

# Kortvariga effekter av tefranedfall i lakustrin och terrestrisk miljö

***Hanna Lindvall***

Examensarbeten i Geologi vid  
Lunds universitet - Kwartärgeologi, nr. 228  
(15 hskp/ECTS)



Geologiska institutionen  
Centrum för GeoBiosfärsvetenskap  
Lunds universitet  
2008

# **Kortvariga effekter av tefranedfall i lakustrin och terrestrisk miljö**

Examensarbete  
Hanna Lindvall

Geologiska Institutionen  
Lunds universitet  
2008

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>5</b>
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte och frågeställning	5
<b>2</b>	<b>Metod</b>	<b>5</b>
2.1	Litteraturstudier	5
2.2	Laborativt arbete	5
2.2.1	Magnetisk suseptibilitet	6
2.2.2	Glödförlust	6
2.2.3	Amorft kisel	6
<b>3</b>	<b>Resultat av litteraturstudien</b>	<b>6</b>
3.1	Förändringar i lakustrin miljö	6
3.2	Förändringar i terrestrisk miljö	9
<b>4</b>	<b>Resultat av egen undersökning</b>	<b>11</b>
4.1	Borrkärnebeskrivning	11
4.2	Analysresultat	12
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>12</b>
5.1	Lakustrina effekter	12
5.2	Terrestra effekter	14
5.3	Gemensamma effekter och ekosystemens känslighet för tefrandefall	14
5.4	Analys av resultat från egen undersökning	15
<b>6</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Tack</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>Referenser</b>	<b>17</b>

**Framsida:** Subglacialt vulkanutbrott med ångexplosion. Okänd källa.

# Kortvariga effekter av tefranedfall i lakustrin och terrestrisk miljö

HANNA LINDVALL

Lindvall, H., 2008: Kortvariga effekter av tefranedfall i lakustrin och terrestrisk miljö. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet - Kvarterärgeologi*, Nr. 228, 18 sid. 15 poäng.

**Sammanfattning:** Effekter av tefranedfall i terrestrisk och lakustrin miljö har studerats genom litteraturstudier huvudsakligen inriktade på pollen- och diatoméanalys. En borrhälsa från Färöarna innehållande Saksunarvatn-askan (10 240 kalenderår före nutid) har kompletterat litteraturstudierna genom sedimentbeskrivning och analys av magnetisk suseptibilitet, glödförlust och amorf kiselhalt. Vi kan konstatera att ett antal kortvariga effekter förekommer i både lakustrin och terrestrisk flora i samband med tefradeposition. Effekterna varierar kraftigt, från helt uteblivna eller i undersökningen odetekterade effekter till en tioudubbling av diatoméackumulationen i samband med tefradeposition.

De vanligaste effekterna i lakustrin miljö är en ökad diatoméackumulation där *Fragilaria* ofta har en framträdande roll och *Stephanodiscus* ofta minskar sin betydelse. Ändrade näringsförhållanden anges som den viktigaste orsaken till förändringarna i lakustrin diatoméflora. I terrestrisk miljö noteras dels en ökning av icke-arboreala pollen, främst gräs (Poaceae), men också att direkta, mekaniska skador på växter förekommer till följd av överbelastning på t.ex. blad.

Efter en period där terrestrisk och lakustrin flora påverkats av tefratillskottet återgår miljön vanligen till en florasammansättning liknande den före tefradepositionen. Där man finner effekter av tefranedfallet kvarstår dessa maximalt drygt 200 år. Högupplösta geologiska arkiv är avgörande för att dessa kortvariga effekter ska upptäckas.

**Nyckelord:** tefra, pollen, diatoméer, Saksunarvatn-askan, sjösediment.

Hanna Lindvall, Geologiska Institutionen, Centrum för GeoBiosfärsvetenskap, Lunds Universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: hannibanny@hotmail.com

# Short-term effects of tephra deposition in lacustrine and terrestrial environments

HANNA LINDVALL

Lindvall, H., 2008: Short-term effects of tephra deposition in lacustrine and terrestrial environments. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet - Kvartärgeologi*, Nr. 228, 18 pp. 15 poäng.

**Abstract:** The effect of tephra input to terrestrial and lacustrine environments was studied through a literature research, focused on pollen- and diatom analyses. A sediment core from the Faroe Islands, containing the Saksunarvatn ash (10 240 cal.yr. BP), was examined as a complement to the literature study. The core was described and analysed for loss of ignition, magnetic susceptibility and amorphous silica. A number of short-term effects related to the tephra were observed in both lacustrine and terrestrial flora, ranging from no variation to a 10-fold increase in diatom accumulation rates. The most common effect in the lacustrine diatom flora was an increase of *Fragilaria* and a decrease of *Stephanodiscus*, possibly connected to changes in nutrient input. In the terrestrial environment an increase in non-arboreal pollen (NAP), especially Poaceae (grasses), was commonly observed. The plants also suffered from mechanical overload when tephra was deposited on the leaves of the vegetation. After the tephra influence the terrestrial and lacustrine flora normally changed back to the original flora composition within a few years to about 200 years. High-resolution geological records are needed for the detection of these short-term changes.

**Keywords:** tephra, pollen, diatoms, Saksunarvatn Ash, lake sediment.

Hanna Lindvall, Department of Geology, GeoBiosphere Science Centre, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: hannibanny@hotmail.com

# 1 Introduktion

## 1.1 Bakgrund

Vid vulkanutbrott sprids finkornig aska, tefra, ibland över mycket stora områden. Tefralager kan inom geologin användas som ett effektivt dateringsverktyg, s.k. tefrakronologi. Vulkanutbrott medför också effekter på miljö och klimat på flera olika sätt (tillförsel av växthusgaser och stoft till atmosfären, temperaturförändringar, surt regn, aska och lavaflöden är några exempel) och med olika tidsperspektiv. Därför är nedfall av tefra också av intresse ur ett paleobotaniskt/zoologiskt perspektiv och sediment innehållande tefralager används för att undersöka hur tefran påverkar miljön. Det är t.ex. tänkbart att det skulle vara svårt för terrestrisk vegetation att undgå skador från tefranedfall dels genom att växterna kan begravas i askan och dels därför att frön kan få svårt att gro ovanpå asklagret. I den lakustrina miljön är en tänkbar effekt ändrade näringsförhållanden främst orsakade av att tefra innehåller mycket kisel som är viktigt för diatoméer.

I vår del av Europa finns ett antal välspredda tefror varav de flesta kommer från Island. En av dem är Saksunarvatn-askan, som man först fann i sjön Saksunarvatn på Färöarna (Fig. 1). Askan är daterad ett flertal gånger till ca  $10\,240 \pm 60$  kalenderår före nutid (Andrews *et al.* 2002, men se även Björck *et al.* 2001 och referenser däri). Dugmore och Newton (1998) skriver att tefran från basaltiska vulkanutbrott vanligen inte sprids så långt eftersom den inte når så högt upp i atmosfären. Saksunarvatn-askan är dock ett av få undantag eftersom den är väl spridd i nordvästra Europa. Orsaken tros vara att det var ett mycket stort subglacialt utbrott på Island och när magman kom i kontakt med smält is medförde det en ångexplosion.

För att undersöka effekterna av tefranedfall är pollen- och diatoméanalyser effektiva verktyg liksom undersökningar av recenta tefranedfall.



Fig. 1. Nordöstra Atlanten. (Google Earth 2008-06-05)

## 1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med examensarbetsuppgiften är att kartlägga hur lakustrina och terrestriska miljöer påverkas av te-

franedfall. Fokus ligger på den terrestriska floran och den lakustrina diatoméfloran. Informationsinsamling sker huvudsakligen genom litteraturstudier men kompletteras av en mindre undersökning av en lagerföljd från Färöarna innehållande Saksunarvatn-askan.

Den huvudsakliga frågeställningen är: Hur påverkar tefranedfall den terrestra och lakustrina miljön och olika organismgrupper där? Dessutom förs också en mindre diskussion kring hur variationer i effekterna kan knytas till olika egenskaper hos tefraavlagringen. Ett exempel är vilken betydelse tefrans mäktighet har.

Efter uppsatsens inledande delar med bakgrund, syfte och frågeställning, följer en metoddel där de olika analysmetoderna beskrivs. I resultatdelen presenteras först resultaten från undersökningar av den lakustrina miljön (nästan uteslutande diatoméanalyser) som gjorts av olika forskare och efter det kommer ett liknande avsnitt som behandlar den terrestra miljön. I princip presenteras i varje avsnitt de viktigaste resultaten och slutsatserna från en artikel. Slutligen presenteras resultatet av det egna laboratoriearbetet.

I diskussionen avhandlas först de viktigaste resultaten från den lakustrina och terrestra miljön. Därefter diskuteras de olika systemens känslighet för tefranedfall och vilka effekter man kan konstatera i både lakustrin och terrestrisk miljö. Resultaten från den egna undersökningen jämförs med resultaten av en tidigare undersökning av Björck *et al.* (2001). Slutligen presenteras uppsatsens slutsatser.

## 2 Metod

Metoderna för uppsatsskrivningen har varit tvådelade. Den ena delen av arbetet har gjorts genom litteraturstudier medan den andra och något mindre delen består av undersökning och analyser på en borrhärla.

### 2.1 Litteraturstudier

Under litteraturstudierna har artiklar publicerade i olika vetenskapliga tidskrifter lästs. De behandlar holoцена tefror i flera olika världsdelen och är skrivna huvudsakligen under 1990- och 2000-talen. Författarna har ofta gjort eller sammanställt resultaten från diatomé- och/eller pollenanalys gjorda kring ett eller flera olika tefralager, men även andra typer av artiklar förekommer, t.ex. där fältexperiment gjorts.

### 2.2 Laborativt arbete

En 1 m lång borrhärla från en liten igenväxt sjö (ca 50 x 50 m) vid den större sjön Starvatn, på Färöarna har undersökts (Se Fig. 2). Ett 1 cm tjockt tefra-lager, Saksunarvatn-askan, syns tydligt som ett mörkt band i lagerföljden. Lagerföljden har mätts upp och beskrivits med avseende på färg och innehåll. Efter att den magnetiska susceptibiliteten mätts togs prover på 31 olika nivåer i lagerföljden vilka sedan analyserades med avseende på organisk halt (genom glödförlust) och amorft kisel.



Fig. 2. Området med sjön Starvatn och mossen som borkärnan kommer ifrån är beläget på ön Streymoy. Platsen är markerad på kartan. (Google Maps och Kartdata 2008-06-13)

### 2.2.1 Magnetisk susceptibilitet

Mätning av magnetisk susceptibilitet gjordes med Bartington Instruments Ltd MS2E1-sensor och TAMI-SCAN-TS1. Apparaten mäter hur starkt sedimentet reflekterar eller svarar på en mycket svag magnetisk impuls, d.v.s. hur magnetiserbart sedimentet är. Mätningar gjordes på var 4:e millimeter och mellan varje mätning gjordes samma mätning i luften som ett jämförande värde. För att resultatet skulle bli så bra som möjligt skars en horisontell yta på borkärnan, vilket gav mätaren en större sedimentyta att mäta på och således minskades felkällor och små variationer som annars kan uppkomma om mätytan är för liten.

### 2.2.2 Glödförlust

För att mäta den organiska halten i sedimenten uttogs prover som var ungefär 1 cm<sup>3</sup> stora. Materialet torkades i ugn vid 105°C över natten. Efter att proven svalnat i desiccator vägdes de och brändes i ugn vid 550°C i 4 timmar. Nya vägningar gjordes när materialet svalnat och beräkning av den organiska halten gjordes genom att provvikten efter bränning dividerades med torrvikten.

### 2.2.3 Amorft kisel

Kisel är ett av de allra vanligaste grundämnena på jor-

den. Det förekommer både i kristallina faser (i t.ex. kvarts, SiO<sub>2</sub>) och som amorft kisel, vilket finns i alla organismer men framförallt i växter och diatoméer. En mindre del av det amorfa kisel som vi mäter i laboratoriet är dock inte biogent, utan kan ha bildats genom särskilt intensiv fysisk vittring varför man bör skilja mellan begreppen biogent och amorft kisel.

För att mäta halten av amorft kisel i ett sediment användes följande metodik (Conley 2003): Ca 30 mg torkat sediment från varje prov vägs upp i plastflaskor och därefter tillsattes 40 ml 1% natriumkarbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Eftersom glas innehåller kisel kan glasmateriel inte användas för analysen. Natriumkarbonat är en alkalisk vätska som katalyserar reaktionen där kisel löser sig. Proverna placerades sedan i 80°C vattenbad med skakbord under fem timmar. Efter tre, fyra och fem timmar uttas ett prov om 1 ml som tillsätts i en plastburk med 9 ml saltsyra, HCl, 0,021 N. När den alkaliska reaktionsvätskan blandas med saltsyran avstannar reaktionen. Man räknar med att allt biogent kisel har löst sig efter 1-2 timmar. Kristallina faser av kisel reagerar däremot långsammare. Genom att ta ut prov efter tre, fyra och fem timmar har olika mycket av det kristallint bundna kiset reagerat efter de olika mättiderna. Detta visar sig sedan i analysen. Från plastburkarna med prover uttagna efter olika lång reaktionstid uttas ett mindre prov, ca 1 ml, som hålls i små provrör av plast. Proverna analyseras genom tillsats av ammoniummolybdat, askorbinsyra och oxalsyra. Ammoniummolybdat reagerar med kisel och ger en blå färg. Således tyder en blåare färg på en högre andel kisel i provet. Provets färg mäts sedan i en spektrofotometer kopplad till en skrivare som ritar en kurva. När man analyserar proverna från tre, fyra och fem timmar ska man på utskriften få tre toppar där den efter tre timmar är lägst och den efter fem timmar är högst. En linjär kurva mellan de olika värdena plottas upp och halten av amorft kisel kan beräknas med en formel som kompenserar för de olika spädningarna som gjorts under laboratorietarbetet.

## 3 Resultat av litteraturstudien

### 3.1 Förändringar i lakustrin miljö

Sediment från några tyska sjöar där den s.k. Laacher See-tefran (LST) har påträffats har undersökts av Birks och Lotter (1994). Vulkanutbrottet tros ha pågått under ett tidsspänn av dagar till veckor för drygt 11 000 kalenderår sedan och tefran finns nu spridd i områden mellan södra Danmark och norra Italien (Birks & Lotter 1994 och referenser däri). Den ena lokalen, Rotmeer, var tidigare en oligotrof (närlingsfattig), sur sjö som nu växt igen till en mosse. Platsen är belägen 250 km söder om vulkanen som tefran kommer ifrån. Tefralagret är 1 cm mäktigt och har orsakat en ökning av *Aulacoseira* (ett släkte av diatoméer). Man anser att den ökade kiselhalten kan vara orsaken till uppgången.

Holzmaar, som är en eutrof (närlingsrik) och alkalisk sjö, ligger endast 60 km sydväst om ursprunget för LST. Tefralagrets mäktighet är 8 cm. Sedimenten

runt tefran är varvig gyttja vilket ger en mycket god tidsupplösning. I diatomé-floran dominerar *Stephanodiscus* cf. *parvus* men efter tefran sker en ökning av *Asterionella formosa* och *Fragilaria brevistriata* (Birks & Lotter 1994).

Ytterligare en sjö, Rotsee, har undersökts men den enda förändringen man såg var en ökning av *Achnanthes minutissima* i sjöns diatoméflora i samband med tefran. Sjön ligger 370 km ifrån tefrakällan och tefran är endast 5 mm mäktig. Provtagningen gjordes inte lika tätt i Rotsee som i de andra två sjöarna vilket resulterar i en sämre tidsupplösning och också kan förklara att man knappt ser några effekter av tefran i sjösedimentet (Birks & Lotter 1994).

Birks och Lotter (1994) konstaterar att förändringarna i diatoméfloran varierar mellan de olika lokalerna. Det kan bero på de varierande näringsförhållandena och berggrundsförhållandena. Endast i Rotmeer var förändringarna signifikanta. Effekterna kan ha blivit störst här eftersom tefran medförde en ökad näringstillgång i den näringsfattiga sjön, eller också kan det bero på en sänkning av pH genom tillförsel av svavelföreningar från vulkanutbrottet via atmosfären (Birks & Lotter 1994).

Lotter *et al.* (1995) har undersökt sediment från sjön Holzmaar (beskriven ovan) i Tyskland och man jämför störningarna efter asknedfallet av LST med förändringar i samband med kallperioden Yngre Dryas. Här återges de effekter som författarna konstaterat i samband med tefranedfallet.

I den akvatiska miljön dominerade planktiska diatoméer, där *Stephanodiscus parvus* särskilt utmärkte sig före asknedfallet. Efter deposition av LST syns en ökning av diatoméernas ackumulation men efter en kort period återgår ackumulationen till de ursprungliga värdena (före tefran) igen. I sammansättningen är det mest perifyta diatoméer (d.v.s. diatoméer som lever fastsittande på andra objekt), huvudsakligen *Fragilaria*, som ökar direkt efter tefran. Författarna är förvånade över detta resultat eftersom man anser att de benthiska organismerna borde vara mest påverkade av tefran, framförallt då inget tyder på att tefran skulle ha befunnit sig i suspension i sjövattnet under någon längre tid. Man tror att de konstaterade förändringarna kan förklaras av det ökade näringstillskottet som tefran ger. Tefrans SiO<sub>2</sub>-halt är 60% och det nästan 8 cm mäktiga asklagret tros ha förhindrat en del av det kemiska utbytet av näringsämnen som normalt sett sker mellan vatten och sediment. Även diatoméfloras sammansättning återgår efter en kortare tid till förhållanden liknande dem före tefradepositionen (Lotter *et al.* 1995).

Lotter och Birks (1993) har undersökt lokalerna Rotmeer (även omnämnd ovan) och Hirschenmoor i Schwarzwald i södra Tyskland. Diatoméspektrat domineras av alkalifila och pH-neutrala arter i båda sjöarna. Vid depositionen av LST ökar betydelsen av *Aulacoseira*-arter i Rotmeer, vilket tros bero på ökad kiselhalt till följd av tefran. *Aulacoseira* begränsas vanligen av kisel tillgång och ljusförhållanden (Lotter & Birks

1993 och referenser däri). I den andra sjön sker mindre förändringar. Det finns indikationer på en svag trend mot ett något lägre pH (beräknat utifrån den totala diatomésammansättningen) i båda sjöarna efter LST vilket kan bero på sulfattillskott från tefran. Förändringarna är dock mycket små. För att uppnå statistisk signifikans i diatoméfloran krävs att man tar hänsyn till andra faktorer också (t.ex. litologi). Resultaten blir inte signifikanta i alla försök.

De akvatiska pollen och sporer som man funnit tyder på att sjöarna är mycket näringsfattiga. Responsten på LST är olika i de två sjöarna, i ett fall t.o.m. motsatta (*Isoëtes echinospora* ökar sin procentuella del i Hirschenmoor men minskar i Rotmeer). Laacher See-tefran hade ingen unik statistisk signifikans för förändringarna i diatoméfloran. Däremot fanns statistisk signifikans för en ökning av tre olika typer av akvatiska pollen och sporer i Hirschenmoor (inklusive *Isoëtes echinospora*) och för minskningen av *Isoëtes echinospora* i Rotmeer.

Trots att områdets gnejs- och granitberggrund gör det känsligt för försurning ser man inte så kraftiga förändringar som förväntat. Författarna konstaterar att det är viktigt med högupplösta geologiska arkiv (t.ex. varviga sediment), eftersom förändringarna som följer ett tefranedfall ofta tycks vara endast 5-20 år (Lotter & Birks 1993).

Asknedfallets effekter i lakustrina miljöer i Mexiko har undersökts av Telford *et al.* (2004). Borrkärnor från flera sjöar har undersökts kring ett antal tefralager, vars mäktighet varierar mellan 0,5 och 9 cm. Effekten på omgivningen har också varierat mellan de olika lokalerna och teforna. Undersökningarna som beskrivs av Telford *et al.* (2004) är omfattande men här återges de viktigaste och mest markanta resultaten.

I sjön Zirahuén sker en fördubbling av antalet diatoméer ovanför ett tefralager. Runt tefralagret dominerar *Fragilaria* men några markanta förändringar noteras inte i artsammansättningen. I en annan del av samma sjö, nära ett tillopp, togs en annan borrkärna. I den fanns inte samma markerade ökning.

I en annan sjö, Pátzcuaro, lägger man särskilt fokus vid två tefralager (Fig. 3). Det ena är en 0,5 cm mäktig, finkornig, svart aska. I samband med den förekommer inga stora förändringar i diatoméfloran som domineras av *Aulacoseira granulata* och *Stephanodiscus* spp. Det andra tefralagret orsakar däremot markanta förändringar. Tefran är vit, 1,5 cm mäktig och består av en nedre grövre del och en övre finkornigare. *Aulacoseira granulata* och *Stephanodiscus* spp. som dominerar före tefran ersätts i mycket hög utsträckning av *Fragilaria* spp. Diatomékoncentrationen ökar även tiofaldigt jämfört med före tefradepositionen. Högre upp i lagerföljden sjunker diatoméhalten och *Fragilaria* ersätts delvis av *Cyclotella michiganina* och *Stephanodiscus* spp. Artikelförfattarna bedömer att förändringarna pågår i flera tiotals år.

Vid ett annat asklager i samma sjö finner författarna att diatomékoncentrationen varierar. Det sker en



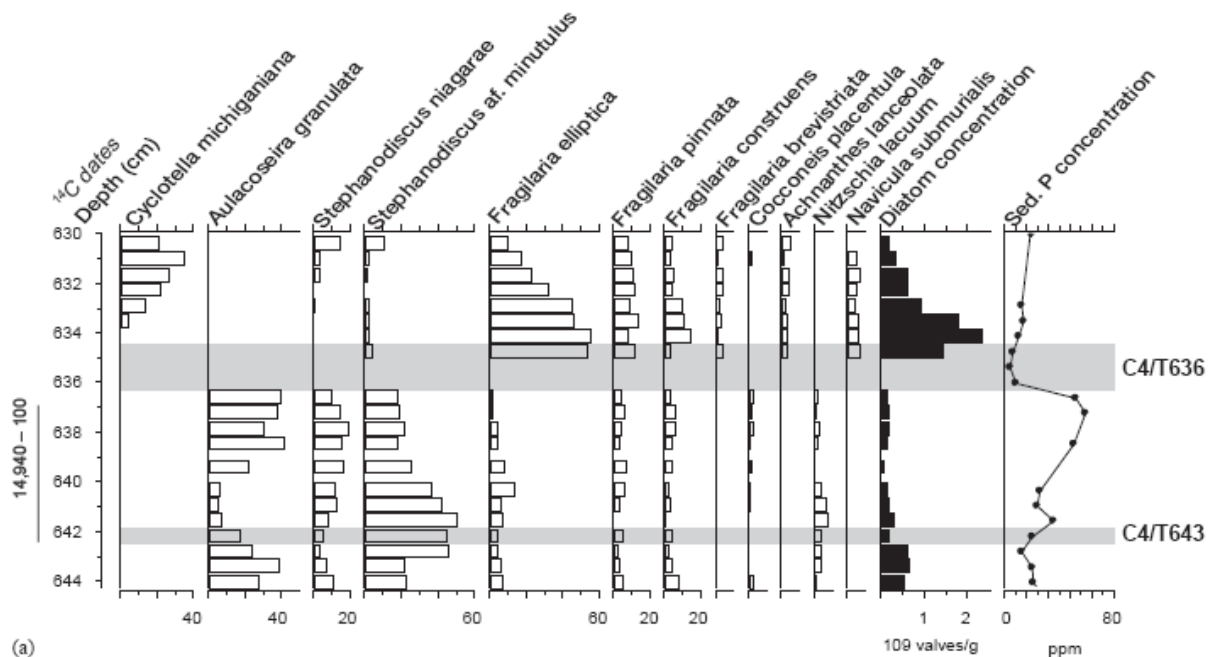


Fig. 3. Diatomanalys från sjön Zirahuén. Vid det undre, tunnare asklagret sker inga större förändringar. Kraftiga förändringar följer däremot det övre tefralagret. Diatomékonsentrationen och halten av släktena *Fragilaria*, *Stephanodiscus* och *Aulacoseira* ändras mycket (Telford *et al.* 2004).

ändring i artsammansättningen, t.ex. en fördröjd ökning av *Fragilaria*, men man är inte övertygade om att det beror på tefran. Vid ytterligare asklager från samma sjö finner man bl.a. att *Aulacoseira ambigua* försvinner i samband med ett tefralager och direkt ovanför dominerar istället *Fragilaria*. Man noterar också en stor ökning av tvättsvamps-spikler vilket man har tolkat som förändrade bottenförhållanden i sjön. Före ett annat asklager från samma plats har *Stephanodiscus* spp. blivit en viktig del av diatoméfloran men arten försvinner i samband med att tefran sedimenterar. Diatomékonsentrationen ökar dock väsentligt efter tefran. Några centimeter ovanför tefralagret sker en tydlig ökning av *Fragilaria brevistriata*.

I lagerföljden finner man även ett 9 cm mäktigt och grovt, svart tefralager. Samma art dominerar både före och direkt efter tefran (*Aulacoseira ambigua*), men diatomékonsentrationen är mycket högre direkt efter tefran jämfört med före. Därefter sjunker konsentrationen mycket drastiskt några centimeter ovanför tefran. Vid ytterligare några tefralager kan man inte notera några särskilda effekter som tros vara relaterade till tefran.

Ytterligare en sjö, Zacapu, har undersökts. Vid flera av dess tefralager märker man inte någon skillnad i artsammansättning, men diatomékonsentrationen är generellt högre efter tefran än före. Vid vissa tefralager märker man en förändring i artsammansättningen också. Exempelvis ersätter *Fragilaria* spp. *Gomphonema* spp. efter ett tefralager.

Telford *et al.* (2004) konstaterar att vid mer än hälften av de undersökta tefralagren förekommer förändringar i diatoméfloran, dels i konsentrationen av individer, dels i artsammansättningen. Förändringarna

anses vara relativt kortvariga (totalt till 200 år) och anses bero på förändrade näringsförhållanden vad gäller kisel och fosfor. Fosfors cirkulation i sjön kan avstanna vid depositionen av tefra vilket kan förlänga tefraeffekternas varaktighet. Tefranedfallen tros ändå inte ha några mer långvariga effekter på den akvatiska miljön och i normalfallet bör förhållandena efter ett tefranedfall gå tillbaka mot pre-tefra-förhållanden efter en relativt kort tid. I de fall där man inte såg någon förändring lyfter författarna fram tre olika förklaringar: (i) tefran var inte tillräckligt mäktig för att ändra näringsförhållandena, (ii) förändringarna som tefran orsakade begränsade inte floran (t.ex. för att den redan påverkades av ett tidigare asklager) eller slutligen, (iii) systemet var så variabelt att det inte är mätbart om tefran haft någon effekt eller inte (Telford *et al.* 2004).

Björck *et al.* (1993) har gjort en multiproxyanalys för paleomiljötolkning av sjösediment från Lake Åsa på Antarktis. Området har utsatts för upprepade tefranedfall. Vid diatoméanalys av de yngsta sedimenten (1 400 år gamla fram till nutid) finner man att diatoméfloran tyder på allt näringsrikare förhållanden. Björck *et al.* (1993) tror att detta kan kopplas till tefran eftersom det är i samma del av stratigrafin som man finner störst antal tefralager. Man ser även att en topp av acidofila diatoméer förekommer där. Halten av amorft kisel stiger (vilket tyder på en högre biologisk produktion) liksom sedimentens ackumulationshastighet. Dock menar Björck *et al.* (1993) också att det kan röra sig om en mindre temperaturökning, men andra proxydata tyder på att det fortfarande var långa vintrar och ett länge liggande istäcke på sjön.

Recenta tefranedfalls miljöpåverkan i en sjö i Chile har undersökts av Urrutia *et al.* (2007). Man har

bl.a. gjort pollen- och diatoméanalys. Sjön är oligotrof och ligger i de chilenska Anderna på 1150 meters höjd över havet. I diatoméfloran konstaterar man följande: zonen före askan domineras av planktiska arter. *Aulacoseira granulata* är den vanligaste arten men även *Cyclotella stelligera* och *Cyclotella af glomerata* tillsammans med några arter av *Fragilaria* är viktiga. I nästa zon, som utgörs av tefran, är koncentrationen av diatoméer låg. *Aulacoseira granulata* ersätts av *Cyclotella af glomerata*. *Aulacoseira distans* och *Asterionella formosa* ökar också sin betydelse. Ovanför tefran ökar diatomékonzentrationen till högre värden än före tefran och en återgång mot den ursprungliga florasammansättningen sker. *Aulacoseira granulata* blir återigen dominerande. *Asterionella formosa* är dock ett undantag då den fortsätter att öka sin procentuella andel av diatoméerna. Förändringarna som sker i diatoméfloran menar Urrutia *et al.* (2007) påminner mycket om de näringsförhållanden som kan förväntas vid tefratillförsel. Kiselhalten stiger eftersom tefra har en hög halt av kisel medan fosforhalten sjunker som resultat av att tefran lägger sig på botten och hindrar fosfors cirkulation. *Cyclotella af glomerata* är en art som gynnas av det stora kisel tillskottet från tefran. När kiselhalten senare sjunker i sjön minskar även artens förekomst. *Aulacoseira granulata* däremot missgynnas vid tefranedfallet av den lägre fosforhalten och minskar därför kraftigt, för att efter tefranedfallet sedan återhämta sig. Efter tefradepositionen ökar också några mer näringskrävande arter som var mycket ovanligare före tefran (Urrutia *et al.* 2007 och referenser däri).

Björck *et al.* (2006) genomför diatoméanalys på sediment från en liten sjö på Azorerna. I sedimenten finns mycket rikligt med tefralager och vid beräkning av sjöns pH-värde med utgångspunkt från diatomésammansättningen konstaterar man att pH-värdet i sjön är som lägst under perioder med mycket intensiva tefranedfall. Man konstaterar också att pH-värdet stiger snabbt igen efter tefranedfall.

### 3.2 Förändringar i terrestrisk miljö

Efter Mount St. Helens utbrott år 1980 undersökte Mack (1981) ett stort landområde som utsatts för tefranedfall. Han konstaterar då att de första stora förändringarna i miljön är växter som fått direkta skador av asknedfallet. Växterna har skadats mycket olika, huvudsakligen beroende på växtens morfologi och tefrans mäktighet. Askan stannar kvar på växterna under olika lång tid: på vissa arter försvinner tefran med det första regnet medan andra arters morfologi gör att tefran ansamlas på klubbiga eller håriga blad eller i förgreningen mellan stjälk och blad. Skadorna som drabbar växterna är dels mekaniska till följd av överbelastning på t.ex. blad så att de bryts av, men askan orsakar också blekning av bladen på vissa arter.

Birks och Lotter (1994) har undersökt sjösediment innehållande Laacher See-tefran från Eifelbergen i Tyskland. Tre olika sjöar (ovannämnda Rotmeer, Rotsee och Holzmaar) har undersökts. De ligger på olika avstånd från vulkanen och har olika berggrund

och näringsförhållanden. Även tefranedfallets mäktighet har varierat men effekterna är ändå likartade. På alla tre platserna har man noterat en kortvarig ökning av NAP (icke-trädpollen), särskilt av Poaceae (gräs) (Birks och Lotter (1994) använder i sin artikel det äldre namnet Gramineae för gräs, vilket även används i flera andra av de något äldre artiklarna). På den ena lokalen har man uppskattat att det förhöjda värdet varat i ca 20 år. Förändringarna i de tre sjöarna är dock endast signifikanta i Holzmaar vilket kan bero antingen på att det är där som det mäktigaste tefralagret finns eller på att den lokalen har bäst tidsupplösning (Birks & Lotter 1994).

Dwyer och Mitchell (1997) har undersökt en ombrotrofisk (mycket näringsfattig) mosse på Irland innehållande flera mikroskopiska tefralager. En expansion av tre olika lokala taxa; Cyperaceae (halvgräs), *Nartheceum* (myrlilja) och *Sphagnum* (vitmossa), tyder på att det blev fuktigare på mossens yta efter tefradepositionen. Man vet inte om det beror på det direkta tefranedfallet eller på indirekta effekter (klimatförändringar) orsakade av vulkanaktiviteten. Man försöker dock skilja mellan regionala och lokala pollen-korn (från växter på mossen) eftersom man förväntar sig att mossen är en känsligare miljö än den omkringliggande mineraljorden och att effekterna av ett tefranedfall därför skulle bli större på mossen och därmed i det lokala pollenarkivet.

Mehringers *et al.* (1977) har undersökt sjö- och torvavlagringar i Lost Trail Pass i Bitterroot Mountains (Montana, nordvästra USA). I ett fall är pollenförekomsterna mycket snarlika direkt under och över tefran och det 7,3 cm mäktiga asklagret är det enda som tyder på miljöförändringen. Genom beräkningar av den årliga pollensedimentationen av olika arter och en bedömning av faktorer som påverkar floran tror man ändå att steppfloran gynnats av asknedfallet. Man förklarar det med att tefrans isolerande förmåga har bibehållit markens fuktighet (Mehringers *et al.* 1977 och referenser däri).

Edwards och Craigie (1998) skriver om Saksunarvatn-askan som kommer från Grimsvötn vulkan-komplex på Island. Man har gjort pollenanalys på prover från tre olika platser på Färöarna. I dalmyren Hagamýra är Saksunarvatn-askan ett 6,7 cm mäktigt lager i leryttjan. Den totala halten av lokala pollen och sporer är lägre under och strax efter askan än före asklagret. Författarna nämner som en förklaring, som de dock inte anser är helt övertygande, att fjärtransporterade pollen får en större roll eftersom lokal växtlighet minskat p.g.a. askan. Man tror att en snabbare sedimentackumulation förekommit efter askan jämfört med före men anser ändå att det inte är hela förklaringen utan att det även förekommit reella förändringar i vegetationen. Halterna av Cyperaceae, *Betula* (björk), *Caltha palustris* (kabbleka) och *Rumex acetosa* sjunker efter askan, medan *Pinus sylvestris* tall, Poaceae, *Apiaceae* och *Huperzia selago* ökar.

Författarna har även teorier om vad som orsakat upp- och nedgångarna av taxa: Cyperaceae och *Caltha*

*palustris* minskade troligen p.g.a. en ”ask-chock” när askan samlades i avrinningskanaler och bassänger i växternas omgivning. *Rumex acetosa* missgynnades troligen av den fuktigare miljön som uppkom, medan *Isoetes echinospora* och *Myriophyllum alterniflorum* påverkades av den ändrade vattenkemin och ljuspeneration i vattnet. Växterna *Huperzia selago*, Poaceae, Apiaceae och *Botrychium lunaria* gynnades troligen av att de växte i torrare gräsmarksmiljöer. Huruvida nedgången av *Betula* är relaterad till asknedfallet är oklart. Försurning som kan förväntas följa med tefranedfallet kan ha orsakat nedgången av *Betula*-pollen (Blackford *et al.* 1992).

Den tidigare sjön Ovaru Hoydalar hyser ett 1,6 cm mäktigt lager av Saksunarvatn-askan över- och underlagrat av lergyttja. Effekterna av tefranedfallet är mindre här än i Hagamýra vilket kan bero på att topografin runt platserna skiljer sig och att Ovaru Hoydalar läge skulle ha gynnat fjärrtransporterade pollen. Resultaten visar att de något högre växterna tycks ha gynnats: Poaceae, *Calluna vulgaris* (ljung), *Salix* (vide) och *Botrychium. Lamiaceae* har däremot lidit av tefrattillförseln och den fuktigare miljön som uppkom.

Saksunardalur är den tredje undersökta lokalen och där är tefralagret 1 cm tjockt. Ovanför tefran finns ett tunt brunt lerigt lager (1,7 cm mäktigt) och därefter svart humifierad torv. Man noterade inte så stora effekter av askan här vilket tros bero på de mindre detaljerade undersökningarna som gjordes på lokalen. (Endast 5 prover togs ut för pollenräkning och tidsupplösningen blev därmed inte så hög.) En eventuell ökning av Poaceae sägs beror på fuktigare miljöer som gynnat växten.

Sammantaget konstaterar Edwards och Craigie (1998) att landbaserade växter och högväxta arter tycks ha gynnats av asknedfallet.

Wilmshurst och McGlone (1996) skriver om konsekvenserna för skogsväxter efter det senaste Taupo-utbrottet på Nya Zeelands nord-ö, 1850 år före nutid. Ett område om 30 000 km<sup>2</sup> täcktes av aska från eruptionen. Pollenanalyser har gjorts på mosslagerföljder från ett antal olika platser på varierande avstånd och i varierande riktning från tefrakällan. Skogen i de låglänta områdena beskrivs som komplex och mycket artrik medan den höglänta är artfattigare och med en enklare sammansättning.

Det direkta asknedfallet hade flera olika effekter: vegetationens rotsystem utsattes för kvävning till följd av tjocka asklager, växtdelar tog skada genom att blad och tunna grenverk bröts av och växterna avlövdades. Detta ska ha dödat gamla eller sjuka växter medan friska plantor ska ha återhämtat sig snabbt. Författarna menar att även ett tunt lager aska kan ge tillräckligt starka effekter för att döda känslig flora när toxiska ämnen urlakas från askan och sjunker ner i marken.

Mindre bränder som följer utbrottet orsakar också stora förändringar i vegetationen genom att öppna tidigare vegetationstäckta ytor. Små bränder tros ha förekommit under ca hundra år efter utbrottet och uppstod när friktion mellan askpartiklar, vattenånga och

andra gaser i atmosfären orsakade blixtrar som slog ner och startade bränderna (Wilmshurst och McGlone 1996 och referenser däri).

Betydelsen av askans mäktighet är diskutabel menar författarna. Ett exempel ges där 7 cm aska orsakat mycket större effekter i pollenarkivet än vad 17 cm aska gjort på ett annat ställe. Författarna poängterar att typen av vegetation och dess vigör troligen spelar en stor roll. Särskilt högväxta träd tycks ha tagit större skada av asknedfallet medan andra arter har gynnats. Vissa arter blommade igen och drog nytta av den mer öppna terrängen som bildades när växter dog och bränder förstörde områden.

Efter den primära depositionen omlagrades pimpsten och aska och transporterades ut mot havet via floder. Materialet orsakade översvämningar, vilket det finns tydliga sedimentologiska indikationer på i lagerföljder från olika platser. Pollensammansättningen är dessutom annorlunda där eftersom en våtmarksflora ersätter den tidigare vegetationen i det nya habitatet.

Ovanför askan blev *Pteridium* och Poaceae vanligare och flera sädeslag blommar. *Pteridium* spreds snabbt vilket kan förklaras av dess tålighet och förmåga att vindtransporteras långa sträckor. Lianer och olika epifyter blev vanligare på vissa ställen.

Återväxten tog mellan 120 och 225 <sup>14</sup>C-år och det var ofta samma arter som etablerade marken efter tefradepositionen som de som funnits före. Författarna konstaterar att varken tefrans mäktighet eller avståndet från vulkanen är avgörande för hur snabbt vegetationen återhämtar sig. De föreslår istället att det lokala klimatet, i synnerhet fuktigheten, kan vara den avgörande faktorn för vegetationens återhämtning. Man hänvisar bl.a. till att *Pteridium* snabbare trängs undan av andra växter i en fuktigare miljö än i en torrare. I den fuktigare miljön förekommer också färre bränder (Wilmshurst och McGlone 1996).

Lotter *et al.* (1995) har studerat sediment med LST i sjön Holzmaar. Man konstaterar att före LST är både mängden av pollen och diatoméer mycket stabila. Efter tefradepositionen följer en kortare tid (60 år) med större variationer där man också konstaterar att sedimentationshastigheten är högre än före tefran. Bland den terrestra floran är det främst örtväxterna som varierar. Halten av NAP, huvudsakligen Poaceae, stiger direkt efter LST under en kort period (två prover, ca 20 år). *Betula* och *Pinus* dominerar pollenspektrat under hela tiden. *Betula* visar en nedgång efter tefran under ca 20 år. Därefter stabiliseras miljön igen och förändringarna blir mindre. Efter ungefär 120 år har hela systemet återhämtat sig. Man föreslår att orsakerna till de höjda NAP-halterna beror på att miljön under den korta tiden blev mer öppen eller att träden blommade mindre.

Den 60 år långa perioden av mer instabila förhållanden i systemet anser författarna vara en lång tid för den typen av förändringar. Man jämför t.ex. med trädringar där en 12 år lång period med smalare årsringar följer LST (Lotter *et al.* 1995 och referenser

däri). Utifrån studierna av Mack (1981) anser man att skadan inte kan ha orsakats av tefran eftersom den regnar bort relativt snabbt från växterna. Istället föreslås att de tunna årsringarna kan bero på mindre klimatförändringar orsakade av att tefra i stratosfären hindrat solinstrålningen.

Lotter och Birks (1993) har undersökt LST i två högmossor som tidigare varit sjöar i södra Tyskland. Området är p.g.a. sin berggrund känsligt för försurning. Dominerande pollen är *Betula* och *Pinus*. Efter LST följer en mindre ökning av NAP, framför allt Poaceae och Cyperaceae. *Pinus* och *Betula* visade inga större skillnader. Örtväxter visar en viss nedgång, vilket kan bero på direkta, mekaniska effekter av tefran likt dem som Mack (1981) beskriver. Högre eller mer robusta växter (gräs m.m.) har klarat sig bättre. Resultaten liknar varandra på de båda lokalerna men statistisk signifikans saknas för slutsatserna.

Rundgren (1998) har undersökt sjösediment på norra Island där Saksunarvatn-askan är en viktig komponent. I askan sker en drastisk minskning av pollenkoncentrationerna. De första 12 cm av aska tros vara direkt deposition och är i stort sett fritt från pollen och organiskt kol. Därefter sker en kraftig ökning av polleninnehållet i askan. *Salix* stiger till en högre nivå än före askans deposition. Även Poaceae ökar samtidigt, liksom örterna *Sedum* och Caryophyllaceae, vilka tycks ha gynnats av asknedfallet. Cyperaceae och *Empetrum nigrum* sjunker däremot, vilket även *Betula nana* (dvärgbjörk) gör. Cirka hundra år efter den primära askdepositionen har ett nytt jämviktsläge uppnåtts med mer stabila pollenhalter.

Det är svårt att spekulera i orsakerna till att vissa arter tycks gynnas medan andra missgynnas av tefranedfallet. Tänkbara orsaker är växternas förmåga att klara av att bli täckta av tefra, förändringar i näringsinnehållet i marken, klimatförändringar som kan ha följt av tefran samt vilken säsong som det mesta av tefranedfallet skedde under (Rundgren 1998).

Edwards *et al.* (1994) har också undersökt förändringarna i vegetationen på Island (ön Papey) i samband med deposition av ett endast 1 cm mäktigt lager aska från Hekla år 1766. I torvmossen finner man att Cyperaceae minskar medan *Salix* och Poaceae ökar i samband med tefradepositionen. Därefter sjunker halten av Poaceae igen och Cyperaceae ökar. En teori är att områdets dränering ändrats av asknedfallet och gynnade *Salix* som är en större och kraftigare växt jämfört med örterna. Man nämner också den alternativa teorin att förändringarna beror på att många får avlidit av fluoros och därmed inte kunnat beta av gräset (Poaceae) som därför uppvisar en ökning i samband med tefran. När fären återkommit kan Cyperaceae ha gynnats istället eftersom gräset återigen betades.

Urrutia *et al.* (2007) har bl.a. undersökt förändringar i sjösediment efter ett recent tefranedfall i Chile. Pollenanalyserna visar före tefran en dominans av *Blechnum*- och *Nothofagus*-pollen. I samband med tefran ökar Poaceae sin betydelse från knappt 9% till 20% medan *Blechnum* och *Nothofagus* minskar något.

Efter tefran dominerar *Nothofagus* medan *Blechnum*, Poaceae och *Araucaria araucana*, som varit det viktigaste trädpollenet tidigare, minskar. *Pinus radiata* ökar sin betydelse. Tefran genererade en gynnsam miljö för Poaceae som dessutom har en kort generationstid och kan därmed snabbt expandera som följd av tefrans näringstillskott.

Hotes *et al.* (2004) har gjort ett fältexperiment där vegetationen på en myr undersöktes efter att man spritt tefra på den. Man undersökte variationerna vid olika teframäktighet, kornstorlek och säsong som tefran spreds vid. De mest markanta förändringarna vid undersökning av porvattenkemin kunde man påvisa i området där 6 cm naturlig tefra spridits och i området där 3 cm fint glas spridits. För den naturliga tefran ändrades  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ , redoxpotentialen och i mindre utsträckning även vattnets syrgashalt ( $\text{O}_2$ ), medan vattenkemin i området med glas visade stora förändringar i pH,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SiO}_2$ , elektrisk ledningsförmåga,  $\text{K}^+$ ,  $\text{O}_2$  och redoxpotential.

Vegetationen påverkades också av tefranedfallet. Vissa arter försvann, vissa tog sig igenom askan och en del nya tillkom. De nya koloniserarna var huvudsakligen olika typer av kryptogamer (sporväxter t.ex. mossor, alger och lavar). En rad olika arter tog sig inte igenom tefran under det första året men återkom två år efter askspridningen, medan en del fortfarande inte kommit tillbaka. Den primära vegetationen före askspridningen dominerades i nästan alla fall av *Sphagna* (vitmossor). Områden med 1 cm naturlig tefra dominerades även fortsättningsvis av *Sphagna* (vitmossa). I områden med mäktigare tefralager (3 cm, 6 cm, 3 cm spridning under våren, grovt och fint glas) ändrades vegetationen under första året så att utbredningen av *Spagnum* (vitmossa) minskade och betydelsen av kärlväxter ökade. Under året därefter återhämtade sig vegetationen i områdena med 3 cm naturlig tefra och 3 cm grovt glas, medan effekterna i områden med 6 cm tefra eller 3 cm tefra som spritts på våren kvarstod. Området med fint glas karaktäriserades under det andra året av en minskning av *Sphagnum* men en högre andel av marken täcktes istället av mossan *Ceratodon purpureus*.

Hotes *et al.* (2004) menar att tefran hade större och mer långvarig effekt om lagret var mäktigare, finkornigare och spreds i början av växtsäsongen. Många arter överlevde tefraspridningen kanske därför att de inte täcktes helt av askan eller kunde ta sig igenom asklagret. Trots att det förekom en ganska stor förändring av porvattenkemin tros dessa effekter inte vara särskilt långvariga. Ett måttligt tefranedfall antas inte kunna medföra några långsiktigare effekter på myrens utveckling (Hotes *et al.* 2004 och referenser däri).

## 4 Resultat av egen undersökning

### 4.1 Borrkärnebeskrivning

Den 1 m långa borrkärnan (Fig. 4 och 5) togs i en liten mosse (ca 50 x 50 m) vid sjön Starvatn på Färöarna

sommaren 2002. Vid beskrivningen (Tabell 1) delades den upp i tolv olika lager. Från varje lager uttogs mellan ett och sex sedimentprover om ungefär 1 cm<sup>3</sup>. Varje prov var 5 mm brett.

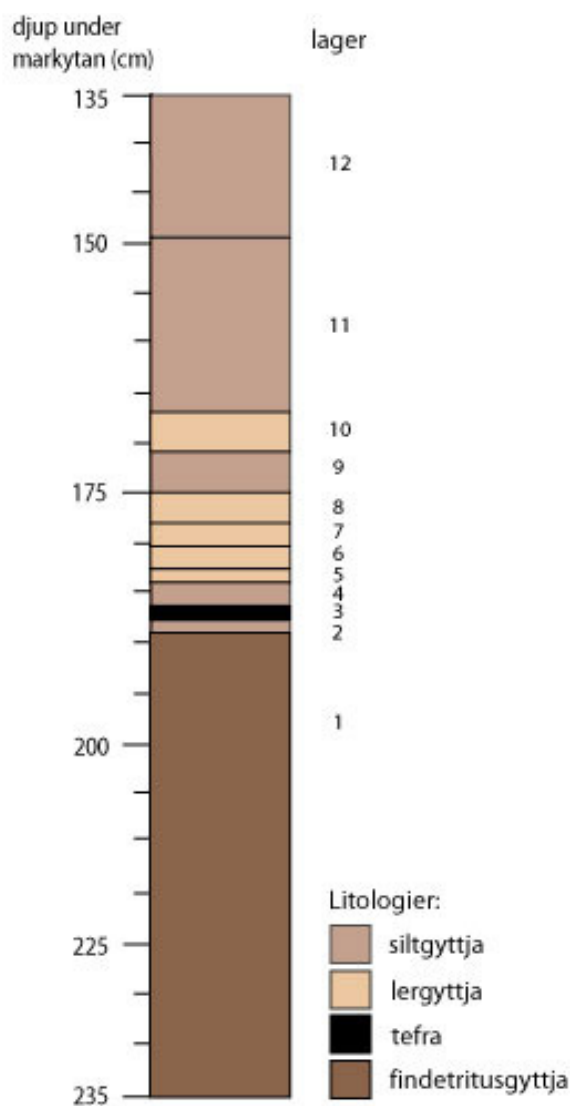


Fig. 4. Enkel logg med borrkärnans lagergränser markerade.



Fig.5. Fotografi av den undersökta borrkärnan, med lagergränser markerade med nålar. Lager 1 är längst till vänster i bilden. Notera det ljusare, mer minerogena lagret som föregår tefran (se sid. 15).

## 4.2 Analysresultat

Resultat från glödförlust, magnetisk susceptibilitet och biogent (amorft) kisel presenteras i Figur 6. Den magnetiska suseptibiliteten ger ett mycket kraftigt utslag på tefran men sjunker snabbt igen till ett lågt värde innan värdena så småningom börjar likna dem före tefradepositionen. Även i glödförlusten kan man se en tydlig nedgång i tefran, knappt två procents glödförlust jämfört med övriga värden som är mellan ca 10 och 25%. Glödförlusten blir också generellt lägre efter tefradepositionen. Kurvan för amorft kisel har inte lika tydliga värden men trenden är mycket jämn före tefradepositionen, för att sedan variera kraftigt en tid efter tefran. Längre upp i lagerföljden börjar värdena återigen stabiliseras något.

## 5 Diskussion

### 5.1 Lakustrina effekter

De observerade effekterna i diatoméfloran av tefratillförsel i lakustrin miljö är åtskilliga och av olika typ. Vi kan dra några generella slutsatser: I den understa delen av tefran finner vi vanligen en mycket låg halt av organiskt material orsakat av den snabba deposition som tefran innebär. I sjöar med stort dräneringsområde stiger den organiska halten i tefralagret ofta när tillförseln av tefra inte längre är luftburen utan kommer med vattendrag till sjön. Vanligen sker därefter en förändring i ackumulationshastighet och/eller diatoméfloran i sjön. Slutligen sker oftast en förändring av floran mot förhållanden som mer liknar de ursprungliga. I ett flertal fall konstateras att ackumulationshastigheten (och därmed antalet diatoméer) tycks öka radikalt efter tefradeposition, ibland så mycket som tiofaldigt. Effekterna kan vara långvariga. Vid förändringar i artsammansättningen skiljer sig effekterna ofta mellan olika tefranedfall. Ett exempel är *Aulacoseira* som i samband med tefradeposition ibland ökar, ibland minskar och i ytterligare andra fall har någon typ av *Aulacoseira* ersatt en annan. Ytterligare två diatomégrupper som ofta är omnämnda i de studerade artiklarna är *Fragilaria* och *Stephanodiscus*. Den förstnämnda är den grupp av diatoméer som oftast ökar i samband

Tabell 1. Borrkärnebeskrivning.

Djup under markytan (cm)	Lager	Litologi och beskrivning (ÖG = övre gräns)
135-149,2	12	Mörkt gråbrun siltgyttja. Mycket trådar/rötter/organiska fragment.
149,2-166,6	11	Beige-grå-brun lerig siltgyttja. Ganska mycket trådar och bruna klumpar (utfällning eller organiskt material). Mörkare horisonter: 161,0-162,8 och 154,5-149,2 cm. ÖG = mycket gradvis
166,6-170,6	10	Gul, siltig leryttja med bruna inslag. Vattnig/fuktig troligen p.g.a. högt lerinnehåll. Makrofossil-trådar finns men inte så många. ÖG = mycket gradvis
170,6-174,7	9	Mörkgrå, lerig siltgyttja. Mörka klumpar med organiskt material och makrofossil-trådar (troligen mossa eller starr). ÖG = gradvis
174,7-177,7	8	Grå, siltig leryttja med endast lite makrofossil. ÖG = mycket gradvis
177,7-180,0	7	Ljusbrun, siltig leryttja som blir lite mörkare i övre delen (mellanbrun). Makrofossil: trådar, men inte så mycket. Bruna klumpar; organiska eller kemiskt utfälda. ÖG = mycket gradvis
180,0-182,2	6	Grå, siltig leryttja. En mindre andel makrofossil av obestämd typ förekommer. Lagret är fastare än föregående lager. ÖG = lite gradvis
182,2-183,6	5	Beige, siltig leryttja, i övre halvan en del brunbeiga inslag. Lite fuktig och geggig känsla. Större makrofossil-trådar än i föregående lager. ÖG = mycket gradvis
183,6-186,0	4	Gråbrun, lerig siltgyttja. Makrofossil: tunna trådar likadana som de som grå ner i askan. Kanske mossa. ÖG = lite gradvis
186,0-187,3	3	Silt-tefra, svart och torr. Lite heterogen med inslag av ljusare material. Makrofossil i form av fina trådar går genom tefran. ÖG = skarp
187,3-188,6	2	Mörkbeige till brun siltgyttja, endast svagt elastisk. Fläckvisa skikt av tefran förekommer vilka antas vara loadcast/vattenavgångsstrukturer som uppkommit efter deposition. ÖG = skarp
188,6-235	1	Mörkbrun siltig, lerig findretitusgyttja, något elastisk. Övre delen är lite ljusare i färgen, ev. lite finkornigare och med mindre makrofossil. Lagret innehåller ganska mycket makrofossil, troligen mestadels mossfragment. ÖG = gradvis

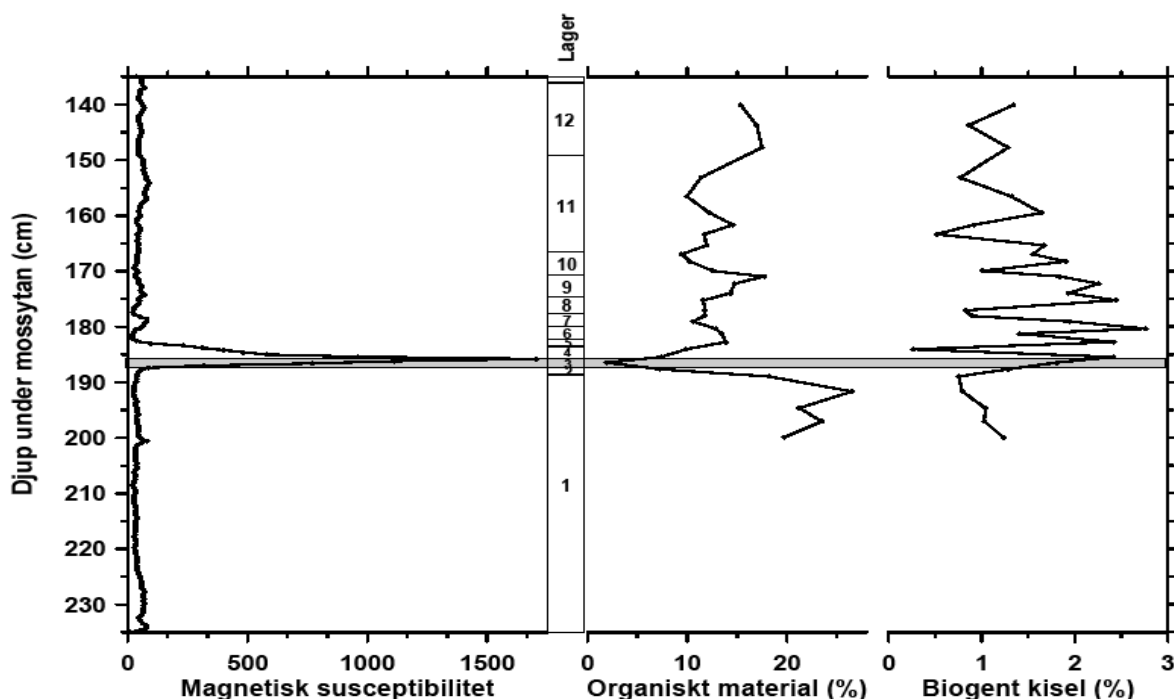


Fig. 6. Analysresultat av magnetisk susceptibilitet, biogent kisel och glödförlust. Enhet för magnetisk susceptibilitet är  $10^{-6}$  SI-enheter. Biogent kisel är i själva verket amorf kiseldioxidhalt i viktprocent av total kiseldioxidhalt. Den organiska halten avser glödförlust i viktprocent av den totala torrvikten.

med tefralager, medan *Stephanodiscus* oftast visar en nedgång men i många fall återhämtar sig senare. Slutligen sker oftast en återgång av florasammansättningen mot förhållande som mer liknar de ursprungliga. Det är svårt att exakt säga efter hur lång tid återgången sker men vanligen efter ganska kort tid (inom t.ex. hundra år) efter tefradepositionen.

Många författare, t.ex. Urrutia *et al.* (2007), nämner att den ökade kiselhalten är gynnsam för olika typer av diatoméer medan andra begränsas av fosfortillgången som tycks sjunka vid nedfall av tefra genom ett förhindrat utbyte mellan sediment och vatten (Telford *et al.* 2004). Flera forskare föreslår också att det borde vara den bentiska diatoméfloran som påverkas mest av ett tefranedfall genom att organismer begravs (Lotter & Birks 1993; Birks & Lotter 1994) men resultaten tyder på att det är i den planktiska floran som förändringarna oftast sker. Man antar att detta inte borde ske p.g.a. ändrade ljusförhållanden, eftersom tefran vanligen sjunker för snabbt för att uppnå en tillräckligt långvarig sådan effekt. Därför är det troligt att det istället är den förändrade näringstillgången som förändrar floran. Trots det finns inget uppenbart samband mellan tefrans kemi och effekterna i miljön. Man hade t.ex. kunnat tänka sig skillnader i effekterna av sura och basaltiska tefror.

## 5.2 Terrestra effekter

Förklaringarna till de skillnader som konstaterats efter tefranedfall i terrestrisk och lakustrin miljö är flera. I den terrestra miljön finner man att effekter av asknedfall förekommer men att de varierar från plats till plats. Vad gäller tefrans direkta påverkan menar Mack (1981) att det i stor utsträckning rör sig om mekaniska skador på växtligheten. I sådana fall skulle framför allt växtens morfologi vara avgörande för tefrans skadeeffekter, men även tefrans mäktighet. Betydelsen av tefrans mäktighet belyses dels av Gómez-Romero *et al.* (2006) som genom försök i växthus och fält konstaterar att tefrans mäktighet har betydelse för om vegetationen ska överleva och kunna penetrera asklagret. Forskarna har då undersökt relativt mäktiga tefralager (ca 30 cm) men Hotes *et al.* (2004) har utfört fältexperiment med mycket tunnare asklager, 1-6 cm tjocka, och även där påvisar man att tefrans mäktighet har betydelse. Wilmhurst och McGlone (1996) visar dock att tefrans effekter kan bli större i ett tunt asklager än i ett mäktigare beroende på t.ex. fuktighet och vegetationens typ och vigör.

Den allra vanligaste effekten man ser i pollen-diagram är en ökning av NAP och då framför allt Poaceae (gräs). Efter en tids obalans (20-60 år) med skiftande halter av olika pollentyper uppnås ett nytt jämviktsläge (efter t.ex. 60-120 år). Detta kan ses som en ganska lång tid jämfört med den 12 år långa perioden av tunnare årsringar som man funnit i samband med tefranedfall men också med hänsyn till Mack (1981) och andra författare som konstaterar att tefran ofta försvinner från växterna inom en kort period efter tefranedfallet (genom regn) och att växternas akuta ska-

dor inte kan anses så allvarliga att mer än gamla eller sjuka växter oftast dör. Vegetationen har i de flesta fall visat sig kunna återhämta sig och eventuella öppningar i markskiktet täcks snabbt upp av yngre, friska växter.

I flera fall har man konstaterat förändringar i hydrologin, vilka inneburit fuktigare miljöer varvid vissa arter gynnsas medan andra arter missgynnsas (Dwyer & Mitchell 1997; Edwards & Craigie 1998).

Medan *Salix* och Poaceae i flera fall tycks gynnade av tefranedfallet finner man att Cyperaceae och örtväxter ibland gynnsas men ibland minskat sin betydelse i samband med tefranedfallet. *Pteridium* är ytterliggare en art som visat sig vara gynnad av tefranedfall. Det råder delade meningar om huruvida högväxta arter tycks klara sig väl vid asknedfallet eller ej vilket kan bero på att effekten varierar mellan olika tillfällen och i olika vegetationer.

## 5.3 Gemensamma effekter och ekosystemens känslighet för tefranedfall

Generellt anses den lakustrina miljön reagera snabbare på olika typer av miljöförändringar. En viktig orsak är den korta livscykel som både akvatiska växter och mikroorganismer har (Lotter *et al.* 1995; Lotter & Birks 1993; Urrutia *et al.* 2007). Man bör dock inte underskatta effekterna i den terrestra miljön. Grattan och Charman (1994) skriver att sulfatföreningar som finns i tefran kan bidra till försurning vilket skulle kunna ge stora effekter på t.ex. mossar, vilka är mycket känsliga för förändringar i hydrologi, pH och näringstillförsel. Tefranedfall eller surt regn orsakat av sulfatföreningar i tefran skulle kunna leda till ökad urlakning av mineraljorden vilket på sikt skulle kunna medföra ett sänkt pH. Grattan och Charman (1994) hävdar också att förändringar i vegetationen efter tefranedfall beror just på surt regn eller tefra, och inte på de små klimatförändringar som kan följa vulkanutbrott.

Sur nederbörd bör påverka både terrestrisk och lakustrin flora genom ändrat pH i mark och vatten. Lotter och Birks (1993) nämner att sur berggrund med låg buffringskapacitet bör vara känslig för tefranedfall, men deras resultat tyder inte på större förändringar. Detta har bl.a. undersökts av Hotes *et al.* (2004) som dock inte finner att några mer långvariga effekter bör kunna uppstå såvida det inte är fråga om ett mycket mäktigt tefralager.

Den mest utmärkande gemensamma effekten av tefranedfall är den period av förändringar som förekommer strax efter tefranedfallet och som konstaterats både i terrestrisk och lakustrin miljö utifrån litteraturstudierna samt i de olika analyserna som gjordes på borrhärnan. Tidsaspekten för hur långvariga dessa effekter anses vara varierar från Birks och Lotter (1993) som skriver att effekterna kan vara så kortvariga som 5-20 år till bl.a. Telford *et al.* (2004) som anser att effekterna kan bestå upp till 200 år innan ekosystemen uppnått ett nytt jämviktsläge.

I flera sedimentlagerföljder sker förändringar

en tid efter tefranedfallet. Det är oklart om det beror på mekanismer som fördröjer effekten eller på att förändringarna inte har något samband med tefradepositionen. Lotter och Birks (1993) uppmärksammar att man bör vara försiktig med att dra alltför direkta slutsatser om att alla förändringar i närheten av tefralager har med just tefran att göra och anser att man bör använda sig av olika statistiska beräkningar och tekniker för att kunna sluta sig till eventuella effekter av tefran.

#### 5.4 Analys av resultat från egen undersökning

Borrkärnan från mossen vid Starvatn visade en mycket enhetlig litologi i den nedre delen. Strax innan tefran fanns ett ljusare lager med högre minerogen halt, vilket även ses i glödförlust-analysen (Fig. 6). Björck *et al.* (2001) föreslår att det kan röra sig om en kort köldperiod för 10 300 kalenderår sedan (det s.k. 10 300-eventet). Som nämnts tidigare konstaterades vid beskrivningen av borrkärnan att det även fanns tefra i lagret under askhorisonten (se Tabell 1 och Figur 7) vilket förvånar något. Troligtvis rör det sig om vattenavgångsstrukturer (loadcast). Beierle och Bond (2002) belyser problemet med hur tefror p.g.a. sin höga densitet kan sjunka ner i det mjuka ytsedimentet, vilket man bör vara observant på om man t.ex. använder sig av tefror för tefrakronologi. Författarna hänvisar till exempel där tefror förflyttat sig tusentals år tillbaka i stratigrafien. Dock sker det lättare i högorganiska sediment med låg densitet och i detta fall har lagret under tefran inte någon högre organisk halt utan är huvudsakligen minerogent. Det är därför inte troligt att partiklar av Saksunarvatn-askan skulle ha sjunkit långt ner i sedimentet, medan däremot loadcast-processer är möjliga.



Fig. 7. Tefralagret och närliggande lager. Notera tefrainfluensen i det underliggande lagret.

De sedimentlager som följer ovan tefralagret är relativt tunna vilket tyder på en föränderlig miljö, vilket även analysresultaten stöder: Både den magnetiska suseptibiliteten och amorf kiselhalt visar varierande värden direkt efter tefran för att senare bli något mer stabila. Glödförlusten är däremot stabil efter tefradepositionen men ca 15 cm högre upp blir kurvan mer skiftande. På den nivån sker dock fortfarande snabba förändringar i kiselkurvan. En mer instabil period med mycket förändringar i både terrestrisk och lakustrin flora har påvisats i många studier. Sedimentationshastigheten i Starvatn beräknas vara 0,36 mm/år (Björck *et al.* 2001). Om samma sedimentationshastighet förutsätts i borrkärnan från mossen skulle de 10 cm sediment ovanför tefran (där analyserna visar de mest skiftande resultaten) motsvara 275 år. Man kan också anta att sedimentationshastigheten ökade signifikant vid tefradepositionen och följdes av en period med relativt hög sedimentationshastighet när marken var täckt av lös och lätttransporterad tefra. Därmed skulle den beräknade tiden 275 år i verkligheten vara ännu kortare och i så fall överensstämma väl med resultaten i några av artiklarna beskrivna ovan. Resonemanget är dock hypotetiskt eftersom inga dateringar gjorts på sedimentet utan endast tefralagrets ålder är känd.

Vid en jämförelse mellan resultaten av Björck *et al.* (2001) Figur 8, (som undersökt sjön Starvatn som ligger bredvid mossen som den undersökta borrkärnan kommer ifrån) och de som erhöles vid analyserna finner man både likheter och skillnader. Glödförlusten överensstämmer väl så tillvida att tefran uppvisar ett absolut minimivärde och att den organiska halten generellt är lägre efter tefran än före. Den organiska halten före tefran överensstämmer också väl i de båda undersökningarna. En skillnad är dock att i undersökningarna visar den organiska halten tydligt en nedgång redan före tefran, medan samma trend endast kan anas i resultaten från Björck *et al.* (2001). Dock syns i Björck *et al.* (2001) en tydlig ökning av den minerogena halten redan före tefran. En orsak skulle kunna vara loadcasts i min borrkärna medan däremot tefra i underliggande lager inte förekommit i proverna från Starvatn, eller att sedimentproverna inte uttagits lika tätt från de olika borrkärnorna. Dock syntes en tydlig förändring av sedimenten strax före tefran i den undersökta borrkärnan och det är därmed mer troligt att det beror på en klimatförändring (10 300-eventet).

Vid en jämförelse av resultaten för magnetisk susceptibilitet kan vi notera ett mycket lågt värde strax efter maximumvärdet i tefralagret. Detta skulle kunna vara vulkaniskt glas som inte ger något magnetiskt utslag. Vid en jämförelse av de båda undersökningarnas magnetiska suseptibilitet finner man till att börja med mycket likartade trender med ett snabbt stigande värde i samband med tefran. Därefter skiljer sig utvecklingen markant genom det sjunkande värdet i mina undersökningar jämfört med värdena från Björck *et al.* (2001) vilka stiger ytterligare och visar sitt högsta värde i nästa prov. Därefter sjunker värdena långsamt. Skillnaderna skulle kunna förklaras med att Star-



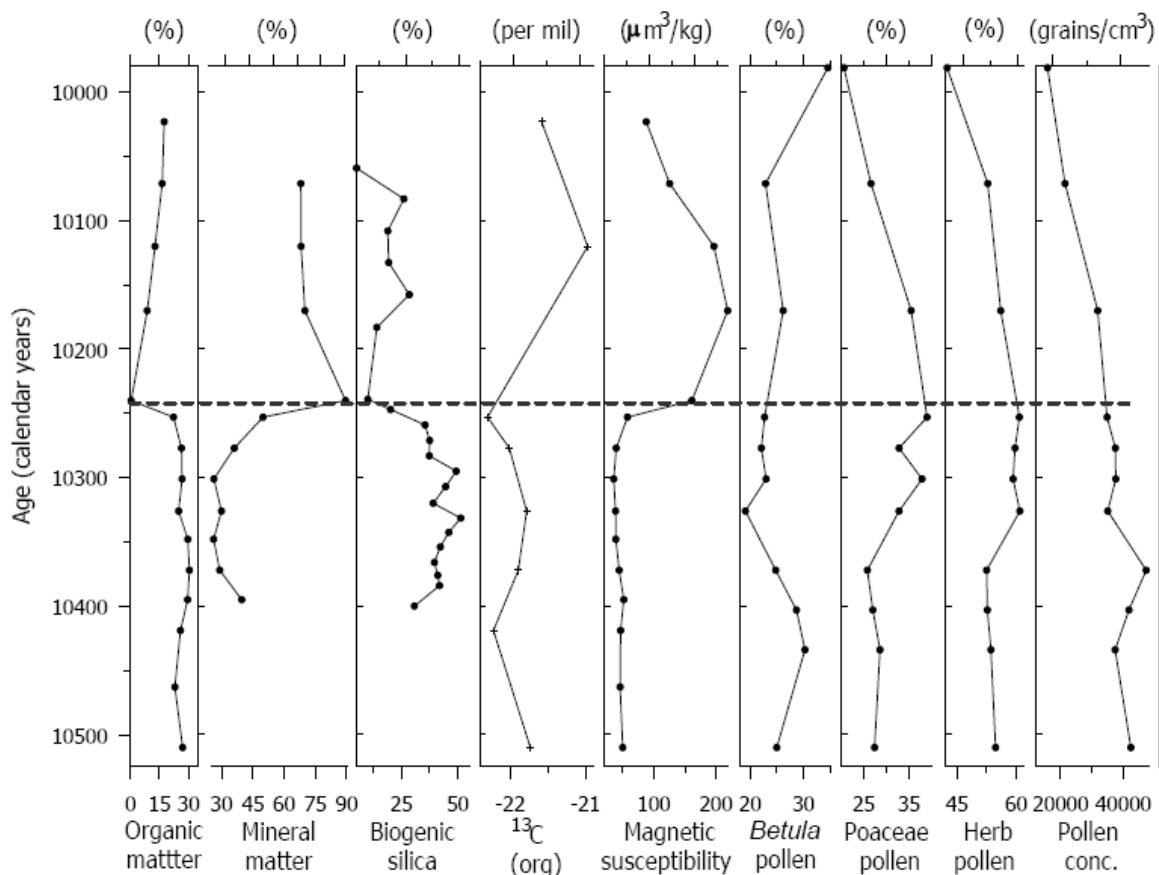


Fig. 8. Diagram från Björck *et al.* (2001).

vatn har ett mycket större dräneringsområde än mossen, som vid tefranedfallet var en liten sjö, och att tefra därmed transporterades till Starvatn under mycket längre tid. Den magnetiska susceptibiliteten i andra sediment med tefror (de Fontaine *et al.* 2007) visar dock ett tydligt mönster som överensstämmer med mina resultat, med en kort men hög topp som sedan sjunker hastigt direkt efter tefran, vilket tyder på att detta är mer av en normalsituation.

Vad gäller resultaten av analyserna av biogent/amorft kisel skiljer de sig kraftigt, dels sett till de faktiska procentuella värdena men också den generella trenden, där resultaten från Björck *et al.* (2001) visar höga värden före depositionen och sedan jämna, låga värden efter tefralagret. Mina egna resultat visar tecken på de skiftande och instabila förhållanden som ofta tycks förekomma efter tefradepositionen.

## 6 Slutsatser

Uppsatsens frågeställning är: Hur påverkar tefranedfall den terrestra och lakustrina miljön och olika organsimgrupper där? Utifrån genomförda litteraturstudier och egna undersökningar kan följande konstateras:

- I den lakustrina miljön syns tydligt en mycket låg organisk halt i tefrasediment, vilket orsakas av den stora mängden av snabbt sedimentterande tefra. Efter den direkta tefradepositionen förekommer ofta en period med hög biologisk pro-

duktivitet och/eller en förändring av den tidigare artsammansättningen av diatoméer. *Fragilaria* är ett släkte som ofta uppvisar en ökad förekomst direkt efter tefradepositionen, medan *Stephanodiscus* oftast visar en nedgång. Halterna av *Aulacoseira* varierar också ofta, ibland genom ökad och ibland genom minskad förekomst.

- Förändringarna i lakustrin flora anses bero främst på den ändrade vattenkemin som innebär ökad kisel tillgång och minskad fosfortillgång.
- I den terrestra miljön kan man i pollenarkivet som regel se en uppgång av NAP som åtminstone ibland är absolut (inte bara relativ). Poaceae (gräs) och *Salix* (vide) tycks vara de mest gynnade arterna. Cyperaceae och örtväxter tycks ibland gynnas och ibland hämmas av tefratillskottet. Vid tefranedfallet drabbas många växter av direkta, fysiska skador när tefran bryter av blad och kväver rotsystem m.m. Dessa typer av skador är mycket kortvariga och orsakar mer omfattande skador endast på vegetation av sämre vigör.
- Förändringarna i terrestrisk miljö beror dels på tefrans direkta effekter, och då är tefralagrets mäktighet och växternas morfologi viktiga, men också på förändringar i hydrologi. Sur nederbörd diskuteras också som en trolig orsak till effekterna genom att förändra pH i mark och vatten.
- Efter en viss tid sker i normalfallet en återgång av artsammansättningen och/eller ackumulationshas-

tigheten av pollen och diatoméer mot de förhållande som rådde före tefranedfallet. Förändringarnas varaktighet och tiden för systemets återhämtning kan variera från något år till mer än 200 år.

- Effekter av tefranedfall kan ibland vara svåra att dokumentera. En god tidsupplösning i de geologiska arkiv som används är ofta nödvändig, men effekter av tefranedfall utblir av okänd anledning trots detta.

## 7 Tack

Ett stort tack riktas främst till handledarna Svante Björck och Mats Rundgren men också till Ian Snowball som hjälpte till med mätningen av magnetisk susceptibilitet och till Eric Struyf för god handledning och engagerad hjälp vid kisel-mätningen. Tack även till Anders Cronholm för allehanda hjälp.

## 8 Referenser

- Andrews, J.T., Geirsdóttir, A., Hardardóttir, J., Principato, S., Grönvold, K., Kristjansdóttir, G.B., Helgadóttir, G., Drexler, J. och Sveinbjörnsdóttir, A. 2002: Distribution, sediment magnetism and geochemistry of the Saksunarvatn (10 180 ± 60 cal. yr BP) tephra in marine, lake, and terrestrial sediments, northwest Iceland. *Journal of Quaternary Science* 17, 731-745.
- Beierle, B och Bond, J. 2002: Density-induced settling of tephra through organic lake sediments. *Journal of paleolimnology* 28, 433-440.
- Birks, H.J.B. och Lotter, A.F. 1994: The impact of the Laacher See Volcano (11 000 yr B.P.) on terrestrial vegetation and diatoms. *Journal of Paleolimnology* 11, 313-322.
- Björck, S., Håkansson, H., Olsson, S., Barnekow, L. och Janssens, J. 1993: Paleoclimatic studies in South Shetland Islands, Antarctica, based on numerous stratigraphic variables in lake sediments. *Journal of Paleolimnology* 8, 233-272.
- Björck, S., Muscheler, R., Kromer, B., Andresen, C.S., Heinemeier, J., Johnsen, S.J., Conley, D., Koç, N., Spurk, M. och Veski, S. 2001: High-resolution analyses of an early Holocene climate event may imply decreased solar forcing as an important climate trigger. *Geology* 29, 1107-1110.
- Björck, S., Rittenour, T., Rosén, P., França, Z., Möller, P., Snowball, I., Wastegård, S., Bennike, O. och Kromer, B. 2006: A Holocene lacustrine record in the central North Atlantic: proxies for volcanic activity, short-term NAO mode variability, and long-term precipitation changes. *Quaternary Science Reviews* 25, 9-32.
- Blackford, J.J., Edwards, K.J., Dugmore, A.J., Cook, G.T. och Buckland, P.C. 1992: Icelandic volcanic ash and the mid-Holocene Scots pine (*Pinus sylvestris*) pollen decline in northern Scotland. *The Holocene* 2, 260-265.
- Conley, D.J. 2003: On the Measurement of Biogenic Silica. Laborationshandledning, opublicerad.
- de Fontaine, C.S., Kaufman, D.S., Scott Anderson, R., Werner, A., Waythomas, C.F. och Brown, T.A. 2007: Late Quaternary distal tephra-fall deposits in lacustrine sediments, Kenai Peninsula, Alaska. *Quaternary Research* 68, 64-78.
- Dugmore, A.J. och Newton, A.J. 1998: Holocene Tephra Layers in the Faroe Islands. I Bloch, D., Jacobsen, E.S. och Winther, R., red., *Fróðskaparrit* 46, 191-204.
- Dwyer, B.R. och Mitchell F.G.J., 1997: Investigation of the environmental impact of remote volcanic activity on north Mayo, Ireland, during the mid-Holocene. *The Holocene* 7, 113-118.
- Edwards, K.J., Buckland, P.C., Blackford, J.J., Dugmore, A.J. och Sadler, J.P. 1994: The impact of tephra: Proximal and distal studies of Icelandic eruptions. I Stötter, J. och Wilhelm, F., red., *Environmental change of Iceland*, Münchener Geographische Abhandlungen, Reihe B, Band B12, 79-99.
- Edwards, K.J. och Craigie, R. 1998: Palynological and Vegetational Changes associated with the Deposition of Saksunarvatn Ash in the Faroe Islands. I Bloch, D., Jacobsen, E.S. och Winther, R., red., *Fróðskaparrit* 46, 245-258.
- Gómex-Romero, M., Lindig-Cisneros, R. och Galindo-Vallejo, S. 2006: Effect of tephra depth on vegetation development in areas affected by volcanism. *Plant Ecology* 183, 207-213.
- Grattan, J. och Charman, D.J. 1994: Non-climatic factors and the environmental impact of volcanic volatiles: implications of the Laki fissure eruption of AD 1783. *The Holocene* 4, 101-106.
- Hotes, S., Poschlod, P., Takahashi, H., Grootjans, A.P. och Adema, E. 2004: Effects of tephra deposition on mire vegetation: a field experiment in Hokkaido, Japan. *Journal of Ecology* 92, 624-634.
- Lotter, A.F. och Birks, H.J.B. 1993: The impact of the Laacher See Tephra on terrestrial and aquatic ecosystems in the Black Forest, southern Germany. *Journal of Quaternary Science* 8, 263-276.
- Lotter, A.F., Birks, H.J.B. och Zolitschka, B. 1995: Late-glacial pollen and diatom changes in response to two different environmental perturbations: volcanic eruption and Younger Dryas cooling. *Journal of Paleolimnology* 14, 23-47.
- Mack, R.N. 1981: Initial Effects of Ashfall from Mount St. Helens on Vegetation in Eastern Washington and Adjacent Idaho. *Science* 213, 537-539.
- Mehring, P.J., Blinman, E. och Petersen, K.L. 1977: Pollen Influx and Volcanic Ash. *Science* 198, 257-261.
- Rundgren, M. 1998: Early-Holocene vegetation of northern Iceland: pollen and plant macrofossil evidence from the Skagi peninsula. *The Holocene* 8, 553-564.
- Telford, R.J., Barker, P., Metcalfe, S. och Newton, A. 2004: Lacustrine responses to tephra deposition: examples from Mexico. *Quaternary Science Reviews* 23, 2337-2353.

- Urrutia, R., Araneda, A., Cruces, F., Torres, L., Chirinos, L., Treutler, H.C.T., Fagel, N., Bertrand, S., Alvial, I., Barra, R. och Chapron, E. 2007: Changes in diatom, pollen and chironomid assemblages in response to a recent volcanic event in Lake Galletué (Chilenian Andes). *Limnologica* 37, 49-62.
- Wilmshurst, J.M. och McGlone, M.S. 1996: Forest disturbance in the central North Island, New Zealand, following the 1850 BP Taupo eruption. *The Holocene* 6, 399-411.

**Tidigare skrifter i serien  
”Examensarbeten i Geologi vid Lunds  
Universitet”:**

180. Mellgren, Johanna, S., 2005: A model of reconstruction for the oral apparatus of the Ordovician conodont genus *Protospanderodus* Lindström, 1971.
181. Jansson, Cecilia, 2005: Krossbergskvalitet och petrografi i den kambriska Hardebergasandstenen i Skåne.
182. Öst, Jan-Olof, 2005: En övergripande beskrivning av malmbildande processer med detaljstudier av en bandad järnmalm från södra Dalarna, Bergslagen.
183. Bragée, Petra, 2005: A palaeoecological study of Holocene lake sediments above the highest shoreline in the province of Västerbotten, northeast Sweden.
184. Larsson, Peter, 2005: Palynofacies och mineralogi över krita-paleogengränsen vid Stevns Klint och Kjølby Gaard, Danmark.
185. Åberg, Lina, 2005: Metamorphic study of metasediment from the Kangilinaaq Peninsula, West Greenland.
186. Sidgren, Ann-Sofie, 2005:  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -geokronologi i det Rinkiska bältet, västra Grönland.
187. Gustavsson, Lena, 2005: The Late Silurian Lau Event and brachiopods from Gotland, Sweden.
188. Nilsson, Eva K., 2005: Extinctions and faunal turnovers of early vertebrates during the Late Silurian Lau Event, Gotland, Sweden.
189. Czarniecka, Ursula, 2005: Investigations of infiltration basins at the Vomb Water Plant – a study of possible causes of reduced infiltration capacity.
190. Gowacka, Małgorzata, 2005: Soil and groundwater contamination with gasoline and diesel oil. Assessment of subsurface hydrocarbon contamination resulting from a fuel release from an underground storage tank in Vanstad, Skåne, Sweden.
191. Wennerberg, Hans, 2005: A study of early Holocene climate changes in Småland, Sweden, with focus on the ‘8.2 kyr event’.
192. Nolvi, Maria & Thorelli, Gunilla, 2006: Extraterrestrisk och terrestrisk kromrik spinell i fanerozoiska kondenserade sediment.
193. Nilsson, Andreas, 2006: Palaeomagnetic secular variations in the varved sediments of Lake Gołczyń, Poland: testing the stability of the natural remanent magnetization and validity of relative palaeointensity estimates.
194. Nilsson, Anders, 2006: Limnological responses to late Holocene permafrost dynamics at the Stordalen mire, Abisko, northern Sweden.
195. Nilsson, Susanne, 2006: Sedimentary facies and fauna of the Late Silurian Bjärsjölagård Limestone Member (Klinta Formation), Skåne, Sweden.
196. Sköld, Eva, 2006: Kulturlandskapets förändringar inom röjningsröseområdet Yttra Berg, Halland - en pollenanalytisk undersökning av de senaste 5000 åren.
197. Göransson, Ammy, 2006: Lokala miljöförändringar i samband med en plötslig havsyteförändring ca 8200 år före nutid vid Kalvöviken i centrala Blekinge.
198. Brunzell, Anna, 2006: Geofysiska mätningar och visualisering för bedömning av heterogeniteters utbredning i en isälvsavlagring med betydelse för grundvattenflöde.
199. Erlfeldt, Åsa, 2006: Brachiopod faunal dynamics during the Silurian Ireviken Event, Gotland, Sweden.
200. Vollert, Victoria, 2006: Petrografisk och geokemisk karaktärisering av metabasiter i Herrestadsområdet, Småland.
201. Rasmussen, Karin, 2006: En provenansstudie av Kågerödformationen i NV Skåne – tungmineral och petrografi.
202. Karlsson, Jonnina, P., 2006: An investigation of the Felsic Ramiane Pluton, in the Monapo Structure, Northern Mozambique.
203. Jansson, Ida-Maria, 2006: An Early Jurassic conifer-dominated assemblage of the Clarence-Moreton Basin, eastern Australia.
204. Striberger, Johan, 2006: En lito- och biostratigrafisk studie av sen-glaciala sediment från Skuremåla, Blekinge.
205. Bergelin, Ingemar, 2006:  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology of basalts in Scania, S Sweden: evidence for two pulses at 191-178 Ma and 110 Ma, and their relation to the break-up of Pangea.
206. Edvarsson, Johannes, 2006: Dendrokronologisk undersökning av tallbestånds

- etablering, tillväxtdynamik och degenerering orsakat av klimatrelaterade hydrologiska variationer på Viss mosse och Åbuamossen, Skåne, södra Sverige, 7300-3200 cal. BP.
207. Stenfeldt, Fredrik, 2006: Litostratigrafiska studier av en plåtåformad sand- och grusavlagring i Skuremåla, Blekinge.
  208. Dahlenborg, Lars, 2007: A Rock Magnetic Study of the Åkerberg Gold Deposit, Northern Sweden.
  209. Olsson, Johan, 2007: Två svekofenniska graniter i Bottniska bassängen; utbredning, U-Pb zirkondatering och test av olika abrasionstekniker.
  210. Erlandsson, Maria, 2007: Den geologiska utvecklingen av västra Hamrängesyklinallens suprakrustalbergarter, centrala Sverige.
  211. Nilsson, Pernilla, 2007: Kvidingedeltat – bildningsprocesser och arkitektonisk uppbyggnadsmodell av ett glaciälvialt Gilbertdelta.
  212. Ellingsgaard, Óluva, 2007: Evaluation of wireline well logs from the borehole Kyrkheddinge-4 by comparison to measured core data.
  213. Åkerman, Jonas, 2007. Borrkärnekartering av en Zn-Ag-Pb-mineralisering vid Stenbrånet, Västerbotten.
  214. Kurlovich, Dzmitry, 2007: The Polotsk-Kurzeme and the Småland-Blekinge Deformation Zones of the East European Craton: geomorphology, architecture of the sedimentary cover and the crystalline basement.
  215. Mikkelsen, Angelica, 2007: Relationer mellan grundvattenmagasin och geologiska strukturer i samband med tunnelborrning genom Hallandsås, Skåne.
  216. Trondman, Anna-Kari, 2007: Stratigraphic studies of a Holocene sequence from Taniente Palet bog, Isla de los Estados, South America.
  217. Månsson, Carl-Henrik & Siikanen, Jonas, 2007: Measuring techniques of Induced Polarization regarding data quality with an application on a test-site in Aarhus, Denmark and the tunnel construction at the Hallandsås Horst, Sweden.
  218. Ohlsson, Erika, 2007: Classification of stony meteorites from north-west Africa and the Dhofar desert region in Oman.
  219. Åkesson, Maria, 2008: Mud volcanoes - a review. (15 hskp)
  220. Randsalu, Linda, 2008: Holocene relative sea-level changes in the Tasiusaq area, southern Greenland, with focus on the Ta1 and Ta3 basins. (30 hskp)
  221. Fredh, Daniel, 2008: Holocene relative sea-level changes in the Tasiusaq area, southern Greenland, with focus on the Ta4 basin. (30 hskp)
  222. Anjar, Johanna, 2008: A sedimentological and stratigraphical study of Weichselian sediments in the Tvärkroken gravel pit, Idre, west-central Sweden. (30 hskp)
  223. Stefanowicz, Sissa, 2008: Palynostratigraphy and palaeoclimatic analysis of the Lower - Middle Jurassic (Pliensbachian - Bathonian) of the Inner Hebrides, NW Scotland. (15 hskp)
  224. Holm, Sanna, 2008: Variations in impactor flux to the Moon and Earth after 3.85 Ga. (15 hskp)
  225. Bjärnberg, Karolina, 2008: Internal structures in detrital zircons from Hamråde: a study of cathodoluminescence and back-scattered electron images. (15 hskp)
  226. Noresten, Barbro, 2008: A reconstruction of subglacial processes based on a classification of erosional forms at Ramsviklandet, SW Sweden. (30 hskp)
  227. Mehlqvist, Kristina, 2008: En mellanjurassisk flora från Bagå-formationen, Bornholm. (15 hskp)
  228. Lindvall, Hanna, 2008: Kortvariga effekter av tefranedfall i lakustrin och terrestrisk miljö. (15 hskp)



# LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen  
 Centrum för GeoBiosfärsvetenskap  
 Sölvegatan 12, 223 62 Lund