

NATURVETENSKAP

Per Persson

C14-DATERING

Sedan lång tid tillbaka är användningen av C14-dateringar så etablerad i arkeologin att metoden i sig inte kräver någon speciell presentation. Här behandlas istället de felkällor som är aktuella för C14-dateringar vi utfört i vårt projekt. Ett tema i sammanhanget är hur dateringsresultaten presenteras eftersom det finns flera olika traditioner inom forskningen.

Alla våra C14-dateringar är utförda med AMS-mätning av C14-halten, dvs. de är alla acceleratordateringar. Våra dateringar är utförda på fem olika laboratorier:

- Nasjonallaboratoriet for C14-datering, NTNU, Trondheim, med 39 dateringar (lab. nr. TRa-).
- Ångström Laboratory, Div. of Ion Physics, C14-lab, Uppsala, med 26 dateringar (lab. nr. Ua-).
- ¹⁴CHRONO Centre, Queens University Belfast, med 40 dateringar (lab. nr. UBA-).
- Beta Analytic, INC, USA, med fem dateringar (lab. nr. Beta-).
- Lund University Radiocarbon Dating Laboratory, med en datering (lab. nr. LuS-).

Tillsammans utgör detta 115 dateringar (se förteckning i band 3 i denna serie). Av dessa är 11 dateringar gjorda i samband med andra naturvetenskapliga undersökningar, de resterande 104 på är gjorda i arkeologisk kontext. Ytterligare ett tiotal dateringar är gjorda i samband med naturvetenskapliga undersökningar utförda inom projektet (strandlinje/pollenanalys), men de ingår inte i sammanställningen eftersom de inte direkt administrerats av projektet.

Felkällor

Allmänt

Det finns ett mätfel som gör att sannolikheten att det riktiga mätvärdet ligger inom ger de så karaktäristiska \pm -värdena och då med 68 % sannolikhet. Alla laboratorier levererar detta mätvärde på ett standardiserat sätt och efter en del korrigeringar. Ett undantag är Beta Analytic i USA som levererar två olika mätvärden varav det som kallas «Conventional

Radiocarbon Age» motsvarar det värde som andra laboratorier levererar.

En av de absolut viktigaste felkällorna är att halten C14 i atmosfären har varierat över tid. Detta innebär att alla C14-dateringar måste kalibreras mot en kurva upprättad utifrån prover med känd ålder. Längre fanns det bara kalibreringskurvor som sträckte sig tillbaka till ca. 5000 f.Kr. Detta betyder att den delen av stenåldersforskningen som sysslar med äldre perioder har vant sig vid att använda okalibrerade C14-dateringar. Numera finns det en kalibreringskurva som sträcker sig mer än 20000 år tillbaka och det finns inte längre någon anledning att använda sig av okalibrerade dateringar. Alla dateringar vi nämner är kalibrerade och de anges enligt följande mall: 3093–2935 f.Kr. (T-9999999). För att underlätta jämförelsen med tidigare publicerade dateringar anger vi såväl kalibrerade som okalibrerade dateringar i många fall. Kalibrerade värden anges alltid i f.Kr./e.Kr., okalibrerade alltid i bp/BP.

I den arkeologiska litteraturen är det vanligt att ange felet inom ett sigma dvs. att mätvärdet för det okalibrerade C14-värdet, med 68,2 % sannolikhet ligger inom det angivna intervallet. Orsaken till att man valt att acceptera en såpass låg sannolikhet var att det tycktes meningslöst att ange resultatet med större noggrannhet då ramarna blev så vida. I förhållande till vårt projekt kan nämnas de två dateringarna från Rognlia-boplatsen, en tidigare undersökt stenåldersboplats vid Langangsfjorden (Ingstad 1970): 4700 \pm 120 bp och 4600 \pm 130 bp. Efter kalibrering anger dessa bägge med två sigmas noggrannhet 3710–3095 respektive 3640–2936 f.Kr., dvs. de anger ett 600–700 år långt tidsavsnitt.

Med allt mer förfinad mätteknik har mätfelet på s.k. acceleratordateringar successivt minskat. Numera är det vanligt med mycket mindre standardavvikelse än för de gamla dateringarna från Rognlia. För dateringarna inom vårt projekt är medelvärdet för standardavvikelsen \pm 36 år.

Detta har också lett till att det blivit vanligare att man anger det kalibrerade dateringsresultaten med två sigma, det betyder att det riktiga värdet med 95,4 %

sannolikhet ligger inom det angivna intervallet.

Samtliga dateringar från vårt projekt är kalibrerade med OxCal v. 4.1 (Bronk Ramsey 2009) utifrån kalibreringskurvan IntCal 09 (Reimer et al. 2011). De kalibrerade dateringarna anges med ett intervall mellan två årtal som erhålls från OxCal programmet. Sannolikheten för att det riktiga värdet ligger mellan dessa bägge årtal är 95,4 %. Att framställa dateringsresultatet som ett intervall mellan två årtal är egentligen felaktigt eftersom kalibreringskurvan är oregelbunden. Sannolikheten att ett visst årtal är rätt ålder är därför inte jämt fördelad mellan de bägge årtalen. Det finns dock inget annat enkelt och vedertaget sätt att framställa resultat av kalibrerade C14-dateringar i texter. I de fall man tillmäter den ojämna sannolikhetsfördelningen vikt i tolkningen är det bäst att hänvisa till grafisk framställning av dateringarna.

När det gäller äldre dateringar från litteraturen har vi i görligaste mån kalibrerat dessa. Det gäller även dateringarna för periodgränser som i tidigare litteratur angivits som okalibrerade dateringar. De äldre och många gånger mer kända okalibrerade årtalen, anges då inom parentes, exempelvis: Nøstvetfasen 6300 – 4600 f.Kr. (7500 – 5800 bp). Dateringar av periodgränser har för stenålderns del avrundats till jämna århundraden.

I samband med C14-datering av träkol har så gott som alla prover vedartsbestämts före datering. Alla bestämningar har utförts av Helge I. Høeg.

Felkällor träkolsdateringar

Det är en lång rad felkällor som är kända för C14-dateringar. Rent dateringstekniskt är växter som hämtar sitt kol från atmosfären, det bästa materialet för datering. I arkeologiska sammanhang är det vanligtvis träkol, men i en del fall är det förkolnat hasselnötskal, eller liknande. För denna typ av material har man idag mycket god kontroll över felkällorna. Så länge dateringen blir utförd på en hel och relativt stor träkolsbit kan man utgå att den angivna åldern är den riktiga med den angivna sannolikheten.

Det kan dock nämnas en del felkällor som kan ha betydelse för utvärderingen av dateringar på träkol och liknande material, och som har relevans för vårt material:

- 1) För mycket små träkolsbitar finns det en risk för kontamination. Om det fastnar en liten bit av plast från en plastpåse på kolet och den kommer med i prepareringen av provet, så kan detta medföra en avsevärd förändring av resultatet.
- 2) Om man använder mer än en träkolsbit till en datering så riskerar man att de använda bitarna

inte är lika gamla. I så fall blir dateringen felaktig.

- 3) Man måste etablera ett samband mellan träkolsbitar och det man är intresserad av att datera. Ett typiskt exempel är att det finns träkolsbitar i en härd och att man därigenom kan datera denna anläggning med kolet. På stenåldersboplatser har detta visat sig vara mycket svårt. Inte bara såtillvida att dateringarna anger en annan ålder än den man hoppats på, utan än värre, om man utför mer än en datering på en och samma anläggning så händer det ofta att dessa anger olika ålder. Detta problem är så stort och omfattande att det rimligtvis sedan länge borde ha utredds i detalj. Så är dock inte fallet. Det är vanligt att man förklarar det varierande resultatet med att träkolet härstammar från skogsbränder. Skogsbränder drabbar framförallt skogar av barrträd (Kaafjeld 2005). Under stenåldern gäller det bara furuskog eftersom granen ännu inte invandrat. Lövträd brinner inte på rot, och det är därför sällsynt med skogsbrand i en ren lövskog. Blandskog brinner allt efter hur stor andel av skogen som är barrträd. Blandskogen kan brinna genom att lövträden torkar när barrträden som står intill brinner.
- 4) Trä kan vara gamla och träkol från stammen kan ha en egenålder på flera hundra år. Än större fel kan det bli om man eldat med ved från träd som redan varit döda en lång tid (Selsing 1979). Ett specialfall för kustboplatser är att det kan röra sig om drivved som kan komma långt bortifrån och redan vara gammal när den används som ved.

Bendateringar

Tidigt gjordes C14-dateringar även på ben. Det var ett par turbulenta årtionden innan man fick en säker metod genom att utvinna proteinet kollagen ur ben och använda detta till C14-dateringar (Olsson and El-Daoushy 1974). Ett problem därefter var att det gick åt stora mängder ben till en datering. Detta förbättrades när acceleratordateringarna tillkom under 1980-talet. Fortfarande var det ett problem att det bara var obrända ben som innehåller kollagen och att sådana ben är sällsynta på stenåldersboplatser. Det var därför en stor framgång när Jan N. Lanting tillsammans med sina kolleger visade att det var möjligt att datera de karbonater som finns bundna i brända ben (Lanting, Aerts-Bijma, and van der Plicht 2001; Lanting and Brindley 1998). Brända ben är förhållandevis vanliga på stenåldersboplatser och de är, till skillnad från träkolsbitar, säkert knutna till mänsklig aktivitet på platsen. Ett problem kan vara att dåligt brända ben ger osäkrare datering eftersom det kol som dateras fixeras i benet

när temperaturen överstiger 600 grader C (Olsen et al. 2008). I praktiken är detta inget problem eftersom det i regel bara är väl brända ben som bevaras på stenåldersboplatser i vårt område.

Reservoareffekt

En stor felkälla i C14-datering är reservoareffekten. Denna avsåg från början ett fel som gör att dateringar med marint ursprung anger en allt för hög ålder (Olsson 1996). Det som avsågs var att C14 bildas i atmosfären och att det tar tid innan koldioxiden i atmosfären löser sig i vatten och kommer att ingå i det biologiska livet under ytan. Härigenom bildas en reservoar av gammalt kol i det biologiska livet i havet. Felet kan vara på upp till 800 år. Numera avses också en liknande effekt i sötvatten, där felet beror på att det finns karbonater från berggrunden löst i vattnet. Dessa har en oändligt stor C14-ålder (allt C14 har försvunnit). När detta kol kommer ut i det biologiska systemet ger det en allt för hög ålder på proven.

Våra lokaler ligger till stor del invid havet. Därför kan en del av proverna ha påverkats av den reservoareffekt till följd av att provet innehåller marint material. Det kan röra sig om prov av skal från blötdjur som levt i havet, ben från djur som levt i havet, ben från människor som ätit mycket mat från havet, matskorpor från keramik som innehållit mat är tillagat av råvaror från havet.

Från våra arkeologiska undersökningar är det bara dateringar på brända ben och i ett fall en datering på matskorpa på keramik, som man kan misstänka har något fel på grund av marin reservoareffekt. Keramiken som daterats på matskorpan kommer från Nedre Hobekk 2. Dateringen anger en ålder till äldre järnålder. Vid den tiden har platsen legat långt från havet och det finns ingen anledning att misstänka att det varit något marint innehåll i kärlet. Det finns en datering på ett bränt ben från samma lokal, den anger samma ålder som matskorpedateringen.

Reservoareffekten för dateringar som utförts på fiskben och ben från havsdäggdjur har länge varit känd. Det har varit naturligt att anta att samma effekt skulle gälla brända ben. Därför har man antingen försökt undvika dateringar på brända ben från organismer med marint ursprung, eller antagit att sådana dateringar angivet en allt för hög ålder. Under de senaste åren har det publicerats undersökningar som visar att så inte är fallet (Hüls et al. 2010; Strydonck, Doudin, and Mulder 2010). Grunden för detta är att kolet binds i de brända benen vid själva bränningen och att det till största delen kommer från

bränslet. Det betyder att kolet i brända ben närmast skall jämföras med träkol. Det skall således inte vara någon reservoareffekt för brända ben oavsett deras ursprung. Ett undantag kan man dock tänka sig ifall man använt säl- eller valfett som bränsle. I så fall får brända ben samma reservoareffekt som bränslet.

Slutsatsen blir att våra arkeologiska dateringar inte har något fel som beror på reservoareffekt. För de dateringar som utförts på marina lager i samband med strandlinjeundersökningarna har däremot reservoareffekten betydelse för flera av dateringarna. Det diskuteras närmare i samband med strandlinjeundersökningarna.

I stenåldersarkeologin är det sällan möjligt att jämföra dateringar utförda på brända ben med dateringar på samtida träkol. Från våra lokaler är detta bara möjligt för Langangen Vestgård 1 (Melvold och Eigeland kapitel 12, detta band). Från denna lokal är 9 dateringar utförda på träkol och 4 på brända ben, men diagrammen över sannolikhetsfördelningen nära nog identiska för de bägge kategorierna, se figur 12.32. Från våra undersökningar har vi också tre dateringar på brända människoben från järnåldersgravarna vid Herregårdsbekken (Eggen kapitel 13, band 2, denna serie). Dessa tre dateringar kan jämföras med dateringar på kol från samma kontext. Resultaten verkar ge en osystematisk avvikelse mellan de bägge kategorierna. Samma resultat har erhållits i andra fall där liknande data finns (Gjerpe 2008c; Lönn 2011). Det tycks således vara problem med dateringar på brända människoben från järnåldersgravar. Skillnaden mellan kol och ben från samma grav kan vara några hundra år. Lars-Erik Gjerpe (2008c) föreslår att de ben som är hårdast brända är de som ger riktigast datering. Det är troligt att det endast är de hårdast brända benen som är bevarade på stenåldersboplatser och att det i så fall betyder att de ger säkrare datering än brända ben från järnåldersgravar.

En speciellt ny typ av datering som här används för första gången är direkt datering av keramik. Denna baseras på att kol och sot från bränningen finns inne i själva godset (Reitan kapitel 9, band 2, denna serie).

STRANDLINJEDATERING

Strandlinjedateringen är den klassiska dateringsmetoden för kustboplatser i områden som Norge och Västsverige. Längre spelade arkeologin en aktiv roll som dateringsmetod i strandlinjeforskningen, men med pollenanalysen och senare med C14-metoden, har dateringen av strandens skiftande läge över tid, blivit oberoende av arkeologin.

Runt Oslofjorden är den vanligaste metoden för att bestämma strandens skiftande läge över tid, är att man bestämmer tidpunkten då sjöar på olika höjd isoleras från havet. Höjden bestäms genom avvägning av pasströskeln, dvs. den passage havet haft vid den sista förbindelse in till den bassäng som genom landhöjningen går från att ha varit en havsvik till att bli en insjö. I de sediment som avlagrats på botten på bassängen går det att bestämma vilket lager som härstammar från tiden då det sker en övergång från salt- till sötvatten. Lagren kan C14-dateras. För varje sjö eller myr som undersöks erhålls en mät-punkt som anger stranden läge, uttryckt i meter över dagens havsytta, ställt mot ålder. Har man flera sådana punkter från ett och samma område kan de bindas samman till en strandlinjekurva. Det är dessa kurvor som arkeologerna sedan använder för strandlinjedatering.

Det finns en rad olika källkritiska punkter som arkeologer som använder den färdiga strandlinjekurvan bör ta ställning till:

- Hur stort är avståndet mellan de undersökta sjöarna, platsen för strandlinjekurvan och platsen för de arkeologiska fynd som skall dateras. Idealet är att allt ligger inom några få km från varandra. På större avstånd måste det göras en omräkning eftersom landhöjningen är olika på olika platser. Det är många felkällor som är förknippad med denna omräkning och ju större avstånd desto större fel.
- Hur passhöjden bestämts. Det bästa är att pasströskeln består av berg och att den är direkt inmätt. I äldre undersökningar använde man ofta kartuppgifter om höjden på ytan i de sjöar man undersökt. Om pasströskeln legat i lösmassor kan de ha eroderat ner och ytan på sjön är därför lägre idag än då den var en del av havet.
- Hur övergången från salt- till sötvatten bestämts. I många undersökningar förutsätts detta vara det samma som gränsen mellan lera och gyttja. I bättre undersökningar använder man istället diatoméeranalys.
- C14-dateringarna skall vara gjorda på terrest material. Oftast är detta inte fallet eftersom det är svårt att hitta terrest material i anslutning till de lager som man vill datera. Dateringarna görs då istället på själva sedimenten och de blir härigenom osäkra pga. reservoareffekt.

Under de förhållanden som råder runt Oslofjorden och som innebär att man kan anta en kontinuerlig landhöjning, innebär strandlinjedatering i strikt mening att man får *terminus post quem*. Om ett

arkeologiskt fynd påträffas på sådant sätt att man kan anta att det varit torra land på platsen när fyndet hamnat där, så vet man att det måste vara yngre än den tid då stranden stod på den aktuella höjden. Detta ger i de flesta fall en allt för svagt datering för att vara intressant. Det går att stärka argumentationen genom att studera speciella företeelers fördelning på olika höjd och datera dem utifrån lägsta förekomsten (exempelvis Ling 2008). Även detta anses ofta vara en allt för svagt datering eftersom företeelser ofta förekommer spridda inom ett större höjdivtervall. Detta kan i sin tur antingen bero på att de härrör från en längre period, eller att de under ett kortare tidsintervall använts både på stranden och på ett stycke från denna.

När det gäller datering av stenåldersboplatser är det vanligaste att anta att fynden deponerats på själva stranden. Om detta antagande är riktigt ger detta en mycket starkare datering än de fall som nämnts ovan. Speciellt gäller det i områden där stranden ständigt drar sig tillbaka med en relativt hög hastighet, som runt Oslofjorden. Utgångsantagandet är att fångstboplatser verkligen har legat precis på stranden. Det finns flera rationella skäl för att anta att så är fallet: Längs stränderna finns öppen mark som inte behöver röjas för att upprätta en boplats. Det är lätt att komma till och från platser längs stranden. Havet kan ha stått för en stor del av försörjningen, bytesdjur som fisk, sjöfågel, säl och val transporteras relativt lätt med båt men på land är det ett tyngre arbete, därför maximeras energiutbytet om man förlägger matlagning till stranden.

Men man kan också tänka sig att det funnits skäl att inte hålla till direkt på stranden. I neolitikum kan det ha varit odling och boskapsskötsel som kräver tillgång till lämplig mark, något i större utsträckning finns ett stycke in i landet. Under mesolitikum kan det ha varit jakt på landdjur. Platser ett stycke undan från stranden kan också ha varit mindre utsatt för dåligt väder. Till dessa mer rationella faktorer, kan läggas kulturella och samhälleliga faktorer som kan ha påverkat valet av boplats. Exempelvis kan det i perioder med mycket krig tänkas att det var en fördel att hålla sig gömd ett stycke från havet (För diskussion av strandlinjedatering och boplatstillokalisering; Berg-Hansen 2009).

Det finns således goda argument för att stenåldersbosättningar legat direkt på stranden, men det är sällan det undersöks om så verkligen har varit fallet. Det finns metoder som kan tänkas användbara för att bestämma var stranden stod vid tiden för bosättningen. Fosfatkartering är en sådan. Denna har vi gjort en del försök med i vårt projekt (se

nedan). Kartering av patinerade och svallade flintor på boplatstytan skulle kunna vara en användbar metod, men hittills har den inte kommit till bruk i större utsträckning. En tredje metod är jämförelse med strandlinjedateringen som ju är upprättad oberoende av dateringen av arkeologiska fynd. Härigenom dras slutsatser om bosättningsens relation till stranden. Eftersom de typologiska dateringarna är allt för grova blir en sådan jämförelse möjligt framförallt då det finns många C14-dateringar av de arkeologiska fynden. I vårt projekt har vi många C14-dateringar och därför blir det möjligt att göra sådana jämförelser. Resultaten behandlas utförligt i den tredje bandet i denna serie.

Strandförskjutningskurvor

Under åren kring 1980 gjordes omfattande insatser för att kartlägga strandförskjutningen i södra Vestfold och Telemark (Henningsmoen 1979; Stabell 1980), figur 2.1.6. Detta arbete har haft stor betydelse för studier av de kulturhistoriska förhållandena, speciellt för stenåldersperioderna. Bjørg Stabells undersökning av strandförskjutningen i Telemark (1980) genomfördes i direkt samband med det arkeologiska Telemarks projektet, som senare utmynnade i Egil Mikkelsens avhandling: *Fra jeger til bonde. Utviklingen av jordbruksamfunn i Telemark i steinalder og bronsealder* (1989).

En stor undersökning av strandförskjutningen har gjorts inom ramen för det arkeologiska projektet på E18 sträckan Sky-Langangen, som ligger inom vårt undersökningsområde. Inom det projektet låg fokus för de arkeologiska utgrävningarna på tidigmesolitikum. Undersökningen av strandförskjutningen koncentrerades därför till tiden direkt efter istiden slut (Sørensen et al. under utgivning). I höjd innebär det från ca. 150 meter över dagens havsnivå ner till ungefär 80 meter, eller ungefär 9500–8500 f.Kr. Inom ramen för vårt projekt har vi fortsatt med nya undersökningar på lägre höjder och därigenom har strandförskjutningskurvan ytterligare förbättrats (Sørensen *et al.*, band 3 i denna serie). Den strandförskjutningskurva som gäller efter dessa undersökningar, återges i figur 2.2.11b.

Kari Henningsmoens kurva för södra Vestfold baseras på undersökningar av 20 sjöar och myrar. Det är upp till ca. 40 km mellan dessa lokaler, den nordligaste ligger norr om Tønsberg. Det slutliga diagrammet har ritats så att det representerar situationen vid Fossanetjern som ligger vid Larvik. I undersökningen har diatoméer använts för att bestämma isoleringen. För 11 av bassängerna C14-daterades tidpunkten för isoleringen från

havet. För tre av bassängerna har detta gjorts med två C14-dateringar; en under och en över isoleringsnivån. Flera av de undersökta lokalerna ligger nära våra utgrävningar och är av stort intresse för oss. Detta gäller framförallt Solumdammen på 62,5 m ö.h. och Fossanetjern på 50,1 m ö.h. Dateringen av Solumdammen är vag med ett mer än 1000 år långt intervall mellan 8555 och 7142 f.Kr. och därigenom har den lokalen litet intresse. Utifrån Fossanetjern kan 50 meterskurvan dateras med två C14-dateringar till ca. 6850 f.Kr.

Bjørg Stabell behandlar strandförskjutningen i Telemark. Undersökningen omfattar 17 lokaler. Den gjordes i samarbete med det arkeologiska Telemarksprojektet på 1970-talet (Mikkelsen 1989). Isoleringen bestämdes genom diatoméeranalyser. Höjden för isoleringen bestämdes genom inmätning av tröskeln i fält. I de flesta fallen gjordes en C14-datering på sediment från tiden för isoleringen från havet. De undersökta lokalerna koncentrerades kring dels kring Porsgrunn och dels kring Kragerø. Det resulterade i en kurva för vardera område. Undersökningen i Porsgrunn har störst intresse för vårt projekt. Den baseras bara fem av de 17 lokalerna. Fyra av dessa är C14-daterad med en datering av lagren som är från tiden för isoleringen från havet. Dessa lokaler skulle kunna ha stort intresse för vårt projekt, men stor standardavvikelse och risken för marin reservoareffekt, gör att nyttan av dessa är begränsad.

Ett förhållande som diskuteras av Stabell är ifall det kan ha förekommit någon transgression i Telemark. Transgressioner innebär att havet höjs snabbare än land och härigenom översvämna tidigare torra områden. Detta kan medföra goda bevaringsbetingelser för översvämmade stenåldersboplatser. Transgressioner beror på att mängden vatten i havet ökar så att vattennivån höjs fortare än landhöjningen. Transgressioner förekommer därför i områden med mindre landhöjning. Kring Oslofjorden är landhöjning minst i de sydligaste delarna och längre söderut ner mot Kristiansand på norska sidan och mot Göteborg på svenska sidan, är en transgression väl belagd. Telemarkskusten ligger på gränsen mellan områden med och utan spår av transgression. Stabell menar att det inte finns några belägg för en transgression i Telemark, men att kurvan för Kragerø tidvis är så flack att stranden stått på samma nivå under långa tider (kallas syngression).

Eftersom vårt undersökningsområde sträcker sig mellan Larvik och Porsgrunn, en sträcka på 23 km, är det av stort intresse att bestämma om samma strandförskjutning gäller i hela området. Därför

presenteras de tre kurvorna från Henningsmoens och Stabells undersökningar, tillsammans i figur 2.1.6. Notera att kurvorna här av praktiska skäl är framställda med okalibrerade C14-dateringar. Kurvan för Larvik och Porsgrunn sammanfaller under tiden helt tillbaka till ca. 5000 f.Kr. (= 6000 bp C14-år). Kurvan för Kragerø ligger 5–10 meter lägre fram till de sista 3000 åren. Porsgrunn ligger 5 km norr om Fossanetjern i Larvik där kurvan för södra Vestfold är placerad, medan Kragerø ligger 30 km söder om Porsgrunn och 25 km söder om Fossanetjern. Skillnaden mellan Kragerø och de bägge nordligare kurvorna kan således förklaras av att Kragerø ligger längre söderut. Skillnaden mellan Larvik och Porsgrunn i Henningsmoens och Stabells undersökningar är liten och förmodligen främst förklaras av att C14-dateringarna har stor standardavvikelse och att de i varierande grad ha en marin reservoareffekt. Det finns två argument för att så är fallet. Dels att högsta kustlinjen (marin grense) ligger på ungefär samma höjd mellan Larvik och Skien, ca. 150 m ö.h. (Sørensen *et al.*, band 3 i denna serie). Det andra argumentet är att dagen landhöjning är 2 mm/år både i Larvik och Porsgrunn (Olesen *et al.* 2002).

Strandlinjeförskjutningen i området har också behandlats av Tore Pässe i samband med en modellering av förhållande mellan land och hav för hela den skandinaviska halvön (Pässe 1996: 30–31). Denna undersökning utgör en bearbetning av Henningsmoens och Stabells kurvor och resultatet avviker i liten grad från dessa.

I samband med det arkeologiska utgrävningsprojektet inför ny E18 mellan Sky och Telemark grense (2007–8), påbörjades en förnyad undersökning av strandförskjutningen i undersökningsområdet (Sørensen *et al.* under utgivning). Utgrävningarna i det projektet berörde framförallt lokaler från tidigmesolitisk tid och undersökningarna av strandlinjeförskjutningen koncentrerades därför till den äldsta delen av post-glacial tid, av de 11 platser som undersöktes låg nio högre än 90 m ö.h., de isolerades från havet före 8500 f.Kr. Det stod tidigt klart att de lokaler som skulle undersökas inom vårt projekt i huvudsak skulle komma att ligga lägre, främst mellan 30 och 50 m ö.h. Det var därför viktigt att fortsätta undersökningarna av strandförskjutningen på lägre höjder. Resultaten av undersökningen presenteras mer i detalj i den tredje bandet i denna serie. Den kurva som är resultatet av detta arbete återges i figur 2.2.11b. Det är denna kurva som vi har använt som grundlag för strandlinjedatering av våra boplatser.

FOSFATKARTERING

Fosfatkarteringen har en lång historia i nordisk arkeologi. Det var redan på 1930-talet som Olof Ahrenius vid markkemiska undersökningar noterade att det var förhöjda fosfathalter i marker där det fanns spår av gamla bosättningar (Ahrenius 1935). Metoden fick bland annat stor betydelse i östsvensk stenåldersarkeologi, då var syftet till en början att hitta stenåldersboplatser. Att man även kunde använda fosfatkarteringen till att diskutera funktionen på olika delar av boplatssytan, är idéer som successivt växer fram och som blir ett viktigt tema kring 1970 (Welinder 1971).

En metod baserad på fosfatkartering för att bestämma strandens läge i förhållande till en boplat, utvecklades av Lars Löfstrand (1974) och Noel Broadbent (1979). Denna metod har använts för att bestämma strandens läge i förhållande till stenåldersboplatser på den svenska östkusten. Källan till en förhöjd fosfathalt i marken på stenåldersboplatser är framförallt ben, dvs. slaktavfallet. En vuxen människa har närmare ett kilo fosfor i kroppen (Abrahamsson *et al.* 1983: 94) och en älg ungefär tre gånger så mycket. 80 % av allt fosfor finns i skelett och tänder. På strandbundna boplatser med ett näringsfång inriktat på fiske och fångst av havsdaggdjur är det rimligt att tänka sig att mycket av slakten skedde på stranden och att mycket ben och annat avfall samlas där. Man kan således förvänta en förhöjd fosfathalt i marken både runt bostäderna och längs stranden. Detta betyder att man vid en kartering av fosfat i marken kan bestämma var stranden stått vid den tid då boplatserna var i bruk. I praktiken har undersökningarna av detta bestått i att man mätt fosfathalten i marken längs en linje som går vinkelrätt mot höjdkurvorna. Längs denna linje förväntar man sig två områden med förhöjd fosfathalt, ett högre beläget område som sammanfaller med fyndspridningen och ett lägre beläget område med förhöjd fosfathalt, som sammanfaller med stranden.

Det är många problem med fosfatkartering av stenåldersboplatser. Ett är att fosfathalten kan variera med djupet under markytan. Detta gör att det är komplicerat att samla in prover. Istället för ett prov måste man samla en hel serie med prover på varje provpunkt. Detta begränsar nyttan med fosfatkartering och betyder att det tar mycket tid att samla in proverna.

Inom ramen för vårt projekt har det gjorts två försök med att bestämma strandens läge under tiden för stenåldersbosättningen på platsen genom undersökningar av jordprover. Bägge gjordes vid undersökningarna vid Langangen 2011. Det var på

Sundsaaen 2 och Gunnarsrød 6. Jordproverna har undersökts Johan Linderholm vid Miljöarkeologiska laboratoriet vid Umeå universitet (Linderholm 2012). Undersökningen omfattade bestämning av mängden fosfat med två olika metoder (CitP, Cit-POI), mätning av jordens magnetiska susceptibilitet med två olika metoder (MSIf, MS550lf) och mätning mängden organiskt material i jorden genom att bestämma glödförlusten (LOI).

ANDRA UNDERSÖKNINGAR AV JORDPROV

40 relativt stora jordprov från undersökningarna 2011 skickades till Annine S. A. Moltsen på Natur og Kultur i Köpenhamn för flotering. Förhoppningen var att finna något som gav upplysningar om näringsfånget under stenålder, men inget annat än träkol har framkommit. I samband med undersökningen av Gunnarsrød myr, sändes också ett prov till Moltsen (närmare presenterat i band 3 i denna serie). Detta kom från botten av myren och dateras till ca. 5500 f.Kr. Det är av stort intresse för kartläggningen av miljön men härstammar inte från lager som direkt påverkats av människor.

Från Gunnarsrød myr samlades in ett stort prov i form av en närmare 2 meter lång pelare genom sedimenten. Denna har använts som en lokal i strandlinjeundersökningen. Dessutom har Rolf Sørensen, Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) i Ski, gjort mer detaljerade sedimentundersökningar och Helge I. Høeg, KHM, gjort pollenanalys. Detta för att belysa miljön runt myren och förändringar i denna över tid. Speciellt intresse fästes vid de tjocka lagren med sand och silt som låg över myrlaget i botten. Dessa lager har bildats genom regnvatten strömmat ner över de branta sidorna runt på östra och norra sidan av myren och tagit med sig jordmassor som sedan sedimenterat ute på den flata marken ute på myren. Sådan erosion kan till en del hänga samman med röjningar i skogen i samband med jordbruk och har på så sätt stor betydelse för tolkningen av bosättningen runt myren.

Ett prov från Sundsaaen 2 undersöktes vad gäller förekomst av DNA i jorden (Persson och Melvold kapitel 6, band 2, denna serie). Det var ett försök att finna spår av det avfall som ackumulerats på boplatserna. Undersökningen gjordes av Laura Epp på Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo. Det enda som påträffades var DNA från gnagare, med all sannolikhet från djur som levte på platsen i nutid.

En serie jordprov från Prestemoen 1 har undersökts av Rolf Sørensen, Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) i Ski, för att avgöra om sanden

på platsen härstammar från strandavsättningar eller om det rör sig om flygsand (Persson kapitel 10, detta band).

Ett jordprov från Langangen Vestgård 7 har undersöks av Rolf Sørensen och Helge I. Høeg för att se vad jordens mörka färg beror på (Reitan kapitel 14.6, band 2, denna serie). Det räckte med enkel mikroskopering för detta eftersom färgen berodde på finfördelad träkol.

En omfattande undersökning har gjorts av jordprover insamlade på Vallermyrene 2 (Reitan kapitel 11, band 2, denna serie). Proverna har samlats in form av tre jordpelare genom kolluvium i gammal åkermark. I alla tre syntes ett lager med stort kol-innehåll i botten av den kulturpåverkade sekvensen, på ca. 1 m djup under dagens markyta. Detta tolkades som en röjningsfas och som en möjlig första åkermark på platsen. Dateringarna från de tre proven var relativt enhetliga och mellan 360 f.Kr. och 76 e.Kr. För att närmare undersöka markanvändningen på platsen före, under och omedelbart efter den förmodade röjningsfasen sändes de tre proven till Richard I. Macphail, Institute of Archaeology, University College London som gjorde de vidare undersökningarna i samarbete med Johan Linderholm och Fredrik Olsson vid Miljöarkeologiska laboratoriet vid Umeå universitet. Undersökningarna innefattade jordmikromorfologistudier av valda delar av proven, pollenanalys, bestämning av fosfathalt, magnetisk susceptibilitet och andelen organiskt material i sekvenser genom provkolonnen, pollenanalys och artbestämning av träkol och andra brända växtdelar.

OSTEOLOGI

Fynd av djurben är ett av de bästa sätten att få kunskap om näringsfång under stenålder. Benen utgör i regel matrester. Om man har tillgång till ett större benmaterial kan det också gå att dra slutsatser om boplatsernas säsonganknytning, jakt- och fiskemetoder, etc. Horn och ben är också ett viktigt råmaterial för tillverkning av redskap.

Obrända ben bevaras i regel inte i sura jordar som de i större delen av vårt undersökningsområde. Apatiten, det hårda materialet i benen, löses upp av syra och lämna det organiska materialet oskyddat så att det blir uppätet av mikroorganismer. Brända ben är kemiskt och fysikaliskt omvandlade så att de motstår syra bättre och de innehåller dessutom mycket lite organiskt material och är därför ointressanta för mikroorganismer.

På tre stenåldersboplatser påträffades större mängder brända ben. Det var från två av undersökningarna under 2011 på Langangen Vestgård; LV 1

(Melvold och Eigeland kapitel 12, detta band) och LV 6 (Reitan kapitel 8, band 2, denna serie). Dessa ben blev osteologiskt bestämda Emma Sjöling vid Societas Archaeologica Upsaliensis i Uppsala. Under 2012 påträffades förhållandevis mycket ben på Prestemoen 1 (Persson kapitel 10, detta band). Det var en mycket hög andel fiskben. Dessa ben bestämdes av Leif Jonsson, Naturhistoriska museet i Göteborg, till en del redan i fält. Bestämning av fiskben är mer krävande vad gäller tillgång till referenssamlingar, samlingen i Göteborg är en av de bästa.

Leif Jonsson bestämde också en del fynd av mindre mängder brända ben på utgrävningarna under 2012. Inga av dessa ben gick att närmare artbestämma, men i flera av fallen kunde misstankar om att det rörde sig om människoben avskrivas.

Vid sidan av brända djurben från boplatserna påträffades tre brandgravar på Herregårdsbekken under 2011 (Eggen kapitel 13, band 2, denna serie). Benen från gravarna blev osteologiskt bestämda Emma Sjöling vid Societas Archaeologica Upsaliensis i Uppsala.

SLITSPÅRANALYSER

Det har sedan länge stått klart att endast en liten del av stenredskapen är tillformade så att de urskiljs av arkeologerna som redskap på morfologiska kriterier. Detta betyder att mycket av det vi klassificeras som avslag och fragment kan ha varit redskap. Ett fragment med en vass kant kan sättas fast i ett handtag och fungera som eggen i en kniv, en hyvel, en stickel eller liknande.

Slitspårsanalys är en metod för att studera hur stenredskap har använts. Metoden hör nära samman med experimentell arkeologi. För att kunna avgöra hur olika spår på stenredskapen är relaterade till deras användning behövs det ett jämförelsematerial med redskap som har använts på ett känt sätt. Genom att i mikroskop jämföra de skador som finns på de experimentellt använda redskapen med de som finns på artefakter från arkeologiska utgrävningar, kan det gå att bestämma hur de arkeologiska föremålen använts en gång i tiden.

Från vårt projekt har Kjell och Helena Knutsson vid Uppsala universitet och Stoneslab, genomfört slitspårsanalyser. Syftet var att försöka utreda funktionen för två nya typer av flintföremål. Den ena av dessa kallas «nøklegårdsspisser» som noterades först vid undersökningar längs E18 mellan Sky och Langangen (Jaksland och Bugge Kræmer under) utgivning. Liknande föremål framkom vid våra undersökningar vid Solum 2 och 3 under 2012 (Fossum kapitel 10, band 2, denna serie). Det är små retuscherade

spetsar med okänd funktion, daterade till senneolitikum/bronsålder. De som påträffades vid nämnda E18 projekt hade tidigare undersökts av Knutsson & Knutsson (Knutsson och Knutsson under utgivning). Den andra nya typen som undersöktes vad gäller bruksspår är mikropsån med en speciell retusch som påträffades vid undersökningen av Sundaasen 1 boplatser (Eggen kapitel 8, detta band). De dateras till mellanmesolitikum och det förmodades att det rörde sig om en typ av mikrolit.

BERGARTSBESTÄMNINGAR

Projektet har konsulterat Geolog Erik Ogenhall från UV-GAL i Uppsala för enkel bergartsbestämning. Detta gällde bestämning den «metaryolit» som förekommer som alternativ till flinta på en del av våra äldsta boplatser, bestämning av bergarter i yxor och avslag från yxtillverkning, bestämning av bergarten i block på Langangen Vestgård 1, och bland den skörbrända stenen på Vallermyrene 1 (undersökningarna behandlas närmare i band 3 i denna serie).

Den omfattande tillverkning och användning av bergartsyxor framförallt under nøstvetfasen, väcker frågor om hur man skaffat fram råmaterialet. För att komma längre med dessa frågeställningar har projektet haft ett samarbete med Dr. Kjell Billström på Isotopgeologiska avdelningen, Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm, som undersökt 10 prover från Vallermyrene 4. Det bedömdes på förhand att alla proverna var avslag av diabas. Som jämförelsematerial inkluderades ett prov från en diabasgång vid Rognstranda som ligger 14 km söder om Vallermyrene 4 och från basalt som är berggrunden ca. 500 meter öster om Vallermyrene 4, se figur 2.1.4. Förekomsten vid Rognstranda ligger på dagens havsnivå och kan inte ha varit råmaterial till nøstvetyxor. Basalt är i princip samma vulkaniska bergart som diabas. Undersökningen består i att förekomsten av olika isotoper av neodym (Nd), strontium (Sr) och bly (Pb) bestäms med masspektrometer. Isotopsammansättningen beror till stor del på bergartens ålder och olika diabaser och basalter kan härstamma från vitt skilda geologiska perioder. Förhoppningen är därför att det skulle vara möjligt att skilja olika diabasförekomster på detta sätt. I Norge finns det sedan tidigare en framgångsrik undersökning från Vestlandet som utförts med denna metodik (Bergsvik 2006: 123). Resultatet av vår undersökning kom för sent för att inarbetas i rapporten för Vallermyrene 4, men de diskuteras i samband med de andra resultaten från projektet (Persson, band 3 i denna serie).

POLLENANALYS

Området kring Porsgrunn har kambrosilurberggrund och kan tyckas lämpat för jordbruk under tidigneolitikum. Många har menat att området ligger på gränsen för trattbägarkulturens utbredningsområde. En tolkning som går tillbaka på Eric Hinsch (Hinsch 1955), är att jordbruket introduceras under tidigneolitikum men att det därefter sker en avneolitisering och en återgång till fångstnäringarna. Detta förlopp skulle i så fall kunna beläggas med pollenanalyser. I en serie arbeten från 1970-talet var Stig Welinder en ivrig förespråkare för denna tolkning när det gäller neolitikum i området runt Stockholm (ex. vis. Welinder 1975). Han menade också att man kunde se förloppet i pollendiagram.

Egil Mikkelsen och Helge I. Høeg har undersökt förhållandena i Telemark utifrån arkeologiskt och vegetationshistoriskt källmaterial (Mikkelsen och Høeg 1979; Mikkelsen 1989). De drar då slutsatsen att det endast är spår av husdjur under tidig- och mellanneolitisk tid och att det inte finns några tecken på en avneolitisering som den Hinsch och Welinder tänkte sig. Husdjursskötseln är enligt denna tolkning ett komplement till jakt, fiske och insamling under tidig- och mellanneolitikum, jordbruket får sitt egentliga genombrott först i senneolitikum.

På ett avstånd av mindre än 10 km från vårt undersökningsområde har det gjorts 8 pollenanalyser i samband med Telemarkprojektet på 1970-talet. Fem av dessa faller bort eftersom de av olika anledningar inte har några relevanta sediment från neolitikum. I de tre återstående (Demningen Stamland, Myr ved Halvarptjern och Skogstjern Bamble) är det glest mellan proverna i pollendiagrammens neolitiska avsnitt. Det är ca. 300–500 år mellan varje prov, detta betyder att en kortvarig tidigneolitisk period med jordbruk som den som föreslagits av Hinsch och Welinder, helt kan ha undgått upptäckt. För att undersöka om så är fallet har nya prover tagits på en av de lokaler som tidigare använts av Mikkelsen och Høeg. Syftet var att öka upplösningen så att avståndet mellan proven under det neolitiska avsnittet reducerades till något 10-tal år. En viktig punkt var också att förbättra dateringen genom att endast acceptera C14-dateringar som utförts på delar av växter från land. Detta med tanke på att dateringar på sedimenten i sig kan ha en reservoareffekt.

Valet av lokal föll på Skogstjern, Bamble (Høeg i Mikkelsen 1989: 379–80). Lokalen ligger på 58 m ö.h. och låg således i inlandet under tidigneolitikum, då havet stod 25–30 m högre än idag. Høegs

slutsats efter undersökningen under 1970-talet var att det bara fanns svaga spår av jordbruk före senneolitikum. Skogstjern ligger på urberg men några km rakt söder om kambrosiluumrådet och lösmassorna bör därför ha haft ett stort kalkinnehåll. Det bör ha varit ett av de bästa områdena som fanns tillgängligt för neolitiskt jordbruk i närheten av vårt undersökningsområde.

Uppdraget att utföra pollendiagrammet gick till Prof. Dr. Wiebke Kirleis Institut für Ur- und Frühgeschichte der Christian-Albrechts-Universität Kiel. Där Skogstjern var som djupast togs prover från isen tidigt 2013. Från dessa undersöktes en 1,4 m sedimentsekvens som daterades till mellan senmesolitikum och senneolitikum. Detta baseras på C14-datering av tre fynd av delar från landväxter. De analyserade proven ligger på 25–31 års mellanrum (undersökningarna behandlas närmare i volum 3 i denna serie).

Inom ramen för undersökningen av strandlinjeförskjutningen gjordes också pollenanalyser av Helge I. Høeg. I undersökningarna deltog även Kari Henningsmoen. Hon har tidigare gjort pollenanalyser i samband med sitt arbete om strandlinjeförskjutningen i Vestfold (Henningsmoen 1979). Dessa är inte publicerade, men trots detta har en av dem kommit in i den arkeologiska diskussionen kring tidigt jordbruk runt Oslofjorden. Det rör sig om Napperødtjernen utanför Sandefjord. Einar Østmo har omnämnt denna som ett exempel på att det förekom jordbruk under tidigneolitikum runt fjorden (Østmo 1988). Napperødtjernen blev åter aktuell för undersökning inom ramen för vårt projekt, detta för att förbättra dateringen av dess isolation från havet. I samband härmed samlades nya prover, det gjordes en ny pollenanalys och daterades nya prover. Därmed kom Henningsmoens tidigare pollendiagram åter att bli aktuellt. Det blir därför publicerat här i samband med undersökningen av strandlinjeförskjutningen, men den är också av stort intresse i samband med diskussion kring jordbruk under tidigneolitikum runt fjorden. Napperødtjernen ligger i ett av Norges viktigaste jordbruksområden. Diagrammet därifrån kan därför användas som en kontrast mot iakttagelserna från Skogstjern som ligger i ett område där jordbruket är av liten omfattning idag.

Resultaten av pollenanalyserna diskuteras närmare i samband med de andra resultaten från projektet (Persson, band 3 denna serie).

UNDERSÖKNINGAR AV KERAMIK

Keramik som förmodligen härrör från neolitikum har påträffats på några av de undersökta boplatserna.

De intressantaste fynden är de från Langangen Vestgård 6 (Reitan kapitel 8, band 2, denna serie) och Gunnarsrød 5 (Reitan kapitel 9, band 2, denna serie). Från Langangen Vestgård 6 härstammar ett relativt rikhaltigt material där det även ingår ornerade skärvor. De dateras till tidigneolitikum både enligt strandlinjekurvan och enligt C14. Det är med stor sannolikhet trattbägarkeramisk även om kärlformerna inte helt säkert kan bestämmas i det fragmentariska materialet. Från Gunnarsrød 5 är det framförallt några stora bitar av ett kärl. Det är ett oornrat kärl. Kärlet har daterats till SN genom direkt C14-datering av sot i godset.

I bägge fallen relaterar keramiken direkt till centrala frågeställningar kring neolitiseringsen. Såväl frågor om kulturella kontakter som om vad man använt keramiken till. Det har under det senaste årtiondet skett en omfattande metodutveckling genom en kombination av gaskromatografi och masspektrometri har det bl.a. blivit möjligt att detektera ifall det förvarats mjölk/-produkter i kärlet (Craig et al. 2005). Med samma metodik går det också att påvisa fisk och havsdäggdjur (Craig et al. 2011). Det har dock inte lyckats oss att få genomfört några sådana undersökningar på våra fynd. Detta beror framförallt på att det är så få laboratorier som kan genomföra sådana undersökningar och att inget av dessa gör undersökningar på uppdragsbasis. När projektet precis var slut lyckades vi få med 10 skärvor från Langangen Vestgård 6 i en undersökning i Leipzig, eventuellt kan resultatet presenteras i band 3 i denna serie. En enklare metodik är att mäta halten av isotoperna C13 och N15 i sådan beläggning på kärlet som kan misstänkas häröra från vidbränd mat. Dessa resultat kan jämföras med referensprover, men även med kärl från andra kontext (Craig et al. 2011: 2, för mätvärden på kärl från neolitikum i Sydskandinavien). Tre skärvor från Langangen Vestgård 6 blev undersökta. Undersökningen gjordes av Prof. Carl Heron, Archaeological and Environmental Sciences, University of Bradford (Persson & Reitan, band 3 i denna serie).

På en keramikskärva från Nedre Hobekk 2 C14-daterades en förkolnad beläggning. Sådana dateringar är pålitliga om innehållet i kärlet inte kommer från havet eller från färskvatten med reservoareffekt. C13-värdet (delta C13: -26,3 promille) visar att det i detta fall rör sig om ett innehåll som härstammar från land alternativt sötvatten. Hallenvannet ligger bara 350 meter från fyndplatsen men berggrunden på platsen är larvikit, se figur 2.1.5, och det betyder att det inte finns anledning att misstänka att det någon reservoareffekt i fisk därifrån, eftersom reservoareffekten beror på kalciumkarbonat

från kalkhaltig berggrund. Dateringen av matskorpan från Nedre Hobekk 2 angav en ålder ungefär samtida med ett bränt ben från samma plats. Detta tyder på att det inte finns någon reservoareffekt.

XRF SPEKTROMETRI

XRF Spectrometry betyder röntgen-fluorescensspektrometri. Ett ämne som träffas av en elektronstråle kommer att avge röntgenstrålning. Denna strålning är karaktäristisk för olika grundämnen och därigenom kan dessa detekteras och kvantifieras. Alla grundämnen kan inte detekteras, men bland de som går att bestämma ingår en lång rad av grundämnen som förekommer i berg och därmed i mineralogena sediment. Det gäller dels ämnen som kisel som utgör en mycket stor andel av många bergarter, men också en lång rad sällsynta ämnen som kan karaktärisera berggrunden i olika områden. Leran i ett område härstammar till stor del från den lokala berggrunden och därigenom kan ge en karaktäristisk XRF-signal. I vilken mån detta kan vara av intresse bero på hur berggrunden varierar. Stora delar av vårt undersökningsområde har larvikit-berggrund, men området runt Porsgrunn har kambrosilurberggrund. Det är rimligt att anta att det skulle gå att skilja keramik från dessa bägge områden åt.

XRF är en gammal metod, men under senare år har den blivit vanlig i arkeologin genom en ny utrustning «Handheld XRF Spectrometry». Denna underlättar undersökningen på ett avgörande sätt genom att det inte behövs något laboratorium, att vem som helst kan göra mätningen och att den enskilda mätningen tar bara ett par minuter. Att mätningen går så snabbt har betydelse för undersökning av keramik eftersom det oftast är leran man är intresserad av att undersöka. I keramikmassan igår också magring och den vill man undvika vid dessa undersökningar. Därför måste det till flera mätningar på varje keramikbit.

Vi har lånat utrustning och fått hjälp med mätningarna av Professor Anders Lindahl, Laboratory for Ceramic Research, Lunds universitet. Gaute Reitan som arbetat som utgrävningsledare gjorde själv mätningarna på keramiken från Langangen Vestgård 6 och Gunnarsrød 5. För att ge perspektiv på undersökningen inkluderades även några skärvor från projektet E18 Bommestad - Sky i den undersökningen.

Vi har även gjort försök med att dokumentera ornamentiken med en laserskanningsmetod som används vid laboratoriet i Lund. Detta gäller den dekorerade keramiken från Langangen Vestgård 6.

2.8 NATURAL SCIENCE

All radiocarbon datings used in this project are results of accelerator mass spectrometry (AMS) investigations. The datings used by the project are made at five laboratories:

- National Laboratory for C-14 dating, NTNU, Trondheim, 39 datings (lab. no. TRa-)
- Ångström Laboratory, Div. of Ion Physics, C-14 lab, Uppsala, 26 datings (lab. no. Ua-)
- ¹⁴C/CHRONO Centre, Queens University Belfast, 40 datings (lab. nr. UBA-)
- Beta Analytic, INC, USA, 5 datings (lab. no. Beta-)
- Lund University Radiocarbon Dating Laboratory, 1 dating (lab. no. LuS-)

In total, 115 radiocarbon datings are made in the project (a complete list in volume 3, this series), 104 in connection with archaeological investigations and 11 in connection with the investigation of the shoreline displacement. Beside this, more datings were made in connection with the shoreline studies and also with pollen analysis, but they were not paid directly by the project.

All datings in this publication are given as calibrated calendar years BC or AD. The mean standard deviation for the datings in the project is 36 years. The calibration is carried out on the radiocarbon age and two standard deviations, giving 95.4% probability for the right age inside the resulting interval. All datings are calibrated with OxCal v. 4.1 (Ramsey 2009) with the calibration curve IntCal 09 (Reimer et al. 2011).

A special problem is that in the earlier typological-chronological discussions, uncalibrated radiocarbon datings have been used widely. Therefore, there is still a need for references to uncalibrated datings. In such cases, the uncalibrated datings are given in BP in parentheses after the calibrated value.

Radiocarbon dated charcoal pieces have been determined to species before dating. This has been done by Helge I. Høeg.

Most of the archaeological datings in this project are made on charcoal. The main source of error for datings made on charcoal is that there is in many cases a weak connection between the dated charcoal and the archaeological phenomenon of interest. A big share of the datings made on charcoal from our sites also turns out to be younger than expected from the Stone Age finds on the site.

The second-most common dated material is burned or cremated bones. There are no specific sources of error known for this type of material.

Two datings have been made on organic remains on pottery.

Shoreline dating has been extensively used in Stone Age research in south-eastern Norway and western Sweden. The location of the shore at different times can be determined by specialist investigations. This dating is summarized in a shoreline displacement curve. In our project, there has been undertaken such investigations to improve the knowledge of the shoreline displacement and the dating of Stone Age sites (ch. 2.2, this volume). This curve is constructed independent of the archaeological datings.

Most Stone Age sites are assumed to have been situated directly on the shore. This is an assumption that has rarely been investigated. In two cases, our project has tried to use soil phosphate to determine the relation between the sea and the settlement site. The results seem to confirm that the sites have been situated directly on the shore.

Differential analyses of soil samples have been undertaken in the project. The most extensive ones are in connection with layers that are supposed to be from an Iron Age cultivated field at the Vallermyrene 2 site (ch. 11, vol. 2, this series). These analyses aimed to determine the land usage in the Iron Age.

Finds of bones are rare on Stone Age sites in south-eastern Norway and western Sweden. On the sites investigated in our project, there are only few finds of burned or cremated bones. Unburned bones do not survive in the acidic soil that dominates in the area. Only one of the sites has a larger amount of bones found, the Prestemoen 1 site (ch. 10, this volume). Three Iron Age cremation graves have been investigated (ch. 13, vol. 2, this series). Osteological investigations have been carried out by Emma Sjöling (sites investigated in 2010 and 2011) and Leif Jonsson (sites investigated in 2012).

Lithic use-wear analyses have been carried out on some of the flint assemblages, especially regarding a new type of artifact, the «nøklegårdspiss.» This artifact is dated to the Late Neolithic (ch. 10, vol. 2, this series).

Determination of the types of rock used for the production of stone axes and adzes has been carried out in some cases. An investigation with isotopic geological methods has been carried out on axe-production waste from the site Vallermyrene 4 (ch. 4, vol. 2, this series).

Pollen analysis has been of great importance in the history of research on agriculture during the Stone Age. In the 1970s, the Telemark project used archaeological and pollen-analytical methods

for investigation of the introduction of agriculture. The conclusion then was that the first agriculture was grassing animals during the Early Neolithic and that cereal cultivation gained importance first in Late Neolithic time. A rival theory has been that there was one Early Neolithic agricultural phase, followed by a period when agriculture was abandoned and later a reintroduction in the Late Neolithic. To distinguish between these two alternatives, we have carried out a new pollen analysis on one of the lakes that were investigated already in the 1970s. The new analysis is better dated, and the sampling are much denser, thereby giving a much better time resolution in the Late Mesolithic / Early

Neolithic part of the diagram. The analysis has been carried out at Institut für Ur- und Frühgeschichte der Christian-Albrechts-Universität Kiel.

Some special investigations have been carried out on the ceramics found on the Early Neolithic Langangen Vestgård 6 site (ch. 8, vol. 2, this series). Food remains on three shards have been investigated for carbon and nitrogen isotope ratios (C13 and N15). Shards have also been investigated for the element composition of the clay by XRF Spectrometry. Investigations with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) to get information about the content of the pots are planned.