



# Förslag till regional uppföljning av miljömålet ”Bara naturlig försurning” i Västra Götalands och Hallands län

Mattias Lundblad och Erik Karlton, Institutionen för skoglig marklära, SLU



Länsstyrelsen  
Västra Götaland  
2002:5



Länsstyrelsen  
Halland  
2002:4



© Länsstyrelsen Halland 2002

**Författare:**

Mattias Lundblad och Erik Karlton  
Institutionen för Skoglig Marklära  
Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala  
Box 7001  
75007 Uppsala

**Omslagsbild:**

Erik Karlton

**Tryck:**

Länsstyrelsen Halland

Länsstyrelsen Halland  
Meddelande 2002:4  
ISSN 1101-1084  
ISRN LSTY-N-M-02/04-SE

Slottsgatan 2, 301 86 HALMSTAD  
Telefon: 035 - 13 20 00, Fax: 035 - 10 75 48

Länsstyrelsen i Västra Götalands län  
Publikation: 2002:5  
ISSN 1403-168X

Södra Hamngatan 3, 403 40 GÖTEBORG  
Telefon 031-60 50 00, Fax: 031-60 51 4

## **Förord**

I denna rapport används Ståndortskarteringens data från första och andra inventeringen för att bestämma surhetsstillståndet i B-horisonten i Västra Götalands och Hallands län. Utvärderingen har skett på Institutionen för skoglig marklära, SLU som också ansvarar för Ståndortskartering. Ansvariga författare är Mattias Lundblad och Erik Karlton. Det publicerade kartmaterialet har tagits fram av Åke Nilsson.

Ansvariga vid länsstyrelserna har varit Lennart Olsson för Västra Götalands län och Lars Stibe för Hallands län.

Uppsala 2002-01-31

Mattias Lundblad och Erik Karlton



## Innehåll

Förord .....	3
Innehåll .....	5
Sammanfattning .....	7
Inledning .....	8
Material och metoder .....	9
Ståndortskarteringen .....	9
Analyserat provmaterial .....	9
Variabler för klassning av surhetstillståndet i skogsmark .....	10
Bedömningsgrunder för skogsmark .....	11
Urval av provytor .....	11
Statistisk metod .....	12
Resultat .....	13
pH i B-horisonten .....	13
Utbytbart Al i B-horisonten .....	14
Effektiv basmättnadsgrad i B-horisonten .....	15
Klassificering av surhetstillståndet .....	15
Bedömning av förändringar .....	20
Slutsatser .....	22
Referenser .....	22



## Sammanfattning

På uppdrag av länsstyrelserna i Västra Götalands och Hallands län har vi undersökt om, och på vilket sätt Ståndortskarteringen kan användas för uppföljning och regionalisering av miljömålet "Bara naturlig försurning". Data från Ståndortskarteringens första (1983-87) och andra (1993-1998) inventering (omdrev) har använts för att fastställa försurningsstatusen för skogsmark. Som analysverktyg har vi använt bedömningsgrunder för miljökvalitet i skogslandskapet.

Baserat på arealfördelningen per försurningsklass är både Västra Götalands och Hallands län surare än landet som helhet vid båda inventeringarna. Använder man hela det material som finns tillgängligt har försurningssituationen i Halland förbättrats mellan omdreven medan situationen i Västra Götalands län är i stort sett oförändrad. Begränsas urvalet till de provytor som inventerats vid båda omdreven (väldigt få) fås ungefär samma resultat. Detta resultat är svårtolkat eftersom varje provyta får större betydelse när antalet provytor är litet. Vid den andra och kommande inventeringar kommer provyteantalet vara betydligt större. Jämför man istället situationen vid andra inventeringens början (1993/1994) och så långt den kommit idag (97/98) fås ett större urval och en tydligare bild av förändringen. Den sammanlagda arealandelen i de två klasserna med starkast försurad mark, "hög" (klass 4) och "mycket hög" (klass 5) surhetsgrad har i Västra Götalands län minskat från 48 % till 37 %. Arealandelen av klass 5 har minskat från 8 % till 2 %. I Hallands län har den sammanlagda arealandelen för klass 4 och 5 minskat från 63 % till 38 % och klass 5 från 16 % till 0 %. Dessa förändringar kan tyckas stora men tittar man på pH, den variabel som är viktigast för klassificeringen i försurningsklasserna uppvisar den inga statistiskt säkerställda förändringar för något av länen.

Vi föreslår att det regionala målet för "bruten trend" skall vara en tydlig omfördelning av arealandelen per försurningsklass. I Västra Götalands län och Hallands län skall sammanlagda andelen i klass 4 och 5 vara högst 35 % respektive 30 % år 2010. I både Västra Götalands och Hallands län skall klass 5 ha minskat till 4 % till år 2010. Uppföljningen bör ske genom klassning av ståndortskarteringens material med en periodicitet på fem år. På det sättet kan man mellan 1993 och 2007 utvärdera tre statistiskt objektiva provmaterial för att få en uppfattning om observerade förändringar är kontinuerliga.

Eftersom klassningen av surhetstillstånd enligt bedömningsgrunderna är ett relativt grovt mått bör man som komplement studera även de variabler som ingår i klassningen var för sig. För de perioder som vi jämfört här visar pH-värdet samma tendenser som arealfördelningen av det klassade materialet, d.v.s. att försurningen avstannat i den svenska skogsmarken både nationellt och på länsnivå i Västra Götalands och Hallands län. Förändringarna är fortfarande för små för att man skall kunna bekräfta dem med rimlig statistisk säkerhet.

Ståndortskarteringen:

- är ett tillräckligt underlag för bedömning av surhetstillståndet i skogsmark i Västra Götalands och Hallands län.
- är ett lämpligt instrument för att följa upp miljömålet på regional nivå

En utökad inventering är kostsam och skulle bara ge ett marginellt bättre underlag för uppföljningen på länsnivå.

## Inledning

Riksdagen antog i april 1999 15 nationella miljö kvalitetsmål. Syftet med att formulera dessa mål är att vi till nästa generation skall kunna lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta. I december 2001 antog riksdagen också delmål och åtgärdsstrategier. Delmålen är konkreta och skall vara uppföljningsbara. De anger inriktning och tidsperspektiv i det fortsatta miljöarbetet. Delmålen avser i regel år 2010.

Miljö kvalitetsmålet ”Bara naturlig försurning” innebär att försurande effekter av nedfall och markanvändning underskrider gränsen för vad miljön tål. Nedfallet skall inte heller öka korrosionshastigheten i tekniska material, kulturföremål eller byggnader. Ett av delmålen för miljö kvalitetsmålet ”Bara naturlig försurning” är att ”Före år 2010 skall trenden mot ökad försurning av skogsmarken vara bruten i områden som försurats av människan och en återhämtning skall ha påbörjats” (Naturvårdsverket, 2001).

Arbetet med att bedöma hur miljömålen skall kunna uppfyllas och övervakas sker på såväl nationell som regional (län) och lokal nivå (kommun). På varje nivå måste man hitta metoder för att kontrollera den nuvarande situationen och hitta system för uppföljning. Man måste också tolka innebörden i målformuleringen så att den blir uppföljningsbar på varje aktuell nivå och för varje aktuellt område. Eftersom försurningssituationen i landet varierar så kan det vara nödvändigt t.ex. att varje länsstyrelse formulerar sina egna kriterier för uppföljningen av miljömålen inom den uppsatta tidsramen. Ett första steg är att bestämma sig för vilka parametrar som skall användas vid bedömningen av försurningstillståndet. Markförsurningen är främst ett problem i sydvästra Sverige. Det är i första hand i dessa delar av landet som en precisering av det nationella delmålet är motiverat. Som mått på försurningstillståndet bör den procentuella arealfördelningen av försurningsklasser enligt bedömningsgrunder för markförsurning (Naturvårdsverket, 1999a) kunna användas. För indelningen i försurningsklasser används pH(H<sub>2</sub>O), utbytbart aluminium samt effektiv basmättnadsgrad i B-horisonten. För att bedöma om marken är försurad behövs en referensnivå, ett mått på vad som är den naturliga situationen i skogsmark. Detta låter sig förmodligen inte enkelt göras och kommer slutligen handla om hypoteser och antaganden som kan vara svåra att verifiera. Eftersom variationen i landskapet är stor skulle detta arbete dessutom bli både stort och tidsödande. Därför kan det vara lämpligt att med hjälp av de miljöövervakningsprogram som finns försöka utvärdera trender i markförsurning. För att kunna göra detta måste man veta vilket dataunderlag som krävs för att statistiskt säkerställa förändringstrender. Med hjälp av den informationen kan man sedan definiera det dataunderlag som krävs för uppföljningen av förändringarna och hur förändringarna förhåller sig till miljömålet år 2010.

Ståndortskarteringen är ett miljöövervakningsprogram som pågår parallellt med riksskogstaxeringen i syfte att ge en statistiskt representativ bild av förhållandena i svensk skogsmark. Vi har av länsstyrelserna i Hallands och Västra Götalands län fått i uppdrag att bedöma om och hur ståndortskarteringen kan användas för att regionalisera det ovan nämnda delmålet för ”Bara naturlig försurning”. Som försurningsindikator skall bedömningsgrunder för miljö kvalitet i skogslandskapet avseende markförsurning användas.

Syftet med denna rapport är att bedöma om:

- ståndortskarterings data med den omfattning inventeringen sker idag kan användas på länsnivå i Västra Götalands och Hallands län för att bedöma försurningstillståndet i skogsmark.
- om ståndortskarterings återkommande inventeringar kan användas för att följa upp trender i försurningstillståndet i skogsmark i Västra Götalands och Hallands län eller om ståndortskarterings data bör kompletteras med ytterligare markinventering.



## Material och metoder

### *Ståndortskarteringen*

Ståndortskarteringen (SK) samlar in grundläggande data om marken och markvegetationen på ca 23500 av riksskogstaxeringens (RT) permanenta provytor. Den första tillståndsbeskrivningen pågick mellan 1983-1987. År 1993 startade den första återinventeringen av provytorna, och denna beräknas vara klar 2002. RT och SK utgör tillsammans Sveriges enda objektiva, nationella inventering av skogsmark och vegetation och är en viktig del av miljöövervakningen av landekosystemen.

Riksskogstaxeringens provytor är objektivt och systematiskt utlagda över hela Sverige nedom fjälltrakterna. De ger en statistiskt representativ bild av förhållandena i svensk skogsmark. Stickprovet för de permanenta provytorna där Ståndortskarteringen genomförs består av cirkelprovytor med 10 m radie. Provytorna är placerade längs sidorna av s.k. trakter. Varje permanent trakt innehåller högst åtta provytor och har normalt formen av en kvadrat med sidlängden 300 till 1200 m beroende på var i landet de ligger.

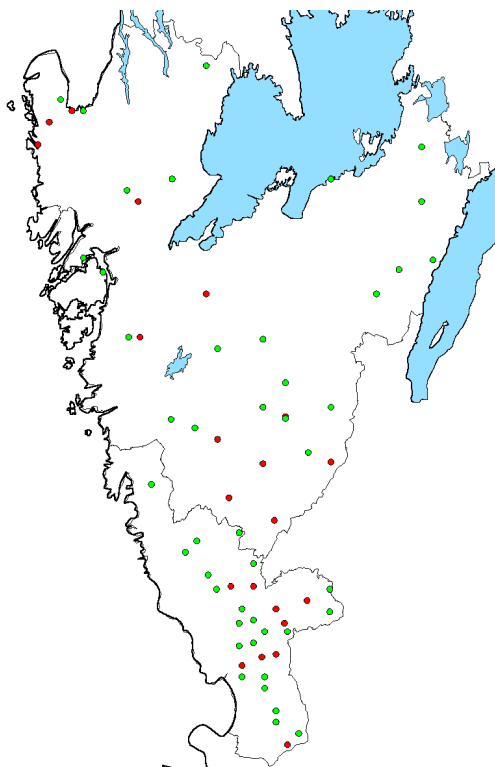
### *Analyserat provmaterial*

I studien har material från Ståndortskarteringen 1:a och 2:a omdrev använts. Första omdrevet omfattar totalt 1898 provytor i B-horisonten. Av proverna som tagits i B-horisonten har samtliga analyserats med avseende på pH, på 929 har Al-halt bestämts. Eftersom proverna tagna 1983 och 1984 förorenats med kalium finns det bara 477 prover där koncentrationen av samtliga baskatjoner bestämts. Motsvarande siffror för Västra Götalands och Hallands län redovisas i Tabell 1. Provyternas fördelning över länens yta för det första omdrevet och de ytor som omprovtagits i det 2:a omdrevet kan ses i Figur 1a. Eftersom prover från första omdrevet finns arkiverade är det möjligt att genomföra kompletterande analyser.

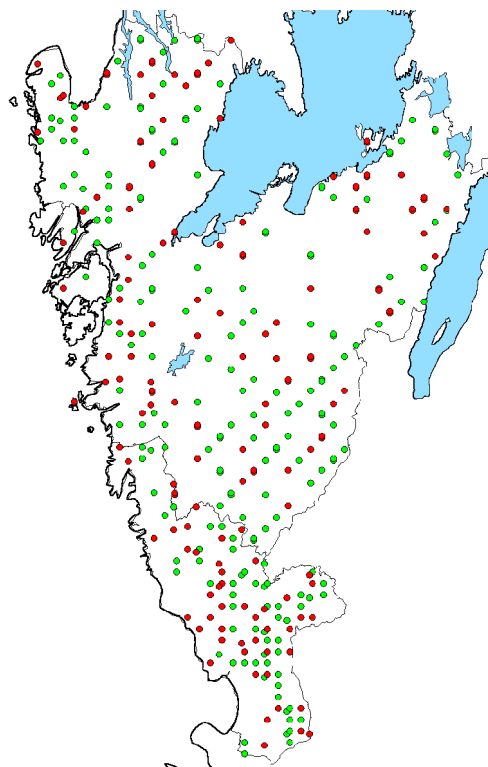
*Tabell 1.* Antal provytor i 1:a och 2:a omdrevet samt antal provytor där pH och baskatjoner (bask.) analyserats eller kommer att analyseras i B-horisonten. Vid 2:a omdrevet analyseras pH och baskatjonkoncentration i samtliga prover från B-horisonten

	1:a omdrevet 1983-1987				2:a omdrevet 1993-2002		
	Totalt	B-horisonten			Totalt	B-horisonten	
pH		Al	Bask.	-1998		-2002	
Hela landet	23500	1898	929	477	22900	2175	3625
Västra Götalands län	1973	127	76	37	2011	153	255
Hallands län	761	55	51	31	774	65	110

Det andra omdrevet som pågår 1993-2002 kommer omfatta totalt ca 22900 provytor varav ca 3625 där B-horisonten kommer att provtas. Alla prov från B-horisonten analyseras med avseende på baskatjonkoncentration, Al-halt och pH. I denna studie används de prover som hittills analyserats för det andra omdrevet d.v.s. prover tagna fram t.o.m. 1998 (Tabell 1 och Fig. 1a och 1b).



Figur 1a. Provytor i B-horizonten vid det första omdrevet. Gröna punkter är provytor som också inventerats vid det andra omdrevet. Röda punkter är övriga provytor i B-horizonten vid det första omdrevet.



Figur 1b. Provytor i B-horizonten vid det andra omdrevet. Gröna punkter är provytor som ingår i denna studie inventerade 1993-1998. Röda punkter är provytor som har inventerats men ej analyserats (1999-2001) eller kommer inventeras under resterande del av 2:a omdrevet (2002).

### **Variabler för klassning av surhetstillståndet i skogsmark**

För att beskriva försurningssituationen i skogsmark används pH (i vattenlösning), utbytbar aluminium (extraherat i 1M KCl) och effektiv basmättnadsgrad i jordprover som tas i B-horizontens övre 5 centimeter. Den effektiva basmättnadsgraden definieras som:

$$100 \frac{(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}{(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Al}^{3+})} (\%)$$

Alla joner utom  $\text{Al}^{3+}$  extraheras i 1 M ammoniumacetat vid pH 7.00.

I samband med en annan studie med material från ståndortskarтерingens 1:a och 2:a omdrev gjordes analyserna av katjoner om för att avgöra jämförbarheten mellan omdreven (Karlton, 1998). Dessa analyser visade på systematiska skillnader i värdena för  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Dessa avvikelser kan kompenseras för och de uppmätta värdena för 1:a omdrevet korrigeras därför enligt följande:

$$\begin{aligned} \text{Na}_{\text{kor}}^+ &= 0.7235 \text{Na}_{\text{mätt}}^+ & \text{K}_{\text{kor}}^+ &= 0.7467 \text{K}_{\text{mätt}}^+ \\ \text{Ca}_{\text{kor}}^{2+} &= 0.7235 \text{Ca}_{\text{mätt}}^{2+} & \text{Mg}_{\text{kor}}^{2+} &= 0.9219 \text{Mg}_{\text{mätt}}^{2+} \end{aligned}$$

### **Bedömningsgrunder för skogsmark**

Enligt naturvårdsverket bedömningsgrunder för skogsmark klassificeras skogsmarkens surhetstillstånd i fyra klasser enligt Tabell 2 (Naturvårdsverket, 1999a). Klasstillhörigheten för en provyta bestäms i första hand genom att använda det bestämda pH värdet. Marken klassas enligt den identifierade pH-klassen om ytterligare minst en av de två övriga parametrarna faller inom samma klass eller en faller över och en under. Klassen justeras ett steg uppåt eller nedåt om båda de övriga parametrarna faller i högre eller lägre klass.

Tabell 2. Tillståndsklasser för surhetsgrad

<b>Klass</b>	<b>Surhetsgrad</b>	<b>pH (H<sub>2</sub>O)</b>	<b>Effektiv bas-mättnadsgrad (%)</b>	<b>Utbytbart aluminium (mmol/kg TS)</b>
1-2	Låg	≥ 5.5	≥ 50	≤ 3
3	Måttlig	4.4-5.5	10-50	3-10
4	Hög	4.0-4.4	6-10	10-12
5	Mycket hög	<4.0	<6	>12

### **Urval av provytor**

Vid bedömningarna av surhetstillståndet har olika antal provytor använts beroende på om bearbetningen har gällt en statusbeskrivning för 2:a omdrevet eller en jämförelse mellan omdreven. Mark med hög grundvattenyta har normalt lägre surhetsgrad än omgivande välldränerad mark och den beskrivna klassificeringen av surhetstillstånd är därför ej tillämplig i sådana miljöer. Provytor där jordmånen är sumpjordmån eller tät jordart eller där marken klassats som blöt har därför sorterats bort både vid statusbeskrivning och jämförelsen mellan omdreven. Under 1:a omdrevet togs inga markprover om provytorna låg på hyggen eller i ungskog. Dessutom har endast ett begränsat antal provytor analyserats med avseende på utbytbart aluminium och baskatjoner. Därför har endast provytor som provtagits och analyserats i båda omdreven tagits med i jämförelsen mellan omdreven (Fig. 1a). Av Tabell 3-5 framgår hur många provytor som använts vid beräkningar och klassningar.

### Statistisk metod

För varje variabel beräknades det aritmetiska medelvärdet och ett 95 % konfidensintervall baserat på medelfelet för det beräknade medelvärdet. Medelvärdet och standardfelet viktades med arealfaktorn som är ett mått på den andel av skogsmarken inom ett visst område som ytan antas representera. Viktningen med arealfaktorn görs för att skillnader i provytetäthet inom olika områden inom länet inte skall leda till felaktigt skattade medelvärden. För det klassificerade materialet beräknades den relativa arealandelen baserat på arealfaktorn för alla klassade provtytor. Huruvida en eventuell förändring av någon variabel är signifikant uppskattades med hjälp av konfidensintervallet. Vid en jämförelse mellan 1:a och 2:a omdrevet med 95 % konfidensintervall kan den minsta signifikanta skillnaden i medelvärde mellan 1:a och 2:a omdrevet uttryckas som:

$$diff = c.i._1 + c.i._2 \quad (1)$$

Där *diff* är den minsta signifikanta skillnaden i medelvärde mellan 1:a och 2:a omdrevet, *c.i.*<sub>1</sub> är konfidensintervallet för 1:a omdrevets medelvärde och *c.i.*<sub>2</sub> är konfidensintervallet för 2:a omdrevets medelvärde (så långt som det kommit idag). Om det fanns möjlighet att utöka provtagningen kan man utveckla ovanstående samband för att uppskatta hur stort provyteantal som krävs för att en observerad förändring skall vara signifikant. Detta förutsätter att vi antar att standardavvikelsen kommer vara oförändrad. Konfidensintervallet (95 %) är standardfelet *S.E.* multiplicerat med 1.96. Sätter vi in det i ovanstående ekvation fås:

$$diff = 1.96(S.E._1 + S.E._2) \quad (2)$$

*S.E.*<sub>1</sub> är standardfelet för första omdrevet och *S.E.*<sub>2</sub> är standardfelet för det andra omdrevet. Standardfelet beror i sin tur på standardavvikelsen och antalet prov:

$$diff = 1.96 \left( \frac{\sigma_1}{\sqrt{n_1}} + \frac{\sigma_2}{\sqrt{n_2}} \right) \quad (3)$$

$\sigma_1$  och  $\sigma_2$  är standardavvikelsen för respektive omdrev.  $n_1$  är antal provtytor för 1:a omdrevet,  $n_2$  är antal provtytor för 2:a omdrevet (så långt som det kommit idag). Om vi vill veta den minsta signifikanta förändringen vid ett ökat (eller minskat) provyteantal för det andra omdrevet ersätter vi  $n_2$  i ekvationen ovan med  $n_{mod}$ .  $n_{mod}$  är det uppskattade antal provtytor som kommer bestämma storleken på den minsta möjliga signifikanta förändringen med de nu aktuella standardavvikelserna. Uttryckt med hjälp av konfidensintervallen fås:

$$diff = c.i._1 + \frac{c.i._2 \sqrt{n_2}}{\sqrt{n_{mod}}} \quad (4)$$

Man kan omvänt använda sin observerade skillnad och räkna ut det antal provtytor som krävs för att differensen skall bli signifikant. Det går också uppskatta provyteantalet för en teoretiskt minsta möjlig signifikant förändring under 2:a omdrevet eller kommande omdrev genom att som ovan anta att standardavvikelsen för variabelns medelvärde är oförändrad. Eftersom vi även i fortsättningen kan anta att standardavvikelsen är oförändrad får vi istället:

$$diff = 2 \frac{c.i._2 \sqrt{n_2}}{\sqrt{n_{mod}}} \quad (5)$$

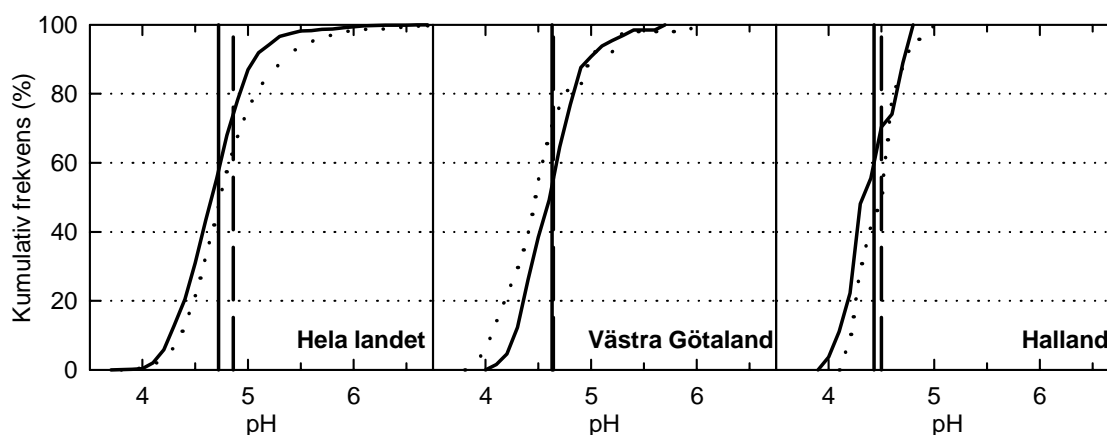
# Resultat

## *pH i B-horisonten*

pH-värdet analyserades på större delen av provytorna vid det 1:a omdrevet. Antalet analyserade provytor i det 2:a omdrevet kommer att vara något större. Begränsningen vid urvalet av provytor gjordes på samma sätt för båda omdreven, och därför kan värdena anses vara fullt jämförbara. Jämförelsen mellan omdreven har gjorts för de provytor som provtagits i båda omdreven (Fig. 1). Medelvärdet för hela landet blir då 4.72 för första omdrevet och 4.86 för det andra (Tabell 3), en ökning med 0.14 enheter. I Västra Götaland och i Hallands län är tendensen att en ökning i medelvärdet för pH har skett densamma, ingen av de observerade förändringarna på länsnivå är signifikant. Att förändringen i hela landet är generell tydliggörs med ett kumulativt histogram (Fig. 2). Om alla provytor i 2:a omdrevet tas med blir medelvärdet något högre såväl för hela landet som för Västra Götalands och Hallands län.

De redovisade medelvärdena, både för matchande provytor och för hela dataunderlaget, skiljer sig från de som presenterats i en tidigare rapport (Naturvårdsverket, 1999b) där det rapporteras om minskade pH-värden i B-horisonten för sydvästra Sverige. I denna rapport har pH-värdet för 1983-87 korrigerats mot bakgrund av ett material där pH analyserats om på prover från den 1:a inventeringen med de metoder och den utrustning som används i den nuvarande inventeringen. I den tidigare rapporten gjordes bara en bedömning av den systematiska skillnaden mellan ursprungliga och omanalyserade resultat och den var för liten. Det bör också påpekas att materialet i den ovan refererade undersökningen baserade sig på ett mer begränsat urval av provytor med avseende på humusform och jordmån.

Eftersom det 2:a omdrevet totalt sett kommer omfatta fler provytor finns också underlag för att jämföra pH-värden år från år. För att få representativa medelvärden är det förmodligen mer lämpligt att jämföra medelvärdet av ett par år i början och ett par år i slutet av omdrevet, eller så långt det har kommit idag. Inventeringen av provytor sker på ett sådant sätt att ett varje år skall motsvara ett representativt urval för hela landet. Begränsar man urvalet till ett mindre område kan representativiteten försämrats beroende på hur homogent området är. På länsnivå bör urvalet dock vara tillräckligt stort för att årsvis jämförelse skall kunna göras. Man bör dock vara försiktig med att dra slutsatser om eventuellt observerade förändringar eftersom antalet provpunkter varierar mycket beroende på vilket område eller län man väljer att studera. Jämför man medelvärdena för åren 1993-1994 och 1997-1998 har ingen förändring skett för landet som helhet. Såväl i Västra Götalands län som i Hallands län kan man däremot observera en liten ökning. Den observerade ökningen i länen är inte statistiskt signifikant.



Figur 2. Kumulativt histogram för pH i B-horisonten för de provytor som inventerats i båda omdreven, 1:a (—) och 2:a (· · · ·) omdrevet. Vertikala linjer anger det arealviktade medelvärdet för samma provytor vid 1:a (—) respektive 2:a (—) omdrevet.

Tabell 3. Arealviktat medelvärde och 95% konfidensintervall för pH i B-horisonten. Matchande data är de provtytor som är inventerade vid båda omdreven.

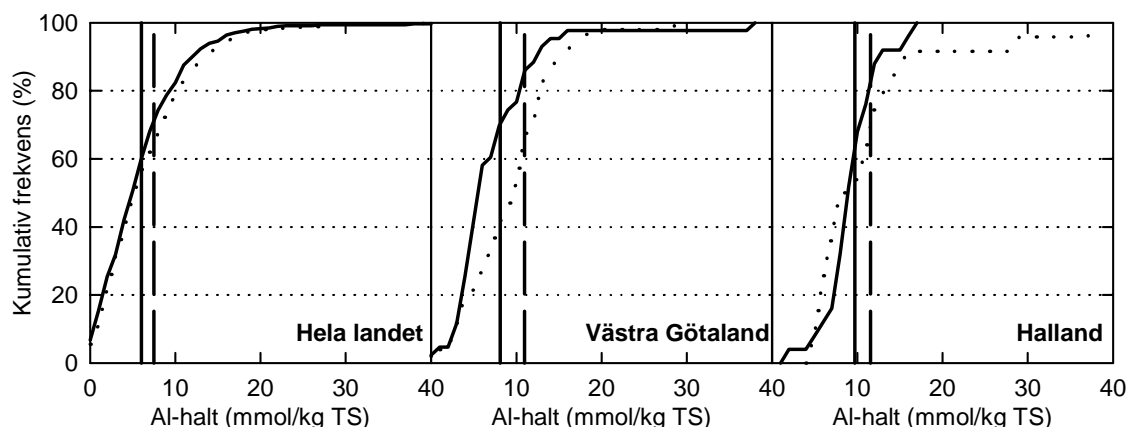
	Matchande provpunkter			1:a omdrevet		2:a omdrevet		2.a omdrevet			
	1:a omdrevet		2:a omdrevet	1983-1987		1993-1998		1993/1994		1997/1998	
	n	medelvärde	medelvärde	n	medelvärde	n	medelvärde	n	medelvärde	n	medelvärde
Hela landet	916	4.72±0.02	4.86±0.03	1717	4.71±0.01	1978	4.88±0.02	685	4.90±0.04	600	4.89±0.03
Västra Götaland	51	4.63±0.08	4.64±0.11	104	4.60±0.06	141	4.66±0.07	57	4.65±0.10	35	4.73±0.15
Halland	25	4.43±0.10	4.50±0.08	51	4.40±0.06	60	4.51±0.06	19	4.51±0.13	21	4.54±0.10

### Utbytbart Al i B-horisonten

Utbytbart Al analyserades i en begränsad del av provtytorna vid det 1:a omdrevet och efter vissa urvalskriterier. Det materialet kan därför inte anses vara representativt för länens skogsmark som helhet. Antalet analyserade provtytor i det 2:a omdrevet kommer att vara betydligt större. I jämförelsen mellan omdreven som presenteras nedan har endast de provtytor som provtagits i båda omdreven tagits med.

Halten utbytbart aluminium i B-horisonten har en annan fördelning än pH-värdena. För Västra Götalands och Hallands län är det närmare normalfördelning (Fig. 3). Halten utbytbart aluminium har ökat i hela landet, en ökning som dessutom är signifikant (Tabell 4.) I Västra Götalands och i Hallands län har det skett en stor ökning (Fig. 3 och Tabell 4). Denna ökning, som inte är signifikant, kan bero på att enstaka provtytor med höga värden påverkar medelvärdet i högre grad när urvalet är litet.

Tittar man på förändringen under det 2:a omdrevet har Al-halten minskat både på länsnivå och i landet som helhet. Förändringen i hela landet är signifikant men på länsnivå är troligtvis provtyteantalet för litet för att förändringen skall bli signifikant. Förändringen på länsnivå är dock anmärkningsvärt stor, 3-6 mmol/kg TS vilket ändå tyder på att en förändring har skett. När analyserna kan kompletteras med data för år 1999 och 2000 kommer vi att kunna visa om denna förändring är signifikant.



Figur 3. Kumulativt histogram för Al-halt i B-horisonten för de provtytor som inventerats i båda omdreven, 1:a (—) och 2:a (· · · ·) omdrevet. Vertikala linjer anger det arealviktade medelvärdet för samma provtytor vid 1:a (—) respektive 2:a (— —) omdrevet.

Tabell 4. Arealviktat medelvärde och 95% konfidensintervall för Al-halten i B-horisonten. Matchande data är de provtytor som är inventerade vid båda omdreven.

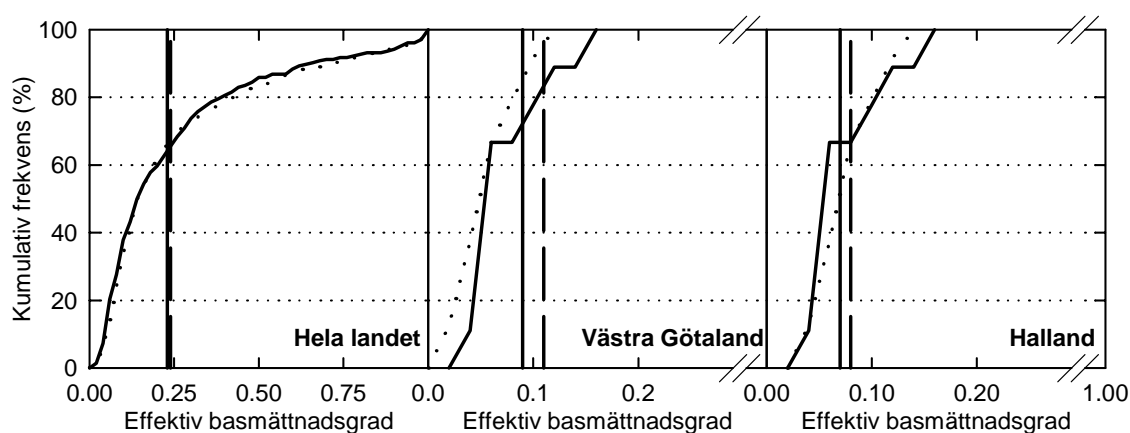
	Matchande provpunkter			1:a omdrevet		2:a omdrevet		2.a omdrevet			
	1:a omdrevet		2:a omdrevet	1983-1987		1993-1998		1993/1994		1997/1998	
	n	medelvärde	medelvärde	n	medelvärde	n	medelvärde	n	medelvärde	n	medelvärde
Hela landet	491	6.04±0.46	7.50±0.56	860	6.36±0.38	1976	6.71±0.26	685	7.34±0.46	599	5.89±0.38
Västra Götaland	32	8.09±2.51	10.99±2.05	60	7.07±1.00	141	10.74±1.16	57	11.86±2.00	35	8.48±1.81
Halland	23	9.70±1.48	11.54±3.40	47	9.94±1.00	60	11.52±1.93	19	14.68±4.91	21	8.33±1.82

### Effektiv basmättnadsgrad i B-horisonen

Antal provytor där den effektiva basmättnadsgraden beräknats vid det 1:a omdrevet är ytterligare begränsat jämfört med Al-halten beroende på att proverna tagna 1983-1984 var förorenade med kalium. I likhet med pH- och Al-halt har jämförelsen mellan omdreven endast gjorts för de provytor som provtagits i båda omdreven.

Resultatet för basmättnadsgraden följer i stort sett mönstret för Al-halten. Ökningar kan identifieras i såväl hela landet som i Västra Götalands som Hallands län. Ingen av dessa förändringar är signifikant. Den stora förändringen har dock skett för en mindre del av arealandelen (Fig. 4) I figuren kan man också se att det i Västra götaland är relativt liten andel provytor som har hög basmättnadsgrad vid 1:a omdrevet. Det är för denna andel den största förändringen sker vilket tyder på att det är på dessa ytor som Al-halten också förändrats, kanske som en följd av avverkning.

Under det pågående 2:a omdrevet kan ingen förändring som är signifikant identifieras. Dock har, i analogi med den minskade Al-halten, basmättnadsgraden ökat något både på länsnivå och för landet i stort.



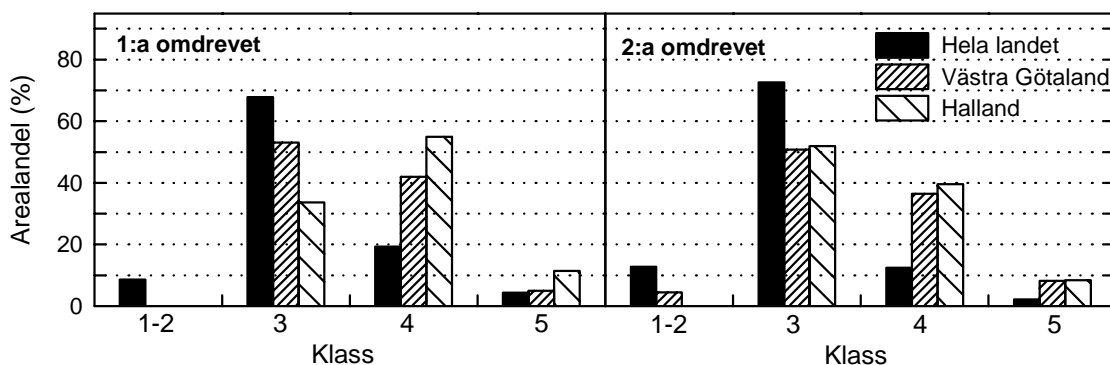
Figur 4. Kumulativt histogram för Effektiv basmättnadsgrad i B-horisonen för de provytor som inventerats i båda omdreven, 1:a (—) och 2:a (····) omdrevet. Vertikala linjer anger det arealviktade medelvärdet för samma provytor vid 1:a (—) respektive 2:a (---) omdrevet.

Tabell 5. Arealviktat medelvärde och 95% konfidensintervall för Effektiv basmättnadsgrad i B-horisonen. Matchande data är de provytor som är inventerade vid båda omdreven.

	Matchande provpunkter		1:a omdrevet		2:a omdrevet		2.a omdrevet				
	1:a omdrevet 2:a omdrevet		1983-1987		1993-1998		1993/1994		1997/1998		
	n	medelvärde	n	medelvärde	n	medelvärde	n	medelvärde	n	medelvärde	
Hela landet	202	0.23±0.03	0.24±0.03	435	0.24±0.02	1975	0.27±0.01	685	0.27±0.02	599	0.28±0.02
Västra Götaland	12	0.09±0.06	0.11±0.06	25	0.09±0.03	140	0.15±0.03	57	0.13±0.05	35	0.18±0.08
Halland	9	0.07±0.03	0.08±0.03	28	0.09±0.02	60	0.10±0.03	19	0.08±0.02	21	0.10±0.02

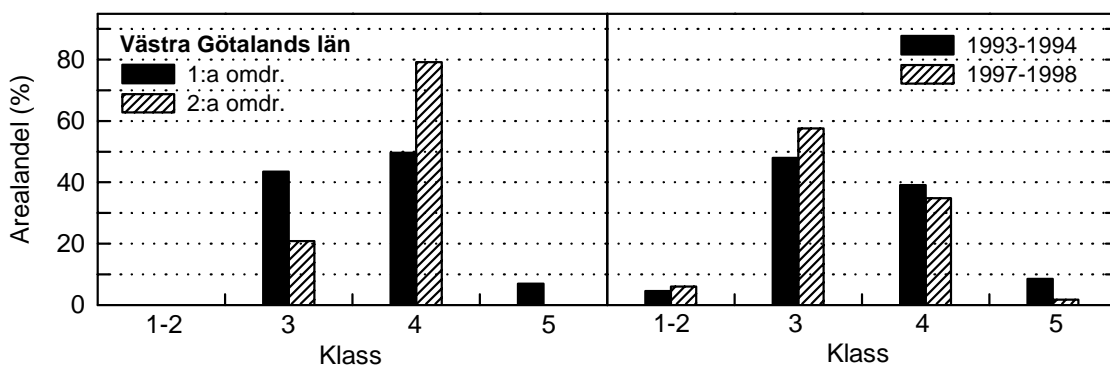
### Klassificering av surhetstillståndet

En bedömning av fördelningen i tillståndsklasser kan illustreras med andelen av totala arean för varje klass (Fig. 5). Observera att här har alla analyserade ytor som uppfyller kriterierna för bedömningsgrunder för B-horisonen tagits med. Både Västra Götalands län och Hallands län är surare än landet som helhet. För landet som helhet och i Hallands län har situationen förbättrats något mellan omdreven. Vid en jämförelse mellan omdreven måste man dock beakta att antalet provpunkter i det första omdrevet är litet. Jämförelsen mellan omdreven i Figur 6 och 7 har endast gjorts för provytor som inventerats vid båda omdreven. För Västra Götalands län är antalet provytor 12 st och för Hallands län 9 st. Detta innebär att en förändring av klass för en eller ett par ytor får väldigt stor effekt på fördelningen. Antalet provytor vid det första omdrevet är annars bara en fjärdedel av antalet vid det 2:a omdrevet i Västra Götalands län och hälften i Hallands län.

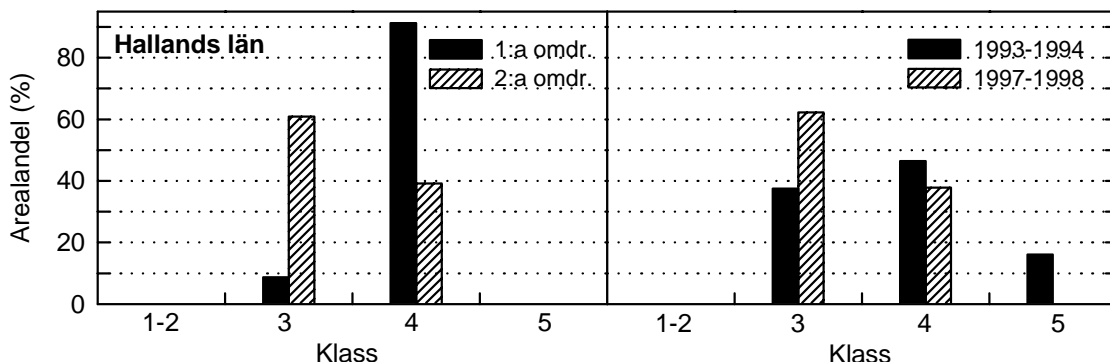


Figur 5. Surhetstillståndet i B-horisonten, 1:a (vänster) och 2:a (höger) omdrevet. Här har alla provtytor som inventerats i B-horisonten och uppfyller kraven för bedömningsgrunder tagits med.

I Figur 6 och 7 kan man dels se förändringen mellan omdreven men också förändringen under det pågående 2:a omdrevet. Urvalet är då betydligt större och antalet provtytor som ligger till grund för varje fördelning är mer än det dubbla jämfört med jämförelsen mellan omdreven. Det är tydligt att en stor förändringen i Hallands län har skett under det 2:a omdrevet. Även i Västra Götalands län har situationen förbättrats avsevärt under det 2:a omdrevet. Det är dock inte möjligt att uppskatta signifikansen för dessa observerade förändringar.



Figur 6. Surhetstillståndet i B-horisonten i Västra Götalands län, 1:a och 2:a omdrevet(vänster), 2:a omdrevets början (93-94) och senaste analyserade proverna (97-98)(höger). I vänstra diagrammet har endast matchande provtytor använts för analysen. I högra användes samtliga provtytor som inventerats i B-horisonten och uppfyllde kraven för bedömningsgrunder.

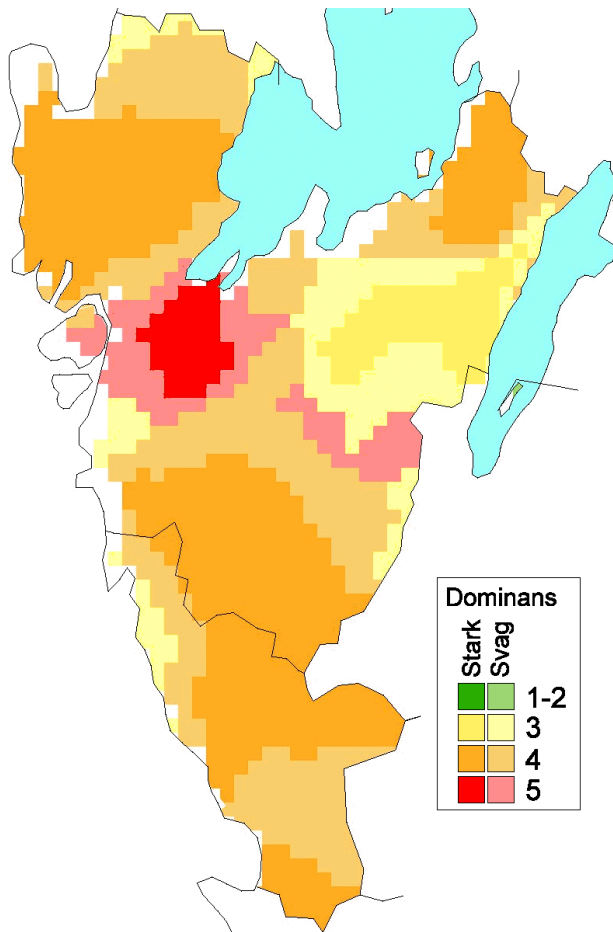


Figur 7. Surhetstillståndet i B-horisonten i Hallands län, 1:a och 2:a omdrevet(vänster), 2:a omdrevets början (93-94) och senaste analyserade proverna (97-98)(höger). I vänstra diagrammet har endast matchande provtytor använts för analysen. I högra användes samtliga provtytor som inventerats i B-horisonten och uppfyllde kraven för bedömningsgrunder.

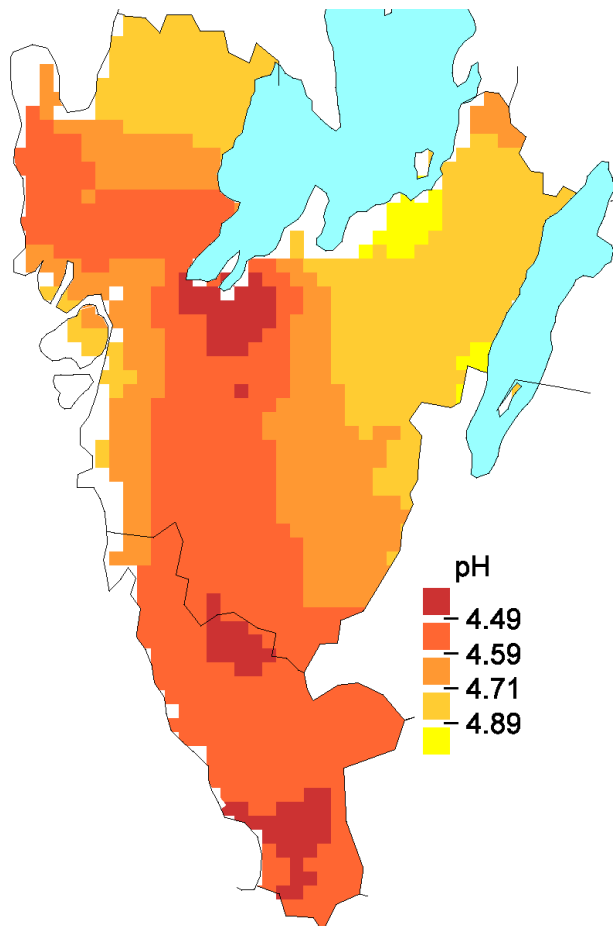


För att ge en bild av den spatiella variationen av surhetstillståndet har vi också skapat en s.k. dominanskarta. Varje ruta/rasterpunkt på kartan motsvarar en yta på 25 km<sup>2</sup> (5x5 km). Värdet i varje rasterpunkt bestäms av värdet i de provytor som hamnar inom en radie på 50 km från varje rasterpunkt. Vikten av varje provyta avtar med kvadraten på avståndet i den beräknade punkten. Det värde som slutligen presenteras på kartan är ett medelvärde av värdet i den aktuella punkten och de 8 närmast liggande punkterna. För vidare information om hur dessa beräkningar utförs hänvisas till MarkInfo (<http://www-markinfo.slu.se/>). Mörk färgnyans betyder stark dominans, ljus nyans betyder svag dominans. Stark dominans innebär att mer än 50% av provytorna tillhör den tilldelade dominant klassen och svag dominans att mindre än 50% av provytorna tillhör den dominant klassen. En tumregel är att det bara är i de områden där det är mörk nyans, dvs. stark dominans, som man kan vara säker på att det verkligen är den angivna klassen som dominerar. Trots att andelen av klass 1-2 och 5 är liten är alla klasser representerade på kartan. På kartan kan man se att väldigt få områden har klass 1-2 som dominerande klass. De sammanhängande områdena med klass 3, 4 och 5 visar på relativt god täckningsgrad av provytor och enstaka lokala avvikelser får liten vikt. Detta gör att enstaka punkter med en starkt dominerande klass tyder på en extremt avvikande provyta. Inga sådana kan identifieras i Västra Götalands och Hallands län. För att kunna tolka bilden bör man också ha i åtanke hur variationen i landskapet ser ut och att alla observationer enbart gäller provytor som ligger på skogsmark.

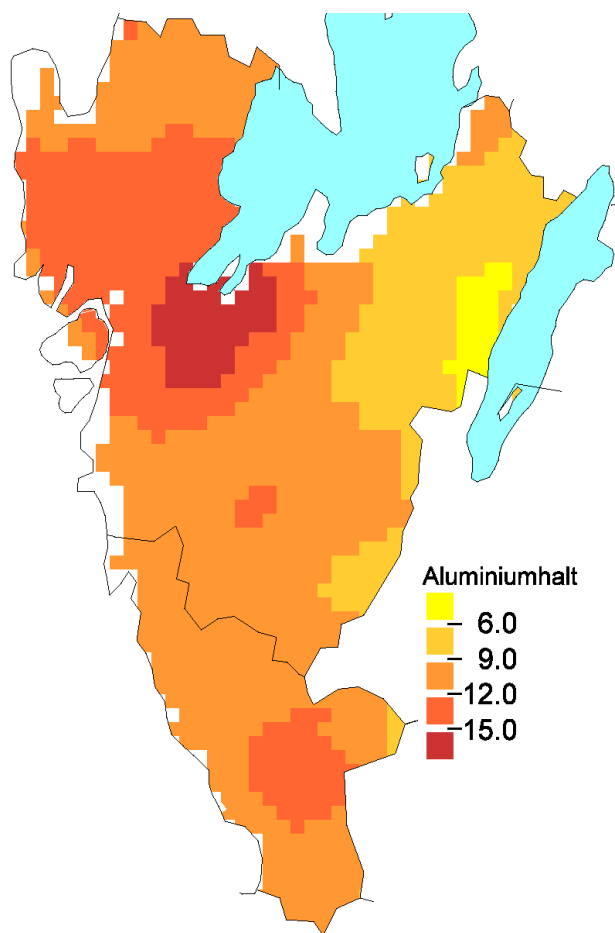
På samma sätt som dominanskartan har kartor över fördelningen av de parametrar som ingår i klassningen av surhetstillstånd skapats (Fig. 9-11). Observera att de klassgränser som använts för att producera dessa kartor ej är de samma som används i klassningen för surhetstillstånd. Detta är ej möjligt eftersom klassintervallen blir för stora och upplösningen på kartan inte skulle bli tillräckligt detaljerad. Eftersom kartorna är interpolerade kan man inte direkt använda en specifik punkt i de tre parameterkartorna och i denna bedöma klassen för att jämföra med dominanskartan. Kartorna skall i första hand tjäna som ett komplement till dominanskartan. I stort liknar i alla fall pH-variationen variationen på dominanskartan eftersom det ju är pH-värdet som i första hand avgör surhetsklassen. Att utbredningen av de olika sammanhängande områdena med en viss klass inte stämmer överens med dominanskartan beror alltså på de valda klassintervallen.



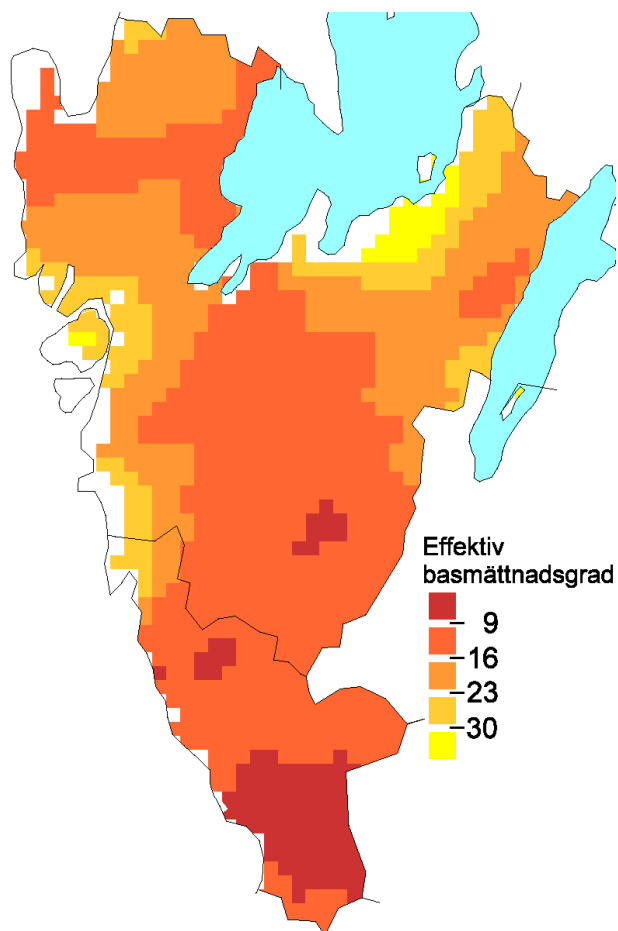
Figur 8. Dominanskarta över surhetstillståndet i B-horisonten i Västra Götalands och Hallands län vid det 2:a omdrevet (1993-1998). Färgskalan visar den dominanta klassen och graden av dominans, mörk nyans innebär stark dominans, ljus nyans innebär svag dominans.



Figur 9. pH-värdet i B-horisonten i Västra Götalands och Hallands län vid det 2:a omdrevet (1993-1998).



Figur 10. Al-halt (mmol/kg TS) i B-horizonten i Västra Götalands och Hallands län vid det 2:a omdrevet (1993-1998).

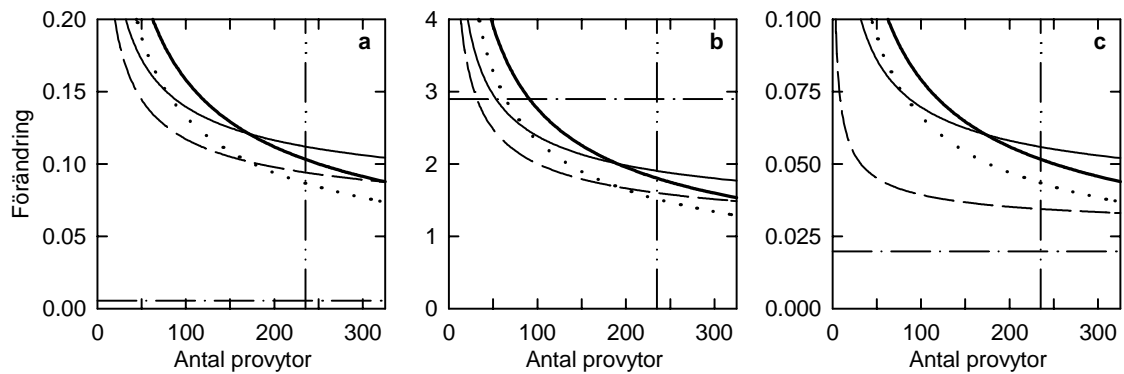


Figur 11. Effektiv basmättnadsgrad (%) i B-horizonten i Västra Götalands och Hallands län vid det 2:a omdrevet (1993-1998).

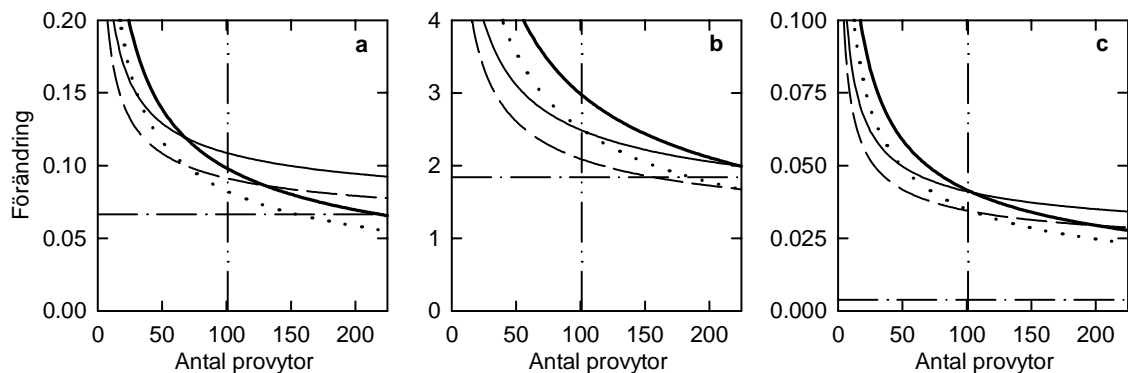
### ***Bedömning av förändringar***

Som ett mått på förändring föreslår vi att man använder arealandelen i klass 4 och 5. Vi använder förändringen mellan åren 1993-1994 och 1997-1998 (Fig. 6 och 7) under det andra omdrevet som ett riktmärke och antar att förändringarna som förväntas fram till 2010 blir ungefär lika stora. Arealandelen av klass 4 och 5 är i Västra Götalands län 44.7 % (1993-1998) och en rimlig nivå för 2010 skulle då bli 35 %. Motsvarande nivå för klass 4 och 5 i Hallands län är 48.0 % och målet till 2010 sätts till 30 %. Mellan början och slutet av andra omdrevet har arealandelen i klass 5 minskat kraftigt i båda länen. Det är därför rimligt att strama upp målet ytterligare så att det för båda länen också skall ske en sänkning med 4 procentenheter av arealandelen med mycket hög försumningsnivå. Detta motsvarar en minskning på 50 % av arealen i klass 5 i båda länen.

Observerade förändringar i det studerade materialet kan tyckas tydliga men är inte säkert signifikanta. Det är väldigt svårt att på ett enkelt sätt avgöra om förändringarna för tillståndsklasserna är signifikanta. Däremot kan man studera de ingående variablerna individuellt. Eftersom surhetsklassen i första hand bestäms av pH-värdet för provytan kan man t.ex. anta att klassen för en tänkt provyta som representeras av medelvärdet för de ingående variablerna i Västra Götalands län skall ändras till en högre klass krävs en förändring på ca 0.8 pH-enheter. För att få en uppfattning om en förändring är signifikant eller säker har vi relaterat förändringen hos en tillståndsvariabel till antalet provytor (Fig. 12 och 13). Förutsättningen är att standardavvikelsen för variabeln inte förändras vid ett ökat antal provytor. Kurvorna är således baserade på den standardavvikelse som erhöles vid analysen av medelvärdena för de båda omdreven. Konfidensintervallen för två medelvärden kan användas för att avgöra om skillnaden mellan medelvärdena är signifikant. Eftersom konfidensintervallet beror på antalet prov blir antalet provytor avgörande för hur stor eller liten en signifikant förändring kan vara. Analysen har gjorts dels för 2:a omdrevets medelvärde relaterat till det första och dels för en hypotetisk förändring utifrån den situation vi har i dag, under pågående omdrev. Figuren skall tolkas så att den observerade förändringen är signifikant om skärningen mellan en tänkt horisontell linje från förändringens storlek på y-axeln och en tänkt vertikal linje från aktuella antal provytor på x-axeln hamnar över kurvan. Vi kan bl.a. direkt visa att den observerade förändringen i pH-värde mellan 1:a och 2:a omdrevet (alla provytor), 0.06 pH-enheter eller 1.4% i Västra Götalands län aldrig kan bli signifikant eftersom konfidensintervallet för det första omdrevet är större än skillnaden mellan medelvärdena. Däremot är förändringen i Al-halt signifikant. I Hallands län är ingen av de observerade förändringarna signifikanta. Figur 13 illustrerar att om antalet matchande provytor hade varit en tio gånger större så hade både förändringen i pH och förändringen i Al-halt varit signifikanta. Diagrammen kan därmed ge ett stöd i bedömningen av hur stort material som krävs för att identifiera framtida förändringar eftersom vi vet hur stora förändringar som krävs för varje enskild variabel för att surhetsklassen skall ändras. I diagrammen markerar de vertikala linjerna hur stort provyteantalet kommer vara efter 2:a omdrevet och under kommande omdrev. Skärningen med kurvorna som representerar skillnaden beräknad från standardavvikelsen från det andra omdrevet visar hur liten den minsta skillnad är som kan detekteras vid 90 respektive 95% sannolikhet. Vid ett konfidensintervall på 90% kommer man i Västra Götalands län kunna identifiera förändringar i pH på 0.09 enheter, utbytbart aluminium på 1.5 mmol/kg och basmättnadsgrad på 4 %. I Hallands län är motsvarande förändringar 0.08 pH-enheter, aluminium på 2.5 mmol/kg och basmättnadsgrad 3.5 %. För att uppnå ännu högre noggrannhet skulle provyteantalet behöva ökas åtskilligt. För att med 90% noggrannhet kunna detektera en skillnad på t.ex. 0.08 pH-enheter istället för 0.09 skulle man behöva öka provyteantalet från 235 till ca 290 i Västra Götalands län. Detta innebär att en ökning i provyteantal med ca 25 % ger en förbättring i noggrannhet med ca 11 %. För utbytbart aluminium och effektiv basmättnadsgrad förbättringen i noggrannhet bli lika stor som för pH. I Hallands län skulle en ökning av provyteantalet med 25 % förbättra noggrannheten med ca 10.5 %. Dessa förbättringar får betraktas som små och kan inte försvara den kostnad ett ökat provyteantal skulle medföra.



Figur 12. Förändring som funktion av antalet provtytor för (a) pH, (b) Al-halt (mmol/kg TS) och (c) Effektiv basmättnadsgrad i Västra Götalands län. Förändring mellan 1:a och andra omdrevet: (—) med 95 % säkerhet, (---) med 90 % säkerhet. Hypotetisk framtida förändring baserad på standardavvikelsen för 2:a omdrevet: (—) med 95% säkerhet, (····) med 90 % säkerhet). Den horisontella punktstreckade linjen (-·-) anger den nu observerade förändringen mellan 1:a och 2:a omdrevet (n=12). Den vertikala punktstreckade linjen (-··-) anger antal provtytor vid 2:a omdrevets slut (n=235).



Figur 13. Förändring som funktion av antalet provtytor för (a) pH, (b) Al-halt (mmol/kg TS) och (c) Effektiv basmättnadsgrad i Hallands län. Förändring mellan 1:a och andra omdrevet: (—) med 95 % säkerhet, (---) med 90 % säkerhet. Hypotetisk framtida förändring baserad på standardavvikelsen för 2:a omdrevet: (—) med 95% säkerhet, (····) med 90 % säkerhet). Den horisontella punktstreckade linjen (-·-) anger den nu observerade förändringen mellan 1:a och 2:a omdrevet (n=9). Den vertikala punktstreckade linjen (-··-) anger antal provtytor vid 2:a omdrevets slut (n=101).

## Slutsatser

- I Västra Götalands län kommer man med rimlig statistisk säkerhet kunna identifiera förändringar i pH på 0.09 enheter, utbytbart aluminium på 1.5 mmol/kg och basmättnadsgrad på 4 % med den inventerings- och analysomfattning som gäller i ståndortskarteringens andra omdrev.
- I Hallands län kommer man med rimlig statistisk säkerhet kunna identifiera förändringar i pH på 0.08 enheter, utbytbart aluminium på 2.5 mmol/kg och basmättnadsgrad på 3.5 % med den inventerings- och analysomfattning som gäller i ståndortskarteringens andra omdrev.
- Det antal provytor som ingår i ståndortskarteringens inventering kan anses tillräckligt som underlag för bedömning av försurningssituationen i skogsmark i Västra Götalands och Hallands län – en ökning av antalet provytor skulle bara ge ett marginellt bättre underlag.
- Uppföljningen av miljömålet ”bruten trend” föreslås göras genom klassning av Ståndortskarteringens material för femårsintervall, t.ex. för perioderna 1993-97, 1998-2002 och 2003-2007
- Målet för bruten trend skall vara en tydlig omfördelning av arealandelen per försurningsklass så att andelen i klass 4 och 5 år 2010 i Hallands län är högst 30 % och andelen i klass 5 högst 4 %. I Västra Götalands län skall arealandelen i klass 4 och 5 vara högst 35 % och i klass 5 högst 4 %.

## Referenser

- Karlton, E. 1998. Baskatjoner och aciditet i svensk skogsmark – tillstånd och förändringar. En rapport baserad på en delmängd av ståndortskarteringens jordprover från första (1983-85) och andra inventeringen (1993-96). Rapport 5/1998, Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Naturvårdsverket. 1999a. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Skogslandskapet. Rapport 4917, Naturvårdsverket. Stockholm.
- Naturvårdsverket. 1999b. Naturens återhämtning från försurning. Aktuell kunskap och framtids scenarier. Rapport 5028, Naturvårdsverket. Stockholm.
- Naturvårdsverket. 2001. Miljö kvalitetsmål. Bara naturlig försurning. <http://www.environ.se/> (2001-11-23), Naturvårdsverket. Stockholm.
- Styrgruppen för RUS. 1999. Regionalt uppföljningssystem för miljömålen. Redovisning av ett regeringsuppdrag gemensamt för landets länsstyrelser Projekt RUS 99 den 1 oktober 1999.