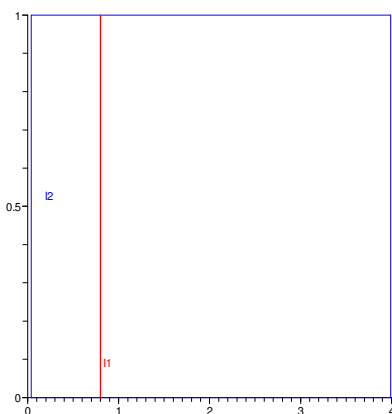
Karakterisering av osäkerheter

- Intaget av jord hos barn har undersökts i ett antal studier
 - Punktskattning 120 mg/dag (jfr. remissutgåva 2007)
 - Intervall 10-400 mg/dag
 - Lognormalfördelning, LN(65,82), max=400 mg/dag
 - Sannolikhetsbox, posmeanstddev(65,82), max=400 mg/dag
- För kroppsvikten finns förstås ett svenskt underlag
 - Punktskattning 15 kg (motsv. 3-åring)
 - Intervall 10-25 kg (under 7 år)
 - Normalfördelning, N(18,2.66), min=10, max=25
 - Sannolikhetsbox, symmeanstddev(18,2.66), min=10, max=25
- Vi antar att koncentrationen är 100 mg/kg
- Vad blir då intaget av arsenik?

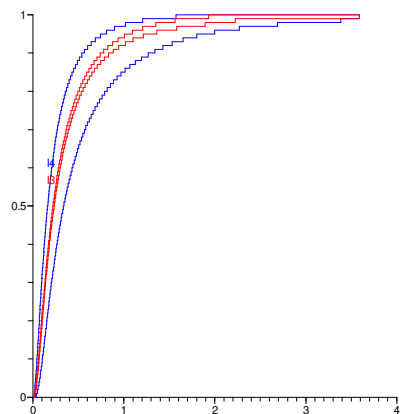
Beräknat dagligt intag

- Punktskattning: $120 \times 100 \times 10^{-6} / 15 \text{ mg/kg} = 0.8 \text{ } \mu\text{g/kg}$
- Intervallskattning: $[10 \ 400] \times 100 \times 10^{-6} / [10 \ 25] \text{ mg/kg} = [0.04 \ 4] \text{ } \mu\text{g/kg}$
- Parametriska fördelningar, 5- och 95-percentiler
 - Oberoende $[0.04 \ 1.4] \text{ } \mu\text{g/kg}$
 - Beroende $[0.03 \ 2] \text{ } \mu\text{g/kg}$

En grafisk jämförelse



Punktskattning och intervall



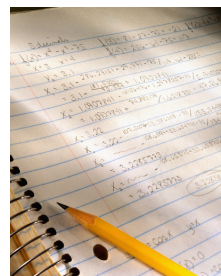
Probabilistisk skattning, med och utan antagande om oberoende

Karakterisering av osäkerhet

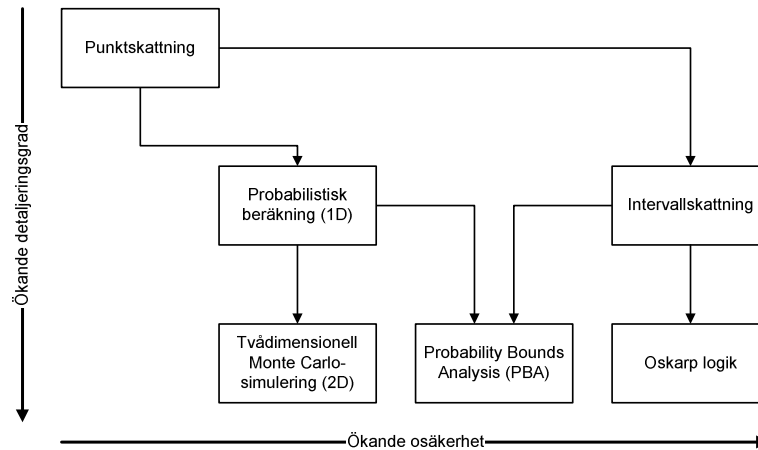
- Osäkerhet och variabilitet i riskuppskattningar måste karakteriseras (beskrivas)
 - I en kvalitativ bedömning görs det kvalitativt
 - I en kvantitativ bedömning bör det förstås göras kvantitativt, eller åtminstone semikvantitativt
- Vem skulle idag komma på tanken att acceptera ett mätresultat utan att osäkerheten anges?

Förutsättningar

- Hanteringen av osäkerheter måste givetvis anpassas till förutsättningarna i det enskilda projektet
- Två viktiga styrande faktorer
 - Tid/ekonomi
 - Tillgången på data
 - De hör förstås ihop



Metodpalett



Kunskapsstillgång och kunskapsbehov

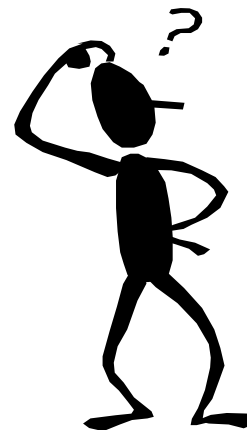
- Intervallskattning är det enklaste alternativet att genomföra och förutsätter minst kunskap
- Probabilistiska beräkningar med precisa fördelningar förutsätter mer detaljkunskap
 - Separation av variabilitet och osäkerhet är mest resurskrävande
- "Probability bounds analysis" intar en mellanställning
 - Osäkerhet beskrivs med intervall
 - Variabilitet beskrivs med fördelningar

Utöka punktskattningen

- De "vanliga" punktskattningarna är egentligen en variant på intervallskattning, men det framgår inte tydligt hur osäkerheterna hanteras
- Ett enkelt alternativt förfarande är att i alla riskberäkningar både redovisa en bästa skattning och rimlig maximal exponering
- Därmed får beslutsfattare och berörda en betydligt fylligare information än om bara en siffra redovisas

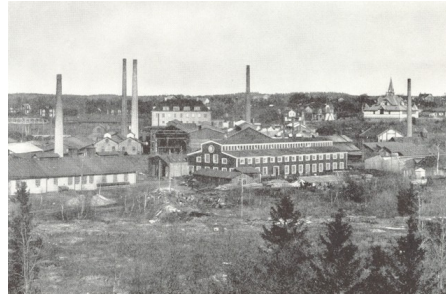
När ska de olika metoderna användas?

- Ger en intervallskattning (eller variant på denna) ett entydigt svar så räcker det
- Finns osäkerhet kvar som kan påverka riskhanteringen så behövs en probabilistisk riskbedömning
 - Den kräver tid och resurser
 - Nyttan ska alltså stå i proportion till kostnaderna

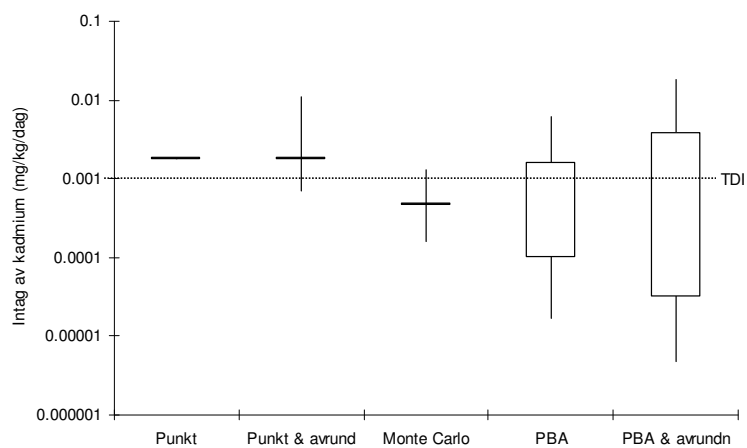


Ytterligare ett exempel

- Kallinge bruk, Ronneby kommun, Blekinge
- Ett område förorenat av metallindustri under två sekler
 - "Svenska" modellen
 - Exponering av barn
 - KM scenario
 - Kadmium



Beräkningsjämförelse



Hur minskar vi osäkerheten?

- Genom att skaffa oss bättre information
 - De scenarier vi vill beskriva
 - Hur vi bygger modeller
 - De faktorer vi stoppar in i modellerna
- Den sista punkten har vi själva bearbetat
 - Hållbar Sanering-programmet (se poster)
 - Projekt åt Stockholm Stad
- Observera att det endast är kunskaps-osäkerheten som kan minskas

Hur bör vi hantera osäkerheten?

- Öppen redovisning — transparens
- Underskatta inte lekmäns förmåga att hantera osäkerhet
- Riskinformerat snarare än riskbaserat beslutsfattande
- Riskdialog snarare än strikta riktlinjer



Mer information

- Bok (utkommer strax):
 - Öberg, T. *Miljörisikanalys*. Studentlitteratur, 2009
- Rapporter (som PDF från www.naturvardsverket.se):
 - Filipsson, M., Bergbäck, B., Öberg, T. *Exponeringsfaktorer vid riskbedömning*. Rapport 5802. Naturvårdsverket, 2008.
 - Öberg, T., Sander, P., Bergbäck, B. *Probabilistisk riskbedömning fas 2*. Rapport 5621. Naturvårdsverket, 2006.
 - Öberg, T. *Probabilistisk riskbedömning fas 1*. Rapport 5532. Naturvårdsverket, 2006.
- Artiklar:
 - Sander, P., Bergbäck, B., Öberg, T. *Risk Analysis* **26**, 1363-1375 (2006)
 - Sander, P., Öberg, T. *Journal of Soils and Sediments* **6**, 55-61 (2006).
 - Öberg, T., Bergbäck, B. *Journal of Soils and Sediments* **5**, 213-224 (2005).