

Rev. 2018-05-17, några bilder borttagna

Hållbar Sanering – sammanfattning av kunskapsprogrammet

Kunskapsprogrammet Hållbar Sanering pågick 2003-2009.

Då tog myndigheter, forskare och företag fram den kunskap om efterbehandling av förorenade områden som presenteras här.

Ett femtiotal projekt genomfördes inom områdena Undersökningsmetoder, Riskbedömning, Riskvärdering, Riskkommunikation och Åtgärdslösningar. Projekten redovisas i en rapportserie från Hållbar Sanering.

Sammanfattningar och viktiga resultat

För att ge en helhetsbild av den samlade kunskap som programmet åstadkommit har vi sammanfattat och identifierat de viktigaste resultaten från våra fem områden. Resultaten har också använts och utvecklats i nyare material och vägledningar, som finns tillgängligt från andra sidor på vår webbplats och i Naturvårdsverkets rapporter.

Programmet är en del av Naturvårdsverkets arbete med att nå miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö.

En av publikationerna över programmet är den sammanfattande rapporten ”Utvärdering av kunskapsprogrammet Hållbar Sanering”, rapport 5998.

Innehåll

Undersökningsmetoder	3
Strategier	3
Fältundersökningar.....	5
Analysmetoder	6
Lakteter.....	7
Utvärdering av undersökningar.....	9
Riskbedömning	11
Konceptuell modell i riskbedömningar.....	12
Hantering av osäkerheter	18
Miljöriskbedömningar.....	21
Hälsoriskbedömningar	24
Riskbedömning av förorenade sediment.....	27
Föroreningars mobilitet i mark	30
Modellering av grundvatten och föroreningsspridning.....	32
Risikvärdering	36
Om riskvärdering	37
Metoder för riskvärdering	38
Riskvärdering – process och beslutsunderlag.....	41
Riskvärdering eller prioritering – Var står vi i dag?.....	43
Riskvärdering ur ett etiskt och ekonomiskt perspektiv.....	44
Företagsekonomisk redovisning av markföroreningar	45
Risikommunikation	47
Risikommunikation i praktiken.....	47
Risikommunikation – Tillit och trovärdighet.....	49
Modeller för risikommunikation	50
Åtgärdslösningar	51
Naturvetenskapliga aspekter	51
Tekniska aspekter.....	54
Juridiska aspekter.....	55
Ekonomiska aspekter	57
Myndighetskrav	58
Från kunskapsbehov till resultat	60

Undersökningsmetoder

Med undersökningsmetoder för förorenade områden avser vi hela kedjan från provtagningsstrategi, via provtagning och analys till utvärdering och presentation av resultat. Provtagningsstrategi har visat sig vara en svag länk i denna kedja. Nu finns ny kunskap som kan förbättra undersökningar av förorenade områden.



Foto: Jesper Mårtensson

Det händer ofta att mängden föroreningar underskattas med fördröningar i entreprenaden som följd. Det händer också att åtgärdsstrategierna baseras på ett så knapphändigt dataunderlag att de blir alltför osäkra.

Detta innebär bl.a. att det måste byggas in stora säkerhetsmarginaler i entreprenadanbudet med fördröningar som följd. Det värsta scenariot är dock att fältundersökningarna leder till en sådan missbedömning av föroreningsituationen att efterbehandlingsåtgärderna inte blir tillräckligt omfattande.

Kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har utlyst medel för att beskriva erfarenheter och öka kunskapen inom området undersökningsmetoder. Tio projekt och en workshop har genomförts och detta är en syntes och analys av resultaten sammanställd av Elisabet Hammarlund.

Strategier

Här presenteras flera rapporter som beskriver lämpliga strategier vid undersökning av jord, berg, grundvatten, porgas, ytvatten, markvatten och biota. En gemensam slutsats i strategirapporterna är att valet av strategi måste grundas på undersökningens syfte. Därför bör syftet med en undersökning alltid definieras och dokumenteras.

Sedan Naturvårdsverket 1994 gav ut "Vägledning för miljötekniska markundersökningar" (rapport 4310) har nya metoder utvecklats både i Sverige och utomlands. Nya rapporter från kunskapsprogrammet Hållbar Sanering som behandlar strategier för undersökningar kan därför vara ett bra komplement till Naturvårdsverkets vägledning.

Strategier för provtagning av jord, grundvatten och porgas

I rapporten "Inventering av provtagningsstrategier för jord, grundvatten och porgas" redovisas exempel på strategier som används i Sverige, Danmark och USA. Rapporten behandlar strategier som inte finns med i Naturvårdsverkets rapport 4310.

Provtagningsstrategier för förorenad jord

Rapporten "Provtagningsstrategier för förorenad jord" är en fördjupning inom jordprovtagning jämfört med ovanstående rapport. Här föreslås en arbetsmetodik

för att planera provtagning i förorenad jord så att undersökningen uppnår en viss tillförlitlighet. Statistiska metoder lyfts fram som möjliga hjälpmedel för att bestämma antalet prover. Rapporten innehåller bland annat grafer för att bedöma hur många prover som krävs vid olika situationer. I rapporten finns även en exempelsamling som illustrerar tillämpningen av olika strategier vid olika föroreningsituationer. I bilagor presenteras metodik för hypotesprövning och metoder för hantering av normalfördelade och lognormalfördelade data.

Undersökningar av föroreningar i berggrund

Om man använder undersökningsstrategier för jord vid undersökningar i berg riskerar man felaktiga slutsatser och i värsta fall även en ökad spridning av förorening. Rapporten "Undersökning av föroreningar i berggrund" innehåller grundläggande beskrivningar av berggrundens hydraulik, grundvattenbildning, grundvattenkemi och föroreningar uppträdande i berggrunden. Avslutningsvis presenteras ett antal metoder för undersökning av föroreningar i berggrund.

Föroreningsspridning – tillämpning och utvärdering av metoder

Vid val av strategi för att undersöka spridning av föroreningar från ett förorenat område kan rapporten "Föroreningsspridning – tillämpning och utvärdering av metoder" vara till nytta. I rapporten beskrivs hur spridningen kan studeras med hjälp av fältundersökningar, laktester, statistisk och kemisk utvärdering.

Miljökontroll av omgivningspåverkan vid efterbehandling

Ett kontrollprogram för uppföljning av efterbehandlingsåtgärder ska vara anpassat till utförd riskbedömning och uppsatta åtgärds mål. Strategier för detta beskrivs i rapporten "Miljökontroll av omgivningspåverkan vid efterbehandlingsåtgärder". Läs mer om efterbehandlingsåtgärder sidorna om åtgärds lösningar.

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Undersökningsmetoder. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Elisabet Hammarlund. Nedan visas några viktiga resultat.

- Oavsett skede och lokala förutsättningar måste undersökningar anpassas till sitt syfte.
- Vid utformning av kontrollprogram för omgivningspåverkan vid ett efterbehandlingsprojekt behövs ett statistiskt angreppssätt.
- "Tänk efter före" - Genom att använda en genomtänkt och tydlig strategi vid undersökning av förorenade områden kan man få ett bättre underlag för riskbedömning och avgränsning.

Rapporter

- Föroreningsspridning – tillämpning och utvärdering av metoder. Rapporter 5834, 5862, 5863
- Inventering av provtagningsstrategier för jord, grundvatten och porgas. Rapport 5894
- Miljökontroll av omgivningspåverkan vid efterbehandlingsåtgärder. Rapport 5803
- Provtagningsstrategier för förorenad jord. Rapport 5888
- Undersökning av föroreningar i berggrund. Rapport 5930

Fältundersökningar

Beroende på medium och syfte finns många fältundersökningsmetoder att välja på. Här redovisas metoder för undersökning och provtagning av berggrundvatten, markvatten, porluft, sediment och organismer. Syftet kan vara att karakterisera en förorening, att undersöka föroreningsspridning eller att följa upp omgivningspåverkan.

Föroreningar i berggrund

Rapporten "Undersökning av föroreningar i berggrund" från kunskapsprogrammet Hållbar Sanering redovisar metoder som tillämpas vid olika hydrogeologiska undersökningar. Det gäller t.ex. metoder för att uppskatta grundvattenbildning i ett område och strömningsegenskaper i berggrunden. Författarna förordar en restriktiv hållning till provtagning av grundvatten i berggrunden eftersom borring av undersökningshål förändrar den geokemiska miljön och spridningsförutsättningar för föroreningarna.

Föroreningsspridning

Hur kan man undersöka spridningen från ett förorenat område? Rapporten "Föroreningsspridning - tillämpning och utvärdering av metoder" ger några svar. Provtagning av markvatten med lysimeter är en metod som redovisas. Användning av lakteter är en annan. En genomgång olika typer av lakteter för oorganiska och organiska ämnen redovisas i rapporten "Lakteter för riskbedömning av förorenade områden". Läs mer om föroreningsspridning på webbsidan "Föroreningars mobilitet i mark" och om lakteter på webbsidan "Lakteter" via länkar till höger.

Kontroll av omgivningspåverkan

Kontrollprogram för att följa upp effekterna av ett efterbehandlingsprojekt måste utformas så att det kan mäta de åtgärds mål som ställts upp.

Ofta handlar det om att försöka mäta en minskad omgivningspåverkan exempelvis i ytvatten, sediment eller fisk. Rapporten "Miljökontroll av omgivningspåverkan inom efterbehandling" ger svar på frågor som:

Vad ska mätas? Hur ofta? Hur länge?

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Undersökningsmetoder. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Elisabet Hammarlund. Nedan visas några viktiga resultat.

- Det finns ett behov av riktlinjer och checklistor för undersökningar av förorenade områden för att höja kvaliteten på undersökningarna.
- Samtidigt behövs flexibilitet för att uppmuntra utveckling och användning av nya metoder.
- Undersökning av föroreningar i berggrund kräver speciella metoder.
- Lakteter fungerar bra för att ta fram data om föroreningars spridningsegenskaper
- Planering av en undersökning kan göras med hjälp av en generella checklistor, t.ex. de danska "Checklister ved undersøgelser", se länk till höger.

Rapporter

- Föroreningsspridning - tillämpning och utvärdering av metoder. Rapporter 5834, 5862, 5863
- Miljökontroll av omgivningspåverkan vid efterbehandlingsåtgärder. Rapport 5803
- Undersökning av föroreningar i berggrund. Rapport 5930
- Lakteter för riskbedömning av förorenade områden. Rapport 5558.

Analysmetoder

Effektiva och pålitliga analysmetoder är viktiga i alla skeden av ett efterbehandlingsprojekt. Utveckling av nya metoder för laboratorieanalys har utförts inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering.

För att kunna utföra en relevant riskbedömning måste man ha kunskap om föroreningars biotillgänglighet. För detta krävs tillförlitliga analysmetoder. Här redovisas nu nya metoder som tagits fram inom ramen för Hållbar Sanering. Rapporterna beskriver analysmetodik för organiska ämnens biotillgänglighet och toxicitet samt passiva provtagare som mäter den biologiskt tillgängliga delen av vissa organiska ämnen. Dessutom har en ny analysmetod för dioxin tagits fram som redovisas i en rapport.

Analysmetod för organiska ämnen

I rapporten "Utvärdering av analysmetod för fritt lösta organiska ämnen - fördelning mellan jord/sediment och vatten" presenteras en metod för att analysera fritt lösta organiska ämnen. Metoden utnyttjar passiva provtagare av plast för att bestämma halten av hydrofoba ämnen som PAH, PCB och PCDD/F i jord och vatten. När provtagaren exponeras för förorening uppstår jämvikt mellan halten i plasten och den fritt lösta föroreningen utanför. Analysmetoden syftar till att mäta den biotillgängliga delen av föroreningen till skillnad från totalanalyser som utnyttjar kraftiga extraktionsmetoder för att kunna analysera hela innehållet av ett ämne. En viktig slutsats i rapporten är att riskbedömning som bygger på totalanalyser av dessa ämnen kan överskatta risken för människor och miljö. Läs mer om biotillgänglighet på webbsidan "Hälsoriskbedömningar" via länk till höger.

Analys av biotillgänglighet

Rapporten "Bioanalys av organiska föroreningars biotillgänglighet – tillämpning i sanerade massor" belyser också frågan om biotillgänglighet och hur viktigt det är för en relevant riskbedömning. Författarna analyserar även toxiciteten med hjälp av biologiska tester.

Man vill på detta sätt studera om den analyserade föroreningshalten kan förklara den konstaterade toxiciteten. Olika extraktionsmedel (butanol, metanol och n-hexan) testas och jämförs med upptagning i daggmusk. Metanol var det extraktionsmedel som bäst motsvarar den biotillgängliga halten. Tester har genomförts på förorenade jordprover som har behandlats med biologiska metoder för att undersöka i vilken utsträckning biotillgänglig förorening har brutits ner.

Analysmetod för dioxiner

Traditionella metoder för dioxin använder gaskromatografi med högupplösande masspektroskopi (GC/HRMS). Metoden kräver komplicerade upprepningsprocesser som gör metoden dyr. Det finns nu en ny metod som bygger på högtrycksvätskeextraktion med en integrerad kolfälla vilken beskrivs i rapporten ”Kostnadseffektiv analysmetod för dioxiner”.



Kolonnförsök från rapporten Utvärdering av analysmetod för fritt lösta organiska ämnen.

Metoden innebär att flera olika extraktions- och reningssteg kombineras till ett moment.

Själva detektionstekniken kan sedan göras traditionellt med GC/HRMS eller med immunoassay.

Metodiken med immunoassay behöver dock valideras ytterligare innan den kan användas kommersiellt.

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Undersökningsmetoder. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Elisabet Hammarlund. Nedan visas några viktiga resultat.

- För att få relevant underlag till riskbedömning behövs analys av den biotillgängliga delen av en förorening.
- Biotillgänglighet kan analyseras med hjälp av passiva provtagare och biologiska tester.
- Riskbedömning som bygger på totalanalyser av PAH, PCB och PCDD/F kan överskatta risken för människor och miljö.

Rapportsammanfattningar

- Utvärdering av analysmetoder för fritt lösta organiska ämnen - fördelning mellan jord/sediment och vatten. Rapport 5889
- Bioanalys av organiska föroreningars biotillgänglighet – tillämpning i sanerade massor. Rapport 5931
- Kostnadseffektiv analysmetod för dioxiner. Rapportnr. 5628

Lakteter

Lakteter kan användas som underlag för indata för beräkning av riktvärden eller till modeller för utlakning och spridning av föroreningar. Flera rapporter inom kunskapsprogrammet Hållbar Sanering behandlar hur lakteter kan användas i riskbedömningen för att undersöka spridningsförutsättningar för både organiska och oorganiska ämnen.

I lakteter utvärderas föroreningarnas uppträdande under laborieförhållanden. För att överföra till verkliga förhållanden bör lakteter kombineras med fältundersökningar och geokemiska bedömningar. Då kan

lakteter bidra till en ökad förståelse som ger ett bra underlag för en riskbedömning.

Lakteter för riskbedömning

En metodik att använda lakteter redovisas i rapporten "Lakteter för riskbedömning av förorenade områden". Rapporten behandlar såväl metaller som organiska ämnen. Rapporten ger tips om vilka lakteter som kan användas vid riskbedömning samt varnar för fallgropar och osäkerheter vid tolkning av resultaten.

När det gäller metaller bygger rapporten vidare på två andra projekt inom Hållbar sanering; "Metallers mobilitet i mark" och "Modeller för spridning av metaller från mark till vatten". Läs mer om dessa på webbsidan "Föroreningars mobilitet i mark" via länk till höger.

Föroreningsspridning



Omslagsbild från rapporten Lakteter för riskbedömning av förorenade områden. Foto: Karin Jonsson.

Kombinationen av laktet och modellering har tillämpats och utvärderats i några verkliga projekt. Arbetet redovisas i rapporten "Föroreningsspridning – tillämpning och utvärdering av metoder". En viktig slutsats är att man vid tolkning kan kombinera resultat från olika undersökningsmetoder och utvärderingsmodeller och därigenom uppnå större säkerhet vid riskbedömning. Metoder för både metaller och organiska föroreningar har utvärderats.

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Undersökningsmetoder. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Elisabet Hammarlund. Nedan visas några viktiga resultat.

- Lakteter kan användas för att undersöka markföroreningars spridningsegenskaper.
- Lakteter bör kombineras med fältundersökningar och geokemiska bedömningar för att ge ett bra underlag för en riskbedömning.
- Genom att kombinera resultat från olika undersökningsmetoder och utvärderingsmodeller kan man uppnå större säkerhet vid riskbedömning.

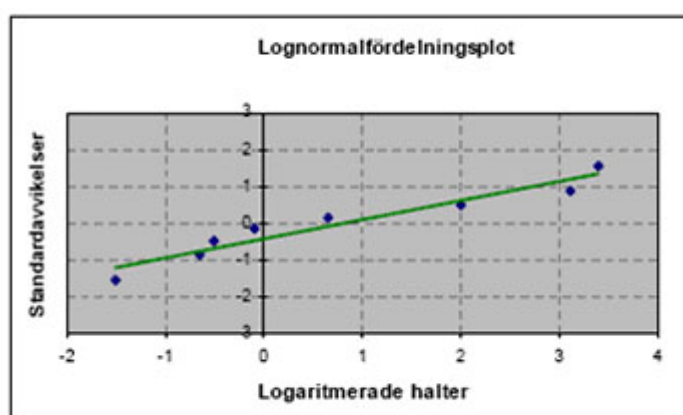
Rapporter

- Föroreningsspridning - tillämpning och utvärdering av metoder. rapporter 5834, 5862, 5863
- Lakteter för riskbedömning av förorenade områden. Rapportnr. 5535
- Metallers mobilitet i mark. Rapportnr. 5536
- Modeller för spridning av metaller från mark till vatten. Rapportnr. 5741

Utvärdering av undersökningar

Det finns olika metoder för att utvärdera undersökningar. Flera av dessa baseras på statistiska metoder.

Det finns flera rapporter från kunskapsprogrammet Hållbar Sanering som beskriver hur man kan optimera utvärdering av undersökningar och hur resultat och osäkerheter kan redovisas för att ge en rättvisande och användbar bild av situationen. En av rapporterna beskriver en kurs i tillämpning av statistiska metoder för förorenade områden som nu finns framtagen för förorenade områden och kan hjälpa till att höja kunskapsnivån i branschen. Läs mer om hur man kan hantera osäkerheter vid riskbedömning på webbsidorna ”Hantering av osäkerheter” via länk till höger. Figuren nedan är från kursmaterial i statistisk dataanalys.



Karakterisering av en markförorening

I rapporten ”Statistisk utvärdering av miljötekniska undersökningar i jord” visas statistiska metoder för att karakterisera en markförorening. Metoderna kan användas för att utvärdera data i olika skeden; riskbedömning, kostnadsuppskattning eller utformning av åtgärdslösningar. Ett ramverk bestående av fyra steg redovisas:

- Bedömning av föroreningsgrad
- Bedömning av andelen massor inom området som överskrider en referenshalt
- Bedömning av rumslig korrelation inom området
- Geostatistisk interpolation av halter inom området

Metoderna beskrivs och demonstreras med beräkningsexempel.

Utvärdering av föroreningsspridning

I rapporten ”Föroreningsspridning - tillämpning och utvärdering av metoder” presenteras flera metoder som kan användas för att utvärdera omfattning av spridning från ett förorenat område. En viktig slutsats är att metoderna var för sig är ganska osäkra, men genom att kombinera flera metoder så att kan man uppnå större säkerhet. Principalkomponentanalys (PCA) är en statistisk metod som lämpar sig för att finna mönster och samband i ett stort dataunderlag.

Uppföljning av omgivningspåverkan

Rapporten "Miljökontroll av omgivningspåverkan inom efterbehandling" redovisar metoder för att utvärdera risk, ekologisk status, tillfälliga avvikelser och långsiktiga förändringar.

Vid planering och utvärdering av kontrollprogram ställs ofta frågor som:

- Hur ofta skall man mäta?
- Hur länge skall man hålla på?
- Vad är en trend och vad är en tillfällig avvikelse?
- Har målet uppnåtts?

I rapporten redovisas hur man besvarar frågorna med hjälp av statistiska metoder. Som en hjälp vid utvärdering av kontrollprogram redovisar rapporten variabilitet för:

- Kvicksilver i fisk
- Dioxiner i fisk
- PCB i fisk
- Metaller i vattendrag
- Metaller i sjöar

Kurs i statistisk dataanalys

Med hjälp av statistiska metoder kan man förbättra beslutsunderlaget avseende risk och behov av efterbehandling. Kursmaterial för att lära ut grundläggande statistiska begrepp och metoder som lämpar sig för förorenade områden redovisas i form av kursupplägg, föreläsningmaterial, övningsexempel, referenslitteratur och beräkningsverktyg (datorprogram). Rapporten "Kurs i statistisk dataanalys och tolkning av resultat - Tillämpningar inom förorenad mark" är tänkt att användas som kurslitteratur. Syfte med kursen är att höja kunskapsnivån hos personer som arbetar med förorenade områden. Några av momenten som ingår är:

- Skattning av medelhalt
- Kontroll av fördelning
- Hypotestest
- Variansanalys
- Interpolering
- Regression
- Kostnads-nyttoanalys

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Undersökningsmetoder. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Elisabet Hammarlund. Nedan visas några viktiga resultat.

- Genom att kombinera flera metoder för karaktärisering så att kan man uppnå större säkerhet
- Statistiska metoder är mycket användbara vid utvärdering av undersökningar av förorenade områden
- Undervisningsmaterial finns framtaget för en kurs i dataanalys och osäkerhetskvantifiering

- Underlag för att utvärdera tillfälliga avvikelser i fisk, sediment och ytvatten finns redovisat i rapporten ”Miljökontroll av omgivningspåverkan inom efterbehandling”.

Rapporter

- Föroreningsspridning - tillämpning och utvärdering av metoder. Rapporter 5834, 5862, 5863
- Kurs i statistisk dataanalys och tolkning av resultat – tillämpningar inom förorenad mark. Rapport 5897
- Miljökontroll av omgivningspåverkan vid efterbehandlingsåtgärder. Rapport 5803
- Statistisk utvärdering av miljötekniska undersökningar i jord. Rapport 5932

Riskbedömning

Metodik och Riskbedömning har en central betydelse vid prioritering av vilka förorenade områden som ska åtgärdas och vid beslut om åtgärder. Det pågår en ständig kunskapsuppbyggnad för att förbättra riskbedömningen av förorenade områden. Här finns flera av de senaste resultaten nu tillgängliga.



Foto: Christina Eberhardson

En riskbedömning beskriver vilka miljö- och hälsorisker som ett förorenat område innebär och har en central betydelse i efterbehandlingsarbetet. Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har 25 olika projekt som behandlar riskbedömningar från olika angreppsvinklar genomförts. Projekten behandlar vitt skilda delar av en riskbedömning, men det finns flera likheter i hur en riskbedömning betraktas.

Exempelvis framhålls betydelsen av den konceptuella förståelsen och strategin att använda flera olika metoder eller bevislinjer för att beskriva komplexa riskförhållanden - från föroreningskälla till skyddsobjekt. I den slutliga bedömningen värderas olika bevislinjer till en sammanhållen beskrivning av risksituationen.

I flera projekt lägger man vikt vid att mäta eller skatta faktisk riskexponering som komplement till exempelvis riktvärdesberäkningar. Detta är en syntes och analys av resultaten av projekten och de workshoptillfällen som genomfördes sammanställd av Marie Arnér, Yvonne Ohlsson och Fredric Engelke.

Konceptuell modell i riskbedömningar

En konceptuell modell ger en förenklad bild av hur man tror att ett verkligt system beter sig, baserat på kvalitativa bedömningar av information om ett område eller en problemställning. Den konceptuella modellen utgör en av grundstenarna i en riskbedömning av ett förorenat område.

Flera av rapportförfattarna inom kunskapsprogrammet Hållbar Sanering framhåller vikten av den konceptuella modellen i olika typer av riskbedömningar och vid modellering av föroreningsspridning och ger exempel på hur konceptuella modeller kan utarbetas och presenteras. På denna sida redovisas några exempel på grafiska presentationer av konceptuella modeller. I rapporterna kan du läsa mer om hur modellerna tagits fram eller hur de kan användas i riskbedömning

Stöd vid identifiering

En konceptuell förorening- och/eller spridningsmodells syfte är att hjälpa riskbedömaren att identifiera:

- vilka kemiska ämnen och källor som är aktuella och potentiellt kan ge upphov till risker för skyddsobjekten,
- vilka de mest sannolika eller viktigaste mekanismerna eller transportvägarna är för till exempel upptag i en organism eller för föroreningsspridning
- vilka exponeringsvägar som är viktiga

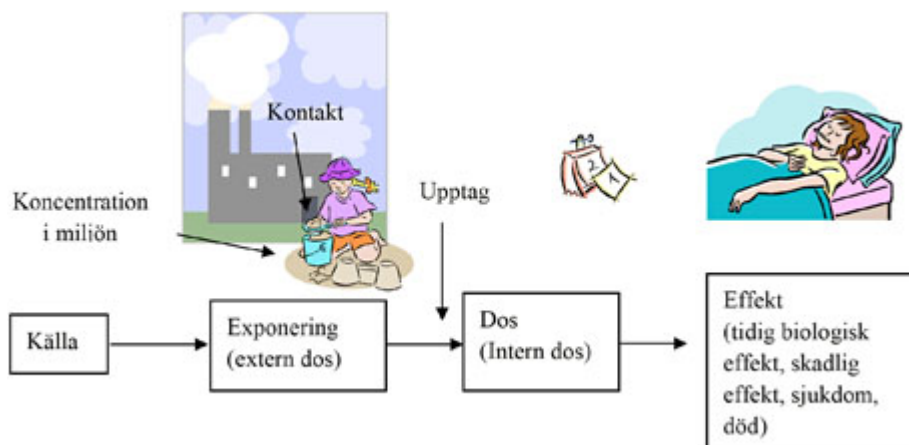
Modellen kan sedan användas för att välja vilken eller vilka beräkningsmodeller som behövs för riskbedömningen för att kunna beakta samtliga aspekter som den konceptuella modellen omfattar eller har pekat ut som viktiga. Modellen bör formuleras i ett tidigt skede av en utredning för att säkerställa att alla viktiga länkar har hanterats och beskrivits. Modellen utvecklas parallellt med undersökningar och utredningar för att man successivt skall kunna uppdatera modellen när ny kunskap tillkommer.

Konceptuella modeller kan se ut på olika sätt

Konceptuella modeller kan presenteras på olika sätt, från en enkel beskrivning i ord till mer komplicerade visualiseringar. De kan också tas fram för många olika problemställningar. Ofta beror utformningen av komplexiteten och omfattningen av till exempel en föroreningssituation. Enklare konceptuella modeller används till exempel då en enskild exponeringsväg studeras, så som intag av jord eller upptag av markföroreningar i växter. Nedan ges några exempel på konceptuella modeller som tagits fram inom Hållbar Sanering.

Enkel konceptuell modell

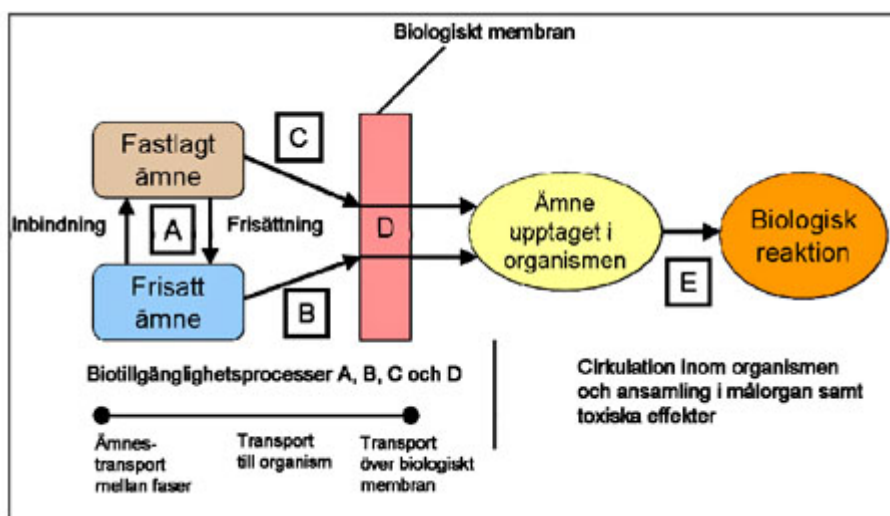
I rapporten ”Hälsoriskbedömning vid utredning av förorenade områden” ges exempel på en enkel konceptuell modell som beskriver vägen från källa till effekt hos ett skyddsobjekt via exponering och upptag.



Vägen från koncentration i miljön till effekt hos människa. Från rapporten Hälsoriskbedömning vid utredning av förorenade områden.

Hur en organism tar upp ämnen

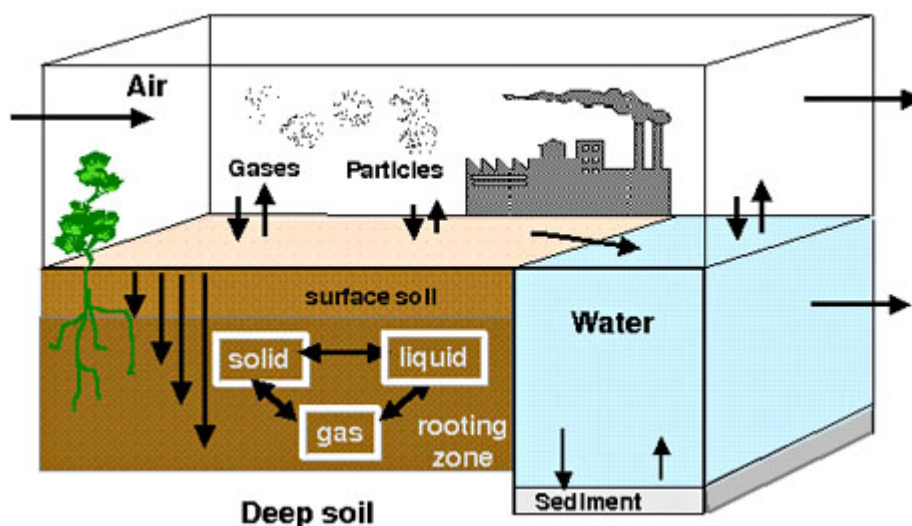
På motsvarande sätt kan själva upptaget i en organism beskrivas ytterligare, vilket har gjorts i rapporten "Biotillgänglighet som företeelse och vid riskbedömning av förorenade områden"



Konceptuell beskrivning av biotillgänglighetsprocesser i jord och sediment. Från rapporten Biotillgänglighet som företeelse och vid riskbedömning av förorenade områden.

Modell för dioxinföroreningar

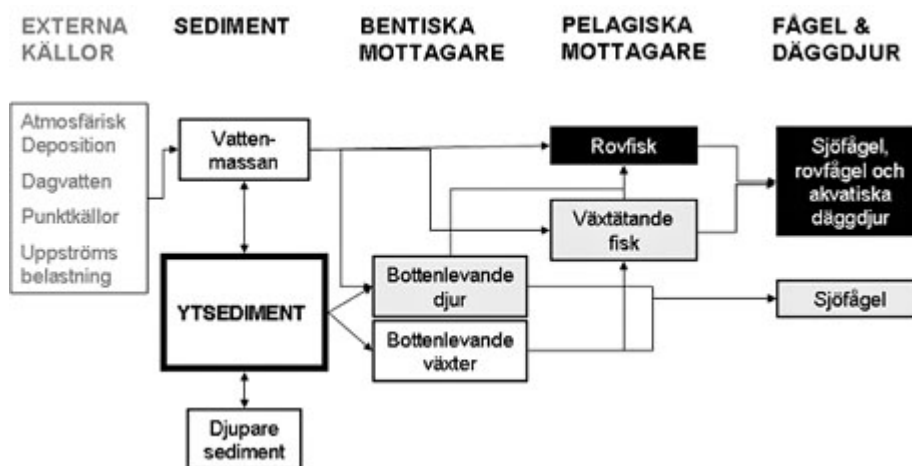
Modeller av typen som beskrivits ovan är ofta koncentrerade till enskilda upptagsvägar eller till upptag och reaktioner som sker i organismen. I rapporten "Hälsoriskbedömning av exponering relaterad till dioxinförorenad mark" ges exempel på en modell av lite mer övergripande karaktär. Denna beräkningsmodell har specialiserat sig på dioxinföroreningar, och en beräkningsmodell finns uppbyggd kring den konceptuella spridnings- och exponeringsmodellen. Spridningsmodellen beskrivs konceptuellt i Figur 3. CalTox-modellen är Excelbaserad och beräknar vilken dos en människa riskerar att exponeras för.



Den konceptuella modell som ligger bakom spridningsdelen i CalTox modellen. Ur rapporten Hälsoriskbedömning av exponering relaterad till dioxinförorenad mark.

Modell för hur fåglar och däggdjur tar upp ämnen

I rapporten ”Strategi för miljöriskbedömning av förorenade sediment” ges exempel på en modell som illustrerar hur föroreningar i sediment via bentiska och pelagiska mottagare kan tas upp av fåglar och däggdjur.



Konceptuell beskrivning avvägen från förorening i sediment till upptag i djur och växter.

Konceptuella modellen som länk

För modellering av spridning har ett flertal projekt inom Hållbar sanering givit exempel på, och strategier för, hur man kan arbeta med konceptuella modeller. I rapporterna ”Övervakad naturlig självrening av förorenade områden” och ”Klorerade lösningsmedel - Identifiering och val av efterbehandlingsmetod” beskrivs den konceptuella modellen som en länk mellan det fysiska området och den numeriska modellen.

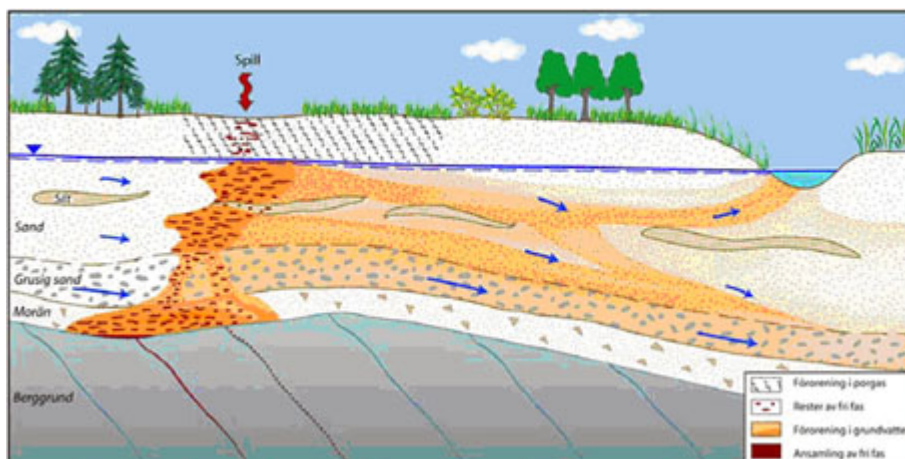
Så enkel som möjligt

Den konceptuella modellen bör enligt författarna omfatta de dominerande fysikaliska och kemiska processerna på modellområdet samtidigt som den bör vara så enkel som möjligt för att garantera hög beräkningseffektivitet. Efter det

att en lämplig modell valts simuleras området och modellen passas in så gott det går mot fältdata i en iterativ process.

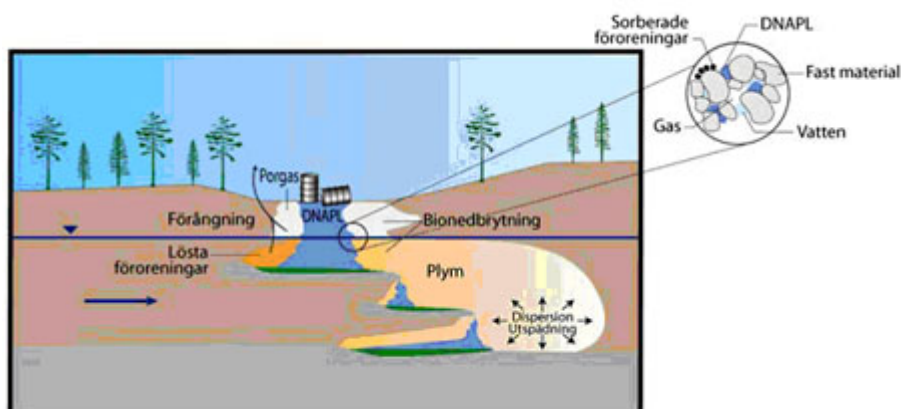
Modell för förekomst, utbredning och spridning

Bilden nedan visar ett exempel på hur förekomst, utbredning och spridning kan beskrivas konceptuellt. I rapporten finns även ett förslag till hur, och i vilka steg, man kan arbeta fram en konceptuell förorenings- och spridningsmodell.



Konceptuell beskrivning av en förorenings förekomst, utbredning och spridning. Ett möjligt skyddsobjekt är ytvattnet. Ur rapporterna Övervakad naturlig självrening och Klorerade lösningsmedel- identifiering och val av efterbehandlingsmetod.

I rapporten ”Övervakad naturlig självrening av förorenade områden” redovisas ett annat exempel, i vilket pågående processer som till exempel bionedbrytning och förångning inkluderats.



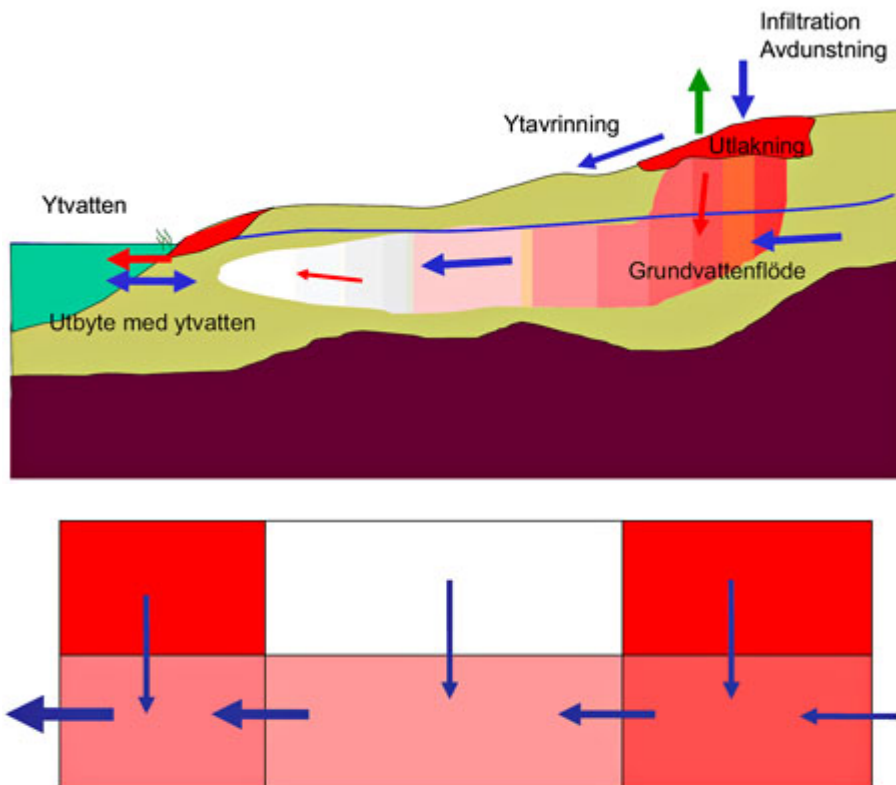
Konceptuell modell av utsläpp med tunga föroreningar som förekommer i fri fas.

Även i rapporten ”Modeller för transport och spridning av föroreningar - fas 2” och i ”Datormodeller för förorenings-spridning - fas 1 och fas 2 finns förslag till tillvägagångssätt vid utarbetande av en konceptuell hydrologisk och hydrogeologisk modell samt förslag till vad sådana bör omfatta.

Excellbaserad modell

Många efterbehandlingsprojekt som dagligen hanteras i Sverige är av begränsad omfattning. Dessa rymmer inte alltid en omfattande modellering, och det finns

kanske inte heller dataunderlag för en sådan. I rapporterna ”Bedömning av riskreduktion vid efterbehandling – fas 1 respektive 2” presenteras en enkel Excelbaserad modell som kan användas för att kvantifiera spridningen från ett förorenat område. I bilden nedan exemplifieras hur en konceptuell bild av spridningen från ett område överförs till en matematisk modell.



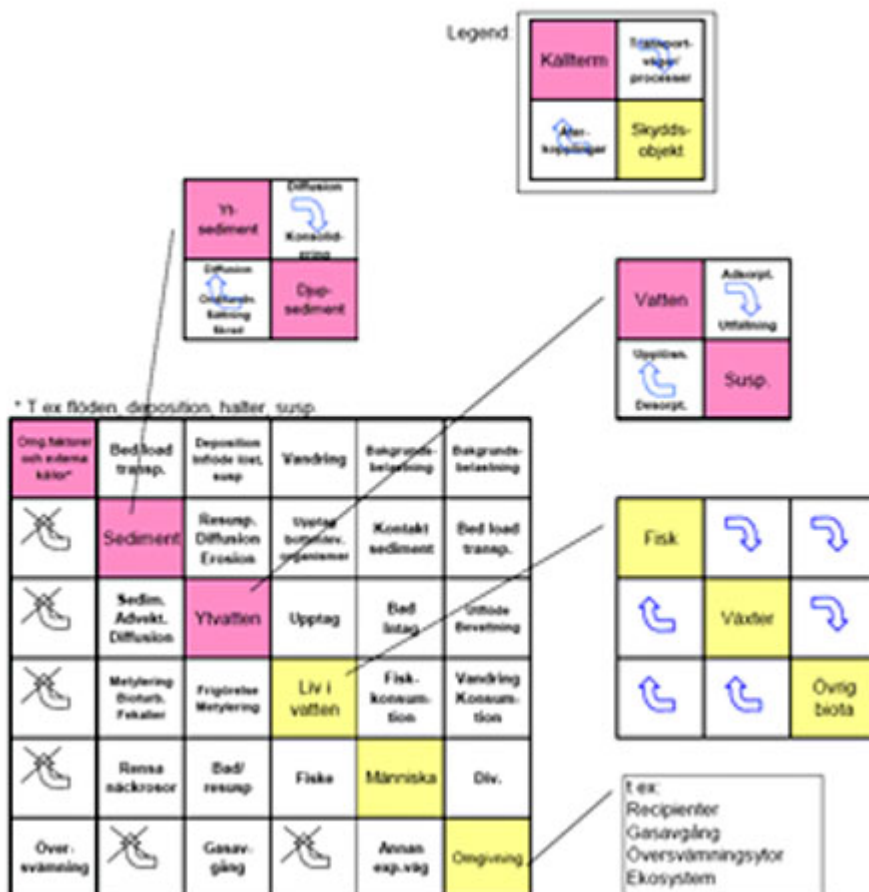
Konceptuell spridningsmodell och exempel på överföring till matematisk spridningsmodell. Exemplet har tagits från rapporten

För varje ”låda” i figuren ovan ingår:

- En källtermsmodell som beskriver mängden förorening som finns i området, hur föroreningen utlakas och hur den transporteras från ”lådan”.
- En transportmodell som beskriver hur föroreningen transporteras från ”lådan” till recipienten.

Interaktionsmatriser

Ett ytterligare verktyg för att konceptuellt beskriva riskfaktorer och samband mellan dessa utgörs av ”Funktions- och scenarioanalys - en metod att analysera risker i ett långtidsperspektiv”, vilket beskrivs i en rapport med samma namn. Här används interaktionsmatriser för att säkerställa att samtliga viktiga moment och aspekter i riskbedömningen hanteras och bedöms. I Figuren nedan redovisas ett exempel från rapporten.



Interaktionsmatris för ett förorenat område, i det här fallet en sjö.
Ur rapporten Funktions- och scenarionanalys.

Hur en konceptuell modell kan utarbetas finns många exempel på i litteraturen. Några användbara rapporter och internetsidor kan nås via länkarna på denna sida.

Viktiga resultat

Vid tre workshoptillfällen som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskbedömning. Resultaten från rapporter och de tre workshoptillfällena är analyserade och värderade av skribenterna Marie Arnér, Yvonne Ohlsson och Fredric Engelke. Nedan visas den viktigaste slutsatsen.

- Det har rått enighet inom området riskbedömning att den konceptuella modellen är en viktig del i all riskbedömning.
- I några av rapporterna presenteras metodik och angreppssätt för att utarbeta konceptuella modeller för spridning av föroreningar från mark till grundvattnen och ytvatten, till exempel i
 - Övervakad naturlig självrening av förorenade områden
 - Bedömning av riskreduktion vid efterbehandling - fas 2
 - Modeller för transport och spridning av föroreningar - fas 2

Rapporter

- Bedömning av riskreduktion vid efterbehandling - fas 2. Rapport 5867
- Biotillgänglighet som företeelse och vid riskbedömning av förorenade områden. Rapport 5895
- Datormodeller för föroreningsspridning - fas 1. Rapport 5534
- Datormodeller för föroreningsspridning - fas 2. Rapport 5676
- Funktions- och scenarioanalys - en metod att analysera risker i ett långtidsperspektiv. Rapport 5814
- Hälsoriskbedömning av exponering relaterad till dioxinförorenad mark. Rapport 5929
- Hälsoriskbedömning vid utredning av förorenade områden. Rapport 5859
- Klorerade lösningsmedel - Identifiering och val av efterbehandlingsmetod. Rapport 5663
- Metaller mobilitet i mark. Rapport 5536
- Modeller för spridning av metaller från mark till vatten. Rapport 5741
- Modeller för transport och spridning av föroreningar - fas 2. Rapport 5692
- Strategi för miljöriskbedömning av förorenade sediment. Rapport 5886
- Övervakad naturlig självrening av förorenade områden. Rapport 5893

Hantering av osäkerheter

Riskbedömningar saknar i många fall en osäkerhetsanalys. Det finns flera källor till osäkerheter i riskbedömningar, det kan handla om osäkerheter i den föroreningshalt som jämförs med ett riktvärde, osäkerheter eller variationer hos olika exponeringsfaktorer, osäkerheter i den rumsliga avgränsningen av det förorenade området och så vidare.

I de projekt som presenterats i kunskapsprogrammet Hållbar Sanering finns ett flertal olika strategier och verktyg som sammantaget innebär att det är möjligt att kvantifiera osäkerheterna i olika skeden, från undersökning och riskbedömning fram till slutlig åtgärd.

Naturliga variationer och osäkerheter

I en riskbedömning finns både naturliga variationer och kunskapsberoende osäkerheter. En kunskapsberoende osäkerhet kan minskas genom att exempelvis analysera fler prover, medan en naturlig variation inte minskar även om oändligt många prover analyseras.

Rapporten "Osäkerheter i riskbedömning och beslutsprocess" visar på behovet av statistiska metoder vid riskbedömning. Användbara statistiska metoder redovisas eller refereras till och rapporten demonstrerar kvantifiering av osäkerheten i förhållandet mellan föroreningsgraden och riskkriteriet. Resultaten betonar vikten av att tillämpa statistiska metoder och illustrerar hur valet av felaktig utvärderingsmetodik påverkar kvaliteten i riskbedömningen och beslutsunderlaget.

Sannolikhetsbaserade riskbedömningar

En utmaning för alla som arbetar med riskbedömningar är att kunna kvantifiera osäkerheter och variationer. Probabilistisk (sannolikhetsbaserad) riskbedömning innebär att variabilitet och osäkerhet karakteriseras för olika parametrar som exempelvis halter och exponeringstid. Istället för att använda enskilda värden för

parametrarna används sannolikhetsbaserade fördelningar och genom Monte Carlo-simuleringar kan fördelningarna hanteras i olika beräkningar. Resultat blir då i form av sannolikhetsbaserade fördelningar som tar hänsyn till ingående parametrarnas variation och osäkerhet.

Rapporterna ”Probabilistisk riskbedömning - fas 1 och fas 2” utgör tillsammans med rapporten ”Exponeringsfaktorer vid riskbedömning – inventering av dataunderlag” en sammanställning av exponeringsdata samt förslag till strategi för att kunna kvantifiera osäkerheter och naturlig variabilitet. I huvudsak behandlas tre olika probabilistiska metoder; intervallskattning, Monte Carlo-simulering och Probability Bounds-analys, en metod som kombinerar de båda förstnämnda.

Konceptuella fel

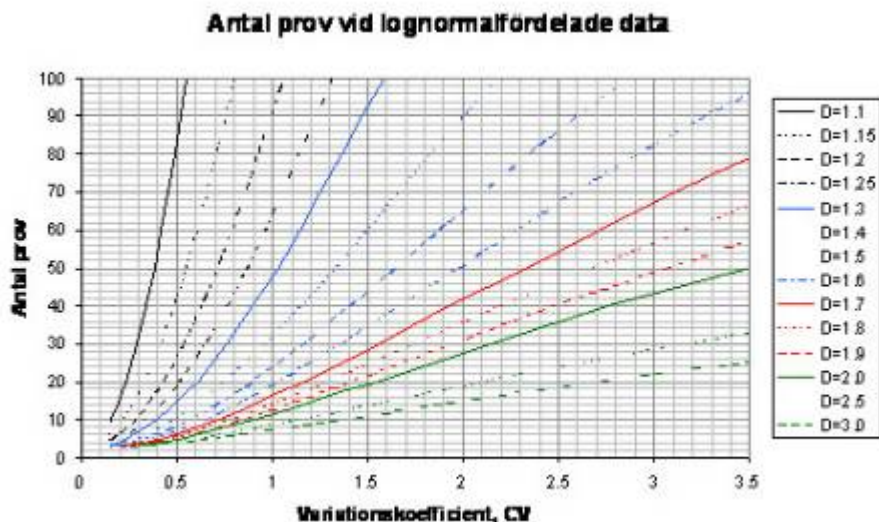
En modell är alltid en förenkling av de komplicerade samband som man vill hantera i en riskbedömning. Så långt det är möjligt bör alltid modellen verifieras genom olika former av mätningar och kontroller. Modellosäkerheter och konceptuella fel i uppbyggnaden av en modell är svåra att upptäcka och kräver en stor erfarenhet av den som utför riskbedömningen. Konceptuella fel kan innebära att ett beslut om en efterbehandling av ett förorenat område grundar sig på en felaktig riskuppfattning.

Hantering av osäkerheter vid modellering

I rapporten ”Modeller för transport och spridning av föroreningar - fas 1” påtalar författarna vikten av att beakta och beskriva osäkerheter vid användande av numeriska beräkningsmodeller för spridning av föroreningar med grundvatten. Författarna har även tagit fram ett protokoll för beskrivning av osäkerheter vid modellering.

Hantering av osäkerheter i utvärdering av dataunderlaget

I rapporterna ”Provtagningsstrategier för förorenad jord” och ”Statistisk utvärdering av miljötekniska undersökningar av jord” beskrivs metoder för att hantera osäkerheter och variation av föroreningshalter. Här kan man bland annat få reda på hur många prover man behöver ta för att kunna bestämma ett medelvärde med viss säkerhet, se figuren nedan, och hur man kan utvärdera provtagningsdata som ska användas i en riskbedömning. Metoder för kvantifiering av osäkerheten i förhållandet mellan föroreningshalt och ett riktvärde, genom att använda hypotesprövning och olika konfidensintervall, finns i rapporterna. Rapporterna betonar vikten av att tillämpa statistiska metoder och illustrerar även hur valet av felaktig utvärderingsmetodik påverkar kvaliteten i riskbedömningen.



Graf för bestämning av antal prov för att bestämma medelvärdet med önskad grad av säkerhet för ett 95 % ensidigt konfidensintervall (UCL95). "D" anger hur många gånger högre ett uppmätt medelvärde får vara än det verkliga medelvärdet. Variationskoefficienten "CV" är ett mått på föreningens variabilitet i området. Från rapporten Provtagningsstrategier för förorenad jord.

Fler bevislinjer ger säkrare bedömning

Genom att använda flera oberoende bevislinjer för att dra slutsatser om riskerna minskar riskerna för att fatta fel beslut. Detta framhåller flera rapportförfattare inom Hållbar sanering. Författarna tycker till exempel att en miljöriskbedömning inte enbart bör förlita sig på resultaten från analyserade totalhalter förorening, utan även använda olika former av effektbaserade tester. I rapporten "Metodik för miljöriskbedömningar" föreslås en strategi som bygger på tre olika undersökningslinjer; föroreningshalter, ekotoxikologiska undersökningar och biologiska undersökningar. I riskbedömningen vägs sedan resultaten från de olika bevisvägarna ihop med varandra. Det är inte ovanligt att olika tester ger motsägelsefulla resultat, vilket kan göra utvärderingen komplicerad.

Kursmaterial

Inom Hållbar Sanering har även ett kursmaterial för grundläggande statistik inom förorenade områden tagits fram i projektet "Kurs i statistisk dataanalys och tolkning av resultat". Projektets syfte är att lära ut grundläggande statistiska begrepp och metoder som lämpar sig för förorenade områden och innehåller ett förslag till kursupplägg, kompletta föreläsningsbilder, övningsexempel, litteratur och datorprogram för utvärdering och övningar.

Viktiga resultat

Vid tre workshoptillfällen som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskbedömning. Resultaten från rapporter och de tre workshoptillfällena är analyserade och värderade av skribenterna Marie Arnér, Yvonne Ohlsson och Fredric Engelke. Nedan visas några viktiga resultat.

- Statistiska metoder är mycket användbara vid utvärdering av undersökningar av förorenade områden.
- Sammantaget i de projekt som presenterats i kunskapsprogrammet Hållbar Sanering finns nu ett antal olika strategier och verktyg som gör det möjligt att objektivt kvantifiera osäkerheter i olika skeden.

- För att kunna kvantifiera osäkerheterna i en riskbedömning är det viktigt att en strategi för att identifiera och hantera osäkerheterna finns i ett tidigt skede.
- Undervisningsmaterial finns framtaget för en kurs i dataanalys och osäkerhetskvantifiering.
- Probabilistisk riskbedömning är ett sätt att hantera de osäkerheter och variationer som finns i underlaget till en riskbedömning.
- Värdet av att använda flera oberoende metoder för att dra slutsatser om spridning, exponering och effekter (orsaks- och beviskedjor) framhålls i flera rapporter från Hållbar Sanering.

Rapportsammanfattningar

- Exponeringsfaktorer vid riskbedömning – inventering av dataunderlag. Rapport 5802
- Kurs i statistisk dataanalys och tolkning av resultat – tillämpningar inom förorenad mark. 5897
- Modeller för transport och spridning av föroreningar fas 1. Rapport 5541
- Osäkerheter i riskbedömning och beslutsprocess. Rapport 5804
- Probabilistisk riskbedömning - fas 1. Rapport 5532
- Probabilistisk riskbedömning - fas 2. Rapport 5621
- Provtagningsstrategier för förorenad jord. Rapport 5888
- Statistisk utvärdering av miljötekniska undersökningar av jord. 5932

Miljöriskbedömningar

Miljöriskbedömningarna har under senare tid utvecklats allt mer. Tidigare utgick man från mätningar av totalhalter i mark och jämförde med internationella riktvärden. Idag tar man allt oftare större hänsyn till mätbara platsspecifika effekter. Här finns nu ny kunskap om miljöriskbedömningar som för utvecklingen framåt.

Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering finns flera rapporter som handlar om miljöriskbedömningar.

Metodik för miljöriskbedömningar

Rapporten ”Förbättrade miljöriskbedömningar” har gått igenom vilka strategier som finns internationellt för att göra en miljöriskbedömning. Författarna har tagit fram ett förslag till en strategi för miljöriskbedömningar i Sverige. Strategin är uppdelad i olika steg så att man får fram lämpligt underlag till den detaljeringsgrad som krävs för att ta ett beslut om eventuella efterbehandlingsåtgärder; en första gallringsmetod, en andra detaljerad bedömning och en tredje fullständig platsspecifik bedömning.

Tre undersökningslinjer

I varje steg bygger miljöriskbedömningen på tre olika undersökningslinjer: kemiska undersökningar (föroreningshalter), ekotoxikologiska undersökningar



Omslagsbild från rapporten Förbättrade miljöriskbedömningar. Foto: Ann-Sofie Allard

(tester och biomarkörer) samt undersökning av ekosystem (biologiska undersökningar). Inledningsvis genomförs förhållandevis enkla tester som till exempel att mäta föroreningshalt i jorden eller utföra övergripande biologiska inventeringar. Om risken bedöms betydande genomförs nästa steg i riskbedömningsprocessen som bygger på mer specifika metoder och tester.

Utvärdering av strategin

I rapporten "Tillämpning av metodik för miljöriskbedömning på utvalda förorenade områden" har den ovan beskrivna strategin för miljöriskbedömningar utvärderats med ett urval av testmetoder på några olika undersökningsobjekt. En ny metodik för miljöriskbedömningar av förorenade områden, som är baserad på resultaten från utvärderingen, presenteras i rapporten "Metodik för miljöriskbedömning av förorenade områden".

Svåra och motsägelsefulla

Några av de svårigheter som måste hanteras i en miljöriskbedömning är bland annat att resultaten från olika tester kan vara både svårtolkade och motsägelsefulla. Exempelvis kan uppmätta föroreningshalter i jord vara högre än uppsatta riktvärden, samtidigt som ett test av toxiciteten hos jorden inte ger något utslag. I rapporten "Metodik för miljöriskbedömning av förorenade områden" ges därför även förslag på hur olika undersökningsgrunder och tester kan vägas mot varandra och hur hänsyn kan tas till osäkerheterna.

Ekotoxikologiska tester

Svårigheterna att beskriva sambandet mellan föroreningar i sediment eller jord och eventuella risker för skyddsobjekten har inneburit att ett antal metoder har tagits fram för att undersöka toxicitet. Några av metoderna, som är olika långt utvecklade, beskrivs i rapporterna "Riskbedömning av förorenade sediment – ekotoxikologiska metoder som underlag för beslut" och även "Metodik för miljöriskbedömning av förorenade områden". Rapporterna kan användas som en kunskapssammanställning av internationella erfarenheter av olika ekotoxikologiska testmetoder och strategier för riskbedömning av förorenade områden och sediment. Riskbedömning av sediment beskrivs närmare på Hållbar Sanerings sida "Riskbedömning av förorenade sediment" som nås via länk till höger.

Fördelar med ekotoxtester

Några av fördelarna med ekotoxtesterna är bland annat att testerna mäter faktisk toxicitet och därmed tar hänsyn till komplexa föroreningsblandningar och i förhållandevis hög grad även de platsspecifika förhållandena. Nackdelarna är att det kan vara svårt att veta vilka tester som är lämpliga och hur responsen från de olika testerna ska tolkas från fall till fall.



Omslagsbild från rapporten Riskbedömning av förorenade sediment.

Foto: Roger Huononen

Viktiga resultat

Vid tre workshoptillfällen som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskbedömning. Resultaten från rapporter och de tre workshoptillfällena är analyserade och värderade av skribenterna Marie Arnér, Yvonne Ohlsson och Fredric Engelke. Nedan visas några viktiga resultat.

- En metodik för bedömning av miljörisker finns framtagen och metodiken kan utnyttjas för att genomföra bättre miljöriskbedömningar. Metodiken kommer att behöva utvecklas allteftersom kunskapen växer och fler effektbaserade miljöriskbedömningar utförs.
- Resultaten från de olika ekotoxtester som studerats är svåra att utvärdera och det kommer att krävas både lång erfarenhet och stor kompetens för att kunna använda dessa tester.
- Genom att utnyttja flera olika testsystem och angreppssätt får man en fullständigare bild av toxiciteten.
- Många som arbetar med ekotoxikologiska tester framhåller nyttan av testerna, men även svårigheterna att tolka resultaten från enskilda tester.
- De ekotoxikologiska testerna ger inte alltid samma respons och det är inte självklart vilka tester som är lämpliga i ett undersökningsprojekt.
- Provernas representativitet för undersökningsområdet bör utvärderas även vid riskbedömning av miljöeffekter. Det finns för närvarande väldigt lite kunskap om exempelvis hur många tester som behövs, hur provtagningen bör utföras och hur resultaten bör utvärderas statistiskt.

Rapporter

- Förbättrade miljöriskbedömningar. Rapport 5538
- Metodik för miljöriskbedömning av förorenade områden. Rapport 5928
- Riskbedömning av förorenade sediment – ekotoxikologiska metoder som underlag för beslut. 5596

Hälsoriskbedömningar

I sin enklaste form innebär en hälsoriskbedömning en bestämning av typ och halt av förorening som sedan jämförs med hälsoriskbaserade rikt- eller gränsvärden. Projekten inom kunskapsprogrammet Hållbar Sanering är inriktade mot mer fördjupade riskbedömningar med metoder för att bedöma vilken typ av exponering som kan förekomma, hur stor exponeringen är och vilken dos en människa riskerar att utsättas för.

Miljömedicinsk riskbedömning

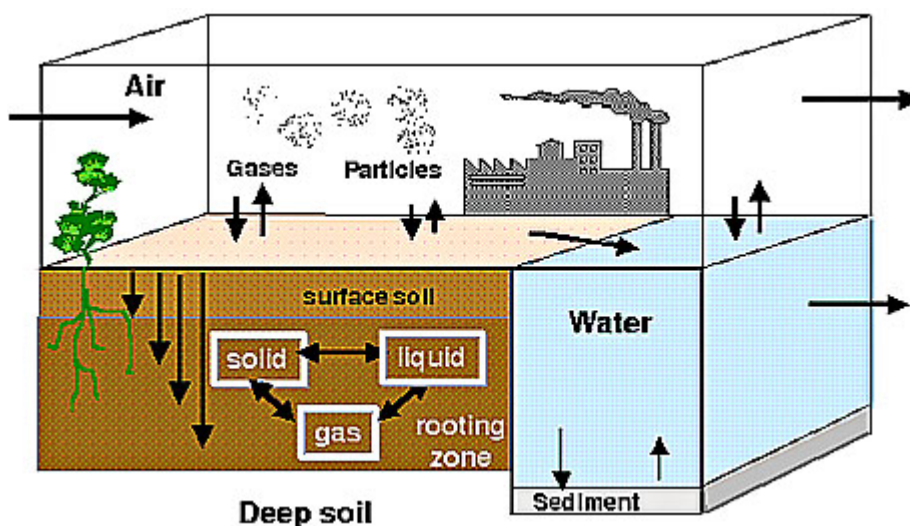
I rapporten "Hälsoriskbedömning vid utredning av förorenade områden" beskrivs hur Hälsoriskbedömningar vanligen utförs vid miljömedicinska institutioner tillsammans med några av de exponeringsförutsättningar som man i det sammanhanget brukar överväga. I rapporten redovisas och kvantifieras hur exponering för en förorening kan ske genom luft, föda, hudkontakt, oralt intag och andra exponeringsvägar. Det finns även referenser till olika värden som används i modeller för att bedöma hälsoriskerna.

I rapporten finns även ett tiotal exempel på hälsoriskbedömning av olika föroreningar (metaller, VOC, PAH).

Exponeringsanalys

De flesta hälsoriskbedömningar som görs i Sverige utgår från Naturvårdsverkets modell för beräkning av riktvärden, men det finns andra modeller som kan användas för att komplettera eller genomföra helt skilda beräkningar. Genom att utreda vilka faktorer som påverkar exponeringen samt försöka mäta exponeringsförhållandena kan man få en ökad förståelse för hälsoriskerna. En inventering av dataunderlag finns i rapporten "Exponeringsfaktorer vid riskbedömning". Framst kommer exponeringsdata från USA, men det finns även ett par europeiska sammanställningar. Dataunderlaget har jämförts med de exponeringsdata som användes i en äldre version av Naturvårdsverkets beräkningsmodell.

Rapporten "Hälsoriskbedömning av exponering relaterad till dioxinförorenad mark" har utnyttjat en modell från USEPA, benämnd CalToX, för att analysera exponeringsrisken från dioxinförorenad mark. CalToX-modellen är Excelbaserad och beräknar vilken dos en människa riskerar att exponeras för.



Figur från CalTox hemsida

Modellen kan vara ett komplement till Naturvårdsverkets modell för beräkning av riktvärden för mark och hanterar bl.a. fler exponeringsvägar, exempelvis intag av livsmedel och bakgrundshalter i luft.

Slutsatserna från exponeringsanalysen av det dioxinförorenade området i rapporten är bland annat att spridning av förorenade jordpartiklar till bladytor på grönsaker är en betydande exponeringsväg. CalTox-modellen gav i flera fall goda resultat jämfört med uppmätta exponeringsdata, men standardvärdena för de olika föroreningarna i modellen bör kontrolleras. Skillnaden mellan olika dioxinkongeners biotillgänglighet är stor och det är vanskligt att hantera dioxin som ett enskilt ämne. Vilka kongener som dominerar får stor betydelse för riskerna och det är viktigt att detta hanteras i en riskbedömning av dioxinförorenade områden.

Biotillgänglighet

Begreppet biotillgänglighet brukar användas för att beskriva den andel av förorening som kan tas upp av människor eller andra organismer. Biotillgängligheten är ämnes-, plats-, och organismspecifik och kan vara svår att mäta på ett tillförlitligt sätt. Om biotillgängligheten kan beskrivas och mätas korrekt kan det i framtiden leda till säkrare och mer tillförlitliga riskbedömningar.

Kunskapssammanställning

Rapporten "Biotillgänglighet som företeelse och vid riskbedömning av förorenade områden" är en kunskapssammanställning över studier, metoder och internationell kunskap kring biotillgänglighet. Rapporten redovisar bland annat att andelen biotillgänglig förorening ofta är betydligt lägre än totalhalten förorening i mark, vatten eller sediment.

Biotillgängligheten varierar med en lång rad olika parametrar och processer, som exempelvis fastläggning, frigörelse, transport, exponering och cellupptag. Processerna är dessutom ämnes- och plats-specifika och skiljer sig mellan olika matriser och organismer. Det kan därför vara svårt att testa den faktiska tillgängligheten i ett undersökningsområde. Rapporten redovisar vilka processer och parametrar som styr biotillgängligheten, ett antal olika testmetoder som

finns för att mäta biotillgänglighet samt ett förslag till hur biotillgänglighet kan ingå som en parameter i riskbedömningsprocessen.

Exempel på tillämpning

Ett exempel på tillämpning av biotillgänglighetsstudier finns i rapporten "Bioanalys av organiska föroreningarnas biotillgänglighet – tillämpning i sanerade massor" som bygger på en cellbaserad skakmetod för analys av lakbara PAH i jordprover. Metoden visar vilka av de olika PAH-föreningar som är biotillgängliga och toxiska i en förorenad jord och kan därför användas som ett komplement till andra analysmetoder, exempelvis för att klassificera förorenade massor.

Biotillgängligheten är även viktig att beakta vid val mellan olika former av in situ-åtgärder. Förändringar av geokemiska eller andra förhållanden kan påverka biotillgängligheten och därmed även riskbedömningen.

Behov av studier

Det finns ett behov av grundläggande studier och anpassade testmetoder för att kunna utföra tillförlitliga mätningar av biotillgängligheten. Idag finns ingen svensk eller europeisk standardiserad metod för att bestämma biotillgänglighet, vilket bedöms vara en svaghet.

I Naturvårdsverkets riktvärdesmodell från 2009 finns det möjlighet att justera biotillgänglighetsfaktorerna för de olika exponeringsvägarna.

Viktiga resultat

Vid tre workshoptillfällen som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskbedömning.

Resultaten från rapporter och de tre workshoptillfällena är analyserade och värderade av skribenterna Marie Arnér, Yvonne Ohlsson och Fredric Engelke.

Nedan visas några viktiga resultat.



Omslagsbild från rapporten Exponeringsfaktorer vid riskbedömning - inventering av dataunderlag.
Foto: Monika Filipsson

- Att genomföra exponeringsanalyser istället för att enbart jämföra med ett riktvärde är viktigt för att kunna beskriva faktiska hälsorisker.
- För att få den samlade bilden av hur stora hälsorisker ett förorenat område innebär kan Naturvårdsverkets modell för beräkning av riktvärden kompletteras med exponeringsanalyser.
- Skillnaden mellan olika dioxinkongeners biotillgänglighet är stor och det är vanskligt att hantera dioxin som ett enskilt ämne. Vilka kongener som dominerar får stor betydelse för riskerna och det är viktigt att detta hanteras i en riskbedömning av dioxinförorenade områden.

- Det finns ett behov av grundläggande studier och anpassade testmetoder för att kunna utföra tillförlitliga mätningar av biotillgängligheten. Idag finns ingen svensk eller europeisk standardiserad metod för att bestämma biotillgänglighet, vilket bedöms vara en svaghet.
- Den samlade kunskapen i de Hållbar Saneringsrapporter som handlar om statistik, provtagningsstrategi och hantering av osäkerheter innebär att det nu finns verktyg och en metodik för att kunna kvantifiera osäkerheterna i en riskbedömning.

Rapporter

- Bioanalys av organiska föroreningars biotillgänglighet – tillämpning i sanerade massor
- Biotillgänglighet som företeelse och vid riskbedömning av förorenade områden
- Hälsoriskbedömning av exponering relaterad till dioxinförorenad mark
- Hälsoriskbedömning vid utredning av förorenade områden
- Exponeringsfaktorer vid riskbedömning – inventering av dataunderlag

Riskbedömning av förorenade sediment

Riskbedömning av förorenade sediment skiljer sig från riskbedömningar av jord eller grundvatten. Därför krävs att strategier och metoder anpassas till sedimentens egenskaper.

Förorenade sediment kan orsaka negativa effekter för organismer och ekosystem. En riskbedömning av förorenade sediment skiljer sig en hel del från en riskbedömning av ett förorenat markområde. Exempelvis så har sedimenten ofta en helt annan rörlighet jämfört med mark.

Strategi för riskbedömning av sediment

Sediment kan nybildas förhållandevis fort. Vanligen har endast de ytligaste sedimenten betydelse för risken. Problematiken kring riskbedömning av sediment behandlas i flera rapporter från kunskapsprogrammet Hållbar Sanering.

Nulägesbeskrivning i åtta steg

Sambandet mellan föroreningskällan i sedimenten och de skyddsobjekt som kan påverkas är komplext och svårt att kvantifiera och beskriva i modeller.

Rapporten ”Strategi för miljöriskbedömning av förorenade sediment” har utgått från de kritiska skyddsobjekten och den direkta påverkan eller exponeringen de kan utsättas för. Strategin går ut på att först ta reda på vilka föroreningar som kan finnas i sedimenten och sedan identifiera vilka kritiska skyddsobjekt som kan vara aktuella. Processen är en nulägesbeskrivning och kan sammanfattas i följande steg:

1. Identifiera potentiella föroreningar i sedimenten
2. Identifiera kritiska skyddsobjekt och mottagare
3. Kvantifiera acceptabelt tillstånd för mottagare
4. Kvantifiera rådande tillstånd för mottagare
5. Karakterisera risken
6. Bedöm om risken kan förändras över tid
7. Om risk föreligger - etablera orsakssamband mellan sediment och effekt
8. Om sedimenten har betydelse för risken - etablera åtgärds mål.

Tre grupper skyddsobjekt

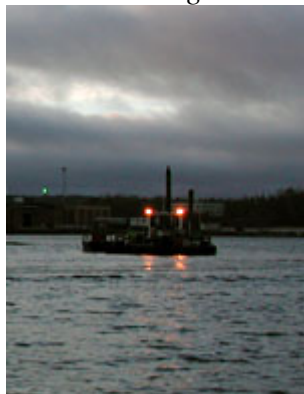
Skyddsobjekten delas in i tre olika grupper; bottenlevande (bentiska) organismer, ekosystemet i vattenmassan (pelagiska organismer, exempelvis fisk) samt fåglar och däggdjur. Vilka skyddsobjekt som riskerar att påverkas mest är bland annat beroende på typ av föroreningar.

Ur risksynpunkt är bentiska och pelagiska organismer kritiska skyddsobjekt som är viktiga att beakta för samtliga föroreningar, medan fåglar och däggdjur sällan är kritiska skyddsobjekt för metaller eller ämnen som inte ackumuleras i näringskedjan.

Föroreningshalten som mått

För kvicksilver och PBT-ämnena, som ackumuleras i näringskedjan, är halten förorening i organismer ofta ett bra mått på exponeringen. Detta underlättar bedömningen av riskerna eftersom komplexa parametrar som exempelvis spridningshastighet och biotillgänglighet inte behöver hanteras explicit i riskbedömningen. Nackdelen är att det är svårt att bedöma framtida risker eftersom mätningarna visar nuläget. För metaller och metaboliserbara ämnen föreligger ofta ett större behov av parallella kompletterande angreppssätt för att kunna kvantifiera exponeringen och därmed bedöma riskerna.

Riskbedömning av kvicksilver i sediment



Omslagsbild från rapporten *Förbättrad riskbedömning av kvicksilverförorenade sediment*.

Foto: Andreas Drott

Kvicksilver i sediment har behandlats inom Hållbar Sanering. Det förekommer i ett antal olika former. Även förhållandevis låga totalhalter kvicksilver kan innebära betydande risker om andelen metylkvicksilver (MeHg) är hög. MeHg är den form av kvicksilver som främst ackumuleras i fisk och som därför kan leda till skador på organismer och i förlängningen även betydande hälsorisker via föda.

Så mycket som 95 procent av kvicksilvret i fiskvävnad kan utgöras av MeHg. Rapporten *”Förbättrad riskbedömning av kvicksilverförorenade sediment”* har identifierat vilka faktorer som styr metylering och demetylering av kvicksilver och vilka förekomstformer som Hg och MeHg har i ett förorenat sediment.

Metylering

Framförallt är det förekomsten av sulfatreducerande bakterier som står för den mesta av metyleringen i sedimenten. En gynnsam miljö med tillgång på kol och optimal temperatur stimulerar metyleringen ytterligare. Demetylering kan även ske som en del av den mikrobiella ämnesomsättningen hos anaeroba och aeroba organismer i både sötvatten och eustariemiljö. Metyleringen verkar vara högre i ytliga sediment där tillgången på energirik kol är hög och minskar på djupet då tillgången på kol minskar. Demetyleringsprocessen är mera konstant oavsett djup, vilket därför sammantaget ger en större nettobildning av MeHg i ytliga sediment.

Risk underskatta metylkvicksilver

En mycket viktig slutsats i rapporten är att provtagning, extraktion av provvatten och provhantering i laboratoriet måste ske utan kontakt med luft (syre). I det fall provet och provvattnet kommer i kontakt med syre riskerar halten MeHg att

underskattas signifikant, i några fall flera hundra gånger. Kontakt med syre kan förhindras genom att genomföra provbearbetningar och liknande i kärl fyllda med kvävgas.

Ekotoxikologiska tester

Svårigheterna att beskriva sambandet mellan föroreningar i sediment och eventuella risker för skyddsobjekten har inneburit att ett antal metoder har tagits fram för att undersöka toxicitet. Några av metoderna, som är olika långt utvecklade, beskrivs i rapporten ”Riskbedömning av förorenade sediment – ekotoxikologiska metoder som underlag för beslut”.

Kunskapssammanställning

Rapporten kan användas som en kunskapssammanställning av internationella erfarenheter av olika ekotoxikologiska testmetoder. Några av fördelarna med ekotoxtesterna är bland annat att testerna mäter faktisk toxicitet och därmed tar hänsyn till komplexa föroreningsblandningar och i förhållandevis hög grad även de platsspecifika förhållandena. Nackdelarna är att det kan vara svårt att veta vilka tester som är lämpliga och hur responsen från de olika testerna ska tolkas från fall till fall.

Viktiga resultat

Vid tre workshoptillfällen som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskbedömning. Resultaten från rapporter och de tre workshoptillfällena är analyserade och värderade av skribenterna Marie Arnér, Yvonne Ohlsson och Fredric Engelke. Nedan visas några viktiga resultat.

- Rapporten ”Strategi för miljöriskbedömning av förorenade sediment” ger ett förslag till en sammanhållen vetenskapligt baserad strategi för riskbedömning av förorenade sediment med rekommendationer om hur strategin kan anpassas för olika typer av föroreningar och skyddsobjekt.
- Halten metylkvicksilver (MeHg) är avgörande för att bedöma riskerna med ett kvicksilverförorenat sediment. Vid bestämning av halten MeHg i provvatten får inte provet komma i kontakt med syre under provhanteringen, annars riskerar halten löst, och därmed biotillgänglig, MeHg att underskattas flera hundra gånger.
- Resultaten från de olika ekotoxtesterna som studerats är svåra att utvärdera och det kommer att krävas både lång erfarenhet och stor kompetens för att kunna använda dessa tester.
- Genom att utnyttja flera olika testsystem och angreppssätt får man en mer fullständig bild av toxiciteten.
- Många som arbetar med ekotoxikologiska tester framhåller nyttan av testerna, men även svårigheterna att tolka resultaten från enskilda tester.
- De ekotoxikologiska testerna ger inte alltid samma respons och det är inte självklart vilka tester som är lämpliga i ett undersökningsprojekt.

Rapporter

- Förbättrad riskbedömning av kvicksilverförorenade sediment. Rapport 5629
- Riskbedömning av förorenade sediment – ekotoxikologiska metoder som underlag för beslut. Rapport 5596
- Strategi för miljöriskbedömning av förorenade sediment. Rapport 5886

Föroreningars mobilitet i mark

Vad är det som gör att vissa föroreningar lätt sprids från marken till grundvatten eller sjöar medan andra förefaller sitta hårdare fast i marken? Kan man verkligen lita på att de föroreningar som sitter hårt fast i marken aldrig läcker ut? Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har man studerat hur föroreningar uppför sig i mark.

För att spridning av föroreningar i mark ska kunna modelleras eller beskrivas på ett tillfredställande sätt behöver man förstå hur föroreningar beter sig i den miljö de befinner sig i. För detta behövs kunskap om vilken form föroreningarna förekommer i, vilket bland annat beror på pH och redoxförhållanden. För olika jordtyper och andra platsspecifika förhållanden skiljer sig även föroreningarnas lakbarhet åt från plats till plats. För att bedöma lakbarheten finns olika typer av lakteter som kan utföras på den förorenade jorden.

Metallers markkemi

Många mekanismer i marken påverkar i vilken form föroreningar föreligger och hur rörliga de är. Metallers transport i mark kan fördröjas på grund av till exempel utfällnings- och adsorptionsprocesser, men metallerna kan också desorberas eller lösas ut och på nytt bli tillgängliga för spridning. Rapporten ”Metallers mobilitet i mark” ger läsaren en förståelse för de processer som pågår i mark och grundvatten och som påverkar hur metaller kan lakas ur marken och spridas.

Författarna tar även upp geokemisk modellering.

Tanken med att använda geokemiska modeller är att man bättre ska kunna förstå vad som styr metallernas beteende i mark och grundvatten och i vilken form de förekommer. I bedömningen av spridning vill man nå en ökad förståelse för hur till exempel förändrade pH- och redoxförhållanden kan inverka på spridningen. I rapporten går man också igenom ett antal kommersiella datorprogram för geokemisk modellering.

I rapporten ”Föroreningsspridning - tillämpning och utvärdering av metoder” utvärderas fältdata med hjälp av kemiska modeller (empiriska respektive termodynamiska) och geokemisk modellering för att utröna i vilka former metallerna i mark- och grundvatten föreligger.

Lakteter i riskbedömning

Lakteter kan användas för att platsspecifikt uppskatta hur rörliga föroreningar är i marken. I rapporten ”Föroreningsspridning - tillämpning och utvärdering av metoder” jämförs resultat från lakteter på laboratorium med resultat från lysimeterförsök i två efterbehandlingsobjekt. Jämförelsen visar på en i allmänhet god överensstämmelse för oorganiska ämnen, och slutsatsen är att lakteter är ett användbart verktyg i en riskbedömning. För organiska föroreningar visar utvärdering att skakteter riskerar att kraftigt överskatta lakbarheten av tyngre PAH-föreningar, men kan fungera väl för de lätta.

Resultaten från lakteter kan sedan användas vid modellering av föroreningsspridning vid riskbedömning av förorenade områden. Dock finns det fallgropar som gör att man kan underskatta spridningen. I rapporterna ”Lakteter för riskbedömning av förorenade områden” och ”Metallers mobilitet i mark” har författarna lyft fram denna risk och diskuterar även lösningar på problemet. Man diskuterar såväl valet av metod för laktet som utvärdering av resultatet och

användningen i riskbedömning. Man har vidare utarbetat strategier för hur laktester kan användas i riskbedömning av förorenade områden. Vidare har man i projektet "Laktester för riskbedömning av förorenade områden" tagit fram en databas som omfattar ca 200 laktester från ett 30-tal objekt/projekt, vilka i första hand omfattar oorganiska ämnen. Databasen kan vara användbar för bedömningar av rimligheten hos resultat och visar på variationen mellan olika objekt, jordar, enskilda laktester med mera.

Om du vill ha tips på hur utvärderingen av laktest kan göras för att till exempel beräkna Kd-värden, och om utlakningen ska bedömas i ett korttids- eller ett långtidsperspektiv är dessa rapporter lämplig läsning.

Viktiga resultat

Vid tre workshoptillfällen som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskbedömning.

Resultaten från rapporter och de tre workshoptillfällena är analyserade och värderade av skribenterna Marie Arnér, Yvonne Ohlsson och Fredric Engelke. Nedan visas några viktiga resultat.

- Strategier för val och utvärdering av laktester samt användande i riskbedömning finns framtagna i "Metallers mobilitet i mark" & "Laktester för riskbedömning av förorenade områden".
- Erfarenhetsdata för metallers markkemi och från laktester utförda i Sverige har sammanställts. Dessa kan till exempel användas för att bedöma rimligheten i data från laktester eller för uppskattning av indata vid modellering av spridning. Sammanställningarna omfattar:
 - 17 metallers markkemi inklusive uppskattade ungefärliga Kd-värden för tre olika jordar ("Metallers mobilitet i mark")
 - En databas med laktest utförda i efterbehandlingsprojekt i Sverige ("Laktester för riskbedömning av förorenade områden") (länk till höger)
- Man har konstaterat att laktestdata kan användas för att ta fram Kd - värden för lakning (K_{tot}). Med information om den geokemiskt aktiva fraktionen av metaller i marken kan även Kd -värden för sorption av ämnet under den fortsatta transporten i markvatten och grundvatten uppskattas ("Förorenings-spridning - tillämpning och utvärdering av metoder").

Rapporter

- Förorenings-spridning - tillämpning och utvärdering av metoder. Rapport 5834, 5862, 5863.
- Laktester för riskbedömning av förorenade områden. Rapport 5558.
- Metallers mobilitet i mark. Rapport 5536.

Modellering av grundvatten och förorenings-spridning

Kan man förutsäga hur föroreningar i mark eller grundvatten påverkar en närbelägen sjö om 1 000 år eller ens om 10 år? Vilka undersökningar behövs, vilka verktyg finns för modellering och vad kan vi om detta i Sverige idag?

Föroreningar i mark och grundvatten kan spridas till exempelvis brunnar eller sjöar och vattendrag. Där kan föroreningarna påverka dricksvattenkvaliteten eller skada vattenlevande växter och djur. Möjligheten att använda brunn- och sjövattnen för olika ändamål kan begränsas. Spridning är därför en viktig faktor i en riskbedömning av ett förorenat område.

Modellering

Spridningen kan beskrivas med hjälp av matematiska modeller och någon typ av datormodell används vanligen för att lösa ekvationssystemen i modellerna. Resultatet används ofta till att beräkna utspädningseffekter mellan till exempel porvattnen och sjövattnen. Med hjälp av detta kan man sedan till exempel uppskatta vilka halter som kan uppstå i ett vattendrag. Ett annat syfte kan vara att bedöma vilka halter man kan acceptera i mark eller grundvatten. Modelleringen kan också användas för att uppskatta vilka mängder av föroreningen som årligen belastar exempelvis en sjö.

Kunskaps-sammanställning

Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har författare inom fem projekt i nio rapporter sammanställt dagens kunskap inom grundvattenmodellering och modellering av förorenings-spridning. Man har även föreslagit angreppssätt och strategier vid matematisk modellering och lyft fram viktiga aspekter som påverkar modelleringen.

Grundläggande om modeller

Med grundvattenmodell avses vanligen en tredimensionell matematisk beskrivning av grundvattenströmning. Strömningen beskrivs matematiskt med partiella differentialekvationer som är svåra att lösa exakt för annat än vissa enkla specialfall. Det finns ett antal datorprogram som löser ekvationerna approximativt med hjälp av numeriska metoder, vanligen finita differenser. Andra lösningsmetoder är finita eller analytiska element.

Förenklat uttryckt behöver en grundvattenmodell digitala indata som bland annat beskriver:

- randvillkor, vilka beskriver modellvolymens interaktion med omgivningarna
- topografin, som driver vattenströmningen
- geologin, som avgör var och hur lätt vattnet kan strömma
- nederbörden och avdunstningen, som avgör hur mycket vatten som strömmar ned till grundvattenssystemet.

Ämnestransportmodell

Modellering av förorenings-spridning med så kallade ämnestransportmodeller baseras på samma typ av matematik med vissa tillägg för beskrivning av geokemiska processer för fastläggning och biokemiska processer för nedbrytning. Att lösa det system av differentialekvationer som beskriver både grundvattenströmning och ämnestransport kan alltså kräva betydande beräkningstid för att simuleringarna ska ge acceptabla resultat.

Förutom de indata som behövs för att beskriva grundvattenströmningen med en grundvattenmodell, behöver en ämne-transportmodell indata i form av:

- total föroreningsmängd
- föroreningarnas vattenlöslighet
- föroreningarnas fastläggningsegenskaper för olika jord- och bergmaterial
- tillgängliga adsorptionsytor för fastläggning
- föroreningarnas nedbrytnings-/sönderfallsegenskaper
- föroreningarnas diffusionsegenskaper.

Det krävs omfattande provtagningar och analyser för att kunna göra till exempel en grov uppskattning av den totala föroreningsmängden på en viss plats. Även insamlingen av indata är förknippad med stora osäkerheter som beror på till exempel graden av representativitet (stickprov i heterogena material), provhantering samt mät- och analysnoggrannhet.

Kartläggning av matematisk modellering i efterbehandlingsbranschen

I rapporten ”Modeller för transport och spridning av föroreningar – fas 1” presenterar rapportförfattarna en nulägesanalys med avseende på erfarenhet av och kunskap om grundvattenmodellering i samband med riskbedömning av förorenade områden i Sverige. Projektet gör även en utblick till Norge, Danmark och Finland för att jämföra användandet och erfarenheterna i dessa länder med situationen i Sverige. Man konstaterar att användningen i efterbehandlingsprojekt i Sverige är betydligt mindre än i till exempel Danmark.

I rapporten ”Datormodeller för föroreningsspridning – fas 1” har författarna utvärderat ett stort antal tillgängliga verktyg för grundvattenmodellering. Modellerna har prioriterats efter användbarhet och lämplighet. Två modeller har sedan valts ut för en djupare utvärdering.

Modellering av föroreningsspridning

Två delprojekt har haft huvudfokus på föroreningar i grundvatten och spridningen av dessa föroreningar. I rapporten ”Datormodeller för föroreningsspridning – fas 2” har författarna studerat hur väl två olika grundvattenmodeller beskriver grundvattentransporten i tre olika fallstudier. Modellerna som studerats är Mike She och Visual MODFLOW Pro, och de tre fallstudierna har omfattat två avfallsdeponier (ett verkligt och ett fiktivt fall) samt ett djupförvar av uttjänt kärnbränsle (Forsmark). För dessa fall har man även utvärderat hur förenklingar som är vanliga vid grundvattenmodellering påverkar säkerheten i resultatet.

Även i rapporten ”Övervakad naturlig självrening av förorenade områden” presenteras en genomgång av ett antal numeriska flödes- och transportmodeller och även geokemiska modeller.

I rapporten ”Modeller för transport och spridning av föroreningar - fas 2” presenterar författarna ett förslag till en programberoende handledning för modellering av föroreningsspridning med grundvatten. Rapporten omfattar hela kedjan från problemformulering till rapportskrivning.

Rapporten ”Modeller för spridning av metaller från mark till vatten” tar sin början i olika metoder för modellering av spridning av föroreningar och sammanfattar slutligen vad man anser karakteriserar en bra spridningsmodell. Författarna fokuserar i denna rapport på kvantifieringen och beskrivningen av

retardationen (fördröjningen) av föroreningarna under föroreningstransporten. Författarna diskuterar även lakteter och tolkning av dessa och man föreslår en komplettering av utvärderingar av Kd-värden från lakteter med uppskattningar med hjälp av geokemiska modeller. Författarna lyfter även fram vikten av att ta hänsyn till spridning med löst organiskt kol, samt att använda tidsberoende modeller för beskrivning av föroreningsspridningen.

Modeller testas

I rapporten ”Bedömning av riskreduktion vid efterbehandling – fas 1” testas enkla och mer komplicerade modeller mot fältdata och laboratoriedata. Avsikten har varit att utvärdera antaganden och modeller som ofta används vid riskbedömningar av förorenade områden, för att utröna hur ändamålsenliga dessa är. Ett enkelt beräkningsverktyg i Excel har tagits fram inom projektet, vilket till exempel kan användas vid bedömning av belastningen på ett vattendrag och för att kvantifiera riskreduktionen som olika efterbehandlingsalternativ medför. Två fallstudier har gjorts på förorenade områden i Sverige.

Hantering av osäkerheter

För att en meningsfull riskbedömning ska kunna utföras för en plats där vattenlösliga föroreningar finns i mark och grundvatten behöver osäkerheter i indata, konceptuell förståelse och beräkningsresultat beaktas noggrant. Av tid- och resursskäl är det viktigt att informationsuppbyggnaden inom ramen för undersökningar och modellering koordineras för att optimera undersökningarna och för att hålla osäkerheterna på en acceptabel nivå.

Ovanstående kan innebära att förenklade grundvatten- och ämnestransportmodeller används i ett tidigt skede för att ge vägledning åt fältprovtagningar. Mätningresultat redovisas med fördel tillsammans med uppskattningar av osäkerheter och beaktas i modellsimuleringarna. Simuleringsresultaten kan vidare redovisas med osäkerhetsuppskattningar. Utvidgning av undersökningsprogram och modellutveckling kan utföras stegvis tills osäkerheterna i riskbedömningen anses acceptabla. Ett protokoll redovisas i rapporten ”Modeller för transport och spridning av föroreningar - fas 1” för hur osäkerheter kan beskrivas för numeriska beräkningsmodeller för grundvattentransport.

Blir matematisk modellering vanligare?

Kommer matematisk modellering av föroreningsspridning att bli vanligare i framtiden? I Sverige har grundvattnet under många år inte antagits ha ett högt skyddsvärde i de fall det inte utgör dricksvattentäkt. I länder där grundvattnet i högre grad nyttjas som dricksvatten förefaller det vanligare att grundvattenmodellering sker inom efterbehandlingsprojekt. I och med att den allmänna synen på grundvattnets skyddsvärde som naturresurs i sig förändras i Sverige, bland annat genom Vattendirektivet, så kan grundvattenundersökningar av mer omfattande karaktär bli vanligare framöver. Detta leder sannolikt till bättre underlag för grundvattenmodellering i åtminstone större efterbehandlingsprojekt.

Modellering behövs inte alltid

Föroreningsspridningen behöver inte alltid beskrivas med hjälp av komplicerad modellering. Det viktiga är att det specifika undersökningsobjektet och frågeställningen är

styrande för hur enkel eller komplex modellering som används. I rapporten "Föroreningsspridning - tillämpning och utvärdering av metoder" görs ett försök att validera en enkel modell för föroreningsspridning.

Viktiga resultat

Vid tre workshoptillfällen som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskbedömning.

Resultaten från rapporter och de tre workshoptillfällena är analyserade och värderade av skribenterna Marie Arnér, Yvonne Ohlsson och Fredric Engelke.

Nedan visas några viktiga resultat.

- Ett förslag till handledning för modellering, vilken omfattar viktiga delar som konceptuell modellbeskrivning och bedömning av osäkerheter, återfinns i rapporten "Modeller för transport och spridning av föroreningar - fas 2".
- Vad är en "tillräckligt bra modell"? En kortfattad beskrivning och diskussion om vad som behövs för att en modell ska vara "tillräckligt bra" för sitt syfte finns i rapporten "Modeller för spridning av metaller från mark till vatten".
- Ett protokoll för hur osäkerheter kan beskrivas för numeriska beräkningsmodeller för grundvattentransport finns i rapporten "Modeller för transport och spridning av föroreningar fas 1".
- Vilka verktyg finns och vilka styrkor och svagheter har de? En sammanställning och utvärdering av tillgängliga modelleringsverktyg hittar ni i "Datormodeller för föroreningsspridning – fas 1".
- Geokemisk modellering – ett verktyg för ökad förståelse för markkemin och bättre modellering av ämnestransport? Tillgängliga kommersiella verktyg har inventerats och gått igenom i rapporten "Metallers mobilitet i mark".
- Vilken betydelse har förekomsten av preferentiella flödesvägar för spridningen? Denna fråga lyfts och diskuteras i rapporten "Modeller för spridning av föroreningar från mark till vatten" då effekten av denna aspekt kan överskugga flertalet andra osäkerheter i modelleringen.
- Samtliga projekt betonar vikten av den konceptuella modellen som grund för modelleringen samt av att utföra osäkerhetsanalyser.

Rapporter

- Bedömning av riskreduktion vid efterbehandling – fas 1. Rapport 5540
- Bedömning av riskreduktion vid efterbehandling – fas 2. Rapport 5867
- Datormodeller för föroreningsspridning - fas 1. Rapport 5534
- Datormodeller för föroreningsspridning - fas 2. Rapport 5676
- Föroreningsspridning - tillämpning och utvärdering av metoder. Rapport 5834, 5862, 5863
- Metallers mobilitet i mark. Rapport 5536
- Modeller för spridning av metaller från mark till vatten. Rapport 5741
- Modeller för transport och spridning av föroreningar - fas 1. Rapport 5541
- Modeller för transport och spridning av föroreningar - fas 2. rapport 5692
- Övervakad naturlig självrening av förorenade områden. Rapport 5893

Riskvärdering

Riskvärdering är helt avgörande för efterbehandlingsbranschen. Drygt 80 000 potentiellt förorenade områden har identifierats i Sverige. För närvarande satsar staten cirka en halv miljard kronor om året för att åtgärda de allvarligast förorenade områdena.

För att uppnå delmål som rör förorenade områden under miljömålet giftfri miljö måste vi optimera efterbehandlingsinsatserna. Vi kan även behöva jämföra med miljöåtgärder och insatser inom andra områden. För detta krävs riskvärderingar av olika slag. Metoder finns, men har vi nått ända fram?



Foto: Stena metall

Riskvärdering i efterbehandlingsprojekt är en relativt ny företeelse. Inom kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har medel utlysts bl.a. för att förbättra eller utveckla metoder för riskvärdering. Nio projekt och en workshop har genomförts och detta är en syntes och analys av resultaten sammanställd av vår skribent Jenny Lindgren.

Rapporter

- Riskvärdering - metodik och erfarenheter. rapport 5615
- Riskvärdering av förorenade områden med Analytical Hierarchy Process. Rapport 5890
- Multikriterieanalys för hållbar efterbehandling – metodutveckling och exempel på tillämpning. Rapport 5891
- Riskvärdering av förorenad mark - etiska och ekonomiska perspektiv. Rapport 5539
- Riskvärdering vid val av åtgärdsstrategi. Rapport 5537
- Grovanalys för riskvärdering av förorenade områden i tidigt skede - GRAF. Rapport 5892
- Företagsekonomisk redovisning av markföroreningar. Rapport 5835
- Kostnads- och nyttoanalys som verktyg för prioritering av efterbehandlingsinsatser. Rapport 5836
- Miljöprestanda och samhällsekonomi för saneringsmetoder. Rapport 5793

Om riskvärdering

Riskvärdering används inom många områden, men är relativt nytt inom efterbehandlingsområdet i Sverige. Nu finns metoder och erfarenheter samlade, som kan utgöra en grund för en fortsatt utveckling.

Riskvärdering av förorenade områden innebär att man väger samman miljömässiga, tekniska, ekonomiska och andra aspekter för att bestämma en rimlig åtgärdsnivå. I underlaget för riskvärderingen ska alla relevanta aspekter beskrivas. Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har man gjort en kartläggning av metoder och erfarenheter av riskvärdering inom efterbehandlingsområdet (främst inom Sverige).

Kartläggning av metoder

I rapporten ”Riskvärdering – metodik och erfarenheter” har rapportförfattarna kartlagt tillgängliga och lämpliga metoder och beslutsverktyg som används eller kan användas för riskvärdering inom efterbehandlingsområdet.

Här ger man även rekommendationer och erfarenheter av tillvägagångssätt för riskvärdering vid efterbehandling av förorenad mark.

Inom ramen för Hållbar Sanering har man utvecklat och anpassat ett antal metoder för riskvärdering av förorenade områden – dessa finns beskrivna på sidan 45: Metoder för riskvärdering.



Foto: Anna-Karin Sternbeck

Ekonomisk riskvärdering

I rapporten ”Riskvärdering vid val av åtgärdsstrategi” redovisar rapportförfattarna hur ekonomisk riskvärdering kan användas för att nå en kostnadseffektiv efterbehandling. Olika värderingsmetoder kan användas för att ekonomiskt värdera de förändrade riskerna för miljö- och hälsoeffekter som kan uppkomma vid en efterbehandling. Sådana värderingar kan användas i ekonomiska analyser (exempelvis beslutsanalyser och kostnads-nyttoanalyser) tillsammans med andra ekonomiska poster i en bedömning av det ekonomiska utfallet av en efterbehandlingsinsats.

Efterbehandling med eller utan statliga bidrag

Riskvärderingen ingår, men inte alltid rubricerat, som en del av processen för att ta fram förslag på rimlig åtgärd. Vid hantering av förorenade områden i Sverige, arbetar man systematiskt med riskhantering för de objekt där efterbehandling sker med statliga bidrag. De olika stegen finns beskrivna i Naturvårdsverkets manual för användning och hantering av bidrag till efterbehandling och sanering ”Efterbehandling av förorenade områden, kvalitetsmanual”.

De verktyg som används idag för olika miljöbeslut är i huvudsak baserade på hälsoriskbedömningar, oftast med utgångspunkt i myndigheters föreskrifter och vägledning. Vid val av åtgärd görs oftast även en ekonomisk bedömning

baserad på direkta kostnader eller på en kostnads - nyttoanalys. I privatfinansierade efterbehandlingsåtgärder har den ekonomiska värderingen ofta gjorts redan i ett tidigare skede av projektet, t.ex. i samband med beslut om exploatering.

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskvärdering. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Jenny Lindgren. Nedan visas några viktiga resultat:

- Erfarenheter av hur man arbetar med riskvärdering vid efterbehandling av förorenad mark i Sverige har sammanställts.
- Branschens efterfrågan och behov inom området riskvärdering har sammanställts.
- Skillnaden mellan riskvärdering i statligt finansierade och privat finansierade projekt har belysts.
- Ett ramverk för ekonomisk riskvärdering har tagits fram där beslutsanalys och kostnads-nyttto analys utgör centrala begrepp.
- En beskrivning av grundläggande värderingsteori och olika metoder för att skatta det ekonomiska värdet av en miljöförbättring har tagits fram.
- Det har visats hur en ekonomisk riskvärdering kan struktureras med hjälp av kostnads-nytttoanalys. Här har dock identifierats flera svårigheter för kunna genomföra väl fungerande ekonomiska riskvärderingar.

Rapporter

- Riskvärdering - metodik och erfarenheter. Rapport 5615
- Riskvärdering vid val av åtgärdsstrategi. Rapport 5537
- Riskvärdering av förorenad mark - etiska och ekonomiska perspektiv. Rapport 5539
- Kostnads- och nyttoanalys som verktyg för prioritering av efterbehandlingsinsatser. Rapport 5836

Metoder för riskvärdering

Att genomföra en riskvärdering är en process som kan vara komplicerad. Val av rätt verktyg och ambitionsnivå är en nyckel till ett bra underlag för beslut.

Val av verktyg för riskvärdering beror på vad man ska värdera. En riskvärdering inom efterbehandling görs av ett enskilt objekt där man kan väga olika åtgärdslösningar mot varandra eller avgöra till vilken nivå efterbehandlingen ska drivas. Det kan även finnas behov av andra typer av värderingar såsom att prioritera objekt som ska åtgärdas eller att välja mellan att efterbehandla eller att istället göra en samhällsekonomisk eller miljömässigt motiverad insats av annat slag. Inom ramen för Hållbar Sanering har man fått fram ett antal metoder som nu måste testas i verkliga projekt för att man på bästa sätt ska kunna utvärdera och anpassa dem efter olika behov.

I efterbehandlingsprojekt måste avvägningar göras mellan tillräcklig riskreduktion och andra faktorer som miljöpåverkan, teknisk genomförbarhet och kostnader. Nedan redovisas de metoder som utvecklats inom ramen för Hållbar Sanering. Val av verktygsstruktur och komplexitet beror på ambitionsnivå inom projektet.

Kostnads- och nyttoanalys

Samhällets resurser för att ta hand om förorenade områden är begränsade och man måste prioritera bland tänkbara insatser. En möjlig ansats till prioritering är att göra samhällsekonomiska bedömningar av potentiella efterbehandlingsinsatser. Ett vedertaget verktyg för samhällsekonomiska analyser är kostnads-nyttoanalys (KNA) som beskrivs i rapporten ”Kostnads- och nyttoanalys som verktyg för prioritering av efterbehandlingsinsatser”. En kostnads-nyttoanalys av efterbehandlingsinsatser syftar till att beräkna nyttor och kostnader för alla de individer och företag som påverkas av en viss insats. Endast ett fåtal kostnads-nyttoanalyser har hittills utförts inom förorenade områden i Sverige.

Rapportförfattarna redovisar en grundmodell och struktur för kostnads-nyttoanalys inom förorenade områden liksom ett stegvis tillvägagångssätt att använda en kostnads-nyttoanalys. Rapporten ger också rekommendationer kring hur olika poster kan värderas. En väl strukturerad metodik för kostnads-nyttoanalys innebär att värderingsarbetet blir transparent så att olika intressenter ges möjlighet att förstå, men även ifrågasätta, hur de olika värderingarna gjorts. De olika stegen illustreras i två exempelprojekt. Metodiken kan bli användbar som ett hjälpmedel för att, så långt det är praktiskt möjligt, värdera och jämföra efterbehandlingsåtgärders samhällsekonomiska lönsamhet i såväl stora som mindre projekt. Den kan även användas vid val av efterbehandlingsmetod eller vid analys av ekonomiskt utfall av en genomförd efterbehandling.

Multikriterieanalys



Foto: Lars Rosén

I rapporten ”Multikriterieanalys för hållbar efterbehandling – metodutveckling och exempel på tillämpning” visar rapportförfattarna hur ekonomiska effekter (som kan beräknas med kostnads-nyttoanalys) kan integreras med sociala-kulturella och ekologiska effekter med hjälp av multikriterieanalys (MKA).

På så sätt får man ett mera fullständigt beslutsunderlag för en hållbar efterbehandling. Metoden kan användas inför beslut om efterbehandling samt inför beslut om genomförandegrad.

I rapporten beskrivs en stegvis arbetsgång med stödjande matriser för praktisk tillämpning. Metoden kan användas som underlag för riskvärdering enligt Naturvårdsverkets kvalitetsmanual. Metoden exemplifieras genom en fallstudie.

Analytical Hierarchy Process

Inom detta projekt har författaren använt Analytical Hierarchy Process (AHP) för att utveckla ett datoriserat verktyg för att stödja riskvärdering av förorenade områden samt för värderingar av olika efterbehandlingsmetoder. Analytical Hierarchy Process (liksom multikriterieanalys) är en av flera s.k. multimålmeter. Dessa metoder används för att systematiskt jämföra och

värdera olika alternativa lösningar eller åtgärder när det finns många olika målkriterier att ta hänsyn till. Kriterierna kan vara både kvantitativa och kvalitativa.

Resultatet av projektet är ett datorbaserat verktyg som kan användas för att på ett strukturerat, konsekvent och spårbart sätt göra riskvärderingar i framtiden. Metoden har testats i en fallstudie.

Riskvärdering ur ett livscykelperspektiv

Författarna till rapporten "Miljöprestanda och samhällsekonomi för saneringsmetoder" har studerat efterbehandling av förorenad mark ur ett livscykelperspektiv för att värdera risk, miljöprestanda och samhällsekonomi. Metoden i form av en modell och en prototyp till ett förenklat verktyg har testats i en fallstudie. Denna metod ger underlag till beslut rörande val av efterbehandlingsmetod - valet att sanera och till vilken nivå är då redan taget. Metoden ligger nära kostnads-nyttoanalys.

Grovanalys för riskvärdering

Författarna till rapporten "Grovanalys för riskvärdering av förorenade områden i tidigt skede - GRAF" har tagit fram en metod baserad på den ursprungliga "Metodik för inventering av förorenade områden" (MIFO) som beskrivs i Naturvårdsverkets rapport 4918 med samma namn. En "grovanalys" görs i ett tidigt skede där risker för påverkan på människa, miljö och ekonomi värderas samlat. Metoden bygger på att en analysgrupp gör en övergripande riskidentifiering för objektet. Sammanvägningen av de olika faktorerna gör med hjälp av en riskmatris, vilken är vägledande under prioriteringsprocessen inför eventuellt fortsatta studier av området, exempelvis MIFO fas 1 eller 2, en platspecifik bedömning eller annan utredning eller insats. En fallstudie är genomförd.

Viktiga resultat

- En metodik för att göra kostnads-nyttoanalys inom efterbehandling har tagits fram. Både möjligheter och problem med ekonomiska riskvärderingar har konstaterats.
- För att kunna genomföra en kostnads-nyttoanalys krävs hög kompetens inom området.
- Det krävs delvis förändrade sätt att arbeta med riskbedömningar för att kunna utföra välgrundade ekonomiska riskvärderingar.
- En metodik för multikriterieanalys inom efterbehandling har tagits fram. Detta är en relativt komplicerad metod som kräver kompetensuppbyggnad och utbildade ledare.
- En metodik för riskvärdering med "Analytical Hierarchy Process" inom efterbehandling har tagits fram. Metoden bör testas ytterligare för att kunna vidareutvecklas och förfinas.
- En metod för riskvärdering ur ett livscykelperspektiv har tagits fram. Metoden behöver dock anpassas/vidareutvecklas och testas innan full användbarhet.
- En metod för en grov riskvärdering i ett tidigt skede i utredningsprocessen kring ett förorenat område har tagits fram. Innan modellen tas i bruk bör den testas på flera fall.

Tips på ytterligare läsning

- I rapporten ”Miljöprestanda och samhällsekonomi för saneringsmetoder” har författarna bilagt en litteraturstudie över befintlig kunskap inom området systemanalys av förorenad mark och efterbehandling.
- I rapporten ”Multikriterieanalys för hållbar efterbehandling” finns en litteraturinventering som hjälp för att identifiera de effekter som är relevanta att beakta i en multikriterieanalys.

Rapporter

- Riskvärdering av förorenade områden med Analytical Hierarchy Process. Rapport 5890
- Multikriterieanalys för hållbar efterbehandling – metodutveckling och exempel på tillämpning. Rapport 5891
- Grovanalys för riskvärdering av förorenade områden i tidigt skede - GRAF. Rapport 5892
- Kostnads- och nyttoanalys som verktyg för prioritering av efterbehandlingsinsatser. Rapport 5836
- Miljöprestanda och samhällsekonomi för saneringsmetoder. Rapport 5793

Riskvärdering – process och beslutsunderlag

Ett beslut om att efterbehandla ett förorenat område kan alltid ifrågasättas. Kommer ni att sanera i tillräcklig grad, varför prioriterar ni inte ett annat område, varför används just denna metod? Det gäller att ha ett bra underlag för beslut för att möta frågorna.

En väl strukturerad metodik för riskvärderingar innebär att värderingsarbetet blir transparent så att olika intressenter ges möjlighet att förstå, men även ifrågasätta, hur de olika värderingarna gjorts. Strukturen innebär också att beslutsfattaren tvingas beakta värderingsfrågor som annars riskerar att glömmas bort eller bortses ifrån för att de upplevs som alltför svåra. Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har de projekt som arbetat fram metoder för riskvärdering lyft fram processen som den viktigaste delen av metoden.

Riskvärderingsverktyg ger underlag för åtgärd



Omslagsbild från rapporten Riskvärdering av förorenade områden med AHP.

Foto: Ola Arvidslund

Vi gör alla dagligen värderingar av risker och rent intuitivt tar människor flera olika faktorer med i beräkningar vid beslutsfattande, men vi har oftast olika värdeskalor och medvetenhet vad vi baserar värderingen på. För att kommunicera risker och hur de värderas krävs således systematiska, transparenta och generellt användbara verktyg. I rapporten ”Riskvärdering – metodik och erfarenheter” ger författarna förslag på hur man kan arbeta med riskvärderingsverktyg i en process för att ta fram ett underlag för förslag till åtgärd.

Det är viktigt att beslut baseras på tillräckligt bra men också enkla och tydliga underlag.

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskvärdering. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Jenny Lindgren. Nedan visas några viktiga resultat.

- Det är viktigt med kommunikation
 - Rapportförfattarna menade att en väl fungerande kommunikation är avgörande för ett efterbehandlingsprojekt och riskvärderingsprocessen är en viktig del av denna kommunikation. Det är viktigt att alla involverade parter är med i processen tidigt, vilket innefattar såväl allmänhet som beslutsfattare. Information till tredje man är A och O. Riskvärderingen bör ske iterativt och vara med redan från starten av ett projekt. För att öka transparensen och överförbarheten bör hela processen dokumenteras.
 - Att kommunicera värdet och risken av markföroreningar kan vara av vikt för ett företag, i rapporten "Företagsekonomisk redovisning av markföroreningar" beskriver författarna hur företag kan ta med markföroreningar i de delar av sitt miljöledningssystem eller i den miljöredovisning som kommuniceras offentligt.
- Belys etiska antaganden i beslutsunderlag
 - Då varje val av kriterium för en utvärdering baserar sig på etiska antaganden bör detta belysas i ett underlag till beslut. Detta menar författarna till rapporten "Riskvärdering av förorenad mark – etiska och ekonomiska perspektiv".
- Processen i sig är viktigast
 - I arbetet med en riskvärdering enligt Analytical Hierarchy Process (AHP) sker val och värdering samt viktning av kriterier i en grupp med berörda intressenter och experter. Processen är viktig och skapar god förutsättning för kommunikation. En fördel är att man kan lyfta in nya parametrar även sent i processen.
 - Författarna till rapporten "Grovanalys för riskvärdering av förorenade områden i tidigt skede - GRAF" menar att metoden inte ersätter andra riskvärderingsmetoder, men med denna relativt enkla metod kan man på kort tid och i ett tidigt skede skapa en dialog och ett engagemang hos deltagarna och diskussioner kan ligga till grund för ett transparent underlag för prioritering av hur man bör gå vidare med ett förorenat område avseende undersökningar mm.

Rapporter

- Riskvärdering av förorenade områden med Analytical Hierarchy Process. Rapport 5890
- Riskvärdering av förorenad mark - etiska och ekonomiska perspektiv. Rapport 5539
- Grovanalys för riskvärdering av förorenade områden i tidigt skede - GRAF. Rapport 5892
- Företagsekonomisk redovisning av markföroreningar. Rapport 5835

Riskvärdering eller prioritering – Var står vi i dag?

Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har man studerat flera verktyg för riskvärdering. Riskvärdering inför efterbehandling görs inom enskilda objekt i syfte att välja den mest lämpade åtgärden. Ska de verktyg som studerats inom Hållbar Sanering användas för detta eller är de mer lämpade för att göra prioriteringar mellan objekt? Det är frågor som behöver diskuteras vidare.

Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har man vid utlysningarna efterlyst både metoder för riskvärdering och för jämförelser mellan efterbehandling av förorenade områden och andra miljö- och samhällsatsningar. De projekt som bedrivits har dock i stor utsträckning fokuserat på riskvärdering. Ska de verktyg som nu tagits fram användas för riskvärdering, prioriteringar mellan objekt eller kan de kanske användas för att jämföra insatser för att åtgärda förorenade områden med andra miljöåtgärder och insatser inom andra samhällsområden?

Avvägningar

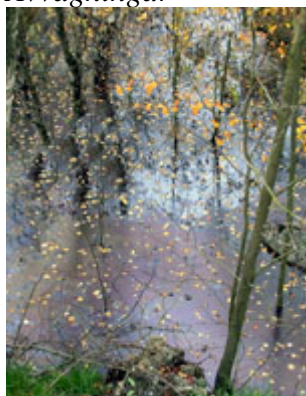


Foto: Jesper Mårtensson

I efterbehandlingsprojekt måste avvägningar göras mellan tillräcklig riskreduktion och andra faktorer som miljöpåverkan, teknisk genomförbarhet och kostnader. I det enskilda fallet är det svårt att avgöra vad som är rimliga avvägningar och vilka konsekvenser de får i en större skala på det lokala, regionala och nationella planet. För bästa möjliga miljö- och samhällsekonomi är det nödvändigt att jämföra insatser för att åtgärda förorenade områden med andra miljöåtgärder och insatser inom andra samhällsområden. Riskvärdering måste kanske ses i detta större perspektiv för att kunna göra mer rättvisande bedömningar och avvägningar?

Mer kunskap krävs

Det finns fortfarande behov av ökad kunskap och bra metoder för att göra miljö- och samhällsekonomiska avvägningar i samband med efterbehandling av förorenade områden. För att kunna göra avvägningar i enskilda projekt måste konsekvenserna av olika beslut värderas på en högre nivå till exempel regionalt eller nationellt. Det här gäller både konsekvenser för miljö, hälsa och för samhällsekonomin. Exempel på frågor som kan vara viktiga att belysa är uppnådda miljöeffekter jämfört med kostnader för efterbehandling, effektivitetstal eller indikatorer för miljönytta, kostnader och nytta av efterbehandlingsåtgärder i den kommunala och regionala planeringen m.m.

Statligt finansierade projekt skiljer ut sig

I statligt finansierade projekt finns ofta större möjlighet att testa riskvärderingsmetoderna som kommit fram inom Hållbar Sanering. I privatfinansierade projekt är beslut oftast taget och grundat på ekonomiska värderingar eller lagkrav.

Riskvärdering ur ett etiskt och ekonomiskt perspektiv

Varje metod för riskvärdering bygger på etiska och ekonomiska ställningstaganden. Det är viktigt att förstå dessa grundläggande ställningstaganden för att kunna fatta mer välgrundade beslut.

Den acceptabla gränsen för människors hälsa har i Sverige satts till ett extra dödsfall per 100 000 invånare och år. För ekosystemen har den acceptabla gränsen satts vid hälften av den halt som skyddar 50 procent av arterna. Vilka etiska antagande ligger till grund för dessa beslut? Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har riskvärderingen belysts både ur ett filosofiskt och ur ett ekonomiskt perspektiv. Detta kan vara ett underlag när riktlinjer för riskvärdering formas och därmed ambitionsnivån för efterbehandlingsarbetet fastställs i framtiden.

Riskvärdering baserad på gränsvärden



Omslagsbild från rapporten Riskvärdering av förorenad mark - etiska och ekonomiska perspektiv. Foto: Christina Eberhardson

Rapportförfattarna till "Riskvärdering av förorenad mark - etiska och ekonomiska perspektiv" beskriver tre alternativa riskvärderingsperspektiv; gränsvärdesbaserad riskvärdering, ekonomisk riskvärdering och etisk riskvärdering. En fördel med att basera riskvärderingen på gränsvärden är att gränsvärden garanterar ett slags jämlikhet i tid och rum. Den föroreningsnivå som är acceptabel på en plats är det också på en annan, åtminstone så länge de båda platserna är lika i relevanta avseenden. Ett problem med användandet av gränsvärden är dock att de ofta framstår som godtyckliga.

Miljöetiska ståndpunkter

Inom miljöekonomin har man föreslagit flera olika metoder för att fastställa individers betalningsvilja för ren miljö. I rapporten diskuteras de tre kanske vanligaste av dessa (contingent valuation, travel-cost valuation, samt hedonic pricing). Författarna menar att ingen av dessa metoder är invändningsfria. Den etiska diskussionen om miljöfrågor handlar först och främst om att klargöra vad det är som utgör den etiska grundvalen för vår förpliktelse att skydda naturen och den omgivande miljön. Tre miljöetiska ståndpunkter som tillskriver naturen egenvärde behandlas i rapporten; extensionism, holism, och djupekologi.

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskvärdering. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Jenny Lindgren.

Nedan visas några viktiga resultat.

- Rapporten ”Riskvärdering av förorenad mark - etiska och ekonomiska perspektiv” innehåller grundläggande och viktiga resonemang kring riskvärderingar av förorenade områden. Tjänstemän, beslutsfattare och akademiker kan genom att läsa rapporten fatta mer välgrundade och genomlysta/transparenta beslut.

Rapport

- Riskvärdering av förorenad mark - etiska och ekonomiska perspektiv. Rapportnr. 5539.

Företagsekonomisk redovisning av markföroreningar

Vissa företag betraktar sin miljöskuld för markföroreningar som rena ”städskostnader”. Hur ska ett företag hantera ett förorenat område i sin ekonomiska redovisning? Reglerna finns men det är få som kan och följer dem korrekt.

Det råder stor okunskap om vad lagen säger hos både företag och myndigheter. Praxis saknas och efterfrågas. Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har man tagit fram kunskap om markföroreningar som företagen nu kan använda i sina ekonomiska redovisningar, men även i sitt arbete med miljöledningssystem, miljöredovisningar och kommunikation.

Råd om hantering av redovisning av markföroreningar

En bidragande anledning till att avsättningar för framtida utgifter inte görs på det sätt som föreskrivs i regelverket är osäkerheter beträffande ansvar, belopp och skattemässig hantering.

I rapporten ”Företagsekonomisk redovisning av markföroreningar” ger rapportförfattarna praktiska råd för hur företagen kan hantera redovisningen av markföroreningar inom ramen för det regelverk som finns.

Markföroreningar är en fråga som bör ingå bland de miljöaspekter som utreds när ett miljöledningssystem utformas och i rapporten finns material som kan användas i företagens arbete med miljöledningssystem, vid certifiering, hur markföroreningar kan tas upp i årsredovisning eller miljöredovisning med mera.

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskvärdering. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Jenny Lindgren.



Omslagsbild från rapporten Företagsekonomisk redovisning av markföroreningar. Foto: Mark Elert

Nedan visas några viktiga resultat.

- Rapporten är användbar vid företagsekonomiska redovisningen av markföroreningar. Koppling finns till företagets miljöledningssystem och till miljöredovisningar.
- I rapporten ingår en beskrivning av det regelverk som styr företagens avsättningar för hantering av föroreningsskador. Denna beskrivning i kombination med de rekommendationer och praktiska råd som beskrivits i projektrapporten bör kunna bidra till att öka företagets kunskap om hur de redovisningsmässigt ska hantera sina föroreningsskador.
- Markföroreningar är en fråga som bör ingå bland de miljöaspekter som utreds när ett miljöledningssystem utformas.

Rapport

- Företagsekonomisk redovisning av markföroreningar. Rapport 5835

Riskkommunikation

Plötsligt uppmärksammas ditt efterbehandlingsprojekt i tv, radio och tidningar. Är du förberedd, klarar du situationen? På dessa sidor finns kunskap som hjälper dig att bli bättre på att kommunicera risker.



Foto: Maria Henriksson

Inom kunskapsprogrammet Hållbar Sanering definieras riskkommunikation som kommunikation kring frågor som påverkar människors hälsa och miljö. Det kan till exempel gälla vid efterbehandling av förorenad mark i områden nära bostäder. Ett sådant projekt ställer krav på en väl genomtänkt kommunikationsstrategi för att möta människors rädsla eller oro. Kunskap har sammanställts från riskkommunikationsprojekt och en workshop som hållits i Hållbar sanerings regi. Skribent har varit Carina Loh.

Rapporter

- Kriterier för effektiv riskkommunikation - sanering av förorenade områden. Rapport 5887
- Transparenta saneringsprojekt - fas 1. Rapport 5533
- Transparenta saneringsprojekt - fas 2. Rapport 5740
- Vem kan man lita på? Att kommunicera risker i samband med förorenade områden. Rapport 5879

Riskkommunikation i praktiken

Är du involverad i ett tidspressat projekt som hanterar komplexa problem med osäkerhet kring vilka risker eller olägenheter som kan uppstå? Finns det sedan tidigare konflikter mellan olika intressenter? Det kan vara några av anledningarna till att upprätta en kommunikationsplan för projektet.

Inom kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har det tagits fram en rapport med titeln "Vem kan man lita på? Att kommunicera risker i samband med förorenade områden". Där finns råd och en checklista för hur man praktiskt går tillväga när man ska kommunicera risker i efterbehandlingsprojekt.

Checklista

Checklistan i rapporten består av följande delar:

1. Allmänna frågeställningar, som belyser om efterbehandlingsprojektet har förutsättningar som pekar på att särskilda insatser för riskkommunikationen kommer krävas. Det kan handla om det finns risk för störande lukt, damm, ljud eller kända konflikter sedan tidigare.
2. Förberedelse för riskkommunikationen, som bland annat behandlar frågfrågeställningar kring målgrupper och riskkommunikationens syfte.

3. Genomförande av riskkommunikationen, som inbegriper praktiska aspekter som tydlighet, tillgänglighet, samordning och att fokusera på något eller några få budskap.
4. Efter riskkommunikationen, som tar upp viktiga aspekter såsom uppföljning och hur man hanterar sina misstag.

Kalla in experter

En väl genomtänkt kommunikationsstrategi förenklar de flesta projekt – men det är viktigt att inse att alla konflikter inte kan lösas hur väl man än kommunicerar. Hållbar Sanerings projekt inom riskkommunikation pekar på vikten av att ha respekt för andras åsikter och att skapa tillit och förtroende. Ett sätt är att bjuda in till en dialog med alla parter. En annan viktig aspekt är att inse sina begränsningar - i många fall är det en fördel att kalla in experter på information och kommunikation.

Riskkommunikation

Kunskap om riskkommunikation är även användbar inom andra områden än efterbehandlingsprojekt. Det kan exempelvis vara vid kommunikation om hälso- och miljöfarliga ämnen vid en industri, eller risker från kemiska ämnen i konsumentprodukter. Råd och tips kring riskkommunikation inom andra områden kan på samma vis vara användbara inom efterbehandling – se länktips här intill.

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskkommunikation. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Carina Loh. Nedan visas några viktiga resultat.

- Beställare behöver ha kunskap om vikten av riskkommunikation i vissa projekt. Tid måste avsättas för riskkommunikation vid budgetplanering.
- Upprätta en riskkommunikationsplan för projektet. Stöd finns i form av checklistor för riskkommunikation, se länk ovan.
- Överväg om experter behöver kallas in – exempelvis informatörer för granskning av informationsmaterial eller miljömedicinsk kompetens för stöd vid riskbedömning

Rapporter

- Kriterier för effektiv riskkommunikation - sanering av förorenade områden. Rapport 5887
- Vem kan man lita på? Att kommunicera risker i samband med förorenade områden. Rapport 5879

Riskkommunikation – Tillit och trovärdighet

Tillit och trovärdighet utgör grunden för en effektiv riskkommunikation. Enbart tekniska mätningar räcker inte för att stilla människors oro, visar erfarenheter från kommunikation med boende vid industriella anläggningar.

Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har rapporten "Kriterier för en effektiv riskkommunikation - Sanering av förorenade områden" tagits fram. I den har författarna belyst riskkommunikation ur ett beteendevetenskapligt perspektiv. Hur kommer det sig att olika människor uppfattar ett budskap på olika vis, och därmed kan ha helt skilda riskuppfattningar? Vilken betydelse har språkbruk, tidigare erfarenheter och vem som förmedlar budskapet? Genom fallstudier och enkätundersökningar har projektgruppen samlat kunskap kring vilka faktorer som gör att riskkommunikation i efterbehandlingsprojekt upplevs som trovärdig och förtroendeingivande.

Grunden för effektiv riskkommunikation

Rapportförfattarna har på basis av cirka tjugo års erfarenhet, empiriska studier och litteraturgenomgångar formulerat sex kriterier som tillsammans lägger grunden för en effektiv riskkommunikation. Kriterierna är följande:

1. Snabb och korrekt information till berörda
2. Möta medias eventuella informationsbehov
3. Transparens, ingen dold agenda
4. Personligt möte med den mest berörda gruppen av människor
5. Redovisa planerade och vidtagna åtgärder
6. Involvera berörda människor i riskkommunikationen

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med experter diskuterades resultaten från området Riskkommunikation.

Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Carina Loh. Nedan visas några viktiga resultat.

- Beställare behöver ha kunskap om vikten av riskkommunikation i vissa projekt. Tid måste avsättas för riskkommunikation vid budgetplanering.
- Upprätta en riskkommunikationsplan för projektet. Stöd finns i form av checklistor för riskkommunikation på sidan "Riskkommunikation i praktiken, se länk till höger.
- Överväg om experter behöver kallas in - exempelvis informatörer för granskning av informationsmaterial eller miljömedicinsk kompetens för stöd vid riskbedömning.

Rapporter

- Kriterier för effektiv riskkommunikation - sanering av förorenade områden. Rapport 5887
- Vem kan man lita på? Att kommunicera risker i samband med förorenade områden. Rapport 5879

Modeller för riskkommunikation

Komplexa projekt med många inblandade intressenter och aktörer kräver planerade kommunikationsinsatser. Det finns modeller som kan användas som stöd.

Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering har en kommunikationsmodell, RISCOM, utarbetats och provats i ett efterbehandlingsprojekt. Modellen syftar till att skapa forum för genomlysning av projekt. Tanken är att skapa bättre beslutsunderlag och därmed öka demokratin vid beslut om hur man ska gå vidare i projekt eller prioritera mellan projekt. Modellen presenteras i rapporten "Transparenta saneringsprojekt, fas 1", och tillämpning av modellen i ett efterbehandlingsprojekt redovisas i "Transparenta saneringsprojekt, fas 2".

RISCOM-modellen handlar om hur samhället ska kunna fatta beslut på bästa möjliga grund. Det innebär att alla frågor måste få komma upp till granskning. Olika argument ska föras fram och bli prövade i en genomlysning. RISCOM-modellen ger både de teoretiska grunderna för detta och en process för det praktiska genomförandet.

Kommunikationsmodeller utanför Hållbar Sanering

Inom Hållbar Sanerings projekt om riskkommunikation har det gjorts omfattande litteraturgenomgångar avseende tillgängliga modeller för kommunikation. Riskkommunikationsmodellerna kan indelas i praktiska modeller samt i mer forskningsbetonade modeller med grund i olika vetenskaper som psykologi, sociologi, statsvetenskap och kulturanthropologi.

För mer information om olika riskkommunikationsmodeller kan man läsa följande rapporter:

"Risk Communication. A handbook for communicating Environmental, Safety and Health Risks". Lundgren and McKain, Columbus, Battelle Press.

"Transparency and Accountability in Science and Politics – The awareness Principle". K Andersson. Houndmills –Basingstoke and New York: Palgrave Macmillan, 2008.

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Riskkommunikation. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Carina Loh. Nedan visas viktiga resultat.

- En modell för kommunikation i vissa större projekt har utarbetats, RISCOM-modellen. Modellen behöver anpassas bättre till förorenade områden, men skulle kunna användas som grund i projekt där kunskap och intressekonflikter behöver genomlysas för att skapa bättre beslutsunderlag.

Rapporter

- Transparenta saneringsprojekt - fas 1. Rapport 5533
- Transparenta saneringsprojekt - fas 2. Rapport 5740

Åtgärdslösningar

Under flera års tid har ett aktivt efterbehandlingsarbete bedrivits i Sverige och en rad olika efterbehandlingsprojekt har genomförts. Trots det har endast ett begränsat antal åtgärdslösningar kommit till användning. När man väljer åtgärdslösning finns det många olika aspekter att ta hänsyn till – här krävs både kunskap och erfarenhet.



Foto: Bo Svedberg.

Inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering behandlar man åtgärder av mycket olika karaktär. Möjligheten att tillämpa dessa åtgärder leder till intressanta frågeställningar inom en rad områden. Här redogör vi för de frågor som har behandlats i projekten och i samband med en workshop som projektgrupperna genomfört tillsammans.

Detta är en syntes och analys sammanställd av vår skribent Jonas Forsman.

Rapporter

- Klorerade lösningsmedel – Identifiering och val av efterbehandlingsmetod. Rapport 5663
- Stabilisering och solidifiering av förorenad jord och muddermassor. Rapport 5696
- Åtgärdslösningar – erfarenheter och tillgängliga metoder. Rapport 5637
- Säkring av efterbehandlingsåtgärders effekt över tiden. Rapport 5757
- Övervakad naturlig självrening av förorenade områden. Rapport 5893

Naturvetenskapliga aspekter

Ett korrekt val av efterbehandlingsmetod i en komplex miljö kräver grundläggande kunskap och erfarenhet. En viktig aspekt att analysera är metodernas beständighet med tiden. Framtidsprognoser av funktionen hos en åtgärd innehåller ofta stora osäkerheter – här krävs hög naturvetenskaplig förståelse.

I rapporten ”Säkring av efterbehandlingsåtgärders effekt över tiden” analyserar författarna vilka aspekter som bör tas med för att säkra tekniska och administrativa åtgärders effekt på lång sikt. Arbetet har genomförts inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering och avgränsas till åtgärder som syftar till att lämna kvar föroreningarna där de påträffats. För att möjliggöra en analys av långtidssäkring krävs en grundläggande naturvetenskaplig förståelse för det förorenade objektet och de riskreducerande tekniska åtgärderna.

Risker och grundläggande processer

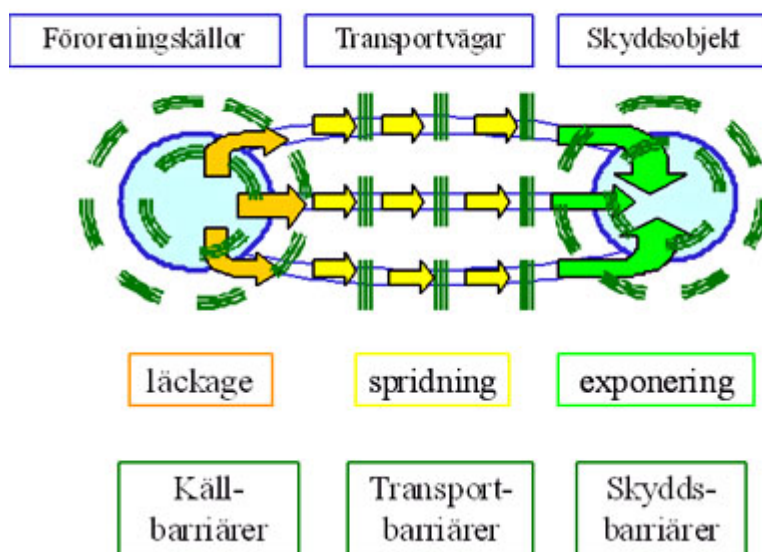
En riskbedömning för en föroreningssituation illustreras i figur 1. Ett skyddsobjekt kan till exempel vara människor som uppehåller sig på platsen. Skyddsobjektet kan exponeras för föroreningen genom direktkontakt vid källan eller indirekt efter läckage och spridning via strömmande vatten. För att göra en

prognos av framtida risker behöver man kunskap om vilka grundläggande processer som styr föroreningarnas egenskaper och de olika barriärernas funktion. En barriär kan bestå av till exempel ett naturligt lerlager eller en teknisk konstruktion som ett filter.

Exempel på grundläggande processer är geokemiska processer som förändrad löslighet vid förändrat pH eller fysikaliska processer som deformationer, erosion och vittring.

Teoretiska analyser som tar hänsyn till ett stort antal processer bör även beakta osäkerheter till exempel i indata, i förståelsemodell och i beräkningsresultat.

Riskbedömning vid spridning



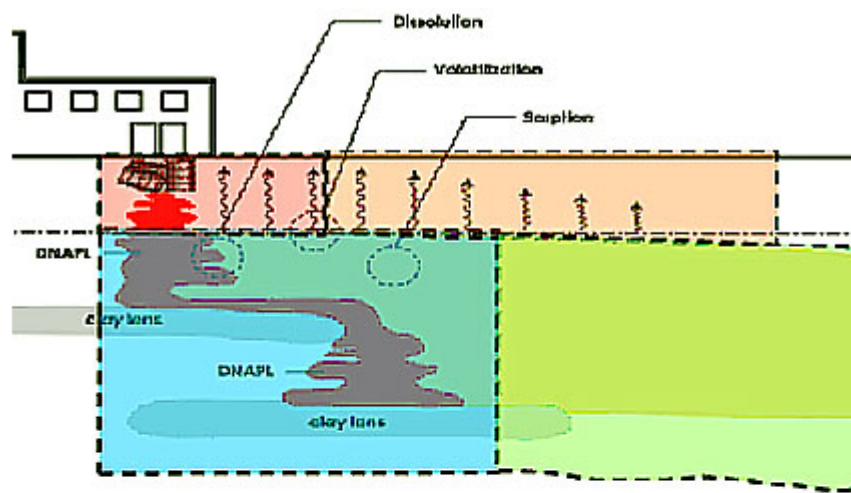
Figur: Tommy Hammar

Grundläggande förståelse av in-situ-saneringstekniker

Klorerade lösningsmedel, eller klorerade alifatiska kolväten kan vara vanligt förekommande i vår miljö. Fram till nyligen (2008) är detta en mindre väl undersökt föroreningstyp i Sverige, medan den i Nordamerika och övriga Västeuropa har prioriterats högre. På grund av sina speciella egenskaper är den ofta svårare att kartlägga och åtgärda än många andra mer vanliga typer av föroreningar, t.ex. metaller.

I rapporten "Klorerade lösningsmedel – Val och identifiering av efterbehandlingsmetod", redogör författarna för en analysmetodik som möjliggör väl förberedda efterbehandlingar av klorerade alifatiska kolväten. Metodiken tar hänsyn till att klorerade alifatiska kolväten kan påträffas i fri fas, i gasform, bunden till jord samt löst i vatten (se figur 2).

Rapporten "Stabilisering och solidifiering av förorenad jord och muddermassor" redogör för en in-situmetod som resulterar i två huvudsakliga effekter. Med hjälp av en kombination av kemiska tillsatser och fysisk bearbetning kan lösa och förorenade massor bli mekaniskt stabila och föroreningarna fastläggs i det fasta materialet. För att metoden ska fungera och för att uppnå optimala resultat krävs noggranna försök i såväl laboratorium som i fält.



Förorenat medium	Red	Orange	Blue	Green
DNAPL (fri fas)	✓	✗	✓	✗
Porgas	✓	✓	✗	✗
Jord	✓	✗	✓	✓✗
Grundvatten	✗	✗	✓	✓

Figur från rapporten Klorerade lösningsmedel – val och identifiering av efterbehandlingsmetod

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Åtgärdslösningar. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Jonas Forsman. Nedan visas viktiga resultat inom Åtgärdslösningar – Naturvetenskapliga aspekter.

- Man kan konstatera att det har genomförts ett antal mindre lyckade in-situ-projekt vid efterbehandling i Sverige.
- Väl förberedda pilotprojekt som genomförs och utvärderas med vetenskapliga metoder kan bygga upp förtroende i branschen.
- Genom hela projektgenomförandet är det viktigt att aktörerna har nödvändiga teoretiska kunskaper inom till exempel hydrogeologi och biokemi.
- Framtidsprognoser av risker som förknippas med ett förorenat område innehåller ofta stora osäkerheter. Författarna till rapporten "Säkring av efterbehandlingsåtgärders effekt över tiden" anser att ett rimligt tidsperspektiv för bedömning av en förorenings-situation är ofta ca 50 år. De anser vidare att efter 50 år bör en ny utredning genomföras.

Rapporter

- Klorerade lösningsmedel – Identifiering och val av efterbehandlingsmetod. Rapport 5663
- Stabilisering och solidifiering av förorenad jord och muddermassor. Rapport 5696
- Säkring av efterbehandlingsåtgärders effekt över tiden. Rapport 5757
- Övervakad naturlig självrening av förorenade områden. Rapport 5893

Tekniska aspekter

Att välja åtgärdslösning för ett förorenat område kan vara svårt. Det finns ofta flera olika alternativ att välja mellan. En efterbehandling kan antingen syfta till att avlägsna föroreningarna eller att hantera dem på platsen med eller utan uppgrävning.

Inom Hållbar Sanerings område Åtgärdslösningar har framför allt åtgärdsteknik inom in-situ-metoder diskuterats (massorna behandlas på plats utan att grävas upp). Det sker en ständig internationell utveckling inom detta område. Vid en workshop inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering menade deltagarna att Sverige ligger efter när det gäller tillämpning av in-situmetoder.

Inneslutning

In-situ-metoden inneslutning, som begränsar åtkomst, exponering och spridning, är en teknisk åtgärd som påminner om åtgärder som vidtas vid efterbehandling av deponier. Oavsett om tekniken används på den förorenade platsen eller vid efterbehandling av en deponi, är huvudsyftet att de faktiska riskerna i samband med framtida markanvändning ska vara acceptabla. I ett långt tidsperspektiv är det till exempel intressant att jämföra funktionen för inneslutning av en förorening djupt ner i marken, med en inneslutning av en deponi i form av en konstruerad kulle. Exempel på faktorer som är viktiga för den tekniska funktionen är risken för framtida nederbördsökningar, översvämningar och jordbävningar.

Stabiliserings- eller solidifieringsmetoden

Kemisk eller fysikalisk stabilisering och solidifiering av förorenad jord och muddermassor är en teknisk åtgärd som kan användas för inneslutning av föroreningar. Förutom att metoden ger upphov till en minskad rörlighet av föroreningar, fås en jord eller sedimentvolym som blir geotekniskt stabil. I vissa fall blir resultatet av åtgärden ett material som kan nyttiggöras på andra platser i samband med olika typer av anläggningsarbeten. Ämnet behandlas i rapporten ”Stabilisering och solidifiering av förorenad jord och muddermassor”.



Foto: Siw Lantto

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Åtgärdslösningar. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Jonas Forsman. Nedan visas viktiga resultat inom Åtgärdslösningar – Tekniska aspekter.

- Man kan konstatera att det har genomförts ett antal mindre lyckade in-situ-efterbehandlingsprojekt i Sverige.
- I flera fall har uppställda resultatmål inte uppnåtts på grund av brister i undersökningar, planering och utförande. Bristande erfarenhet har varit ett problem i mer eller mindre alla led.
- Väl förberedda pilotprojekt som genomförs och utvärderas med vetenskapliga metoder kan bygga upp förtroende i branschen.
- Genom hela projektgenomförandet är det viktigt att aktörerna har nödvändiga teoretiska kunskaper inom till exempel hydrogeologi och biokemi.
- Metoden med kemisk eller fysikalisk stabilisering och solidifiering medger nyttiggörande av lösa förorenade massor genom att föroreningarna blir kemiskt immobiliserade och massorna blir geotekniskt stabila

Rapporter

- Klorerade lösningsmedel – Identifiering och val av efterbehandlingsmetod. Rapport 5663
- Stabilisering och solidifiering av förorenad jord och muddermassor. Rapport 5696
- Åtgärdslösningar – erfarenheter och tillgängliga metoder. Rapport 5637
- Säkring av efterbehandlingsåtgärders effekt över tiden. Rapport 5757
- Övervakad naturlig självrening av förorenade områden. Rapport 5893

Juridiska aspekter

Visar en riskbedömning för ett förorenat område att riskerna för människor och miljö är acceptabla under nuvarande förhållanden? Då uppstår frågan om hur länge förhållandena är tillräckligt oförändrade och vad riskerna på längre sikt kan innebära. Om föroreningarna lämnas kvar på platsen behöver man fråga sig om man kan säkerställa att kvarlämnade föroreningar förvaltas så att man tar hänsyn till riskerna vid framtida ingrepp i området.

I rapporten "Säkring av efterbehandlingsåtgärders effekt över tiden" ges flera förslag på hur kunskaper om ett förorenat område, dess funktion och riskbild ska dokumenteras och bevaras åt eftervärlden. Arbetet har utförts inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering.

Miljöriskområden

När föroreningar lämnas kvar behöver kunskapen förvaltas och finnas tillgänglig på ett sådant sätt att man tar hänsyn till riskerna vid framtida ingrepp i området. Restriktioner för områdets användning behöver finnas såväl som viss övervakning. Enligt miljöbalken och förordningen 1998:930 om miljöriskområden kan länsstyrelsen förklara ett mark- eller vattenområde för miljöriskområde om det är så allvarligt förorenat att det med hänsyn till risk för

människors hälsa och miljö är nödvändigt att föreskriva om begränsningar i markanvändningen eller andra försiktighetsmått. Möjligheten har hittills inte tillämpats (år 2008).

Registrering i fastighetsregistret

Fastighetsregistret erbjuder en möjlighet att föreskriva vissa typer av administrativa åtgärder för ett område genom en anteckning i registret (exempelvis att samråd med tillsynsmyndigheten måste ske vid ingrepp). Möjligheten stadgas i miljöbalken och måste vara kopplad till ett föreläggande till fastighetsägaren som då blir gällande även för kommande fastighetsägare. En begränsning är att föreläggandet måste adresseras till fastighetsägaren som då måste ha någon form av ansvar enligt miljöbalken för att föreläggandet ska vara giltigt.

Möjligheten att använda fastighetsregistret har hittills tillämpats sparsamt (år 2008).

I Danmark används fastighetsregistret regelmässigt för anteckning om såväl konstaterad som misstänkt förorening (olika nivåer). Efter efterbehandling kvarstår anteckningen med tilläggsinformation om vidtagna åtgärder.

Inskrivning i detaljplan

Enligt Plan- och bygglagen är det idag (2008) möjligt att skriva in upplysningar om förorenade områden i en detaljplan men inte att införa restriktioner för området. Ett lagförslag för ändring av detta finns dock idag (2008). Planerna behöver dock bara beaktas om den planerade aktiviteten innebär ett ”lovpliktigt resultat” vilket ofta inte är fallet vid t.ex. schaktarbeten.

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Åtgärdslösningar.

Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Jonas Forsman.

Nedan visas viktiga resultat inom Åtgärdslösningar – Juridiska aspekter:

- Möjligheten att inrätta miljöriskområden och tillämpa övervakning av dessa finns, men skulle med fördel kunna utnyttjas mer.
- Ändring i fastighetslagen bör övervägas så att det blir möjligt att skriva in information i fastighetsregistret om låga halter. För detta krävs beslut i Riksdagen.

Rapporter

- Säkring av efterbehandlingsåtgärders effekt över tiden. Rapport 5757
- Stabilisering och solidifiering av förorenad jord och muddermassor. Rapport 5696

Ekonomiska aspekter

Ekonomiska aspekter väger ofta tungt vid val av åtgärdsalternativ. Till exempel leder pressade tidplaner och höga kostnader för stillestånd till att markexploatörer söker säkra och snabba alternativ. I vissa projekt kan ett snävt urval av åtgärdsalternativ leda till onödigt dyra efterbehandlingsprojekt.

I rapporten "Åtgärdslösningar – erfarenheter och tillgängliga metoder" har författarna identifierat och analyserat 226 efterbehandlingsprojekt i Sverige. De studerade projekten motsvarar ungefär 20 procent av de projekt som genomfördes under perioden 1995 till 2005. 17 av dessa fall valdes ut för en detaljerad analys och beskrivning. En av de analyserade aspekterna är ekonomi och hur ekonomiska drivkrafter påverkar valet av åtgärdsteknik. Arbetet har utförts inom ramen för kunskapsprogrammet Hållbar Sanering.

Efterfrågan på massor för sluttäckning

De senaste åren har det funnits stor efterfrågan på behandlade massor för sluttäckningar eller som konstruktionsmaterial på deponier. Behovet av sådant material verkar ha varit en stark drivkraft för att ta emot förorenade massor för behandling. Författarna tror att detta är en bidragande orsak till att man gräver upp massorna och transporterar dem till en efterbehandlingsanläggning.

Teknikutveckling leder till kostnadsminskningar

Författarna menar att brist på erfarenhet och kompetens kan leda till onödigt dyra efterbehandlingsprojekt. Ett större nationellt utvecklingsprogram skulle kunna öka erfarenheten när det gäller åtgärdsteknik. I jämförbara länder (Danmark, Nederländerna med flera) har ett flertal större teknikutvecklingsprojekt genomförts, vilket lett till effektivare åtgärder och reducerade kostnader.

Kostnadsanalys inom metodscreening



Omslagsbild från rapporten Klorerade lösningsmedel - identifiering och val av efterbehandlingsmetod.

En möjlighet till systematisk genomgång av ekonomiska aspekter inför val av åtgärdsteknik är att tillämpa så kallad metodscreening. Här utförs en relativt heltäckande genomgång av för- och nackdelar med olika åtgärdsmetoder, bland annat när det gäller ekonomiska aspekter.

I rapporten "Klorerade lösningsmedel – Identifiering och val av efterbehandlingsmetod" har metodscreening tillämpats på projekt som rör klorerade lösningsmedel.

Kostnader för övervakning

För de fall då föroreningar lämnas kvar på platsen bör beräkningar av kostnaden för dessa åtgärdsalternativ även inkludera en nuvärdesberäkning av kostnaderna för övervakning. Detta menar författarna i rapporten "Säkring av efterbehandlingsåtgärders effekt över tiden".

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Åtgärdslösningar. Resultaten från rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Jonas Forsman. Nedan visas viktiga resultat inom Åtgärdslösningar – ekonomiska aspekter:

- Fonderingar för avslutning av deponier bör kompletteras med fonderingar för framtida övervakning.
- På senare år har de ekonomiska drivkrafterna för tillämpning av alternativa efterbehandlingsmetoder minskat som en följd av de minskade kostnaderna för extern deponering av förorenade massor.
- Deponiernas efterfrågan av täckmassor har varit mycket stor under senare år och tillstånden relativt generösa när det gäller föroreningshalter i dessa massor, jämfört med typiska krav på efterbehandlingsområden.
- Nuvärdesberäkningar av efterbehandlingskostnader bör användas som underlag inför beslut om prioriteringsordning av efterbehandlingsprojekt. Till exempel kan en sådan analys visa att det är ekonomiskt motiverat att prioritera åtgärd av föroreningar som transporteras med grundvattnet.

Rapporter

- Stabilisering och solidifiering av förorenad jord och muddermassor. Rapport 5696
- Åtgärdslösningar – erfarenheter och tillgängliga metoder. Rapport 5637
- Klorerade lösningsmedel – Identifiering och val av efterbehandlingsmetod. Rapport 5663

Myndighetskrav

I Sverige har det utförts relativt få alternativa efterbehandlingsåtgärder jämfört med konventionell schaktsanering. Förutom marknadens drivkrafter har myndigheternas agerande stor betydelse för hur efterbehandlingsbranschen agerar.

Under en workshop inom ramen för kunskapsprogrammet för Hållbar sanering och området Åtgärdslösningar diskuterades varför konventionell schaktsanering tillämpas i så hög grad jämfört med i andra jämförbara länder. Konventionella metoder anses ofta av marknaden ha fördelar när det gäller förutsägbarhet, tidsåtgång och ekonomi.

Workshopen kom dock fram till att en strategisk satsning på kompetens- och erfarenhetsuppbyggnad kan leda till ekonomiska besparingar i framtiden.

En internationell jämförelse leder till slutsatsen att det krävs en fast hand från miljömyndigheterna för att skapa förutsättningar för en mer omfattande tillämpning av alternativa efterbehandlingsmetoder.

Det krävs även ett antal lyckade projekt som tillämpar alternativa tekniker för att bygga upp ett förtroende på den svenska marknaden.

Viktiga resultat

I en workshop som rapportförfattarna genomförde tillsammans med externa experter diskuterades resultaten från området Åtgärdslösningar. Resultaten från

rapporter och workshop är analyserade och värderade av skribenten Jonas Forsman. Nedan visas viktiga resultat inom ”Åtgärdslösningar – myndighetskrav”:

I länder där miljömyndigheterna har starkt fokus på föroreningar i grundvatten och markens porgas utförs en väsentligt större andel in-situ-saneringar än i Sverige.

- Det saknas incitament för att tillämpa nya efterbehandlingstekniker. Ofta ligger fokus på att minimera risken för budgetöverskridande i varje enskilt projekt.
- Det är viktigt att miljömyndigheterna ställer tydliga krav på methodscreening där utredaren tvingas mer ingående motivera valet av efterbehandlingsmetod.
- Det är viktigt att erfarenheter från såväl lyckade som mindre lyckade projekt tas fram på ett strukturerat sätt och kommuniceras utanför projektgruppen.
- Oberoende experter bör engageras i detta arbete.
- Ökade kunskaper och stöd från myndigheterna skulle underlätta valet av alternativa metoder.
- Det är viktigt med en helhetssyn vid val av åtgärdslösning, till exempel med hjälp av konceptet ekoeffektivitet.
- Mindre krav ställs på deponiägare än på markägare när det gäller långtidssäkring av åtgärder. Flertalet behandlingsanläggningar har relativt generösa bestämmelser avseende användningen av förorenade massor, som därmed kan användas som täckmassor inom området.

Rapporter

- Klorerade lösningsmedel – Identifiering och val av efterbehandlingsmetod. Rapport 5663
- Klorerade lösningsmedel – Identifiering och val av efterbehandlingsmetod. Rapport 5663
- Åtgärdslösningar – erfarenheter och tillgängliga metoder. Rapport 5637

Från kunskapsbehov till resultat

Kunskapsprogrammet Hållbar sanering pågick 2003 till 2009. Här kan du läsa hur det hela gick till från undersökningen om kunskapsluckor inom efterbehandlingsområdet i Sverige till hur vi hanterat och spridit kunskapen från de 50-tal projekt som genomfördes under programmet.

Naturvårdsverkets arbete med efterbehandling av förorenade områden handlar både om att ta fram vägledningar för hur saneringsarbeten ska bedrivas och att finansiera efterbehandlingsprojekt. Det är en del i arbetet med att nå miljö kvalitetsmålet en giftfri miljö.

Inför programstarten

I Sverige finns omkring 80.000 potentiellt förorenade områden. Efterbehandlingsprojekt är ofta mycket kostsamma. Det är viktigt för myndigheten att veta vilka förutsättningar de som arbetar med efterbehandling har och här ingår bland annat att veta vilken kunskap som finns på området. Går det att effektivisera efterbehandlingsarbetet så att det saneringar blir både bättre och billigare? Det skulle vara värt mycket för hela branschen.

Hållbar Sanering startar

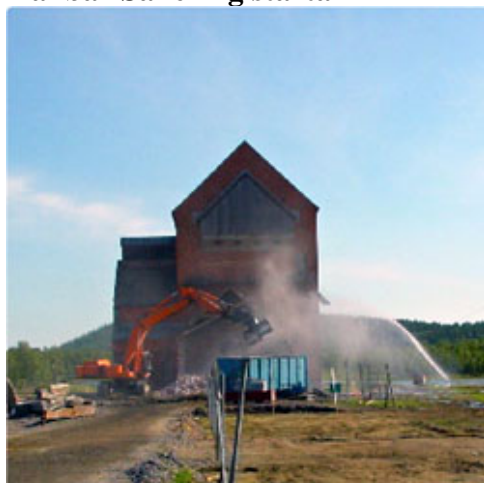


Foto: Siw Lantto

År 2002 gjordes en kunskapsinventering. Den visade inom vilka områden det fanns kunskapsluckor och hur dessa kunde åtgärdas. Med den som underlag beslutade Naturvårdsverket att genomföra ett kunskapsprogram. Det var starten på Hållbar Sanering.

Läs gärna rapporten ”Kunskapsförsörjning inom efterbehandling av förorenade områden”, rapport 5252.

Drygt 50 projekt

Utifrån kunskapsinventeringen planerades programmet. Efter en utlysning av projektpengar valdes projektansökningar ut som bäst matchade de kunskapsluckor som identifierats. Totalt har 54 projekt genomförts och omkring 200 personer har varit inblandade. Det är experter på myndigheter och företag samt forskare som gjort arbetet. Naturvårdsverket har satsat drygt 40 miljoner kronor på kunskapsprogrammet.

Rapporter presenterar resultaten

2009 hade vi resultaten från samtliga projekt. Det har naturligtvis löpande kommit in slutrapporter som har publicerats på webben och spridits i olika sammanhang. Men för att göra den nya kunskapen tillgänglig för alla dem som dagligen arbetar med efterbehandling behövde vi göra något mer av de 1000-tals rapportsidorna.

Vi började med att ta reda på vilka som har mest behov av resultaten. Vår målgruppsanalys visade att tjänstemän på länsstyrelser och konsulter är de

viktigaste målgrupperna. De ville ha sammanställningar av resultaten som är lättare att ta till sig än rapporterna. Sammanställningarna ville de ha på webben.

Sammanställning av resultaten – syntesarbete

Hållbar Sanering tog fasta på detta och under 2008 startade vi ett syntesarbete som gick ut på att sammanställa resultaten med fokus på – vilka är de mest användbara resultaten, guldkornen, i allt material som kommit fram.

Vi anlidade sju sakkunniga/skribenter för detta. De fick varsitt område: Undersökningsmetoder, Riskbedömning, Riskvärdering, Riskkommunikation och Åtgärdslösningar. Skribenterna tog fram underlag till sammanställningen främst med hjälp av alla projektledare.

Målsättning

Sammanställningen/syntesarbetet skulle:

- utgöra en sammanställning av resultaten från Hållbar Sanering
- innehålla en värdering av resultaten från Hållbar Sanering
- fungera som en läsanvisning för resultat/rapporter från Hållbar Sanering och en beskrivning av hur man kan och bör använda dessa.

Syntesarbetets steg 1

I det första steget sammanställde och värderade vi resultaten från alla Hållbar Sanerings projekt. Värderingen gick i första hand ut på att:

- identifiera användbara och viktiga resultat inklusive målgruppsanalys
- analysera hur dessa resultat relaterar till befintlig kunskap och pågående verksamhet (t.ex. Naturvårdsverkets vägledningar, praxis vid åtgärdsutredningar mm)
- identifiera resultat där det fortfarande råder stor osäkerhet
- identifiera områden där man inte är överens
- identifiera och analysera kunskapsluckor (definiera kunskapsbehovet, målgrupper, om det är forskning, utredning eller utbildning som behövs)

Workshops

Skribenterna ställde samman materialet som sedan utgjorde underlag för en workshop inom varje område. Vid dessa deltog projektledare och andra experter samt representanter för Beredningsgruppen och Programkommittén.

Vid workshopparna diskuterade vi sammanställningarna utifrån ovanstående punktlista för värderingen

Syntesarbetet steg 2

I syntesarbetets andra steg diskuterades hur sammanställningarna skulle presenteras på webben. Skribenterna fick i uppdrag att gå vidare i arbetet och ta fram webbanpassade texter. Två av skribenterna fick samordningsansvar för dels resultatsidorna och dels för Forsknings- och utvecklingssidorna.

Skribenter/sakkunniga

Undersökningsmetoder: *Elisabet Hammarlund*, Golder Associates.

Riskbedömning: *Marie Arnér*, WSP Environmental, Fredric Engelke, SGI och Yvonne Ohlsson, Golder Associates (även samordning för FoU).

Riskvärdering: *Jenny Lindgren*, Structor (även samordning för resultatsidorna).

Riskkommunikation: *Carina Loh*, Enviroplanning.

Åtgärdslösningar: *Jonas Forsman*, Vectura.

Programmets arbetssätt

Programledningen bestod av en Programkommitté som var rådgivande till Naturvårdsverket. Det övergripande ansvaret för programmet, administrationen och kommunikationen sköttes av en Beredningsgrupp. Beslut om projektmedel fattades av Naturvårdsverket. Beslut om godkännande av slutrapporter fattades av Programkommittén.

Programkommitténs uppgift

Programkommitténs uppgift var att identifiera kunskapsluckor och prioritera viktiga insatsområden. En stor del av arbetet byggde på den kompetens och erfarenhet som fanns samlad i programkommittén och i dess olika nätverk. När Programkommittén definierat prioriterade områden utlyste vi projektmedel. Ansökningarna utvärderades av Programkommittén som fattade rådgivande beslut.

Baserat på detta råd tog sedan Naturvårdsverket genom chefen för Forskningssekretariatet beslut om vilka projekt som skulle beviljas medel. Projekten följdes av en kontaktperson i programkommittén som även föredrog slutrapporten innan godkännande.

Programkommittén

I programmets slutfas hade kommittén följande sammansättning:

Annika Jansson, Naturvårdsverket, ordförande
Niklas Johansson, Naturvårdsverket, forskare
Ivars Neretnieks, KTH, forskare
Bo Svensson, Linköpings universitet, forskare
Mats Tysklind, Umeå universitet, forskare
Knut Per Hasund, Sveriges Lantbruksuniversitet, forskare
Helena Helgesson, SGI, branschforskningsinstitut
Krister Honkonen, Göteborgs stad, kommuner
Tommy Hammar, länsstyrelsen i Kalmar län
Thomas von Kronhelm, Sydkraft SAKAB AB, entreprenörer
Niklas Löwegren, Banverket, problemägare
Björn Sellberg, FORMAS, adjungerad i programkommittén

Beredningsgrupp

Kerstin Jansbo, forskningssekretariatet, Naturvårdsverket
Helena Furst, enheten för förorenade områden, Naturvårdsverket
Anna Richter, forskningssekretariatet, Naturvårdsverket
Tomas Henrysson, Conviro AB, konsult

Kunskapsspridning

Resultat från programmet har presenterats vid ett flertal tillfällen på konferenser och seminarier. Den stora finalen var Renare Marks Vårnöte 2009 som hölls 24-25 mars med Hållbar sanering som tema.
