

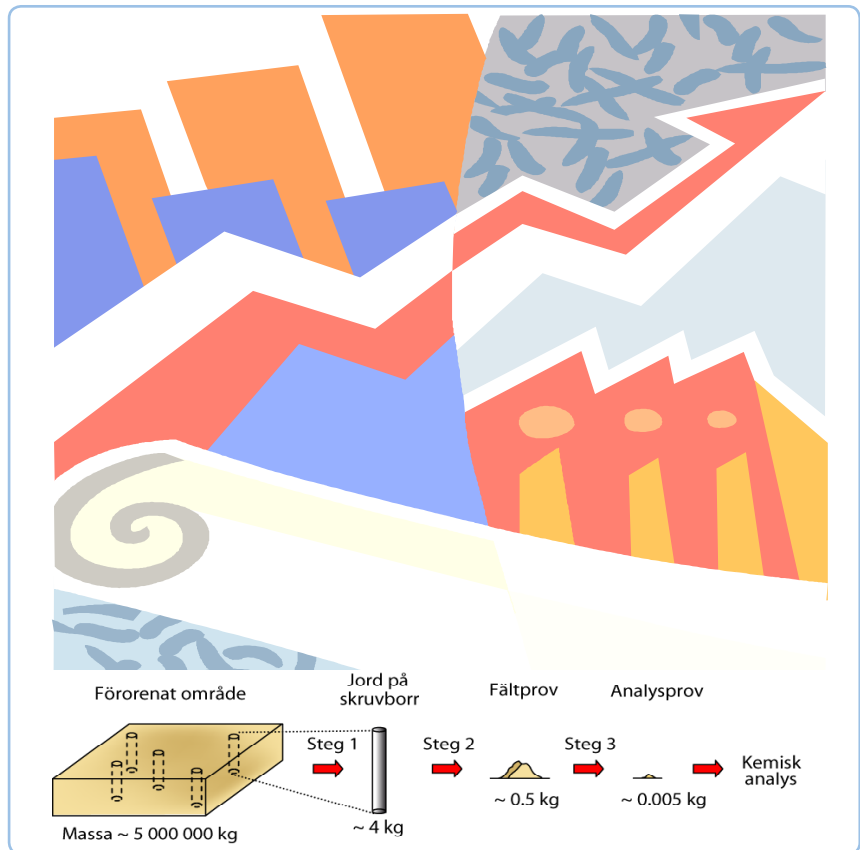
Kurs i statistisk dataanalys och tolkning av resultat

Tillämpningar inom förorenad mark

RAPPORT 5897 • APRIL 2009



Kunskapsprogrammet



Kurs i statistisk dataanalys och tolkning av resultat

Tillämpningar inom förorenad mark

Lars Rosén, FRIST, Chalmers tekniska högskola
Jenny Norrman Statens Geotekniska Institut (SGI)
Tommy Norberg, Matematiska vetenskaper,
Chalmers och Göteborgs Universitet

NATURVÅRDSVERKET

Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

Orderfax: 08-505 933 99

E-post: natur@cm.se

Postadress: CM Gruppen AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/bokhandeln

Naturvårdsverket

Tel: 08-698 10 00, fax: 08-20 29 25

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-5897-5

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2009

Tryck: CM Gruppen AB, Bromma 2009

Omslagsfoto: Lars Rosén, FRIST, Chalmers Tekniska Högskola (lilla bilden),

Microsoft, clip-art (stora bilden)



Förord

Ett av riksdagens miljömål är Giftfri miljö, och i detta mål ingår att efterbehandla och sanera förorenade områden. Brist på kunskap om risker med förorenade områden och hur de bör hanteras har identifierats som hinder för ett effektivt saneringsarbete. Naturvårdsverket har därför initierat kunskapsprogrammet Hållbar Sanering.

Föreliggande rapport redovisar projektet ”Kurs i statistisk dataanalys och tolkning av resultat – tillämpningar inom förorenad mark” som genomförs inom Hållbar sanering. Rapporten redovisar kursstruktur och material för en 2-dagars utbildning för miljöhandläggare i statistisk dataanalys med inriktning mot förorenad mark och grundvatten.

Arbetet har utförts inom kompetenscentrat FRIST vid Chalmers tekniska högskola, i samarbete med Statens Geotekniska Institut (SGI) och Institutionen för Matematiska vetenskaper, Chalmers tekniska högskola och Göteborgs universitet. Rapporten har författats av Lars Rosén (FRIST, Chalmers), Jenny Norrman (SGI), och Tommy Norberg (Matematiska vetenskaper, Chalmers och Göteborgs Universitet). Hillevi Upmanis från Länsstyrelsen i Västra Götalands län och Krister Honkonen från Fastighetskontoret vid Göteborgs Stad har bidragit med värdefulla synpunkter under ett referensgruppsmöte. Pär-Erik Back, Sweco Environment AB, har bidragit med material kring provtagning och provtagningsosäkerhet. Ivars Neretnieks, KTH, har varit Hållbar Sanerings kontaktperson för arbetet.

Naturvårdsverket har inte tagit ställning till innehållet i rapporten. Författarna svarar ensamma för innehåll, slutsatser och eventuella rekommendationer.

Naturvårdsverket april 2009

Innehåll

FÖRORD		3
SAMMANFATTNING		7
SUMMARY		9
1	INLEDNING	11
1.1	Bakgrund	11
1.2	Syfte och målsättning	12
1.3	Läsanvisning	12
2	BESKRIVNING AV KURSEN	13
2.1	Kurspaketet	13
2.2	Viktiga frågeställningar	13
2.3	Huvudsakliga kursmoment	13
2.3.1	Grundläggande statistiska begrepp	14
2.3.2	Skattning av medelhalt – klassning av ett avgränsat område	14
2.3.3	Indelning i delområden	15
2.3.4	Bedömning av mängd eller andel förorenade massor	15
2.3.5	Variationer i tid och rum	15
2.3.6	Rimliga åtgärdskostnader	16
2.4	Kursupplägg och schema	16
2.5	Förslag till inbjudan	17
3	FALLSTUDIE	18
3.1	Inledning	18
3.2	Föroreningskälla 1: Drivmedelscistern	18
3.3	Föroreningskälla 2: Upplagsyta	20
3.4	Skyddsobjekt	21
3.5	Spridningsvägar	21
3.6	Exempel som behandlas i kursen	22
4	AVSLUTANDE KOMMENTARER	23
5	REFERENSER	24
6	BILAGA A: BESKRIVNING AV CD	25
6.1	Introduktion	25
6.2	Naturvårdsverkets egna rapporter	25
6.2.1	Åtgärdskrav vid efterbehandling (4807)	25
6.2.2	Rätt datakvalitet (4667)	26
6.2.3	Handledning för miljöövervakning	27
6.3	Kunskapsprogrammet Hållbar Sanering, Naturvårdsverket	29
6.3.1	Probabilistisk riskbedömning fas 1 (5532)	29

6.3.2	Probabilistisk riskbedömning fas 2 (5621)	29
6.3.3	Osäkerheter i riskbedömning och beslutsprocess: exemplifiering med fallstudier (5804)	29
6.3.4	Erfarenhetsutvärdering och inventering av provtagningsstrategier för jord, grundvatten och porgas (under publicering)	30
6.3.5	Provtagningsstrategier för förorenad jord (under publicering)	31
6.3.6	Optimerad utvärdering (under publicering)	32
6.4	Internationella dokument	33
6.4.1	US EPA Quality Assurance	33
6.4.2	Andra dokument från US EPA	34
6.4.3	Naval Facilities Engineering Command	35
6.5	Programvaror	35
6.5.1	SADA – Spatial Analysis and Decision Assistance	35
6.5.2	VSP – Visual Sample Plan	36
6.5.3	ProUCL	36
6.6	Beräkningsverktyget	36
6.7	Referenser	37

Sammanfattning

För utvärdering av data, riskbedömningar och olika typer av prognoser, exempelvis haltminskning efter genomförd sanering, blir statistiska metoder allt vanligare. En korrekt genomförd statistisk dataanalys reducerar det subjektiva inslaget i utvärderingsprocessen och ger ett ramverk för kvantifiering av osäkerheter.

Det finns flera väl genomarbetade kunskapssammanställningar inom statistisk dataanalys, men självinlärningsmaterial kräver en viss förkunskapsnivå. Förkunskaper i statistisk analys varierar kraftigt bland miljöhandläggare vilket inte sällan resulterar i felaktiga tolkningar av föroreningsituationen. Universitets- och högskoleutbildningar är utformade för att lösa generella frågeställningar och upplevs ofta väl teoretiska. Samtidigt saknas det fortbildningsmöjligheter för yrkesverksamma som inriktar sig på specifika ämnesområden.

Det finns ett behov av att utöka utbildningsmöjligheter inom statistik för miljöhandledare där konkreta frågeställningar som rör förorenad mark tas upp och teoridelen kompletteras med praktiska exempel. Den här rapporten redovisar kursstruktur och material för en 2-dagars utbildning för miljöhandläggare i statistisk dataanalys med inriktning mot förorenad mark och grundvatten. Tanken är att kursen kan erbjudas regelbundet och ge grundläggande kunskaper i hur statistik kan tillämpas för förorenade områden.

Utbildningen vänder sig till personer med inga eller endast rudimentära förkunskaper inom statistik och datautvärdering. Kursens övergripande mål är att förmedla grundläggande principer inom dataanalys och osäkerhetskvantifiering så att i första hand handläggare vid myndigheter, konsultföretag och entreprenörsbolag som arbetar med frågeställningar inom förorenade områden själva ska kunna utföra enklare statistiska analyser samt ställa krav på och kunna tolka resultatet av andras statistiska analyser.

Utbildningen planeras som en 2-dagars kurs och kommer att omfatta tre huvudsakliga typer av moment: föreläsningar, övningar samt beskrivning och diskussion av praktiska tillämpningar – fallstudier.

Det material som ingår i kurspaketet är:

- Föreliggande rapport:
 - Kursupplägg och huvudsakliga frågeställningar
 - Beskrivning av en fallstudie
 - Sammanfattning av ett antal dokument innehållande statistiska beräkningsmetoder och kortfattad beskrivning av programvaror
- CD:
 - Allt OH-material
 - Beräkningsverktyg i Excel utvecklat för kursen
 - Övningsexempel
 - Flertal rapporter från Naturvårdsverket och US EPA
 - Tre gratis programvaror som innehåller olika metoder för statistisk analys av data från förorenade områden

Följande punkter utgör kursens huvudsakliga moment:

- Grundläggande statistiska begrepp (Teori 1)
- Skattning av medelhalt – klassning och feltyper (Teori 2– 4)
- Indelning i delområden – variansanalys (Teori 5)
- Bedömning av mängd, volym och andel förorening över åtgärdsområde (Teori 6)
- Variationer i tid och rum (Teori 7-9)
- Rimliga åtgärdskostnader (Teori 10)
- Övningar
- Diskussioner

Ett beräkningsverktyg är speciellt framtaget för kursen. Det är uppbyggt i Excel och med enkla handgrepp kan användaren lägga in egen data och få upp normal- och lognormalfördelningsplottar för att visuellt inspektera data, samt beskrivande statistik. Medelhalt och UCL (Upper Confidence Limit) för önskad konfidens beräknas. Användaren måste själv avgöra om det är lämpligt att använda metoder som är anpassade för normal- eller lognormalfördelad data.

Dessutom ges möjlighet att göra en bedömning av den andel, volym och mängd förorenad jord över gällande åtgärdsområde av ett område. Verktöget kan också användas för att skatta sannolikheten att föroreningshalter över akut-toxiska halter skall finnas inom en specifik undersökningsenhet.

Summary

Statistical methods are increasingly used to analyze data for risk assessments and various types of predictions, e.g. predictions of concentration reduction after remediation. A correct statistical analysis reduces the subjective part in the interpretation of data and provides a framework that facilitates quantifications of uncertainties.

There are several good descriptions of statistical analysis, but self-learning material demands a certain level of knowledge beforehand. Knowledge in statistical analysis typically varies much between workers in the field of contaminated sites, which may result in erroneous interpretations regarding contamination situations and risk assessments. However, courses in universities are designed to provide general statistical knowledge and are often regarded as highly theoretic by practitioners. Basic statistical courses for practitioners in the contaminated land arena are missing.

Thus, there is a need to improve the possibilities for short courses in statistical analysis for practitioners, with real-world problems and theory that is complemented with practical examples. This report summarizes the structure and the material of a 2-days course in basic statistical analysis for contaminated sites. The idea is that the course will be offered regularly and provide basic knowledge on how statistics can be used for contaminated sites.

The course is designed for persons with no or only very basic knowledge within statistics and data analysis. The overall objective is to present the basic principles of data analysis and quantification of uncertainties for practitioners at authorities, consultant companies and entrepreneurs. After completion of the course, the participants should be able to make basic statistical analyses on their own, review statistical analyses made by others, and make requirements on sound statistical analyses.

The education is planned as a 2-days course and will include three main types of activities: lectures, demonstrations and description of practical applications – case studies.

The material included in the course is:

- This report, containing:
 - Description of the course and the main questions at issue
 - Description of a case study
 - Summary of a number of documents containing statistical methods and software
- CD containing:
 - All OH-material (Power-point presentation)
 - An Excel-based calculation tool developed for the course
 - Exercises
 - Several reports from the Swedish Environmental Protection Agency and the US Environmental Protection Agency
 - Three freeware containing different methods for statistical analysis of data from contaminated sites

The following parts form the main activities in the course:

- Basic statistical concepts (Theory 1)
- Estimation of the true mean – classification and types of error (Theory 2-4)
- Division into sub-areas – analysis of variance (Theory 5)
- Estimation of the amount or the proportion of contaminated masses (Theory 6)
- Variability in time and space (Theory 7-9)
- Reasonable costs for remediation (Theory 10)
- Exercises
- Group discussions

A calculation tool was developed in Excel. The user can easily insert data and get summary statistics and obtain quantile plots for normal and lognormal data. Estimation of the true mean and UCL (Upper Confidence Limit) for the chosen confidence level can be calculated for normally or lognormally distributed data.

The tool can also be used to estimate the contaminated proportion of a site using Bayesian methods and integrating subjective information and sampling data. With the same method, the amount and volume of contaminated soil above specific action levels can be estimated. Furthermore, the tool provides probability estimations for exceeding acceptable levels, e.g. acute toxic concentrations, within a specific investigation unit.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Kvalitet på resultat av miljöundersökningar är beroende av en tillförlitlig utvärdering av tillgänglig information/kunskap om objektet samt insamlade data. Dataanalys och dess tolkning skall ge ett korrekt underlag till en uppskattning av halter, rumslig utbredning och volym av förorening samt underlag för bedömning av riskerna för människa och miljö. På grund av tekniska och ekonomiska begränsningar är dataunderlaget oftast begränsat och det krävs en kunskap om hur man utifrån ett fåtal observationer skapar sig en bild av en population som på ett representativt sätt återspeglar föroreningsgraden inom hela det undersökta området. På samma sätt vill man veta vilka osäkerheter som finns och hur de kvantifieras samt om kompletterande undersökning (mer data) kommer att resultera i en mer säker tolkning.

För att utvärdera data och utifrån det ta fram underlag för framtida prognoser (t.ex. för att prognostisera haltminskning efter genomförd sanering) blir statistiska metoder allt vanligare. En korrekt genomförd statistisk dataanalys reducerar det subjektiva inslaget i utvärderingsprocessen och ger ett ramverk för kvantifiering av osäkerheter.

Det finns flera väl genomarbetade kunskapssammanställningar inom statistisk dataanalys. Bland annat har den amerikanska motsvarigheten till Naturvårdsverket, USEPA, gett ut en vägledning i statistisk datahantering för miljöhandledare (USEPA 2006a; 2006b). Liknande vägledningar har också utarbetats av Naval Facilities Engineering (NAVFAC 1999; Batelle Memorial Institute 2002; Batelle Memorial Institute 2004). Naturvårdsverket har lagt fram flera dokument relevanta inom ämnesområdet, se exempelvis SNV (1996; 1997) och Grandin (2003). Som självlärningsmaterial kräver de refererade dokumenten en viss förkunskapsnivå. Förkunskaper i statistisk analys varierar kraftigt bland miljöhandläggare vilket inte sällan resulterar i felaktiga tolkningar av föroreningssituationen. Universitets- och högskoleutbildningar är utformade för att lösa generella frågeställningar och upplevs ofta väl teoretiska. Samtidigt saknas det fortbildningsmöjligheter för yrkesverksamma som inriktar sig på specifika ämnesområden.

Det finns ett behov av att utöka utbildningsmöjligheter inom statistik för miljöhandledare där konkreta frågeställningar som rör förorenad mark tas upp och teoridelen kompletteras med praktiska exempel.

1.2 Syfte och målsättning

Syftet med projektet är:

- att ta fram kursstruktur och material för en 2-dagars utbildning för miljöhandläggare i statistisk dataanalys med inriktning mot förenad mark och grundvatten.
- att kursen kan erbjudas regelbundet och ge grundläggande kunskaper i hur statistik kan tillämpas för förorenade områden.

Utbildningen vänder sig till personer med inga eller endast rudimentära förkunskaper inom statistik och datautvärdering. Kursens övergripande mål är att förmedla grundläggande principer inom dataanalys och osäkerhetskvantifiering så att i första hand handläggare vid myndigheter, konsultföretag och entreprenörsbolag som arbetar med frågeställningar inom förorenade områden själva ska kunna utföra enklare statistiska analyser samt ställa krav på och kunna tolka resultatet av andras statistiska analyser.

Utbildningen planeras som en 2-dagars kurs och omfattar tre huvudsakliga typer av moment:

- Föreläsningar
- Övningar
- Beskrivning och diskussion av praktiska tillämpningar - fallstudier

1.3 Läsanvisning

Föreliggande rapport är dels en redovisning av projektet, dels ett komplement till kursen.

I Kapitel 2 beskrivs kursen översiktligt utifrån kursmaterial, frågeställningar som behandlas i kursen, kursupplägg och schema. De huvudsakliga kursmomenten och tillhörande teorigenomgångarna beskrivs samt vad kursdeltagarna förväntas kunna efter genomgången kurs. Ett förslag på kursinbjudan finns även här.

Kapitel 3 är en genomgång av en fallstudie med dess verksamhetshistoria, föroreningshistoria, geologi, hydrogeologi, föroreningskällor, skyddsobjekt och spridningsvägar. Beskrivningen ligger till grund för flera av de exempel som arbetas med i kursen.

Kapitel 4 innehåller en kort avslutande diskussion om de tankar som har uppkommit inom ramen för arbetet med kursen.

Bilaga A är en beskrivning av innehållet på den CD som medföljer kursmaterialet, korta sammanfattningar av litteratur och beskrivning av programvaror samt en beskrivning av det för kursen utvecklade beräkningsverktyget.

2 Beskrivning av kursen

2.1 Kurspaketet

Det material som ingår i kurspaketet är:

- Föreliggande rapport:
 - Kursupplägg och huvudsakliga frågeställningar
 - Beskrivning av fallstudie
 - Sammanfattning av ett antal dokument innehållande statistiska beräkningsmetoder och kortfattad beskrivning av programvaror
- CD:
 - Allt OH-material
 - Beräkningsverktyg i Excel utvecklat för kursen
 - Övningsexempel
 - Flertal rapporter från Naturvårdsverket och US EPA
 - Tre gratis programvaror som innehåller olika metoder för statistisk analys av data från förorenade områden

2.2 Viktiga frågeställningar

Ett antal huvudsakliga frågeställningar tas upp i kursen som inte bara berör statistiska metoder och bearbetning av data utan även varför man vill göra en statistisk bearbetning och vilka krav som bör ställas på en sådan. Nedan ges en lista på frågeställningar som tas upp:

- Varför vill man göra en statistisk bearbetning?
- Vad betyder statistisk fördelning?
- Vad representerar mina data?
- Hur beräknar jag föroreningshalten och skiljer sig föroreningshalten mellan olika delar av mitt undersökningsområde?
- Hur beräknar jag storleken av den förorenade arean/volymen?
- Hur uttrycker jag osäkerheten i mina beräkningar?
- Vad ska jag ha mina beräkningar till?
- Vad betyder olika statistiska begrepp såsom: variabilitet, osäkerhet, medelvärde, standardavvikelse, varians, konfidensintervall, prediktionsintervall, kvantil och percentil?
- Vad är ett hypotestest och vad säger ett sådant?
- Vilka krav bör ställas på en statistisk analys vad gäller t.ex. utförande och presentation?
- Hur kan statistisk information kommuniceras på ett bra sätt?

2.3 Huvudsakliga kursmoment

Följande punkter utgör kursens huvudsakliga moment:

- Grundläggande statistiska begrepp (Teori 1)
- Skattning av medelhalt – klassning och feltyper (Teori 2– 4)

- Indelning i delområden – variansanalys (Teori 5)
- Bedömning av mängd eller andel förorenade massor (Teori 6)
- Variationer i tid och rum (Teori 7-9)
- Rimliga åtgärdskostnader (Teori 10)
- Övningar
- Diskussioner

2.3.1 Grundläggande statistiska begrepp

2.3.1.1 TEORI 1: POPULATIONER OCH OBSERVATIONER

I den första teoridelen går vi igenom vad oberoende är, oberoende observationer, populationsbegreppet och vad ett stickprov är. Två vanliga statistiska fördelningar beskrivs också: normalfördelningen och lognormalfördelningen. Här pratar vi också om stickprovers representativitet och det enskilda provets representativitet.

Kursdeltagaren förväntas efter genomgången kurs förstå dessa statistiska grundläggande begrepp och kunna koppla ihop dessa med provtagning i förorenade områden.

2.3.2 Skattning av medelhalt – klassning av ett avgränsat område

2.3.2.1 TEORI 2: GRUNDLÄGGANDE BEGREPP OCH KONFIDENS

I den andra teoridelen fortsätter vi med några grundläggande statistiska begrepp såsom medelvärde, varians och standardavvikelse. Vi pratar om kvantilplottar och probabilitetsplottar som ett sätt att undersöka och plotta data. Här introduceras också den standardiserade normalfördelningen, z-kvantiler och t-kvantiler. Dessa begrepp används när man beräknar konfidensintervall och begreppen UCL (upper confidence level) och LCL (lower confidence level) förklaras. Konfidens och felrisk tas upp, samt frihetsgrader.

Efter kursen förväntas deltagaren ha kunskaper om hur man beräknar medelvärde och standardavvikelse för ett stickprov, samt hur man utifrån ett stickprov från en antagen normalfördelad population kan beräkna konfidensintervall för medelvärdet i populationen. Man förväntas kunna förstå innebörden i konfidens och felrisk och vilken typ av uttalande man kan göra utifrån ett stickprov.

2.3.2.2 TEORI 3: KONFIDENS FÖR LOGNORMALFÖRDELAD DATA

I den tredje teorigenomgången går vi igenom hur man kan uppskatta en medelhalt för en population som antas vara lognormalfördelad utifrån ett medelvärde för stickprovet och att uppskatta medianen och dess konfidens, medelhalten och dess konfidens för hela populationen, samt hur detta skiljer sig mellan normal- och lognormalfördelad data.

Detta är något som är svårt men det förväntas att deltagarna efter kursen skall kunna förstå att man behöver använda olika statistiska metoder för att uppskatta konfidensintervall för normal- och lognormalfördelad data.

2.3.2.3 TEORI 4: HYPOTESTEST OCH FELTYPER

I den fjärde teoridelen behandlas grunderna för hypotestest, hur man ställer upp ett hypotestest och vilka olika feltyper som är associerade med ett hypotestest.

Det förväntas efter genomgången kurs att kursdeltagaren skall förstå grunderna för ett hypotestest samt förstå vilken information man får ut från ett hypotestest och vad den säger. Det förväntas också att man förstår vilka potentiella fel som är kvantifierbara och vilka som inte är lika lätta att kvantifiera.

2.3.3 Indelning i delområden

2.3.3.1 TEORI 5: VARIANSANALYS

Den femte teorigenomgången tar upp variansanalys som en metod att jämföra olika delområden och kunna klassificera dem olika utifrån föroreningsgrad. Begrepp som variansanalystabell och boxplottar tas upp.

Efter genomgången kurs förväntas deltagaren förstå vad en variansanalys är och hur en sådan kan användas i förorenade områden.

2.3.4 Bedömning av mängd eller andel förorenade massor

2.3.4.1 TEORI 6: BETAFÖRDELNINGEN

Teorigenomgång 6 tar upp betafördelningen som ett sätt att skatta proportionen, eller andelen, förorenad mark på en tomt. Detta är användbart för att kunna göra en tidig skattning av t.ex. åtgärdskostnader. Förutom betafördelningen tas binomialfördelningen upp samt skillnaden mellan ett Bayesianskt och ett frekventistiskt angreppssätt (kredibilitetsintervall kontra konfidensintervall). Priorskattningar och subjektiv förhandsinformation går igenom, samt uppdatering av priorskattningar.

Efter kursen förväntas deltagaren förstå skillnaden mellan ett kredibilitetsintervall och ett konfidensintervall, samt hur subjektiv information kan användas för att göra priorskattningar.

2.3.5 Variationer i tid och rum

2.3.5.1 TEORI 7: TREND OCH TEORI 8: REGRESSION

I den sjunde teorigenomgången behandlas mätning och detektering av trend och nyckelbegrepp såsom Spearmans trendtest, Spearmans d -statistika, Normalapproximationen och Kendall's slope estimator b tas upp. I teorigenomgång 8 tas regression upp som ett annat verktyg att detektera trend.

Efter genomgången kurs bör deltagaren förstå hur olika statistiska metoder kan användas för att detektera och mäta trend.

2.3.5.2 TEORI 9: RUMSLIG STATISTIK OCH INTERPOLATION

Teorigenomgång 9 tar upp kriging som ett specifikt interpolationsverktyg, principerna för kriging och hur resultaten ska tolkas. Vi diskuterar även när kriging är ett bra verktyg att använda och när det inte bör användas. Begrepp som variogram, isotropi och nuggeteffekt tas upp.

Efter genomgången kurs förväntas deltagaren på ett översiktligt plan förstå principerna omkring kriging, hur kriging kan användas samt hur resultaten bör tolkas.

2.3.6 Rimliga åtgärds-kostnader

2.3.6.1 TEORI 10: KOSTNAD-NYTTA

I den sista teorigenomgången görs en betraktelse över avvägningen kostnad-nytta i samband med åtgärdsinsatser. En kort beskrivning ges av principerna för kostnads-nyttoanalys och hur statistiska bedömningar och osäkerhetsanalys har en viktig roll i värdering av åtgärds-kostnader.

Efter kursen förväntas deltagaren ha en generell uppfattning om grundprinciperna för kostnads-nyttoanalys och hur statistisk analys av undersökningsdata kan vara en del av sådana studier.

2.4 Kursupplägg och schema

Kursen ges under två heldagar där teoridelar blandas med praktiska frågeställningar och övningar för att ge en direkt koppling till verkliga förhållanden.

I tabell 2.1 beskrivs kursupplägget punktvis i ett schema.

Tabell 2.1. Kursupplägg.

	Dag 1	Dag 2
För-middag	<ul style="list-style-type: none"> • Syfte, mål, frågeställningar, kursupplägg • Genomgång fallstudie 	<ul style="list-style-type: none"> • Genomgång övningsuppgift och diskussion • Teorigenomgång 5-6
Inkl. kaffepaus	<ul style="list-style-type: none"> • Beskrivning av data • Teorigenomgång 1 • Provtagning och analys 	<ul style="list-style-type: none"> • Användning av statistiska beräkningar för <ul style="list-style-type: none"> – Riskbedömning – Total mängd förorening – Andel yta/volym – Kostnadsbedömning – Sannolikhet för akuttoxiska halter
LUNCH		
Efter-middag	<ul style="list-style-type: none"> • Teorigenomgång 2 • Genomgång av programvara (Excel) • Teorigenomgång 3 	<ul style="list-style-type: none"> • Teorigenomgång 7-9 • Exempel på spatiell statistik – interpolationsmetoder
Inkl. kaffepaus	<ul style="list-style-type: none"> • Enkla övningar <ul style="list-style-type: none"> – Koll av datas fördelning – Medelvärdesberäkning – Beräkning av standardavvikelse – Beräkning av konfidensintervall – UCL95, LCL95 – Programvaror - hjälpmedel • Diskussionspass • Teorigenomgång 4 • Övningsuppgift 	<ul style="list-style-type: none"> • Avgränsning • Teorigenomgång 10 • Avslutande diskussion <ul style="list-style-type: none"> – Krav på statistiska analyser – Kommunikation av statistisk information

2.5 Förslag till inbjudan

Nedan ges förslag på hur en inbjudan för kursen kan utformas.

Förslag till inbjudan

KURS I STATISTISK ANALYS FÖR HANDLÄGGARE INOM OMRÅDET FÖRORENAD MARK

Sitter du och funderar på följande frågeställningar:

Överstiger halterna i området riktvärdet?

Har det tagits tillräckligt många prover?

Hur stor andel av området är förorenat?

Hur säker kan man vara på att ett område är rent och inte behöver åtgärdas?

Den här utbildningen vänder sig till dig med inga eller endast rudimentära förkunskaper inom statistik och datautvärdering och som arbetar med frågor som rör förorenade områden. Kursens övergripande mål är att förmedla grundläggande principer inom dataanalys och osäkerhetskvantifiering så att i första hand handläggare vid myndigheter, konsultföretag och entreprenörsbolag som arbetar med frågeställningar inom förorenade områden själva ska kunna utföra enklare statistiska analyser samt ställa krav på och kunna tolka resultatet av andras statistiska analyser.

Kursen ges under två **heldagar** och de huvudsakliga kursmomenten består av föreläsningar, övningar, fallstudie och demonstrationer. Kursmaterial som ingår är en cd med föreläsningsmaterial, relevant litteratur både nationellt och internationellt, gratisprogramvara (SADA, VSP, ProUCL) samt ett beräkningshjälpmedel utvecklat i Excel.

Kursen är utvecklad i ett samarbete mellan kompetenscentrum FRIST och Institutionen för matematiska vetenskaper, båda vid Chalmers samt Statens geotekniska institut (SGI). Arbetet är finansierat av Naturvårdsverkets kunskapsprogram Hållbar Sanering.

Arrangör: xxxxx

När: dag månad år – dag månad år (2 heldagar)

Var: Stället Stället i staden Staden

Kostnad: rimlig peng

Anmälan görs via xxxx.

För en mera detaljerad beskrivning av kursens innehåll, se www.xxx.se

VÄLKOMMEN!

3 Fallstudie

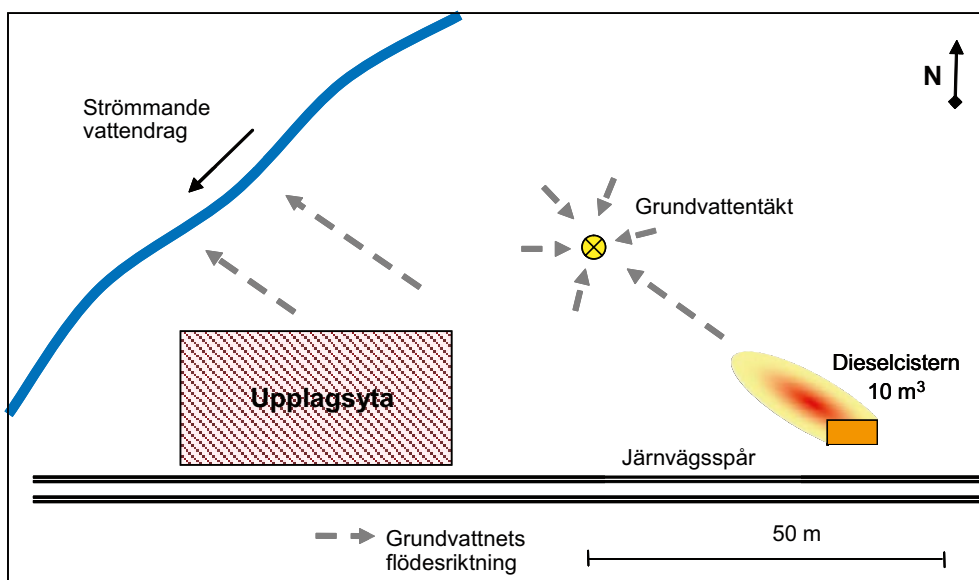
3.1 Inledning

Nedan beskrivs förutsättningarna i den hypotetiska fallstudie som används i kursen. Beskrivningen och figurerna är baserade på den fallstudie som utarbetats för riskbedömning enligt Banverkets standard för riskklassificering och prioritering, BVS 585.82 (Banverket, 2007).

Inom fastigheten har två olika föroreningskällor identifierats:

- Punktkälla i form av en oljecistern. Oljeförorening kan finnas i både mark och grundvatten.
- Upplagsyta för impregnerat virke. Förorening av impregneringsmedel kan finnas inom en större del av denna yta.

Marken vid båda föroreningskällorna utgörs av genomsläpplig jord i form av fyllnadsmaterial som överlagrar sand och grus. En plankarta över området beskrivs i figur 3.1.



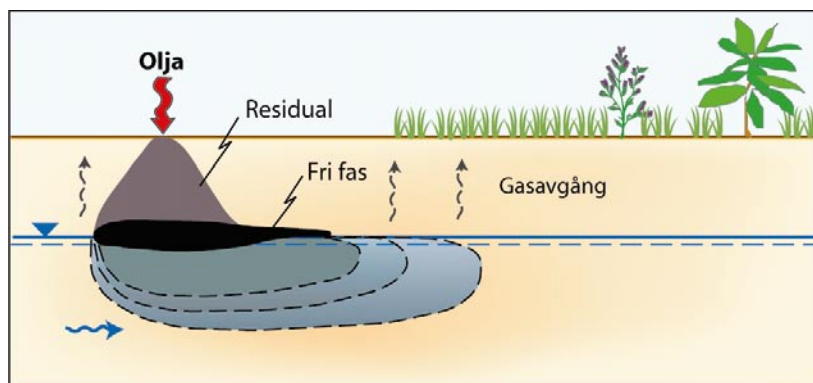
Figur 3.1. Plankarta Fallstudie. Vid dieselcisternen indikeras en möjlig spridningsplym i grundvatten, se beskrivning nedan (efter Banverket, 2007).

3.2 Föroreningskälla 1: Drivmedelscistern

Den första riskkällan utgörs av en cistern för drivmedel (dieselolja) ovan jord med en invallning i form av ett gjutet betongkar. Vid källan misstänks att ett utsläpp av drivmedel ha kunnat ske, vilket i så fall resulterat i en förorening (ett utsläppsområde) kring cisternen. Om utsläppet varit större har även grundvattnet kunnat förorenas. Kring betongkaret finns inga hårdgjorda ytor.

Diesel har en vattenlöslighet under 10 mg/l och flyktigheten är låg. Diesel och eldningsolja har en densitet som är lägre än vattnets, vilket tillsammans med den låga vattenlösligheten innebär att diesel som kommer ut i tillräckligt stor mängd kan uppträda som fri fas och ”flyta” på grundvattenytan. Transporten sker väsentligen i den kapillära zonen strax ovanför grundvattenytan. En mindre andel av dieseln kan lösas i vattnet och spridas i grundvattenzonen.

Grundvattenytan bedömdes vid oljecisternen vara belägen i det ursprungliga sand- och grusmaterialet och c:a 1,5 meter under markytan. Förorenings-spridning från utsläppsområdet via grundvatten är därför möjlig. I figur 3.2 beskrivs föroreningssituationen vid oljecisternen schematiskt.



- Residual kvar i den omättade zonen (0-1,5 m). Hög påverkan i jord.
- Fri fas diesel med i huvudsak alifatiska kolväten transporteras upp på grundvattenytan, i den kapillära zonen på ca (1,5 meters djup). Hög påverkan i kapillära zonen nära källan.
- Lösta komponenter, i huvudsak aromatiska kolväten, transporteras i grundvattenzonen. Låg-måttlig påverkan i grundvattnet.

Figur 3.2. Schematisk beskrivning av föroreningssituationen vid drivmedelscisternen (efter Banverket, 2007).

För dieselcisternen genomfördes en inspektion enligt följande:

- Platsen inspekterades och det bekräftades att området är placerat i en isälvavlagring, att markytan inom utsläppsområdet utgörs av fyllnadsmaterial men är relativt genomsläpplig och att grundvattnets flödesriktning med hög sannolikhet är mot vattentäkten, vilken är belägen endast ca 50 m från cisternen.
- Vid inspektionen av föroreningskällan konstaterades att större spill kunnat ske vid platsen och att cisternens kondition är mycket dålig. Betongkaret vid cisternen innehåller rester av olja och dess volym är så liten att det vid ett större utsläpp har kunnat brädda. Cisternen är inte heller placerad under tak, vilket kunnat medföra att vatten funnits i karet, som ytterligare minskat dess kapacitet vid eventuella utsläpp.

3.3 Föroreningskälla 2: Upplagsyta

Den andra riskkällan utgörs av en mindre upplagsyta (ca 20 x 80 m) där impregnerat virke förvarats. Förorening av impregneringsmedel (kresot och CCA-medel) misstänks kunna förekomma inom en betydande del av området. Upplagsytan är placerad inom samma sand- och grusavlagring som vattentäkten.

Kresot är en destillationsprodukt, som är framställd från stenkolkstjära och som innehåller flera hundra ämnen. Den helt övervägande delen består av s.k. polyaromatiska kolväten (PAH). Andra typer av ämnesgrupper som förekommer i kresot är fenoler och heterocykliska ämnen. Flyktigheten är låg eller mycket låg för de ingående komponenterna i kresot. Kresotens sammansättning har med åren förändrats och halten av flyktiga ämnen samt polyaromaten bens(a)pyren minskats.

Vid större spill av kresotolja kan vätskan röra sig i fri fas i jordlagren och på grund av den något högre densiteten än vattnets sjunka ner i ett grundvattenmagasin. Rörligheten är dock lägre än den som klorerade lösningsmedel uppvisar på grund av dels att densitetskillnaden är mindre för kresot, dels att kresoten har högre viskositet. Typiskt vid transport i jordlager är att kresot i kontakt med jordmatrisen fraktioneras så att de tyngsta och minst mobila komponenterna binds närmast utsläppspunkten och komponenter med lägre molekylvikt och högre löslighet transporteras längre sträckor.

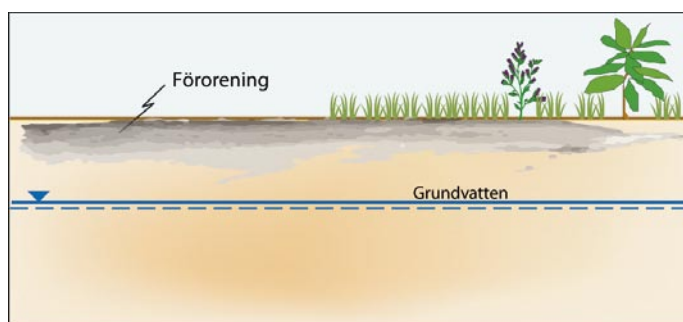
Vid dropp eller mindre spill med CCA-medel fastläggs de ingående metallerna (koppars, krom och arsenik) i betydande grad i de översta jordlagren. Den del som inte fastläggs transporteras längre ner och binds efterhand till jordpartiklarna. Detta innebär att halterna vanligen avklingar mot djupet. Avklingningen kan ske mycket snabbt beroende på förekomst av skikt med t.ex. finkornigt material eller organiskt material. Föroreningstransporten kan öka i det fall grundvattenytan når de ytliga marklagren eller om t.ex. nederbörden är kraftig. Urlakning från det impregnerade virket och till marken är ofta större vad gäller arsenik jämfört med koppars och krom. Vid större spill transporteras CCA-medlen i vattenfas.

Inom upplagsytan bedöms inga större utsläpp ha varit möjliga, men däremot antas många mindre spill kunnat ske genom exempelvis dropp från det impregnerade virket. Impregnerat antas ha lagrats i större omfattning i nära anslutning till järnvägsspåren söder om upplagsytan än i de norra delarna av ytan. I figur 3.3 beskrivs schematiskt föroreningsituationen inom upplagsytan.

För upplagsytan genomfördes en inspektion enligt följande:

- Platsen inspekterades och det bekräftades att området är placerat i en isälvsavlagring och att grundvattnets flödesriktning med hög sannolikhet är mot vattendraget.
- Vid inspektionen av föroreningskällan kunde ingen förorening uppenbart ses i markytan. Det finns emellertid säker dokumentation på att upplag förekommit och man anser det vara säkert att åtminstone mindre spill förekommit inom den större delen av området.

I fallstudien i kursen fokuseras på arsenikföroreningarna inom området.



- Föroreningar av PAH och metaller (AS, Cu och Cr) koncentrerade till översta jordlagren (0-0,5 m). Låg-måttlig påverkan i mättade jordlager under denna nivå.
- Låg-måttlig påverkan i grundvatten.
- Höga grundvattennivåer (nära markytan) ökar urlakningen och kan leda till stor påverkan i grundvattnet som är i kontakt med förorenade jordlager.
- Kvoten PAHövriga/PAHcanc ökar mot djupet.

Figur 3.3. Schematisk beskrivning av föroreningssituationen inom upplagsytan (Efter Banverket, 2007).

3.4 Skyddsobjekt

För både drivmedelscisternen och upplagsområdet utgör utsläppsområdena kring föroreningskällorna skyddsobjekt. Cirka 50 meter nordväst om cisternen finns dessutom en grundvattentäkt som utgör dricksvattentäkt för ca 25 hushåll. Cirka 20 meter nordväst om upplagsområdet och 50 m nordväst om vattentäkten finns ett vattendrag. Vattendraget har ett måttligt ekologiskt skyddsvärde och används också för rekreation i form av bad och fiske.

3.5 Spridningsvägar

För spridningen från drivmedelscisternen antas grundvatten vara den enda möjliga spridningsvägen. Grundvattenytan bedöms vara belägen i det ursprungliga sand- och grusmaterialet och grundvattnets huvudsakliga spridningsriktning bedöms vara mot nordväst.

Vid vattentäkten sker ett kontinuerligt uttag av grundvatten, vilket skapar ett influensområde inom vilket grundvattenflödet antas vara riktat nära nog radiellt mot vattentäkten. Detta innebär att det är hög sannolikhet för grundvattenströmning mellan cisternen och vattentäkten. Samtidigt utgör uttaget i grundvattentäkten under normala förhållanden ett hinder för grundvattenflöde från drivmedelscisternen till vattendraget.

Från upplagsytan mot vattendraget antas också eventuella föroreningar kunna spridas med grundvattnet.

3.6 Exempel som behandlas i kursen

Följande exempel tas upp i kursen:

- 1) Skattning av **medelhalt**, dels med känd standardavvikelse, dels med okänd standardavvikelse.
- 2) Koll av **datas fördelning** m.h.a. kvantilplottar.
- 3) Skattning av **medelhalt** på upplagsytan utifrån två olika stora stickprover och samt beräkning av **UCL95** för medelhalten.
- 4) Jämförelse mellan medelhalt och riktvärde för halter m.h.a. **hypotestest**.
- 5) **Hemuppgift:** Kvantilplottar, bestäm fördelningsmodell, skatta medelhalt, välj felrisknivå, beräkna UCL95 för vald nivå samt ge rekommendationer utifrån kadmiumdata.
- 6) Analys av variation av medelhalter mellan delområden (**variansanalys, ANOVA**)
- 7) Demonstration av **ANOVA i Excel** för analys av variation av medelhalter mellan delområden på upplagsytan.
- 8) Bestämning av **andelen** förorenade massor på upplagsytan (betafördelning) – kopplat till uppskattning av volym, mängd och kostnad.
- 9) Bedömning av **trend** i förhållande till t.ex. naturlig självrening i en observationsbrunn nedströms dieselcisternen m.h.a. både **trendtest och regression**.
- 10) Demonstration av **interpolation m.h.a. kriging** för att avgränsa delområden.
- 11) Genomgång av **kostnads-nyttoanalys** och avvägning för **rimliga åtgärds-kostnader**.

4 Avslutande kommentarer

Denna rapport beskriver upplägget på en kurs i statistisk analys kopplat mot förorenade områden. Syftet med kursen är att förmedla grundläggande kunskaper inom statistisk analys så att i första hand handläggare vid myndigheter, konsultföretag och entreprenörsbolag som arbetar med frågeställningar inom förorenade områden själva ska kunna utföra enklare statistiska analyser samt ställa krav på och kunna tolka resultatet av andras statistiska analyser.

Kursen tar i första hand upp vanliga statistiska metoder, såsom beräkning av medelvärden, standardavvikelse, konfidensintervall, hypotestest, variansanalys och mätning av trender. I kursen introduceras emellertid även Bayesianska metoder för sammanvägning av subjektiv förhandsinformation och mätdata, beta-statistik för uppskattning av andelen förorenad jord inom ett område, kostnads-nyttoanalys för att uppskatta rimliga åtgärds-kostnader och spatiell statistik för att interpolera föroreningshalter. Ett beräkningsverktyg utvecklat i Excel tillhandahålls där flera av de grundläggande statistiska metoderna kan utföras.

Två kursdagar är en alltför kort tid för att bygga upp en gedigen kunskap gällande olika metoder för statistisk dataanalys. I kursen prioriteras därför grundläggande statistisk förståelse och enkla analysmetoder. Vi anser dock att förståelse för och tillämpning av enklare statistiska analyser kommer att leda till en höjning av lägstanivån på utredningar gällande förorenade områden i Sverige.

Kursen ska ses som ett första steg för personer som är intresserade av att använda, granska eller efterfråga statistiska analyser inom förorenade områden. I diskussionerna under utvecklingen av kursen har det konstaterats att det finns behov av flera kurser som kompletterar denna grundläggande kurs. Exempel på angelägna kursinsatser anser vi vara:

- Kurs i Bayesianska metoder för att öka förståelsen för hur mätdata kan integreras på ett matematiskt korrekt sätt med subjektiva kunskaper och tolkningar.
- Kurs i spatiell statistik för att öka förståelsen kring hur s.k. geostatistiska metoder som kriging kan användas och när dessa metoder är mindre lämpliga.
- Kurs i kostnads-nyttoanalys där de statistiska analyserna är viktiga delar för att bedöma osäkerheter vid beräkningar av olika åtgärdsalternativs förväntade ekonomiska utfall.

5 Referenser

Banverket, 2007: Förorenade områden – System för riskklassificering och prioritering (SRP). BVS 585.82.

Batelle Memorial Institute, Earth Tech Inc and NewFields Inc, 2002. Guidance for Environmental Background Analysis. Volume I: Soil. User's Guide, UG-2049-ENV, Naval Facilities Engineering Command, Washington DC.

Batelle Memorial Institute, Earth Tech Inc and NewFields Inc, 2004. Guidance for Environmental Background Analysis. Volume III: Groundwater. User's Guide, UG-2059-ENV, Engineering Service Center, Naval Facilities Engineering Command, Port Hueneme, California.

Grandin, U., 2003. Dataanalys och hypotesprövning för statistikanvändare. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Handledning-for-miljoovervakning/Utformning-av-program-och-statistik/>. 2008-01-08

NAVFAC, 1999. Handbook for statistical analysis of environmental background data, SWDIV and EFA WEST, Naval Facilities Engineering Command.

SNV, 1996. Rätt datakvalitet: Vägledning i kvalitetssäkring vid miljötekniska undersökningar. Rapport 4667, Naturvårdsverket, Stockholm.

SNV, 1997. Åtgärdskrav vid efterbehandling. Vägledning för att acceptabla resthalter och restmängder uppnås - metoder och säkerhet. Rapport 4918, Naturvårdsverket, Stockholm.

USEPA, 2006a. Data Quality Assessment: A Reviewer's Guide. EPA QA/G-9R. EPA/240/B-06/002, February 2006, Office of Environmental Information, US EPA, Washington DC.

USEPA, 2006b. Data Quality Assessment: Statistical Methods for Data Practitioners. EPA QA/G-9S. EPA/240/B-06/003, February 2006, Office of Environmental Information, US EPA, Washington DC.

6 Bilaga A: Beskrivning av CD

6.1 Introduktion

Denna bilaga sammanfattar kortfattat den litteratur och de programvaror som finns på den CD som medföljer kursen. Den svenska litteratur som finns på CDn är publicerad av dels Naturvårdsverket som deras egna rapporter eller som rapporter från kunskapsprogrammet Hållbar Sanering och är ett axplock av vad som fanns publicerat vid tillfället för skrivandet av denna rapport. Urvalet är baserat på att det på något sätt avhandlar statistik, hantering av osäkerheter eller åtminstone beskrivning av osäkerheter. Det mesta är specifikt inriktat mot förorenade områden, men det finns även mer allmänna dokument för miljöövervakning.

Internationellt har det producerats mycket inom förorenad mark och statistik. Här har vi valt att endast ta med ett antal publikationer från USA, dels från US EPA (US Environmental Protection Agency), samt från Naval Facilities Engineering Command. Förutom litteratur finns även ett antal programvaror på CDn. Dessa är SADA 4.1 (Spatial Analysis and Decision Assistance), VSP 5.0 (Visual Sample Plan) och ProUCL 4.0. Dessa tre programvaror är freeware och kan laddas ner gratis från nätet. Både dokument från US EPA och de freeware som omnämns uppdateras kontinuerligt och för att ha tillgång till senaste versionen bör man leta efter uppdateringar.

Det finns även en kort beskrivning av beräkningsverktyget som har utvecklats i Excel och som finns på CDn. Förutom nämnda dokument och programvaror finns även allt OH-material och föreliggande rapport på CDn.

6.2 Naturvårdsverkets egna rapporter

6.2.1 Åtgärdskrav vid efterbehandling (4807)

Åtgärdskrav skall bl.a. ange vilka massor som skall åtgärdas och hur de skall åtgärdas, acceptabla resthalter i kvarlämnad jord samt hur och med vilken säkerhet man skall kontrollera att åtgärdskraven uppfylls. Rapporten behandlar entreprenadanpassning av åtgärdskrav, åtgärdskrav som innefattar acceptabel resthalt, samt klassificering av jord (SNV, 1997).

I de fall åtgärdskraven anger en acceptabel resthalt i förorenade områden är det nödvändigt att klassificera jord, dvs. avgöra om föroreningshalten är högre eller lägre än den acceptabla resthalten. Två typer av fel kan uppstå vid klassificering:

- Felaktig ”negativ” klassificering – när jordmassor klassificeras som rena trots att den verkliga föroreningshalten överskrider den acceptabla resthalten.
- Felaktig ”positiv” klassificering – när jordmassor klassificeras som förorenade trots att den verkliga föroreningshalten underskrider den acceptabla resthalten.

I rapporten ges ett antal deterministiska och ett antal statistiska metoder för klassificering, och en kombination av statistiska och deterministiska metoder rekommenderas. Dessutom bör en grovindeling först ske där områden identifieras som ”rent”, ”övergångszon” eller ”förorenat”, där klassificeringen i övergångszonen är intressantast att undersöka. Detta görs både horisontellt och vertikalt.

Begreppet selektiv efterbehandlingsvolym (SEV) tas upp, vilket betecknar den minsta volym jord som under saneringsarbetet avses separeras och klassificeras. Storleken på SEV styrs framförallt av riskerna för miljö och hälsa, men måste även ta hänsyn till det praktiska genomförandet och ibland kan även ekonomi spela in. Förutom allmänna rekommendationer om storleken på SEV, ges även anvisningar för att beräkna den övre ensidiga konfidensgränsen för medelvärdet inom SEV (UCLM – upper confidence limit for the mean). Rekommendationer för när samlingsprover kan användas ges som då variationskoefficientens storlek ($CV = \text{standardavvikelse}/\text{medelvärde}$) är mindre än 1. Provtagningsprocedurer och utvärdering av klassificering av jord går igenom, med beräkning av UCLM.

6.2.2 Rätt datakvalitet (4667)

Vägledningen omfattar kvalitetsarbete vid miljötekniska undersökningar från den första kontakten mellan uppdragsgivare och utförare, via det praktiska utförandet av provtagningar m.m., till utvärdering och redovisning (SNV, 1996). Utgångspunkten för rapporten är *rätt* datakvalitet, vilket innebär att kvalitetsnivån skall bestämmas innan projektstart tillsammans med t.ex. beställare, uppdragsgivare, myndigheter.

Flera faktorer påverkar datakvaliteten och rätt datakvalitet kräver en genomtänkt och tydlig undersökningsplan där alla aspekter, från planering, fältarbete, analys och utvärdering beaktas. Figur 6-1 illustrerar faktorer som påverkar datakvaliteten.

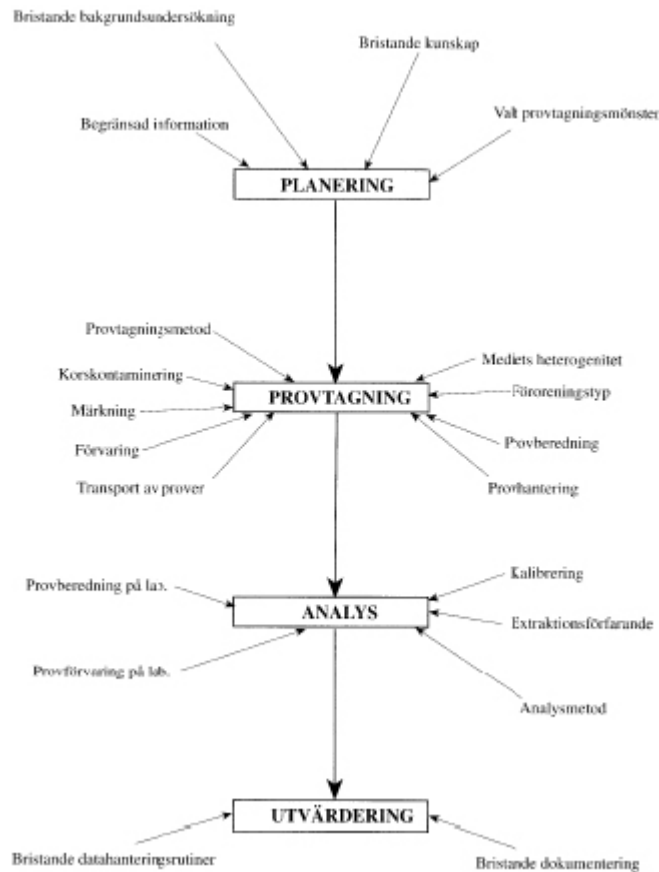
Vald undersökningsstrategi baseras på bakgrundsuppgifter som samlats in under den orienterade fasen. I rapporten går översiktligt igenom olika provtagningsmönster, såsom: riktad, slumpmässig och systematisk provtagning. Provtagning går igenom med avseende på mediets heterogenitet, förorenings typer, provets representativitet, provtagningsmetoder, kontrollprover och korskontaminering. Provhantering för att minska risken för fel går också igenom. Fältanalyser och laboratorieanalyser går kortfattat igenom.

Kapitel 4 i rapporten diskuterar utvärdering och redovisning av mätdata. En datahanteringsplan underlättar utvärderingen och kan innehålla beskrivning av hur mätdata skall registreras och dokumenteras och av vilka kontroller som skall göras för utvärdering av mätdatas giltighet, fullständighet, rimlighet, representativitet m.m.

Den statistiska bearbetningen av kontrollerade mätdata går igenom översiktligt, från enkla statistiska spridningsmått som medelvärde, median och varians till olika komplexa interpoleringsmetoder, framförallt geostatistik. Kriging belyses närmre i en bilaga. Det sista kapitlet i rapporten behandlar

kvalitetssäkring, vilket innebär att man genom förberedelser, planering och styrning skapar förutsättningar för att göra rätt från början.

Ett exempel ”Bilskroten” följs genom hela rapporten för att illustrera de olika kapitlen i rapporten.



Figur 6-1. Faktorer som påverkar datakvaliteten i olika moment vid en miljöteknisk undersökning.

6.2.3Handledning för miljöövervakning

Nedanstående skrifter ingår i den handledning för miljöövervakning som ges på Naturvårdsverkets hemsida, se vidare:

<http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Handledning-for-miljoovervakning/Utformning-av-program-och-statistik/>.

6.2.3.1 PLANERING OCH UTFORMNING AV MILJÖÖVERVAKNINGSPROGRAM

En vägledning ges för hur arbetsprocessen att ta fram ett nytt delprogram för miljöövervakning kan se ut, med utgångspunkt i en holländsk modell (Inghe, 2002).

6.2.3.2 BESKRIVANDE STATISTIK OCH PRESENTATION

En kort skrift som går igenom olika sätt att redovisa data i tabeller och diagram (SNV, 2008).

6.2.3.3 PLANERING AV UNDERSÖKNINGAR

En kort skrift som går igenom syfte med undersökningar samt population och stickprov, hypotesprövning, stickprovets representativitet, antal stickprov och statistisk styrka, datakvalité och bearbetning och presentation av data, och slutligen planering av experiment (Grandin, 2003a).

6.2.3.4 DATAANALYS OCH HYPOTESPRÖVNING FÖR STATISTIK-ANVÄNDARE

Skriften riktar sig mot statistik användare som vill lära sig mer om grundläggande statistik och om vilka olika förutsättningar som gäller för olika statistiska tester (Grandin, 2003b). Rapporten är uppbyggd med följande avsnitt: introduktion, hypotesprövning, avvikande värden (outliers), beskrivande statistik, hypotestester (ett stickprov), hypotesprövning (två grupper och fler än två grupper), korrelation och regression, chi-två-tester och kontingenstabeller samt multivariata metoder. I inledningen ges även en sammanställning över olika statistiska tekniker och när de passar att användas, se Tabell 6-1.

6.2.3.5 KRAVET PÅ NOGGRANNHET I VATTENDIREKTIVET

En kort skrift som behandlar några grundläggande begrepp som rör dataanalys och statistisk säkerhet med speciell fokus på sådant som tas upp i vattendirektivet (Grandin, 2003c).

6.2.3.6 EXEMPELSAMLING

En exempelsamling i anslutning till statistiska analysmetoder inom miljöövervakning (SNV, 2008).

Tabell 6-1. Sammanställning över olika statistiska tekniker och när de passar att användas.

	Önskad analys	Typ av data		
		Mätdata (normalfördelade)	Rang, poäng, mätdata som inte är normalfördelade	Binomial (endast två möjliga utfall)
Skillnader	Beskrivning av en grupp	Medelvärde, standardavvikelse	Median, kvantiler, omfång	Proportion
	Jämföra en grupp med ett hypotetiskt värde	t-test för ett stickprov	Wilcoxons test	Chi-två eller binomialtest *
	Jämföra två oberoende grupper	Oparat t-test	Mann-Whitneys test	Fishers test *
	Jämföra två beroende grupper	Parat t-test	Wilcoxons test	McNemars test *
	Jämföra tre eller fler oberoende grupper	Envägs ANOVA	Kruskal-Wallis test	Chi-två-test
	Jämföra tre eller fler beroende grupper	ANOVA för upprepade mätningar	Friedmans test	Cochranes Q test *
Samband	Fastställa samband mellan två variabler	Pearsons korrelation	Spearman's korrelation	Kontingens-koefficient *
	Predicera ett värde från en annan uppmätt variabel	Enkel eller icke-linjär regression	Icke-parametrisk regression	Enkel logistisk regression
	Predicera ett värde från flera uppmätta variabler	Multipel linjär eller icke-linjär regression	-	Multipel logistisk regression *

* finns ej beskrivet i kompendiet

6.3 Kunskapsprogrammet Hållbar Sanering, Naturvårdsverket

6.3.1 Probabilistisk riskbedömning fas 1 (5532)

Fas 1 av det projekt inom Hållbar Sanering som genomförts vid Högskolan i Kalmar gör en litteraturöversikt som redovisar hur kvantitativa riskbedömningar av förorenad mark kan genomföras med en sannolikhetsbaserad – probabilistisk – metod (SNV, 2005a). Det som här avses med riskbedömning gäller hur man kan behandla osäkerheter främst i exponeringsanalysen för människor. Genomgången tar upp begrepp och definitioner, probabilistiska metoder, modeller och osäkerhet, variabilitet och simuleringsteknik, riktlinjer och kvalitetssäkring. Den avslutar med ett kapitel om tillämpbarheten för svenska förhållanden och visar upp ett beräkningsexempel med tillämpning av ett probabilistiskt tillvägagångssätt för att beräkna intag av benso[a]pyren från grönsaker. Den främsta användningen i Sverige tror författarna kommer vara att beräkna plats-specifika riktvärden. En gedigen referenslista avslutar rapporten.

6.3.2 Probabilistisk riskbedömning fas 2 (5621)

Del två av projektet som beskrevs ovan syftar till att undersöka hur kvantitativa riskbedömningar av förorenad mark kan genomföras med en sannolikhetsbaserad metod, med fokus på hur de skall genomföras och kvalitetssäkras (SNV, 2005b). Rapporten går igenom tillämpbarheten för förorenad mark, och hur osäkerhet och variabilitet kan beskrivas. Tre beräkningsmetoder går igenom: intervallskattning, Monte Carlo-simulering, och Probability Bounds Analysis (PBA). Val av sannolikhetsfördelningar samt oberoende mellan variabler och andra antaganden, känslighetsanalyser, resultatredovisning och kvalitetssäkring samt riskkommunikation belyses.

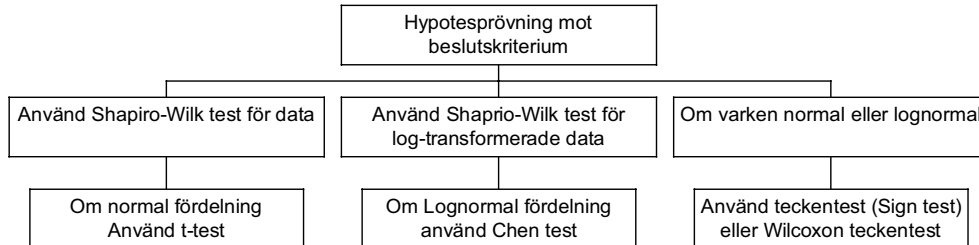
Bland de slutsatser de drar är att metoderna främst är tillämpbara inom exponeringsanalys och ekologiska effekter och att valet av sannolikhetsfördelningar är den enskilt viktigaste faktorn som påverkar utfallet av beräkningarna, varför dessa skall motiveras och dokumenteras. Känslighetsanalys skall alltid göras och kan identifiera de faktorer som har stor inverkan på utfallet och var ytterligare kunskapsinhämtning är mest välmotiverad.

6.3.3 Osäkerheter i riskbedömning och beslutsprocess: exemplifiering med fallstudier (5804)

Rapporten (SNV, 2008c) inleds med en genomgång av osäkerheter i riskbedömning. Här betraktar man dock jämförelsen mellan observerade föroreningshalter på platsen och det uppställda riskkriteriet (t ex plats-specifikt riktvärde) som den viktigaste, med därpå följande frågor:

- Om föroreningshalten överskrider beslutskriteriet, hur signifikant är överskridandet?
- Om föroreningshalten överskrider beslutskriteriet, var inom området, hur stora är jordvolymerna och hur stor är osäkerheten i volymuppskattning?

Följande avsnitt behandlar relationen mellan riskkriterium och observerade halter, beslutsfel, hypotesprövning och formulering av nollhypotes. Osäkerheter i klassificering av föroreningsgraden går igenom med ett antal exempel. Ett flödesschema beskriver hur de rekommenderar steg som bör tas för att identifiera lämpliga analyser av data, se Figur 6-2.



Figur 6-2. Flödesdiagram för tillämpning av lämpliga statistiska procedurer för analys av data för att jämföra stickprovspopulation med ett riktvärde.

Följande kapitel tar upp rumslig osäkerhet i riskbedömning och jämför olika interpolationstekniker (nearest neighbour, inverse distance, och kriging) m a p riskkartor och area of concern (dvs. hur stort område som skall åtgärdas) för olika riktvärden och gridstorlek. Kapitel sju tar upp osäkerheter i ekologisk riskbedömning där man tar hänsyn till att recipienten (djur, fisk, maskar, mikroorganismer) kan ha olika vandringmönster som gör att de rör sig över ett område i tiden, dvs. osäkerheter i exponeringsanalysen för ekosystemen.

Rapporten avslutas med följande rekommendationer:

- Ta fram underlag till vägledning för statistisk kvantifiering av osäkerheter i förhållandet mellan föroreningsgraden (i källan) och uppställt riskkriterium (riktvärde).
- Anordna kurser i riskanalys med fokus på osäkerheter för yrkesverksamma (både konsulter och miljöhandläggare på länsstyrelser och kommuner).
- Initiera arbete kring formalisering av rekommendationer för genomförande av uppdrag/studier, som inkluderar fördjupad riskbedömning.

6.3.4 Erfarenhetsutvärdering och inventering av provtagningsstrategier för jord, grundvatten och porgas (under publicering)

Syftet med projektet som redovisas var att inventera vilka befintliga metoder och vägledningar som finns för att effektivisera provtagning av olika medier. Bilagda i syntesrapporten (SNV, 2008d) finns det en delrapport för respektive jord, grundvatten och porgas. Dessutom finns två delrapporter som kommer att redovisas endast i form av nedladdningsbara pdf-dokument och som redovisar hur undersökningar har utförts i Sverige respektive Danmark.

I delrapporten avseende provtagningsstrategier för *jord* redovisas en sammanfattning av flera olika provtagningsstrategier, inklusive deras för- och nackdelar samt under vilka förutsättningar olika strategier fungerar bäst. Två förhållandevis nya strategier presenteras: rankbaserad strategi och anpassad klusterprovtagning. Strategierna baseras främst på amerikanska vägledning framtagna på uppdrag av US Environmental Protection Agency, US EPA.

I delrapporten avseende provtagningsstrategier för *grundvatten* beskrivs olika strategier beroende på syftet med provtagningen. Några mjukvaruprogram för visualisering av undersökningsresultat i två och tre dimensioner har inventerats och beskrivs med för- och nackdelar. Delrapporten, som är skriven på danska, beskriver olika strategier principiellt och för detaljerade anvisningar och råd avseende t.ex. bormetodik och provtagningsmetoder hänvisas till olika danska och svenska handböcker inom området.

Provtagning av *porgas* är en modernare teknik än både jord- och grundvattenprovtagning. Inventeringen visar att det finns vägledning kring hur och med vilka metoder porgasmätningar bör utföras, men att det saknas till stor del rekommendationer kring provtagningsstrategier som är inriktade mot mätning av porgas, eller så är vägledningarna generellt utformade.

6.3.5 Provtagningsstrategier för förorenad jord (under publicering)

Rapporten (SNV, 2008e) är indelad i tre huvudsakliga delar: huvudrapport, exempelsamling och ett antal teoretiska beskrivningar i bilagor.

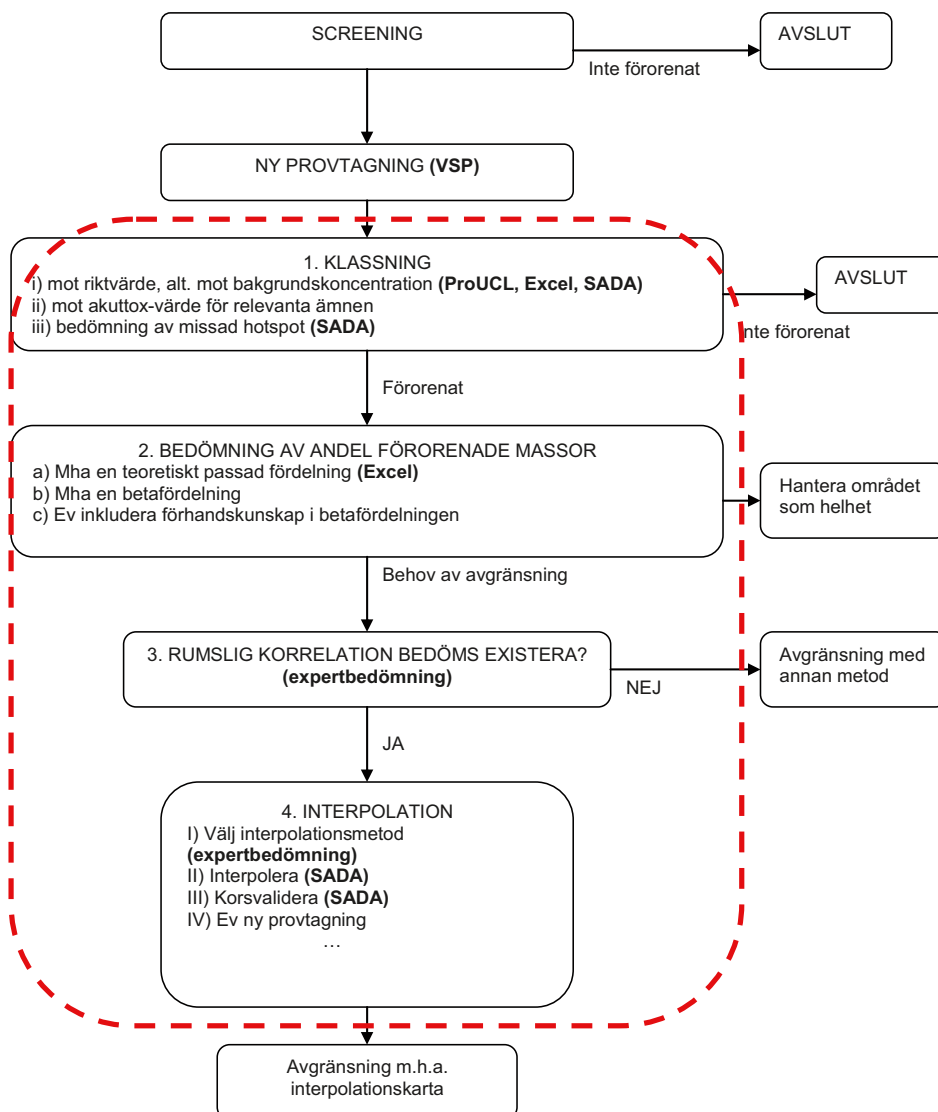
Huvudrapporten är inriktad på att kortfattat beskriva en metodik för att planera provtagningar. Metodiken som föreslås för att utforma en bra provtagningsstrategi innehåller följande sex generella moment: (1) Definiera provtagningsens syfte, (2) Bestäm hur förhandskunskap ska hanteras, (3) Definiera rimliga och tidsmässiga avgränsningar, (4) Bestäm provtagningskala och typ av prov, (5) Välj angreppssätt och (6) Bestäm antal prov och placering. De tre olika angreppssätt som beskrivs är: (i) sannolikhetsbaserat angreppssätt, (ii) bedömningsbaserat angreppssätt och (iii) sökbaserat angreppssätt. Både ett sannolikhetsbaserat och ett sökbaserat angreppssätt tillåter att man ställer krav på säkerhet i resultaten för att beräkna antalet prov.

Det som framförallt är nytt för ett sannolikhetsbaserat angreppssätt är att det ges praktiska metoder för att beräkna antalet prover som behövs under vissa krav på säkerhet i resultaten, både för normal- och lognormalfördelad data. Graferna som har introducerats i rapporten kan användas dels för att dimensionera antalet prover utifrån ställda krav på säkerhet, men också för att avläsa vilken säkerhet man kan förvänta sig med ett givet antal prover, dvs. en låst budget. För ett bedömningsbaserat angreppssätt betonas vikten av att sätta upp en hypotes för hur föroreningen ser ut samt att på förhand definiera hur data bör tolkas beroende på analysvar. För ett sökbaserat angreppssätt betonas vikten av att använda sig av kompletterande metoder för att antalet prover skall bli rimligt.

Metodiken skall inte ses som en enkel kedja av steg som man successivt arbetar sig igenom utan ett iterativt arbetssätt rekommenderas där man går tillbaka en eller flera gånger och ser över och eventuellt reviderar de antaganden och skattningar som gjorts. I exempelsamlingen beskrivs tillämpning av metodiken som beskrivits i huvudrapporten för fem delområden relativt kortfattat.

6.3.6 Optimerad utvärdering (under publicering)

I rapporten (SNV, 2008f) presenteras ett ramverk (se Figur 6-3) för att strukturera utvärderingen av tillgänglig information, i form av förhandskunskap och insamlad data, från förorenade områden, som lyfter fram användningen av statistiska metoder.



Figur 6-3. Generellt ramverk, steg 1 - 4. Det som är inringat med rött behandlas i rapporten. Förslag på befintliga verktyg har angetts inom parantes.

Det första steget i ramverket är att göra en klassning av området som rent eller förorenat. Detta görs först genom att betrakta området som en helhet och därefter att ta eventuella hot spots med i beräkningen om detta bedöms vara relevant, framförallt vid akuttoxiska ämnen, eller där exponeringen sker genom intag av jord. Klassningen resulterar antingen i att området förklaras som inte förorenat och kan lämnas utan vidare åtgärder eller som förorenat där vidare utredning krävs.

Det andra steget är att göra en bedömning av andelen förorenade massor som har halter över riktvärdet. Detta är viktigt för att avgöra om endast en del av området skall åtgärdas och att den delen behöver avgränsas, eller om hela området behöver åtgärdas. Om hela området behöver åtgärdas kan det vara mer kostnadseffektivt att direkt åtgärda utan att avgränsa exakt var de förhöjda halterna är lokaliserade. Däremot, om endast en del av området behöver åtgärdas är det viktigt av avgränsa dessa områden.

Det tredje steget är att bedöma om det finns någon rumslig korrelation i området. Detta kan devis göras med hjälp av statistiska metoder, men expertbedömningar är en viktig del i den här bedömningen. I det sista och fjärde steget som utförs om det föreligger rumslig korrelation, utförs interpolation för att avgränsa delområden med förhöjda föroreningshalter.

I rapporten föreslås metoder och verktyg för att genomföra de olika föreslagna statistiska analyserna.

6.4 Internationella dokument

6.4.1 US EPA Quality Assurance

Det finns en lång serie rapporter för Amerikanska Naturvårdsverket – US Environmental Protection Agency (US EPA) – om generell vägledning listade på http://www.epa.gov/quality/qa_docs.html. Här nämns de som ansetts vara mest relevanta i det här sammanhanget.

6.4.1.1 GUIDANCE ON SYSTEMATIC PLANNING USING THE DATA QUALITY OBJECTIVE PROCESS, QA/G-4

Den här vägledningen beskriver en systematisk planering för att ta fram prestations- och acceptanskriterium för insamlande av miljömätdata (US EPA, 2006c). I US EPA-sammanhang benämns processen av systematisk planering för Data Quality Objective (DQO) Process. DQO-processen är en serie av logiska steg som guidar mot ett resurseffektivt insamlande av data.

6.4.1.2 GUIDANCE ON CHOOSING A SAMPLING DESIGN FOR ENVIRONMENTAL DATA COLLECTION, QA/G-5S

Vägledningen beskriver hur man designar en provtagningsstrategi för att samla in miljömätdata (USEPA, 2002). Den beskriver ett flertal grundläggande och mer innovativa provtagningsstrategier, samt processen för att bestämma

vilken strategi som passar för en specifik tillämpning. Programvaran VSP (Visual Sampling Plan) kompletterar vägledningen. VSP kan laddas ner på <http://vsp.pnl.gov/>

6.4.1.3 DATA QUALITY ASSESSMENT: A REVIEWER'S GUIDE, QA/G-9R

Vägledningen inleder med att förtydliga vad som avses med Data Quality Assessment (DQA), nämligen en vetenskaplig och statistisk utvärdering av miljömätdata för att bestämma om de tillmötesgår projektets planerade mål, och således om data är av rätt typ, kvalitet och kvantitet för att kunna användas för tänkt syfte (USEPA, 2006a). DQA bygger på att begreppet datakvalitet endast är meningsfullt om det relateras till en tänkt användning av data. Vägledningen innehåller en bred beskrivning av statistiska metoder, där en detaljerad beskrivning finns i det dokument som beskrivs nedan (QA/G-9S).

6.4.1.4 DATA QUALITY ASSESSMENT: STATISTICAL TOOLS FOR PRACTITIONERS, QA/G-9S

Den här vägledningen är den statistiska/tekniska delen av QA/G-9R, och innehåller bakgrundinformation och statistiska tester för att kunna utföra en DQA (USEPA, 2006b). Kapitlen överensstämmer med de steg som följs i en DQA. Vägledningen kompletteras med grafiska, och statistiska verktyg, samt exempel.

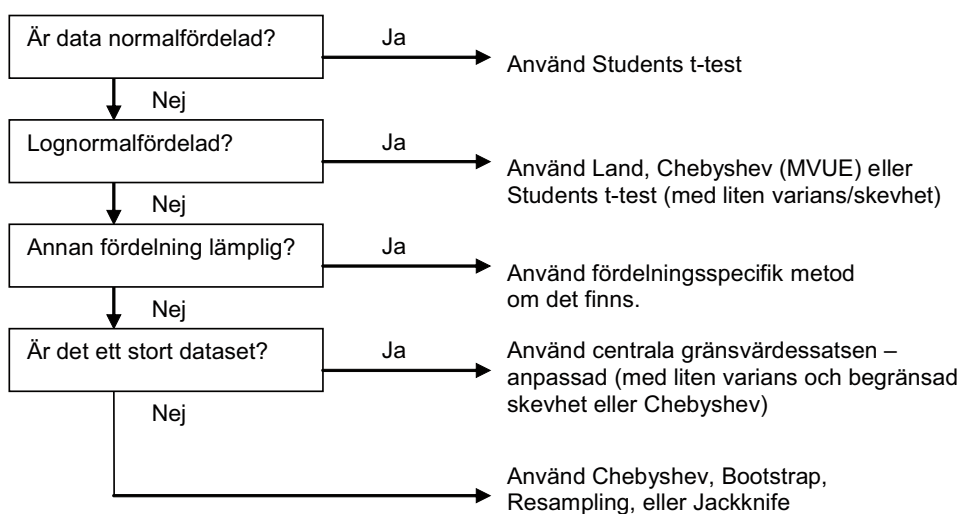
6.4.2 Andra dokument från US EPA

6.4.2.1 METHODS FOR EVALUATING THE ATTAINMENT OF CLEANUP STANDARDS

Tre volymer (se <http://www.frtr.gov/optimization/monitoring/wellplace.htm>) som beskriver hur man utvärderar om man uppnått åtgärdskraven där volym 1 och 3 riktar sig mot jord och fast material och volym 2 mot grundvatten (US EPA, 1989; US EPA, 1992a; US EPA, 1992b). Skillnaden mellan volym 1 och 3 är att i den förra beskrivs hur man jämför sitt dataset med ett känt referensvärde (d v s ett framräknat riktvärde) och i den senare hur man jämför sitt dataset med en referenspopulation eller en bakgrundpopulation. Dessa två jämförelser skiljer sig genom att olika statistiska tester är tillämpbara, samt att man sätter upp hypotestestningen olika. Alla tre volymer följer procedurerna för DQO och DQA, beskrivna ovan, men skrevs tidigare (1989) varför terminologin är lite annorlunda.

6.4.2.2 CALCULATING UPPER CONFIDENCE LIMITS FOR EXPOSURE POINT CONCENTRATIONS AT HAZARDOUS WASTE SITES

En skrift från 2002 som beskriver hur UCL (upper confidence limit) beräknas för normal- och lognormalfördelningar, samt för dataset som inte passar till någon specifik fördelning (US EPA, 2002). Ett flödesschema för att välja rätt UCL-metod presenteras, se Figur 6-4.



Figur 6-4. Flödesschema för UCL-metoder (US EPA, 2002).

6.4.3 Naval Facilities Engineering Command

Naval Facilities Engineering Command (se <https://portal.navfac.navy.mil/>) har gett ut ett antal dokument för att karakterisera bakgrundstillståndet på områden där tidigare aktiviteter har resulterat i faktiska eller misstänkta kemiska utsläpp.

6.4.3.1 GUIDANCE FOR ENVIRONMENTAL BACKGROUND ANALYSIS

Detta är en serie med vägledningsdokument för att analysera bakgrundstillståndet i olika media, t.ex. i jord och i grundvatten (Batelle Memorial Institute et al., 2002; Batelle Memorial Institute et al., 2004). Det följer US EPAs DQO och DQA, men inriktar sig alltså på att bedöma bakgrundstillståndet för naturligt förekommande metaller och baseras på väletablerade statistiska metoder och geokemiska samband.

6.4.3.2 HANDBOOK FOR STATISTICAL ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL BACKGROUND DATA

Ett dokument som ger steg-för-steg instruktioner för att utföra grafiska och statistiska data analyser och hypotestest och är tänkt att användas tillsammans med dokumenten beskrivna ovan (NAVFAC, 1999).

6.5 Programvaror

6.5.1 SADA – Spatial Analysis and Decision Assistance

SADA är en programvara utvecklat för visualisering, rumslig analys, statistisk analys, hälsoriskbedömning, miljöriskbedömning, kostnadsnyttoanalys, provtagningsdesign och beslutsanalys för förorenade områden. Det kan laddas ner gratis och har utvecklats av the Institute of Environmental Modeling vid University of Tennessee. Programmet laddas ner från <http://www.tiem.utk.edu/~sada/index.shtml>

6.5.2 VSP – Visual Sample Plan

VSP är en programvara som har utvecklats med syftet att vara ett enkelt verktyg för att definiera ett optimalt, tekniskt genomförbart provtagningsprogram för att karakterisera ytjord, byggda ytor, vattensamlingar eller liknande applikationer. Programvaran utnyttjar statistiska och matematiska algoritmer samt visualiserar kartor och presenterar resultat på ett användarvänligt sätt. Det är utvecklat av Battelle Memorial Institute vid Pacific Northwest National Laboratory. Programmet laddas ner från <http://vsp.pnl.gov/>

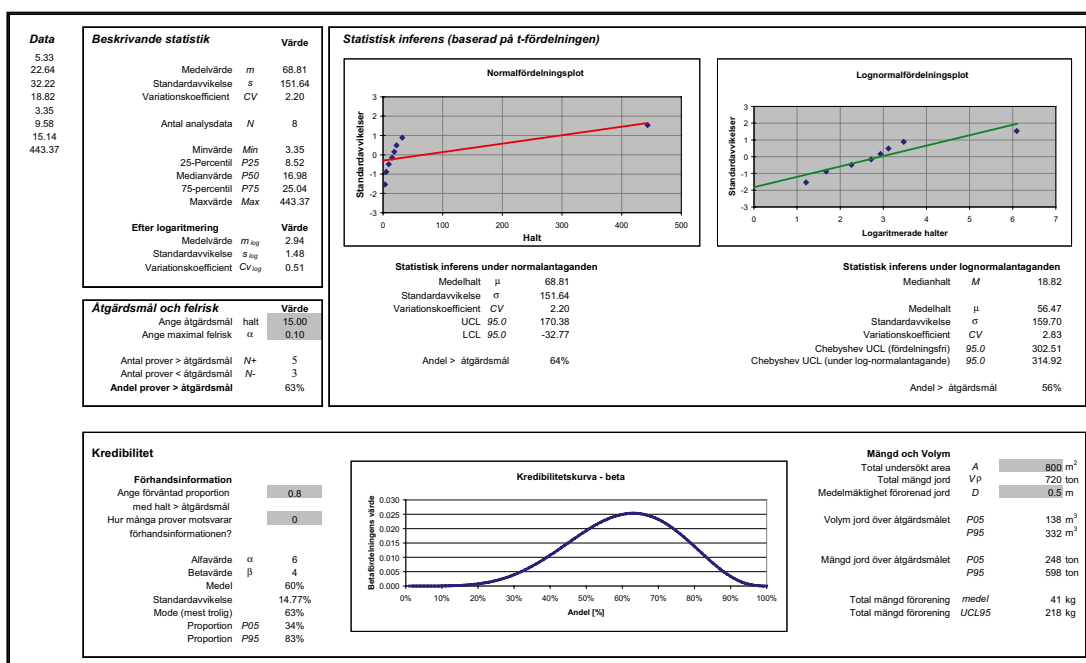
6.5.3 ProUCL

ProUCL är en programvara som utför flera av de statistiska analyser som rekommenderas i US EPAs datakvalitetsmanual (DQO). Grundläggande analys av data kan utföras (t.ex. histogram, Q-Q) och goodness-of-fit, hypotestester och beräkning av UCL ingår i paketet. Programvaran är mycket lättanvänd. Den är utvecklad under ledning av Technical Support Center vid US EPA (<http://www.epa.gov/esd/tsc/software.htm>).

6.6 Beräkningsverktyget

Beräkningsverktyget är speciellt framtaget för kursen, se Figur 6-5. Det är uppbyggt i Excel och med enkla handgrepp kan användaren lägga in egen data och få upp normal- och lognormalfördelningsplottar för att visuellt inspektera data, samt beskrivande statistik. Medelhalt och UCL (upper confidence limit) för önskad konfidens beräknas. Användaren måste själv avgöra om det är lämpligt att använda metoder som är anpassade för normal- eller lognormalfördelad data. För normalfördelad data används Student's t-fördelning. För lognormalfördelad data kan inte en korrekt beräkning av UCL göras i Excel. I verktyget finns dock två förenklade beräkningar, baserade på Chebyshevs olikhet, vilket bör ge en indikation på vad UCL maximalt kan vara. I det ena fallet används en fördelningsfri skattning av standardavvikelsen och i det andra fallet en skattning under antagande om log-normalfördelad data.

Dessutom ges möjlighet att göra en bedömning av den förorenade andelen av ett område med ett kredibilitetsintervall m.h.a. en betafördelning. Med hjälp av samma fördelning skattas också mängden och volymen jord över angivet åtgärdsområde på området.



Figur 6-5. Beräkningsverktyget.

6.7 Referenser

Batelle Memorial Institute, Earth Tech Inc and NewFields Inc, 2002. Guidance for Environmental Background Analysis. Volume I: Soil. User's Guide, UG-2049-ENV, Naval Facilities Engineering Command, Washington DC.

Batelle Memorial Institute, Earth Tech Inc and NewFields Inc, 2004. Guidance for Environmental Background Analysis. Volume III: Groundwater. User's Guide, UG-2059-ENV, Engineering Service Center, Naval Facilities Engineering Command, Port Hueneme, California.

Grandin, U., 2003a. Planering av undersökningar. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Handledning-for-miljoovervakning/Utformning-av-program-och-statistik/>. 2008-01-08

Grandin, U., 2003b. Dataanalys och hypotesprövning för statistikanvändare. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Handledning-for-miljoovervakning/Utformning-av-program-och-statistik/>. 2008-01-08

Grandin, U., 2003c. Kravet på noggrannhet i vattendirektivet. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Handledning-for-miljoovervakning/Utformning-av-program-och-statistik/>. 2008-01-08

Inghe, O., 2002. Planering och utformning av miljöövervakningsprogram. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Handledning-for-miljoovervakning/Utformning-av-program-och-statistik/>. 2008-01-08

- NAVFAC, 1999. Handbook for statistical analysis of environmental background data, SWDIV and EFA WEST, Naval Facilities Engineering Command.
- SNV, 1996. Rätt datakvalitet: Vägledning i kvalitetssäkring vid miljötekniska undersökningar. Rapport 4667, Naturvårdsverket, Stockholm.
- SNV, 1997. Åtgärdskrav vid efterbehandling. Vägledning för att acceptabla resthalter och restmängder uppnås - metoder och säkerhet. Rapport 4918, Naturvårdsverket, Stockholm.
- SNV, 2005a. Probabilistisk riskbedömning fas 1. Rapport 5532, Naturvårdsverket, Stockholm.
- SNV, 2005b. Probabilistisk riskbedömning fas 2. Rapport 5621, Naturvårdsverket, Stockholm.
- SNV, 2008a. Beskrivande statistik och presentation. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Handledning-for-miljoovervakning/Utformning-av-program-och-statistik/>. 2008-01-08
- SNV, 2008b. Exempelsamling. <http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Miljoovervakning/Handledning-for-miljoovervakning/Utformning-av-program-och-statistik/>. 2008-01-08
- SNV, 2008c. Osäkerheter i riskbedömning och beslutsprocess. Rapport 5804, Naturvårdsverket, Stockholm.
- SNV, 2008d. Erfarenhetsutvärdering och inventering av provtagningsstrategier för jord, grundvatten och porgas. Rapport xxxx (under publicering), Naturvårdsverket, Stockholm. (under tryckning)
- SNV, 2008e. Provtagningsstrategier för förorenad jord. Rapport xxxx (under arbete), Naturvårdsverket, Stockholm. (under arbete)
- SNV, 2008f. Optimerad utvärdering. Rapport xxxx (under arbete), Naturvårdsverket, Stockholm. (under arbete)
- US EPA, 1989. Methods for Evaluating the Attainment of Cleanup Standards. Volume 1: Soils and Solid Media. EPA 230/02-89-042, February 1989, Office of Policy, Planning, and Evaluation, US EPA, Washington DC.
- US EPA, 1992a. Methods for Evaluating the Attainment of Cleanup Standards. Volume 2: Ground Water. EPA 230-R-92-014, July 1992, Office of Policy, Planning, and Evaluation, US EPA, Washington DC.
- US EPA, 1992b. Methods for Evaluating the Attainment of Cleanup Standards. Volume 3: Reference-based Soils. EPA 230-R-94-004, December 1992, Office of Policy, Planning, and Evaluation, US EPA, Washington DC.

US EPA, 2002. Calculating upper confidence limits for exposure point concentrations at hazardous waste sites. OSWER 9285.5-10, Office of Emergency and Remedial Response, US EPA, Washington DC.

USEPA, 2002. Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection for Use in Developing a Quality Assurance Project Plan. EPA QA/G-5S. EPA/240/R-02/005, December 2002, Office of Environmental Information, US EPA, Washington DC.

USEPA, 2006a. Data Quality Assessment: A Reviewer's Guide. EPA QA/G-9R. EPA/240/B-06/002, February 2006, Office of Environmental Information, US EPA, Washington DC.

USEPA, 2006b. Data Quality Assessment: Statistical Methods for Data Practitioners. EPA QA/G-9S. EPA/240/B-06/003, February 2006, Office of Environmental Information, US EPA, Washington DC.

US EPA, 2006c. Guidance on Systematic Planning Using the Data Quality Objective Process. EPA QA/G-4. EPA/240/B-06/001, February 2006, Office of Environmental Information, US EPA, Washington DC.

Kurs i statistisk dataanalys och tolkning av resultat

RAPPORT 5897

NATURVÅRDSVERKET
ISBN 978-91-620-5897-5
ISSN 0282-7298

Tillämpningar inom förorenad mark

Rapporten redovisar kursstruktur och material för en 2-dagars utbildning för miljöhandläggare i statistisk dataanalys med inriktning mot förorenad mark och grundvatten. Utbildningen vänder sig till personer med inga eller endast rudimentära förkunskaper inom statistik och datautvärdering. Kursens övergripande mål är att förmedla grundläggande principer inom dataanalys och osäkerhetskvantifiering så att i första hand handläggare vid myndigheter, konsultföretag och entreprenörsbolag som arbetar med frågeställningar inom förorenade områden själva ska kunna utföra enklare statistiska analyser samt ställa krav på och kunna tolka resultatet av andras statistiska analyser.

Naturvårdsverket har inte tagit ställning till innehållet i rapporten. Författarna svarar ensamma för innehåll, slutsatser och eventuella rekommendationer.

Kunskapsprogrammet Hållbar Sanering samlar in, bygger upp och sprider kunskap om förorenade mark- och vattenområden. Genom Hållbar Sanering kan myndigheter, forskare och företag söka bidrag för utredningar, seminarier och utvecklingsprojekt som täcker kunskapsluckor på kort och lång sikt. Hållbar Sanering styrs av en programkommitté som består av representanter från Banverket, Göteborgs stad, KTH, Linköpings Universitet, Länsstyrelsen i Kalmar, Naturvårdsverket, Norges Teknisk- Naturvetenskaplige Universitet; SGI, SLU, Sydkraft SAKAB och Umeå Universitet.

