

Programområde:

**Luft**  
**Skog**

Undersökningstyp:

**Torrdeposition med  
strängprovtagare,  
månadsmedelvärden**

## Bakgrund och syfte med undersökningstypen

Resultaten från undersökningstypen har flera olika användningsområden:

- Resultaten från mätningar med strängprovtagare kan, tillsammans med krondroppsmätningar och mätningar på öppet fält, kan ge information om den partikelbundna torrdepositionen av olika ämnen till skog, i synnerhet för de ämnen som har en interaktion med trädskronorna.
- Depositionen av baskatjoner motverkar försurning och beräkningar av torrdepositionen av dessa ämnen utifrån strängprovtagare kan därför möjliggöra att den kritiska belastningsgränsen för försurning av skogsmark kan bestämmas.
- Totaldepositionen av kväve till skog är mycket svår att beräkna utifrån traditionella krondroppsmätningar på grund av interaktioner med trädskronorna. Mätningar med strängprovtagare möjliggör beräkningar av torrdepositionen av kväve till skog vilket tillsammans med mätningar över öppet fält ger grund för att beräkna totaldepositionen av kväve till skog
- Resultaten av torrdeposition ger underlag för validering av beräkningsmodeller.

Undersökningstypen är av betydelse för övervakningen av hur det nationella miljö kvalitetsmålet *Bara naturlig försurning* samt *Ingen övergödning* uppfylls. Enligt miljömålet *Bara naturlig försurning* ska miljöeffekterna av nedfall inte få överskrida gränsen för vad mark och vatten tål av försurande ämnen. Resultat från undersökningstypen kan därför användas som ett mått på om nationella och internationella utsläppsstrategier har effekt i form av minskade mängder nedfall av svavel- och kväveföreningar.

## Samordning

Mätningar av torrdeposition till skog måste kompletteras med krondropps- och nederbörds-mätningar på samma plats. Om man gör mätningar av lufthalter bör även dessa synkroniseras med övriga mätningar.

## **Strategi**

Torrdepositionen är en del av det totala nedfallet från luften och den är som störst över skrovliga ytor såsom skog. Försurning av skogsmark leder till att marken förlorar utbytbara baskatjoner (kalium, kalcium och magnesium). Dessa joner är viktiga näringsämnen för träden. Torrdepositionen av kväve bidrar till risken för kväveupplagring i skogsmarken, vilket påverkar växtsamhällets sammansättning samt ökar risken för läckage av nitrat till ytvatten.

Ett skogsbruk med helträdsutnyttjande leder också till försurning, om man inte genom kompensationsgödning, eller genom att lämna kvar trädmaterial som får brytas ner på platsen, ersätter de baskatjoner som förts bort i form av ved och grenar. Baskatjoner tillförs även skogsmarken via vittring och förs bort genom avrinning.

Det är därför strategiskt viktigt att mäta torr- och våtdepositionen till de ytor där avrinning, tillväxt, utbytbara baskatjoner i mark samt vittring studeras. Mätningar av torrdeposition är för närvarande främst ett komplement till krondropps- och öppetfältmätningar varför provpunkten bör väljas i närheten av sådana mätningar. Prov samlas in kontinuerligt under en månad. Månadsprover ger tillräcklig information om hur halterna och depositionen varierar under året och mellan olika år.

## **Statistiska aspekter**

En studie på elva platser, främst i södra Sverige har visat på en stor geografisk variation, med stort luftnedfall längs kusterna (14). Man befärar att depositionen av baskatjoner minskar med tiden som en följd av att man försöker minska utsläppen till luft av partiklar. En minskad deposition av baskatjoner skulle leda till ökad försurning. Det är därför väsentligt att mätningarna pågår under lång tid minst 10 år, på samma mätplatser om en trend skall kunna påvisas. Alla delar av provtagningen är väsentliga för jämförbarheten och kvaliteten. Därför är det viktigt att anvisningarna i provtagnings- och analysmetoden följs.

För att välja lämplig statistisk bearbetning se Naturvårdsverkets handledning i ”Dataanalys och hypotesprövning för statistikanvändare”. Handledningen finns som pdf på Naturvårdsverkets webbplats. Se även webbplatsen [www.miljostatistik.se](http://www.miljostatistik.se) för att läsa mer om statistiska analyser.

### ***Plats-/stationsval***

Mätplatsen, som ska placeras i närheten av det skogsparti där man gör krondroppsmätningar, får inte påverkas av lokala utsläpp av förorenande partiklar och bör därför inte ligga i närheten av bilvägar, platser med förbränning som kan ge upphov till vedrök etc. Vid ett tillfälle har man studerat betydelsen av hur utrustningen placeras inom ett provtagningsområde (8) och fann då att placeringen inte hade så stor betydelse. På grund av att skogen mycket effektivt filtrerar partiklar sker merparten av torrdepositionen i vegetationens mest vindexponerade delar. Därför bör även strängprovtagaren placeras på en vindexponerad plats. Man får då även större mängder att analysera.

Om en speciell plats ska övervakas för att studera den lokala belastningen eller åtgärd/uppföljning av åtgärd, kan mätning naturligtvis göras även där, men resultaten blir då inte representativa för mer än just den platsen.

## Mätprogram

### Variabler

Tabell 1. Översiktstabell för variabler och tidsperioder m.m.

Företeelse	Determinand (Mätvariabel)	Metodmoment	Enhet	Statistisk värdetyp	Prioritet	Frekvens och tid- punkter	Referens till provtag- ningsmetodik	Referens till analys- metod	
Provtagnings- tillfälle	Datum (Startdatum, Slutdatum)					Byte av strängprov- tagare kring varje månads- skifte			
Laklösning	Sulfat som svavel, halt, SO <sub>4</sub> -S-halt	Strängprov- tagare	mg/l	Månads- medelvärde	1		(1), (2)	(1)	
	Nitrathalt, NO <sub>3</sub> -N-halt		mg/l	Månads- medelvärde	1		(1), (2), (8)	(1)	
	Ammonium- halt, NH <sub>4</sub> -N-halt		mg/l	Månads- medelvärde	1		(1), (2), (8)	(2)	
	Kloridhalt, Cl-halt		mg/l	Månads- medelvärde	1		(1), (2), (8)	(1)	
	Natriumhalt, Na-halt		mg/l	Månads- medelvärde	1		(1), (2), (8)	(3), (4)	
	Kaliumhalt, K-halt		mg/l	Månads- medelvärde	1		(1), (2), (8)	(3), (4)	
	Kalciumhalt, Ca-halt		mg/l	Månads- medelvärde	1		(1), (2), (8)	(3), (5)	
	Magnesium- halt, Mg-halt		mg/l	Månads- medelvärde	1		(1), (2), (8)	(3), (5)	
	pH			Månads- medelvärde	1		(1), (2), (8)	(6)	
	Konduktivitet			mS/m	Månads- medelvärde	1		(1), (2), (8)	(7)
	Volym*			l					
	Kvävehalt, Kjeldahl			mg/l	Månads- medelvärde	1		(8)	(9)
Dimdeposi- tion	Volym*								

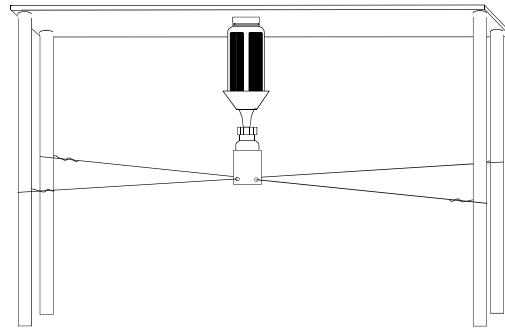
\* Bakgrundsdata

### Frekvens och tidpunkter

Månadsmätningar bör göras, d.v.s. att prov samlas in månadsvis under hela året.

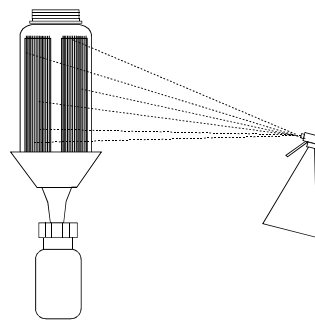
### Observations/provtagningsmetodik

Strängprovtagaren monteras under ett svagt sluttande tak (se figur 1).



Figur 1. Strängprovtagare med tratt och flaska monterad under ett ca 1,5 x 1,2 m svagt sluttande tak.

I början på en provtagningsperiod skruvar man fast en rengjord strängprovtagare under taket. När provtagningsperioden är slut, gör man en uppskattning av volymen i flaskan genom att mäta höjden på vattennivån (dimdepositionen). Därefter sprayas strängarna med avjoniserat vatten på så sätt som visas i figur 2 (lakning), vilket ger en laklösning. Ur halterna i laklösningen kan den relativa fördelningen i det torrdeponerade materialet lätt beräknas. De absoluta värdena som sådana är här av mindre betydelse.



Figur 2. Lakning av strängarna sker genom att försiktigt spraya på avjoniserat vatten.

Betydelsen av strängprovtagarens utformning (trådtjocklek etc.) har inte testats. I väntan på att det undersöks rekommenderas därför de mått som beskrivs av Ferm *et al.* 2000 (14). Hela provet skickas till laboratoriet för analys. Där filtreras provet och där bestäms även den totala vattenvolymen. När temperaturen är under 0 °C skruvas strängprovtagaren loss och fraktas i en hink med lock till någon lämplig uppvärmd lokal, där strängarna kan sprayas. En ny strängprovtagare monteras under taket när man gör bytet; en dubbel uppsättning provtagare behövs alltså vid kyla. Vid handhavandet av prover och provtagningsutrustning måste alla risker för kontaminering undvikas. Man får aldrig med händerna beröra provet eller de ytor som kommer i direkt kontakt med provet.

Provet ska förvaras mörkt och kallt (om möjligt i kylskåp) i väntan på analys. Transport- och lagringstider ska vara så korta som möjligt.

Det är inte vanligt med provtagning med kortare intervall än en månad, t.ex. en eller två veckor, men detta kan vara motiverat om det finns risk för att proverna annars kan förstöras. Det kan finnas risk för åverkan eller risk att provet på något sätt kontamineras.

## Utrustningslista

Strängprovtagare i polypropenplast med strängar av teflon (tillverkas av IVL)

Tratt (polypropen)

Flaska (polyeten)

Tak 2-skikts kanalplast (polypropen)

Hink med lock (vintertid) (polypropen)

## **Tillvaratagande av prov, analysmetodik**

Vid ankomst till laboratoriet mäts pH och elektrisk ledningsförmåga (konduktivitet) i det obehandlade provet. Därefter filtreras provet inför vidare kemiska analyser.

Analys görs förutom som nämnts av pH och konduktivitet även av svavelhalt, kvävekomponenter, baskatjoner och klorid. Efter analys av ingående joner ska det göras en beräkning av jonbalans på provet samt en bedömning av balans mellan beräknad och uppmätt ledningsförmåga. Summan av analyserade positiva respektive negativa joner, räknat som ekvivalenter, bör vid korrekta analyser vara ungefär densamma. Ett visst överskott av positiva joner är vanligt eftersom karbonathalten inte ingår i analysen av negativa joner.

## **Fältprotokoll**

I fältprotokollet antecknas datum, provplats, koordinater enligt gällande koordinatsystem, mängd i provflaska före spray (mm vätska på botten i flaskan), sprayvätskans sats ("batch") samt meddelande om iakttagelser eller avvikelser. Fältpersonalens namn och i förekommande fall företagsnamn. (se bilaga 1).

## **Bakgrundsinformation**

En beskrivning av stationen samt dokumentation av den provtagnings- och de analysmetoder som används ska hållas aktuell och rapporteras in till datavärden.

## **Kvalitetssäkring**

Det är viktigt att man avbryter provtagningen vid månadens slut, samtidigt med krondropps- och nederbördsproverna, för att korrekt kunna beräkna ett månadsmedelvärde.

Interkalibreringar av torrdepositionen har ännu inte genomförts. Analyserna ska göras vid ackrediterade laboratorier, där normala, rutinmässiga kvalitetskontroller av analyser och analysdata ger god kvalitet på själva analysdata. Andra faktorer som inverkar på resultatet är vad som hänt under själva provtagningen och därefter vid hanteringen av provet.

Vid validering av data kan kontroll av t.ex. samvariation mellan olika stationer eller samvariation mellan olika parametrar användas för bedömningar.

Det finns behov av nationella interkalibreringar av hela förfarandet, från provtagning till resultat. Dessa interkalibreringar skulle kunna omfatta såväl nationella som regionala och lokala mätningar.

## Databehandling, datavärd

IVL Svenska Miljöinstitutet är datavärd.

De månadsvisa resultaten för ingående variabler, tillsammans med beskrivning av stationen samt information om vilka provtagnings- och analysmetoder som används, ska årligen lämnas till datavärden (om en överenskommelse har träffats om lagring av mätdata hos en datavärd).

En genomgång och validering av data ska göras före inrapportering av data till datavärden. Dessa rutiner bör innehålla möjligheter att upptäcka både slumpvisa och systematiska fel. Uppenbart eller med stor sannolikhet felaktiga värden ska strykas. Om inga felaktigheter kan konstateras vid kontroll av misstänkta värden bör de stå kvar, tillsammans med en kommentar. En enklare kontroll görs också hos datavärden genom jämförelse med andra data.

De månadsvisa resultaten för listade variabler, tillsammans med beskrivning av stationen samt information om vilka provtagnings- och analysmetoder som används, ska årligen lämnas på överenskommen sätt till datavärden.

Datavärden ska, för enkel distribution till användare, lagra grunddata. I kombination med data från mätningar av krondropp och deposition på öppet fält går det att presentera bearbetade data.

## Rapportering, utvärdering

En årlig datasammanställning bör publiceras för att göra data tillgängliga för olika användare. En mer genomgripande utvärdering kan göras t.ex. vart tredje eller femte år.

Beräkning och redovisning av icke-havssaltrelaterad deposition av sulfat och baskatjoner ska ingå för varje station (se bilaga 2 för beräkning av havssaltskorrektin).

Sakade värden bör uppskattas genom att jämföra data med en eller flera stationer där mätdata varierar på ett likartat sätt.

## Kostnadsuppskattning

Följande kostnadsuppskattning baseras på 2011 års prisnivå:

Kostnaden för mätningarna beror i viss utsträckning på hur rationellt man kan genomföra provtagning och analys och om några samordningsvinster kan göras med andra provtagningar eller analyser.

Kostnaderna för slutgiltig kontroll och validering av resultat, samt för sammanställning och presentation av data, är inte inräknade i nedanstående summor.

### ***Fasta kostnader***

Provtagningsutrustning kostar ca 2 000 kr per station i materialkostnad. Till detta kommer eventuell arbetskostnad för tillverkning av ny provtagningsutrustning.

### ***Analyskostnader***

Analyskostnader för obligatoriska parametrar är ca 2 000 kr per månadsprov. Priset kan variera beroende på antal analyserade parametrar.

### **Tidsåtgång**

Provbyte i fält tar ungefär en timme. Utöver detta tillkommer restid, tid för förberedelse samt efterarbete.

### **Kontaktpersoner**

*Programområdesansvarig, Naturvårdsverket:*

Anna Forsgren

Enheten för luft och klimat

Naturvårdsverket

106 48 Stockholm

Tfn: 010 - 698 11 18

E-post: anna.forsgren@naturvardsverket.se

*Experter, IVL Svenska Miljöinstitutet:*

Martin Ferm

Tfn: 031-725 62 00

E-post: martin.ferm@ivl.se

Per Erik Karlsson

Tfn: 031-725 62 00

E-post: pererik.karlsson@ivl.se

Gunilla Pihl Karlsson

Tfn: 031-725 62 00

E-post: gunilla.pihl.karlsson@ivl.se

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Box 53021

400 14 Göteborg

*För generella frågor angående undersökningstyper:* susanna.schroder@naturvardsverket.se

### **Referenser**

#### **Metodreferenslista**

1. EPA method 300.0, Rev. 2.1. Inorganic anions by ion chromatography. In: Methods for the determination of inorganic substances in environmental samples – EPA/600/R-93/100 (PB94-120821) (*för bestämning av Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> och SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>*).
2. Spektrofotometrisk analys av ammonium. Det finns ofta en rekommenderad metod för det instrument man använder, t.ex. Tecator metod (1984), ”Determination of ammonia in water by flow injection analysis and gas diffusion”.
3. SS 28150 Vattenundersökningar – Bestämning av metaller med atomabsorptionsspektrometri i flamma – Allmänna principer och regler. – Stockholm : SIS, 1993.

4. SS 028160 Vattenundersökningar – Atomabsorptionsspektrometri i flamma – Speciella anvisningar för natrium och kalium. – Utg. 2. – Stockholm : SIS, 1993.
5. SS 028161 Vattenundersökningar – Atomabsorptionsspektrometri i flamma – Speciella anvisningar för kalcium och magnesium. – Utg. 2. – Stockholm : SIS, 1993.
6. SS 028122 Vattenundersökningar – Bestämning av pH-värde hos vatten. - Utg. 2). Stockholm : SIS, 1979. Modifierad: pH mäts vid rumstemperatur istället för i termostatbad ( $25\pm 2$  °C), pH-meter med automatisk temperaturkompensering ska användas.
7. SS-EN 27888 Vattenundersökningar – Bestämning av konduktivitet (ISO 7888:1985). – Stockholm : SIS, 1994.
8. Ferm M. and Hultberg H. (1999) Dry deposition and internal circulation of nitrogen, sulphur and base cations to a coniferous forest. *Atmospheric Environment* 33, 4421-4430.
9. FOSS Tecator AN 5221 2002-10-24. Bestämning av Kjeldahlkvävekoncentrationer hos vatten. Analysmetoden baseras på SS EN ISO 11732:1997 och uppslutningen på SS-EN 25663 Vattenundersökningar – Bestämning av Kjeldahl-nitrogen – Uppslutning med selen (ISO 5663:1984) – Stockholm: SIS, 1994 (Svensk standard).

### **Rekommenderad litteratur**

10. Ferm M. and Hultberg H. (1995) Method to estimate atmospheric deposition of base cations in coniferous throughfall. *Water, Air and Soil Pollution* 85, 2229-2234.
11. Hultberg H. and Ferm M. (1995) Measurements of atmospheric deposition and internal circulation of base cations to a forested catchment area. *Water, Air and Soil Pollution* 85, 2235-2240.
12. Ferm M. and Hultberg H. (1998) Atmospheric Deposition to the Gårdsjön Research Area. *In: Experimental Reversal of Acid Rain Effects : the Gårdsjön Roof Project* (Ed. Hultberg H. and Skeffington R. A.) John Wiley & Sons Ltd. pp 71-84.
13. Hultberg H. and Ferm M. (1998) Surrogate surface for determination of dry deposition of particles and some gases to forests. *In: Integrated Monitoring: environmental assessment through model and empirical analysis* (eds Forsius M., Guardans R., Jenkins A., Lundin L. and Nielsen K. E.) Final results from an EU/Life project. Edita Ltd. Helsinki 28-31.
14. Ferm M., Westling O. and Hultberg H. (2000) Atmospheric deposition of base cations, nitrogen and sulphur in coniferous forests in Sweden – a test of a new surrogate surface. *Boreal Environment Research* 5, 197-207.
15. Ferm M. and Hultberg H. (2004) Neutralisation of sulphur dioxide deposition in a coniferous canopy. *Water, Air and Soil Pollution: Focus* 4, 237-245.
16. Hultberg H. and Ferm M. (2004) Temporal changes and fluxes of sulphur and calcium in wet and dry deposition, internal circulation as well as in runoff and soil in a forest at Gårdsjön, Sweden. *Biogeochemistry* 68, 355-364.
17. Karlsson, P.E., Martin Ferm, Hans Hultberg, Sofie Hellsten, Cecilia Akselsson, Gunilla Pihl Karlsson. 2011. Totaldeposition av kväve till skog. IVL Rapport B1952.



## **Uppdateringar, versionshantering**

Version 1:0 2003-12-15 Ny undersökningstyp

Version 1:1 2013-03-25. IVL (Gunilla Pihl Karlsson) uppdaterade undersökningstypen och Naturvårdsverket (programansvarig, teknisk redaktör och samordnare för metoder) inom miljöövervakningen godkände uppdateringen.

## Bilaga 1. Fältprotokoll

Datum \_\_\_\_\_

Namn på provplats \_\_\_\_\_

Provplatsens koordinater enligt gällande koordinatsystem

N: \_\_\_\_\_, E: \_\_\_\_\_

Mängd i provflaska före spray (mm vätska på botten i flaskan) \_\_\_\_\_

Sprayvätskans batch \_\_\_\_\_

Anmärkningar, iakttagelser eller avvikelser \_\_\_\_\_

Fältpersonalens namn \_\_\_\_\_

Fältpersonalens företagsnamn (i förekommande fall):  
  
\_\_\_\_\_

## Bilaga 2. Beräkning av havssaltskorrektion

### Havssalt: sammansättning, g/kg

Cl	18.980
Na	10.561
Mg	1.272
S	0.884
Ca	0.400
K	0.380

I första hand används Na för havssaltskorrektion.

$$[\text{SO}_4\text{-S}] = [\text{SO}_4\text{-S}]_{\text{tot}} - 0.0837[\text{Na}]_{\text{tot}}$$

$$[\text{Ca}] = [\text{Ca}]_{\text{tot}} - 0.0379[\text{Na}]_{\text{tot}}$$

$$[\text{Mg}] = [\text{Mg}]_{\text{tot}} - 0.1204[\text{Na}]_{\text{tot}}$$

$$[\text{K}] = [\text{K}]_{\text{tot}} - 0.0360[\text{Na}]_{\text{tot}}$$

$$[\text{Cl}] = [\text{Cl}]_{\text{tot}} - 1.797[\text{Na}]_{\text{tot}}$$

OBSERVERA att enheten måste vara densamma, mg/l

$[\text{SO}_4\text{-S}]_{\text{tot}}$ ,  $[\text{Na}]_{\text{tot}}$ ,  $[\text{Ca}]_{\text{tot}}$ ,  $[\text{Mg}]_{\text{tot}}$ ,  $[\text{K}]_{\text{tot}}$ ,  $[\text{Cl}]_{\text{tot}}$  är halter uppmätta i provet.