



Holocen vegetasjonshistorie og utviklingen av en myr i søndre Akershus

Rolf Sørensen, Helge I. Høeg og Arne Pedersen

Sørensen, R., Høeg, H.I. & Pedersen, A. 2015. Holocen vegetasjonshistorie og utviklingen av en myr i søndre Akershus. *Blyttia* 175-191.

Holocene vegetation history and the development of a bog in southern Akershus county, southeastern Norway.

The vegetation history is based on detailed pollen-analysis, 16 radiocarbon dates, and other proxies from the seven meter deep Rustadmåsan bog in southern Akershus county. Seven pollen assemblage zones, mainly based on the immigration and spread of forest trees, are defined. The basin was isolated from the sea ca. 10 300 calibrated C-14 years ago, shortly after the spread of Hazel *Corylus avellana*. Birch *Betula tortuosa* and Scot's Pine *Pinus silvestris* were already established. The next forest tree to establish in the bog surroundings was Alder ca. 9 200 yrs bp, first gray Alder *Alnus incana*, later the black Alder *A. glutinosa*. At the same time Wych Elm *Ulmus glabra* became common, and Oak *Quercus robur* was also present. Around 7600 years ago the Linden *Tilia cordata* spread on the thicker soils in the surroundings. A few ash-trees *Fraxinus excelsior* were present. Sphagnum spores are common from ca. 8700 years bp, and vegetation with *Calliargon cordifolium*, *Sphagnum teres*, some *Warnstoftia procera* and common spikerush *Elocharis palustris* indicate floating bog mats along the margins of the small tarn. About two thousand years later the tarn was completely overgrown. Under drier conditions hummocks developed on an ombrotrophic bog. This is indicated by dominance of *Sphagnum fuscum*, with some *Dicranum bergeri*, *Polytrichum strictum* and *Pholia nutans*. The last tree to immigrate was Norway Spruce *Picea abies*. Small stands may have been present from ca. 2000 yrs pb, but the spruce expansion in this area first occurred around 1500 years ago. Indicators of agriculture occur ca. 2500 years ago in this bog, but the early agriculture commenced in the region ca 5000 years ago. Climatic changes are discussed.

Rolf Sørensen, Institutt for miljøvitenskap, Norges miljø- og biovitenskaplige universitet, NO-1432 Ås
rolf.sorensen@nmbu.no

Helge I. Høeg, Kulturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, NO-0130, Oslo helge@hoeg.no

Arne Pedersen, Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, NO-0318, Oslo amp@nhm.uio.no

På midten av 1800-tallet ble det utført en del myrundersøkelser i Nord-Europa, og disse inspirerte blant annet botanikeren og geologen Axel Blytt til «lagttalelser over det sydøstlige Norges Torvmyre» (1882). Senere kom hans kontroversielle avhandling om myrenes vitnesbyrd om vegetasjon-innvandring og klima (Blytt 1876). Forstmester P. Chr. Asbjørnsen konstruerte et myrbor som gjorde det lettere å undersøke lagdelingen i myrene. Modellen er senere utviklet som «Hiller-boret» og det har vært mye brukt fram til nåtid. Asbjørnsen var opptatt av den praktiske utnyttelsen av torv og skrev en bok om dette i 1868. Etter oppdrag fra Norges geologiske undersøkelse undersøkte G.E. Stangeland 266 myrer i det sydlige Norge, med fokus på deres utnyttelse (Stangeland 1896, 1897). Blytts student Jens Holmboe videreførte slike undersøkelser på Sør-Østlandet, men han la vekt på innholdet av planterestene i de forskjellige lag

i myrene (Holmboe 1903) og deres betydning for plante-innvandring og klima. Han og flere andre var svært kritisk til Blytts klimateori. Sernander (1908) forsvarte derimot teorien og utviklet den videre. Den ble senere kjent som «Blytt-Sernanders klimavekslingsteori». Holmboe og de tidligere nevnte myrforskerne, beskrev hovedsaklig innholdet av høyere planter i myrene. Torvmosene ble bare omtalt som 'Sphagnum-torv'.

En ny æra i myrforskningen ble introdusert av Lennart von Post på et foredrag i Kristiania i 1916, hvor han la grunnlaget for den moderne pollenanalysen. Hans undersøkelser av «Skogstrådpollen i sydsvenska torvmosslagerföljder» ble publisert i 1918. Den norsk kvartærgeologen Gunnar Holmsen tok straks metoden i bruk og skrev om vegetasjon-utviklingen i norske myrer (Holmsen 1919, 1922). Holmsen var gift med botanikeren Hanna Resvoll Holmsen, og kunne sannsynligvis derfor beskrive





forskjellige sphagnum-arter i en del av de myrene han undersøkte. Senere gjorde Ording (1934) noen pollenanalytiske undersøkelser i Norges kystdistrikter.

Pollenanalysen i Norge skjøt fart etter at Knut Fægri hadde deltatt på et kurs hos Lennart von Post i Stockholm. Han skrev «Om prinsippene for våre myrers og torvmarkers klassifikasjon» (Fægri 1935). Han forbedret Blytt-Sernanders inndeling av postglasial tid, ved å innføre og tilpasse den danske inndelingen med kombinasjon av vegetasjonssoner og klimasoner, etter forholdene på Sør-Vestlandet (Fægri 1940, 1944). Dette ble formalisert på den 3. internasjonale konferanse om kvartær vegetasjonshistorie i København i 1953. Sen-glasial ble inndelt i 3 soner, og post-glasial i 6 soner etter de klassiske klimasonene: preboreal (sone IV) til subatlantisk tid (sone IX) (atlantisk periode ble delt i to). Det ble tidlig forstått at de forskjellige sonene ikke var synkrone, men avhengig av breddegrad og regionale klimaforskjeller. Det var derfor et nytt stort steg fremover, også for pollenanalysen, da det ble mulig å foreta absolutt datering med radiokarbonmetoden fra begynnelsen av 1950-årene.

Fægri skapte en 'skole' i Bergen og utdannet grunnstammen av norske pollenanalytikere. Sammen med Johannes Iversen i København skrev han en lærebok i pollenanalyse (Fægri & Iversen 1950) som ble en verdens-suksess. Boken er nå utgitt i fjerde utgave.

På Østlandet ble vegetasjonshistorien basert på pollenanalyse videreført av Ulf Hafsten (1956) for indre Oslofjord og for søndre Østfold av Anders Danielsen (1971). Kari E. Henningsmoen har stort sett arbeidet i Vestfold (Henningsmoen 1974, 1980). De tre nevnte paleobotanikerne og deres mentor Knut Fægri, utviklet en ny metode for å beskrive landhevningen i Norge ved hjelp av pollen- og diatome-analyse – «den nordiske modellen». Supplert med radiokarbon-dateringer, brukes denne metoden i dag mange steder i verden.

I nyere tid er det utført mange vegetasjonshistoriske undersøkelser på Østlandet, hovedsakelig i forbindelse med arkeologiske undersøkelser (Høeg 1982, 1997, 2002).

I følge Holmboe (1903) var E. Ryan den første som undersøkte mosefloraen i norske torvmyrer. Ryan bestemte 8 sphagnum-arter og 7 andre moserarter i enkeltprøver fra myrer på Østlandet (Ryan 1894). Etter Holmsen (1922) har undersøkelser av makro-rester i Østlandets torvmyrer vært nesten fraværende. Noen moderne analyser av frø og andre rester av høyere planter har blitt utført i forbindelse

med arkeologiske undersøkelser (Griffin 1988). Eilers har Hillary H. Birks arbeidet med makrofossiler i sedimentkjerner fra myrer og tjern i Norge (Birks 1994, Birks 2015, og referanser der). I moderne vegetasjonshistoriske undersøkelser fra Europa er det i dag vanlig å analysere makrorester av høyere planter og moser, i tillegg til pollenanalysen.

Tradisjonelt har mikroskopet vært det viktigste verktøyet for en pollenanalytiker, og kvaliteten på mikroskopene har bedret seg enormt siden Gunnar Holmsens tid. Objektiver med 1000 x forstørrelse, immersjon og fasekontrast, har forbedret mulighetene til å identifisere pollenkornene. I nyere tid har elektron-mikroskopi blitt brukt til mer detaljert analyse av pollen-typer. Automatisk form-gjenkjennelse via en datamaskin koblet til et elektron-mikroskop kan være en metode som vil rasjonalisere pollenanalysen. Andre metoder for å identifisere pollenkorn er under utprøving, blant annet ved bruk av infrarød spektroskopi (Zimmermann & Kohler 2014).

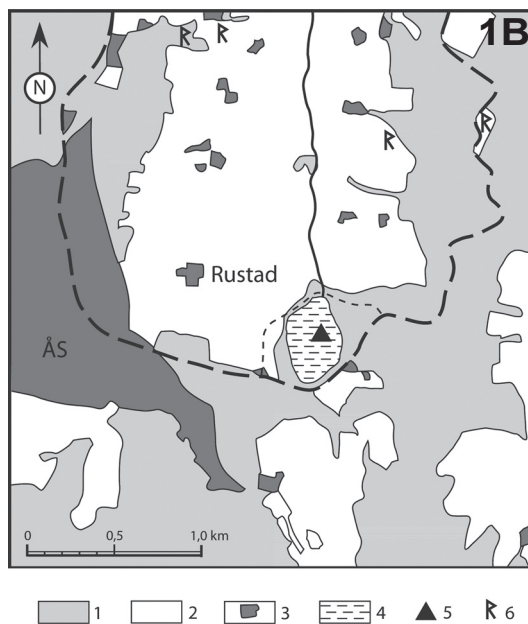
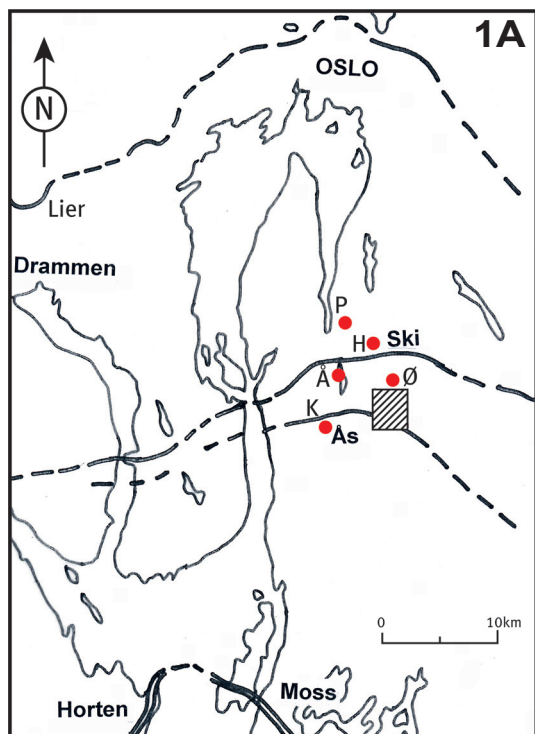
Nye myrundersøkelser i søndre Akershus

I forbindelse med kvartærgeologiske prosjekter i søndre Akershus, har det blitt utført pollenanalyser i en rekke myrer og tjern. Noen av de viktigste er vist på figur 1A. Korsegårdsmyra (PM 981, 150) ble valgt til en av typelokalitetene for Østlandet i IGCP-prosjekt 158B, «International Geological Correlation Programme 158: Palaeohydrological Changes in the Temperate Zone in the last 15 000 years. Subprogramme B. Lake and Mire Environments» (Moe et al. 1996). Undersøkelsene i Rustadmåsan i Ås (PM 033, 157) gir et betydelig bedre grunnlag for å beskrive den postglasiale (holocene) vegetasjonshistorien for Folloregionen i søndre Akershus. Data fra de andre lokalitetene som er vist på figur 1A brukes som supplerende opplysninger. I tillegg til vegetasjonshistorien, forteller også avsetningene og mikrofossilene i myrer og tjern en del om endringer i klimaet. Inndelingen av postglasial tid følger Mangerud et al. (1974). En foreløpig versjon av vegetasjonshistorien for søndre Akershus er publisert av Sørensen et al. (2011).

Berggrunn, kvartærgeologi, topografi og klima

Det prekambriske grunnfjellet i området domineres av gneiser og migmatitter (Berthelsen et al. 1996). Flere nord-sørgående sprekkesystemer i grunnfjellet bidrar til et svakt undulerende landskap





Figur 1. A Lokalisering av et utvalg av undersøkte lokaliteter (røde prikker). Firkanten markerer figur 1B. De viktigste israndtrinnene, fra Raet (ved Moss-Horten) til Akertrinnet (fra Oslo til Lier), er markert med tykke svarte linjer. K: Korsegårdsmyra i Ås. (Moe et al. 1996); H: Hebekkmåsan i Ski (RS); Å: Årungen i Ås (RS); Ø: Østensjøvannet i Ås (HIH); P: Pollevannet i Ås (RS). Lokalitetene er undersøkt av Rolf Sørensen (RS) og Helge Irgens Høeg (HIH). **B** Rustadmåsan i Ås med nåværende arealbruk. 1. Skog og utmark. 2. Dyrka mark. 3. Tettbebyggelse og gårdstun. 4. Rustadmåsan, med nedbørsfelt (stiplet linje). 5. Hovedkjerne. 6. Fornminner – gravhauger. Grov stiplet linje: Del av nedbørsfeltet til bekken som drenerer Rustadmåsan.

med nord-sørgående daldrag fylt av tykke marine avsetninger, og lave åsrygger med noe mindre løsmasser. Det finnes en rekke øst-vest orienterte morenerygger (israndavsetninger) i området (Nordahl-Olsen 1987). De mest dominerende er Ås og Ski morenekompleksene (figur 1A). Fronten av innlandsisen trakk seg bort fra Ski-morenen for ca. 11 500 år siden. Under isavsmeltingen var den marine grense (MG) ca. 210 m over nåværende havnivå, og i første del av postglasial tid var landhevingen meget rask (Sørensen 2006). For flere detaljer om geologien i søndre Akershus, se Sørensen (2008).

Det finnes temperaturdata fra Ås fra 1861, mens sammenhengende nedbørdata bare er tilgjengelige fra 1931 (Heldal 1975). Årsmiddeltemperaturen har variert mellom 4,9 °C i perioden 1861–1920 til 5,6 °C i perioden 1921–1950. Det meste av stigningen skjedde mellom 1870 og 1940. I siste periode (1961–90) er årsmiddelet 5,3 °C. Vekstsesongen har øket fra 175 dager i 1870-årene til omtrent 188 dager mellom 1975 og 1990 (Grimenes & Nissen 2004).

Årsnedbøren har vært 785 mm i begge periodene 1931–1960 og 1961–1990 (Heldal 1975, Hansen & Grimenes 2014). Vanligvis er det et nedbørunderskudd i juli på ca. 20 mm, mens det

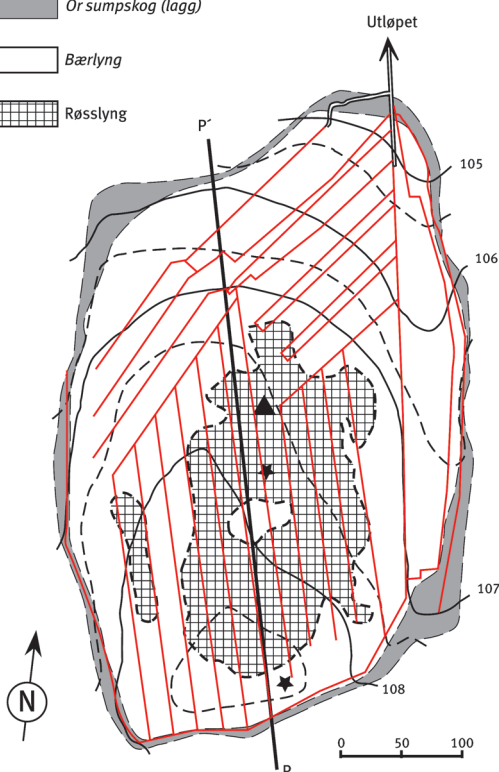
er nedbøroverskudd i august og september (Heldal 1975). Tidligere tiders klima diskuteres i et eget avsnitt.

Tegnforklaring:

Orsumpskog (lagg)

Bærlyng

Røsslyng



Figur 2. Forenklet vegetasjonskart over Rustadmåsan (modifisert etter Brække m. fl. 1977). Høydekurver er gitt med full strek (1 m intervaller) og stiplede strek (0,5 m intervaller). Trekant viser posisjon til hovedkjernen. Stjerner viser supplerende borer. Linjen P-P' er et lengdeprofil, hovedsakelig basert på georadarregistreringer (figur 4). Røde linjer: Grøfter – torvskjæring i nordøstre del.

Simplified vegetation map of the Rustadmåsan bog (modified from Brække et. al. 1977). Contours are drawn with solid lines (1 m intervals) and stippled lines (0.5 m intervals). Triangle show position of main core. Stars show additional corings. The line P-P' is a length-profile mainly based on georadar recordings (figur 4). Red lines: Drainage ditches – peat-cutting in the north-eastern part.

Myrbassenget

Rustadmåsan ligger i en forskenkning mellom hovedryggen i Åsmorene-komplekset i syd og en mindre morenerygg i nord som er delvis dekket av leire (figur 3). Utløpet (terskelen) er i dag mellom 104 og 105 m o.h. (figur 2). Ved terskelen er det nesten ikke fall, og det har sannsynligvis ikke skjedd noe

2

særlig erosjon i de marine leirene etter at bassenget ble isolert fra havet 10 300 ± 100 år før nåtid (Sørensen 2006). Rustadmåsan har i dag et areal på omtrent 145 daa, og arealet med overflateavrenning til myren er ganske lite (figur 1B).

Rustadmåsan kan fungere som en 'typelokalitet' for de store torvmyrene i søndre Akershus (jfr. Prestvik 1975), og den har gått gjennom fire hovedfaser i sin utvikling; fra grunn havbuktt til tjern, takrørsump og tilslutt torvmyr, som er den yngste og lengste fasen.

Metode

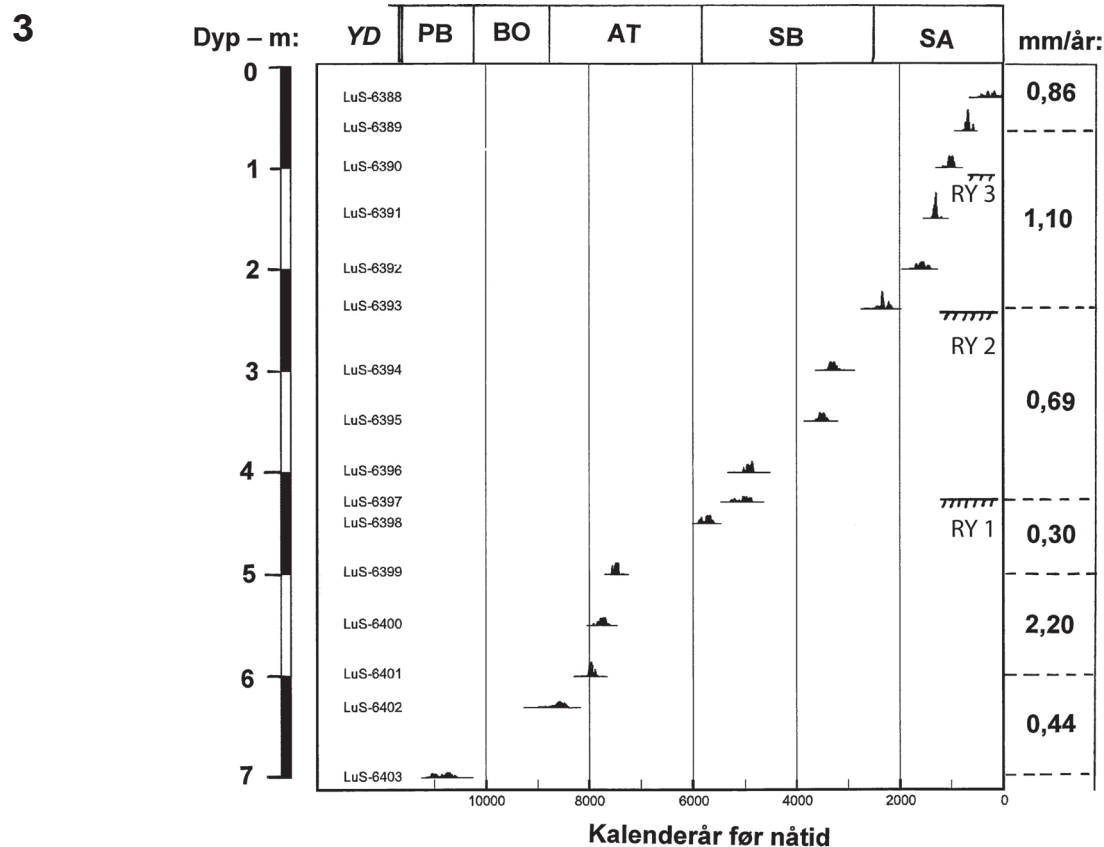
Pollenanalyse

Denne studien er hovedsakelig basert på pollenanalyse (studie av blomsterstøv, sporer og andre mikroorganismer som er oppbevart i myrer og innsjøer).

Det er tatt ut 1 cm³ store prøver, vanligvis med 5 eller 10 cm avstand nedover i sedimentene. Prøvene er preparert etter metode beskrevet i Fægri & Iversen (1950 og 1975). Pollendiagrammene er laget med Tilia og Tilia Graph (Grim 2000). Det antas at det meste av den lokale pollenakkumulasjonen skjer fra vegetasjonen innenfor en radius på ca. 1 km (3,14 km²) omkring en prøvelokalitet (*pollen source area*; Bunting et al. 2004). I nåtiden utgjøres dette arealet omkring prøvestedet på Rustadmåsan: 48 % dyrka mark, 45 % skog og utmark, og ca. 7 % tettbebyggelse og gårdstun (figur 1B). Det regionale pollenregnet kan til en viss grad bedømmes fra de andre undersøkte lokalitetene (figur 1B). Det gjelder spesielt data fra innsjøene Østensjøvann (PM 031,184) og Årungen (PM 979,186). På grunnlag av vesentlige endringer i pollensammensetningen er vegetasjonshistorien delt opp i syv lokale pollen-samlingssoner (*local pollen assemblage zones*). Unntak er sone 1 og 2 som hovedsakelig er definert på grunnlag av endringer i sedimentet og i vannmassene (saltinnhold).

I de fleste analyserte nivåene er det talt 500 til 600 pollen-korn av høyere planter, med unntak av noen få hvor det er telt opp til 1300 pollen-korn (i overgangen mellom sone 4a og 4b og i deler av sone 6). Leirlagene i bunn var pollenfattige og det ble bare telt ca. 100 pollen-korn. De forskjellige trær, busker gress og urter har betydelige forskjeller i pollenproduksjon og spredning (med insekter eller vind). I tillegg viser diagrammene at når det er talt ca. 600 pollen-korn av høyere planter, representerer det omtrent 60 % av den opprinnelige vegetasjons-sammensetningen (Paus 1992).

I pollendiagrammene er radiokarbondaterin-



Figur 3. C14-dateringer og midlere tilvekstrater i Rustdmåsan. Diagrammet er laget av Per Persson med OxCal v4.1.7 (Bronk Ramsey 2010). Kurvene for de individuelle dateringene viser måleusikkerheten med to standardavvik. Øvre rad viser inndelingen av holocen etter Mangerud et al. (1974). De tre nivåene i høyre side av diagrammet viser de mest markerte lokale uttøringshorisontene (rekurrens-ytor, Granlund 1932). Kronosoner: YD: yngre dryas. PB: preboreal. BO: boreal. AT: atlantisk. SB: subboreal. SA: subatlantisk.

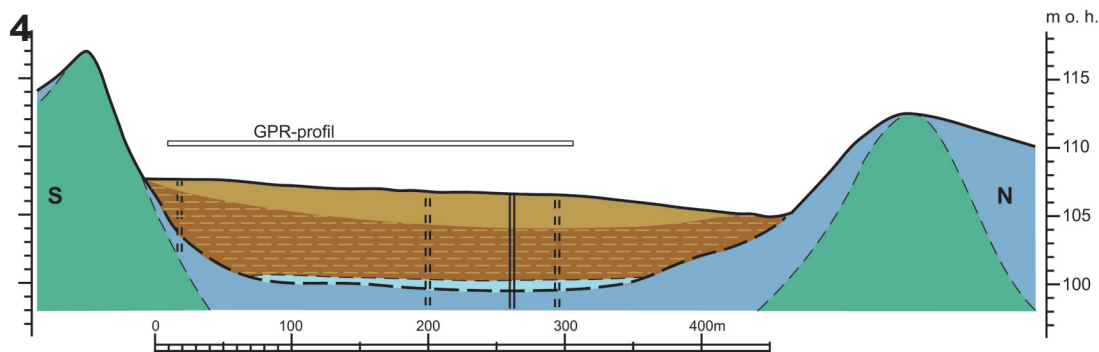
C14 dates and average accumulation rates in Rustdmåsan bog. The diagram is made by Per Persson with OxCal v4.1.7 (Bronk Ramsey 2010). The individual dates are shown with two standard deviations. The three marked levels on the right side of the diagram show the most marked local recurrence-surfaces (c.f. Granlund 1932). The upper row shows division of the Holocene, after Mangerud et al. (1974). Chronozones: YD: Younger Dryas. PB: Preboreal. BO: Boreal. AT: Atlanticum. SB: Subboreal. SA: Subatlanticum.

gene oppført, i tillegg til dybde fra myroverflaten i cm (venstre kolonner), og med kalibrerte år som lineær skala.

Avsetningstypene vises også på venstre side. Ved 715 cm dyp i Rustdmåsan er det en skarp grense mellom leire (avsatt i havet) og gytje ovenfor (avsatt i ferskvann). Det neste markerte skillet skjer ved ca. 625 cm dyp (figur 5), og herfra og oppover er det hovedsakelig torvmoser, men omvandlingen og tilveksten av torven varierer gjennom hele kolonnen (figur 3).

Makrofossil-analyse

Det er tatt ut 2 cm tykke prøver (med unntak av overflateprøven som utgjør 5 cm levende mose) og ned til 633 cm dyp i kjernen. Avstanden mellom prøvene i den øverste meteren er ca. 30 cm, mens i resten av kjernen er prøveavstanden 50 cm, med unntak av to prøver mellom 4 og 4,5 m dyp hvor det skjer en endring i torven. Her er prøveavstanden ca. 25 cm. Den nederste prøven er fra den øverste delen av gytjen, mens alle de andre er ganske ren mosetorv. Prøvene er slemmet opp i vann og undersøkt ved hjelp av binokularlupe (40–60 x forstørrelse).



Figur 4. Lengdeprofil av Rustadmåsan (fra figur 2), med morenerygger i nord og sør. GPR-profil viser hvor vi har brukt georadar for å måle lagdelingen i myra (analysert av Leif V. Jakobsen). Stiplede vertikale streker viser prøveboringer, og heltrukne vertikale streker viser hvor vi har analysert pollen og en rekke andre egenskaper i myrprofilen. Grønt er morene. Mørk blått er havavsetninger (leire). Lys blått er gyttje (innsjøavsetninger). Mørk brunt er eldre torv (godt omdannet), og lys brunt er *Sphagnum*-torv dannet i de siste 2000 år.

Length-profile of the Rustadmåsan bog (from figure 2), with moraine-ridges in the north and south end. GPR-profile show where we have used georadar to measure the stratigraphy in the bog (analysed by Leif V. Jakobsen). Stippled vertical lines show reconnaissance coring, full vertical lines show where we have carried out pollen-analyses and analysed several other properties in the bog profile.

Green is moraine. Dark blue is marine sediments (clay). Light blue is gyttja (lake sediments).

*Dark brown is older peat (well humified), and light brown is *Sphagnum* peat formed during the last 2000 yrs.*

Radiokarbondateringer

Det er foretatt 16 dateringer i den 7 m dype myren, og vi har dermed god kontroll på tilveksten av torv/sediment omtrent 11 000 år tilbake i tid. Med unntak av den nederste prøven, er alle prøvene ren torvmose som er vasket med destillert vann og tørket.

Dateringene er utført ved Laboratoriet for C14-datering, Lunds Universitet i Sverige, under ledelse av Göran Skog. Alle årstall i denne artikkelen blir oppgitt i dendrokalibrerte C14-år = kalenderår 'Before Present' (BP er her definert som år 2000, jfr. Wolff 2007). Kalibreringen er gjort med OxCal v4.2 (Bronk-Ramsey 2007, 2009, Reimer et al. 2009). Beskrivelse av dateringsmetoden og kalibrering finnes på <http://no.wikipedia.org/wiki/Karbondatering> og <http://no.wikipedia.org/wiki/Dendrokronologi>.

Georadar

Målingene ble utført med en PulseEKKO-100 antennevogn med odometer, fra Sensors & Software (<http://www.sensoft.ca/>). Det ble benyttet en 100 MHz antenne langs profilet på figur 3. Det ble også foretatt en CMP (common midpoint) måling som ga en gjennomsnittshastighet på 0.034 m/ns ned mot 150 ns. Det vil si at vi får gode signaler ned til ca. 5 meters dyp i myra. Diffuse signaler viste likevel

overgangen mellom torv og gyttje ved 6,3 meters dyp ved borepunktet. Overgangen til leire er bestemt ved boringer.

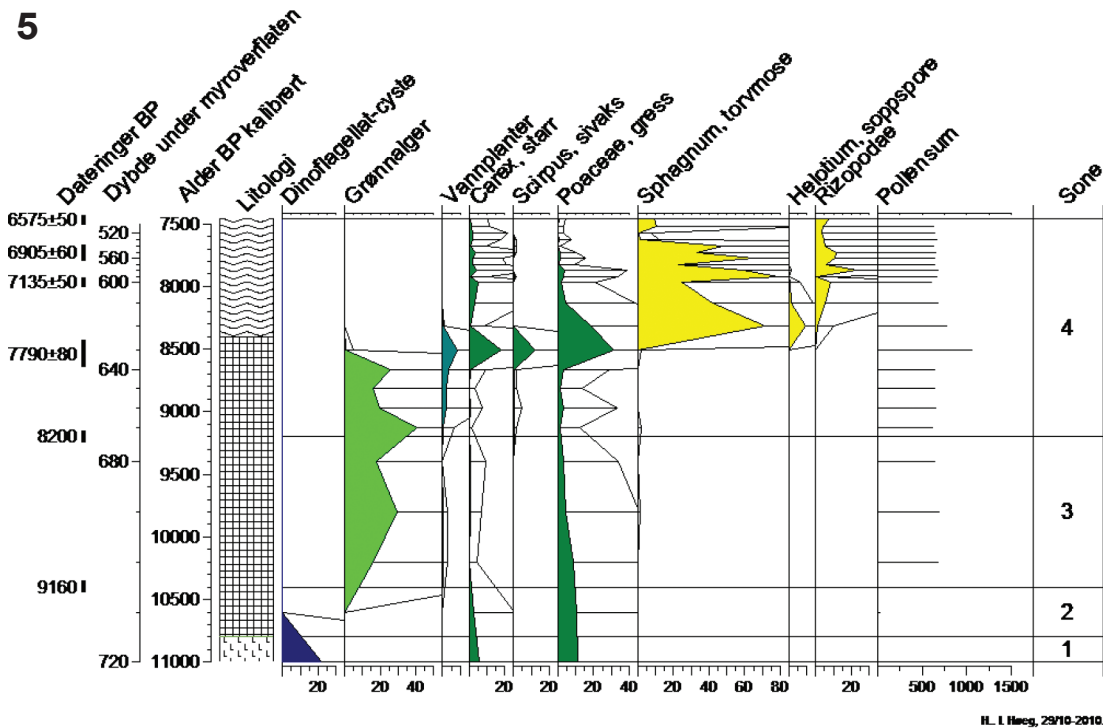
Torvtilvekst og C-14 dateringer

Den nederste dateringen er utført på gyttje som representerer overgangen fra ferskt til marint miljø. Prøven inneholdt en del kalkskall, og dateringen er sannsynligvis for gammel. Dette kan skyldes hardvannseffekt (*apparent age*, Olsson 1982, Sensula et al. 2006). Ut fra den lokale strandforskyningskurven (Sørensen 2006) ble bassenget isolert fra havet ca. 10 300 år før nåtid, i slutten av preboreal tid. Den nederste gyttjen har en normal sedimentasjons hastighet for en næringsrik innsjø, ca. 0,44 mm/år. Den ble avsatt i boreal og første halvdel av atlantisk tid.

Den neste enheten av mykmatte- og våt fastmattetorv er avsatt under gjengroingsfasen av tjernet, i den økologisk gunstige 'høyvarmetiden', i første halvdel av atlantisk tid. Det var vanskelig å komme gjennom denne komprimerte torven med borutstyret. Torvtilveksten var den høyeste i hele myrens historie (2,2 mm/år, figur 3).

I de neste 2 500 år var torvtilveksten lav (0,3 mm/år) og den endte med en lokal uttørkingshorisont (RY-1, figur 3). Gjennom resten av sub-

5



Figur 5. Forenklet pollendiagram som viser utviklingen fra havbuktt til gjengrodd tjern – de første 3000 år av historien. Analysert av Helge I. Høeg. Diagrammet er inndelt i lokale pollensamlingssoner, hovedsakelig basert på innvandringen av skogstrær (se figur 6).

Simplified pollen-diagram that show the development from a marine bay to over-grown tarn – the first 3000 years of the history. Analysed by Helge I. Høeg. The diagram is divided into local pollen assemblage zones, mainly based on the immigration of forest trees (see figur 6).

boreal tid har det vært en forholdsvis jevn tilvekst av mosetorv, avbrutt av en fase med mykmatte / hølje-vegetasjon for ca. 3500 år siden. Midlere torvtilvekst var ca. 0,7 mm/år. Denne fasen ender med en regional uttøringshorisont (RY-2, figur 3). Denne horisonten er registret med georadar gjennom det meste av myren. En liknende horisont er observert i Korsegårdsmyren og Hebekkmåsan (PM 020,230) (figur 1A) hvor det begge steder er utviklet stubbelag (jfr. Stangeland 1897, Holmsen 1922). Den samsvarer med RY-III i svenske myrer (Granlund 1932). I Korsegårdsmyren er det C14-datert en hiatus på ca. 500 år på overgangen mellom subboreal og subatlantisk tid. Ny rask torvtilvekst startet i Rustadmåsan for ca. 2360 år siden (1,1 mm/år) og varte fram til i dag. Dette er typisk for de fleste høgmyrer på Sør-Østlandet. Den lavere tilveksten i den øvre halve meteren skyldes senkning av grunnvannspeilet på grunn

av torvskjæring og grøfting i de siste hundre år. En svakere, lokal uttøringshorisont (RY-3, figur 3) er datert til vikingtid (AD 945).

Pionervegetasjonen (ca. 11 500–11 000 år før nå)

Vi har ikke lokal kunnskap om pionervegetasjon på de første øyer og holmer som stakk opp av havet for mer enn 11 000 år siden, men vi kjenner historien fra andre deler av Østlandet (Sørensen et al. 2014) og fra hvordan vegetasjonen har utviklet seg foran tilbakesmeltende breer i moderne tid (Elven & Ryvarden 1975, Matthews 1992).

Lav og moser var blant de første pionerene, men disse registreres ikke i pollenanalysen. Forskjellige gressarter, starr og lyselskende urter som lever i høyfjellet eller i arktiske strøk i dag, slo rot på den jomfruelige og næringsrike jorda som kom til syne under den raske landhevningen for mellom



11 500 og 10 000 år siden. En del vierarter *Salix* spp., dvergbjerk *Betula nana*, einer *Juniperus* og tindved *Hippophaë* var også vanlige pionerer. Det første treslaget som innvandret var bjerk *Betula pubescens* og det skjedde sannsynligvis for omtrent 11 200 år siden, på de større øyene i den tids søndre Akershus.

Osp *Populus tremula* innvandret også tidlig og den produserer mye pollen, men pollekornene er tynnveggede og blir lett ødelagt. Derfor er det vanskelig å si når den spredde seg. Sannsynligvis kom den nesten samtidig med bjerka, eller like etter. Furu *Pinus silvestris* innvandret og spredde seg et par hundre år senere.

Fra havbukt til innsjø. Lokal pollensone 1 (ca. 11 000–10 800 år før nå)

Ved 715 cm dyp i myra er det en klar grense mellom leire og olivenbrun gytje med skall og rester av snegler (figur 5). I den øvre del av leira er det funnet kiselalger (diatoméer) som viser nivået i sedimentet hvor miljøet skiftet fra salt- til brakk- og til ferskvann (Randi M. Hendrickson, upublisert). Forekomsten av dinoflagellat-cyster og grønnalger (hovedsaklig *Pediastrum*) viser også denne overgangen (figur 5). På høydedragene omkring vokste det sannsynligvis en åpen bjerk- og ospeskog med mye gress og urter som bunnvegetasjon. Den marine og en kortvarig brakk fase er definert som pollensone 1.

Preboreal bjerkeskog og innsjøfase. Lokal pollensone 2 (10 800–10 400 år før nå)

På grunn av rask landhevning ble forsengkningen snart et lite tjern, ca. 400 m langt, litt over 300 m bredt og opptil 7 meter dypt. Nedbørsfeltet til tjernet var svært lite, og det tok sannsynligvis noen få år før alt saltvannet, som var tyngre enn ferskvannet og ble liggende på bunnen, var skiftet ut. Ofte vil dette føre til oksigenfrie forhold i bunnvannet, men det er ikke noe som tyder på det i Rustadmåsan. Det skyldes kanskje at det var en åpen skog omkring tjernet, slik at vind kunne bidra til de årlige blandingsene av bunn- og overflatevann, og at tjernet var forholdsvis grunt. De første organiske lagene i tjernet er rike på små skall av brakkvannsneglen *Hydrobia* sp. ferskvannssnegler som damsneglen *Lymnaea ovata* og posthornsnegler *Planorbis* sp. Et lag med kalkgytje like over de marine leirene er vanlig i mange av de dype myrene i søndre Akershus (Prestvik 1975). Dette skyldes at det var

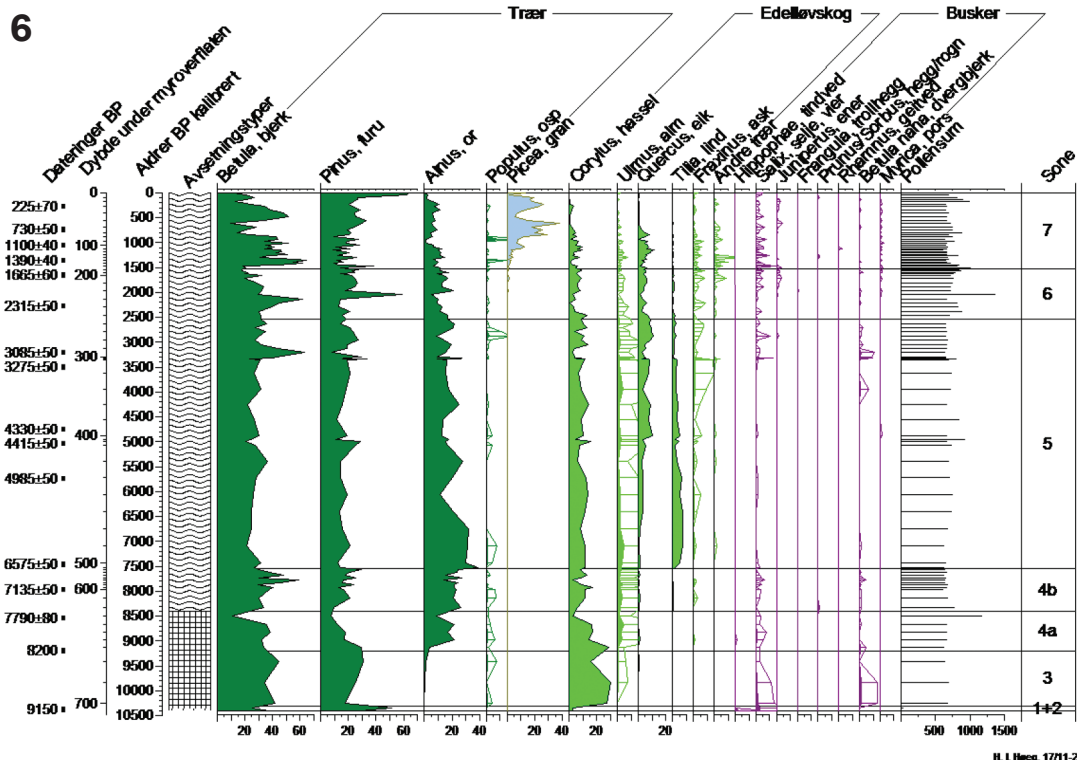
svak jordsmonndannelse og lite humusproduksjon på landområdene omkring tjernet. I flere hundre år var tjernet svært næringsrikt og med høy pH. Det var en kraftig oppblomstring av grønnalger *Pediastrum* og *Botryococcus* i vannmassene (figur 5). Vannplanter som vannliljer *Nymphaea* og *Nuphar*, tjønnaks *Potamogeton* og piggeknope *Sparganium* etablerte seg raskt. Ved kantene av tjernet vokste høye siv *Juncus*, sivaks, *Scirpus*, dunkjevle *Typha* og takrør *Phragmites communis*. De høye verdiene av gresspollen ved 630 cm dyp i sedimentet (se figur 5) antas å stamme fra takrør. Forekomst av rotstengler av takrør i sedimentet bekrefter dette. Den høye produksjonen i kantsonen og i tjernet førte til at det ble avsatt ca. 85 cm med organisk slam (gytje) i midten av tjernet, samtidig med at det vokste til langs kantene med siv og mose. Pollensone 2 avsluttes der furu og hassel *Corylus avellana* innvandret og raskt dominerte skogsbildet ca. 10 400 år før nåtid. Høye verdier av furu i pollensone 1 og 2 skyldes 'marin overrepresentasjon' Fægri & Iversen 1975).

Boreal hassel-, bjerk- og furuskog. Lokal pollensone 3 (10 400–9 200 år før nå)

Det var fortsatt et lite og næringsrikt tjern i forsengkningen mellom moreneryggene, og pollenanalysen viser i hovedsak vegetasjonen i og omkring tjernet. I tjernet vokste det en del vannplanter og rikelig med grønnalger, med starr *Carex* sp., sivaks og gress som kantvegetasjon (som i sone 2, figur 5).

Sonen er definert som tiden mellom innvandringen og spredningen av hassel og til spredningen av grår *Alnus incana* – senere også svartor *A. glutinosa*. Pollendiagrammet for trær og busker (figur 6) viser at både furu og hassel spredde seg raskt i det som var et varmt og tørt klima. Arkeologene antar at menneskene kan ha vært medvirkende til spredningen av hassel, fordi nøttene var et kjærkomment kosttilskudd (Kaland & Krzywinski 1978). Det forekommer små mengder av pollen fra alm *Ulmus glabra* i denne sonen. Det kan skyldes langtransport med vind fra fjernere strøk, men også at det kan ha vokst små bestand i nærheten av myra. Lenger sør på Østlandet forekommer pollen fra alm regelmessig fra ca. 10 000 år før nåtid (Sørensen et al. 2014). For øvrig vokste det litt vier og dvergbjerk på eller nær myra, og en del urter (*Artemisia*-typer, syre *Rumex* sp. og melde, *Chenopodiaceae*) som samles i gruppen strandvegetasjon (figur 8).





Figur 6. Pollendiagram med skogstrær og busker. Den nedre delen (sonene 1–4) er også vist på figur 4, hvor vann- og sumpvegetasjonen presenteres for seg. Analysert av Helge I. Høeg. Diagrammet er inndelt som figur 4.

Pollen-diagram with forest-trees and bushes. The lower part (zones 1–4) is also shown in figure 4, where water- and swamp-vegetation are presented separately. Analysed by Helge I. Høeg. The diagram is divided as in figure 4.

Tidlig atlantisk or-, bjerk- og almeskog. Lokal pollensone 4 (ca. 9 200–7 600 år før nå)

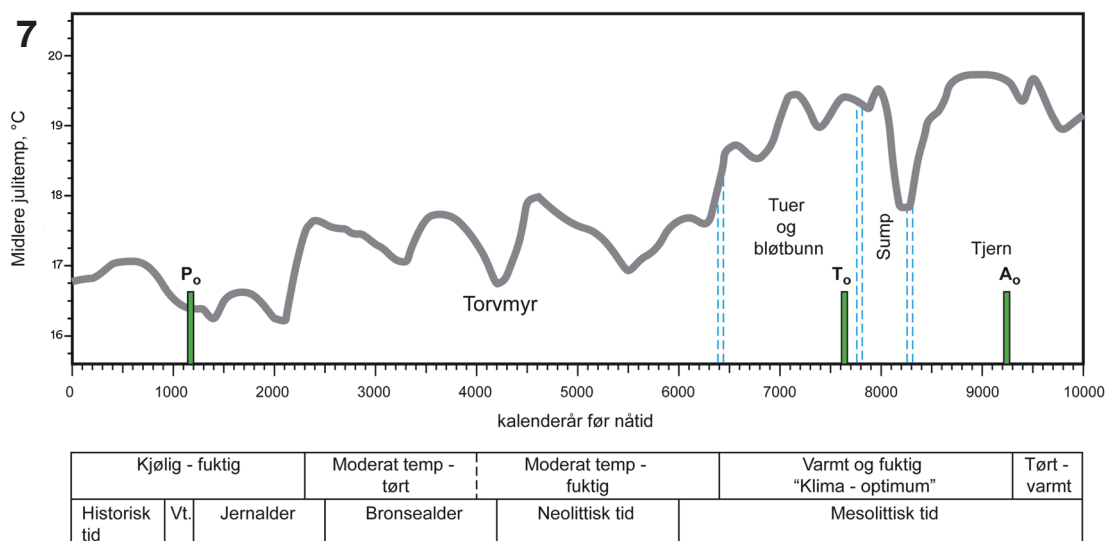
Sonen er definert som tiden mellom innvandringen og spredningen av or fram til spredningen av lind *Tilia cordata*. I samme tidsrom begynner alm å bli vanlig (figur 6). Sonen er delt i to, og grensen mellom 4a og 4b er satt til overgangen fra gytje til torv ved 625 cm dyp i myra. Over denne grensen finner vi mosetorv med mye sphagnumsporer, soppsporer av *Helotium* samt noe Rizopodae og halvgress (mest rester av myrull *Eriophorum sp.*) (se figur 5 – sone 4b). Vi antar at dette nivået representerer gjengroingen av den sentrale delen av «Rustad-tjernet». Det tok omtrent 2000 år fra isolasjonen fra havet til tjernet hadde 'grodd igjen', og blitt en siv-, dunkjvle- og takrør-sump.

Prøven i den øverste delen av gytjen viser at vegetasjonen omkring borestedet var en intermediær *Pragmites*-dominert sumpvegetasjon for ca. 8500

år siden. Funn av de dominerende mosene *Calliergon cordifolium* og *Sphagnum teres* sammen med noe *Warnstofia procera* og sumpsivaks *Eleocharis palustris* tyder på at mykmatter og våte fastmatter var dominerende strukturer, trolig i form av flytetorvbelter. (Ingen av disse artene vokser i dag på Rustadmåsan). En del sump- og vannkantvegetasjon opptrer også i sone 4, sammen med en del urter som kan knyttes til strandkanter, som f. eks. melde *Chenopodiaceae*, *Rumex*-typer og *Artemisia*-typer. De samme pollentypene opptrer igjen i pollensone 6 og 7, men da er de knyttet til landbruk (figur 8).

Vegetasjonen omkring tjernet hadde endret seg betydelig i denne perioden. Det hadde utviklet seg en tett blandskog av furu, bjerk og osp med hasselkratt, fram til ca. 9 200 år før nåtid.

Or (sannsynligvis gråor i begynnelsen) innvandret og spredde seg raskt over hele Sør-Østlandet. Den plutselige ekspansjonen antas å være knyttet til økende nedbør. Omtrent samtidig ble alm mer



Figur 7. Temperaturkurve fra øvre del av Setesdalen i Sør-Norge. Midlere julitemperatur er basert på økologien til fjærrmygglarver (modifisert fra Velle et al. 2005). Utviklingsstadiene i Rustadmåsan er markert med doble stiplede linjer. NB. Temperaturskalaen er tilpasset midlere juli-temperatur på Ås, Sør-Østlandet. Ao, To og Po representerer henholdsvis innvandringen av or Alnus, lind Tilia og gran Picea. Vt: Vikingtid. Arkeologisk inndeling fra Østmo & Hedeager (2005).

Temperature-curve from the upper part of Setesdalen, southern Norway. Mean July-temperature is based on the ecology of Chironomid larvae (modified from Velle et al. 2005). The development of the Rustadmåsan bog is marked with double stippled lines. NB. The temperature-scale is adjusted to present-day July mean temperature at Ås, southeastern Norway. Ao, To and Po represent the immigration of alder Alnus, linden Tilia and spruce Picea respectively. Vt: The Viking age. Archaeological subdivision from Østmo & Hedeager (2005).

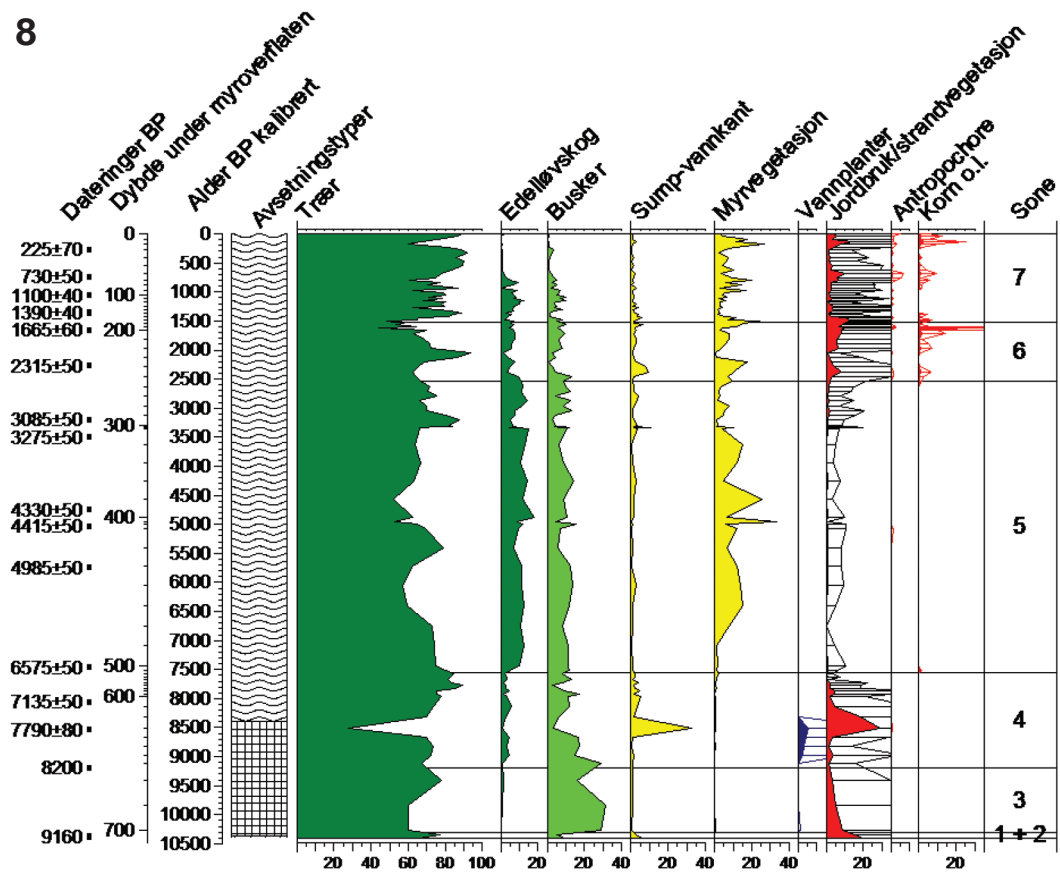
vanlig, og noe eik *Quercus robur* etablerte seg på tørrere mark sammen med furu. Det postglasiale 'klimaoptimum' (fra et økologisk synspunkt) hadde begynt, og edellauskogen begynte å ta over på arealer med tykt jorddekke. Svartorsumpskog med noe ask *Fraxinus excelsior* dominerte etter hvert på de vannsyke leirjordsområdene. På slutten av perioden sto havnivået ca. 50 m høyere enn i dag, og det meste av søndre Akershus var tørt land. Pollensonen representerer første halvdel av atlantisk kronosone.

Edellauskogenes tid. Lokal pollensone 5 (ca. 7 600–2 500 år før nå)

Sone 5 omfatter tiden fra innvandringen av lind fram til en tydelig øking i korn og ugress; jordbruksindikatorer – antropokore pollentyper (figur 8). Sonen er ca. 5 000 år lang, og omfatter siste halvdel av atlantisk og hele subboreal tid (figur 4). I den første del av pollensone 5 var det gunstige forhold for plantevekst, med varme somre og milde vintre. Eføy

Hedera helix og misteltein *Viscum album* forekommer sporadisk i denne sonen. I den siste halvparten av sonen blir det mer pollen av eik (figur 6), noe som kan indikere et tørrere klima og/eller surere jordsmonn på Østlandet (Hafsten 1992). Økingen i eikepollen representerer den regionale utviklingen, mens tilveksten i myren antyder tilstrekkelig med nedbør og/eller mindre fordamping. Fra andre kilder vet vi at det ble noe kjøligere (isbreene begynte å vokse i høg fjellet, Nesje et al. 2008). I pollensone 4a og i begynnelsen av sone 5 endret Rustadmåsan seg til å bli en bløtmatte flytetorvmyr med sump-sivaks, myrull og fastmatter med pjukskjønnmose *Calliergon cordifolium*, beitetorvmose *Sphagnum teres* og starrnøkkemose *Warnstorfia procera*. Etersom flytetorvmassen vokste i tykkelse (varme og fuktige somre var gunstig for torvmosetilveksten) sank torven i takt med tilveksten helt til flytetorven ble bunnfast. Dette var en prosess som startet i myrkanten og flyttet seg mot den dypeste delen, helt til myren var fullstendig gjenvokst engang for mellom 7600 og 7000 år siden (figur 5 og 8). De tykkere flytetorvene utviklet tuer med nøysomme

8



H. I. Høeg, 23/5-2010.

Figur 8. Forenklet pollendiagram med skogstrær, busker og forskjellige grupper av lyng, gras, halvgras og urter. Antropochore: Urter knyttet til åkerdyrking, utenom korn. Analysert av Helge I. Høeg.

Simplified pollendiagram with forest trees, bushes and different groups of heather, grass, sedges, and herbs. Antropochore: Herbs related to agriculture, other than cereals. Analysed by Helge I. Høeg.

torvmoser som rusttorvmose *Sphagnum fuscum* og/eller rødtorvmose *Sphagnum rubellum*. Disse to torvmosene har siden dominert på myren helt fram til nåtid. Pollenanalysen viser at det vokste forskjellige lyngarter (mye røsslyng *Calluna vulgaris* og med innslag av krekling *Empetrum* sp.) på disse tuene, liksom det gjør på den sentrale delen av myren i dag (figur 2). I begynnelsen av denne fasen var myra fortsatt noe påvirket av overflatevann fra omgivelsene (en minerotrof myr), men etter hvert utviklet den seg til en regnvannsmyr (ombrotrof myr) som var høyest på midten og stort sett uten trær.

Lind hadde sin maksimale utbredelse i søndre Akershus mellom 7 500 og 5000 år før nåtid (figur 6). Denne perioden har blitt kalt *høyvarmetiden* eller *klimaoptimum* på Østlandet. Selv om det sannsyn-

ligvis var en del klimavariasjon på denne tiden (jfr. figur 7), oppnådde edellauvskogen nær det som kalles en klimakstilstand. På de moderat til godt drenerte arealene med tykke jordlag (for eksempel moreneryggene) dominerte edellauvskogen. I dag finner vi bare noen mindre rester av denne varmekjære skogen i regionen.

Myrprofilen viser en vekslning mellom lyse torvmoselag som er lite omvandlet (rask tilvekst og mer nedbør) og mørke, mer omvandlede lag (lav tilvekst og mindre nedbør).

De mørke lagene kan også representere områder uten vegetasjon mellom tuene (*høljer*), og ved 3,5 m dyp i myren finner vi et slikt lag med moser (bl.a. dvergtorvmose; *Sphagnum tenellum*) som indikerer mykmattevegetasjon. For øvrig domineres



torven av tuevegetasjon med rust- og/eller rød-torvmose. I myrkanten var det en *lagg*, med starr og svartor sumpskog som i dag. Laggen er preget av sivevann fra myrens omgivelser.

For ca. 5000 år siden ble det et skifte i edellausskogen. På denne tiden hadde steinalder-bøndene begynt å rydde land, og det gikk først ut over alm- og lindeskogene som vokste på de godt drenerte moreneryggene eller tilsvarende arealer.

I de fleste store myrene i søndre Akershus (f. eks. Korsegårdsmyra og Hebekkmåsan) finner vi et stubbelag på 1,5 – 2,5 m dyp. I Rustadmåsan finner vi ikke dette stubbelaget, men det er et mørkt, høyomvandlet lag (RY 2, figur 3) som er gjennomgående i hele myrens lengde, og det registreres tydelig av georadaren (figur 4). Grunnen til at vi ikke finner noe tydelig stubbelag i Rustadmåsan, er sannsynligvis at myrbassenget har hatt et jevnt tilsig av grunnvann fra den store moreneryggen, slik at grunnvannsnivået har holdt seg høyt også i tørrere perioder.

Jordbruksekspanjonen. Lokal pollenlensone 6 (2 500–1 500 år før nå).

Sone 6 er definert som tiden fra jordbruksekspanjonen i nærheten av myren, fram til en markert økning av granpollen. Rustadmåsan gir ikke et fullstendig bilde av jordbruks-utviklingen i regionen, fordi den i det meste av steinalderen og bronsealderen lå inne i et større skogsområde. Omkring Rustadmåsan er mye av åkerjorda først oppdyrket i de siste 50 år. De første spor etter korn dyrking på Sør-Østlandet er funnet i søndre Vestfold. Pollen av korn er datert til ca. 6000 år før nåtid (Sørensen et al. manuskript 2015). I Korsegårdsmyra og i Årungen og Østensjøvann opptrer de første kornpollen for 4500–5000 år siden. I Rustadmåsan øker mengden av beiteindikatorer som smalkjempe *Plantago lanceolata*, soleie *Ranunculus sp.* og ugress som groblad *Plantago major*, syre, melde og noen korsblomstrede for ca. 3 500 år siden (i midtre bronsealder), mens kornpollen blir vanlig etter ca. 2500 år før nåtid. Dette er også den vanlige utviklingen i regionen, som understøttes av nyere arkeologiske utgravninger i nærområdet (Uleberg 1990, Martens et al. 2010).

Gran- og bjerkeskog. Lokal pollenlensone 7 (ca. 1 500 år før nå, fram til nåtid)

Den siste store endringen i skogsbildet skjedde mellom 1200 og 1700 år før nåtid, da gran *Picea abies* innvandret i Follo, hovedsakelig på arealer

med tykkere jordlag. Pollen av gran viser seg for ca. 2500 år siden, men det kan være pollen som er fraktet langt med vinden, eller spor etter enkelte trær eller små klynger av gran i regionen. I Pollevannet i Ås (PM 985,240 – figur 1A) er det registrert lokal spredning av gran fra ca. 2000 år BP. Omtrent for 1700 år siden ser det ut til at grana var etablert i området, og for ca. 1200 år siden spredte den seg raskt, kanskje på grunn av en klimaendring (til fuktigere og kjøligere værlag). Dette førte til betydelige endringer i bunnvegetasjonen. Det ble dannet råhumus, og jordsmonnet ble surere med utvikling av podsolerte jordprofiler, særlig på de sandige strandavsetningene over moreneryggene. Det er en mindre reduksjon i jordbruksindikatorer og kornpollen for ca. 600 år siden (figur 8). Dette kan skyldes svartedauen, da ca. 60% av befolkningen i søndre Akershus døde (Schau 1990).

Klimavariasjoner i de siste 10 000 år

Relasjonene mellom klima og lagdelingen i myrer ble introdusert av Blytt (1876) og Sernander (1908). Klimaendringene var i hovedsak knyttet til variasjon i nedbør. Senere ble sporene etter nedbørvariasjon i svenske myrer systematisert av Granlund (1932) i en serie uttørkingshorisonter (*rekurrens-tytor*). I nyere tid er dette videreført av Borgmark (2005) som bruker omvandlingsgraden/humifiseringen av torv som klimatisk signal. Tre slike uttørkingshorisonter er registret i Rustadmåsan (figur 3).

Inndelingen av holocen i de såkalte Blytt-Sernander sonene; preboreal til subatlantikum, ble brukt av blant annet paleobotanikerne i mange år. I dag defineres de samme inndelingene også som *kronosoner* (grensene er definert med fikserte C14-dateringer, Mangerud et al. 1974). Nyere klimaforskning viser at det har vært større variabilitet gjennom holocen, både når det gjelder nedbør (sommer og vinter) og temperatur (Nesje et al. 2008, Bjune et al. 2005, Velle et al. 2005) enn det de klassiske Blytt-Sernander sonene antydde.

For omtrent 11 000 år siden sto jordkloden nærmest sola midtsommers, mens i dag står jorda nærmest sola ved vintersolverv (Berger & Loutre 1991). I den første situasjon var det varme somre og kjølige vintre, mens vi i nåtiden har relativt kjølige somre og milde vintre.

Temperaturkurven på figur 7 viser et eksempel på variasjon i julitemperatur fra øvre Setesdal (Velle et al. 2005). Kurven er justert til nåtidens midlere julitemperatur for søndre Akershus (Ås: 16,8 °C, Heldal 1975). Endringene gjennom postglacial tid i søndre Akershus har sannsynligvis vært noe forskjellig fra





Holocen vegetasjonshistorie og utviklingen av en myr i søndre Akershus

det kurven viser. Blant annet er høymiddelalderens varmetid og 'lille istids' kjøligere klima ikke registret. I begynnelsen av pollensone 4b (for 8 200 år siden) var det en global, kortvarig kuldeperiode (figur 7), men den er ikke registrert i pollenanalysene fra Rustadmåsan. For øvrig viser kurven at sommer-temperaturen var jevnt høy fram til ca. 6 400 år før nåtid, da den sank med ca. én grad.

Det er beregnet at juli middeltemperaturen var 2–4 °C varmere enn i dag, under det som kalles 'høyvarmetiden' på Østlandet (Hafsten 1992, Bjune et al. 2005). Høyvarmetiden eller det holocene temperaturmaksimum fant sted i tidlig holocen (preboreal–boreal tid) i den alpine regionen, mens den ser ut til å ha vart fram til midtre holocen i lavlandet på Østlandet (Paus 2010). I begynnelsen av subboreal tid (ca. 5000 før nåtid) er det registrert en uttørkingshorison i Rustadmåsan, RY 1, figur 3. Samtidig øker mengden av eikepollen (figur 6). Dette indikerer et tørrere klima og med noe lavere temperatur enn i første del av holocen.

Midlere myrtilvekst i Rustadmåsan har likevel vært moderat høy gjennom subboreal tid (ca. 0,7 mm/år), men den avsluttes med en markert uttørkingshorison (RY 2, datert til ca. 2400 år før nåtid, figur 3). Dette skyldes en klimaendring som er registret i hele Nord-Europa, fra slutten av bronsealderen og i førromersk jernalder, for omtrent 2 600 år siden (Behringer 2010, og referanser der). Det var varmt og tørt i en periode på omtrent 500 år (Sørensen, i Moe et al. 1996).

Både temperaturkurven (figur 7) og myrtilveksten (figur 3) indikerer et variabelt klima gjennom neolittisk tid og bronsealder (subboreal), en tid da jordbruk ble mer vanlig på Østlandet. Like før Kristi fødsel finner vi en økning av tilveksten av torvmose i Rustadmåsan, noe som indikerer økende nedbør og kjøligere somre. Dette er et generelt trekk ved myrene på Sør-Østlandet. Nyere undersøkelser viser at det var et skifte i klimaregime, fra dominerende høytrykk over Sør-Skandinavia om sommeren, til dominans av lavtrykk fra vest–sørvest (som i dag). Dette skjedde mellom 3000 og 2500 år før nåtid (Hammarlund et al. 2003). I en myr i Vest-Värmland, ca. 30 km øst for Björklängen i Akershus, er det antatt at det har vært en veksling i nedbør mellom tørre og fuktige perioder gjennom holocen, med en syklus på ca. 300 år (Borgmark 2005). En liknende undersøkelse er utført i Rustadmåsan. I den eldste delen av torven, mellom 6000 og 3000 år før nåtid, er det registrert en syklisitet på ca. 550 år. I den yngste delen avtar lengden på periodene til ca. 300 år (Torp 2007). En mindre tydelig uttør-

kingshorison (RY 3, figur 3) er datert til ca. 950 år før nåtid, og den kan muligens knyttes til en lokal og tidlig respons på høymiddelalderens varmetid (jfr. Behringer 2010).

Effekten av torvuttak/grøfting på Rustadmåsans myrvegetasjon

Fra slutten av 1800-tallet og fram til omkring 1950 ble det foretatt småskala torvbryting på alle de store myrene på Østlandet. I denne sammenheng ble det opprettet flere torvstrølag i Ås kommune (Thaulow 1906), men Rustadmåsan er ikke nevnt i den forbindelse. Før torvtekten må Rustadmåsan ha vært et typisk eksempel på et ombrotroft (regnvannsnært) myrkompleks (svensk «høgmosse») med det høyeste partiet lengst syd (109 m o.h.) med svak helling mot nord. Rundt hele myra er det utviklet en tydelig lagsone mot fastmark (figur 2) som drenerte overskuddsvann nordover og ut av myra. Laggen er bevoskt med noe rikere minerotrof (grunnvannspåvirket) vegetasjon.

I dag befinner Rustadmåsan seg i en temmelig dårlig forfatning på grunn av betydelig torvskjæring og myrgrøfting. I nordøstre del av Rustadmåsan er det tydelige spor etter 4 større torvgraver (figur 2), fra 10–25 m brede og mellom 130 og 160 m lange og med et totalt areal på ca. 9 dekar. Med en skjærdybde på en meter tilsvarer dette ca. 9000 m³ med uttatt råtorv. Det meste av torvskjæringen må ha skjedd i begynnelsen av 1900-tallet, og at det trolig ble skåret torv fram til ca. 1950. Det står fremdeles igjen et par torvhytter (figur 10) og rester etter flere andre, som alle ble benyttet til tørking og lagring av råtorven. Vegetasjonen på de tørrere feltene mellom torvgravene består av et ganske tett tresjikt av bjerk, furu og noe selje *Salix caprea*, mens lyngvekster som røsslyng *Calluna vulgaris*, krekling *Empetrum nigrum* dominerer i skogbunnen sammen med enkelte flekker med furutorvmose *Sphagnum capillifolium* og tvaretormose *S. rus-sowii*. I dag er bunnen av torvgravene nesten helt igjenvokst med ulike torvmoser som vortetormose *Sphagnum papillosum*, broddtormose *S. fallax*, sveltormose *S. balticum* og den nordlige bjørnetormose *S. lindbergii*. Sistnevnte art må sies å være et vellykket eksempel på langdistansespredning, idet de nærmeste kjente lokaliteter befinner seg ca. 30–40 km unna i høydenivået 315–450 m o.h. i Nordmarka, Oslo og fra Breimåsan i Bærum. Det må nevnes at bjørnetormose på tilsvarende måte har etablert seg på flere gamle torvgraver i Midt-Sverige (Gunnarsson & Sundberg 1999). Helt i nordøst ligger en forsenkning i myra som





Figur 9. Eksempel på overgang hølje/lavt tueparti med dominans av rødtorvmose *Sphagnum rubellum* (rød) og noe dvergtorvmose *S. tenellum* (grønn) i furumyrskog.
 Example of a transition from a hollow to a low hummocky site with dominating *Sphagnum rubellum* (red) and some *S. tenellum* (green) in a stand of bog pine-forest.

kan indikerer eldre torvtekt. Dette arealet er i dag nærmest utformet som en laggzone med gråor/gran-sumpskog der undervegetasjonen inneholder mye slåttestarr *Carex nigra*, bukkeblad *Menyanthes trifoliata*, skogørkvein *Calamagrostis purpurea* og vekslende dominans av skartorvmose *Sphagnum riparium*, kratt-torvmose *S. centrale* og bleiktorvmose *S. flexuosum*. I tillegg er det gravd ut en 2–3 m bred og inntil 2 m dyp grøft i nordenden av myra og ut over terskelen. Noe som effektivt drenerer myrvann ut av Rustadmåsan. I sentrale og sørlige deler av Rustadmåsan er det gravd ut minst 10 nord/sydgående og ca. 1 m dype torvgrøfter som er opptil 300 m lange og ca. 1 m brede (se figur 2).

I nyere tid er det gravd ut en ca. 1,5 m bred dreneringsgrøft langs hele sørsiden av myra. Alt gravearbeidet har uten tvil medført en senkning av grunnvannsstanden med minst en meter og derigjennom betydelig uttørking av myrvegetasjonen. Hele det sentrale partiet av Rustadmåsan er i dag invadert av bjerk og furu og må betegnes som en slags bjerk/ furumyrskog med trekledd ombrotrof tuevegetasjon som dominerende struktur. På tuene er det hyppige innslag av røssllyng, molte *Rubus chamaemorus*, torvull *Eriphorum vaginatum*, blåbær *Vaccinium myrtillus*, blokkebær *V. uliginosum* og tyttebær *V. vitis-idaea*, mens mosedekket består av vekslende dominans av rusttorvmose *Sphagnum fuscum*, kjøtt-torvmose *S. magellanicum*, myrsigd-mose *Dicranum bergeri* m.fl. På høyere tuenivåer kommer det inn filtbjørnemose *Polytrichum strictum* og enkelte lavarter som grå reinlav *Cladonia sylvatica*, grå reinlav *C. rangiferina* og pigglav *C. uncialis*. I små, nedsenkede partier mellom tuene

opptrer såkalte høljer med fastmatter. Her dominerer dvergtorvmose *Sphagnum tenellum* og noe rødtorvmose *S. rubellum* (figur 9).

På de høyestliggende arealene lengst syd på Rustadmåsan (109 moh) er også gran på rask frammarsj utover myroverflaten hovedsaklig på grunn av den lave grunnvannstanden. Samtidig har torvmosene i bunnsjiktet forsvunnet og erstattet med typiske moser fra blåbærgranskog som furumose *Pleurozium schreberi*, etasjemose *Hylocomium splendens*, blanksigdmose *Dicranum majus*, filtsigdmose *D. polysetum* og dessuten noe lyngtorvmose *Sphagnum quinquefarium*. Arealet nærmest dreneringsbekken lengst syd har tresjikt dominans av gran, selje og svartor *Alnus glutinosa* med innslag av næringskrevende arter som gaukesyre *Oxalis acetosella*, skogburkne *Athyrium felix-femina* og skogsnelle *Equisetum sylvaticum*. På bare partier i skogbunnen vokser flekkvis næringskrevende arter som stortaggmose *Atrichum undulatum*, lundveikmose *Cirriphyllum piliferum*, sumplundmose *Brachythecium rivulare* og bekkerundmose *Rhizomnium punctatum*. I tillegg inngår råtemoser som torvflakmose *Calypogeia nesiana*, broddglefsemose *Cephalozia bicuspidata*, torvgrøftmose *Dicranella cerviculata*, firtannmose *Tetraphis pellucida* m.fl. på dødved og råtne pinner i skogbunnen. Vi må derfor konkludere med at Rustadmåsans myrvegetasjon i dette område har endret seg til en rik svartor/gran-sumpskog og delvis mot en blåbærgranskog.

Et større treløst, ombrotroft myrareal i nordvestlige deler av Rustadmåsan oppviser noe av den mest opprinnelige myrvegetasjonen før torvtekten.



Figur 10. Gjenstående torvhytte i nordøstlige del nær søndre torvgrav (dobble røde streker på figur 2). *Remaining peat-hut in the north-eastern part of the bog, close to the southern peat-trench (double red lines on figure 2).*

Her forekommer en blanding av røsslyng/torvull/rusttorvmose-tuer og våtere fastmattearealer med vekslende dominans av høltorvmose *Sphagnum majus*, vasstorvmose *S. cupidatum* og dvergtorvmose.

I tillegg til å regulere avrenningen til våre vassdrag, er myrene et betydelig karbonlager. Rustadmåsan inneholder mer enn 700 000 m³ våt torv. Med en volumvekt på 1.1, midlere vanninnhold på 85 % og ca. 50 % organisk karbon i tørr torv, er det lagret omtrent 60 000 tonn karbon i Rustadmåsan.

Totalt ble det registrert 35 ulike karplanter og 40 moser hvorav hele 19 arter er torvmoser.

De innsamlede moser og lav fra Rustadmåsan er lagt inn i artsdatabasen på Botanisk Museum, Tøyen. Makrofossil-undersøkelser av moser i norske torvmyrer må sies å være meget sparsomme. Dette er synd fordi det kunne gi en pekepinn om innvandringen av vår moseflora etter siste istid.

Hvilke forandringer vil skje med Rustadmåsan om et til to hundre år? Hvis ikke man fyller igjen de store 'kant-grøftene' og utløpet over terskelen, slik at myras gjennomsnittlige grunnvannsstand vil øke, vil Rustadmåsan med tiden gradvis tørke ut og invaderes av flere trær, særlig bjerk, gran og furu. Rustadmåsan vil trolig utvikle seg dels til sumpskog og dels til blåbær-blandingskog. Økt tresetting medfører økt transpirasjon som igjen bidrar til enda lavere grunnvannsstand. Dette vil føre til raskere nedbrytning av det organiske materialet og betydelige utslipp av CO₂.

Oppsummering

Fordelingen av de enkelte treslagene er vist på figur

6, mens figur 8 viser hovedtrekkene av skogs- og vegetasjonsbildet. Figur 6 viser med forholdsvis stor grad av sikkerhet innvandrings-tidspunktet for de forskjellige treslagene, samt endringer i arts-mangfoldet gjennom myras historie. Den virkelige vegetasjonssammensetningen i de forskjellige tidsrommene, vises derimot ikke i diagrammer med prosentfordeling av pollentyper (se metode). I vegetasjonssonene 1 til og med 4a (tjern-fasen) var det forholdsvis mye busker, som for eksempel vier og einer (figur 5). Edellauvskogen hadde sin største utbredelse mellom 7600 og 3500 år før nåtid (figur 6). I dette tidsrommet ser det ut til at tuevegetasjon med forskjellige torvmoser og mye lyng, særlig røsslyng, dominerte på myra. Mellom tuene vokste det forskjellige starrarter. Den røde kolonnen som kalles *jordbruk*, omfatter en del ugress- og beiteplanter, men en del av disse som for eksempel melde og syre, vokste også i strandkanten ved tjernet for mer enn 8000 år siden (figur 8, nederste del).

Antropokore er pollen av urter som knyttes til åkerdyrking, som for eksempel groblad, kornblomst, lin og hamp. Kornpollen og antropokore pollen forekommer nesten bare i vegetasjonssonene 6 og 7, det vil si fra jernalder og fram til i dag. Pollen fra *indifferente* planter er i denne sammenhengen planter som vokser i mange forskjellige miljøer, slik at de ikke kan knyttes til et spesielt økologisk samfunn.

Mengden trepollen er bare unntaksvis mindre enn 60 % i hele tidsrommet som beskrives (figur 8), og dette skyldes nok at myra hele tiden har vært omgitt av skog. I dag er det omtrent 50 % skog og like mye dyrka mark i en sirkel med 1 km

radius rundt myra (figur 1b), men en betydelig del av trepollenet stammer også fra det regionale pollenregnet, spesielt fra de store pollenprodusentene furu og bjerk.

Takk

Undersøkelsene i Rustadmåsan ble finansiert av NFR-prosjektet: Ecology and economy of agriculture in a changing climate (EACC) – Jordbrukets økologi og økonomi i et nytt klima. Vår undersøkelse er et bidrag til SABIMAs «Redd myra»-kampanje. Leif V. Jakobsen gjennomførte georadar-målingene. Randi M. Hendrickson har utført diatome-analyse på den undre del av kjernen. Berit Hopland og Åslaug Borgan har tegnet figurene, med unntak av pollendiagrammene. Per Persson har laget C-14 diagrammet (figur 3). Arvid Odland ved Høgskolen i Telemark, Bø, har lest kritisk gjennom manuskriptet. Hjertelig takk til samtlige.

Litteratur

Asbjørnsen, P. Chr. 1868. *Torv og Torvdrift*. Steensballe forlag, Christiania. 25 s.

Behringer, W. 2010. *A Cultural History of Climate*. Polity Press, Cambridge. 295 s.

Berger, A. & Loutre, M.F. 1991. Insolation values for the climate of the last 10 million years. *Quaternary Science Reviews* 10, 297-317.

Berthelsen, A., Olerud, S. & Sigmond, E.M.O. 1996. Geologiske kart over Norge, berggrunnskart OSLO 1:250 000. Norges geologiske undersøkelse, Trondheim.

Birks, H.H. 1994. Late-glacial vegetational ecotones and climatic patterns in Western Norway. *Vegetation History and Archaeobotany*, 3, 107-1119.

Birks, H.H. 2015. South to north: Contrasting late-glacial and early-Holocene climate changes and vegetation responses between south and north Norway. *The Holocene* 25, 37-52.

Bjune, A.G., Bakke, J., Nesje, A. & Birks, H.J.B. 2005. Holocene mean July temperature and winter precipitation in western Norway inferred from lake sediments proxies. *The Holocene* 15, 177-189.

Blytt, A. 1876. Forsøg til en teori om innvandringen af Norges flora under vexlende regnfulde og tørre tider. *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne* 21, 1-279.

Blytt, A. 1882. Iagttagelser over det sydøstlige Norges Torvmyre. *Christiania Videnskabselskabs Forhandlinger* Nr. 6, 1-35.

Borgmark, A. 2005. Holocene climate variability and periodicities in south-central Sweden, as interpreted from peat humification analysis. *The Holocene* 15, 387-395.

Bronk Ramsey, C. 2007. OxCal v 4.05 (A computer program for radiocarbon age calibration based on IntCal 04 atmospheric curve; Reimer et al. 2004).

Bronk Ramsey, C. 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51, 337-360.

Brække, F.E. 1977. Detaljkart over Rustadmåsan (for 'Sur nedbør-prosjektet'-NISK).

Bunting, J., Gaillard-Lemdal, M.-J., Sugita, S., Middleton, R. & Broström, A. 2004. Vegetation structure and pollen source area. *The Holocene* 14, 651-660.

Danielsen, A. 1970. Pollen-analytical Late Quaternary studies in the Ra District of Østfold, Southeast Norway. *Årbok for Universitetet i Bergen – Mat.-Naturv. Serie 14*. Norwegian University Press, Bergen. 146 s.

Elven, R. & Ryvarden, L. 1975. Dispersal and primary establishment of vegetation. In: *Fennoscandian Tundra Ecosystems. Part 1: Plants and microorganisms* (Wielgolaski, F.E. Ed.), 82-85. *Ecological Studies* Vol. 16. Springer Verlag, Berlin.

Fægri, K. 1935. Om prinsippene for våre myrers og torvmarkers klassifikasjon. *Meddelelser Det Norske Myrselskap* 33, 2-17.

Fægri, K. 1940. Quartärgeologische Untersuchungen im westlichen Norwegwen. II. Zur spätquartären Geschichte Jærens. *Bergens Museums Årbok. Naturvitenskaplig Rekke* 7: 1-202.

Fægri, K. 1943. Studies on the Pleistocene of Western Norway. III. Bømlo. *Bergens Museums Årbok. Naturvitenskaplig Rekke* 8, 1-100.

Fægri, K. & Iversen, J. 1950. *Textbook of modern pollen analysis*. First Edition. Munksgaard, København.

Fægri, K. & Iversen, J. 1975. *Textbook of pollen analysis*. Third Edition. Munksgaard, København. 294 s.

Granlund, E. 1932. De svenska høgmosarnas geologi. *Sveriges Geologiska Undersökning Ser. C* 373, 1-193.

Griffin, K. 1988. Plant remains. I: De arkeologiske utgravninger i Gamlebyen, Oslo, «Mindets tomb» - «Søndre felt». *Animal bones, moss-, plant-, insect- and parasite remains*, Bd. 5, 15 - 108. Alveim & Eide: Akademisk forlag, Øvre Ervik.

Grimenes, A.A. & Nissen, Ø. 2004. Mathematical modelling of the annual temperature wave based on monthly mean temperatures, and comparisons between local climate trends at seven Norwegian stations. *Theoretical and Applied Climatology* 78, 229-246.

Grimm, E. 2000. Tilia Graph – TGVView, v. 2.02 www.ncdc.noaa.gov/paleo/tiliafaq.html

Gunnarsson, U. & Sundberg, S. 1999. Gamla torvtag – vitmossornas ruderatmarker. *Myrinia* 9, 12-15.

Hafsten, U. 1956. Pollen-analytic investigations on the late Quaternary development of the inner Oslofjord area. *Bergens Museums Årbok. Naturvitenskaplig Rekke* 8, 1-163.

Hafsten, U. 1992. Greenhouse-effect predictions viewed from the perspective of the vegetational history. *Norsk geografisk tidsskrift* 46, 33-40.

Hammarlund, D., Björck, S., Buchardt, B., Israelson, C., Thomsen, C. 2003. Rapid hydrological changes during the Holocene revealed by stable isotope records of lacustrine carbonates from Lake Igelsjön, southern Sweden. *Quaternary Science Reviews* 22, 195-212.

Hansen, V.T. & Grimenes, A.A. 2014. Meteorologiske data for Ås 2013. *Institutt for matematiske realfag og teknologi, Universitetet for miljø og biovitenskap, Ås*. 16 s.

Heldal, B. 1975. *Klimaet i Ås*. I: Semb, G. *Jorda i Ås*. 30-44. Landbruksforlaget, Oslo.

Henningsmoen, K. E. 1974. Tjølling-formet av naturens krefter. *Tjølling bygdebok* Bd. 1, 13-38.

Henningsmoen, K. E. 1980. *Trekk fra floraen i Vestfold*. I: Møller, Vilhelm (red.) *Bygd og By i Norge – Vestfold*, 163-175. Gyldendal norsk forlag, Oslo.

Holmboe, J. 1903. Planterester i Norske torvmyrer. *Videnskabselskabets Skrifter*. I: *Mathem. –naturv. Klasse*. Nr. 2, 1-227.

Holmsen, G. 1919. Litt om grangrænsen i Fæmundstrakten. *Tidsskrift for Skogbruk* Nr. 3-4, 39-48.

Holmsen, G. 1922. Om torvmyrenes lagdeling i det sydlige Norges lavland. *Norges geologiske undersøkelse* 90, 1-247.



Holocen vegetasjonshistorie og utviklingen av en myr i søndre Akershus

- Høeg, H.I. 1982. Introduksjon av jordbruk i Øst-Norge. I: Sjøvold, T. (red.) Introduksjon av jordbruk i Norden, 143-151. Det Norske Videnskaps-Akademi, Symposium i Oslo, 14. og 15. april 1980. Universitetsforlaget, Oslo.
- Høeg, H. I. 1997. Pollenanalytiske undersøkelser på Øvre Romerike, Ullensaker og Nannestad, Akershus fylke. Gardermoprojektet. *Varia* 46, 1-147.
- Høeg, H. I. 2002. Pollenanalytiske undersøkelser av Møllermosen og myr ved Berg stasjon i Halden kommune, Østfold. I: Glørstad, H. (red.) Svinesundprosjektet, Bd. 1. *Varia* 54, 117-139.
- Kaland, P.E. & Krzywinski, K. 1978. Hasselens innvandring etter siste istid og den eldste kystbefolkning. *Arkes*, 11-14.
- Løddesøl, A. 1948. Myrene i næringslivets tjeneste. Grøndahl & Søn, Oslo. 330 s.
- Mangerud, J., Andersen, S.T., Berglund, B.E. & Donner, J.J. 1974: Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas* 3,109-128.
- Martens, V.V., Gustavsen, L. & Simonsen, M.F. 2010. Gårdsbosetting fra eldre jernalder. Nordre Moer, 54/3. Ås kommune, Akershus. Rapport – Arkeologisk utgravning. Forminneseksjonen, Kulturhistorisk museum, Universitetet i Oslo.
- Matthews, J.A. 1992. The ecology of recently-deglaciated terrain. A geoeological approach to glacier forelands and primary succession. Cambridge University Press, Cambridge. 386 s.
- Moe, D., Vorren, K-D., Alm, T., Fimreite, S., Mørkved, B., Nilssen, E., Paus, A., Ramfjord, H., Selvik, S.F. & Sørensen, R. 1996. Regional Syntheses of Palaeoecological Studies of Lakes and Mires in Europe – NORWAY. I: Berglund et al. (red.) Palaeoecological events during the last 15 000 years. Wiley, Chichester. 764 s.
- Nesje, A., Bakke, J., Dahl, S.O., Lie, Ø. & Matthews, J.A. 2008. Norwegian mountain glaciers in the past, present and future. *Global and Planetary Change* 60, 10-27.
- Nordahl-Olsen, T. 1987. SKI 1914 III - Kvartærgeologisk kart 1:50 000. Norges geologiske undersøkelse, Trondheim.
- Olsson, I.U. 1982. Radiocarbon dating. I: Olausson, E. (red.) Pleistocene / Holocene boundary, Ch. 19, 243-252. Sveriges geologiska undersökning, Ser. C, 794, 1-288.
- Ording, A. 1934. Orienterende pollenanalyser fra norske kystdistrikter. *Meddelelser Det norske skogforsøksvesen* 5, 351.
- Paus, Aa. 1992: Late Weichselian Vegetation, Climate, and Floral migration in Rogaland, Southwestern Norway: Pollen analytical evidence from four Late-glacial basins. Dr. Philos thesis, Botanical Institute, University of Bergen.
- Paus, A. 2010. Vegetation and environment of the Rødalen alpine area, Central Norway, with emphasis on the early Holocene. *Vegetation History and Archaeobotany* 19, 29-51.
- Post, L. von 1918. Skogstrådpollen i sydsvenska torfmossagerföljder. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 41, 384.
- Prestvik, O. 1975. Myrene i Ås. I: Semb, G. Jorda i Ås. Landbruksforlaget, Oslo.
- Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Burr, G. S., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., McCormac, F. G., Manning, S. W., Reimer, R. W., Richards, D. A., Southon, J. R., Talamo, S., Turney, C. S. M., van der Plicht, J., & Weyhenmeyer, C. E. 2009. IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 51, 1111-1150.
- Ryan, E. 1894. Undersøgelser af nogle torvprøver. Norges geologiske undersøgelse 14, 1-120.
- Schou, T. 1990. Ski og Kråkstad – inntil omkring 1500. Bd. 1. Forhistorisk tid – Fra øyrike til jordbruksbygd. Ski kommune / Boksenteret as.
- Sensula, B., Böttger, T., Pazdur, A. Piotrowska, N. & Wagner, R. 2006. Carbon and oxygen isotope composition of organic matter and carbonates in recent lacustrine sediments. *Geochronometria* 25, 77-94.
- Sernander, R. 1908. On the evidence of postglacial changes of climate furnished by the peat-mosses of northern Europe. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 30, 467-478.
- Stangeland, G.E. 1896. Om Torvmyrer i Norge og deres Tilgodegjørelse, Første del. Norges geologiske undersøkelse 20, 1-120.
- Stangeland, G.E. 1897. Om torvmyrer i Norge, og deres tilgodegjørelse. Norges geologiske undersøkelse 24, 1-204.
- Sørensen, R. 2006. Sørmarka stiger opp av havet, 44-46. I: Løvland, B. (red.) Sørmarka. Andresen & Butenschøn, Oslo. 218 s.
- Sørensen, R. 2008. Follo's geologi – Berggrunn er ikke bare gråstein. online: <http://www.follolandbruk.no/landbruketilfollo/naturgrunnlag-geologi.html>
- Sørensen, R., Høeg, H.I. & Pedersen, A. 2011. Utviklingen av plantelivet og klima i Follo gjennom 10 000 år. – Vegetasjonshistorien - online. <http://www.follolandbruk.no/pdf/SorensenVegetasjonshistorie2011.pdf>
- Sørensen, R., Høeg, H.I., Henningsmoen, K.E., Skog, G., Labowsky, S.F. & Stabell, B. 2014. Utviklingen av det senglasiale og tidlig preboreale landskapet og vegetasjonen omkring steinalderboplassene ved Pauler, Larvik kommune, Vestfold. I: Jaksland, L. & Persson, P. (red.) E18 Brunlanesprosjektet, Bd. 1: Forutsetninger og kulturhistorisk sammenstilling. *Varia* 79, 171-293.
- Sørensen, R., Henningsmoen, K.E., Høeg, H.I. & Gålman, V. manuskript 2015. Holocen landhevning og vegetasjonshistorie i søndre Vestfold og sørøstre Telemark.
- Thaulow, J.G. (red.) 1906. Oppgaver over torvstrøanlæg i Norge for aarene 1904-05. *Meddelelser fra Det norske myrselskab* 1906, 116-125. 4de Aargang. Kristiania. 184 s.
- Torp, T. 2007. En analyse av absorpsjon (540 nm) av moseprøver i Rustadmosan. Upublisert rapport. UMB, Ås 2007. 12 s.
- Uleberg, E. 1990. Korsegården – boplass og gravplass fra elder jernalder. *Follominne* 29, 195-204.
- Velle, G., Brooks, S.J., Birks, H.J.B. & Willassen, E. 2005. Chironomids as a tool for inferring Holocene climate: an assessment based on six sites in southern Scandinavia. *Quaternary Science Reviews* 24, 1429-1462.
- Wolff, E.W. 2007. When is the «present»? *Quaternary Science Reviews* 26, 3023-3024.
- Zimmermann, B. & Kohler, A. 2014. Shedding light on plant biology by Fourier transform infrared spectroscopy of pollen. *Spectroscopy-Europe* 26, 21-13.
- Østmo, E. & Hedeager, L. (red.) 2005. Norsk arkeologisk leksikon. Pax Forlag, Oslo. 538 s.

Internett-kilder

- <http://www.sensof.ca/>. Sensors & Software Inc., Canada. Produsent av georadar-systemer.
- <http://no.wikipedia.org/wiki/Karbondatering>
- <http://no.wikipedia.org/wiki/Dendrokronologi>

