

Programområde: **Hälsorelaterad miljöövervakning**

Miljöövervakningsmetod: **Metallhalter i människors blod, urin och hår**

Författare: Se avsnittet "Författare och övriga kontaktpersoner"

Bakgrund och syfte

Metaller är grundämnen, som inte bryts ner i naturen. De kan transporteras och bilda oorganiska och organiska föreningar. De kan även ansamlas (bioackumuleras) i växter och djur. Metaller förekommer mer eller mindre i alla omgivningsmedier – luft, mark, vatten och livsmedel.

I Sverige exponeras människor för metaller framför allt genom intag av mat och dricksvatten. Halterna av metaller i luft är i allmänhet låga och användningen av vissa giftiga metaller i olika produkter håller på att fasas ut. Läckage från depåer av upplagrade metaller i t.ex. avfall och förorenad mark samt från förbränning av hushållsavfall medför dock att exponeringen för vissa metaller inte minskar och kan på sikt bidra till att exponeringen för andra metaller ökar (se även "Övrigt")

De metaller som i dag är av störst betydelse från hälsosynpunkt i den allmänna befolkningen är kadmium (Cd) och kvicksilver (Hg) och i mindre utsträckning bly (Pb) och arsenik (As). De omgivningshalter av metaller som förekommer i Sverige i dag medför generellt sett ingen risk för akuta förgiftningar. Hälsoeffekter av metaller kan uppkomma efter relativt låg exponering under lång tid, till följd av att metaller ansamlas i kroppen eller till följd av exponering under fosterstadiet.

För att man på ett kostnadseffektivt sätt skall kunna minska exponeringen för metaller i befolkningen i stort måste man kunna identifiera vilka metallkällor och exponeringssätt som bidrar mest till den totala exponeringen. Det är också viktigt att identifiera vilka faktorer som påverkar exponering och dos. Mätningar av metaller i kroppsvätskor som blod och urin speglar den totala individuella metallexponeringen för en människa från alla källor, samtidigt som hänsyn tas till variationer mellan individer vad gäller intag (via vatten, mat eller inandningsluft), upptag av metaller i kroppen samt utsöndring. Sådana mätningar ger emellertid ingen information om vilka exponeringskällor och exponeringsvägar eller aktiviteter som är av störst betydelse för exponeringen.

Målsättningen med undersökningen är att:

- kartlägga exponeringsnivåer,
- studera trender i sådana exponeringsnivåer över tid,
- studera geografiska skillnader i exponering,
- studera effekter av åtgärder som vidtas för att minska människors exponering för metaller,
- ge underlag för riskbedömningar och t.ex. hälsobaserade gränsvärden för metaller,

- följa upp de nationella miljö kvalitetsmålen (särskilt miljömålet "Giftfri miljö").

Samordning

Inom ramen för den nationella hälsorelaterade miljöövervakningen i Sverige görs olika undersökningar av hur människor exponeras för hälsofarliga metaller. Dessa undersökningar återkommer regelbundet eller som enstaka projekt och här kan eventuellt samordningsvinster göras.

Strategi

Metallhalter i människors blod, urin och hår (humanbiologiska indikatormedia) speglar exponeringen och dosen. Om sambanden mellan exponering och dos och effekter är kända speglar de uppmätta halterna även riskerna för hälsoeffekter. Metallhalter i blod, urin, hår och vävnader speglar olika exponeringstider.

Arsenik utsöndras i urinen och totalhalten arsenik i en människas urin speglar det som sker just nu, alltså pågående exponering. Från hälsosynpunkt är det framför allt intressant om de uppmätta halterna visar att personen är exponerad för oorganiska arsenikföreningar. Däremot är exponering för organiskt arsenik (framför allt arsenobetain i fisk) av ringa betydelse för hälsan. Det är därför intressant att särskilja om det handlar om exponering för fiskarsenik eller för oorganisk arsenik. Det gör man genom att analysera (speciera) halterna av oorganisk arsenik och dess ämnesomsättningsprodukter (metaboliter) MMA och DMA i urin. Halten oorganisk arsenik och dess metaboliter i urin speglar exponeringen.

Halterna av bly och kadmium i blod speglar pågående exponering. Delvis speglar emellertid dessa halter även att metallerna finns lagrade i kroppen (kroppsbelastningen), eftersom upplagrade metaller till viss del omfördelas i kroppen och därmed ger upphov till "kroppsegen" (endogen) exponering. (Med bly avses här enbart oorganiska blyföreningar. Det är nästan bara inom vissa speciella yrken som människor utsätts för organiska blyföreningar.) Halterna av kadmium i urin visar framför allt på kroppsbelastning och mängden kadmium i njurarna. När man känner till kadmiumhalten i blod och urin kan man bedöma riskerna för olika hälsoeffekter.

Halten av kvicksilver i urin speglar främst exponeringen för oorganiskt kvicksilver och kvicksilverånga, medan kvicksilverhalten i blodet (helblod eller röda blodkroppar) speglar exponeringen för metylkvicksilver (MeHg). Blodhalten avspeglar kroppsbelastningen och halten i hjärnan. När man mäter kvicksilver i blod måste man speciera oorganiskt kvicksilver respektive organiskt kvicksilver (metylkvicksilver). Kviksilverhalten i hår speglar den genomsnittliga exponeringen för metylkvicksilver under den period då håret bildades. I genomsnitt växer hårstrån ca 1 cm/månad. Kviksilverhalten i hår kan därför användas för att uppskatta exponeringen över en viss tid och även bakåt i tiden.

I studier med insamling av humanbiologiska prover (prover av blod, urin och hår) bör man för att möjliggöra framtida analyser om möjligt spara viss andel av proverna i en humanbiologisk provbank. Att kunna gå tillbaka till sparade prover är mycket värdefullt om t.ex. nya frågeställningar eller nya hot dyker upp vid ett senare tillfälle eller om ny metodik utvecklas som möjliggör analys av sådant som inte tidigare var möjligt att göra. Det är även viktigt att spara tomma provtagningsrör och annat material som använts när man samlat in proverna så att det vid ett senare tillfälle går att kontrollera om detta provtagningsmaterial eventuellt är förorenat av de ämnen som skall analyseras vid detta nya tillfälle.

Version 1:1: 2005-10-03

De flesta studier av tillstånd hos människor måste godkännas av en etisk kommitté. Ansökan om etiskt tillstånd måste lämnas in innan provinsamling påbörjas.

Undersökningstypen är användbar för att få fram data av betydelse i internationellt samarbete om hälsoeffekter av metaller på människor. I bilaga 1 till EG:s Ramdirektiv för luftkvalitet finns miljökvalitetsnormer angivna för arsenik, bly, kadmium och kvicksilver i luft. Likaså finns ett EG-dotterdirektiv om gränsvärde för bly i luft. Det finns även gränsvärden satta för metaller i t.ex. dricksvatten och livsmedel.

Välj studiepopulation

Studiepopulationen kan utgöras av ett slumpmässigt urval av befolkningen eller av riskgrupper, d.v.s. grupper som har hög exponering eller är särskilt känsliga. Exempel på riskgrupper är gravida kvinnor, barn, äldre, liksom människor med vissa sjukdomstillstånd eller människor med speciella matvanor (äter mycket av några speciella livsmedel).

Mät exponeringen

Vilket eller vilka medier som skall samlas in för analys avgörs av vilken metall som ska mätas samt vilka analysmetoder som skall användas (se "Mätprogram, Variabler"). Det är viktigt att inte glömma att planera för kvalitetssäkring av resultaten (se "Kvalitetssäkring").

Statistiska aspekter

För att kunna påvisa en statistiskt signifikant skillnad mellan grupper som utsätts för olika mängder metaller eller skillnader i sådan exponering över tid krävs att tillräckligt många personer ingår i de grupper som skall jämföras. Vad som är tillräckligt beror på hur små skillnader i exponeringsnivåer man vill kunna identifiera och hur stor spridningen är i populationen. Generellt gäller att ju större undersökningsgrupperna är, desto mindre skillnader kan man detektera och desto säkrare blir exponeringsuppskattningen. Från kostnadssynpunkt är det naturligtvis bättre med så små grupper som möjligt. Det finns datorbaserade statistikprogram som kan beräkna gruppstorlek och statistisk power, men det kan vara klokt att rådfråga en statistiker inför en planerad undersökning.

Mätprogram

Variabler

Tabell 1. Översiktstabell med variabler och referenser, etc.

Område	Företeelse	Determinand	Metodmoment	Enhet / klassade värden	Referens till analysmetod
Människo-kroppen	Helblod	Bly (Pb)	Totalt	µg/l, µmol/l	1, 4, 12
	Helblod	Kadmium (Cd)	Totalt	µg/l, µmol/l	1, 4, 11
	Helblod	Kvicksilver (Hg)	Specieras: IHg ¹ , MeHg, THg ²	µg/l, µmol/l	8, 13
	Urin	Arsenik (As)	Specieras: IAs ¹ , MMA, DMA	µg/l, µg/g kreatinin, µmol/mol kreatinin	5, 9

Område	Företeelse	Determinand	Metodmoment	Enhet / klassade värden	Referens till analysmetod
	Urin	Kadmium (Cd)	Totalt	µg/l, µg/g kreatinin, µmol/mol kreatinin	1, 6
	Urin	Kvicksilver (Hg)	Totalt (IHg) ¹⁾	µg/l, µg/g kreatinin, µmol/mol kreatinin	3, 10
	Hår	Kvicksilver (Hg)	Totalt	µg/g	2, 7

(¹ I = oorganisk, ² T = total)

Observations-/provtagningsmetodik

För analys i helblod samlas venöst blod i metallfria blodrör, som är behandlade med antikoagulantia och som kyls eller fryses i avvaktan på analys. Om provet skall sparas flera dagar före analys skall det frysas. Urinprov samlas i en metallfri behållare. Om enstaka urinprov tas är det bäst med morgonurinprov, eftersom det ofta är relativt koncentrerat. Att göra en dygnsurininsamling är oftast för komplicerat. Observera att uppmätta halter i urin skall korrigeras för utspädningen (se "Databehandling"). Hårprover tar man som en liten tofs, tjock som en tändsticka, i nacken vid skalpen. Vid all provtagning gäller att minimera risken för att provet skall förorenas med metaller. Det är t.ex. olämpligt att en rökare tar prov på blod som skall analyseras för innehåll av kadmium, eftersom det då finns risk för att provet förorenas av att provtagaren har kadmium i håret eller på fingrarna (se "Kvalitetssäkring").

Utrustningslista

Blodprover skall tas av legitimerad personal i provtagningsrör för helblod eller serum. Urinprov samlas i en metallfri behållare i glas eller plast. Det är viktigt att provtagningsmaterialet inte innehåller den metall som skall analyseras. Hårprover tas med en sax. Knyt ett band runt hårtofsen innan den klipps av så att hårstråna hålls på plats. Stoppa hårprovet i en förslutningsbar påse.

Tillvaratagande av prov, analysmetodik

Metaller kan analyseras med olika metoder, t.ex. atomabsorptionsspektrometri med flamma eller grafitugnsteknik, eller med ICP-MS (induktivt kopplad plasma - masspektrometri). Det är viktigt att metoden är tillräckligt känslig och reproducerbar i det koncentrationsområde som proverna ligger i. Referenser till analysmetoder ges i tabellen ovan.

Fältprotokoll

Mätningarna bör kompletteras med information om olika livsstilsfaktorer eller vanor. I Bilaga 1 och 2 redovisas exempel på en enkät och ett frågeformulär som kan användas för detta ändamål.

Bakgrundsinformation

Det finns en rad bakgrundsvariabler av betydelse för både exponering och dos, vilket måste beaktas vid utvärderingen (se även "Utvärdering"):

- Ålder och kön.
- Livsstilsfaktorer, t.ex. rökning, alkoholkonsumtion, matvanor, kosttillskott och mineralintag samt fysisk aktivitet.

Version 1:1: 2005-10-03

- Hälsotillstånd, t.ex. mag-tarmsjukdomar, näringsstatus och tandstatus samt antal amalgamfyllningar.
- Yrkesexponering (om personen i sin arbetsmiljö är utsatt för metallexponering).
- Absorptionsfaktorer och biotillgänglighet (faktorer som kan påverka upptaget av metaller).

Eftersom bly och kadmium har lång biologisk halveringstid ökar halterna av dessa metaller i blod och urin med ökande ålder. Kvinnor har generellt högre kadmiumhalter i kroppen än män, medan män har högre blyhalter. Rökare har oftast högre kadmiumhalter i blod och urin, varför det är viktigt att känna till rökvanorna hos dem som ingår i en exponeringsundersökning. Det är också viktigt att känna till vilka individer som tidigare varit högexponerade, t.ex. varit mycket exponerade för metaller i sin arbetsmiljö, eftersom dessa personer har lagrat upp betydligt mer av metallerna än de som enbart varit utsatta för belastning av metaller i sin vanliga omgivning. Detta visar sig i förhöjda halter, som inte enbart speglar pågående exponering utan även delvis speglar omsättningen av upplagrade metaller i kroppen. Dessutom, om en människa utsatts för så hög kadmiumbelastning under lång tid att han eller hon fått en njurskada utsöndras till att börja med mer kadmium i urinen, men utsöndringen minskar sedan igen eftersom det finns mindre kadmium kvar i njuren. Kadmiumhalten i urin visar då på en falskt låg exponering, medan det i själva verket är njuren som är skadad. Vid utvärdering av exponering för kadmium är det också viktigt att känna till järnstatus hos dem som studeras eftersom dålig järnstatus medför ett ökat upptag av kadmium i mag-tarmkanalen (se vidare "Utvärdering").

Kvicksilver förekommer som metalliskt kvicksilver liksom som oorganiska och organiska kvicksilverföreningar. Metalliskt kvicksilver ingår i tandamalgam och när detta kvicksilver förångas i munnen bidrar det till att personen exponeras för kvicksilver. Den viktigaste organiska kvicksilverföreningen som människor exponeras för i miljön är metylkvicksilver (MeHg) och detta sker nästan uteslutande genom intag av fisk. Exponering för oorganiska kvicksilverföreningar sker framför allt i arbetsmiljön. Mot denna bakgrund är det viktigt att känna till hur mycket fisk studiepersonerna äter och hur många amalgamfyllningar de har.

Kvalitetssäkring

Eftersom det finns metaller i alla medier (vatten, luft, jord) är risken för att proven skall förorenas mycket stor vid insamling, uppberedning och analys av prover. Om man har små provmängder och små metallmängder att analysera blir felet i analysresultatet mycket stort om provet är förorenat. Exempelvis innehåller 10 ml blod i storleksordningen 0,001 mg bly och 0,00005 mg kadmium. Det är därför mycket viktigt med en strikt kvalitetskontroll vid mätningar av metaller i blod, urin och hår.

Ett kvalitetssäkringsprogram skall integreras i alla exponeringsstudier för att det totala felet i exponeringsdata skall bli så litet som möjligt. Kvalitetssäkringen inkluderar alla steg i en studie, såsom planering, utbildning av personal, information och instruktioner till försökspersoner, kontroll av material och instrument, insamling, transport och förvaring av prover, analys av prover, registrering, utvärdering och rapportering av data.

Resultaten av kvalitetskontrolldata skall rapporteras tillsammans med exponeringsdata. I annat fall är det omöjligt att göra jämförelser över tid och/eller mellan olika studier.

Den analytiska kvalitetskontrollen innefattar test av allt material med avseende på de metaller som skall analyseras. Endast extremt låga rester av metaller kan accepteras i det material som används vid insamling, provbehandling och analys av insamlade prover. Dessutom skall

interna och externa kvalitetskontrollprover analyseras fortlöpande. Kvalitetskontrollproverna skall vara så lika de insamlade proverna som möjligt (om man ska analysera blod bör således kvalitetskontrollproverna utgöras av blodprover och halterna ligga inom samma koncentrationsområde).

Den interna kvalitetskontrollen av analyserna sker genom analys av prover med kända halter av metallen i fråga i syfte att kalibrera instrumenten och analysmetoderna samt för att identifiera eventuell drift i analysen över tiden. Referensprover (både certifierade och sådana med en rekommenderad halt) finns att köpa för en rad olika matriser och metaller. Dessa bör användas för kalibrering av analysmetoden. Det bör också ingå någon form av extern utvärdering av analyskvaliteten (mätnoggrannhet, precision, reproducerbarhet, specificitet och känslighet). Det bästa sättet att kontrollera systematiska fel i analysen är att analysera kvalitetskontrollprover blint, d.v.s. att halterna är okända för den som utför analysen. Det finns externa kvalitetskontrollprogram som man mot en viss kostnad kan ansluta sig till. Det laboratorium som har ansvar för programmet skickar prover, som analyseras av det deltagande laboratoriet. Analysresultaten skickas tillbaka för utvärdering av analyskvaliteten. Resultaten skall alltid utvärderas av någon annan än den som utfört analyserna. Ofta har man tyvärr inte tillgång till kvalitetskontrollprover med mer än en till två olika koncentrationer inom det område som de insamlade proverna befinner sig i. Ett annat sätt att utvärdera analyskvaliteten är att analysera samma prover med en annan metod än rutinmetoden, och/eller vid ett annat laboratorium. Om inte detta går att ordna bör analys av certifierade referensprover läggas in kontinuerligt i mätserierna av de insamlade proverna. Det kan vara lämpligt att i förväg bestämma hur stort fel som kan accepteras.

Databehandling, datavärd

Exponeringsdata och bakgrundsdata rapporteras till datavärd i Excel-format. Alla variabler skall listas i en variabelförklaring på separat Excel-blad.

Datavärd:

Marika Berglund
Institutet för Miljömedicin (IMM), Enheten för metaller och hälsa
Karolinska Institutet
Box 210
171 77 Stockholm
Tel: 08– 524 875 36
E-post: marika.berglund@imm.ki.se

Rapportering, utvärdering

Rapportering sker till Naturvårdsverket, i vetenskapliga rapporter samt vid konferenser och utbildningar.

Som nämns under "Bakgrundinformation" finns en rad bakgrundsfaktorer som måste beaktas vid utvärderingen av resultaten. Ålder, kön, livsstilsfaktorer, hälsotillstånd, yrke och fakta om hur metaller absorberas och omsätts i kroppen hör till dessa faktorer.

Det finns en rad olika klinisk-kemiska och andra parametrar som är viktiga att ha med vid utvärdering av metallexponering och dos. Exempelvis tas kadmium lättare upp om man har brist på järn i kroppen (vilket är vanligt hos framför allt kvinnor som menstruerar eller är gravida). Det är därför bra att mäta någon indikator på järnstatus, t.ex. serum-ferritin.

Version 1:1: 2005-10-03

Koncentrationen av en metall i urin måste relateras till någon utspädningsfaktor såsom kreatinin (metallhalt/gram kreatinin) eller densitet/specifik vikt (metallhalt/liter urin efter justering). Metallhalten i hår kan bestämmas för olika segment om exponeringen ska relateras till olika tidpunkter. Längden på håret måste anges.

Studiepopulationen måste delas upp i rökare och icke-rökare (och f.d. rökare), speciellt vid undersökning av exponering för kadmium, eftersom exponeringen skiljer sig avsevärt mellan dessa grupper. Man måste också skilja på män och kvinnor, eftersom män och kvinnor har olika ämnesomsättning och även skiljer sig åt beträffande andra faktorer som påverkar framför allt dosen. Det är också viktigt att notera vilka studiepersoner som är eller har varit utsatta för metallexponering i sitt arbete.

Exponeringsdata beskrivs med deskriptiv statistik (medelvärde, spridning, percentiler, etc.). Ofta är metallhalter uppmätta i icke normalfördelade humanbiologiska media. Detta måste man ta hänsyn till vid bedömning av eventuella skillnader mellan grupper och vid val av statistisk metod. Om det finns skillnader i exponering mellan olika grupper skall orsakerna till dessa skillnader identifieras så långt möjligt så att det går att identifiera signifikanta exponeringskällor.

Kostnadsuppskattning

Kostnaderna för undersökningar enligt denna undersökningstyp beror på vilka metaller som skall analyseras, vilka provmedier (blod, urin, hår) man tar med och vilket antal prover man vill analysera. Som tumregel kan man beräkna att 10 procent av projektkostnaderna bör avsättas för kvalitetssäkring av data.

Fasta kostnader

Fasta kostnader för undersökningarna kan inte anges, eftersom undersökningstypen spänner över så många olika metaller och undersökningar

Analyskostnader

Kostnaderna för analyser avgörs av det analyserande laboratoriet och kan därför inte anges generellt.

Tidsåtgång

Generellt kan sägas att en exponeringsundersökning oftast tar längre tid än ett år att genomföra, från ansökan om etisk prövning till dess att alla insamlade prover är analyserade och data har utvärderats.

Övrigt

Halter i omgivningsmedia

Metallhalter i *luft* i den allmänna miljön är generellt väldigt låga i Sverige, både utomhus och inomhus. Detta har visats genom mätningar av bly, kadmium och kvicksilver. Det är därför oftast inte nödvändigt att göra mätningar av metaller i luft om det inte finns speciella utsläpp/källor, t.ex. inomhus eller i närheten av industrier.

När det gäller intag av metaller via *dricksvatten* är det viktigt att veta huruvida människor verkligen dricker av det aktuella vattnet. Hur mycket vatten en person dricker varierar kraftigt mellan individer och även för en enskild individ. Vissa dricker bara vatten på flaska, den som svettas mycket dricker mer vatten än andra o.s.v. Naturligt förhöjda metallhalter kan förekomma i brunnsvatten till följd av att metaller har lösts ut från omkringliggande berggrund. Metaller kan även tillföras vattnet på vägen från källan till kranen. Blyexponering via dricksvatten till följd av att vattnet, särskilt om det är försurat, har förorenats av bly som fällts ut från vattenledningsrör, har uppmärksammats i t.ex. Skottland. I Sverige är det mycket ovanligt med rör tillverkade av eller fodrade med bly men det kan förekomma i äldre fastigheter (i anslutningen mellan kommunala ledningar och tappkran i bostaden eller i enskilda fastigheter med egen brunn). Mätningar av metallhalter i dricksvatten görs därför lämpligen vid tappkranen i de olika omgivningar som individen vistas i (hem, arbete, annan). Det vatten som stått länge i ledningarna, t.ex. över natten, innehåller högre metallhalter om det finns urlakningsbara metaller i ledningarna. Detta gäller speciellt om vattnet är surt och mjukt. Det är därför viktigt att bestämma en strategi för hur prover på dricksvattnet skall tas och att dokumentera den strategi man använt sig av.

Matvanor och livsstilsfaktorer styr intaget och valet av *livsmedel* och gör att detta varierar ännu mer än vad intag av dricksvatten gör. Mätningar av metallhalter i enskilda födoämnen på marknaden ger ganska dålig information om vad människor verkligen får i sig. Metallhalter i olika typer av livsmedel varierar, men halterna kan också variera i samma typ av livsmedel beroende på t.ex. ursprung, hantering, produktion, förpackning, tillagning och eventuella tillsatser. Metallhalterna har säkert också både ökat och minskat över tiden beroende på ökade och minskade utsläpp, försurning, åtgärder och regleringar, byte av förpackningsmaterial etc. Bly och kadmium förekommer i de flesta livsmedel, medan t.ex. kvicksilver och arsenik förekommer framför allt i fisk och skaldjur. Exempel på indirekta metoder för att uppskatta metallintaget via mat på nationell eller lokal nivå i befolkningen i stort är insamling av enskilda livsmedel som analyseras med avseende på t.ex. metaller, eller samlingsprover av de vanligaste livsmedlen som konsumeras i landet som helhet (en vanlig "matkasse" med de vanligaste livsmedlen) som analyseras före eller efter tillagning.

För att uppskatta eller beräkna varje enskild individs intag av olika födoämnen gör man *kostmätningar*. Till de indirekta metoderna för sådana mätningar hör olika typer av kostenkäter (intervjuer med eller utan olika visuella hjälpmedel, 24-h recall, kostregistrering under flera dagar som kan kombineras med vägning och mätning av födoämnen, enkäter om hur ofta man äter vissa livsmedel, s.k. frekvensenkäter, som ger information om matvanor). Det direkta sättet och bästa sättet att mäta intaget av metaller i kosten är genom dubbelpotionsstudier. Försökspersonerna sätter undan en extra portion av all mat och dryck som de äter under en viss tid. Eftersom metallhalterna kan variera så mycket mellan och inom olika livsmedel behövs ganska många dagars insamling och/eller upprepade insamlingar för att få ett representativt mått på exponeringen. Dubbelpotionsstudier är dock arbetskrävande och kostsamma.

Människor kan också utsättas för metaller som finns i *jord och damm*. Det kan ske genom att det finns jord eller damm i inandningsluften eller genom att man får sig jord- eller dammpartiklar direkt eller via födan (ytdeponerat eller inkorporerat). Vissa barn har en förkärlek för att äta icke-födoämnen och kan därför få i sig stora mängder jord. Detta utgör en risk om barnet vistas i en miljö som är metallförorenad.

Uppmätta metallhalter i olika omgivningsmedia måste utvärderas i förhållande till vad människor verkligen utsätts (exponeras) för. Som exempel kan nämnas att människor

tillbringar ca 90 procent av dygnet inomhus, varför utomhushalten i en punkt ger ett mycket ungefärligt värde på faktiskt exponering.

Mätmetoder och mått

Det finns både indirekta och direkta metoder för att uppskatta och mäta exponering för metaller. De indirekta metoderna omfattar modeller för att beräkna spridning av metallutsläpp, mätningar av metallhalter i miljön (luft, vatten, mark, etc.) samt frågeformulär riktade till olika befolkningsgrupper (se exempel i Bilaga 1 och 2). De direkta metoderna omfattar mätningar på individnivå, t.ex. med mätare som personer i undersökningen bär med sig respektive mätningar av metallhalter i blod, urin och hår hos enskilda individer.

Innan man gör en exponeringsmätning skall man så långt möjligt identifiera och karaktärisera hur människor exponeras. Vidare skall en hypotes formuleras. Hur man sedan lägger upp själva exponeringsmätningen avgörs av vilket mål och syfte man har med undersökningen.

Det är viktigt att skilja på omgivningshalt (t.ex. uppmätt kadmiumhalt i grundvatten i ett område), exponeringshalt (den kadmiumhalt som människor varit utsatta för genom att dricka detta vatten), absorberad dos (den mängd kadmium som en person har tagit upp i mag-tarmkanalen), dos i kritiskt organ (den mängd kadmium som ackumulerats i personens njure) och biologiskt aktiv dos (den mängd kadmium som orsakar njurskador hos personen). En hög omgivningshalt av metaller behöver i sig inte innebära att människor exponeras. Exponering sker endast när det förekommer fysisk kontakt mellan ett omgivningsmedium (inandningsluft, dricksvatten, livsmedel, jord, damm etc. som är förorenade med metaller) och ett biologiskt membran i hud, luftvägar eller mag-tarmkanal.

Hur mycket av ett ämne som absorberas är beroende av ämnets biotillgänglighet, som bl.a. avgörs av ämnets kemisk-fysikaliska egenskaper. Graden av upptag kan även påverkas av faktorer som ålder, näringsstatus och olika kostfaktorer.

Individrelaterade exponeringsmätningar ger oftast ett säkrare bedömningsunderlag än vad man kan få t.ex. genom uppskattad exponering baserad på omgivningsmätningar. I förlängningen leder detta till åtgärder som är effektivare från både kostnads- och hälsosynpunkt. Fördelen med att mäta metaller i humanbiologiskt material är man då tar hänsyn till alla enskilda exponeringskällor och att man får ett mått på den totala exponeringen och absorberad dos. Nackdelen är att man inte kan identifiera enskilda exponeringskällor och deras relativa betydelse för den totala exponeringen. För att kunna göra detta krävs mätningar i olika omgivningsmedia, t.ex. metallkoncentrationer i omgivningsluft (mätstationer), i inandningsluft (bärbara mätinstrument), i dricksvatten, i livsmedel, (dubbelportioner), i dammprover och jordprover. Därtill krävs att man har information om olika livsstilsfaktorer eller vanor som kan tänkas påverka exponering och dos. Sådan information kan man samla in med hjälp av frågeformulär och aktivitetsdagböcker. Det kan vara lämpligt att kombinera två eller flera metoder för att få så mycket information som möjligt.

Innan man planerar en exponeringsstudie bör vissa frågor så långt möjligt besvaras.

- Vad är orsaken till att människor exponeras?
- I vilken kemisk form förekommer metallen man skall studera?
- Sker det någon form av omvandling av metallen i omgivningsmedia (luft, vatten, växtlighet)?
- Var bor och arbetar människor i förhållande till metallkällan?
- Hur exponeras människor för metallen (vilka är exponeringsvägarna)?
- Vilka potentiella hälsorisker föreligger?

Inventera känd kunskap

Mycket kunskap finns att hämta i skriftserier som *Environmental Health Criteria*-dokument (International Programme on Chemical Safety, WHO) eller *Arbete & Hälsas* gränsvärdesdokumentation (Arbetsmiljööinstitutet) eller via Internet. Det är viktigt att samla in all tillgänglig information om exponering och omgivningsdata. Om det finns lokala data bör dessa användas i första hand. Det kan t.ex. finnas lokal information från luftmätningar av metaller vid fasta mätstationer, metallanalyser i livsmedel och från olika projekt där man studerat halter av bly, kadmium och kvicksilver i bröstmjolk samt kvicksilverhalten i fisk, framför allt i gädda. Mot denna bakgrund bör man således fråga sig var känd kunskap redan kan finnas:

- Finns det nationella eller lokala data?
- Vilka exponeringsvägar är av störst betydelse?
- Finns det andra tänkbara exponeringskällor än de som identifierats?
- Finns det speciella riskgrupper eller känsliga grupper?
- Vilka hälsoeffekter är förknippade med den aktuella metallen?
- Är sambanden dos-effekt respektive sambanden dos-respons kända?
- Vilka kompletterande mätningar behöver göras?
- Vilka mätmetoder finns att tillgå?
- Finns det tillgång till analysteknik med tillräckligt hög känslighet och specificitet?
- Hur pass säkra och reproducerbara är de metoder som skall användas?

Författare och kontaktpersoner

Programområdesansvarig, Naturvårdsverket:

Britta Hedlund
Miljöövervakningsenheten
Naturvårdsverket
106 48 Stockholm
Tel: 08-698 12 08
E-post: britta.hedlund@naturvardsverket.se

Författare och expert, vid Institutet för Miljömedicin:

Marika Berglund
Institutet för Miljömedicin (IMM), enheten för metaller och hälsa
Karolinska Institutet
Box 210
171 77 Stockholm
Tel: 08- 524 875 36
E-post: marika.berglund@imm.ki.se

Referenser

Metodreferenslista

1. Barany E, Bergdahl IA, Schütz A, Skerfving S, Oskarsson A. Inductively coupled plasma mass spectrometry for direct multi-element analysis of diluted human blood and serum. *J Anal Atomic Spectrometry* 1997;12:1005-9.
2. Björnberg KA, Vahter M, Petersson-Grawe K, Glynn A, Cnattingius S, Darnerud PO, Atuma S, Aune M, Becker W, Berglund M. Methyl mercury and inorganic mercury in Swedish pregnant women and in cord blood: Influence of fish consumption. *Environ Health Perspect* 2003; 111: 637-641.
3. Corns WT, Stockwell PB, Jameel M (1994) Rapid method for the determination of total mercury in urine samples using cold vapour atomic fluorescence spectrometry. *Analyst* 119(11):2481-2484.
4. Elinder, C-G., Friberg, L., Lind, B., and Jawaid, M. (1983) Lead and cadmium levels in blood samples from the general population of Sweden. *Environ. Res.* 30:233-253.
5. Gomez-Ariza JL, Sánchez-Rodas D, Beltran R, Corns W, Stockwel P (1998) Evaluation of Atomic Fluorescence Spectrometry as a Sensitive Detection Technique for Arsenic Speciation. *Applied Organometallic Chemistry* 12:439-447.
6. Herber RFM, Stoeppler M, Tonks DB (1990) Cooperative interlaboratory surveys of cadmium analysis in urine. *Fresenius J Anal Chem* 338:279-286.
7. Lind B, Bigras L, Cernichiari E, Clarkson TW, Friberg L, Hellman M, m fl (1988) Quality control of analyses of mercury in hair. *Fresenius Z Anal Chem* 332:620-622.
8. Magos L, Clarkson TW (1972) Atomic absorption determination of total inorganic, and organic mercury in blood. *J Assoc Off Anal Chem* 5(5):966-971.
9. Norin H, Vahter M (1981) A rapid method for the selective analysis of total urinary metabolites of inorganic arsenic. *Scand J Work Environ Health* 7:38-44
10. Rodushkin I, Ödman F (2001) Application of inductively coupled plasma sector field mass spectrometry for elemental analysis of urine. *J Trace Elements Med Biol*, 14:241-247.
11. Stoeppler M, Brandt K (1980) Contributions to automated trace analysis: part V. determination of cadmium in whole blood and urine by electrothermal atomic-absorption spectrophotometry. *Fresenius Z Anal Chem* 300:372-380.
12. Stoeppler M, Brandt K, Reins TC (1978) Contributions to automated trace analysis: part II. rapid method for the automated determination of lead in whole blood by electrothermal atomic-absorption spectrophotometry. *Analyst* 103:714-22.
13. Vahter M, Åkesson A, Lind B, Björs U, Schütz A, Berglund M. Longitudinal study of methyl mercury and inorganic mercury in blood and urine of pregnant and lactating women, as well as in umbilical cord blood. *Environ Res* 2000; 84: 186-194.

Bilaga 1. Kadmiumexponering hos yngre kvinnor.

IDNR _____

Ja, jag vill delta i undersökningen.

Deltagandet innebär att jag lämnar ett morgonurinprov och svarar på frågorna i detta frågeformulär.

Nej, jag vill inte delta i undersökningen**FAKTARUTA**

Vad händer med mina personuppgifter?

Ansvarig för personuppgifterna och insamlat material är Karolinska Institutet, 171 77 Stockholm tfn 08-524 800 00 och kontaktpersoner är Agneta Åkesson och Marika Berglund tfn 08-524 875 42 alt 524 875 36.

Alla personuppgifter i forskning är sekretesskyddade. Uppgifterna från enkäten och kadmiumresultatet kommer att förvaras kodat i ett dataregister. Ditt personnummer förvaras inlåst. Redovisning sker i form av statistik d.v.s. som siffror i tabeller.

Du har rätt att efter skriftlig begäran få reda på vilka uppgifter som finns lagrade, få de rättade samt när som helst avbryta ditt deltagandet.

FRÅGEFORMULÄR

Kadmiumexponering hos kvinnor i Stockholm

Namn _____ Född år _____

Adress (om annan än den på kuvertet) _____

Om vi får kontakta dig vid eventuella frågor fyll gärna i nedanstående uppgifter.

Jag kan nås på telefonnummer, hem:.....arbetet:.....

Mitt mobilnummer:.....Min e-postadress:.....

Har du huvudsakligen bott i Sverige under de senaste 10 åren? Ja Nej

Om du svarat nej, var har du bott? _____

Har du arbetat med kadmium? Ja Nej Vet ej

RÖKVANOR

Vilket/vilka påståenden passar dig bäst?

Jag är rökare Jag är före detta rökare Jag röker ibland (t.ex. feströkare) Jag är ickerökare Jag har aldrig rökt Jag snusar

Om du någonsin rökt mer än en månad dagligen – Fyll i nedanstående frågor om dina rökvanor.

Vid vilken ålder började du att röka dagligen? _____ års ålder

Om du slutat röka, vid vilken ålder? _____ års ålder

Ange hur många cigaretter du i genomsnitt har rökt i olika åldrar. Börja med perioden 15-20 år och fortsätt till din nuvarande åldersgrupp.

Antal cigaretter per dag

15-19 år ____ st

20-29 år ____ st

BARN

HUR MÅNGA BARN HAR DU FÖTT? _____

Är du gravid?

Ja

Nej

SJUKDOMAR

Har du diabetes (sockersjuka)?

Ja

Nej

Har du någon njursjukdom?

Ja

Nej

Äter du mediciner mot högt blodtryck

Ja

Nej

TYP AV KOST DE SENASTE ÅREN:

Vanlig blandkost, dvs. äter det mesta.

Enbart laktovegetarisk kost, dvs. äter inte kött, fisk eller ägg.

Mest laktovegetarisk kost, men äter ibland fisk och ägg.

Vegankost, dvs. äter inte kött, fisk, ägg, mjölkprodukter eller dricker mjölk.

Glutenfri kost.

Annan kost, beskriv _____

VILKEN TYP AV DRICKSVATTEN ANVÄNDER DU:

Kommunalt

Egen brunn

Resultatet av kadmiumanalysen beräknas vara färdigt till vintern 2004.

VILL DU VETA DITT RESULTAT AV KADMIUM I URIN

J A

NEJ

Skicka svaret till min e-postadress

Skicka svaret till min bostadsadress

Bilaga 2. Exempel på frågeformulär för kvicksilver.

Löpnummer: _____

FRÅGEFORMULÄR

Hälsorelaterad miljöövervakning
- Metylkvicksilver hos högkonsumenter av fisk

Dagens datum:

Namn:

Personnummer:

Ålder:

Kvinna

Man

Barn

Adress: _____

Telefonnummer:

Löpnummer: _____

1. Yrke/vad jobbar du med:
_____2. Antal graviditeter
_____3. Antal barn:
_____4. Barnens ålder:

5. Hur ofta äter du fisk (alla sorter)?

Aldrig 1-5 ggr/år 6-11 ggr/år 1-3 ggr/månad 1 gång/vecka 2 gånger/vecka 3-4 gånger/vecka 5-6 gånger/vecka 1 gång/dag el. mer

6. Känner du till några livsmedel som innehåller höga halter miljöföroreningar och som man därför bör äta mindre av, eller helt avstå ifrån?

Ja Nej

Om Nej, gå till fråga 10

Om Ja, ange vilket/vilka livsmedel det gäller:

7. Varifrån fick du informationen (kryssa i ett eller flera alternativ)?

Version 1:1: 2005-10-03

Tidning	<input type="checkbox"/>	TV/radio	<input type="checkbox"/>
Mödravårdscentral	<input type="checkbox"/>	Barnavårdscentral	<input type="checkbox"/>
Annat	<input type="checkbox"/>	ange varifrån: _____	
Vet ej	<input type="checkbox"/>		

8. Äter du mindre av dessa livsmedel?

Ja	<input type="checkbox"/>	Nej	<input type="checkbox"/>
----	--------------------------	-----	--------------------------

Om Ja, ange vilket/vilka livsmedel det gäller:

9. Undviker du helt att äta dessa livsmedel?

Ja	<input type="checkbox"/>	Nej	<input type="checkbox"/>
----	--------------------------	-----	--------------------------

Om Ja, ange vilket/vilka livsmedel det gäller:

10. Använder du något vitamin- eller mineraltillskott (t.ex. Vitamineral, Vitaplex mineral, En Om Dan)?

Ja	<input type="checkbox"/>	Nej	<input type="checkbox"/>
----	--------------------------	-----	--------------------------

Om Ja,

Sort: _____

Aldrig	<input type="checkbox"/>	1 gång/månad	<input type="checkbox"/>
2 gånger/månad	<input type="checkbox"/>	3 gånger/månad	<input type="checkbox"/>
1 gång/vecka	<input type="checkbox"/>	2 gånger/vecka	<input type="checkbox"/>
3-4 gånger/vecka	<input type="checkbox"/>	5-6 gånger/vecka	<input type="checkbox"/>
1 gång/dag	<input type="checkbox"/>	Mer än 1 gång/dag	<input type="checkbox"/>

11. Hur många amalgamfyllningar har Du?

Inga	<input type="checkbox"/>	10-12 st	<input type="checkbox"/>
1-3 st	<input type="checkbox"/>	13-15 st	<input type="checkbox"/>
4-6 st	<input type="checkbox"/>	Mer än 15	<input type="checkbox"/>
7-9 st	<input type="checkbox"/>		