

Riksantikvarieämbetets kulturmiljöövervakning

## ”Bara naturlig försurning”

**Program för övervakning – en fallstudie över försurningens inverkan på fornlämningar**

Rapport från Riksantikvarieämbetet 2007:13

Anders G. Nord, Kate Tronner och Inga Ullén





# **”Bara naturlig försurning”**

## **Program för övervakning – en fallstudie över försurningens inverkan på fornlämningar**

**Rapport från Riksantikvarieämbetet 2007:13**

Anders G. Nord, Kate Tronner och Inga Ullén



Riksantikvarieämbetet

---

### **Riksantikvarieämbetet**

Box 5405, 114 84 Stockholm

Tel. 08-5191 8000

Fax 08-5191 8083

[www.raa.se](http://www.raa.se)

[bocker@raa.se](mailto:bocker@raa.se)

### **Projekttagare**

#### *Riksantikvarieämbetet*

Avdelningsdirektör Anders G. Nord, projektledare, docent i kemi, universitetsstudier i naturvetenskapliga ämnen och kulturmiljövård. Kate Tronner, 1:e laboratorieingenjör, universitetsstudier i kemi, mikrobiologi, miljövård, konsthistoria, kulturmiljövård.

#### *Statens Historiska Museum*

1:e antikvarie Inga Ullén, arkeolog

#### *Konsulter*

Docent Gunnar Ch. Borg, kvartärgeolog (Chalmers Tekniska Högskola). Bitr. avd. chef Olle Westling (framliden), Tekn. Dr. Cecilia Akselsson, Fil. Dr. Sofie Hellsten (IVL, Göteborg). Prof. em. Einar Mattsson. M. Sc. Tor-Gunnar Vinka (KIMAB). 1:e antikvarie Agneta Lagerlöf (Riksantikvarieämbetet, Kulturmiljöavdelningen).

#### *Länsstyrelser*

Jämtlands län, Jönköpings län, Norrbottens län, Skåne län, Uppsala län, Västernorrlands län, Västmanlands län, Västra Götalands län och Örebro län.

*Omslagsbild* Kate Tronner tar jordprover från gravfältet i Greby, Bohuslän.

Foto: Inga Ullén.

*Layout* Jonas Skogsberg

© 2007 Riksantikvarieämbetet

1:1

ISSN 1651-1298

ISBN 978-91-7209-490-1

# Innehåll

<b>FÖRORD</b>	<b>6</b>
<b>1. SAMMANFATTNING</b>	<b>7</b>
<b>2. BAKGRUND</b>	<b>8</b>
<b>3. MÅL OCH ARBETSPLAN</b>	<b>9</b>
<b>4. MARKFÖRSURNING OCH NEDBRYTNING AV ARKEOLOGISKT MATERIAL</b>	<b>10</b>
<b>5. UTVALDA FORNLÄMNINGSOMRÅDEN</b>	<b>13</b>
<b>6. PROVTAGNING OCH DEPONERING ÅR 2006</b>	<b>18</b>
<b>7. ANALYSRESULTAT</b>	<b>19</b>
<b>8. DISKUSSION</b>	<b>25</b>
<b>9. PLANERAT FORTSATT ARBETE</b>	<b>28</b>
<b>10. LITTERATURHÄNVISNINGAR</b>	<b>29</b>
<b>BILAGOR</b>	
<b>Appendix 1</b>	<b>32</b>
(Kontaktpersoner på länsstyrelserna år 2006)	
<b>Appendix 2</b>	<b>33</b>
(Dokumentation i samband med provtagning)	
<b>Appendix 3</b>	<b>34</b>
(Analysmetoder)	

# Förord

Riksantikvarieämbetet har ett övergripande ansvar för att utveckla kulturmiljöarbetet mot de nationella miljökvalitetsmålen. Det övergripande ansvaret innebär bland annat att fortlöpande övervaka och följa tillståndet för kulturmiljön, samt att utveckla och driva indikatorer.

För detta ändamål har Riksantikvarieämbetet fått i uppdrag att i samråd med länsstyrelser och övriga berörda myndigheter utarbeta en långsiktig och strategisk kulturmiljöövervakning som redovisas i återkommande kulturmiljöbokslut. Syftet med kulturmiljöövervakningen är att långsiktigt och kontinuerligt samla in såväl kvantitativ som kvalitativ information om tillstånd och förändringar för kulturmiljön och kulturhistoriska värden.

Enligt miljökvalitetsmålet Bara naturlig försurning ska de försurande effekterna av nedfall och markanvändning underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Nedfallet av försurande ämnen ska heller inte öka korrosionshastigheten i tekniska material eller kulturföremål och byggnader. Riksantikvarieämbetet har valt att redovisa måluppfyllelse med hjälp av jordprovsanalyser som indikator, i enlighet med det tidigare projektet Nedbrytning av arkeologiskt material i jord.

Riksantikvarieämbetet har som en del av kulturmiljöövervakningen och miljömålsuppföljningen utarbetat ett övervakningsprojekt för att följa hur markförsurningen påverkar korrosionen av utgrävt arkeologiskt material. Mätningar skall utföras med åttaårsintervaller. I föreliggande rapport beskrivs syftet med projektet, de utvalda fornlämningsområdena, samt metoder för provtagning, deponering av provplåtar och kemisk analys. Vidare redovisas 2006 års arbete och resultat.

Metodutvecklingen har pågått i tre år och har möjliggjorts genom utvecklingsmedel från Miljömålsrådet. Projektledare har varit Anders G. Nord i samarbete med Kate Tronner och Inga Ullén. IVL och KIMAB (f.d. Korrosionsinstitutet) har medverkat i metodutvecklingen, liksom länsstyrelserna i Skåne, Jönköping, Västra Götaland, Örebro, Södermanland, Uppsala, Västernorrland, Jämtland och Norrbottens län.

Stockholm november 2007

*Jan-Gunnar Lindgren,  
avdelningschef*

# 1. Sammanfattning

Riksantikvarieämbetet deltar i nio av de sexton miljökvalitetsmål som Riksdagen fastställt. I denna rapport redogör vi för arbetet med miljömålet ”Bara naturlig försurning”. Vi har genomfört en omfattande fallstudie med tonvikt på försurningens inverkan på outgrävt arkeologiskt material. Vi har en god kunskap genom egna, tidigare undersökningar om hur arkeologiska material bryts ned i jord (Kap. 4). Det ger nya aspekter vid diskussioner rörande bevarandefrågor rörande påverkan av försurande luftföroreningar i olika regioner och landskapsmiljöer i Sverige.

Fallstudien baseras på *indikatorer*, enligt förslag från Riksantikvarieämbetets styrgrupp för miljömålsarbetet (2003). I samråd med nio länsstyrelser (Appendix 1) samt IVL och KIMAB (f.d. Korrosionsinstitutet) föreslog vi jordprover som lämpliga indikatorer för en kontinuerlig uppföljning, kompletterad med korrosionsmätningar *in situ*. Kontinuerlig uppföljning av resultat från andra myndigheter avseende deponering av försurande ämnen är en annan viktig del av arbetet. De senaste decennierna har depositionen av en del försurande ämnen minskat, men fortfarande återstår många problem. Det är uppenbart att infallsvinklarna för miljömålet i många avseenden är olika för naturvård och kulturmiljövård.

Provtagningar av jord samt insamling av miljödata från 25 utvalda fornlämningsområden genomfördes inom projektet under 2006 inom följande regioner: Sydsverige inklusive Västkusten, Mälardalen, samt Norrland. De valda områdena representerar olika miljöbelastning, markförhållanden och arkeologi, samt ger en godtagbar geografisk spridning. På fyra platser deponerades vägda och märkta provplåtar (kolstål och koppar), som ska tas upp och analyseras år 2014, 2022 och 2030. Alla fysiska ingrepp har genomförts i samråd med länsstyrelserna och på ett sätt som inte påverkat fornlämningarna. Vi är mycket tack-samma för all hjälp vi fått från de deltagande länsstyrelserna, samt för deras stora intresse för miljömålsarbetet.

I denna rapport beskrivs syftet med projektet, de utvalda fornlämningsområdena, samt metoder för provtagning, deponering och analys. Vidare redovisas 2006 års arbete och resultat. Kompletterande data från IVL bifo-

gas (IVL Svenska Miljöinstitutet, f.d. Institutet för Vatten- och Luftvård). Våra uppmätta pH-värden överensstämmer tämligen väl med motsvarande data från IVL. Detta gäller trots att våra jordprover tagits på ett för arkeologiska föremål representativt, ytligare djup (20–40 cm). Störst markförsurning påvisades i västra Sverige, främst orsakad av globala luftföroreningar. Men även så långt norrut som i Härjedalen var jorden försurad. Troligen är det en följd av låg basmättnadsgrad, det vill säga marken tål inte ens den jämförelsevis låga depositionen inom regionen. Detta område är naturligtvis särskilt viktigt att följa upp. I kalkhaltig mark (Skåne, Visingsö) är pH-värdet i stort sett neutralt tack vare kalkgrundens buffrande förmåga mot försurande ämnen. Även Frösön har kalkhaltig mark som skyddar mot markförsurning. Höga halter av klorider, vilket ökar korrosionen på metallföremål, påvisades på Västkusten men även i Skåne. Orsaken till de höga kloridhalterna är sydvästliga vindar, som för med sig havssalt flera mil in i landet. Kombinationen av försurning och klorider i marken är naturligtvis särskilt allvarlig för arkeologiska metallföremål på Västkusten.

Mätningar utförda av IVL visar att depositionen av sura svavelföreningar tycks minska för varje år. Numera har dock kvävet roll ökat i relativ betydelse, och på sikt kan det oorganiska kvävet komma att dominera markförsurningen. Situationen är allvarligare än man tidigare trott. En kontinuerlig uppföljning av markförsurningen är nödvändig eftersom många fornyfynd är hotade. Fortfarande överskrider den så kallade kritiska belastningsgränsen på många håll, framför allt på Västkusten med oförmånlig berggrund och stor global införsel av luftföroreningar. Den tidigare åsikten att arkeologiska fynd bevaras bäst i jorden måste ifrågasättas, framför allt i regioner med stor miljöbelastning.

*Anm. En andra rapport (del 2), som i detalj beskriver platserna för provtagning och deponering samt arbetsmetodik, kommer att i begränsad upplaga färdigställas under år 2008.*

## 2. Bakgrund

År 1999 fastställde Sveriges Riksdag 15 nationella miljömål (numera: 16 miljömål), som ska vara uppnådda inom en generation, det vill säga ungefär 25 år (se Litteraturhänvisningen i Kap. 10). Nio av dessa berör kulturarvet. Miljömålet ”Bara naturlig försurning” avser försurning av mark, sjöar och vattendrag. Målet har formulerats enligt följande: ”De försurande effekterna av nedfall och markanvändning ska underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Nedfallet av försurande ämnen ska heller inte öka korrosionshastigheten hos tekniska material eller kulturföremål och byggnader”. Miljökvalitetsmålet har fyra specificerade delmål (SNV 2003:5317).

Försurningen berör självfallet flora och fauna, men även vårt äldsta kulturarv, eftersom försurad mark visat sig ha skadlig inverkan på outgrävt arkeologiskt material. Dessa problem har tidigare studerats vid Riksantikvarieämbetet i ett nationellt projekt och ett EU-finansierat projekt (se Kap. 4 och 10). Statistisk multivariatanalys visade, att markförsurning är den dominerande faktorn bland många antropogena och ekologiska parametrar som påverkar nedbrytningen. Därför är det viktigt att följa förändringar i markkemin. Det är helt klart att en del av vårt äldsta kulturarv håller på att gå förlorat på grund av markförsurningen.

För att se förändringar av miljöstatus inom fornlämningsområden är jordprov lämpliga som miljöindikator. De måste tas på ett djup som är relevant för arkeologiska fynd, normalt ca 20–40 cm under markytan, d.v.s. avsevärt närmare ytan än vad som gäller för de jordprover som IVL och SGU samlar in. Jordprovsanalyserna kom-



Figur 1. En av projektdeltagarna (Kate Tronner) i samspråk med en intresserad lantbrukare från bygden. Fornlämningen ”Hols Gärde” i Hols socken, Västergötland. Foto: Anders G. Nord

pletteras med korrosionsmätningar in situ. Ett annat viktigt komplement är data från IVL:s mätstationer avseende deposition av försurande ämnen (Kap. 8). Försurningen beror emellertid inte bara på depositionen, utan även på jordart, jordens kemiska sammansättning, topografi och vegetation. Miljöundersökningar utförda på representativa fornlämningar är därför viktiga för dessa studier. Den lokala förankringen förstärker medvetandet om det egna kulturarvets betydelse, eftersom befolkningen sannolikt har större intresse och känsla för miljöundersökningar som berör den egna hembygden, än för stora allmänna kartläggningar utförda av centrala myndigheter (Figur 1).



### 3. Mål och arbetsplan

Projektets syfte och mål är att utforma och implementera en plan för urval och bestämning av indikatorer för miljöpåverkan inom arkeologiska fornlämningsområden enligt miljömålet "Bara naturlig försurning". Som miljöindikator används jordprover från fornlämningsområden inom nio län, samt deponerade provplåtar för mätning av korrosionshastigheten.

Huvudmålet har formulerats på följande sätt (Svenska Miljömål 2000):

”De försurande effekterna av nedfall och markanvändning skall underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Nedfallet av försurande ämnen ska heller inte öka korrosionshastigheten i tekniskt material eller kulturföremål och byggnader”

Till huvudmålet hör fyra delmål:

- DELMÅL 1: Berör sjöar och rinnande vatten
- DELMÅL 2: Berör försurning av skogsmark:  
Före 2010 skall trenden mot ökad försurning av skogsmark vara bruten i områden som försurats av människan, och en återhämtning ha påbörjats.
- DELMÅL 3: Utsläpp av SO<sub>2</sub> i Sverige år 2010 max 60 000 ton
- DELMÅL 4: Utsläpp av NO<sub>2</sub> i Sverige år 2010 max 148 000 ton



Figur 2. Planering av jordprovstagning vid gravfältet i Byestad (Vetlanda socken, RAÄ 53). Från vänster syns Anders Wallander (Länsstyrelsen i Jönköping), Ingvar Røjder (Länsmuseet i Jönköping) med GPS-mätutrustning, och Carola Bohm (Riksantikvarieämbetet).

Foto: Kate Tronner.

Provtagning av jord ska genomföras vart fjärde år fram till år 2030. Tidsintervallet är valt med tanke på projektets kontinuitet och med hänsyn tagen till eventuell personalomsättning. Vid provtagningen dokumenteras data rörande fornlämningsområdet och dess närmaste omgivning: arkeologisk kontext, miljöpåverkan, klimat, geologi, markanvändning, topografi och vegetation. Insamling av jordprover och data sker i samarbete med respektive länsstyrelse och eventuellt länsmuseum.

## 4. Markförsurning och nedbrytning av arkeologiskt material

Luftkvalitet och nedfall av försurande ämnen mäts regelbundet av IVL, SMHI, länsstyrelser och större kommuner. Dessa mätningar är av stor betydelse för att man ska kunna följa miljöförändringar i olika regioner. Den nuvarande trenden är, glädjande nog, att nedfallet av sura svavelhaltiga föreningar i Europa minskar avsevärt för varje år, såväl lokalt som globalt (Barret & Bedge 1996; Hallgren et al. 2003).

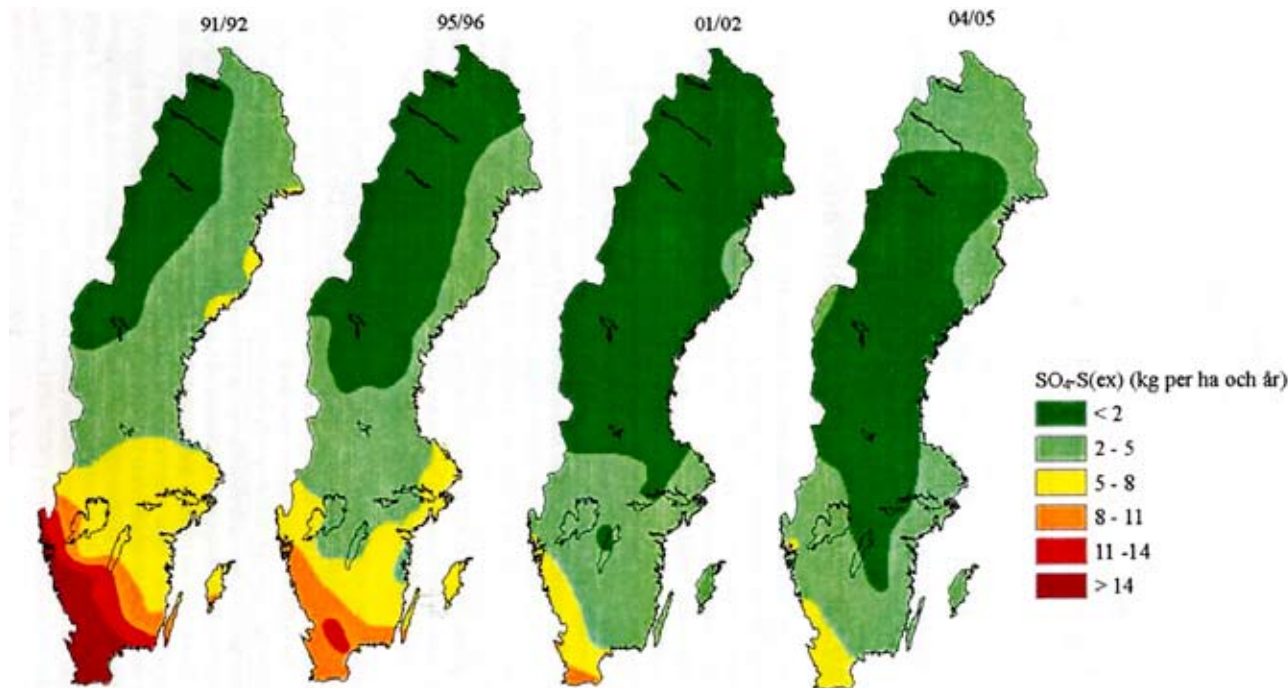
Dess värre är situationen mer bekymmersam i länder med kraftigt ökande industriproduktion och användning av svavelhaltiga bränslen, t.ex. Indien och Kina (Kuylenstierna et al. 2001). Trenden med minskande svavelutsläpp i Sverige illustreras av miljökartorna i Figur 3. Minskningen är en följd av krav på svavelfattigare och renare fossila bränslen, samt effektiv rökgasrening vid värmekraftverk och industrier. Vad gäller utsläpp av försurande kväveföreningar, främst från olika slags trafik, går minskningen av dessa betydligt långsammare, och i dagläget utgör de ett större problem än svavelföreningarna.

Självfallet finns en koppling mellan deposition av sura

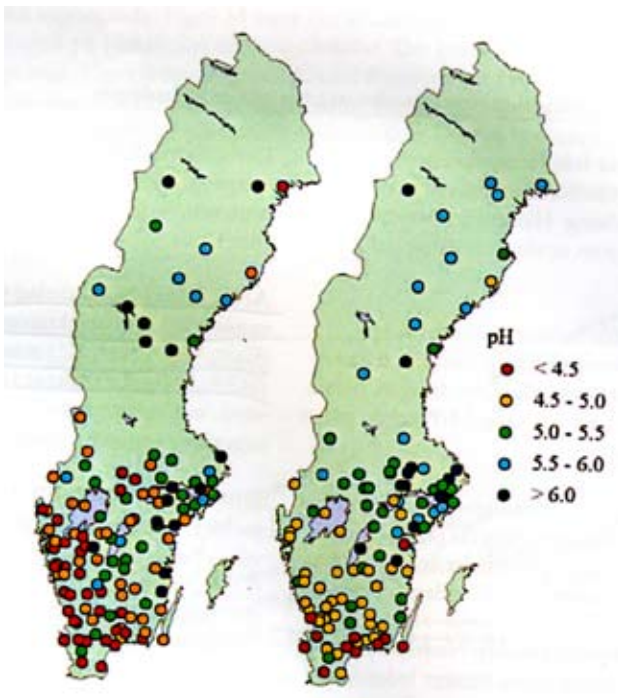
luftföroreningar och markens surhetsgrad. Men markförsurningen beror inte bara på den faktiska depositionen, utan även på jordart, markkemi, topografi, vegetation och fornlämnings uppbyggnad. Kalkhaltig jord har god buffrande förmåga mot sura föroreningar. Barrskog, framför allt granskog, medför däremot en ökad försurning av marken (se nedan). Arkeologiska föremål i granskog löper således större risk än fynd i öppen terräng att förstöras i marken.

En stor del av de hittills kända fornlämningsområden i Sverige ligger i relativt öppen terräng, exempelvis ängs- och hagmark, men på senare tid har fornlämningar i allt högre grad upptäckts i skogsmark bland annat som resultat av projektet "Skog och historia". Av ovan nämnda anledningar måste därför mätningarna av försurande deposition kompletteras med jordprovsanalyser inom utvalda fornlämningsområden och korrosionsmätningar in situ.

Den övervägande delen av markförsurningen har antropogent ursprung. I Sverige dominerar de globala luftföroreningarna. Fortfarande överskrids på många håll,



Figur 3. Årlig deposition av antropogent svavel (d.v.s. exklusive havssalter), uppmätt via krontropp under granar inom IVL:s krontropsnät. Från IVL Svenska Miljöinstitutet, Publ. Nr. B1682, fig. 4 (Nettelbladh et al. 2006).



Figur 4. Markvattnets pH-värde (median) i granskogsmark under perioden oktober 1992–september 1995 (t.v.) respektive oktober 2002–september 2005 (t.h.). Från IVL Svenska Miljöinstitutet, Publ.Nr. B1682, fig. 15 (Nettelblad et al. 2006).

framför allt på Västkusten, den så kallade kritiska belastningsgränsen, ett mått på vilken försurning marken tål. Utförliga diskussioner om detta har bland annat publicerats av Nilsson & Grennfelt (1988), Grennfelt & Thörnelöf (1992), Hettelingh et al. (1993), Posch et al. (2003), samt Hallgren Larsson et al. (2003). Sverige domineras av magmatiska bergarter täckta av ett tunt jordlager, det vill säga den kritiska belastningsgränsen är låg på de flesta håll. Västkusten är mest utsatt, med hög försurande deposition (lokal och global) samt en känslig berggrund. I detta avseende är större delen av Sverige starkt missgynnat jämfört med kalkrika regioner i Sydeuropa. Marken bedöms vara cirka tio gånger känsligare för försurning i Sverige än i länder med övervägande kalkrik berggrund. Det kan därför ta många decennier innan marken har återhämtat sig från en alltför hög försurning, och i det avseendet är många arkeologiska fynd hotade (Hallbäcken 1992; Hultberg & Skeffington 1998).

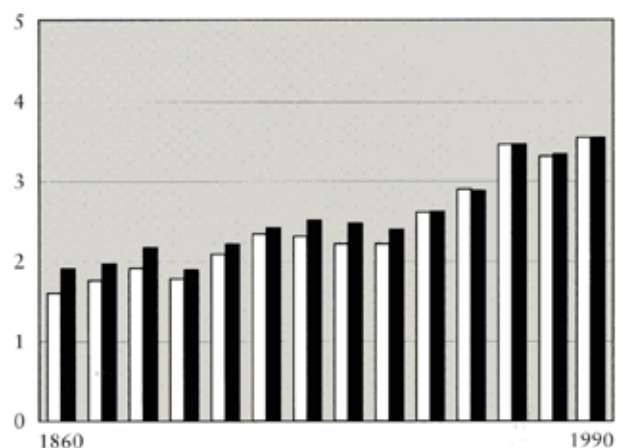
Det försurande nedfallet avges till marken dels som våtdeposition (regn och snö), dels som torrdeposition (gaser, aerosoler, partiklar). De senare ämnena adsorberas på trädens blad och barr. Nederbörden sköljer av de sura ämnena, som hamnar på marken. Därför ger en mätning av deposition under träd ("kronddropp") högre värden än motsvarande mätning utförd på ett närliggande öppet fält. Omkring 1990 uppmättes nästan dubbelt så stort nedfall på granmark jämfört med ett öppet fält. Numera är det ca 20–30 procent högre deposition i granskog. Dessutom är



Figur 5. Två likartade bronsspännen från Birka, utgrävda 1993 (överst) respektive 1927 (under). Skillnaden i bevarandegrad är slående. Foto: Riksantikvarieämbetet.

barren i sig själva sura, vilket ytterligare förvärrar situationen. Kartor som visar pH-värdet i markvatten i skogsmark på 50 cm djup visas i Figur 4. Man ser tydligt, att framför allt i Syd- och Västsverige har försurningen minskat mellan de uppmätta perioderna.

Arkeologer i Sverige ser tydligt att de föremål som nu grävs fram generellt är i sämre skick än de som togs upp för 50–100 år sedan (Figur 5). Riksantikvarieämbetet har



Figur 6. Medelvärde för "nedbrytningsgraden" i en skala från 1 (välbevarat fynd) till 5 (mycket korroderat föremål). Histogrammet är baserat på ca 3000 bronsföremål, indelade i 10-årsintervall efter utgrävningsår/fyndår. Lösfynd och depåfynd är medtagna (vita staplar) respektive uteslutna (svarta staplar).

Tabell 1. Faktorer som påverkar nedbrytningen av brons, järn och ben.

Effekt av olika faktorer	Brons- och järnföremål Anm: järn mer korroderat än brons	Arkeologiskt benmaterial
Mycket stor påverkan:	Markförsurning	Markförsurning, mikroorganismer i jorden
Stor påverkan:	Salt (klorider!), fukt, genomsläpplig gravöverbyggnad	Vattengenomströmning, fuktig jord
Måttlig påverkan:	Sot, sandjord, granskog	Tidsfaktorn (äldre ben generellt sämre än yngre material)
Liten påverkan:	Lera, grus.	Sandjord, organiskt material i jorden
Stabiliserande effekt:	Kalkhaltig jord, torv, mossar, organiskt material i jorden; skyddande arkeologisk överbyggnad	Kalkhaltig jord

under flera år studerat nedbrytningen av arkeologiska föremål i två tvärvetenskapliga projekt (se Litteraturhänvisningen i Kap. 10). I det första projektet ("Fynd och Miljö") undersöktes föremål av brons och järn: ca 5000 föremål förvarade i museimagasin och 300 nytutgrävda metaller. Magasinstudien bekräftade, att en stor del av nedbrytningen har ägt rum under de senaste femtio åren (Figur 6). Föremålen klassades visuellt enligt en skala från 1 till 5 beroende på nedbrytningsgrad, och ofta användes även röntgengenomlysning för bättre noggrannhet. Geografisk belägenhet, arkeologisk kontext, utgrävningsår och tillgängliga data rörande den närmaste omgivningen noterades för varje föremål. Metallerna från västkusten visade sig vara mest korroderade, och det var också där som nedbrytningen ökat snabbast.

För projektets andra fas, det vill säga undersökningar från pågående arkeologiska utgrävningar, användes omkring 100 variabler för varje objekt, bland annat analysdata för själva fyndet och den omgivande jorden, samt data för arkeologisk kontext, miljöpåverkan och den allmänna omgivningen (geografi, topografi, markanvändning, vegetation med mera). Alla data bearbetades statistiskt med s.k. multivariatanalys. Det framgick då att ca 20% av variablerna hade en signifikant inverkan på nedbrytningen, och av dessa var markförsurning den allvarligaste faktorn (Tabell 1). Liknande resultat har erhållits från tidigare undersökningar av arkeologiska metallfynd (Tylecote 1979; Scharff 1993). De har också bekräftats av senare studier (Gerwin & Baumhauer 2000; Brinch Madsen et al. 2002).

Nedbrytningen av arkeologiskt benmaterial har studerats i ett treårigt EU-finansierat forskningsprojekt med fyra deltagande nationer: Nederländerna, Sverige, England och Italien. Projektet hade titeln "The degradation of bone as an indicator in the deterioration of the European archaeological property. EU project ENV4-CT98-0712." Några resultat från undersökningarna sammanfattas i Tabell 1.

För arkeologiska bronsartefakter spelar det inte så stor roll om de legat i jorden i 300 eller 3000 år – merparten av korrosionen har tillkommit under det senaste seklet. Benmaterial är mer svårtolkat, av flera skäl. Sammansättningen är mycket komplex, med oorganisk kalciumhydroxyapatit som huvudbeståndsdel, men det finns även andra fosfater, samt organiskt material såsom kollagen och ytterligare några proteiner, vatten, hålrum och sprickor. Dessutom orsakas nedbrytningen till viss del av mikroorganismer, vilkas levnadsbetingelser beror på markkemin. Benmaterialet kan också ha påverkats av för oss okända faktorer såsom sjukdomar, begravningsritualer, matvanor med mera. Av dessa anledningar blev resultatet inte lika tydligt som för metallprojektet. Det svenska benmaterialet visade sig emellertid vara sämst bevarat, medan det italienska var bäst p.g.a. den kalkrika marken. Generellt sett tycks markförsurning och mikroorganismer ha störst inverkan på nedbrytningen av benmaterial. En kontinuerlig uppföljning av markförsurningen är således av stor betydelse för att kunna göra prognoser om framtida bevarande i jorden.

## 5. Utvalda fornlämningsområden

Inom ramen för det aktuella projektet besöktes under år 2005 nio länsstyrelser. Det resulterade i förslag på 70 fornlämningsområden, varav 25 slutligen valdes ut i samråd med länsstyrelserna. Vid urvalet eftersträvades god spridning avseende miljöbelastning, geologi, topografi, vegetation, markanvändning, klimatförhållanden, fornlämningstyp och tidsperiod, samt en godtagbar geografisk fördelning. Ett viktigt kriterium var att fornlämningen sannolikt inte kommer att grävas ut under detta sekel. De utvalda miljöerna är gravar, gravfält och boplatser av stor kulturhistorisk betydelse, samt en medeltida anläggning (Riseberga klosterruin; Figur 7). För att kunna studera global markförsurning orsakad av sydvästliga vindar, har vi koncentrerat områdena till ett bälte från västkusten genom Västergötland, Småland och Örebro län, upp mot Mälardalen och Östkusten. Som referenser för bland annat skogsmiljöer ingår områden i Norrland (Tabell 2 och Figur 8).

De utvalda områdena från Skåne län karakteriseras av att de ligger i ett slättlandskap och till största delen är överplöjda boplatsskomplex. Boplatserna Uppåkra, Järrestad och Västra Karaby är så omfattande till sin storlek att de sannolikt kommer att ligga kvar i framtiden. Viss ytplöckning av upplöjda fynd eller med hjälp av metalldetektor kan dock förväntas ske vid Uppåkra (utanför Lund). Mindre delar av de tre boplatserna har undersökts, vilket visar att de huvudsakligen kan dateras till järnåldern, men



Figur 7. Anders Kritz och Maria Olsson från länsstyrelsen torvar av grässvålen inför provtagning av jord intill klosterruinen Riseberga i Örebro län. Foto: Inga Ullén.

även äldre fynd och anläggningar har påträffats. Boplatserna i Järrestad är ca 260 x 150m. Här finns lämningar från stenålder, bronsålder och (huvudsakligen) tidig järnålder. Bland annat har arkeologerna påträffat rester av brandgropar, gropar, härdar, pinnhål och långhus. I anslutning till en av boplatserna undersöktes under åren 1999–2000 en rik kvinnograv från 300-talet. I närområdet finns även andra fornlämningar. Nära Västra Karaby finns mäktiga bronsåldershögar (Karaby backar) som höjer sig över de omgivande slätterna och är ett av de få naturområden som finns i fullåkerslandskapet. Här finns en rik flora av bl.a. backsippa och mandelblom.



Figur 8. Kartan visar de 25 fornlämningsområden som ingår i studien (Riseberga och Lekebacken representeras av samma punkt). Deponeering av plåtar har gjorts vid Uppåkra, Greby, Sikkhjalma och Vuollerim.

Tabell 2. Sammanställning av de 25 utvalda fornlämningsområdena.

Län	Fornlämningsområden	Huvudsaklig datering
Skåne	Uppåkra (RAÄ 5:1, boplatz) Järrestad (RAÄ 50:1, boplatz) Västra Karaby (RAÄ 39:1, boplatz och gravar)	Järnålder Sten- till äldre järnålder Brons- till järnålder
Jönköping	Smålandsstenar (Villstad RAÄ 52:1, gravfält) Byestad (Vetlanda RAÄ 53:1, gravfält) Visingsö (RAÄ 10:1, 11:101–102, 20:1, gravfält)	Järnålder Yngre järnålder Äldre till yngre järnålder
Västra Götaland	Greby (Tanum RAÄ 734:1, gravfält) Herrestad (RAÄ 14:1, gravfält) Pilarne (Tjörn RAÄ 105:1, gravfält) Hols gårde (Hol RAÄ 4:1, gravfält) Dimbo (RAÄ 6:1, 7:1, gravfält)	Järnålder Yngre järnålder Järnålder Brons- till yngre järnålder Yngre järnålder
Örebro	Örebro (Almby RAÄ 19:1, gravfält) Lekebacken (Kumla RAÄ 35:1, gravfält) Riseberga kloster (Edsberg RAÄ 30:1, klosterruin)	Yngre järnålder Yngre järnålder Medeltid
Södermanland	Fagerhult (Trosa–Vagnhärad, RAÄ 112:1, gravfält) Tumbo (RAÄ 48:1, gravfält)	Brons- till järnålder Järnålder
Uppsala	Gamla Uppsala (Uppsala RAÄ 123:1, gravfält, boplatz) Vånsjöåsen (Torstuna RAÄ 101:1, gravfält) Sikhjälma (Hällnäs RAÄ 128:1, gravfält)	Järnålder Järnålder Järnålder
Västernorrland	Tuna (RAÄ 7:1, grav- och boplatzområde)	Järnålder
Jämtland	Ljungdalen (Storsjö RAÄ 74:1–2, gravar) Vikarsjön (Hede RAÄ 163:1–3, gravar) Frösön (RAÄ 80:1–2, gravfält).	Yngre järnålder Järnålder Järnålder
Norrbotten	Galtisjaure (Arjeplog RAÄ 2330:1, härd) Vuollerim (Jokkmokk RAÄ 1292, boplatz)	Järnålder till historisk tid Stenålder

*Anm.* En utförligare beskrivning har redovisats i den tidigare lägesrapporten av A. G. Nord, I. Ullén & K. Tronner: ”Fornlämningsområden som indikatorer för miljömålet *Bara naturlig försurning*”. RAÄ/AT, Stockholm, Rapport maj 2006, pp. 1–35.

Från Jönköpings län är tre gravfält utvalda, belägna i Smålandsstenar och Byestad samt på Visingsö. De ligger i sand- och moränmark, på hag-, betes- eller tomtmark. Samtliga ingår i länets fornvårdsprogram, och inga framtida exploateringar är planerade. Både i Byestad och på Visingsö är gravfälten mycket stora med ca 300 respektive 800 gravar. Ungefär hälften är högar, resten är stensättningar med olika former och resta stenar. I Byestad nära Vetlanda finns en ovanlig, sexuddig stensättning som är 38 meter i diameter med 15 meter långa uddar. Det mytomspunna gravfältet vid Smålandsstenar består av en rest sten och fem ståtliga domarringar som gett namn åt orten. Intill gravfältet ligger samhällets hembygdsgård. Mindre skador i form av täkter eller kantskador från vägar finns på gravfälten.

I Västra Götalands län är fornlämningsplatser valda både från Bohuslän och Västergötland.

I Bohuslän ligger två av gravfälten på fastlandet och ett på ön Tjörn. Det sistnämnda, Pilarne, är beläget i en svacka mellan två berg i moränmark. Gravfältet används

som betesmark. De ca 80 gravarna består huvudsakligen av stensättningar men även domarringar, högar och resta stenar förekommer. Herrestad och Greby ligger också på moränmark. Båda är fornvårdsobjekt. Det mäktiga Grebygravfältet (Figur 10) utmärks särskilt av de omkring 40 resta stenarna som är upp till 4,5 meter höga och resta på ett antal av de ca 120 högarna. Dessutom finns ca 50 stensättningar. Det fantasieggande intrycket förstärks av att gravfältet ligger på en ljunghed. Gravfältet vid Herrestad består av stensättningar, högar, resta stenar och en domarring. Det anses vara en av länets värdefullaste fornminneslokaler, och år 1996 genomfördes kemisk analys av marken (se Kap. 8). Väg E6 skär genom landskapet endast 20 meter väster om gravfältet. En mindre del av gravfältet är utgrävt medan resterande del kommer att bevaras för framtiden.

Från Västergötland är två gravfält utvalda (Dimbo respektive Hols Gärde). Gravfältet i Dimbo är Västergötlands största med ca 300 gravar, varav 240 är högar och resten stensättningar. Gravfältet vid Hols Gärde är min-

dre med sina ca 140 gravar, bestående av högar och stensättningar samt en rest sten. Runt gravfältet finns enstaka större högar, sannolikt från bronsåldern. (Figur 1). Båda gravfälten ligger på grusåsar eller moränryggar, använda som betesmark. Dimbogravfältet är i dag ett fornvårdsobjekt.

De utvalda områdena från Örebro län är två gravfält och en klosterruin. Gravfälten ligger på krön och sluttningar av moränryggar. På det ena gravfältet, den naturskönt belägna Lekebacken, finns 110 gravar huvudsakligen bestående av stensättningar men också ett 30-tal högar, en domarring, en rest sten och ett röse. Röset är ett av Närkes största. På det andra gravfältet vid Almby (inom Örebro stad) finns 160 gravar, bestående av högar och stensättningar. Båda platserna kan huvudsakligen dateras till yngre järnålder, även om äldre inslag finns. De är fornvårdsobjekt och Lekebacken, som i dag används som beteshage, ingår i ett riksintresseområde. Den medeltida klosterruinen Riseberga ligger på en höjdrygg och vårdas som park med gräsmattor och enstaka lövträd. År 1546 eldhärjades klostret, vilket lade byggnaderna i ruiner. Några smärre undersökningar har genomförts från 1830-talet och framåt bl.a. för att lokalisera murar och fastställa byggnadsdetaljer, men några större ingrepp är inte planerade.

Från Södermanlands län är två fornlämningsområden utvalda, ett grav- och boplatskomplex från bronsåldern vid Fagerhult i närheten av Vagnhärad, och ett järnåldersgravfält vid Tumbo. I Fagerhult finns ett mäktigt gravröse på en moränhöjd och många små stensättningar markerade av en stenkrets. Inre fyllning av sten saknas. Bosättningsspåren består bland annat av nio stora skärvstenshögar. Fornlämningsområdet ligger på en åkerholme och omges delvis av överodlade gravfält från järnåldern. Hela området ingår i ett av Trosa kommun planerat naturreservat. Gravfältet vid Tumbo ligger på en ås på ömse sidor riksvägen mellan Västerås och Eskilstuna. Här finns cirka 350 högar, drygt 120 stensättningar och cirka 25 resta stenar. I trakten runt gravfältet finns hålvägssystem, fornborgar, runstenar och gravar. Gravfältet ingår i ett riksintressområde.

Från Uppsala län är järnåldersgravfälten Vånsjöåsen, Sikhjälma och Gamla Uppsala utvalda. Vid Vånsjöåsen och Sikhjälma finns vardera ett 50-tal stensättningar med olika former. Gravfältet vid Vånsjöåsen är vackert beläget i hagmark på krönet av en rullstensås med magnifik utsikt över det omgivande flacka landskapet. Det sandiga markunderlaget är gynnsamt för fjärilar och vildbin, och här finns sannolikt länets största population av backsippa. Området har sedan länge använts som ängs- och hagmark; övergivna torpgrunder finns kvar utanför gravfältet. Vånsjöåsens naturreservat omger gravfältet på båda sidor. Gravfältet vid Sikhjälma i norra Uppland ligger mellan flacka bergklackar med låg höjd över havet och in-



Figur 9. Markus Jonsson (länsstyrelsen i Skåne län) gräver sig ned till ett lämpligt provtagningsdjup under markytan på järnåldersboplatsen Järrestad, intill vägen mot Simrishamn. Foto: Inga Ullén.



Figur 10. Gravfältet i Greby i Tanums socken är ett av länets fornvårdsobjekt. Det ger ett suggestivt intryck med sina höga resta stenar. Foto: Anders G. Nord



Figur 11. Maria Olsson tar jordprover intill domarringen på Lekebacken, Örebro län. Foto: Inga Ullén.



Figur 12. Gravarna i det ålderdomliga kulturlandskapet vid Sik-hjälma tillhör genom sina dåligt övertorvade stenkonstruktioner en fornlämningskategori som är särskilt utsatt för försurande nedfall. Foto: Inga Ullén.

gick under yngre järnålder i ett skärgårdslandskap. I dag används gravfältet som hagmark, och är en del av ett ålderdomligt kulturlandskap med de kända Lingnåre- och Barknårekomplexen gränsande mot söder. Det välkända gravfältet vid Gamla Uppsala är ett av Upplands största och ingår i ett riksintresseområde. På platsen finns också husterrasser och hålvägar, liksom Gamla Uppsala kyrka och ett museum. I Gamla Uppsala finns förutom stensättningar och resta stenar ca 150 högar. De tre så kallade kungshögarna ligger på krönet av Uppsalaåsen och de övriga gravarna på sluttningarna av rullstensåsen. Området används i dag som hagmark och är bevuxet med enstaka, glest stående lövträd.

Från **Västernorrlands län** är ett fornlämningsområde utvalt, boplots- och gravkomplexet vid *Tuna*, ca 2 mil sydväst om Sundsvall. Det är från järnåldern och ligger högt i ett väl synligt läge på en sluttning mot sjön Marmen. Både gravar och husterrasser finns, och komplexet är ett av de bästa exemplen på en fullständig större järnåldersgård i Medelpad. På platsen som är vårdad växer blandskog. Gravarna består till övervägande delen av högar, varav en storhög. Nära husterrasserna finns spår av tidigare röjda och odlade ytor, stensträngar och odlingsrösen. Formen på gravarna visar att gården troligen existerat under lång tid, kanske från äldre järnåldern.

Från **Jämtlands län** är tre fornlämningsområden med gravar utvalda. Vid två av dem, Ljungdalen och Vikarsjön i västra Härjedalen, finns gravgrupper i form av högar respektive så kallade insjögravar. De senare är typiska skogsgravar och brukar främst räknas till järnåldern. De ligger nära ett sommarstugeområde på en låg strandås av morän intill Vikarsjön, med en omgivande vegetation av barrträd, ljung, lava och kråkbär. Högarna vid Ljungda-



Figur 13. Här mäter Björn Oskarsson från Länsstyrelsen i Jämtlands län in provgroppar på ett Frösögravfält tillsammans med Kate Tronner. Foto: Anders G. Nord



Figur 15. Inga Ullén tar jordprover från stenåldersboplatsen i Vuollerim (Jokkmokks socken, RAÄ 1292). Foto: Anders G. Nord





Figur 14. Gunilla Edbom från länsstyrelsen i Norrbottens län och Anders Nord på väg till en av härdarna i Galtisjaure, Arjeplogs socken. Fornlämningsområdet syns som en förhöjning i mitten av bilden. Foto: Inga Ullén.

len ligger intill en hembygdsgård och vegetationen är gles fjällbjörkskog. De är ca 10 meter i diameter och ungefär en meter höga. Troligen tillhör de den yngre järnåldern. Det tredje utvalda fornlämningsområdet är ett gravfält på Frösön, bestående av gravhögar på kalkrik mark. I området finns även spår av äldre odling.

De två utvalda fornlämningarna från Norrbottens län är boplatser, i Galtisjaure (Arjeplogs socken) respektive Vuollerim. Boplatsspåren i Galtisjaure utgörs av glesplacerade ovala härdar. De ligger i kuperad moränmark bevuxen med barrskog. Ursprungligen har härdarna troligen legat inne i kåtor, uppbyggda av torv eller annat material. Härdarna är omkring en meter breda och en till en och en halv meter långa. De har synliga kantstenar. Med led-

ning av fynd som järnknivar, eldstål, metallbleck och tenar från andra områden dateras härdarna i många fall till järnåldern. De är en av de vanligaste fornlämningstyperna i fjäll- och skogsområdet i Norrlands inland (Figur 14). Stenåldersboplatser i *Vuollerim* ligger i flack, barrskogsbevuxen terräng (Figur 15). Inom området finns synliga spår av fyra hus och flera fångstgropar. Husen avtecknar sig som ovala fördjupningar i markytan, 5–6 meter breda och 11–12,5 meter långa, omgivna av låga vallar. Mindre delar av platsen är undersökta och har gett fynd av bland annat obrända och brända djurben från älg, bäver, skogsfågel och fisk. Platsen är C-14-daterad till stenålder, ca 4800–2200 f. Kr. I närheten finns ett besökscenter, ”Vuollerim 6000”.

## 6. Provtagning och deponering år 2006

### Jordproverna

Inom varje utvalt fornlämningsområde togs jordprover från två eller tre ställen. Provtagningsplatserna ritades in på en plan över fornlämningsområdet och dokumenterades. Provtagningsgroparna ligger mellan fornlämningarna, eller i utkanten av området. Ingen åverkan har gjorts på själva fornlämningarna. Kartor och foton kommer att redovisas i detalj i del 2 av denna rapport (2008).

Vid provtagningen användes spade för att ta bort den översta jordtorvan, därefter skärslöv. Varje jordprov (200–300 gram) togs på ett för fornlämningstypen sannolikt fynddjup, vanligen ca 20–40 cm under markytan. Om gropen inom detta djup uppvisade flera jordhorisonter, togs prover (med något undantag) endast från en horisont, det vill säga en jordtyp. Provtagningsdjupet noterades, och gropens profil dokumenterades. Stenar och rötter undveks, men förekomst av sådana noterades. I samband med provtagningen dokumenterades omgivande miljö (Appendix 2). Alla jordprover förvarades svalt i tillslutna plastpåsar före analysen. Efter analysarbetet kommer samtliga torkade jordprover att sparas tills projektet är avslutat.

### Deponering av metallprover

Deponering av metallprover är betydelsefull, eftersom den möjliggör att effekten av markens korrosiva egenskaper explicit kan fastställas. Av praktiska och ekonomiska skäl begränsades deponeringen till fyra områden: Uppåkra i Skåne, Greby i Bohuslän, Sikhjälma i Norra Uppland, och Vuollerim i Lappland. I projektet har 36 provplåtar av koppar och lika många av kolstål använts, framtagna av KIMAB (före detta Korrosionsinstitutet). De har måtten 10 x 10 cm<sup>2</sup> (tjocklek 3 mm för kolstål, 1 mm för koppar). Före deponering märktes de genom hålbörning enligt ett specifikt mönster, och vägdes. Inom varje utvalt fornlämningsområde grävdes tre gropar, och i var och en av dessa deponerades tre plåtar av varje metall, hopbundna med ett nylonsnöre. Plåtarna sköts in vertikalt i den opåverkade jorden, på ett djup som motsvarar en hypotetisk nivå för tänkbara arkeologiska fynd (Figur 17). Från groparna togs även jordprover. Vart åttonde år planeras en upptagning (se Kap. 9).



Figur 16. Kåia Niklasson Bonander från Länsstyrelsen i Uppsala län och Anders Nord tar jordprover nedanför Uppsala högar. I bakgrunden syns en del av Uppsalaslättnens jordbrukslandskap. Foto: Inga Ullén.



Figur 17. Sex provplåtar deponerade i en grop intill en boplats i Sikhjälma. Foto: Inga Ullén.

*Anm.* Före provtagning och deponering av metallprover för korrosionsförsök begärde vi och fick skriftliga tillstånd från respektive länsstyrelse och samtliga berörda markägare. Tillstånd måste på nytt begäras för alla framtida jordprover, d.v.s. nästa gång år 2010. Detaljerade anvisningar rörande provtagning av jord och hantering av de deponerade provplåtarna redovisas i nästföljande rapport, som färdigställs år 2008.

## 7. Analysresultat

Analyserna omfattar geologiska, kemiska och fysikaliska undersökningar. För närvarande finns naturligtvis enbart data för 2006 års jordprover, men dessa resultat kan till viss del relateras till nedfallsdata från IVL, åtminstone 10 år bakåt i tiden (Kap. 8). De ger då en tydligare trend för deponeringen av försurande ämnen i närheten av de olika fornlämningsområdena.

Geologiska data presenteras i Tabell 4. Den geologiska klassningen baseras på Attenbergs skala (Fredén 1994; Lindström *et al.* 2000) med följande jordarter, från finare till grövre kornstorlekar: lera, mjäla, finmo, grovmo, finsand, mellansand, grovsand, fingrus, grus, sten (se Tabell 3). Morän innehåller olika kornstorlekar. Blandningar av jordarter kan i Tabell 4 anges till exempel som ”sandig moig morän”, eller ”grovmo med grus och småsten”. Förekomst av andra material såsom rötter, musselskal, tegelbitar, småsten eller liknande har noterats, liksom jordens färg. Efter torkning har samtliga jordprover siktats.

*Anm.* Endast material < 2 mm har använts för de kemiska analyserna. Procentfördelningen för alla mineralkorn i ett jordprov med en diameter mindre än 2 mm anges i Tabell 4, och ger en viss uppfattning om kornstorleksfördelningen.

Tabell 3. Kornstorleksindelning för de vanligaste jordarterna enligt Attenbergs skala (cf. Fredén 1994; Lindström *et al.* 2000).

Korngruppsbenämning	Kornstorlek
Lera	< 0,002 mm
Finmjäla	0,002–0,006 mm
Grov mjäla	0,006–0,02 mm
Finmo	0,02–0,06 mm
Grovmo	0,06–0,2 mm
Mellansand	0,2–0,6 mm
Grovsand	0,6–2 mm
Fingrus	2–6 mm
Grovt grus	6–20 mm
Sten	2–20 cm
Block	> 2 dm

Tabell 5 är en sammanställning av kemiska data för jordproverna. Analysmetoderna är beskrivna i Appendix 3. Resultat efter inaskning (L.o.i. wt %), det vill säga viktsförlust efter upphettning, avspeglar halten organiska



Figur 18. Anders Nord påbörjar analysarbetet med jordproverna från Södermanland. Flertalet analyser genomfördes på Riksantikvarieämbetets kemilaboratorium (Antikvarisk-Tekniska avdelningen). Foto: Kate Tronner.

ämnen i jordprovet. De kan bestå av humusämnen eller ofullständigt nedbrutna växtdelar. Våra tidigare undersökningar har visat, att organiskt material (> 10 %) tycks ha en viss bevarande effekt på arkeologiska metallföremål (Tabell 1 i Kap. 4). Surheten har bestämts genom pH-mätning på vattenlakade prov. Markförsurning är som tidigare nämnts den viktigaste nedbrytningsfaktorn för metaller och benmaterial. Konduktiviteten (mS/m, d.v.s. milliSiemens per meter) är ett mått på halten av vattenlösliga salter i jorden. Av dessa har klorid- och sulfathalterna bestämts separat. ”BASM” står för basmättnadsgrad (se Kap. 8 och Appendix 3).

Resultaten i Tabell 5 visar att jorden år 2006 var starkt

försurad inom ett flertal fornlämningsområden. Även i Norrland var marken på många håll försurad. Den kalkrika jorden i Skåne samt på Visingsö och Frösön neutraliserar de försurande depositionerna på grund av sin buffrande effekt (hög basmättnadsgrad). De oväntat höga pH-värdena i Riseberga, Örebro län, kan förklaras av kalkhaltigt byggnadsmaterial i jorden. Även gravfältet Pilarne på Tjörn har till stor del skonats från effekterna av surt regn tack vare att det i jorden finns rester av

kalkhaltiga musselskal. Detta var något som vi inte kände till i förväg, utan iakttog först vid själva provtagningen. Resultatet är inte desto mindre intressant ur bevarandepunkt för fornlämningar i vissa delar av Västsverige. Höga halter av klorider påvisades framför allt i Skåne och på Västkusten, i huvudsak orsakade av salta havsvindar. Även vägsaltning och en del industrier har gett förhöjda värden av vattenlösliga klorider (och även sulfater).

Tabell 4. Geologiska data för jordproverna. Från en del gröpar för deponering togs inget jordprov (A-3, B-3 m.fl.)

LÄN	Socken	Fornlämning	RAÄ-nr	Jordprov	Dep.	Färg m.m.	< 2 mm	Geologisk klassning
Skåne Län	Uppåkra	Uppåkra	RAÄ 5	UPP 1	A-1	Grå, fint, småsten. Kalk	55%	Fin moig mjäla
				UPP 2	A-2	Grå, fint, småsten. Kalk	70%	Lerig mjäla
				A-3				
				UPP 4		Mörkgrå, fint, en del småsten.	80%	Mjäla samt något mo och lera
	V. Karaby	V. Karaby	RAÄ 39	KAR1		Umbra, fint; ngt småsten o rötter	97%	Grovmo
				KAR 2		Umbra, fint; småsten.	92%	Grovmo och mellansand
	Järrestad	Järrestad	RAÄ 50	JÄR 1		Beigebrunt, fint m småsten.	74%	Mjäla med något lera
				JÄR 2		Beigebrunt, fint m småsten.	72%	Mjäla med något lera
Jönköpings Län	Villstad	Smålandsstenar	RAÄ 52	SMÅ 1		Fint, umbrafärgat	99%	Grovmo, ngt org. mtrl samt rötter
				SMÅ 2		Fint, umbrafärgat	97%	Grovmo, ngt org. mtrl samt rötter
				SMÅ 3		Fint, umbrafärgat, ngt småsten	93%	Grovmo, ngt finmo och rötter
	Vetlanda	Byestad	RAÄ 53	BYE 1		Grovt, Sienafärg. Småsten o rötter	58%	Moig sandig morän, ngt rötter (träkol?)
				BYE 2		Grovt, Sienafärg. Småsten o rötter	72%	Moig sandig morän, ngt rötter
				BYE 3		Grovt, Sienafärg. Småsten o rötter	57%	Sandig morän (mest mellansand)
Visingsö	Visingsö	RAÄ 10,11,20	VIS 1		Grovt, umbrafärg; mkt småsten	67%	Sandig morän (sand, grus)	
			VIS 2		Grovt, umbrafärg; mkt småsten	74%	Sandig morän (mest mellansand)	
			VIS 3		Grovt, umbrafärg; mkt småsten	49%	Grusig sandig morän	
Västra Götalands Län	Tanum	Greby	RAÄ 734	GRE 1	B-1	Gråbrunt, medelgrovt, stenar	71%	Finsand och mellansand
				GRE 2	B-2	Gråbrunt, medelgrovt	81%	Mellansand och grovmo
				B-3				
				GRE 4A		gråbrunt, medelgrovt, grus, stenar	80%	Grovsand
				GRE 4B		Gråbrunt, grus, rötter	72%	(ej klassad)

LÄN	Socken	Fornlämning	RAÄ-nr	Jordprov	Dep.	Färg m.m.	< 2 mm	Geologisk klassning
	Herrestad	Herrestad	RAÄ 14	HERR 1		Mörkbrunt, inhomogent	80%	Finmo och något grovmo
				HERR 2		Mörkbrunt, inhomogent	83%	Finmo och något grovmo
				PIL 1		Gråbrunt, en del småsten, rötter	76%	Grovsand och mellansand
	Klövedal, Tjörn	Pilarne	RAÄ 105	PIL 2		Mörkgrått, småsten	79%	Mellansand med något grovsand
				PIL 3		Medelgrovt. Kalk från snäckskal	87%	Mellansand (snäckskal = kalk)
				HOL 1		Umbra, medel. Småsten, rötter.	89%	Grovmo, mellansand, org. mtrl o rötter
	Hol	Hols gårde	RAÄ 4	HOL 2		Umbra, medel. Småsten, rötter.	86%	Grovmo, organiskt material
				DIM 1		Mörkbrunt, medelkornigt.	99%	Grovmo, mellansand. Spår av org. mtrl.
				DIM 2		Mörkbrunt, medelkornigt; rötter.	93%	Grovmo, organiskt material, rötter
Örebro Län	Örebro stad	Almby	RAÄ 19	ÖRE 1		Grovt, mörkgrått	82%	Moig sandig morän, rötter
				ÖRE 2		Grovt, mörkgrått	81%	Moig sandig morän, rötter
				ÖRE 3		Grovt, mörkgrått	79%	Moig sandig morän, rötter
	Kumla	Lekebacken	RAÄ 35	LEK 1		Medelgrovt, gråsvart, ngt rötter	92%	Grovmo med ngt finmo, rötter
				LEK 2		Medelgrovt, gråsvart, småsten	82%	Finmo med ngt grovmo; rötter
				LEK 3		Medelgrovt, mörkgråbrunt, småsten	68%	Moig sandig morän
	Edsberg	Riseberga	RAÄ 30	RIS 1		Grov, mörkgrått. Antropogent, kalk	64%	Grovmo, grus, småsten, kalk, aska
				RIS 2		Mörkgrått m kalk, tegel, småsten mm	63%	Grovmo, grus, småsten, kalk, aska, tegel
Södermanlands Län	Trosa-Vagnhärad	Fagerhult	RAÄ 112, 131	VAGN 1		Brunsvart, inhomogent, rötter mm	70%	Lerig mjäla
				VAGN 2		Brunsvart, inhomogent, rötter mm	69%	Finkornig morän (finmo, småsten mm)
				VAGN 3		Brunsvart, inhomogent, rötter mm	65%	Mo, mjäla, sand, smågrus, snäckskal
	Tumbo	Tumbo	RAÄ 48	TUM 1		Brun; litet rötter och småsten	92%	Finsand, ngt röttre o växtdelar
				TUM 2		Brunt; mycket småsten	77%	Sandig moig morän (mest mellansand)
Uppsala Län	Gamla Uppsala	Gamla Uppsala	RAÄ 123	GU 1		Medelgrovt, gråsvart, småsten	80%	Grov mo
				GU 2		Brunt, mycket småsten o grus	60%	Grovsand med ngt grus o rötter
				GU 3		Medelgrovt, gråsvart, småsten	69%	Grovmo med litet sand
	Torstuna	Vånsjöåsen	RAÄ 101	VÅN 1		Grovt, gråsvart, sten, grus, rötter	33%	Finmo med grovmo, mjäla, småsten; org. mtrl

LÄN	Socken	Fornlämning	RAÄ-nr	Jordprov	Dep.	Färg m.m.	< 2 mm	Geologisk klassning
				VÅN 2		Mörkbrunt, gråsvart, småsten, rötter	81%	Finmo, mjåla, litet rötter
	Hållnäs	Sikhjälma	RAÄ 128	SIK 1	C-1	Mycket grus, brunt. Småsten mm	55%	Sand och grus; rötter
				SIK 2	C-2	Grovt, brunt; småsten, rötter	57%	Sand och grus; rötter
				SIK 3	C-3	Grovt, brunt; småsten, rötter	70%	Sand och grus
Jämtlands Län	Frösön	Frösön	RAÄ 80	FRÖ 1		Grovt, gråsvart, ngt sten+rötter	62%	Finkornig morän
				FRÖ 2		Grovt, gråsvart, småsten	69%	Moig morän (hela skalan mjåla till fingrus)
				FRÖ 3		Grovt, gråsvart, småsten, rötter	53%	Moig morän, mest grovmo
	Storsjö, Härjedalen	Ljungdalen	RAÄ 7	LIU 1		Fint, ljusgrått. Småsten, pinnar	63%	Finmo, ngt mjåla
				LIU 2		Fint, ockrafärgat, några stenar	71%	Moig morän, litet rötter
				LIU 3		Fint, ljusgrått, enstaka rötter	99%	Grovmo med ngt finmo
	Hede, Härjedalen	Vikarsjön	RAÄ 163	VIK 1		Mörkgrått, grovt, mycket sten, barr	53%	Sandig moig morän. Tråkol!
				VIK 2		Medelgrovt, ockrafärgat	90%	Mellansand och grovsand
				VIK 2B		Ljusgrått, medelgrovt	96%	Mellansand och grovsand
Västernorrlands Län	Tuna	Tuna	RAÄ 7	TUNA 1		Medelgrovt, Siena-färg, mkt rötter	82%	Grovmo, ngt mellansand, rötter
				TUNA 2		Grovt, mörkgrått, rötter	87%	Mjåla, lera, finmo; rötter
				TUNA 3		Grovt, Siena-färg, småsten o rötter	68%	Sandig moig morän; rötter
Norrbottnens Län	Arjeplog	Galtisjaur	RAÄ 2330:1	ARJ 1		Grovt, ockrafärg, småsten, rötter	66%	Moig morän (mest grovmo), rötter, barr
				ARJ 2		Grovt, ockrafärg, småsten, rötter	71%	Moig morän (mest grovmo), rötter, barr
	Jokkmokk	Vuollerim	RAÄ 1292	VOL 1	D-1	Medelgrovt, brungrått, barr	95%	Grovsand med litet rötter
					D-2			
					D-3			
				VOL 4		Medelgrovt, Siena-färgat	98%	Mellansand med litet rötter

Tabell 5. Kemiska data för jordproverna.

Jordprov	L.o.i. wt %	pH(w) (pH)	Kond. mS/m	Klorid ppm	Sulfat ppm	Na mekv/kg	K mekv/kg	Mg mekv/kg	Ca mekv/kg	SBE mekv/kg	H + Al mekv/kg	BASM %	Anm
UPP 1	6,8	7,5	15	24,3	17,3	0,57	6,41	7,75	124,2	138,9	0,8	99	
UPP 2	6,6	7,6	16	17	18	0,75	5,9	8,75	122,2	137,6	0,6	99	
UPP 4	5,8	7,6	8,95	2,8	4,95	0,47	3,58	7,54	98	109,6	0,8	99	
KAR1	1,7	5,5	2,21	25,9	1,8	0,15	0,77	0,89	9,45	11,3	1,4	89	
KAR 2	1,2	5,7	2,1	14,6	1,7	0,38	0,71	1,63	15,1	17,8	1,0	95	
JÄR 1	4,0	5,9	4,21	14	2,7	0,52	1,55	5,88	50,8	58,8	0,4	99	
JÄR 2	3,1	6,0	4,18	14	1,8	0,38	0,92	2,76	27,3	31,4	0,4	99	
SMÅ 1	4,6	7,3	1,8	3,6	1,25	0,13	0,45	0,58	4,15	5,3	6,2	46	
SMÅ 2	5,1	6,1	2,3	9,0	3,7	0,14	0,56	0,62	1,76	3,1	9,4	25	
SMÅ 3	5,6	6,1	1,8	3,29	1,29	0,22	0,39	0,96	15,9	17,5	4,4	80	
BYE 1	9,5	5,5	2,0	3,8	3,58	0,14	0,77	0,44	3,46	4,8	14	26	
BYE 2	5,6	5,3	1,8	3,22	3,22	0,24	0,39	0,31	1,92	2,9	10,6	21	
BYE 3	7,8	5,4	2,57	6,0	3,8	0,21	1,07	1,34	4,53	7,2	10,4	41	
VIS 1	8,0	6,0	3,35	<3	3,07	0,3	0,9	6,31	27,3	34,8	1,2	97	
VIS 2	3,7	5,9	1,65	<3	2,5	0,29	0,96	4,43	20,6	26,3	2,2	92	
VIS 3	4,2	5,9	1,6	2,93	2,02	0,26	1,09	5,27	18,1	24,7	2,2	92	
GRE 1	1,3	5,0	1,49	8,5	16	0,52	0,3	1,95	4,25	5,1	4,6	52	
GRE 2	1,6	5,4	1,35	7,3	4,81	0,31	0,31	0,68	0,88	2,2	8,0	22	
GRE 4A	4,6	5,2	2,17	5,05	8,59	0,6	0,6	1,29	1,38	3,9	11,4	25	
GRE 4B	2,4	5,2	1,72	7,21	8,65	0,34	0,32	0,61	0,71	2,0	9,0	18	
HER 1	7,5	4,6	2,66	10,2	12,1	0,28	0,28	0,33	0,38	1,3	23,8	5	
HER 2	7,4	4,8	2,28	15	2,0	0,3	0,3	0,26	0,38	1,2	23	5	
PIL 1	6,0	5,5	2,62	14,2	1,7	0,36	0,72	2,72	16,2	20	3,6	85	snäckskal
PIL 2	5,9	5,6	3,63	4,15	6,0	0,48	0,87	4,5	16,2	22,1	2,0	92	snäckskal
PIL 3	6,5	6,2	8,54	2,8	9,95	0,45	0,7	2,0	98,5	101,7	1,4	98	snäckskal
HOL 1	8,4	4,9	2,5	15	2,0	0,33	0,33	0,34	0,35	1,4	16,6	8	
HOL 2	4,4	5,0	2,38	14,5	2,8	0,18	0,58	0,7	0,74	2,2	10	18	
DIM 1	4,7	5,8	4,06	<3	6,97	0,25	0,35	1,1	7,48	9,2	8,8	51	
DIM 2	4,0	5,1	2,13	4,73	6,76	0,14	0,3	0,53	0,82	1,8	12,8	12	
ÖRE 1	5,2	5,8	2,26	<3	1,97	0,31	0,51	1,5	25,6	27,9	4,8	84	
ÖRE 2	6,6	5,4	1,2	<3	2,38	0,37	0,89	0,68	5,9	7,8	12,0	39	
ÖRE 3	4,9	5,1	2,23	7,46	6,47	0,38	0,93	0,81	3,36	5,5	11,4	33	
LEK 1	14,8	4,8	12,5	4,77	7,54	0,39	1,65	2,2	18,4	22,6	20,2	53	
LEK 2	15,2	5,0	16,7	7,46	20,4	0,39	2,22	4,23	36,4	43,2	7,2	87	
LEK 3	7,4	4,8	3,63	4,07	10,1	0,16	1,23	1,93	2,05	5,4	17	21	
RIS 1	15,9	7,3	23,7	7,18	12	0,31	1,76	1,8	196,5	200,4	1,2	99	
RIS 2	12,0	7,4	13	<3	8,91	0,31	1,7	1,66	161,5	165,2	0,8	99	
VAGN 1	3,3	7,1	3,57	2,7	4,38	0,26	0,87	9,12	89,5	99,8	0,9	99	
VAGN 2	8,5	6,5	3,17	3,66	4,95	0,2	0,81	8,29	56,2	65,5	1,0	98	
VAGN 3	8,6	6,5	2,66	2,8	4,1	0,14	1,04	9,29	70	80,5	0,8	99	
TUM 1	2,6	6,0									12,6		
TUM 2	1,3	6,0									7,4		
GU 1	8,6	6,6	1,82	<3	6,5	0,28	0,98	1,94	2,85	6,1	11	36	
GU 2	9,4	5,5	2,71	3,53	8,96	0,24	1,16	2,92	10,8	15,1	12,8	54	
GU 3	7,5	4,9	2,64	<3	13,2	0,22	1,0	0,68	2,66	4,6	24	16	

Jord-prov	L.o.i. wt %	pH(w) (pH)	Kond. mS/m	Klorid ppm	Sulfat ppm	Na mekv/kg	K mekv/kg	Mg mekv/kg	Ca mekv/kg	SBE mekv/kg	H + Al mekv/kg	BASM %	Anm
VÅN 1	17,1	5,2	3,58	<3	7,92	0,27	1,7	5,17	22,6	29,7	18,6	61	
VÅN 2	19,3	5,0	4,46	<3	13,3	0,47	1,72	7,38	29,6	39,2	30,8	56	
SIK 1	1,4	5,2	1,2	<3	1,29	0,05	0,25	0,41	3,4	4,1	6,0	41	
SIK 2	2,8	5,1	1,0	<3	1,1	0,07	0,25	0,58	4,24	5,1	9,0	36	
SIK 3	3,4	5,2	1,4	<3	1,64	0,16	0,7	1,67	13,5	16,0	7,6	67	
FRÖ 1	13,5	6,8	6,69	<3	6,97	0,19	2,24	4,12	143	149,6	1,0	99	
FRÖ 2	12,9	6,7	5,94	<3	6,44	0,43	1,26	2,52	108,5	112,7	1,0	99	
FRÖ 3	13	7,2	7,46	<3	4,95	0,22	1,95	3,33	124,5	130,0	1,2	99	
LJU 1	2,2	4,9	1,36	<3	1,98	0,06	0,19	0,45	1,24	1,9	17	10	
LJU 2	3,7	4,9	1,03	<3	1,52	0,06	0,14	0,1	0,3	0,6	10,6	5	
LJU 3	1,3	4,8	1,05	<3	1,55	0,04	0,1	0,1	0,11	0,4	10,6	4	
VIK 1	14,2	4,5	3,84	5,29	6,73	0,19	0,82	0,77	5,15	6,9	32	18	
VIK 2	3,1	4,9	1,02	<3	1,13	0,06	0,13	0,06	0,5	0,8	3,0	21	
VIK 2B	2,0										14		
TUNA 1	7,1	4,9	1,54	<3	2,69	0,25	0,54	0,37	2,29	3,5	20,6	15	
TUNA 2	9,0	5,1	2,35	3,27	5,29	0,32	1,35	5,88	27,7	7,6	9,4	45	
TUNA 3	4,9	5,2	1,36	<3	2,44	0,24	0,85	1,37	3,55	6,0	10	37	
ARJ 1	5,4	4,9	1,06	<3	2,56	0,15	0,42	0,22	0,38	1,2	6,4	16	
ARJ 2	4,1	5,0	0,75	<3	1,59	0,13	0,33	0,14	0,2	0,8	4,6	15	
VOL 1	1,8	4,8	1,61	4,93	3,25	0,14	0,33	0,14	0,76	1,4	3,8	27	
VOL 4	2,2	5,0	0,89	<3	1,69	0,17	0,3	0,14	0,36	1,0	3,2	24	



## 8. Diskussion

Det som i första hand ska undersökas inom miljömålet ”Bara naturlig försurning” är självfallet markförsurningen på grund av dess stora påverkan på arkeologiskt material (se Litteraturhänvisningen). Till någon del kan försurningen ha naturliga orsaker så som ovan nämnts, till exempel kraftigt nedfall av granbarr. Men huvudorsaken är lokala och globala luftföroreningar, framför allt organiska svavel- och kväveföreningar. Enligt delmålen inom det aktuella miljömålet ska utsläppen i Sverige senast år 2010 ha minskat till 60 000 ton svaveldioxid och 148 000

ton kväveoxider. Det första delmålet är redan uppnått, medan fortsatta bekymmer vållas av kväveföreningarna. De senare kommer huvudsakligen från förbränningsmotorer. Man måste också beakta, att förutom de lokala utsläppen sker en tre till fyra gånger så stor global införsel av luftföroreningar, vilket framför allt påverkar markförsurningen i syd- och västsverige.

I Kapitel 4 beskrivs några mätningar som bland annat Institutet för Vatten- och Luftvård (IVL) i Göteborg har genomfört, samt mätresultat avseende surhetsgraden för

Tabell 6. Sulfatsvavelnedfall (exklusive havssalt) på öppet fält i kg/ha.år för åren 2005, 2000, 1995 och 1990, redovisat för den mätlokal inom IVLs krondroppsnet som ligger närmast respektive fornlämningsområde. Gråmarkerade områden indikerar att inga mätningar gjordes på den aktuella lokalen vid dessa tillfällen.

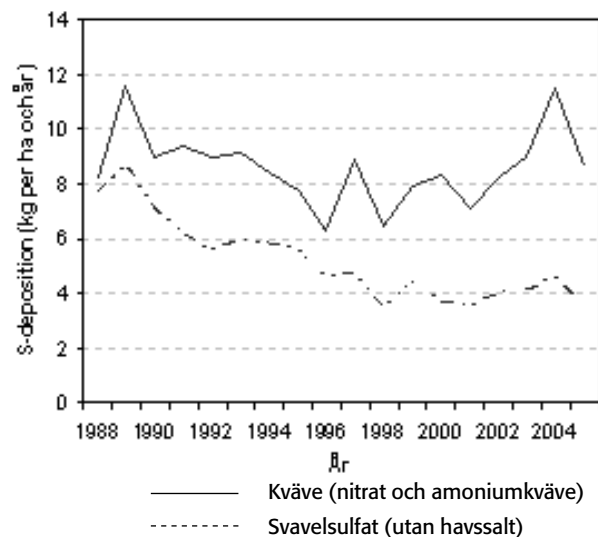
Fornlämningsområde	Provlokalskod	S-nedfall (år 2005)	S-nedfall (år 2000)	S-nedfall (år 1995)	S-nedfall (år 1990)
Uppåkra	M 20 A	3,8	5,9		
Västra Karaby					
Järrestad	L 05 A	2,7	4,9	5,2	7,6
Smålandsstenar	P 12 A	3,6	3,7	5,7	7,2
Hols Gärde					
Byestad	F 23 A	2,4	2,9		
Visingsö	F 20 A	1,9	3,9	5,1	
Dimbo					
Herrestad	O 35 A	5,7	5,7	6,3	9,4
Greby					
Pilarne					
Fagerhult	A 35 A	1,8	3,6	4,3	
Almby					
Lekebacken	U 04 A	2,5	2,6	3,4	
Riseberga					
Tumbo					
Gamla Uppsala	A 92 A	2,8	3,4		
Vånsjöåsen					
Sikhjälma	X 05 A	1,7			
Frösön					
Ljungdalen	Y 07 A	1,2	1,9		
Vikarsjön					
Tuna					
Arjeplog	AC04 A	0,7	1,1		
Vuollerim	BD02 A	2,1	1,6		

Anm. Tabellerna 6 och 7 samt Figur 17 har på uppdrag av RAÄ tagits fram av Cecilia Akselsson och Sofie Hellsten på IVL i Göteborg.

markvatten i granskog. Som ett värdefullt komplement har IVL på vårt uppdrag tagit fram nedfallsdata för svavel och kväve i närheten av de 25 undersökta fornlämningsområdena. Syftet har varit att få en uppfattning om det försurande nedfallet inom dessa områden. Med hjälp av områdenas koordinater markerades dessa på en karta (Figur 8 i Kap. 5). Därefter valdes de närmast liggande provstationerna för mätning av nedfall på öppet fält (från IVLs utvidgade s.k. *krondroppsnät*). Depositionen av svavel (sulfatsvavel exklusive havssalt) och kväve (nitrat- och ammoniumkväve) användes. Nedfallen anges för år 2005 och bakåt i tiden i den mån data finns. Mätdata redovisas i Tabell 6 (sulfatsvavelnedfall) och Tabell 7 (oorganiskt kvävenedfall). Ibland ligger några fornlämningsområden nära varandra, och antas då ha samma nedfallsvärden.

Mätningarna visar att svaveldepositionen i allmänhet har minskat i hela landet. Nedgången är mest påtaglig i sydvästra Sverige, där nedfallet trots signifikant minskning fortfarande är hög på grund av sydvästliga vindar och närheten till kontinenten. Kvävedepositionen är däremot relativt konstant och har till och med ökat inom vissa områden (Tabell 6 och 7). När mätningarna startade för ca 20 år sedan var svavel den dominerande orsaken till försurning, men numera har kvävet roll ökat i relativ betydelse. På sikt kan det oorganiska kvävet komma att ge det största bidraget till markförsurningen. Som exempel kan man jämföra nedfallen på en mätstation i Västra Götaland (P 12 A) intill fornlämningsområdena Smålandsstenar och Hols Gärde (Fig. 19). Det är tydligt att sulfatsvavelnedfallet har minskat i området under perioden 1988–2005, medan kvävenedfallet har varit mer varierande och inte visar någon tydlig trend. Så även om försurningen på grund av svavelnedfall tycks minska, är en kontinuerlig uppföljning av markförsurningen nödvändig utifrån en kulturarvsaspekt. Många fornfynd är ännu hotade. Fortfarande överskrider den så kallade kritiska belastningsgränsen på många håll, framför allt på Västkusten med oförmånlig berggrund och stor global införsel av luftföroreningar.

Ett användbart mått på vad jorden tål (utan allvarlig försurning) är den så kallade *basmättnadsgraden*, BASM. Halterna av fyra katjoner, de så kallade baskatjonerna, ingår i beräkningen av BASM (se Tabell 5). Ju högre andelen baskatjoner är i förhållande till de ”sura” jonerna ( $H^+$ ,  $Al^{3+}$  m.fl.), desto bättre är den buffrande förmågan mot ytterligare försurning (se utförligare beskrivning i Appendix 3). Det är när buffertkapaciteten har förbrukats, som pH sjunker i marken. Som framgår av Tabell 5, är ett högt pH-värde (neutral eller basisk jord) nästan alltid kopplat till en hög basmättnadsgrad. Speciellt höga BASM-värden återfanns i Skåne, på Visingsö och Frösön, samt på de tidigare diskuterade områdena Riseberga och Pilarne, vilket naturligtvis medför gynnsamma betingelser för de arkeologiska föremål som finns i jorden. Några fornlämningsområden har oroväckande låg basmättnadsgrad:



Figur 19. Nedfallet av oorganiskt kväve (nitrat- och ammonium) och sulfatsvavel (utan havssalt) på öppet fält i Björkered (Tranemo) i Västra Götaland (lokal P 12A), 1988–2005. Fornlämningsområdena Smålands Stenar och Hols Gärde ligger nära denna mätstation.

Herrestad, Hols Gärde, samt områdena i Norrland med undantag för den kalkrika Frösön. Här kan eventuella arkeologiska fynd i marken allvarligt skadas av markförsurning, och kommande provtagning och jordanalyser måste genomföras och följas upp med stor noggrannhet.

I detta sammanhang vill vi ännu en gång påpeka, att skog (främst granskog) medför ytterligare försurning av marken. Dels är torrdepositionen högre än på öppen mark (jämför Kap. 4), dels är barren i sig själva sura. Arkeologiska föremål i barrskog löper således större risk än föremål i öppen terräng att skadas av försurande luftföroreningar. På senare tid har fornlämningar i allt högre grad upptäckts i skogsmark bland annat som resultat av projektet ”Skog och historia”. Av de 25 fornlämningsområden som ingår i denna studie är emellertid endast ett fåtal belägna i gles skogsmark: Tumbo, Sikhjälma och Ljungdalen.

Tabell 8. Jämförelse mellan resultat från två analysserier inom fornlämningsområdet RAÄ 14 Herrestad, genomförda åren 1996 respektive 2006.

	1996	2006
pH-värden	4,8–5,2	4,6–4,8
Kloridhalt (ppm)	6–37	10–15
Konduktivitet (mS/m)	2–4	2,3–2,7
Basmättnadsgrad (%)	6–15	5
Jordklassning	Lerig jord	Finmo med något grovmo

Tabell 7. Kvävenedfall på öppet fält (nitrat- och ammoniumkväve) i kg/ha år för åren 2005, 2000, 1995 och 1990, redovisat för den mätlokal inom IVLs krondroppsnet som ligger närmast respektive fornlämningsområde. Gråmarkerade områden indikerar att inga mätningar gjordes på den aktuella lokalen vid dessa tillfällen.

Fornlämningsområde	Provlokal	N-nedfall (år 2005)	N-nedfall (år 2000)	N-nedfall (år 1995)	N-nedfall (år 1990)
Uppåkra Västra Karaby	M 20 A	11,9	13,7		
Järrestad	L 05 A	6,3	11,2	6,3	9,0
Smålandsstenar Hols Gärde	P 12 A	8,7	8,3	7,8	9,0
Byestad	F 23 A	7,2	4,9		
Visingsö Dimbo	F 20 A	5,8	10,4	11,1	
Herrestad Greby Pilarne	O 35 A	13,0	10,8	8,8	13,9
Fagerhult	A 35 A	5,5	5,8	5,7	
Almby Lekebacken Riseberga Tumbo	U 04 A	7,7	4,4	4,6	
Gamla Uppsala Vånsjöåsen	A 92 A	7,3	5,3		
Sikhjälma	X 05 A	3,1			
Frösön Ljungdalen Vikarsjön Tuna	Y 07 A	1,9	2,6		
Arjeplog	AC04 A	1,0	0,9		
Vuollerim	BD02 A	2,1	1,5		

För tio år sedan genomfördes en miljöundersökning på Herrestads gravfält. Undersökningen utfördes av Vägverket och KM Miljöteknik i Göteborg på uppdrag av Länsstyrelsen i dåvarande Göteborgs och Bohus län. Anledningen var en ombyggnad av väg E6 mellan Forshälla och Torp, så att vägen kom att gå ca 20 meter från Herrestads gravfält nära Uddevalla. Utifrån Riksantikvarieämbetets resultat från forskningsprojektet ”Fynd och Miljö” beslutade länsstyrelsen att genomföra en miljökonsekvensundersökning. Några resultat från denna sammanfattas

i Tabell 8. Värdena från de två mätningarna, uppmätta med ca 10 års mellanrum, överensstämmer tämligen väl med varandra. Depositionen av sura svavelhaltiga ämnen har minskat något under denna 10-årsperiod, men eftersom kvävenedfallet samtidigt har ökat, har markförsurningen i stort sett inte förändrats (Kap. 4 samt Tabell 6 och 7). Det visar än en gång att en uppföljning av markförsurningen i våra utvalda fornlämningsområden är av stor betydelse som ett led i bevarandet av landets äldsta kulturarv.

## 9. Planerat fortsatt arbete

### Jordprover

Nya jordprover ska tas under åren 2010, 2014, 2018, 2022, 2026 och 2030. I samband med provtagningen dokumenteras åter den omgivande miljön (Appendix 2). Det är viktigt att nya provtagningar görs i närheten av tidigare gropar på platsen, för att få så jämförbara resultat som möjligt. Däremot ska man givetvis inte utnyttja exakt samma platser, eftersom jorden där blivit omörd. För bästa resultat rekommenderas även en ”överlappning” av personal, så att tidigare praktiska erfarenheter kan tas tillvara.

Analysarbetet utförs enligt Appendix 3. För 2006 års prover genomfördes merparten av arbetet på Riksantikvarieämbetets Antikvarisk-Tekniska avdelning på Storgatan i Stockholm. För de analyser där vi saknar lämpliga instrument anlätades Analytica AB i Luleå (anjoner, baskatjoner). IVL anlätades för att ta fram nedfallsdata (svavel och kväve) för år 2005 och något decennium tillbaka i tiden. Ju fler år som ingår i mätserien, desto tydligare besked om trenden får vi naturligtvis.

### Deponerade provplåtar

Provplåtar tas upp vart åttonde år (det vill säga 2014, 2022 och 2030) från vart och ett av de fyra aktuella fornlämningsområdena. Plåtarna grävs fram ur *en* grop inom varje område, så att ingen annan grop påverkas. De upptagna metallprovernas beläggning av korrosionsprodukter skrapas av och analyseras. Därefter ska plåtarna vägas och fotograferas. Detaljerad information rörande plåtarnas märkning och ”startvikter”, samt analysarbetet, lämnas i nästkommande rapport (del 2), som beräknas bli färdig år 2008.

### Rapport del 2

Under år 2008 ska ytterligare en rapport (del 2) färdigställas i begränsad upplaga. Denna ska innehålla följande:

- 1) Beskrivningar av de 25 fornlämningsområdena.
- 2) Kartor, teckningar, fotografier och vägbeskrivningar som underlättar kommande provtagning.
- 3) Metodbeskrivning för provtagningen.
- 4) Märkningsschema (hålborring) och begynnelsevikter för alla deponerade provplåtar.
- 5) Förslag på analys av provplåtarna.
- 6) Namn och adress till de markägare som kontaktades inför 2006 års provtagningar. I god tid före fältarbetet måste förnyat grävstillstånd begäras och erhållas från respektive länsstyrelser *och* samtliga berörda markägare.
- 7) En lista på lämplig fältutrustning.

### Tillkännagivanden

Projektet vill tacka alla deltagande länsstyrelser, som visat stort intresse och engagemang för detta miljömålsprojekt (Appendix 1), samt övriga deltagare i projektet. Vi är mycket tacksamma för givande diskussioner och rådgivning i geologiska frågor från Institutet för Vatten- och Luftvård (IVL) i Göteborg, främst framlidne Olle Westling men även Cecilia Akselsson och Sofie Hellsten. Även stort tack till personalen på KIMAB för all värdefull hjälp rörande provtagning och korrosionsmätningar.

# 10. Litteraturhänvisningar

## Externa publikationer

- Barret & Berge (eds.) 1996: *Transboundary Air Pollution in Europe*. MSC-W Report 1. Norwegian Meteorological Institute. (Presenting material from EMEP, European Monitoring and Evaluation Programme).
- Brinch Madsen, H., Holme Andersen, J. & Brorsen Andersen, L. 2002. Deterioration of prehistoric bronzes as an indicator of the state of preservation of antiquities in the agrarian landscape – preliminary results. Confer. London Archaeology Service.
- De Facto 2005. Miljömålsrådets uppföljning av Sveriges 15 miljömål. Naturvårdsverket.
- Fredén, C. 1994. Svensk Naturatlas: Berg och Jord. SNA Förlag, Stockholms Universitet.
- Gerwin, W. & Baumhauer, R. 2000. Effect of soil parameters on the corrosion of archaeological finds. *Geoderma* 96, 63-80.
- Grennfelt, P. & Thörnelöf, E. 1992. Critical loads for nitrogen – a workshop report. *NORD* 1992:41, Aarhus University, Denmark. 428 pp.
- Hallbäck, L. 1992. The Nature and Importance of Long-term Soil Acidification in Swedish Forest Ecosystems. *Dissertation*. Dept. of Ecology and Environment Research, Swedish University of Agriculture, Uppsala, Sweden.
- Hallgren Larsson, E., Svensson, A. & Westling, O. 2003. Air pollution in forest areas – results up to September 2002. *IVL Rapport/report B 1521*. 66 pp (in Swedish).
- Hettelingh, J. P., Downing, R. J. & de Smets, P.A.M. 1993. Maps of critical loads, critical sulphur deposition and exceedances. In: *Calculation and Mapping of Critical Loads in Europe, Status Report* (Downing, R.J., Hettelingh, J.P., de Smets, P.A.M., eds.). Coordination center for Effects, The National Institute of public health and environmental pollution, Bilthoven, The Netherlands.
- Hultberg, H. & Skeffington, R. (eds.). 1998. *Experimental Reversal of Acid Rain Effects: The Gårdsjön Roof Project*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. 465 pp.
- Kulturarvet och miljön (2000). Riksantikvarieämbetets rapport över miljömålsarbetet i Sverige. Riksantikvarieämbetet, Stockholm.
- Kuylentierna, J.C.J., Rodhe, H., Cinderby, S. & Hicks, K. 2001. Acidification in developing countries: Ecosystem sensitivity and the critical load approach on a global scale. *Ambio* 30, 20–28.
- Lindström, M., Lundqvist, J. & Lundqvist, Th. 2000. Sveriges geologi från urtid till nutid. 2:a uppl., Studentlitteratur, Lund.
- Karlton, E. 2005. Markkemiska analyser inom ståndortskarteringen. Metodbeskrivningar.
- Miljöbalken. Proposition 1997/98:45. Regeringskansliet, Stockholm 1998.
- Nettelbladh, A., Westling, O., Akselsson, C., Svensson, A. & Hellsten, S. (2006) Luftföroreningar i skogliga provytor – resultat t.o.m. sept. 2005. IVL B1682, pp. 1-50. Göteborg.
- Nilsson, J. & Grennfelt, P. 1988. Critical loads for sulphur and nitrogen. *Miljörapport* 1988:15, Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- Posch, M., Hettelingh, J.P. & Slootweg, J. (eds.) 2003. *Manual for Dynamic Modelling of Soil Response to Atmospheric Deposition*. Coordination Center for Effects, RIVM Report 259101012. Bilthoven, The Netherlands.
- Posch, M., Hettelingh, J.P., Slootweg, J. & Downing, R.J. (eds.) 2003. *Modelling and Mapping of Critical Thresholds in Europe*. Coordination Center for Effects, RIVM Report no. 259101013, 138 pp. Bilthoven, The Netherlands.
- Scharff, W. 1993. *Gefährdung archäologischer Funde durch immissionsbedingte Boden-versauerung*. Forschungsbericht des Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, Germany.
- Svenska Miljömål. 1997. Sammanställn. av regeringens prop. 1997/98:145: Miljöpolitik för ett hållbart Sverige.
- Svenska miljömål – delmål och åtgärdsstrategier. 2000. Sammanfattning av proposition 2000:01:130. Regeringskansliet, Stockholm.
- Tylecote, R.F. 1979. The effect of soil conditions on the long-term corrosion of buried tin-bronzes and copper. *J. Archaeolog. Sci.* 6, 345–368.
- UN-ECE 1996. The state of transboundary air pollution. *Air Pollut. Stud.* 12. United Nations Economic Commission for Europe, Geneva, Switzerland. ECE/EB.AIR/47.
- Westling, O., Löfgren, S., Maxe, L., Nord, A.G., Löfven-dahl, R. et al. SNV Rapport 2003:5317. 2003. Bara naturlig försurning. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. Naturvårdsverket, Stockholm.

## Egna publikationer från projekten "Fynd och Miljö" och "The Degradation of Bone as an Indicator in the Deterioration of the European Archaeological Property".

- Fjaestad, M., Nord, A. G., Tronner, K., Lagerlöf, A. & Ullén, I.: Environmental threats to archaeological artefacts, *Proc. 11th ICOM-CC Meeting*, Edinburgh (1996) 870–875.
- Kars, H. (Ed). The Degradation of Bone as an Indicator in the Deterioration of the European Archaeological Heritage. *Final Report, EU project ENV4-CT98-0712*. Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Amersfoort (2002), pp. 1–297.
- Jans, M.M.E., Kars, H., Collins M.J., Nord, A.G., Arthur, P. & Earl, N.: In situ preservation of archaeological bone – a histological study within a multidisciplinary approach. *Archaeometry* 44 (2002) 343–352.
- Jans, M.M.E., Nord, A.G., Smith, C.I., Nielsen-Marsh, M., Collins, M.J. & Kars, H.: Towards a rational approach to preservation in situ of archaeological bone. *Proc. 33rd Intern. Symp. Archaeometry*, Amsterdam (Ed. H. Kars & E. Burke), pp. 537–540 (2002).
- Mattsson, E., Nord, A.G. & Tronner, K.: Factors influencing the long-term corrosion of bronze artefacts in soil. *Protection of Metals* vol. 41 (2005) 339–346.
- Mattsson, E., Nord, A.G., Tronner, K., Fjaestad, M., Lagerlöf, A., Ullén, I. & Borg, G.: Deterioration of archaeological material in soil – results on bronze artefacts, *Konserveringstekniska Studier* vol. 10 (1996) 1–93.
- Nielsen-Marsh, C.M., Smith, C.I., Jans, M.M.E., Collins, M.J., Nord, A.G. & Kars, H.: Bone diagenesis in the European Holocene II: Taphonomic and environmental considerations and the long-term preservation of archaeological bone. Submitted for publ. in *J. of Archaeological Science* (2007).
- Nord, A.G.: Ouppgrävda fornlämningar förstörs. *Forskning och Framsteg* nr 5 (2002) p. 7.
- Nord, A.G., Kars, H., Ullén, I., Tronner, K. & Kars, E.: Deterioration of archaeological bone – a statistical approach. *Journal of Nordic Archaeological Science* 15 (2005) 77–86.
- Nord, A.G. & Lagerlöf, A.: "Påverkan på arkeologiskt material i jord – Redovisning av två forskningsprojekt. Riksantikvarieämbetet (2002) 1–32.
- Nord, A.G., Mattsson, E., & Tronner, K.: Mineral phases on corroded archaeological bronze artefacts excavated in Sweden. *Neues Jahrbuch für Mineralogie* (1998) 265–277.
- Nord, A.G., Mattsson, E., Tronner, K. & Borg, G.Ch.: Environmental threats to buried archaeological remains. *Ambio* 34 (2005) 256–262.
- Nord, A.G. & Tronner, K.: Deterioration of archaeological material in soil. *Proc. 33rd Intern. Symp. Archaeometry*, Amsterdam (Ed. Kars, H. & Burke, E.) pp. 551–553 (2002).
- Nord, A.G. & Tronner, K.: Degradation of archaeological bone material in Sweden. *Proc. 2:nd Internat. Conf. on Soil and Archaeology*, Pisa (2003).
- Nord, A.G., Tronner, K. & Ullén, I.: Deterioration of archaeological material in soil. *Proc. 1:st Internat. Conf. Soils and Archaeology*, Szazhalombatta (2001), pp. 54–56.
- Nord, A.G., Ullén, I. & Tronner, K.: On the deterioration of archaeological iron artefacts in soil. *Fornvännen* 97 (2002) 298–300.
- Smith, C.I., Nielsen-Marsh, C.M., Jans, M.M.E., Arthur, P., Nord, A.G. & Collins, M.J.: The strange case of Apigliano – early fossilisation of mediaeval bone in southern Italy. *Archaeometry* 44 (2002) 405–415.
- Tronner, K., Nord, A.G. & Borg, G.Ch.: Corrosion of archaeological bronze artefacts in acidic soil, *Water, Air and Soil Poll.* 85 (1995) 2725–2730.
- Ullén, I., Nord, A.G., Fjaestad, M., Mattsson, E., Borg, G.Ch. & Tronner, K.: The degradation of archaeological bronzes underground – evidence from museum collections. *Antiquity* (2004) 380–390.

# **Bilagor**

# Appendix 1

## Kontaktpersoner på länsstyrelserna år 2006

### *Länsstyrelsen i Skåne Län*

Kontaktperson: Länsantikvarie Thomas Romberg, bitr. länsantikvarie Anders Wihlborg, arkeolog Markus Johansson.

### *Länsstyrelsen i Västra Götalands Län*

Länsantikvarie J. G. Lindgren, bitr. länsantikvarie Lars Jacobzon, arkeolog Susanne Axelsson.

### *Länsstyrelsen i Jönköpings Län*

Länsantikvarie Tomas Areslätt, Anders Wallander, Anna Westerlund, Tobias Haag, Fredrik Engman (Länsmuseet).

### *Länsstyrelsen i Örebro Län*

Länsantikvarie Jonas Jansson, arkeolog Anders Kritz, arkeolog Maria Olsson.

### *Länsstyrelsen i Södermanlands Län*

Länsantikvarie Agneta Åkerlund, arkeolog Eva Fransson.

### *Länsstyrelsen i Uppsala Län*

Länsantikvarie Lars Wilson, arkeolog Kia Niklasson Bonander.

### *Länsstyrelsen i Västernorrlands Län*

Länsantikvarie Jonas Walker; Elin Mattsson-Tano, Katarina Zeipel.

### *Länsstyrelsen i Jämtlands Län*

Länsantikvarie Lillian Rathje; arkeologerna Ewa Ljungdal och Björn Oskarsson.

### *Norbottens Län*

Länsantikvarie Britta Wennström, arkeolog Gunilla Edbom.



# Appendix 2

## Dokumentation i samband med provtagning

### Fornlämningsområdet

Namn, fornlämningsnummer, lokal, landskap, län, socken, höjd över havet.

Uppmätta GPS-koordinater för alla provtagningsplatser.

Datum för provtagningen. Deltagare vid provtagningen. Väderlek.

### Arkeologi

Typ av fornlämning, datering, kortfattad beskrivning m.m.

### Topografi och terräng

Berg, höjd, ås, åsrygg, sluttning, dal, plan mark e.d.

Landsbygd eller bebyggt område. Närbelägna tätorter och större vattendrag.

Fornlämningsområdets belägenhet.

Granskog, tallskog, ekskog, annan lövskog, blandskog, buskar, ris, sly, äng, hagmark, åker.

Nuvarande och tidigare markanvändning, t.ex. betesmark, åker, skog etc.; vegetation.

### Geologi och jordartsbeskrivning

Eventuell berggrund, jordart, jordtyp.

Jordart/jordmån (klapper, grus, sand, mo, lera, morän, gyttja, antropogen jord, kalkhaltig jord, torv, sumpmark, brunjord, podsol, tunn jord på berg).

Provtagningsdjup. Förekomst av stenar, rötter, tegel, snäckskal e.d. Ev. upptagning av provplåtar.

### Miljöpåverkan

Lokal föroreningskälla, t.ex. större väg, vägsaltning, industri, tätbebyggt samhälle, flygplats, annat.

Avstånd till föroreningskälla och uppskattad grad av deras eventuella miljöpåverkan.

Miljöpåverkan från större jordbruk eller skogsbruk i närheten. Närhet till hav.

# Appendix 3

## Analysmetoder

Metodiken följer i stort sett de anvisningar som lämnades till projekten "Fynd och Miljö" samt EU-projektet "EU-Ben" rörande nedbrytning av arkeologiskt benmaterial i jord (se Litteraturförteckningen).

### Geologiska och (huvudsakligen) fysikaliska undersökningar

Jordprovet torkas några timmar vid ca 40 °C och vägs därefter. En försiktig torkning är nödvändig för jordprover som innehåller mycket organiskt material. 40–50 g reserveras för kvartärgeologisk klassning. Återstoden av det som torkats ska sedan siktas, och korn med en diameter <2 mm används för de fortsatta kemiska analyserna. (Det är inte nödvändigt att ta fram en fullständig s.k. siktkurva). Återstoden efter analys ska sparas tills projektet är avslutat. De halter som sedan bestäms, anges vanligen i viktsprocent eller ppm (parts per million) av jordens torrsvikt.

C:a 20 g av den torkade och siktade jorden upphetas till 500°C under 6 timmar för att bestämma askhalten ("mass loss on ignition" i wt%). Viktsminskningen ger en uppskattning av halten organiskt material i provet.

### Lakningar

#### Lakning med destillerat vatten

20,0 gram jord från provet vägs upp (i fortsättningen avses alltid torkad jord med en kornstorlek <2 mm) och hålls i en 200 ml plastburk med skruvlock. Destillerat vatten fylls på, c:a 70 ml. Burken placeras därefter på ett skakbord i en timme, varefter den lyfts av och sanden får sjunka till botten. 10–20 ml dest. vatten används för att tvätta mineralkornen. Lösningen filtreras ned i en 100 ml mätkolv, som efteråt fylls på med destillerat vatten till märket. Lösningen ska vila i minst 10 timmar innan den används.

#### Lakning med ammoniumacetatlösning (AAL)

En 1-molar lösning tillverkas av 5,00 liter dest. vatten och 385 g ammoniumacetat. Lösningen buffras med ammoniak eller ättiksyra till pH = 7,00. (Jfr nedan!). 20,0 gram jord vägs upp från jordprovet och hålls i en 200 ml plastburk med skruvlock. Ca 70 ml av ammoniumacetatlösningen (AAL) fylls på. Burken placeras på ett skakbord en timme, varefter den lyfts av och sanden får sjunka till

botten. Filtrera och använd 10–20 ml AAL för att tvätta mineralkornen. Lösningen hålls i en 100 ml mätkolv och fylls på med AAL till märket.

#### Lakning med kaliumkloridlösning

En lösning av 1 M KCl(aq) bereds genom att lösa en mol kaliumklorid (74,55 g) i 1000 ml dest. vatten. 20,0 g torr jord hålls i en 200 ml plastburk med skruvlock och ca 70 ml KCl(aq) fylls på. Flaskan skakas en timme i skakmaskinen. Provet filtreras och tvättas med 10–20 ml av KCl-lösningen. Därefter hålls det ned i en 100 ml mätkolv och fylls upp till märket med KCl(aq).

## Analys baserade på ovanstående lösningar

### Analys inriktade på provets surhetsgrad

pH-värdet pH(aq) i den vattenlakade lösningen mäts med en glaselektrod. Två buffertlösningar används vid kalibrering av apparaturen, förslagsvis pH = 4,00 och pH = 7,00.

Den *utbytbara aciditeten* bestäms med den KCl-lakade lösningen. För denna analys behövs (i) 0,0200 M NaOH, nytillverkat från en ampull och destillerat vatten, och (ii) en 1% lösning av fenolftalein i etanol som syra-bas-indikator.

50 ml av KCl-lösningen (vilket motsvarar 10,0 g torr jord) hålls i en E-kolv. Indikator tillsätts och titreras med lösningen av 0,0200 M NaOH till svag purpurfärg. Avläst byrettvärde (i ml) kallas M1 vilket ger den totala halten av (i huvudsak) H<sup>+</sup> och Al<sup>3+</sup>. (nedan kallat "ACID"). Följaktligen innehåller 1 kg (1000 g) torr jord (1000/10,0) x M1 x 0,0200 = 2 x M1 meqv/kg.

### Baskatjonerna

De s.k. baskatjonerna (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> och Ca<sup>2+</sup>) analyseras externt med en ICP-spektrometer med de AAL-lakade lösningarna. De bestämda halterna omräknas till meqv/kg torr jord (Laddningsekvivalenter; se nedan). Summan av dessa kallas nedan "SEB", d.v.s. Summan av Extraherade Baskatjoner.

*Katjonutbytesförmåga* och *basmättnadsgrad* är två centrala begrepp för markens buffrande förmåga. Här nedan används metodiken och definitionerna från Ståndortskarteringen (Markinfo – manual skriven av Erik Karlton; se Litteraturförteckningen).

### Katjonutbytesförmågan

Begreppet CEC (Cation Exchange Capacity) definieras som summan (SEB) av extraherade baskatjoner ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  och  $\text{Ca}^{2+}$ ) och den titrerade aciditeten, här förkortad som ACID (huvudsakligen  $\text{H}^+$  och  $\text{Al}^{3+}$ ). Således  $\text{CEC} = \text{SEB} + \text{ACID}$ . Alla halter ska vara omvandlade till laddningsekvivalenter. För envärda joner motsvarar en mol en laddningsekvivalent, medan för tvåvärda joner en mol motsvarar två laddningsekvivalenter o.s.v. (Skälet till att katjonerna  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  och  $\text{Ca}^{2+}$  buffrar mot försurning, är att när de ingår i en oxid har de förmågan att ta upp  $\text{H}^+$  när oxiden löses upp, och lösningen blir då basisk. När de förekommer som fria katjoner i marklösningen har de ingen basverkan). Katjonutbytesförmågan är starkt pH-beroende. Det teoretiskt mest korrekta är att utföra AAL-lakningarna med en ammoniumacetatlösning som har samma pH som när jordproverna togs ute i naturen. Detta är dock i praktiken ogenomförbart, eftersom nästan alla jordprover i så fall skulle komma att lakas med olika lösningar. För en enhetligare och praktiskt genomförbar metodik, och för att få värden jämförbara med andra svenska markkarteringsregister, rekommenderas därför att all lakning utförs vid  $\text{pH} = 7,0$  (Jfr ovan).

*Basmättnadsgraden* BASM i formeln nedan (tagen från Karlton Markinfo) definieras enligt följande:

$$\text{SEB} = [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + 2[\text{Mg}^{2+}] + 2[\text{Ca}^{2+}]$$

$$\text{CEC} = \text{SEB} + [\text{ACID}]$$

$$\text{BASM} (\%) = 100 \times \text{SEB}/\text{CEC}$$

*Ju högre andelen baskatjoner är i förhållande till de ”sura” jonerna (d.v.s. med ett högt värde på BASM), desto bättre är den buffrande förmågan mot ytterligare försurning. Det är när buffertkapaciteten har förbrukats, som pH sjunker i marken och korrosiviteten ökar.*

### Analyser inriktade på jordprovets saltinnehåll

*Konduktiviteten* mäts på de vattenlakade proverna med en konduktometer. Värdet anges i mS/m.

### Analys av anjoner

Det vattenlakade provet används för analysen. För säkerhets skull bör provet först filtreras genom ett fint membranfilter. Analysen utförs med en jonkromatograf. Halterna omräknas till ppm för den torra jorden.

**Anm.** Följande analyser utfördes externt vid AB Analytica i Luleå: Bestämning av baskatjoner med en ICP Perkin-Elmer Optima 5300DV. Konduktivitet med Mettler MPC 227. Anjonanalys med en jonkromatograf av fabrikat Metrohm 761 Compact, kolonn Metrosep A supp. 5.

Tidigare undersökningar utförda av Riksantikvarieämbetet i samarbete med Statens Historiska Museum har visat, att markförsurningen är det allvarligaste hotet mot outgrävda arkeologiska föremål. Depositionen av försurande ämnen minskar långsamt, men det är viktigt att följa upp förändringarna inom ramen för miljömålet ”Bara naturlig försurning” eftersom det tar lång tid för marken att återhämta sig, och att kommande klimatförändringar kan medföra nya problem.

I samråd med nio länsstyrelser har 25 fornlämningsområden valts ut för att detaljstuderas under en 24-årsperiod. Jordprover och nedgrävda metallplattor används som miljöindikator. Projektets bakgrund, syfte och uppläggning presenteras i denna rapport. Analysresultaten från 2006 års jordprover visar att de flesta områdena är försurade.

Riksantikvarieämbetet  
Box 5405  
114 84 Stockholm  
[www.raa.se](http://www.raa.se)  
[bocker@raa.se](mailto:bocker@raa.se)

ISSN 1651-1298  
ISBN 978-91-7209-490-1