



Länsstyrelsen
Västmanlands län

MILJÖENHETEN



Lavar och luft i Västmanland

En uppföljning av lavfloran på träd mellan 1995 och 2013

**Författare: Svante Hultengren, Andreas Malmqvist &
Jonas Lemel / Naturcentrum AB**

LÄNSSTYRELSENS RAPPORTSERIE

Rapport 2014:5

Titel: Lavar och luft i Västmanland – en uppföljning av av lavfloran på träd mellan 1995 och 2013

Jonas Lemel / Naturcentrum AB Anderas Malmqvist, Svante Hultengren och Jonas Lemel
samtliga Naturcentrum AB

Kartmaterial: Naturcentrum AB

Omslagsbild: brosklav *Ramalina fraxinea* (Västmanlands landskapslav)

Foto: Svante Hultengren (omslag); Andreas Malmqvist och Svante Hultengren (inlaga)

Tryckning: Rapporten går att ladda ner som pdf-fil från Länsstyrelsens hemsida,
www.lansstyrelsen.se/vastmanland , inga exemplar är upptryckta.

Upplaga: 1

Förord

Att lavfloran kan användas som indikator för luftens kvalitet är känt sedan länge. Lavar är känsliga för luftföroreningar och används ofta för att följa upp effekter av olika slags påverkan. Undersökning av lavfloran ingår inom den regionala miljöövervakningen i Västmanlands län och utfördes första gången 1995 och återinventeringar har gjorts 2001, 2007 och nu senast 2013.

Syftet med undersökningen är att studera lavfloras utveckling på träd och vad förändringen av lavvegetationen berättar om dagens luftföroreningssituation i länet. Jämförelser görs sedan med tidigare inventeringar.

Undersökningen omfattar träd i två typer av miljöer med olika föroreningsbelastning - landsbygdsträd och tätortsträd. Övervakning av landsbygdsträden ger en uppfattning om bakgrundstillståndet inom Västmanlands län samt att de används som referensträd till tätortsträden.

Fältarbete och bildtolkning har utförts av Andreas Malmqvist medan analyser och rapportskrivning har utförts av Jonas Lemel och Svante Hultgren, samtliga från Naturcentrum AB i Stenungssund. Arbetet har finansierats av Västmanlands läns luftvårdsförbund och med medel ur anslaget för regional miljöövervakning.

Ann-Charlotte Duvkär
chef miljöenheten

Jenny Sörensen
handläggare
miljöövervakning

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	5
1 Inledning.....	7
2 Metodik.....	8
2.1 Trädslag och lokala betingelser.....	10
2.2 Fotodokumentation	11
2.3 Utvärdering av lavdata från fotograferade trädstammar.....	11
2.4 Känslighetsvärde, K-värde.....	12
2.5 Kvävetal, N-värde	13
2.6 Täckningsgrad, medelkänslighetstal och kvävetal	14
3 RESULTAT.....	15
3.1 Modellering av olika variabler – effekt och påverkan	20
3.2 Resultat av modellering	20
3.3 Sammanfattning.....	22
4 DISKUSSION	23
5 LITTERATURFÖRTECKNING	25
Bilaga 1 – LAVAR OCH LUFTFÖRORENINGAR.....	26
Lavar - funktion och levnadssätt	26
Lavarna är beroende av ren luft.....	27
Mekanismer	27
Ämnen som är giftiga för lavar.....	28
Hur visar sig skador på lavar och lavvegetation?	29
Referenser.....	30
Bilaga 2 – LOKALDATA	32

Sammanfattning

Naturcentrum AB har under 2013 genomfört en återinventering av lavar på träd i Västmanlands län. Inventeringarna har utförts på uppdrag av länsstyrelsen i Västmanlands län och syftet är att med hjälp av lavar studera effekter och trender när det gäller luftföroreningar. En första inventering utfördes 1995 (Hultengren och Danielsson 1995) och därefter har uppföljande inventeringar gjorts 2001, 2007 och 2013 (Malmqvist 2001, 2007).

Lavar och luft. Många lavar är känsliga för luftföroreningar, främst svaveldioxid. Under 1960- och 70-talen var halten svaveldioxid i luften mycket hög, främst i och kring större städer, och en omfattande lavdöd kunde då observeras. Genom att undersöka förekomsten av lavar på en plats kan man därför få en bild av luftföroreningssituationen. Halterna av svaveldioxid är idag mycket låga och lokalt är luften av ”förindustriell” kvalitet – åtminstone om man ser till halter av svaveldioxid.

Lavar – indikatorer på förorenad luft. För att kartera effekter av luftföroreningar med hjälp av lavar har indikatorvärden för känslighet och kvävepåverkan tagits fram. Utgående från dessa värden kan man få en bild av effekter av luftföroreningar i olika områden. Känslighetsvärdena visar förhållandet mellan lavar som är känsliga för luftföroreningar, och de som är mer toleranta. Kvävetalen visar inslaget av kvävegynnade lavar och är alltså ett mått på kvävepåverkan. Täckningsgraden beskriver hur stor andel av den undersökta ytan på träden som är beväxad med lavar och kan ses som ett komplement till medelkänslighetsvärdet.

Lokala effekter på lavfloran i Västmanland. Den försämring av lavfloran i Västmanland som uppmärksammades vid uppföljningen 2001 (Malmqvist 2001) har avstannat, och det finns tecken på en förbättring. Sådana positiva tecken är att täckningsgraderna ökar samt att medelkänslighetsvärdena har stabiliserats för träd i Västerås. Lavfloran är dock fortfarande påverkad av luftföroreningar och den ökning av medelkvävetalet som noteras i tätorten är en negativ miljösignal.

Ingen regional påverkan. För landsbygdsträden har medelkänslighetsvärdena varit stabila under nästan hela perioden (1995 – 2013) och dessa värden signalerar en ”svagt påverkad lavflora” enligt vår skala. Täckningsgraden av lavar på landsbygdsträden är ganska låg och visar en svag minskning (icke signifikant). Täckningsgraden av lavar är lägre än i tätorten men inslaget av känsliga arter är högre. En svagt ökad känslighet och en svagt minskad täckningsgrad betyder att det finns färre men mer känsliga lavar på landsbygdsträden samt att en del tåliga arter minskat. För landsbygdsträden finns emellertid inga statistiskt säkerställda trender.

Kvävegynnade arter signalerar hög kvävebelastning i tätorten. Den ökning av kvävegynnade arter på björkar i tätorten Västerås som noteras jämfört med de stabila förhållandena utanför tätorten kan förklaras med höga halter av kväveföroreningar i anslutning till vägar och trafikleder. Slutsatsen är att det finns lokal

påverkan på lavfloran och att påvisbara effekter eller trender inte går att urskilja på landsbygden och i den regionala miljöövervakningen.

1 Inledning

Det är sedan länge känt att lavar är känsliga för luftföroreningar. Om lavar saknas, eller om antalet arter är lågt, så kan detta tolkas som en negativ miljösignal. Om lavfloran är starkt utarmad så kan detta också signalera att skador eller påverkan kan förväntas även på andra organismer och biologiska system. Mer om lavar och luftkvalité finns att läsa i bilaga 1.

Projektet ”lavar och luftkvalité” genomfördes för första gången 1986/1987 då en större inventering genomfördes i ett flertal kommuner i Västsverige (Hultengren 1987, Hultengren & Stenström 1988). Därefter har omfattningen ökat och idag ingår ett stort antal kommuner, länsstyrelser, företag och andra intressenter i undersökningen. Efterhand har lokalerna återinventerats och vi har kunnat följa utvecklingen hos lavfloran på ett stort antal lokaler. Denna rapport är en sammanställning av återinventeringar av lavfloran på träd i Västmanlands län. Utvärderingen har också gjort på ett annorlunda sätt varför jämförelser med andra platser inte kan göras i dagsläget.

Projektet lavar och luft i Västmanlands län genomfördes första gången 1995 då 72 träd inventerades (Hultengren och Danielsson 1996). Av dessa var 60 träd landsbygdsträd och 12 centrala tätortsträd. Vid återinventeringen 2001 befanns tolv nerblåsta eller ej återfunna, och omfattade då 60 träd. 12 nya träd etablerades. Under 2007 utgick 12 träd från Heby kommun (som inte längre ingår i Västmanlands län). Av de kvarvarande 60 träden hade fyra blåst ner och ersattes därför av fem nya träd (då totalt 61 träd). Återinventeringen 2013 omfattades av 58 träd. Tre träd hade blåst ner eller kunde inte återfinnas. Av de 58 träd som inventerades 2013 var 12 tätortsträd och resterande 46 landsbygdsträd.

Av träden från de tidigare undersökningstillfällena har flera träd avverkats eller blåst ner. För att kompensera trädförlusten har nya träd inventerats för kommande uppföljningar.

Fältnarbete och bildtolkning har utförts av Andreas Malmqvist medan analyser och rapport har utförts av Jonas Lemel och Svante Hultengren, Naturcentrum AB.

Syften

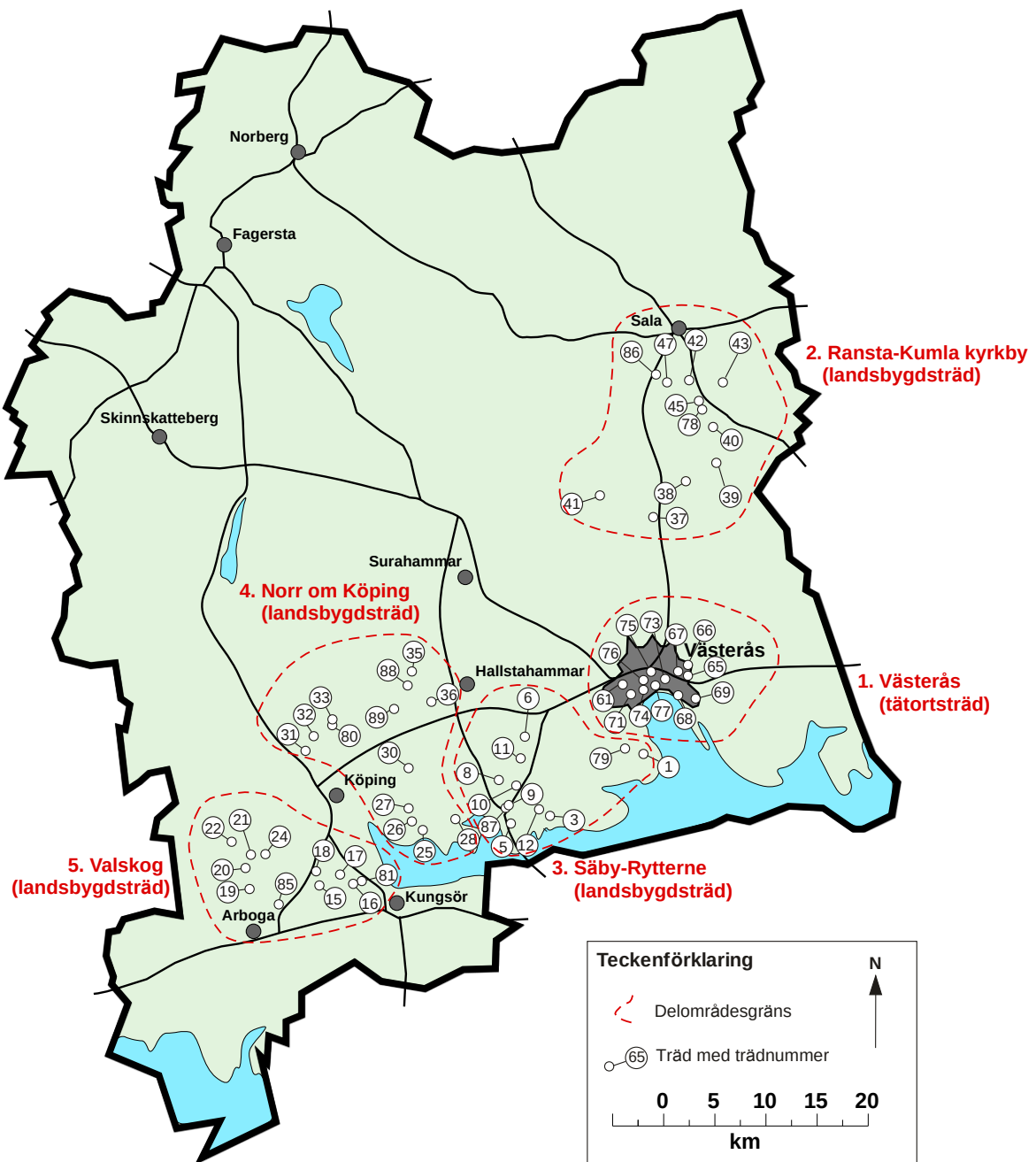
- att undersöka lavfloras utveckling sedan den första inventeringen 1995
- att ge en geografisk bild av luftföroreningars spridning och effekter på lavvegetationen i Västmanlands län.
- att utgöra underlag för framtida jämförelser av förändringar i luftkvalité och lavvegetation.

2 Metodik

Undersökningen omfattar träd i två typer av miljöer med olika föroreningsbelastning – tätortsträd och landsbygdsträd. Tätortsträden i Västerås finns dels i parker, dels utmed tätt trafikerade vägar. Landsbygdsträden används som referensträd till tätortsträden och för övervakning av förhållandena i bakgrundsmiljöer i Västmanlands län. Landsbygdsträden växer där påverkan från lokala luftföroreningar bedöms vara låg, dvs långt från tätorter, bebyggelse och vägar. Landsbygdsträden är relativt väl fördelade över länets södra och östra delar.



Figur 1. Tätortsträd i föroreningsbelastade miljöer t ex utmed starkt trafikerade vägar.



Figur 2. Karta över de inventerade trädens spridning i Västmanlands län.



Figur 3. Kungs-Barkarö kyrka. Träd på kyrkogårdar har ofta fått representera landsbygdsträd. Här står träden öppet och föroreningsbelastningen bedöms vara låg.

2.1 Trädslag och lokala betingelser

De skillnader, vad gäller artsammansättning och förekomst, som finns mellan olika områden, beror bl a på varierande föroreningsbelastning. Men olika lavar har olika krav på substrat, ljus, fuktighet m m och skillnader i förekomst hos olika arter kan också bero på växtplatsernas olika förutsättningar. Det är därför viktigt att de undersökta träden har så likartade grundförutsättningar som möjligt. Därför har de valda provträden ett öppet och exponerat läge och är ungefär lika gamla och grova.

Det är också av stor vikt att trädslaget är så likartat som möjligt. De arter av lavar som växer på träd med näringsrik bark (alm, ask, lönn) är olika de som växer på träd med näringsfattig. Vissa trädslag har en mycket förutsägbar lavflora och är bättre att använda än andra- Detta gäller t ex björk (näringsfattig bark). Vi tror dock att skillnaderna är mindre viktiga när man jämför lavfloras utveckling på samma träd över tid, och i synnerhet om man använder arternas indikatorvärden t ex känslighets- eller kvävevärde.

Följande trädskategorier och träd har inventerats: • Träd med relativt näringsrik bark (näringsberikad och/eller med relativt högt pH-värde). Hit hör alm, ask och lönn och ibland lind. • Träd med medelrik bark (något näringsberikad och med ett relativt lågt pH-värde). Ek och ibland lind. • Träd med fattig bark (näringsfattig bark med lågt pH). Björk.

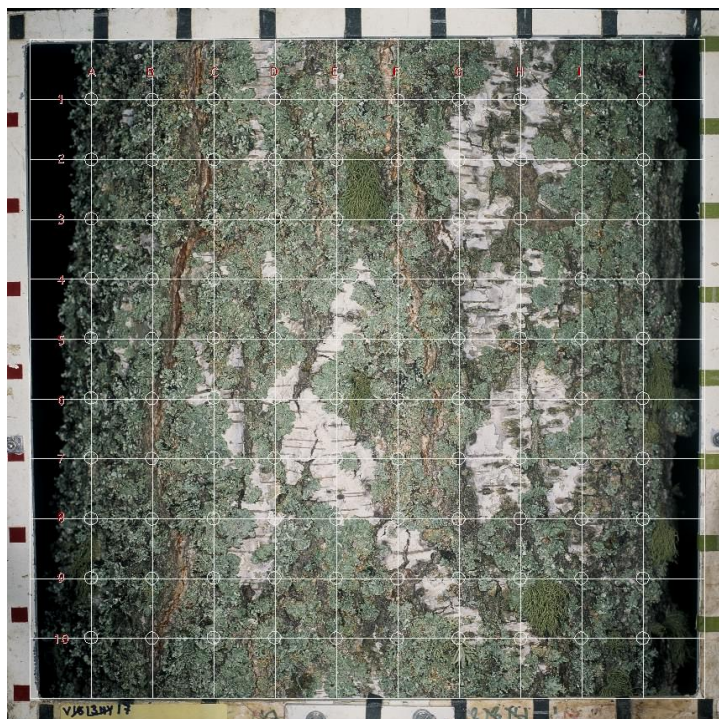
Vi har eftersträvat trädslagen björk och ek eftersom de har en mindre buffrande bark med lägre pH och en känsligare epifytflora och där förekomst av kvävegynnade arter ger en mer tydlig miljösignal än t ex på rikbarksträd.

2.2 Fotodokumentation

Vid inventeringstillfällena har provträden fotograferats. Fotopunkten på trädstammen har märkts med en skruv och samma punkt har varit utgångspunkt vid båda fototillfällena. Fotografierna togs från början (1995 och 2001) med positiv färgfilm medan inventeringarna 2007 och 2013 utfördes med digitalkamera. På kameran är en 40 x 40 cm's ram fastsatt, vilken placerats mot trädstammen vid fotograferingen. En noggrann beskrivning av fotostativ och utrustning finns i Hultengren & Stenström (1988). De framkallade diabilderna/digitala bilderna förvaras hos Naturcentrum AB, Stenungsund.

2.3 Utvärdering av lavdata från fotograferade trädstammar

I denna undersökning har de digitala bilderna analyserats från datorskärmen. Vid analysen användes ett bildhanteringsprogram (CANVAS 14) där 100 cirkclar placerades jämt fördelade över en kvadratisk bild (figur 4). Kamerans ram, vilken syns i bildens ytterkanter, används för att kalibrera bildens storlek. Även diabilderna från 2001 har scannats in och en ny analys har gjorts av dessa för att jämförelsen med de nya bilderna ska bli så bra som möjligt.



Figur 4. Över de inscannade bilderna läggs ett raster med 100 cirkclar. Den art som dominerar i cirkeln noteras. Den vanligaste arten på bilden är blåslav *Hypogymnia physodes* (grågrön) men det syns också några exemplar av kort skägglav *Usnea subfloridana* (hängande gulgrå).

När en lav hamnar inom cirkeln räknas det som en träff. Samtliga förekommande arter på bilderna räknades om de med säkerhet kunde bestämmas till art eller i vissa fall släkte. Om flera arter syns i ringen räknas den art som täcker störst areal (dominerar).

Summan av alla ”räknade” lavar ger en uppfattning om frekvensen (täckningsgraden) av de olika lavarna på bilden. Det innebär att summan av alla förekommande lavar på en bild inte kan överstiga antalet cirklar i bilden (100 st). Summan är alltså inget absolut ytmått utan ett mått på artens relativa frekvens, men vi har valt att kalla detta för täckningsgrad.

2.4 Känslighetsvärde, K-värde

De olika lavarna har tilldelats ett känslighetsvärde (K-värde) efter hur föroreningskänsliga de är (tabell 1). Känslighetsvärdet anges enligt den skala som tagits fram i samarbete med Naturvårdsverkets miljökontrollprogram, PMK (Hultengren m fl 1992). Poängskalan omfattar K-värden mellan 1 och 10 (justerad från 0-9 till 1-10 i denna rapport). Ju högre K-värde en art har, desto känsligare är den för luftföroreningar.

Tabell 1.
Känslighetstabell baserad på K-värde (känslighetsvärde)

K-värde	Känslighet
10	mycket känsliga arter
9	”
8	”
7	”
6	känsliga arter
5	”
4	tåliga arter
3	”
2	mycket tåliga, eller föroreningsgynnade arter
1	”

En del jämförelser mellan olika områden och trädslag låter sig göras eftersom de ingående lavarnas känslighetsvärden bestämmer slutvärdet och de använda känslighetsvärdena är relativt oberoende av trädslaget. Känslighetsvärden utgör ”dödstal” för olika lavar. Varje lokal (träd) eller område får ett medelkänslighetsvärde (k/träff) som utgör ett genomsnitt av de träffade lavarnas känslighetsvärde (träff = cirklar i figur 4). Värdet kan användas för att beskriva hur påverkad lavfloran på den aktuella lokalen är (tabell 2).

Tabell 2.
Medelkänslighetsvärde (k/träff).

Medelkänslighetsvärde	påverkan på lavfloran
>4	Helt opåverkad lavflora
3-3,9	svagt påverkad lavflora
2-2,9	påverkad lavflora
1-1,9	utarmad lavflora

2.5 Kvävetal, N-värde

För att undersöka kväve-effekter på lavar har ett kvävetal (N-tal) tagits fram (tabell 3). Värdena baseras bl a på uppgifter från Wirth (1995). Andelen kvävegynnade lavar på ett träd beror både på barkens näringsvärde (rikbarksträd har högre N-värde än fattigbarksträd) och på halten av kväverika föroreningar i luften. Medelkvävetalet (N/träff) visar på hur kvävegynnade lavar gynnas eller missgynnas. Vid höga halter av kväveföroreningar ökar kvävegynnade lavararter. I tätortsmiljön är det i huvudsak trafiken som bidrar med kväveföroreningar medan gödsel och näringsrikt damm från åkrar påverkar lavarna på landsbygden.

Tabell 3.
Olika lavar tilldelas ett kvävevärde mellan 1 och 7, beroende på om de anses missgynnade eller gynnade av kvävepåverkan.

N-tal	Kategori
7	mycket kvävegynnad
6	tämligen kvävegynnad - mycket kvävegynnad
5	tämligen kvävegynnad
4	något kvävegynnad - tämligen kvävegynnad
3	något kvävegynnad
2	ej kvävegynnad - något kvävegynnad
1	ej kvävegynnad / kväveskyende

På fattigbarksträd, t ex björk, i en opåverkad miljö är medelkvävetalet lågt men där halterna av kväveföroreningar i luften är höga är det betydligt högre. Det beror på att lavar som naturligt förekommer på fattigbark har låga kvävekrav eller skyr kväve. Vid höga halter av kväve i luften koloniserar fattigbarksträd av mer kvävegynnade lavar genom att barken berikats med kvävehaltiga partiklar. Kvävetalen på fattigbarksträd avspeglar därför halten kväve i luften. På rimbarksträd är medelkvävevärdet ungefär lika högt i en förorenad som i en frisk miljö (Hultengren och Larsson 1993). Det beror på att många rikbarkslavar är kvävegynnade (t ex rosettlavar *Physcia spp.*, dagglavar *Physconia spp.*, och vägglavar *Xanthoria spp.*,

m fl). Om en jämförelse skall göras mellan olika lokalers medelkvävetal är det därför viktigt att känna till vilka trädslag som undersöks.

2.6 Täckningsgrad, medelkänslighetstal och kvävetal

Lavflorans *täckningsgrad* på trädstammarna är ett rent kvantitativt mått. Summan av alla ”räknade” arter ger en uppfattning om frekvensen (täckningsgraden) av samtliga eller olika lavar på bilden. Enbart en art kan förekomma i varje ring. Det innebär att summan av alla förekommande lavar på en bild inte kan överstiga antalet ringar i bilden (100). Summan är alltså inget absolut ytmått utan ett mått på den relativa frekvensen hos enskilda arter eller som ett mått på lavflorans utbredning på bilden generellt. Vi har valt att kalla detta mått för täckningsgrad.

Medelkänslighetsvärdet MK och *medelkvävevärdet* MN är beräknade genom att för varje samplingsträd summera K respektive N och dividera med antalet träffar (Counts). Arten spelar här ingen roll utan bara dess K och N tal. Trädets medel K och medel N har sedan använts i analysen. Medelvärden har beräknats per samplingsträd.

Medelkänslighetsvärdet tar till mindre del hänsyn till hur mycket av trädstammen på bilden som lavarna täcker, men mer på de olika lavarnas känslighetsvärden. Medelkänslighetsvärdet är medelvärdet för lavar med känslighetstal som träffats av ett nålstick/ring. Värdena har i första hand beräknats för samtliga träd i olika grupperingar t ex tätortsträd, zoner, trädslag och årtal.

Medelkvävetalet tar också till mindre del hänsyn till hur mycket av trädstammen på bilden som lavarna täcker, men mer på de olika lavarnas kvävetal. Medelkvävevärdet är medelvärdet för lavar med kvävetal för de lavar som träffats av ett nålstick/ring. Värdena har i första hand beräknats för samtliga träd i olika grupperingar t ex tätortsträd, zoner, trädslag och årtal.

Bearbetningarna av insamlat data har bl a utförts med GLM-analyser (Generalized Linear Model). Detta är en analysmetod som liknar linjär regression; men som jämför många olika parameterdata samtidigt.

3 RESULTAT

Insamlat data har sammanställts i exceltabeller och efter detta har statistikkörningar genomförts. Vi har i redovisningen fokuserat på björk eftersom de har den mest ”sura” och näringsfattiga barken och effekter av luftföroreningar bedöms visa sig bäst på björkar. De viktigare resultaten redovisas i diagramform på de följande sidorna.

Täckningsgraden visar den andel av cirklarna (se fig 4) som täcks av lavar. Denna beräknas som antalet ”nålstick” (=samplingsenhet) med lavträffar jämfört med samtliga ”nålstick” inom Västerås tätort respektive på landsbygden i Västmanland under perioden 1995 – 2013. Såväl täckningsgraden och tillväxten av lavar är större på träden i Västerås tätort jämfört med landsbygdsträden (se figur 5). Mellan 1995 och 2001 minskar täckningsgraden tydligt i Västerås men någonstans mellan 2001 och 2007 sker ett trendbrott varefter täckningsgraden ökar. Figur (6) visar skillnader i lavarnas **medeltäckningsgrad** på björkstammar mellan Västerås och landsbygd. Björkstammarna i tätorten har en högre täckningsgrad jämfört med landsbygdsträden.

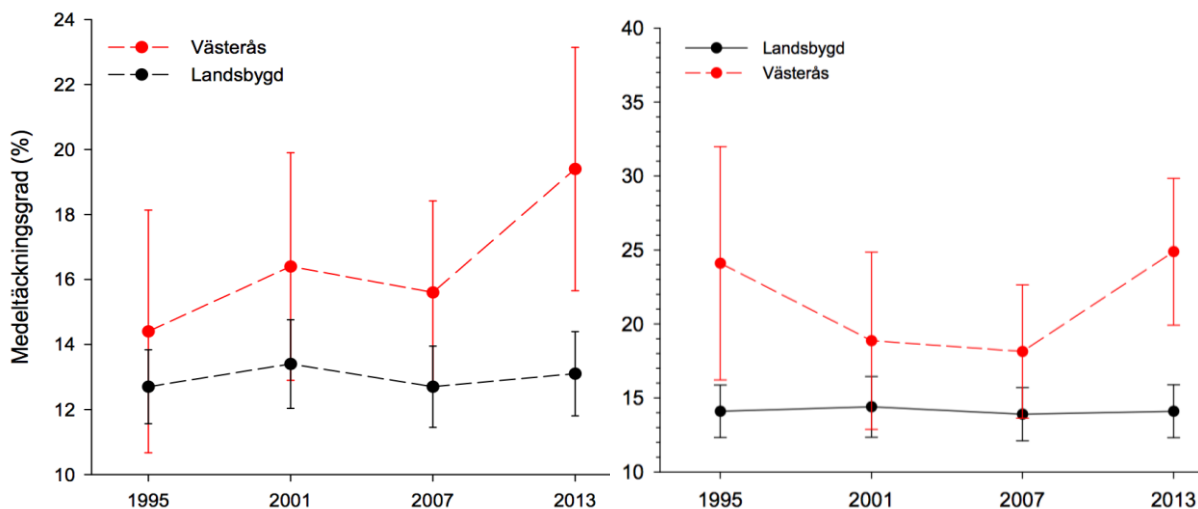
Trender och skillnader för **medelkänsligheten** i Västerås tätort och landsbygd redovisas i figur 7. Figuren visar att känsligare lavar är vanligare på trädstammar i landsbygdsområdets jämför med stammar i Västerås. Luften är alltså ”sämre” i Västerås. Notera också att det finns en svag men negativ trend samt att skillnaderna mellan Västerås och landsbygd är relativt konstant. Figur 8 visar skillnaden i lavarnas medelkänslighetstal på björkstammar mellan Västerås och landsbygd. Resultatet indikerar att björkstammar på landsbygden hyser betydligt mer känsliga lavar i jämförelse med sådana som växer i Västerås tätort. Det finns också en svag trend att känsliga lavar ökar inom Västerås tätort.

Figur 9 visar utvecklingen av **medelkvävetalet** bland de lavar som konstaterats på landsbygdsträd respektive inom Västerås tätort. Diagrammen visar en ökande andel av kvävetoleranta lavar inom Västerås jämfört med träd på landsbygden. Diagrammen visar också att inslaget av kvävegynnade arter är i stort sett oförändrat på landsbygdsträden från 1995 – 2013. Figur 10 visar skillnaden i lavarnas medelkvävetal på björkstammar mellan Västerås och landsbygd. Björkstammarna på landsbygden hyser lavararter som är betydligt mer kväveskyende än lavar på björkar i Västerås. Tendensen förefaller också vara att fler nitrofila arter tillkommer i tätorten, medan landsbygdsträden uppvisar en svag till obetydlig minskning av kvävegynnade arter.

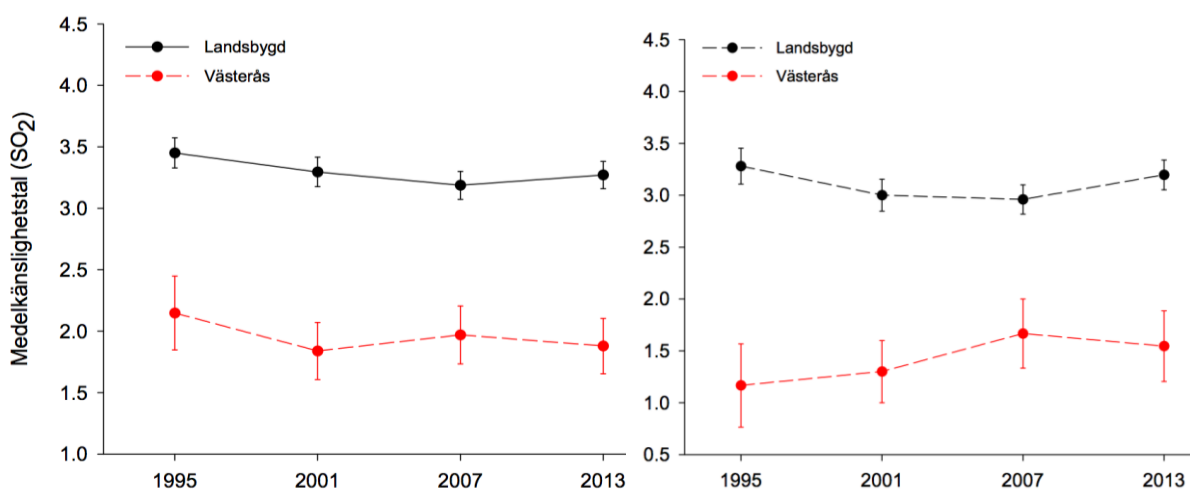
Figurerna 11 – 14 visar hur lavarnas **medelkänslighetstal är fördelade per år** utan att ta hänsyn var på vilket trädslag de växer. I diagrammen inkluderas även ask, lönn och lind som inte återfinns inom Västerås. Vi tolkar diagrammen ovan som att det skett en förskjutning mot arter med högre känslighet, särskilt mellan 1995

och 2001. Under denna period minskar tåliga arter tydligt! Detta tyder på att halten av skadliga luftföroreningar har minskat något sedan 1995.

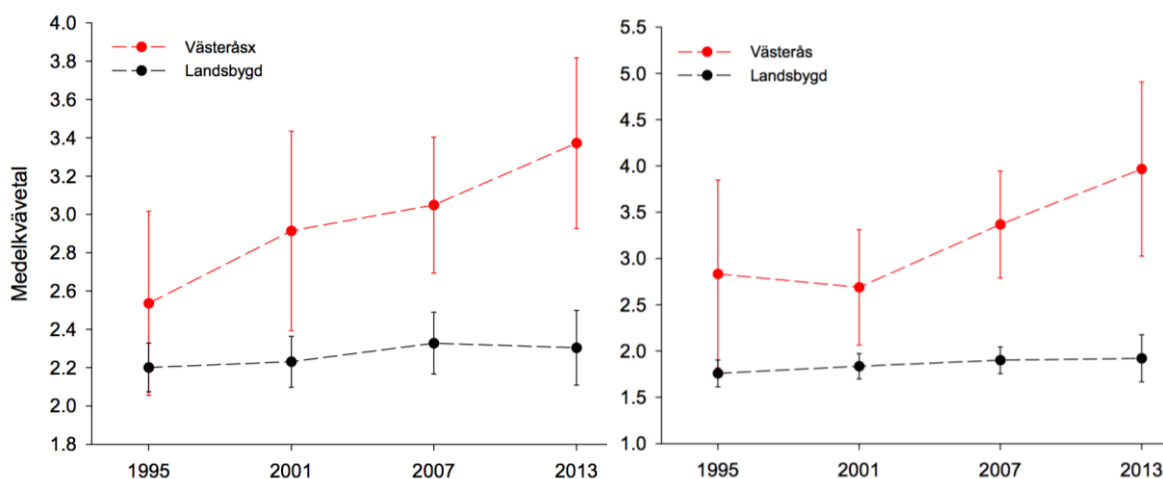
Figurerna 15 – 18 visar hur lavarnas **kvävetal är fördelade per år** utan att ta hänsyn till vilket trädslag de växer på. I diagrammen inkluderas även ask, lönn och lind som inte återfinns inom Västerås. Generellt kan inga tydliga trender noteras när det gäller kvävetal. Däremot finns det underliggande skillnader – i figur 8 och 9 syns en ökning av kvävegynnade arter inom Västerås medan träd utanför tätorten uppvisar svaga eller obefintliga trender. Undersökningen omfattar betydligt fler träd utanför tätorten och det större antalet träd tar sannolikt bort skillnaderna (resulterar också i lägre standardfel).



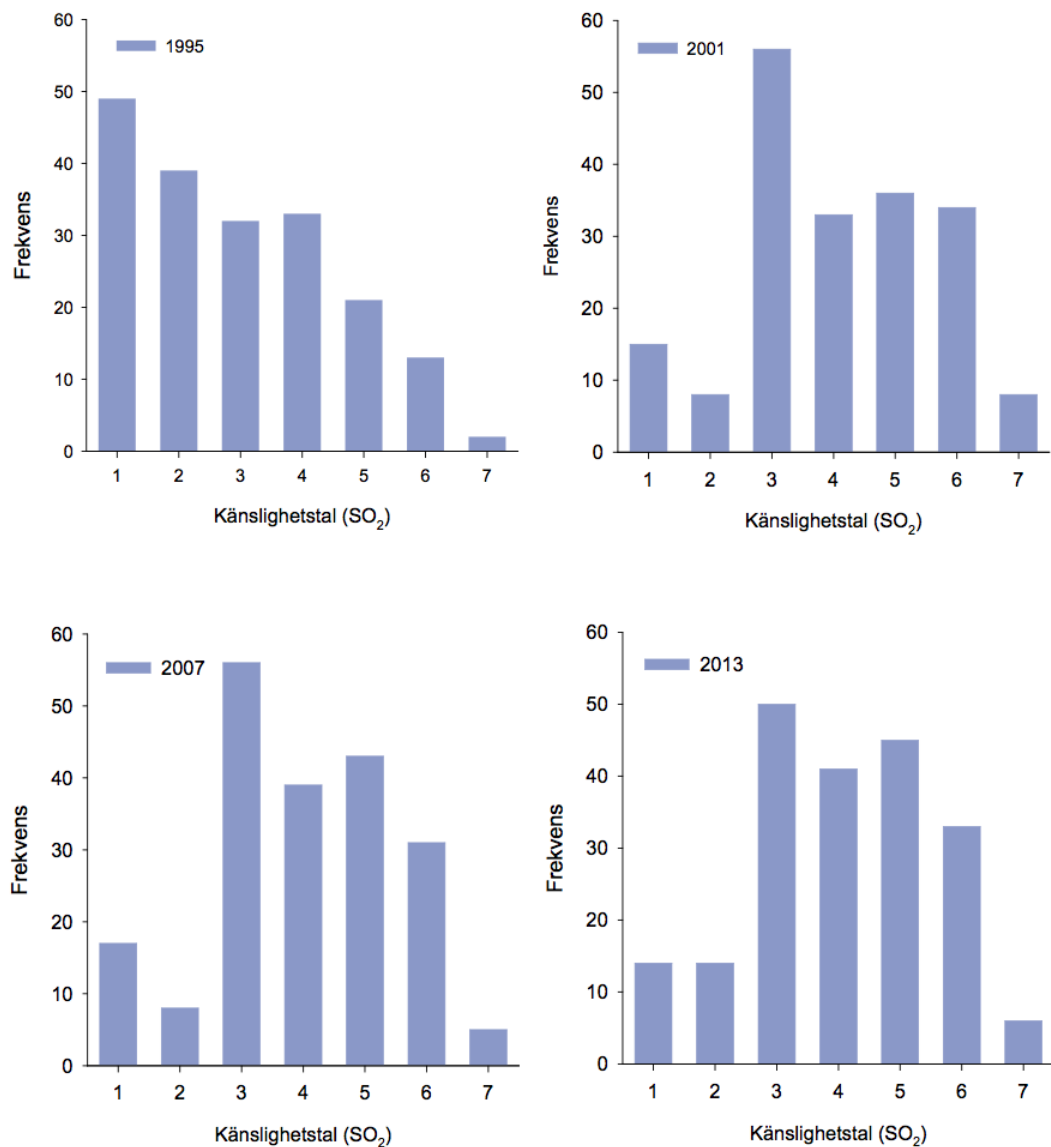
Figur 5 och 6. Trender för täckningsgrad (angiven som procentuell medeltäckningsgrad $\pm$ SE per år) på samtliga trädslag under 1995 – 2013 inom Västerås tätort jämfört med träd på landsbygden (figur 5 t v). Den högra grafen (figur 6 t h) visar resultatet för enbart björkar. Trenden är likartad för täckningsgraden men generellt lägre för björkarna. Notera att medelvärdet för enbart björkar är betydligt högre än för samtliga träd år 1995 samt att medeltäckningsgraden för landsbygdsträden inte förändrats mellan år, oavsett om man betraktar samtliga träd eller enbart björk. Observera att y-axlarna har olika skala.



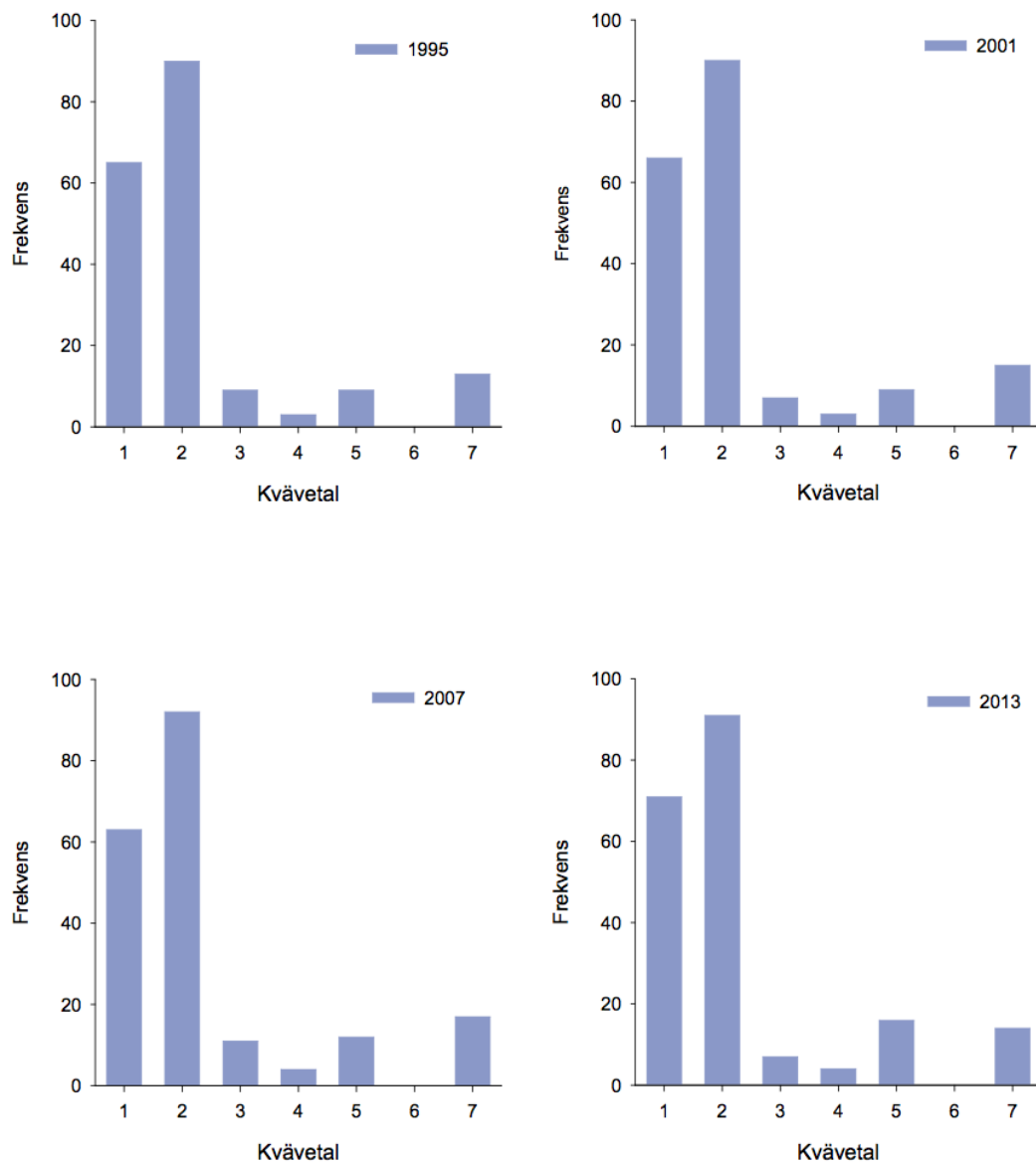
Figur 7 och 8. Figur 7 (t v) visar trender för medelkänslighetstalen under perioden 1995 – 2013 inom Västerås tätort jämfört med träd på landsbygden (samtliga trädslag). Figuren t h (8) visar förhållandena på enbart björkar. Medelvärdena i de båda grupperna är snarlika mellan år, men tätortsträden har fler arter som tål luftföroreningar.



Figur 9 och 10. Figur 9 (t v) visar trender för medelkvävetal under 1995 – 2013 inom Västerås tätort jämfört med träd på landsbygden (samtliga trädslag). Figuren t h (10) visar förhållandena på enbart björkar. Utvecklingen i de båda grupperna är snarlika, men andelen kvävegynnade arter ökar mellan år för tätortsträden.



Figur 11–14. Fördelning av känslighetstal under perioden 1995 – 2013 inom hela området och på samtliga inventerade träd.



Figur 15–18. Fördelning av kvävetal under perioden 1995 – 2013 inom hela området och på samtliga inventerade träd.

3.1 Modellering av olika variabler – effekt och påverkan

För att kunna hitta eventuella samband mellan responsvariablerna (Y) och de olika förklarandevariablerna (X) analyserades datamaterialet med en Generell Linjär Modell (GLM), som är en kombination av varians- och regressionsanalyser. Responsvariablerna (Y) utgörs av *täckningsgrad*, *känslighetstal*, *kvävetal*, *känslighetsindex*, *kväveindex* samt *antalet observerade arter*. Förklarandevariablerna (X) består av *typ* = landsbygd eller Västerås; *zon* = 1 – 5 där 1 är Västerås och 2 – 5 olika landsbygdsområden, *trädslag* (ek, björk, ask, lönn och lind) samt *inventeringsår* (1995, 2001, 2007 och 2013) och deras samverkans effekter.

GLM visar om det finns statistiska skillnader mellan medelvärden och hur stor andel av variansen som de olika förklarandevariablerna bidrar med.

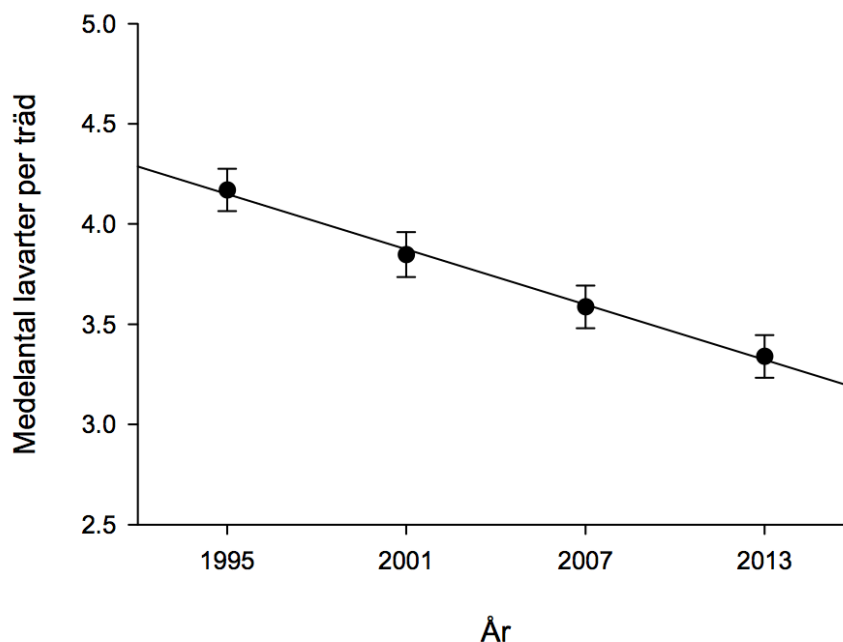
Metoden (GLM) förutsätter att beroendevariablerna är normalfördelade. Dessa tillgodoses då analysen baserar sig på medelvärden samt att F-testen är någorlunda robusta mot avvikelser från normalfördelningen. Modellen som användes med minsta antalet ingående förklarandevariabler var *trädslag*, *zon* och *år* och en samverkans effekt mellan *zon* och *trädslag* enligt nedan:

$$Y = \text{trädslag} + \text{zon} + (\text{zon} \times \text{trädslag}) + \text{inventeringsår}$$

Målet med analysen var att skatta lutningskoefficienterna för att kunna påvisa eventuella trender i datamaterialet sedan mätningarna startade 1995 när man kontrollerar för effekterna av *trädslag* och *zon*. Dessvärre klarade modellen inte att hitta unika lösningar för modellens parametrar vilka därför inte redovisas. Detta problem påverkar dock inte medelvärdestesterna (F-testerna) eller hur stor andel som förklaras av ingående förklarandevariablerna. Därför redovisas bara medelvärdestesterna tillsammans med X-variablernas förklarandegrad i avsnittet 3.2.

3.2 Resultat av modellering

Antalet arter har minskat över tid ($F=5,29$; $p<0.0001$, $DF=16$). Samtliga ingående variabler har signifikant inverkan. Modellen förklarar 30,3 % av den observerade totala variationen. Störst influens har *zon* och *inventeringsår*.



Figur 19. Trend för medelantalet arter under perioden 1995 – 2013. Grafen visar den linjära modell Anpassningen (GLM) för medelantal (så kallade "predikterade" värden) med dess standardfel (SE). Resultatet visar att antalet arter har minskat signifikant över tid. Detta tyder på att artsammansättningen anpassas till rådande luftkvalitet när man kontrollerar för var och vilket trädslag arterna växer på.

Det finns signifikanta skillnader i täckningsgraden av lavar ($F=3,96$; $p<0,0001$, $DF=16$). Modellen förklarar 24,6 % av den totala variationen. Störst betydelse har trädslaget som lavarna växer på.

Signifikanta skillnader i medelkänslighet för lavarna förekommer ($F=13,1$; $p<0,0001$, $DF=16$). Modellen förklarar 51,7 % av observerad variation där inventeringsår samt trädslag har störst betydelse.

Det förekommer signifikanta skillnader i medelkvävetalen ($F=5,43$; $p<0,0001$; $DF=16$). Modellen förklarar 30,9 % av den totala variationen. Förutom inventeringsår samt trädslag finns också en statistiskt säkerställd samverkansseffekt mellan zon och trädslag (s k interaktionseffekt). Det är Västerås (Zon 1) som har fler kvävegynnade lavararter.

För medelkänslighetsindex finns signifikanta skillnader ($F=4,09$; $p<0,0001$; $DF=16$). Modellen förklarar 25,2 % av variationen. På samma sätt som för medelkänslighet är det trädslag som bidrar mest till förklaringsgraden.

Medelkväveindex visar också på statistiskt säkerställda skillnader ($F=2,52$; $p=0.0016$; $DF=16$). Förklaringsgraden är 17,2 % där samverkanseffekten mellan trädslag och zon har störst inverkan. Samverkanseffekten beror på skillnaderna mellan Västerås- och landsbygdsträd.

3.3 Sammanfattning

Generellt tyder resultaten på att *trädslag* och vilken *zon* är de förklarandevariabler som påverkar lavfloran mest med avseende på deras kväve- och känslighetstal.

Man bör dock vara försiktig vid tolkningen av resultaten eftersom det finns ett statistiskt säkerställt beroende mellan känslighetstal och kvävetal ($r=-0,41$; $p<0,05$). Det negativa sambandet innebär att om känslighetstalen ökar så minskar kvävetalen. I realiteten betyder detta att kvävegynnade lavar i regel har lägre känslighetsvärden, och att känsliga lavar har låga kvävetal. Detta beroende kan påverka tolkningen av resultatet.

Zonens betydelse ligger främst i skillnaderna mellan zon I (Västerås) mot övriga zoner (landsbygd) samt skillnaderna mellan de egenskaper som ek och björk har på vilka lavar som förekommer. Se figurerna 7, 8, 9 och 10.

4 DISKUSSION

Generellt har den försämring av lavfloran i Västmanland som uppmärksammades vid den första uppföljningen 2001 (Malmqvist 2001) inte fortsatt. Istället noteras en svag förbättring genom att känsligare arter ökar och tåligare minskar.

Lokal påverkan finns – men det har blivit bättre. Lavfloran är fortfarande lokalt påverkad av luftföroreningar och skillnaderna mellan landsbygd och tätort är relativt stor. Däremot ökar lavarnas täckningsgrad i tätorten, och mest är det medelkänsliga bladlavsarter ökar. Täckningsgraden är faktiskt större i tätorten än på landsbygdsträden, vilken möjligen kan förklaras genom nykolonisation av medelkänsliga, bladformiga arter. För tätortsträden har medelkänslighetsvärdena ökat. Det verkar också som att tåliga arter minskar i tätorten liksom i hela materialet.

Kvävegynnade arter ökar i tätorten. Den ökning av medelkvävetalet som noteras i tätorten är en negativ miljösignal. Lavfloran är fortfarande påverkad av luftföroreningar, vilket skillnaderna mellan tätort och landsbygd visar, och det finns tydliga tendenser att medelkvävetalet (andelen kvävegynnade arter) ökar inom tätorten Västerås. Kanske är det kväveföroreningar som hindrar att känsligare arter etablerar sig i Västerås.

Bättre på landsbygden! För landsbygdsträden har den minskning av medelkänslighetsvärdet som noterades 2001 upphört. Medelkänslighetsvärdet 2013 motsvarar nivåerna för ”svagt påverkad lavflora”. Täckningsgraden är emellertid påtagligt låg och förefaller ha minskat en aning. Flera andra undersökningar har påvisat på oväntade försämringar, framför allt när det gäller täckningsgrad/frekvens t ex vid undersökningar i Göteborgstrakten m m i Västra Götalands län (Andersson m fl 2004, Hultengren & Malmqvist 2004). I många fall har det varit på landsbygdsträden som försämringarna varit mest tydliga.

Orsaker till förbättringar. Utsläppen av svaveldioxid (SO₂) har minskat kraftigt i hela Sverige sedan Naturcentrums lav- och luftkvalitetsundersökningar startade 1986 (Sjöberg m fl 2006). Från 1990 till 2011 minskade de svenska utsläppen från ca 105 000 ton till 30 000 ton (miljömålsportalen) – en minskning med hela 70 % – och då hade utsläppen redan minskat rejält om man jämför med 1970-talet. I samband med minskningarna har tydliga förbättringar hos lavfloran i västra Sverige konstaterats (Hultengren & Pleijel 2000). Även de förbättringar som konstaterats i denna undersökning, främst genom att känsliga arter ökat och tåliga minskat, kan kanske härledas till den långsiktigt minskande trenden för svaveldioxid.

De svenska utsläppen av kväveoxider mellan 1988 och 2011 har minskat med 46 % och ligger nu under det s k takdirektivet (Sveriges rapportering till CLRTAP och UNFCCC, bearbetad av IVL). När det gäller nedfallet av kväve i Västmanland är detta numera tämligen lågt men har varierat kraftigt mellan ca 3,5 och 10 kg/ha och år. De minskande utsläppen av kväveoxider i Sverige verkar alltså inte resulterat i några mätbara minskningar i nedfall. Detta kan ha att göra med att de svenska minskningarna främst lett till minskad torrdeposition, men denna är

mycket svåra att mäta. Minskningarna av kväveutsläppen kan egentligen inte spåras i vårt material – snarare tvärtom, eftersom kvävegynnade arter ökat i t ex Västerås tätort.

Orsaker till att det fortfarande finns påverkan. Vad kan det finnas för andra förklaringar, utöver att kväve i olika former kan påverka lavflorans sammansättning, till att lavfloran fortfarande kan påverkas både lokalt och regionalt. Marknära ozon är en av få ”luftföroreningar” där en ökning skett de senaste åren (Sjöberg m fl 2006) och är ett ämne som kan vara skadligt för lavar (Nash & Sigal 1979). En ökning av marknära ozon skulle kunna påverka lavfloran brett, d v s att både s k föroreningsståliga och föroreningskänsliga arter påverkas negativt. Det har tidigare antagits att försämringarna i Västmanlands län inte skulle ha med långväga transporterade föroreningar att göra (Malmqvist 2001). Detta kan förvisso stämma men efter ha sett liknande försämringar även på andra håll bedöms problemet vara storskaligt och inte av lokal karaktär.

Finns det felkällor? Man får inte glömma att trenden/utvecklingen över tid också kan påverkas av andra faktorer än luftföroreningar. Exempelvis kan utvecklingen bero på att träden som undersökts blir äldre vilket medför att barken får förändrade kemiska och fysiska egenskaper. Detta ändrar sin tur förhållandena för lavfloran. Det sker m a o en långsam succession inom lavsamhällena och möjligen kan man förvänta att blad- och busklavsamhällena övergår i lavsamhällen som domineras av skorplavar. Att det finns stora skillnader mellan landsbygd och tätort kan däremot inte förklaras av succession.

5 LITTERATURFÖRTECKNING

- Andersson, M., Hultengren, S. & Malmqvist, A. 2004. *Lavar och Luftkvalitet. Förändringar av lavfloran på trädstammar i Göteborg mellan 1999 och 2004*. Naturcentrum AB.
- Hultengren, S. 1987. *Lavarna och luften på Dal och i Trestad*. Länsstyrelsen i Älvsborgs län 1987:9.
- Hultengren, S & Danielsson, I. 1996. *Tillståndet för den epifytiska lavfloran i Västmanlands län 1995. Program- och metodikförslag för övervakning av epifytiska lavar i Västmanland*. Länsstyrelsen i Västmanlands län, rapport 1996:1.
- Hultengren, S. Martinsson P-O. & Stenström, J. 1992. *Lavar och luftföroreningar. Känslighetsklassning och indexberäkning av epifytiska lavar*. Naturvårdsverket Rapport 3967. Solna.
- Hultengren, S. & Stenström, J. 1988. *Lavarna och luften i Ulricehamnsområdet*. Länsstyrelsen i Älvsborgs län 1988:2.
- Malmqvist, A. 2001. *Uppföljning av den epifytiska lavfloran i Västmanland 1995-2001*. Länsstyrelsen i Västmanlands län 2001:14.
- Malmqvist, A. 2003. *Lavar och luftkvalité. Lavundersökning i Blekinge län 2002-2003*. Länsstyrelsen i Blekinge län.
- Malmqvist, A. & Hultengren, S. 2004. *Lavar och Luftkvalité. En uppföljning av lavfloran på trädstammar i sex kommuner i Västra Götalands län*. Naturcentrum AB.
- Miljömålsportalen. <http://www.miljomal.se>
- Nash, T. H. III & Sigal, L. L. 1979: *Gross photosynthetic response of lichens to short term ozone fumigations*. The Bryologist 82: 280-285.
- Sjöberg, G., Pihl Kalsson, G., Svensson, A. och Blomgren, H. 2006. *Nationell Miljöövervakning inom EMEP och Luft- och Nederbödskemiska nätet 2004 & 2005*. För Naturvårdsverket. IVL.

Bilaga 1 – LAVAR OCH LUFTFÖRORENINGAR

Ur: Hultengren, Martinsson & Stenström 1993

Lavar - funktion och levnadssätt

Lavarna är utåt sett enhetliga växter, ungefär som man uppfattar arter inom de flesta andra grupper. En noggrannare analys visar dock att lavarna är sammansatta av två helt olika organismer. Laven består nämligen av en svampdel (mykobiont) och en eller flera algdelar (fukobionter/fotobionter) som utvecklat ett avancerat och mer eller mindre ömsesidigt utnyttjande av varandras funktioner.

Algerna är autotrofa, d.v.s de har förmågan att bygga upp kolhydrater ur oorganiska ämnen genom fotosyntes, men är känsliga för uttorkning och stark solstrålning. Svamparna är heterotrofa, d.v.s. de är helt beroende av färdiga organiska ämnen. Till skillnad från algerna har de förmågan att utstå uttorkning, och kan genom inlagring av speciella pigment skydda sig mot stark solstrålning. I lavarna kombineras svampens och algens olika egenskaper i ett framgångsrikt samarbete.

Man påträffar lavar i praktiskt taget alla typer av miljöer från havsnivån upp till flera 1 000-tals meter över havet, och i alla världsdelar på jorden. Lavarna kan också växa på och i många olika typer av underlag. Följande exempel visar något av den ekologiska spännvidden; i skalet på havstulpaner i strandkanten, på sten och kala klippor av både sura och basiska bergarter, på bark och ved på levande såväl som på döda träd och buskar, på marken, på levande blad, kring svavelkällor i vulkaniska områden, på artificiella substrat som plåt, asfalt och betong m.m. Som första kolonisatörer på nyligen blottade bergytter skapar lavarna successivt förutsättningar för andra växters invandring genom att till viss del påskynda vittering och upplösning av bergets ytlager.

I förhållande till vanliga ”högre växter” anses lavarna vara enklare uppbyggda, och brukar räknas till de s.k. bälväxterna, d.v.s. de som inte är differentierade i rot, stam och blad. Lavarnas fortplantning sker hos många arter främst på vegetativ väg genom fragmentering och/eller via särskilda spridningskroppar s.k. soredier och isidier. I fragmenten finns både alg och svamp representerade. Fukobionten och mykobionten förökar sig dessutom oberoende av varandra. Hos samtliga lavararter förökar sig algdelen, vilken utgörs av encelliga organismer, genom delning. Hos svampdelen förekommer också, med få undantag (s.k. imperfekta lavar), sexuell fortplantning via sporer. Svamparnas sporer bildas i särskilda fruktkroppar av varierande utseende och byggnad. Hos många arter är dock fruktkroppsbildning mycket sällsynt.

Man brukar dela in lavarna, utgående från deras yttre byggnad, i skorplavar, bladlavar respektive busklavar. Skorplavarna kännetecknas av att de växer så tätt tilltryckt mot underlaget att de knappast går att lossa. Bladlavarna är som namnet antyder platta, bladlika och växer mer eller mindre, tätt liggande mot underlaget,

men går vanligen lätt att ta loss. Busklavarna slutligen, utgör en grupp som varierar starkt i utseende, men har det gemensamt att de har ett mer eller mindre yvigt, förgrenat, busklikt eller hängande växtsätt, och är ofta finflikiga och/eller trådfina.

I Sverige finns ca 600 olika busk- och bladlavar och ca 1 500 olika skorplavar. För världen som helhet känner man till drygt 15 000 olika lavararter.

Lavarna är beroende av ren luft

Lavarna har visat sig vara av utomordentligt stort värde vid bedömningar av olika slag. Många av våra ca 2 000 arter har visat sig ha mycket specifika krav på sin omgivning, och har därmed mycket att berätta om sina respektive växtplatser. De är s.k. ”indikatorarter”. Olika lavar kan med fördel användas som indikatorer på olika skogsbestånds ålder, fuktighetsförhållanden, växtgeografiska läge, markbonitet, m.m. Sist men inte minst bör deras stora värde som indikatorer på förorenad luft framhållas.

Att lavar reagerar negativt på luftföroreningar av olika slag är ett sedan länge välkänt faktum. Redan på 1800-talet gjordes sådana iakttagelser på ett flertal ställen i Västeuropa, bl.a. Manchester (Grindon 1858), Jardin du Luxembourg, Paris (Nylander 1866) och München (Arnold 1891-1901). Under den påföljande hundraårsperioden har ett stort antal lav- och luftföroreningsinventeringar och karteringar genomförts. Dessa undersökningar har successivt byggt upp kunskapen om sambandet mellan höga luftföroreningshalter och lavdöd.

Mekanismer

De flesta lavar är mycket föroreningskänsliga. Det finns många förklaringar till detta. En av dem står att finna i deras sköra och exklusiva dubbelliv. Utbytesmekanismerna mellan alg och svamp är lättstörda. Redan vid måttlig föroreningsbelastning kan klorofyll, koldioxidfixering, respiration och vattenbalans påverkas i sådan grad att hela organismen dör. Svaveldioxiden anses vara skadligast. Den absorberas av laven och bildar svavelsyrlighet som i sin tur angriper det livsviktiga klorofyllet. Detta bryts sedan ner till ett brunt och overksam pigment, phaeophytin.

En annan förklaring till den stora föroreningskänsligheten är lavarnas passiva upptag av näringsämnen. Den vätska och de ämnen som hamnar på lavens yta (bålen) absorberas relativt ospecifikt. Även giftiga och oönskade ämnen kan tas upp och ackumuleras i lavbålen och när en viss gräns nåts så dör laven. Dessutom tillväxer lavarna långsamt, inte mer än någon eller några millimeter om året. Det innebär att stora lavbålar under lång tid utsätts för olika ämnen från omgivningarna.

De olika lavarnas bålform avgör till viss del hur känslig respektive art är. Generellt kan man säga att ju större bållytan är i förhållande till bålvolymen, desto känsligare är laven. Sålunda är utpräglade busklikla lavar, som t.ex. tagellavar *Bryoria spp.* och skägglavar *Usnea spp.*, känsligare för luftföroreningar än lavar med mer bladlik form. De allra tåligaste arterna finner man bland skorplavarna. Vissa lavar

är till och med gynnade av luftburna föroreningar. Ett antal trädväxande skorplav, av vilka flarnlav *Hypocenomyce scalaris*, stadskantlav *Lecanora conizaeoides*, blågrå mjöllav *Lepraria incana* och trädgrönelav *Scoliciosporum chlorococcum* är mest kända, påträffas rikligt i förorenade storstadsområden. Dessutom påträffas trädgrönelager *Desmococcus spp.*, frilevande grönalger, rikligt på trädstammar och andra ytor i större städer och andra förorenade områden. Dessa organismer gynnas troligen av storstadsluftens kemiska höga halter av kväveföroreningar, men också av minskad konkurrens från sådana lavar som saknas i förorenad luft.

Ämnen som är giftiga för lavar

Den äldre litteraturen framhåller sot från förbränning av olika slag som den viktigaste orsaken till att lavarna dör i närheten av större föroreningskällor. Detta anger Nylander (1866) från Paris och Sernander från Stockholm (1926). Stoftutsläpp började minska för ganska länge sedan p.g.a. att de är relativt lätta att åtgärda.

De senaste decennierna har svaveldioxiden pekats ut som huvudorsak till lavdöd. Svaveldioxid-halterna i luften har sjunkit kraftigt sedan 1970-talet och är nu så låga att de inte har någon större negativ inverkan på lavfloran. Utsläpp av kväveoxider från fr.a. vägtrafiken har stadigt ökat under samma period. Kulmen nåddes i slutet av 1980-talet och har sedan dess minskat. Kväveoxider har troligen tagit över svaveldioxidens roll som den nu viktigaste orsaken till lavdöd.

Ett stort antal författare har jämfört aktuella svaveldioxidhalter med den befintliga lavfloran. Några undersökningar som bör nämnas i sammanhanget är inventeringen i Stockholm (Skye 1968), i England och Wales (Hawksworth & Rose 1976), i Spanien (Crespo et al. 1981), och den från Göteborgsområdet (Arvidsson & Skoog 1984). Tilläggas bör dock att höga svaveldioxidhalter ofta följs av förhöjda halter också av andra luftföroreningar, varför man kan förvänta sig att få god korrelation med flera föroreningar som släpps ut från tätorter eller industrier. I många undersökningar handlar det alltså om statistiska samband snarare än att säkra orsakssamband klarlagts.

Många undersökningar har påvisat ett tydligt samband mellan luftens svaveldioxidinnehåll och lavfloras hälsotillstånd och sammansättning. Man vet också att andra föroreningar som fluorider, zink, kadmium och koppar har en negativ inverkan. Ett flertal undersökningar har visat samband mellan höga fluorhalter och lavdöd (LeBlanc et al. 1972, Gilbert 1972 samt Martin & Jacquard 1968, Eriksson 1966). Skalor har presenterats där olika arter visat sig försvinna i olika zoner kring fluoridutsläpp. Fluoridutsläpp orsakar definitivt lavdöd men är relativt ovanliga i Sverige.

Höga halter av kväveföreningar i luften ger också mycket tydliga förändringar av lavfloran. På näringsrika substrat som ädellövträdbark förekommer ett antal arter som inte trivs på mer näringsfattiga substrat. Dessa arter är mer eller mindre beroende av kväveinnehållande näringsämnen. Tillförseln av näringsämnen från om-

givningarna, t.ex. dammpartiklar från en väg eller åker kan också påverka lavar-
nas förekomst, vilket ofta innebär att andelen kvävegynnade lavar ökar. Detta
kan i viss mån störa utvärderingen av en inventering då lavarna p.g.a. ”damm-
gödsling” ibland uppträder på fel substrat.

I områden med höga halter av kväveföreningar förekommer kvävegynnade lavar
på substrat som normalt inte erbjuder tillräckliga mängder näring. Ökad tillgång
på kväve innebär här att arten trots allt överlever på sitt ”ovana” underlag, t.ex.
rikbarksarter på fattigbarksträd, grönalger på husväggar etc. Detta fenomen kan
iaktas i större städer där trafikens utsläpp av kväveoxider gör att kvävegynnade
och föroreningstålga lavar förekommer på substrat som arterna normalt inte lever
på. Ökade halter av ammoniakkväve i jordbruksområden kan också ge upphov till
att kvävegynnade arter koloniserar nya substrat. Kväveoxidernas giftighet för la-
var vet man ännu inte så mycket om, men är troligen viktig nu när svaveldioxid-
halterna minskat kraftigt.

Även ozon har visat sig påverka vissa lavar genom att ha en försvagande effekt på
algkomponentens fotosyntes. Påverkan av ozon har visat sig hos bl.a. skrynkellav
Parmelia sulcata (Nash & Sigal 1979) och getlav *Flavoparmelia caperata* (Ross
& Nash 1983). Däremot har ozonprov på lunglav inte visat någon påverkan på
vare sig fotosyntes eller kvävefixering (Sigal & Johnston 1986). Detta försök vi-
sade dock att kvävefixeringen upphörde vid en sänkning från pH 5,6 till pH 2,6
och att fotosynteshastigheten då minskade med upp till 90 %. Den försurade ne-
derbörden kan alltså även den skada vissa lavar.

Hur visar sig skador på lavar och lavvegetation?

Lavarna eller lavvegetationen indikerar yttre påverkan av luftföroreningar genom:

- Vitalitetsnedsättning: Visar sig i form av dvärgväxt, deformationer, ökad mot-
taglighet för infektioner m.m.
- Fertilitetsnedsättning: Den sexuella förökningen genom sporer från fruktkrop-
par minskar vid ökad föroreningsbelastning. Arter som normalt sett är rikt fer-
tila påträffas sällan eller aldrig med fruktkroppar i förorenade miljöer. Ett ex-
empel är stadskantlaven *Lecanora conizaeoides*, som på landsbygden uppträ-
der i en övervägande fertil form. I de allra mest föroreningspåverkade områ-
dena dominerar en steril, sorediös form av laven (Degelius 1986).
- Substratbyte: Genom att växtsubstratet i vissa förorenade områden under lång
tid påverkats av sura ämnen har detta förändrats så att helt andra arter än de för
substratet normala påträffas. I starkt förorenade stadsmiljöer har ofta ädel-
lövträden en lavflora som normalt hör hemma på trädslag med sur bark som
t.ex. björk, gran eller tall.
- Ökad frekvens av svampangrepp (av t.ex. lavdödarsvampen): Under senare år
har lavdödarsvampen *Athelia arachnoidea* blivit allt vanligare, och dess karak-
teristiska vita fläckar/ringar på trädstammarna är kännetecknande för städernas
epifytflora. Att svampen kan vara en bidragande orsak till städernas lavöknar
är en hypotes som behandlats av Arvidsson (1979).

- Minskning av artantalet: Många vanliga men känsliga arter försvinner i anslutning till förorenade områden och utsläppskällor, vilket leder till att det totala artantalet minskar.
- Minskad täckningsgrad: De flesta arter minskar i täckningsgrad i anslutning till förorenade områden och utsläppskällor.
- Lavdöd: Känsliga arter dör redan i svagt förorenade områden, men i starkt förorenade miljöer försvinner också tåliga lavar. De olika arternas varierande känslighet för föroreningar gör det möjligt att konstruera lavskalor som i relativa mått anger graden av föroreningar.
- Missfärgning: När lavar skadas av luftföroreningar färgas de först röda och blir därefter vita innan de slutligen faller av sitt växtsubstrat. Det är troligt att de är döda redan när missfärgning kan iakttas.
- Ökning av tåliga/gynnade arter: vissa lavar är tåliga eller kanske till och med gynnade av vissa luftburna föroreningar och har således visat sig öka i frekvens i förorenade områden. Ökningen kan möjligen också förklaras genom att konkurrensen med andra arter minskar.

Referenser

- Arnold, F. 1891-1901: *Zur Lichenenflora von München*. 1-6. München.
- Arvidsson, L. 1979: Svampangrepp på lavar - en orsak till lavöken. *Svensk Bot. Tidskr.* 72: 285-292.
- Arvidsson, L. & Skoog, L. 1984: Svaveldioxidens inverkan på lavfloran i Göteborgsområdet. *Svensk Bot. Tidskr.* 78: 137-144.
- Crespo, A., Barrena, E., Sancho, L. G. & Bueno, A. G. 1981: Estableci miento de una red de valoracion de pureza atmosferica en la provincia le Coruna (Espana) mediante bioindicadores liquenicos. *Lazaroa* 3: 289-311.
- Degelius, G. 1986: The Lichenflora of the island of Anholt, Denmark. *Acta Reg. Soc. Scient. et Litt. Gothoburg, Bot.* 3: 1-60. Göteborg.
- Eriksson, O. 1966: Lavar och luftföroreningar i Sundsvallstrakten. *Växtbiologiska Institutionen*, Uppsala Universitet (intern rapport).
- Gilbert, O. L. 1972: The Effect of Airborne fluorides. I: Ferry, B. W., Baddeley, M. S. & hawksworth, D.L. (utg.): *Lichens and Air Pollution*: 299-313. London.
- Gralén, H. 2000: Lavar och luftföroreningar. Förändringar av lavfloran på trädstammar i tätorter och industriområden i Västra Götalands län. *Länsstyrelsen i Västra Götalands län* 2000:2.
- Grindon, L. H. 1859: *The Manchester flora*. W. White. London.
- Gärdenfors, U. (red.) 2000. Rödlistade arter i Sverige 2000. ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Hallingbäck, T. 1991: Luftföroreningar och gödsling - ett hot mot blågrönalger och lavar med blågrönalger. *Svensk Bot. Tidskr.* 85: 87-105.
- Hawksworth, D. L. & Rose, F. 1976: Lichens as pollution monitors. *Studies in biology* 66. London.

- Hultengren, S. 1993: Lavar och luftföroreningar i Göteborg. En inventering av effekter på trädlevande lavar i Göteborgsområdet 1988-1993. *R* 1993:20. Göteborgs stad, Miljö- och Hälsoskydd.
- Hultengren, S. Martinsson P-O. & Stenström, J. 1992: Lavar och luftföroreningar. Känslighetsklassning och indexberäkning av epifytiska lavar. *Naturvårdsverket Rapport 3967*. Solna.
- Leblanc, F., Rao, D. N. & Comeau, G. 1972: Indices of atmospheric purity and fluoride pollution in Arvida, Quebec. *Can. J. Bot.* 50: 991-998.
- Marti, J. 1982: Sensitivity of lichen phycobionts to dissolved air pollutants. *Can. J. Bot.* 61: 1647-1653.
- Martin, J. F. & Jaquard, F. 1968: Influence des fumées d'usines sur la distribution des lichen dans la vallée de la Romance (Isère). *Pollut. Atmos.* 10: 95-99.
- Moberg, R. 1986: Lavar med svenska namn. *Svensk Bot. Tidskr.* 79: 221-236.
- Nash, T. H. III & Sigal, L. L. 1979: Gross photosynthetic response of lichens to short term ozone fumigations. *The Bryologist* 82: 280-285.
- Nylander, W. 1866: Les lichens du Jardin du Luxembourg. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 13: 364-372.
- Ross, L. J. & Nash, T. H. III 1983: Effect of ozone on gross photosynthesis of lichens. *Envir. exp. Bot.* 23: 71-77.
- Santesson, R. 1993: *The lichens and lichenicolous fungi of Sweden and Norway*. SBT-förlaget. Lund.
- Sernander, R. 1926: Stockholms natur. *Staden och vegetationen*: 160-163. Uppsala.
- Sigal, L. L. & Johnston J. W. Jr 1986: Effects of Acidic rain and ozone on nitrogen fixation and photosynthesis in the lichen *Lobaria pulmonaria* (L) Hoffm. *Env. Exp. Bot. Vol.* 26: 59-64.
- Skye, E. 1968: Lichens and Air Pollution. A study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stockholm region. *Acta Phytogeogr. Suec.* 52.
- Wilson, R. & Ashmore, M. H. 1993: *Cortical levels for air pollutants*. Department of the Environment. London UK. Report from av UNECE workshop 1992.
- Wirth, V. 1980: *Flechtenflora*. Stuttgart.

Bilaga 2 – LOKALDATA

Trädnr	Lokalbeskrivning	Trädslag	x-koord	y-koord	Trädtyp	Delområde/zon
1	Mellan Barkarö och Fullerö. Väg mellan Västerås-Barkarö k:a och Solliden. Väst om husen vid Solliden på vägens nord-sida, strax innan de öppna fälten, har en ek inventerats i hörnet av en dunge. Eken står 1m N om vägen och är markerad med en liten orange metallplatta.	ek	6603533	1540699	Landsbygdsträd	3
3	Vägen mellan Rytterne och Lundby. 1 km in på denna väg, från Rytterne räknat. Åkerholme O om vägen med 2 stora ekar. Den klenare eken, den ostligaste, har inventerats. (Den största eken, som inte inv, är naturminnesmärkt.)	ek	6598238	1531155	Landsbygdsträd	3
5	Strömsholms naturreservat, Åholmen. Strax N om P-plats till NR, på O-sidan av vägen har en ek inventerats. Trädet står på en liten stenig höjd. Det växer en del mossor på stammens N-sida.	ek	6595831	1527597	Landsbygdsträd	3
6	Törunda - Hörmet. 1,5 km in på vägen mot Hörmet, Fyrbacken från väg 53. Åkerholme S om vägen. Eken i holmens SV hörn har inventerats.	ek	6604412	1529216	Landsbygdsträd	3
8	Mellan Säby och Strömsholm, vid en samling hus, går en väg in åt NV mot Utnäslöt. Asken i korsningens västra hörn har inventerats. Asken står alldeles i väggkanten. Trädets S-sida har anv som anslagsplats.	ask	6601099	1527376	Landsbygdsträd	3
9	3-vägs-korsning (den norra) vid Horn. NO om korsningen, mellan de två husen på O-sidan av vägen mot norr, mitt emot ett gult trähus på andra sidan vägen, har en björk på höjden inventerats. Trädet har ganska lågt sittande grenar	björk	6597982	1526927	Landsbygdsträd	3
10	Trugsbo - Lagersberg, liten avtagsväg åt NV från 53:an, strax N om ett litet rött hus. En bit in på vägen finns två rel nya villor och O om dessa en ekdunge. Den mittersta av de tre ekar i dungen som står närmast vägen har inventerats.	ek	6599884	1528940	Landsbygdsträd	3
11	Säby k:a. 20 m S om kyrkans klockstapel har en lönn inventerats. Lönnen står intill Per Johanssons grav.	lönn	6603272	1528617	Landsbygdsträd	3
12	Lundby kyrkoruin. 25 m SV om ruinen, precis intill och N om öppningen i muren, har en ask inventerats.	ask	6599258	1530420	Landsbygdsträd	3
15	Charlottenberg (Valskog). Från Charlottenberg leder en väg mot N, parallellt med E18. 700 m N om Charlottenberg, S om en T-korsning, strax innan huset på O-sidan vägen, är det en dunge på O-sidan vägen. Dungen, med bla tall och björk, avslutas med en stenmur mot norr. I stenmuren står en björk som har inventerats.	björk	6590087	1507619	Landsbygdsträd	5
16	Kungs-Barkarö k:a. Asken närmast utanför kyrkogårdsmurens SO-hörn, på gräsplanen S om kyrkan, har inventerats.	ask	6592001	1513165	Landsbygdsträd	5
17	Vägen mellan Kungs-Barkarö och Valskog. V om väg in mot Råby (åt N) står två ensamma björkar i en stenhög på N-sidan vägen. Den ostligaste björken	björk	6591892	1509217	Landsbygdsträd	5

	har inventerats.					
18	Björskogs k.a. V om kyrkan finns ett litet stenskjul (N om minneslunden). 2:a lönnen mot N från skjulet räknat har inventerats. Lönnen står precis V om grusgången som leder till skjulet.	lönn	6591889	1508572	Landsbygdsträd	5
19	Korsningen S om Viby med väg åt O, mot Valskog. Strax N om denna korsning, är det en beteshage på V-sidan vägen. 40-50 m V resp NV om två bergsknallar i hagen, har en björk i "skogsbrynet" inventerats. Björken står ca 30 m SSV om grusvägen och syns från vägen.	björk	6590337	1503129	Landsbygdsträd	5
20	Väg mellan Viby och Danby. 500 m N om Vibybäcken, går det in en väg åt O. Den ensamma björken, S om avtagsvägen och 20 m från den större vägen, har inventerats.	björk	6592205	1502213	Landsbygdsträd	5
21	Väg mellan Viby och Danby. 2 km N om Vibybäcken går en väg åt O, in mot Berge. S om denna avtagsväg, vid lövskog, våra Ombrobäcken, står två gamla ängshölador. Björken c:a 20 m O om den östra ladan har inventerats. Björken står i ett glest lövbestånd.	björk	6593168	1502798	Landsbygdsträd	5
22	Vägen mellan Viby och Danby. Mellan Löten och Löthagen ligger en ödegård c:a 400 m V om vägen. Framför huset står ngr björkar och askar. 3:e björken från S räknat har inventerats.	björk	6594335	1501687	Landsbygdsträd	5
24	Väg mellan Stickling (Himmata) och Sorby. C:a 1 km S om Ängeholm, strax S kommungränsen, kantas vägen av askar. Den nordligaste asken i raden på V-sidan vägen har inventerats. Snett mitt emot på andra sidan vägen är det en liten trädunge	ask	6593242	1503935	Landsbygdsträd	5
25	Från Stav går en väg åt V mot Skogshyddan. C:a 400 m in på denna väg ligger det en liten höjd på vardera sidan av vägen. Höjden på O-sidan vägen har ett glest bestånd av ek, björk, rönn och oxel. Den grövre björken närmast vägen (5 m ifrån) har inventerats. På trädbasen (0-20 cm) växer <i>Parmelia saxatilis</i> och <i>Platismatia glauca</i> .	björk	6596352	1518956	Landsbygdsträd	4
26	C:a 150 m S gårdarna Ytterskälby står ensam björk på O-sidan om vägen som har inventerats	björk	6597074	1518113	Landsbygdsträd	4
27	Strax N om Furberga finns en jordkällare på V-sidan vägen. Lönnen mellan vägen och jordkällaren har inventerats.	lönn	6598114	1517789	Landsbygdsträd	4
28	Vid Sörsylta går det in en väg åt O mot Annelund. Strax S Annelund står en stor ek precis i vägkanten på O-sidan av vägen.	ek	6597871	1522688	Landsbygdsträd	4
30	Väg mellan Flicksta och Hamesta. I en betesmark på O-sidan vägen, 200 m S Sandsta, har en björk inventerats. Björken står på en liten höjd, 30 m N om granskogen och c:a 20 m O om vägen. Björken är den 2:a från vägen räknat.	björk	6601980	1517402	Landsbygdsträd	4
31	C:a 300 m V om Rya, vid golfbanans N-spets. På N-sidan av vägen finns en liten höjd med glest bestånd av björkar. Den mellersta av de tre björkar som står närmast vägen, har inventerats. Trädet har en gammal skada vid basen.	björk	6604376	1507659	Landsbygdsträd	4

32	Väg mellan Busta och Brandsta, c:a 400 m O om Busta. I västra kanten av en aspdunge står en ensam björk på S-sidan vägen som har inventerats. Trädet vetter i S och V mot öppna fält. Trädet står 5 m S om vägen strax V om väg mot Mesta.	björk	6606080	1508298	Landsbygdsträd	4
33	Odensvi k:a. I kyrkogårdens SV-hörn har en grov björk inventerats. Björken står nära Gösta Hagbergs grav.	björk	6607040	1510164	Landsbygdsträd	4
35	Vid 3-vägs korsningen vid Apaltorp står några björkar på O-sidan vägen. Den nordligaste björken har inventerats.	björk	6610266	1517937	Landsbygdsträd	4
36	Bergs k:a. I kyrkogårdens NV-hörn står ett rött skjul. 10 m NV om detta står en ask som har inv. Asken står i gränsen mellan gräs och asfalt.	ask	6608578	1520070	Landsbygdsträd	4
37	En väg går från Sösta till väg 67, via Åbylund. Vid Åbylund gör vägen en sväng. O om vägröken står en rad med askar på S-sidan vägen. 4:e asken från vägröken har inventerats. Asken står öster om en alm.	ask	6626137	1541536	Landsbygdsträd	2
38	Kvarngården S om Persbo. V om husen vid ån står ngr askar. Den västligaste asken har inventerats. Asken står NO om ett litet skju	ask	6630305	1544817	Landsbygdsträd	2
39	Väg mellan Österby och Åkersbo går O om en höjd. I skogsbrynet c:a 200 m N om Åkersbo har en björk inventerats. Björken står ungefär vid mitten av den smala åkerremsan nära en gran.	björk	6631433	1548071	Landsbygdsträd	2
40	Mellan Fastbo och Holmbo. C:a 300 m in på vägen till Holmbo står tre ensamma björkar på S-sidan av vägen. Den västra av dessa har inventerats. Björkarna står alldeles i vägka	björk	6633585	1547287	Landsbygdsträd	2
41	Haraker k:a. I kyrkomurens södra del finns två grindar. Vid den västra grindens östra grindstolpe har en ask inventerats.	ask	6628142	1536761	Landsbygdsträd	2
42	Mitt emot vägen mot Fräbrunn går en väg in mot Boda. Där vägen delar sig följer man vägen mot N. Strax innan (S om) boningshuset, O om ödehus och lada, står en ensam björk på V-sidan av vägen som har inventerats. Björken står i vägkanten.	björk	6639678	1545276	Landsbygdsträd	2
43	Väg in mot Sörbäck. C:a 1 km in på vägen svänger den mot S. På S-sidan vägen innan (O om) kröken är det en liten, röd, timmrädd sommarstuga. På tomten, SV om huset, står en stor björk som har inventerats.	björk	6640000	1548134	Landsbygdsträd	2
45	Kumla k:a. Vid kyrkans SO-hörn står en grov björk som har inventerats. Björken står nära Gottfrid Anderssons grav ca 10 m O om kyrkan.	björk	6636540	1546697	Landsbygdsträd	2
47	Väg mellan Väsby och Kila. Strax O om Fridhem. Vid röd trälada, på O-sidan av vägen, står en ensam björk som har inventerats. Trädet står i en hög av stora stenar.	björk	6638602	1542740	Landsbygdsträd	2
61	Västerås stad, Ringduvevägen. Under Ringduvevägen går en cykelväg i en viadukt. Strax S om viadukten, på V-sidan av vägen vid en häck, står en ek som har inventerats.	ek	6610457	1539428	Tätortsträd	1
65	Västerås stad, Bjurhovdagatan. Vid Benvägens (Fornidsgatan på kartan) O-slut finns en parkering. I höjd med	björk	6611830	1545561	Tätortsträd	1

	parkeringens V-sida står några björkar mellan Bjurhovdagatan och Benvägen (Fornidskatan på kartan). Björken närmast Bjurhovdagatan har inventerats.					
66	Västerås stad, Vårdkasevägen - Arkeologgatan. I korsningens NO höm står en ensam björk som har inventerats.	björk	6612464	1545047	Tätortsträd	1
67	Västerås stad, Urhagsgatan - Haga Parkgata. I korsningens östra höm står 2 ekar. Eken närmast korsningen, den grövsta, har inventerats.	ek	6611598	1543252	Tätortsträd	1
68	Västerås stad, Björmövägen. Mellan Björmövägen och Kaserngatan är det ett grönområde med bl a ek, lind och björk. Mitt i den NV-halvan av grönområdet står en stor björk som har inventerats.	björk	6609913	1543508	Tätortsträd	1
69	Västerås stad, Berghamravägen. Berghamravägen, snett mitt emot Jaktplansgatan, i en liten ek-björk-dunge. Eken c:a 25 m SV om Jaktplansgatans slut har inventerats.	ek	6609065	1544881	Tätortsträd	1
71	Västerås stad, Mikaelikyrkan. Vid kyrkans entré, NV om kyrkan, står en stor ek som har inventerats.	ek	6609714	1540214	Tätortsträd	1
73	Västerås stad. Lind i mittvägsallé vid korsningen Östra Ringvägen - Trefasgatan. Linden står ca 5 m söder om en lyktstolpe.	lind	6610733	1542331	Tätortsträd	1
74	Västerås stad. Björk på Sundemans backe. Trädet står ca 15 m bakom en staty ONO korsningen Köpingsvägen - Lantvärnsgatan. Ca 3 m ONO om en upptrampad stig.	björk	6609610	1541044	Tätortsträd	1
75	Västerås stad. Björk utmed Vasagatan strax norr om korsningen med Linnégatan. Den nordligaste av tre björkar har inventerats.	björk	6610839	1541577	Tätortsträd	1
76	Västerås stad. Lind strax norr om korsningen Stora gatan - Jakobsbergsgatan. Trädet står ca 15 m SV om en busshållplats	lind	6609823	1541104	Tätortsträd	1
77	Västerås stad. Vasaparken. 100 m OSO om Konstmuseet står en staty. Ca 30 m SSV om statyn står eken nära en lyktstolpe. Eken står 3 m V om en grusgång som går upp mot statyn.	ek	6609891	1541940	Tätortsträd	1
78	Kumla kyrkby. Söder om kyrkan, utanför några marklägenheter, finns en trädd med björkar. Den tredje, från vägen i öster räknat, har inventerats.	björk	6636512	1546697	Landsbygdsträd	2
79	N Galttegen - ca 1,5 km VNV Barkarö. Vid den norra infarten till nybyggt områdes sträcker sig, på norra sidan av infartsvägen, ett skogsbryn i nord - sydlig riktning ca 100 m från "stora vägen" (landsvägen). Vid infarten står en nybyggd verkstadsbyggnad. Eken står nästan längst i norr av skogsbrynet. Mellan brynet och vägen finns en åker. Placeringen på kartan något osäker.	ek	6605034	1537904	Landsbygdsträd	3
80	Odensvi. Ca 40 m NNV om skylten ODENSVI (om du kommer norrifrån). Björken står i skogsbrynet efter en åker ca 30 m V om vägen.	björk	6607333	1510218	Landsbygdsträd	4
81	Kungs-Barkarö kyrka. Björk ca 5 m från norra kyrkogårdsmuren, vid norrändan av mittkyrkogången.	björk	6592089	1513160	Landsbygdsträd	5
85	Mellan Västerby och Österby ligger en stor, röd lada. S om ladan står några askar. Den SO-ligaste har inv.	ask	6588339	1505202	Landsbygdsträd	5

86	Kila k:a. Vid kyrkogårdens NV-hörn. Grov björk vid Henning Lundells grav.	björk	6639213	1541408	Landsbygdsträd	2
87	Hom. Strax S om busshållplats ovanför slänt.	björk	6598007	1526938	Landsbygdsträd	3
88	Mellan Vallberga och Apaltorp. Strax O om liten tegelbyggnad intill boningshus. Träd står utmed väg.	björk	6609555	1517748	Landsbygdsträd	4
89	Gårdesta O om landsvägen. Ca 150 m N om avfart KÖLSTA. Vid liten grusväg ca 5 m från landsvägen.	björk	6607967	1516238	Landsbygdsträd	4

Ingår i Länsstyrelsens rapportserie
ISSN 0284 - 8813

Har du frågor eller önskar fler exemplar, kontakta
Länsstyrelsen i Västmanlands län, 721 86 Västerås

Tfn 010-224 90 00 | Fax 010-224 91 10 | E-post: vastmanland@lansstyrelsen.se
www.lansstyrelsen.se/vastmanland