

Utviklingen av sen-glacial og holocen vegetasjon på Sørøstlandet, presentert i et ¹⁴C-datert standard pollendiagram

Helge I. Høeg, Kari E. Henningsmoen og Rolf Sørensen

Høeg, H.I., Henningsmoen, K. E. & Sørensen, R. 2018. Utviklingen av sen-glacial og holocen vegetasjon på Sørøstlandet, presentert i et ¹⁴C-datert standard pollendiagram. *Blyttia* XX, 00 - 00
Late-glacial and Holocene vegetation development in southeastern Norway presented in a ¹⁴C-dated standard pollen diagram.

A new Standard Pollen Diagram for southeastern Norway (c.f. Hafsten 1956) is compiled from 60 local pollen diagrams supplied with 229 ¹⁴C-dates. Eight regional pollen assemblage zones describe the vegetation history for the last 12 300 years (all dates in calibrated years b2ka). The Younger Dryas vegetation was an arctic tundra with pioneer herbs and low bushes. At the onset of the Preboreal summer thermal maximum ca. 11 400 years ago, a birch *Betula* spp. woodland was established together with pioneers such as sea buckthorn *Hippophaë rhamnoides*. About thousand years later pine *Pinus sylvestris* and hazel *Corylus avellana* expanded. At the start of the Holcene ecological optimum ca. 9 200 years ago, alder *Alnus* spp. and elm *Ulmus glabra* expanded, followed by the expansion of oak *Quercus robur* and later lime *Tilia cordata* and ash *Fraxinus excelsior* ca. 7 600 years ago. Together they formed the thermophilous mixed oak forests of mid-Holocene, where the occurrence of mistletoe *Viscum album*, ivy *Hedera helix*, and holly *Ilex aquifolium* indicate a longer growing season with favorable summer and winter temperatures. Approximately 6 000 years ago the first traces of agriculture are recorded in the southern part of the region. Indicators of grazing / introduction of livestock occur first, followed by cereal-growing (barley *Hordeum* spp., oats *Avena sativa*, and wheat *Triticum* spp.) at the transition Mesolithicum – Neolithicum. Some other agricultural indicators such as weeds, hemp/hops *Cannabis/Humulus*, and linen *Linum* are mentioned. Rye *Secale* was introduced ca. 3 200 years ago. Agriculture increased during Bronze Age, and expanded at the beginning of the Iron Age. This had an increasing influence on the forest ecosystems. The last trees to expand were Norway spruce *Picea abies* and beach *Fagus sylvatica*. The latter has mainly been established in Vestfold county, but occur sporadic further south along the coast. Spruce expanded a little earlier on the eastern side of the Oslofjord compared to the western side, Vestfold and southeastern Telemark, where the expansion occurred ca. 1 200 years ago.

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

Kari E. Henningsmoen, Institutt for geogfag, Universitetet i Oslo, NO-0316 Oslo kari.henningsmoen@geo.uio.no

Rolf Sørensen, Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Norges miljø- og biovitenskaplige universitet, NO-1432 Ås rolf.sorensen@nmbu.no (korresponderende forfatter)

I 1956 publiserte Ulf Hafsten et *standard pollendiagram* som viser innvandring og spredning av skogstrær og av en del busker og urter i Indre Oslofjord-området. Han hadde ikke tilgang på ¹⁴C-dateringer, og aldersforholdene var basert på en generell inndeling av postglacial tid etter pollensoner og arkeologisk tidsinndeling. Dette diagrammet er siden brukt blant annet i mange lærebøker og i oppslagsverk (f. eks. Moen 1998).

Vi har samlet data fra 60 pollendiagram med tilsammen 229 ¹⁴C-dateringer fra Sørøstlandet for å lage et revidert standard-diagram som viser hovedtrekkene av vegetasjonsutviklingen på Sørøstlandet i de siste 12 300 år. I de fleste pollendia-

grammene bruker vi prosentfordelingen av pollen fra de respektive artene som et uttrykk for den aktuelle vegetasjonssammensetningen. Der det har vært mulig, bruker vi *polleninfluksverdier* som er et bedre mål for pollenproduksjonen og vegetasjonstettheten enn pollenprosent (se [teksboks 1](#)). Uansett er det også her en rekke feilkilder som ulik pollenproduksjon hos de forskjellige artene, forskjellig spredning av pollen f.eks. med vind eller med insekter og klimatiske faktorer som påvirker pollenproduksjon og -spredning. En mer omfattende beskrivelse av pollenanalysen er gitt i Sørensen et al. 2014, Høeg et al. 2018).

Konstruksjon av standard pollen-diagram

I alle pollendiagram har hvert analysert nivå fått en alder ved hjelp av interpolasjon mellom eventuell topp av sedimentet (nåtid) og daterte nivåer, eller mellom daterte nivåer. Over øverste datering der toppen mangler og under nederste datering er alderen fremkommet ved ekstrapolasjon. I den øvre delen i de forskjellige diagrammene, som representerer jordbruksfasen, vil det vanligvis være liten avstand mellom pollenprøvene (bedre tidsoppløsning). Det samme gjelder den eldste delen, hvor isolasjonen fra havet skal dokumenteres. For å lage standarddiagrammet er derfor hvert prosentdiagram inndelt i intervaller på 200 år tilbake til 2 000 før nåtid (f. n.) og fra 10 000 f. n. og videre bakover. Mellom 2 000 og 10 000 år f. n. er det brukt 500 års intervaller. Hvis bare ett nivå faller innenfor intervallet, er den prosentverdien brukt. Hvis to eller flere nivåer faller innenfor, er det regnet ut et gjennomsnitt av disse. Hvis ingen nivåer faller innenfor et intervall, er middelverdien for nivået over og under brukt. På denne måten er det beregnet en midlere prosentverdi for hvert 200. eller for hvert 500. år for de aktuelle pollentypene fra alle diagrammene. Disse verdiene er grunnlaget for det nye standard pollendiagrammet. I diagrammet er det brukt forskjellig målestokk for store og små pollenprodusenter. I gjennomsnitt er

det talt 500–700 pollenkorn i hvert nivå i pollen-diagrammene. Alle lokalitetene er fra myrer eller tjern, og sump- og myrvegetasjon vil være noe overrepresentert. De vindbestøvede trærne; bjerk, furu, hassel, or, alm, eik og gran bidrar med pollen fra et større område (det regionale pollenedfallet). Dette gjelder også til en viss grad for andre vindbestøvede busker og urter. En annen faktor som kan ha betydning for pollenmengden i sedimentet, er at de fleste diagrammene representerer først en fase med åpent vann, senere en gjengroingsfase og tilslutt en torvmyrphase med overrepresentert lokalflora. Alle aldre er oppgitt i kalibrerte ¹⁴C-år før nåtid som er satt til AD 2 000 (Wolff 2007). Tidspunktet og mekanismer for innvandring og spredning av de vanlige skogstrærne er beskrevet i Høeg et al. (2018). Inndelingen av holocen (postglacial tid) er i henhold til Mangerud et al. (1974).

I standard-diagrammet har vi presentert *regionale pollensamlingssoner* (RPS) basert på innvandringstidspunkt og spredning av hassel, or, lind og gran i området (Høeg et al. 2018).

Grensen mellom RPS 1 og 2 er definert ved innvandringen og spredning av bjerk og osp, og grensen mellom RPS 2 og 3 er definert ved spredning av tindved (Sørensen et al. 2014).

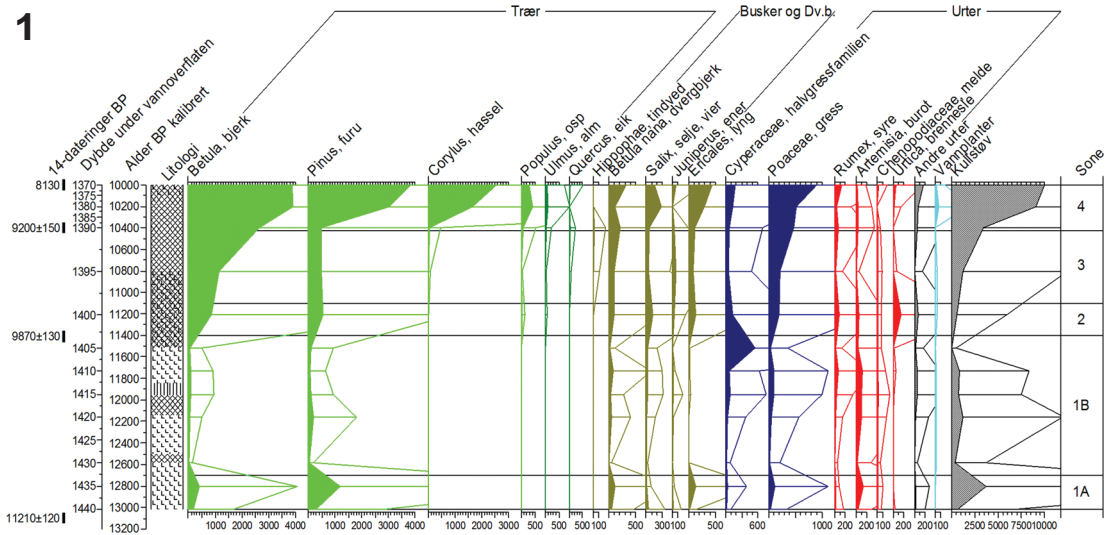
Vegetasjonsutviklingen

Pionerene: Like etter at innlandsisen hadde smeltet bort fra Sør-Østlandet, sto havet vel 200 meter høyere enn i dag omkring indre Oslofjord, mens havet sto ca. 150 m høyere ved Larvik da breen trakk seg bort fra Raet. Noen mindre landarealer stakk opp av havet, og der det var tilstrekkelig med løsmasser, etablerte den første vegetasjonen seg. Det første landarealet som ble frismeltet på Sørøstlandet, ligger i søndre del av Halden kommune. Området ble isfritt i *allerød* tid, ca. 13 500 år f. n. Området ligger over marin grense (MG), og områder over MG fortsetter sørover i de høyere liggende deler av Bohuslän. De har stort sett et sparsomt morenedekke. Influksdiagrammet fra Store Svantjern (**figur 1**) viser omtrent tre tusen år med vegetasjonsutvikling fra siste del av *allerød*, hele *ynge dryas* og *preboreal*. Dette er den eldste vegetasjonen som er registrert på Sørøstlandet (Sørensen & Høeg 2012). Landarealene var dekket med arktisk tundra med mange lyselskende urter og små busker frem til ca. 11 400 år f. n. Den lokale pollensamlingszone 1A i figur 1 representerer siste del av *allerød* tid, 13 000–12 700 år f. n. Denne subsonen er ikke med i standard-diagrammet. Den svake

Tekstboks 1

Om pollen-influksdiagram

Etter prøvetakingen i myrer og tjern ble det tatt ut et nøyaktig volum (1 cm³) fra sedimentkjernen. Under prepareringen tilsatte vi et eksakt antall sporer av myk kråkefot *Lycopodium clavatum*. Forholdet mellom pollenkorn og tilsatte *Lycopodium*-sporer som analyseresultatet viser, gir pollenkonsentrasjonen i sedimentprøven (pollenkorn pr cm³). I tillegg må vi ha flere ¹⁴C-dateringer fra kjernen, slik at vi kan beregne tilveksten i myra/sedimentasjonshastigheten i innsjøen. Pollenkonsentrasjonen og sedimentasjonshastigheten tilsammen estimerer nedfallet, influks av pollen per areal (1 cm²) pr år. Når alle prøvene i kjernen er behandlet på denne måten, kan vi konstruere et polleninfluksdiagram ved hjelp av et dataprogram. Et slikt diagram forteller om endringer i pollenproduksjonen/vegetasjonstettheten over tid.



Figur 1. Influxdiagram fra Store Svantjern, Halden. Lagdelingen (litologi) består av gyttje, silty gyttje og silt med noe organisk materiale i bunnen. Analysert av Rolf Sørensen og Helge I. Høeg.

Influx-pollendiagram from lake Store Svantjern, Halden county. The stratigraphy (lithology) consists of gyttja, silty gyttja, and silt with traces of organic material at the bottom. Analysed by Rolf Sørensen and Helge I. Høeg.

økningen av pollen fra busker og urter skyldes lokal vegetasjon, men økningen i bjerk- og furupollen er sannsynligvis fjernttransport fra områder lenger sør. Subsonen 1B representerer yngre dryas vegetasjon (12 700–11 500 år f. n.). Denne var preget av gress og halvgress med et stort antall lyselskende urter som i dag vokser både ved stranden, i høyfjellet og i arktiske strøk, og det var ikke trær i området. Av de karakteristiske taksa var reinrose *Dryas octopetala* en av de mest kjente. Alpine arter av slekten sildre *Saxifraga* spp. var vanlige. Strandplanter som melde *Chenopodium* spp., syre *Rumex* spp. og burot/malurt-typer *Artemisia* spp. er rikelig representert i de fleste pollendiagrammene. Etter hvert kom små busker som musøre *Salix herbacea*, polarvier *Salix polaris* og/eller rynkevier *Salix reticulata*, krekling *Empetrum* spp. og andre lyngarter. Busker som dvergbjerk *Betula nana*, selje *Salix caprea* og andre vierarter og eier *Juniperus communis* innvandret og spredde seg svært tidlig.

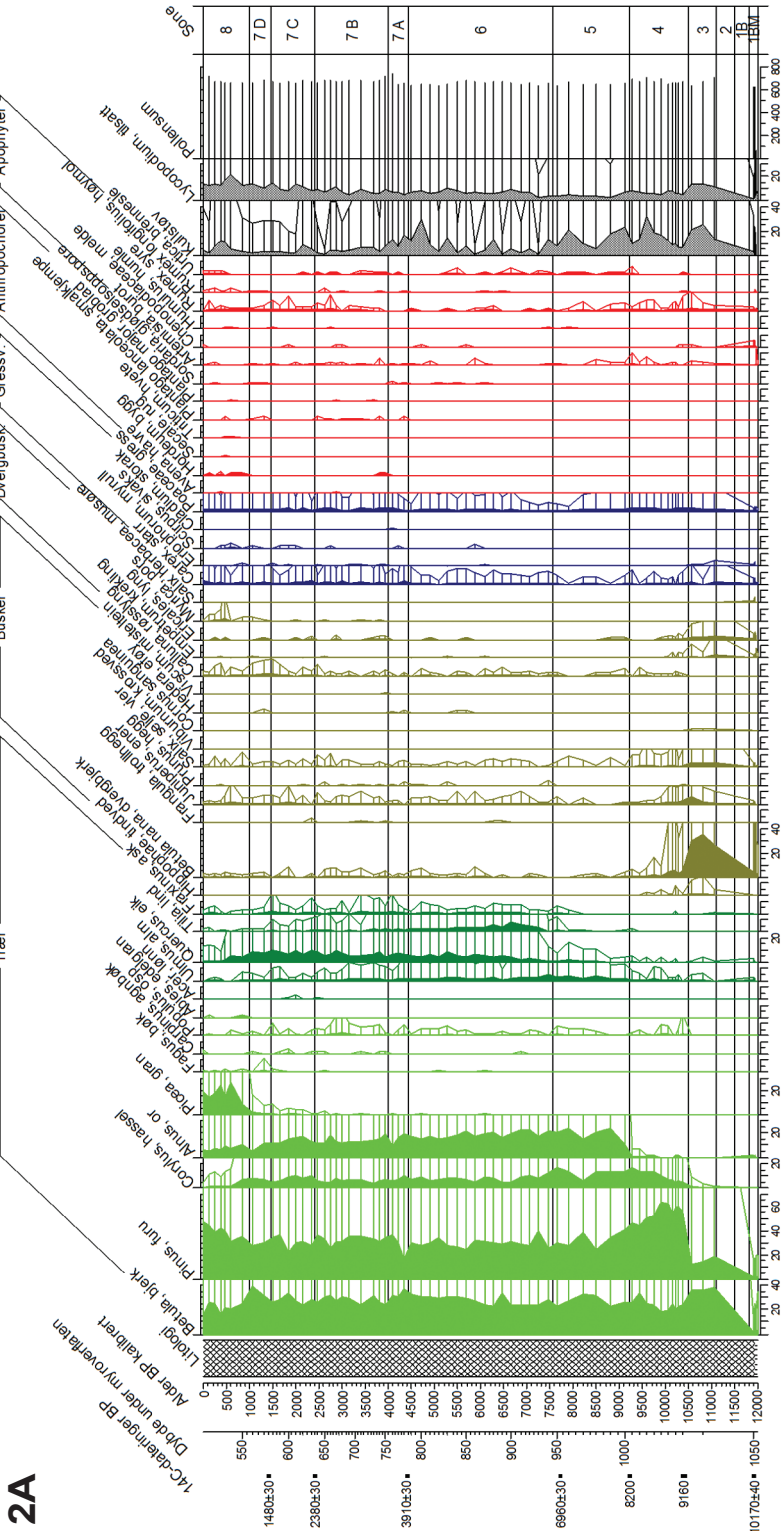
Den lyselskende tindved *Hippophae rhamnoides* var vanlig i siste del av preboreal (RPS 3) og litt inn i boreal tid (RPS 4). Den spredde seg omtrent samtidig med økningen i bjerkeskogen, men ble utkonkurrert da en tett blandingsskog etablerte seg i midten av boreal tid.

På vestsiden av den tids Oslofjord kom et øyrike til syne i siste del av yngre dryas (for ca. 12 000

år siden). De første øyer og holmer var stort sett uten løsmasser, og det kan være en av årsakene til at bjerk, furu og hassel etablerte seg der et par hundre år senere enn i søndre Østfold (Sørensen et al. 2014). Dessuten skulle vegetasjonen innvandre over 80–90 km med ishav. I influxdiagrammet (figur 1) indikerer et nedfall på færre enn 500–600 pollenkorner/cm²/år fra bjerk, furu og hassel at det er langtransportert pollen eller pollen fra enkelttrær. Høyere verdier tolkes som at det var etablert skog i området.

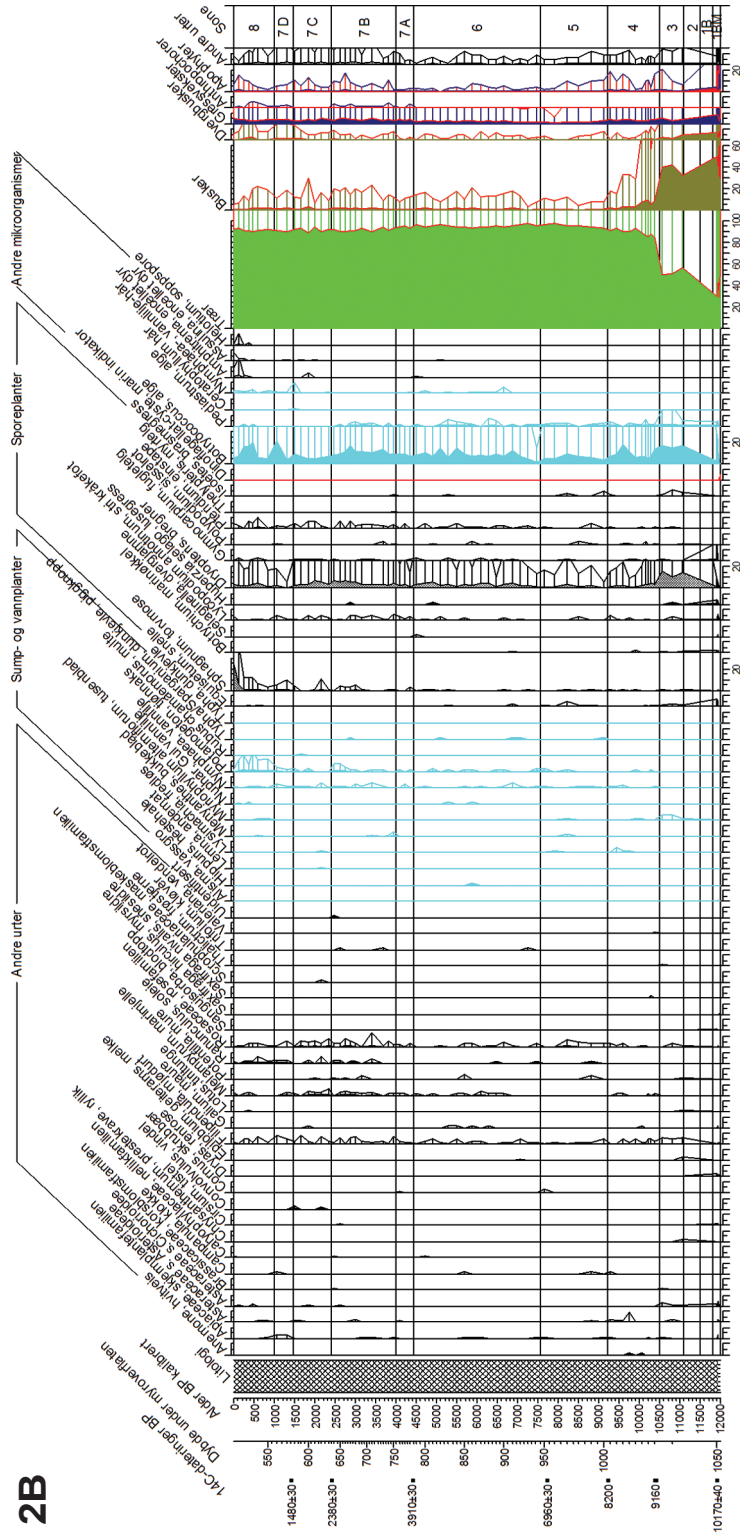
De første trærne: Over hele Norge er bjerk *Betula pubescens* det første treet som innvandret (Birks 2015). Diagrammet fra Store Svantjern (figur 1) viser at pollen-nedfallet fra bjerk økte for ca. 11 400 år siden på overgangen RPS 1B–2, og hadde et maksimum på overgangen preboreal–boreal tid på overgangen RPS 3–4. Omtrent samtidig med bjerk, eller kort tid etter, innvandret osp *Populus tremula* og kanskje også hegg *Prunus padus* og rogn *Sorbus aucuparia*. Osp har pollenkorner med tynne vegger, og de blir lett ødelagt. Derfor er forekomsten av osp basert på pollenanalyse noe usikker.

Det neste treslaget som etablerte seg på Sør-Østlandet var furu *Pinus sylvestris*, og omtrent samtidig kom hassel *Corylus avellana*. I Store Svantjern øker pollen-nedfallet fra furu og hassel kraftig ca.

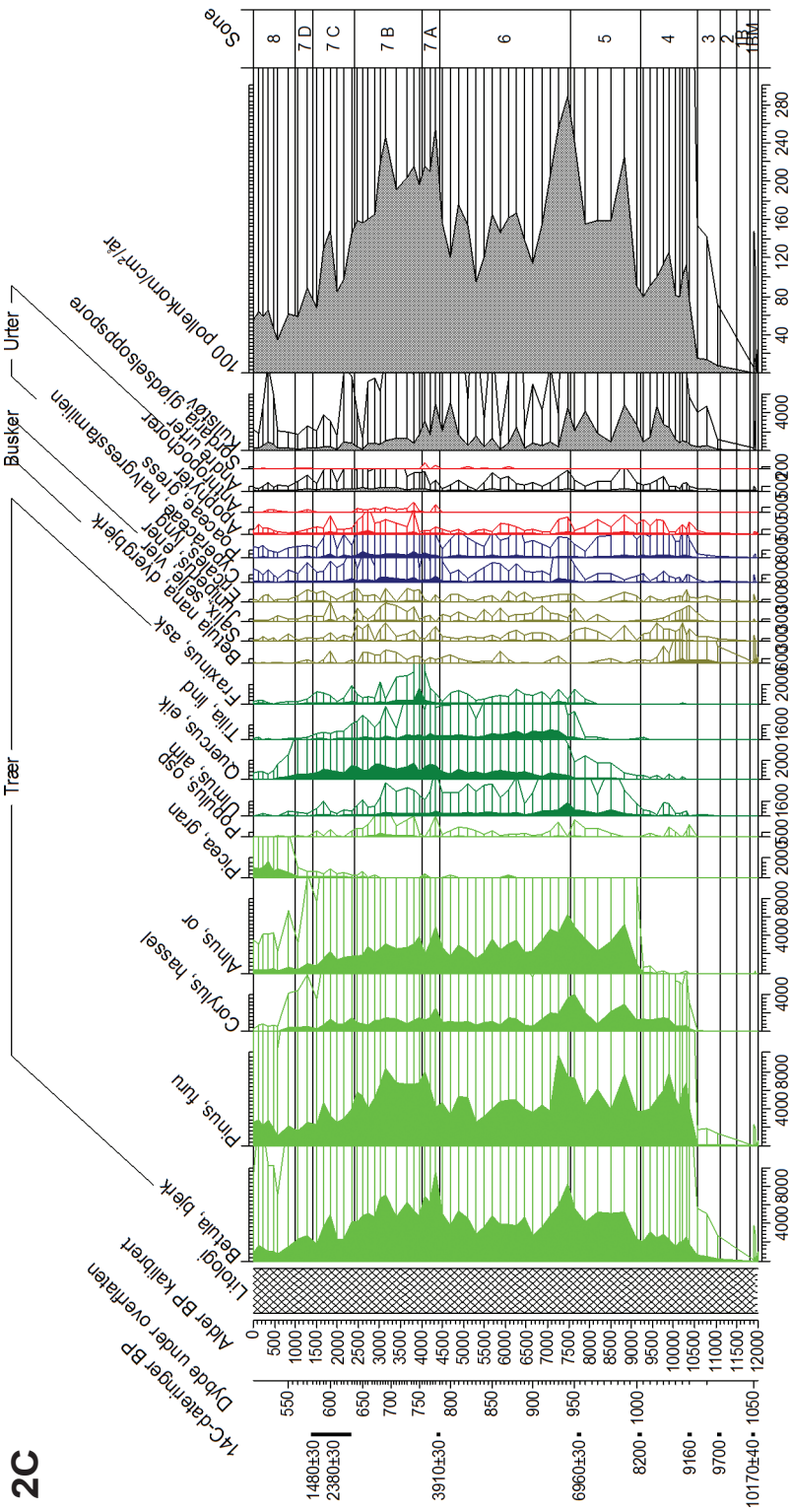


Figur 2A. Pollen-prosentsdiagram fra Elgtjern i Sijjan, østre Telemark. Del 1. Lagdelingen (litologi) består bare av homogen gyttje. Analysert av Helge I. Høeg. A pollen percent diagram from Lake Elgtjern, Sijjan, eastern Telemark county. Part 1. The lithology consists of homogeneous gyttja. Analysed by Helge I. Høeg.

2B



Figur 2B. Pollen-prosentdiagram fra Elgtjern i Siljan, østre Telemark. Del 2.
A pollen percent diagram from Lake Elgtjern, Siljan, eastern Telemark county. Part 2.



Figur 2C. Influxdiagram fra Eigjern i Silljan, østre Telemark. (Jfr. med figur 2A og 2B).
 An influx diagram from Lake Eigjern, Silljan, eastern Telemark county. (Compare with figure 2A and 2B).

10 400 år f. n. (på RPS-overgangen 3–4). Hassel spredde seg omtrent synkront over store deler av Nord-Europa for ca. 10 600 år siden (Giesecke 2005), og den mest sannsynlige årsaken var at de høyeste sommertemperaturene i holocen forekom mellom 11 000 og 9 000 år siden i Skandinavia (Väliranta 2015, Paus & Haugland 2017). Spredning kan være naturlig, men spredning med mennesker er også sannsynlig (Firbas 1949, Kaland & Krzywinski 1978). I tillegg var somrene tørre.

Datering av ekspansjonen av or *Alnus spp.* fra 11 lokaliteter på Sørøstlandet gir en middelværdi på 9 160±320 år (Høeg et al. 2018). Lenger nord på Østlandet, Ringsaker i Hedmark, er ekspansjon av or datert til 9 600 år f. n. (Mangerud et al. 2017). Vi antar at gråor *Alnus incana* innvandret først, men funn i Midt-Sverige indikerer at også den mer varmekjære svartoren *Alnus glutinosa* innvandret tidlig (Kullman 1998a). Den forholdsvis synkrone spredningen antas å være relatert til et skifte til fuktigere klima under første del av *det økologiske optimum* på Østlandet (som var en kombinasjon av edafiske og klimatiske faktorer).

Edelløvskogen: Et influksdiagram fra østre Telemark (figur 2C) viser at alm *Ulmus glabra* var til stede for mer enn 10 000 år siden og at den ble vanlig for ca. 9 000 år siden. Eik *Quercus robur* fantes spredt og sporadisk fra ca. 10 000 år f. n. I fjellregionen i Jämtland er det datert makrorester av eik med aldere mellom 8 000 og 8 900 år f. n. (Kullman 1998a, 1998b, 2015). I Ryfylke er det også datert makrorester av eik (trekull) med aldere mellom 10 700 og 10 900 år f. n. (Bang-Andersen 2006). Men ekspansjonen av eik på Sør-Østlandet skjedde ikke før for ca. 7 700 år siden, omtrent samtidig med ekspansjon av lind *Tilia cordata*. Vi har datert ekspansjon av lind på 15 lokaliteter fra Sør-Østlandet, med en middelværdi på 7 655±485 år (Høeg et al. 2018). Den store spredningen i data skyldes sannsynligvis variasjon i lokalklima og jordsmonnforhold. Lind er varmekrevende og trenger i tillegg en lang vekstsesong. Ekspansjonen tolkes som et skifte til varmere klima for ca. 8 000 år siden, kort tid etter en global kuldepuls som er datert til ca. 8 200 år f. n. (Alley & Agustsdottir 2005). Ask *Fraxinus excelsior* forekommer sporadisk fra omtrent 9000 før nåtid, men også den ekspanderte samtidig med lind og eik. Lønn *Acer platanoides* produserer lite pollen og opptre bare sporadisk i pollendiagrammene. Den er vanlig fra omtrent 6 000 år før nåtid.

Figur 2 viser et forholdsvis representativt bilde

av vegetasjonshistorien gjennom ca. 12 000 år på Sørøstlandet. Spesielt gir influksdiagrammet (figur 2c) den mest pålitelige historien.

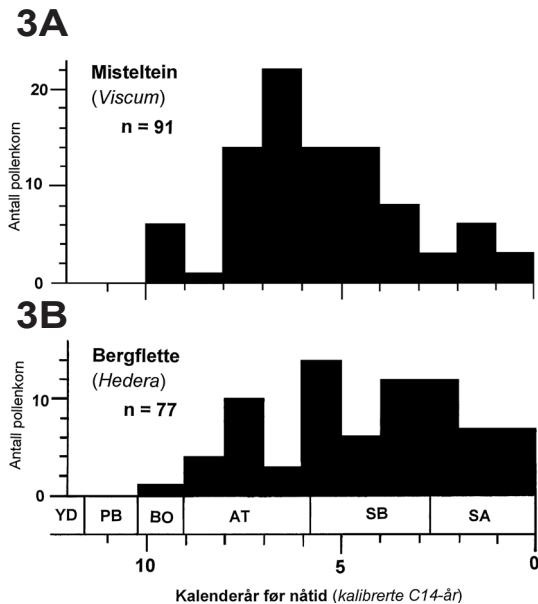
Høyre kolonne i figur 2c viser totalt pollenedfall. Det er en markert økning for 10 500 år siden, et maksimum mellom 9 000 og 7 100 år f. n. og et senere maksimum mellom 4 500 og 3 000 år f. n. Det grove sagtakk-mønsteret i pollenkurvene kan representere et klimasignal. Det kan også delvis skyldes at lind og ask, men også alm og eik, har lavere pollenproduksjon enn bjerk og furu. Mer edelløvskog i området kan føre til lavere total pollenproduksjon og dermed lavere influks.

Gran *Picea abies* var et av de siste treslagene som innvandret til Sørøstlandet. Vi har datert ekspansjonen av gran på 27 lokaliteter i søndre Buskerud, Akershus, Vestfold og sørøstre Telemark. Gjennomsnittlig alder er 1 215±225 år f. n. (Høeg et al. 2018). Nær kysten ved Kragerø skjer det en økning i granpollen for ca. 650 år siden, og i vestre og midtre Telemark har gran nådd sin vestgrense innen vårt område ca. 750 år f. n. (Høeg 1978). Funn av makrorester gir imidlertid et sikrere bilde av lokal-etablering enn pollenanalyse. I midt-Sverige er det påvist forskjellige makrorester av gran som er opptil 9 500 år gamle (Kullman 2000, Øberg & Kullman 2011). I Siljan, østre Telemark, forekommer makrorester av gran fra ca. 800 år f. n., og på Gardermoen er trekull av gran datert til ca. 2 300 år f. n. (Høeg 1979). Den såkalte «granhalen» forekommer i de fleste diagram (se f.eks. figur 2), og den er datert til mellom 4 000 og 2 000 år f. n. i søndre Akershus, Vestfold og sørøstre Telemark. Årsakene (forurensing under prøvetaking og/eller fjerntransport) er diskutert i Hafsten et al. (1979) og i Høeg et al. (2018).

Bøk *Fagus sylvatica* spredde seg fra Borre nordover til Hillestad, og sydover til Stokke, Larvik og Eidanger, Høeg (1996). Liksom granen har den en lang «hale» bakover til 5 000–4 000 år f. n. (se figur 5). Den ekspanderte i de nevnte områdene omtrent samtidig med gran (1 400–1 200 år f. n., Høeg et al. (2018). I standard-diagrammet får den lave verdier fordi hovedutbredelsen er på rætt i midtre og søndre Vestfold.

De varmekjære artene: bergflette, misteltein og kristtorn

Bergflette *Hedera helix* og misteltein *Viscum album* har vært brukt som indikator på middeltemperaturer for henholdsvis kaldeste vintermåned (januar) og varmeste sommermåned (juli) (Iversen 1944,



Figur 3 A, B Utbredelse av misteltein *Viscum* og bergflette *Hedera* på Sørøstlandet, basert på pollenanalyse fra 40 lokaliteter. n = antall pollenkorn.

*Distribution of mistletoe *Viscum* and ivy *Hedera* in southeastern Norway, based on pollen analyses from 40 sites. n = number of pollen grains.*

Hafsten 1956, 1957 og Danielsen 1970). I følge lversen vokser bergflette vanligvis ikke i områder hvor middeltemperaturen i januar er lavere enn ca. $-1,5^{\circ}\text{C}$, og da må sommertemperaturen være høy – minst $19\text{--}20^{\circ}\text{C}$. Ved en høyere januarstemperatur kan den klare seg med en lavere jultemperatur, henholdsvis 4° og 13°C .

Misteltein kan tåle lavere vintertemperaturer, lavere enn -5°C , hvis somrene er varme. Den er mer kontinental og varmekrevende og foretrekker midlere jultemperaturer over 16° (Hafsten 1957). Hannplantene (pollenprodusentene) er litt mer ømtålige for frost enn hunnplantene. De produserer forholdsvis mye pollen, men spredningen er dårlig (Norskiewicz & Norskiewicz 2017). Deres undersøkelser har vist at: «even a single pollen grain may indicate the presence of a large *Viscum* population near the site».

Kristtorn *Ilex aquifolium* er et varmekrevende tre som i dag forekommer langs kysten fra Kragerø til Smøla (i et oseanisk klima). Men pollenkorn av kristtorn er også registrert på Sørøstlandet i tidligere tider. Hafsten (1958) rapporterte funn av kristtornpollen fra Vålertjern i Stange, Hedmark (ca.

5 000 år f. n.), og vi har registrert kristtorn-pollen i Danielsetermyr på Gardermoen (for 2 800 år siden), ved Lerstang i Eidanger (mellom 4 800 og 2 400 år siden), i Pøddetjønn ved Kragerø (for ca. 6 500 år siden) og ved Ekeberg, på Raet nær Tønsberg (900 år gammelt).

Vi har registrert forekomsten av pollen av misteltein, bergflette og kristtorn på en del lokaliteter på Sørøstlandet (figur 3), fra Gardermoen i nord til Kragerø i sør. Åtti prosent av våre data er fra Vestfold og sørøstre Telemark, og de fleste av disse er mindre enn 15 km fra nåtidens kystlinje. Første opptreden av misteltein i Vestfold er ca. 9 700 år f. n. og bergflette innvandret for ca. 10 200 år siden (begge i boreal tid). Misteltein-diagrammet (figur 3) har et markert minimum mellom 8 000 og 9 000 år f. n. En mulig forklaring er kuldepulsen for ca. 8 200 år siden som kan ha drept de fleste misteltein. Diagrammet har et maksimum mellom 7 000 og 6 000 år f. n., og dette representerer sannsynligvis de varmeste somrene i det økologiske optimum på Sør-Østlandet. Det viktigste vertstreet for misteltein er lind som også har et maksimum i dette tidsrommet. Bergflette-diagrammet har et minimum i samme tidsrom. En mulig forklaring kan være at de varme somrene også var ekstra tørre, men det kan også være statistisk usikkerhet. Begge artene forekommer helt frem til det siste millennium før nåtid. I indre Oslofjord (Hafsten 1957) opptrer misteltein i boreal tid, og den har et klart maksimum i pollensone VII (mellom 7 600 og ca. 5 000 år f. n.). Bergflette opptrer først i pollensone VI (mellom 9 200 og 7 600 år f. n.), og er ikke registrert i subatlantisk tid i indre Oslofjord (op. cit.). Registrering av pollen fra misteltein og bergflette i søndre Østfold (Danielsen 1970) er presentert i figur 4. Også her har misteltein et maksimum mellom 7 600 og ca. 5 000 år f. n., og den forekommer frem mot vår tid. Bergflette har maksimal utbredelse i pollensone VIII (mellom ca. 5 000 og 3 000 år f. n.), og forekommer frem mot nåtid. Dette er til forskjell fra Indre Oslofjord, men er mer lik våre data (figur 3b). Lokalitetene til Danielsen, hvor det er registrert pollen av bergflette, ligger nær kysten og kystklimaet er sannsynligvis forklaringen. I Indre Oslofjord er forholdet mellom pollen fra bergflette og misteltein 1:7 (Hafsten 1956). I våre data fra søndre Østfold, Vestfold og sørøstre Telemark er forholdet mellom pollen fra bergflette og misteltein ca. 1:1,2. I data-settet fra Danielsen (1970) er forholdet 1: 1,7. Dette reflekterer et mer utpreget kystklima i områdene på hver side av ytre Oslofjord, spesielt ved høyere havnivå i holocen tid, siden bergflette foretrekker

et oseanisk klima og misteltein er mer kontinental, jfr. beskrivelsen av disse artenes utbredelse på Sørlandet (Hafsten 1957).

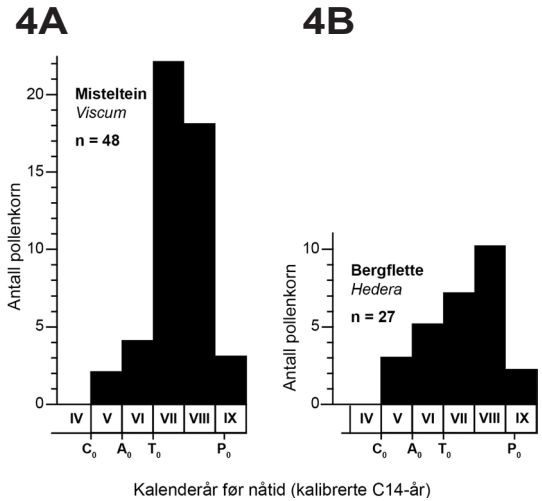
Både i våre data og i forekomstene til Hafsten (1956) og Danielsen (1970) har enkeltlokaliteter fått stor betydning. Én lokalitet i sørøstre Telemark har 11 pollen-korn av bergflette, og dette utgjør 18 % av vårt datasett. I søndre Vestfold forekommer det 8 misteltein-pollen på én lokalitet, og det utgjør 17 % av hele datasettet vårt. På de fleste lokalitetene forekommer det mindre enn 4 misteltein- eller bergflette-pollen. Få observasjoner og usikker datering (plassering i diagrammene, figur 3) kan bidra til at vår statistikk ikke er helt pålitelig. Vi kan derfor ikke trekke noen klare konklusjoner om klima i holocen ut fra forekomsten av disse tre artene, bortsett fra at vi har registrert tidligere forekomst av bergflette (10 200 år f. n.) og at pollen av både misteltein og bergflette er registrert helt frem til moderne tid (figur 3).

Hafsten (1957) antyder at juli- og januar-temperaturen kan ha vært henholdsvis 3 og 5 °C høyere enn i dag under det økologiske optimum på Sør-Østlandet. Han diskuterer også om det termiske korrelasjonsdiagrammet til Iversen (1944) er pålitelig når det gjelder temperaturkavene til bergflette, misteltein og kristtorn. Han påpeker, liksom oss, at det er nødvendig med et bedre datagrunnlag.

Tidlig landbruk på Sør-Østlandet

I standard-diagrammet har vi også tatt med de eldste spor etter landbruk i søndre Vestfold. På to lokaliteter, litt innenfor Raet i Sandefjord og Larvik kommuner, er det datert den tidligste opptreden av kornpollen (først bygg og deretter havre og hvete, dvs. *cerealia*) fra begynnelsen av yngre steinalder, mellom 6 100 og 5 800 år f. n. I tillegg til dyrket korn forekommer etter hvert andre arter som er innført av mennesket (*antropokorer*), f.eks. hamp og lin. Pollentypen humle/hamp kommer fra to arter, viltvoksende humle *Humulus lupulus* og dyrket hamp *Cannabis sativa*. Hamp er sterkt overrepresentert i noen av diagrammene ved at den er en stor pollenprodusent og ved at plantene legges ut i et tjern eller på myroverflaten til røting. Den var mest dyrket i tidsrommet 1 600–500 f. n. Ut over dette tidsrommet kan pollentypen skyldes viltvoksende humle.

I området har det også vært dyrket lin som produserer lite pollen og er derfor sterkt underrepresentert i diagrammene. Den er funnet i tidsrommet 2 100–400 f. n., men var vanligst fra 1 500 til 500 f.



Figur 4 A, B Utbredelse av misteltein *Viscum* og bergflette *Hedera* i søndre Østfold (sammestilt fra Danielsen 1970). n = antall pollen-korn.

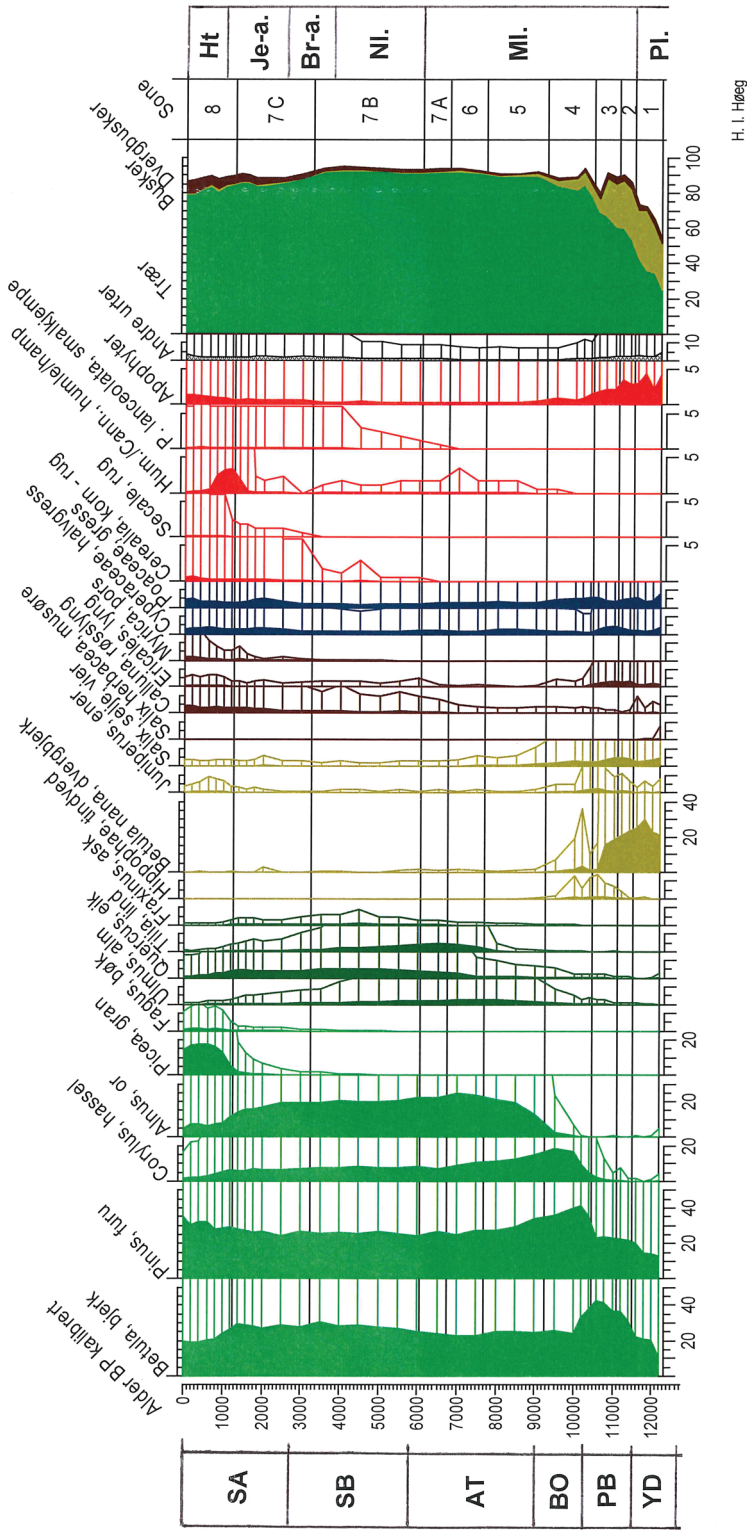
Distribution of mistletoe Viscum and ivy Hedera in southern Østfold (compiled from Danielsen 1970). n = number of pollen-grains.

n. Andre antropochorer er arter av slekten kjempe *Plantago*. Særlig viktig er smalkjempe *P. lanceolata* som indikerer beiting av husdyr. Lyselskende planter som opprinnelig vokste naturlig, fikk nye nisjer som ugress da mennesket åpnet vegetasjonen for dyrking (*apofytter*). Disse er representert i diagrammene ved bl. a. malurt, melde og syre (jfr. figur 2).

Enkelte steder opptrer beiteindikatorene litt før den første korn dyrkingen, slik at jordbruket til de første steinaldermenneskene sannsynligvis ble innledet med husdyrhold.

Den siste kornsorten som ble tatt i bruk var rug *Secale* fra midten av bronsealderen. På flere lokaliteter er det et opphold eller reduksjon i korn dyrkingen mellom 5 000–6 000 år f. n. og fram til ca. 3 500 år f. n.

En mulig kulturplante er vann-nøtt *Trapa natans*. Den opptrer regelmessig i Mymosetjern, Aremark i Østfold, mellom 8 000 og 5 000 år f. n. (Danielsen 1970). I Vestfold er den foreløpig bare funnet i Napperødtjern, Sandefjord, og den opptrer som enkeltfunn omtrent samtidig med den første korn dyrkingen. Betydelige mengder kullpartikler finnes ofte i sedimentene samtidig med opptreden av disse kulturindikatorene, noe som indikerer rydding og brenning av skogen (en form for svedjebbruk).



Figur 5. Standard pollen diagram for vegetasjonsutviklingen på Sørøstlandet. Alder BP = før nåtid, som her er satt til AD 2000. Sammenstilt av Helge I. Høeg. SA: subatlantikum, SB: subboreal, AT: atlantikum, BO: boreal, PB: preboreal, YD: yngre dryas. Ht: historisk tid, Je-a: jernalder, Br-a: bronsealder, NI: neolitikum, MI: mesolitikum, PI: paleolitikum. A standard pollen diagram for the vegetation development in southeastern Norway. Age BP = before present, defined as AD 2000. Compiled by Helge I. Høeg. SA: Sub-atlanticum, SB: Sub-boreal, AT: Atlantikum, BO: Boreal, PB: Pre-boreal, YD: Younger Dryas. Ht: Historical time, Je-a: Iron age, Br-a: Bronze age, NI: Neolithicum, MI: Mesolithicum, PI: Paleolithicum.

Sammenfatning

Det nye standard pollendiagrammet for Sørøstlandet (**figur 5**) viser vegetasjonsutviklingen gjennom de siste 12 300 år. Tidsskalaen er i kalibrerte år før nåtid, og i tillegg er tidsrommet inndelt i de tradisjonelle Blytt–Sernander-klimasonene, men med fikserte sonegrenser (kronosoner; Mangerud et al. 1974). Standard-diagrammet presentert av Hafsten (1956) har feilaktig blitt brukt for store deler av Norge. Krzywinski (2004) har utviklet et standarddiagram for Hordaland. I andre regioner bør det utvikles egne diagrammer. Et standarddiagram for Sørlandet er under utarbeidelse.

I høyre side av figur 5 er det vist et sum-diagram med trær, busker, dvergbusker og urter. Helt til høyre er det en kolonne med regionale pollensamlingssoner samt den arkeologiske tidsskalaen. Standarddiagrammet er basert på middelverdier fra 60 pollendiagram fra Sørøstlandet. Åtte av diagrammene er lokalisert over lokal marin grense, og seks inneholder hele eller deler av yngre dryas-vegetasjonen. De øvrige viser vegetasjonsutviklingen fra preboreal og resten av postglasial (holocen) tid.

Vegetasjonsutvikling, klima og landhevning

Vegetasjonssonegrensene er definert ved innvandring/spredning av vanlige skogstrær, en busk (tindved) og indikasjoner på tidlig landbruk, og vi har datert innvandringstidspunkt og spredning av hassel, or, lind og gran i området (Høeg et al. 2018).

I yngre dryas trakk brefronten seg tilbake fra Raet til Ski-trinnet, men breen hadde fortsatt stor innflytelse på klimaet i regionen. Det meste av Østfold, søndre Akershus, Vestfold og sørøstre Telemark var dekket av ishav på denne tiden, men en del landområder med sparsomt morenedekke var likevel tilgjengelig for pionervegetasjonen. På overgangen fra yngre dryas til preboreal tid var sommertemperaturen på det høyeste for hele postglasial tid (det tidlig holocene termale maksimum, Paus & Haugland 2017), mens vintrene var kalde.

Gjennom preboreal tid var landhevningen svært rask (8–9 cm/år), og store landarealer ble tilgjengelige for etablering av vegetasjon. På overgangen preboreal til boreal tid lå brefronten langt nord på Østlandet og hadde liten eller ingen innflytelse på klimaet i vår region. Klimavariasjoner som indikeres av vegetasjonsendringer i holocen tid er omtalt under de forskjellige pollenssonene. Landhevningen avtok, og i de siste 9 000 år har den vært 1–2 cm/år eller mindre, og den har hatt liten betydning for

utbredelsen av plantelivet. I de siste 5 000–6 000 år har menneskelig aktivitet fått en stadig større innflytelse på økosystemene.

Regionale pollensamlingssoner i standard-diagrammet

Sone 1 er definert ved yngre dryas-vegetasjonen (12 700–11 600 år f. n.). De begrensede landarealene utenfor breen hadde et sparsomt jorddekke med arktisk tundra med mange lyselskende urter og små busker (se figur 1). Den representerer siste del av paleolitikum.

Sone 2: Begynnelsen er definert ved spredning av bjerk og osp, med en åpen bjerketundra med mange lyselskende urter og små busker fra ca. 11 500 år f. n. (se figur 1). Den definerer også begynnelsen på preboreal tid og grensen mellom paleolittisk og mesolittisk tid.

Sone 3: Begynnelsen er definert ved spredning av tindved for ca. 11 100 år siden, og med et maksimum av bjerk på slutten av preboreal (tidlig mesolittisk tid). Dvergbjerk, tindved og lyselskende urter var i ferd med å bli utkonkurrert. Klimaet som var karakterisert med varme og tørre somre og kjølige vintre, i.e. det tidlig holocene termale maksimum (Väliranta et al. 2015, Paus & Haugland 2017) startet i denne sonen og varte til ca. 9 000 år f.n.

Sone 4: Begynnelsen er definert ved en markert spredning av furu og hassel (C_0) for ca. 10 400 år siden (tidlig mesolittisk tid – slutten av preboreal tid). Det etablerte seg raskt en tett blandingsskog med bjerk, furu, hassel og osp og med busker som vier/selje og einer. Tindved og dvergbjerk blir utkonkurrert. Spredte forekomster av alm og eik opptrer i denne sonen (figur 2c).

Sone 5: Begynnelsen er definert ved en markert spredning av or (A_0) for ca. 9 200 år siden (mellommesolittisk tid). Det ble mer nedbør, og med unntak av en kortvarig kuldeepisode for 8 200 år siden, hadde det postglasiale økologiske optimum begynt. Alm var vanlig og små bestand av eik forekom. Lind var i ferd med å innvandre.

Sone 6: Undergrensen er satt ved ekspansjon av lind (T_0) datert til 7 700 år f. n. med en stor lokal variasjon på ± 485 år (sen-mesolittisk tid – Nøstvetfasen). Den varmekrevende edelløvskogen spredde seg på Østlandet, og varmekjære planter blir vanligere (se figur 3 og 4). Økningen av eik- og lindepollen indikerer utviklingen av et gunstig jordsmonn og et tørrere stabilt klima med en lang vekstsesong. Viltvoksende humle har et lite maksimum i denne sonen.

Hele sone 7 representerer landbruk, fra det første husdyrbruket og den første korndyrkingen. Sonen er delt i tre, men det er store lokale forskjeller på tidsangivelsen for subsonene. Det tidlige jordbruket hadde liten innflytelse på skogen, men det er registrert en svak reduksjon av skogstrepollen, spesielt i subsonen 7C, fig. 5.

Sone 7A: Undergrensen er definert som første forekomst av smalkjempe som er datert til ca. 6 300 år f. n. (slutten av mesolitikum). Smalkjempe indikerer husdyrbeiting fra det tidligste landbruket i regionen. Misteltein har et maksimum i denne sonen (se figur 3a).

Sone 7B: Begynnelsen er definert som første forekomst av kornpollen som bygg, havre og hvete (cerealier). Eldste funn av kornpollen er datert til ca. 6 000 år f. n. fra Sandefjord kommune like innenfor ræet (overgangen mesolitikum–neolitikum). Jordbruksarealene var svært små, og skogsvegetasjonen endret seg lite. Bergflette har høye verdier i denne sonen (figur 3b og 4b). Det omdiskuterte almefallet, som blant annet har vært knyttet til tidlig jordbruk, er ikke tydelig i figur 5, men det er en svak nedgang i alkepollen på slutten av sonen. Dette kan også skyldes f.eks. klima og/eller almesyke.

Sone 7C: Undergrensen er definert ved første forekomst av rug *Secale* for ca. 3200 år siden. (midtre bronsealder). Fra denne tiden blir jordbruk vanligere på Sørøstlandet. Noen hundre år før vår tidsregning (førromersk jernalder) var det tørt og varmt på Østlandet, og i de fleste myrer finner vi en uttørkings-horisont, ofte med et stubbelag. På overgangen mellom sone 7C og 8 er det en markert topp i pollen fra hamp/humle.

Sone 8: Begynnelsen er definert ved en markert spredning av gran for ca. 1 340 år siden på østsiden av Oslofjorden og for ca. 1 200 år i Vestfold og sørøstre Telemark (fra siste del av jernalderen) og frem til nåtid. Usikkerheten i spredningstidspunktet er ± 225 år. Mindre og spredte bestand av gran kan ha vært tilstede fra ca. 4 000 år f. n. (figur 5). Omkring Kr.f. ser vi en markert økning i torvtilvekst i de fleste myrer vi har undersøkt, og dette indikerer et fuktigere og kjøligere klima. Men det var betydelige variasjoner, blant annet *middelalder varmetid* og den etterfølgende *lille istid* som ikke registreres i standard-diagrammet.

Takk

Figurene 3 og 4 er tegnet av Berit Hopland. Kritisk gjennomlesning av manuskriptet er gjort av Aage Paus i mars 2018. Takk til begge.

Kilder

- Alley, R.B. & Agustsdottir, A.M. 2005. The 8k event: cause and consequences of a major Holocene abrupt climatic change. *Quaternary Science Reviews* 24: 1123-1149.
- Bang-Andersen, S. 2006. Charcoal in hearts: A clue to the reconstruction of the palaeo-environment of Mesolithic sites. *Archaeology and Environment* 21: 5-16.
- 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.
- 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.
- Firbas, F. 1949. Spät- und neachezeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. I. Fisher Verlag, Jena. 1-480.
- Giesecke T. 2005. Moving front or population expansion: How did *Picea abies* (L.) Karst. become frequent in central Sweden. *Quaternary Science Reviews* 24: 2495-2509.
- Hafsten, U. 1956. Pollen-analytical investigations on the late Quaternary development in the inner Oslofjord area. Universitetet i Bergen, Årbok 1956. Naturvitenskapelig rekke 8: 1-163.
- Hafsten, U. 1957. Om mistelteinens og bergflettens historie i Norge. *Blyttia* 15: 43-60.
- Hafsten, U. 1958. Jordbrukskulturens historie i Oslo- og Mjøstrakten belyst ved pollenanalytiske undersøkelser. *Viking* 21/22: 51-74.
- Hafsten, U., Henningsmoen, K.E. & Høeg, H. I. 1979. Innvandringen av gran til Norge. I: Nydal, R., Westin, S., Hafsten, U. & Gulliksen, S. (red.) *Fortiden i søkelyset*, 171-184. Trondheim. 283 s.
- Høeg, H. I. 1978. The immigration of *Picea abies* to southeastern Norway with special regard to Telemark (a preliminary report) *Norwegian Journal of Botany* 25: 19-21.
- Høeg, H. I. 1979. Pollenanalytiske undersøkelser på Øvre Romerike, Ullensaker og Nannestad, Akershus fylke. *Varia* 46: 1-147.
- Høeg, H.I. 1996. Pollenanalytiske undersøkelser. I: Jerpåsen, G.B. Gunnerød - En arkeologisk landskapsanalyse. *Varia* 35, Universitet i Oslo.
- Høeg, H.I., Henningsmoen, K.E. & Sørensen, R. 2018. Innvandring og spredning av vanlige skogstrær på Sør-Østlandet. *Blyttia* 76: 189-203.
- Iversen, J. 1944. *Viscum, Hedera* and *Ilex* as climate indicators. *Geol. Fören. Stockh. Förh.* 66: 463-483.
- Kaland, P.E. & Krzywinski, K. 1978. Hasselens innvandring etter siste istid og den eldste kystbefolkning. *Arkes.*, 11-14.
- Krzywinski, K. 2004. Hordaland blir kledd. I: Helland-Hansen, W. (red.) 2004. *Naturhistorisk vegbok : Hordaland.* Bergen museum Nord 4, Bergen. 567 s.
- Kullman, L. 1998a. Non-analogous tree flora in the Scandes Mountains, Sweden, during the early Holocene - macrofossil evidence of a rapid geographical spread and response to palaeoclimate. *Boreas* 27: 153-161.
- Kullman, L. 1998b. The occurrence of thermophilous trees in the Scandes Mountains during the early Holocene: evidence for a diverse tree flora from macroscopic remains. *Journal of Ecology* 86: 421-428.
- Kullman, L. 2000. The geoecological history of *Picea abies* in northern Sweden and adjacent parts of Norway. A contrarian hypothesis of postglacial tree immigration patterns. *Geo-Öko* 21: 141-172.
- Kullman, L. 2015. När eken växte vild i fjällen - en varmare och rikare

- tid. Svensk Botanisk Tidskrift 109: 260-266.
- 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.
- Mangerud, J., Halvorsen, L.S., Nashoug, O., Nystuen, J.P., Paus, A. & Svendsen, J.I. 2017. Sjeldent funn av begravd torv ved Hemma i Ringsaker. s. 142-143. I: Dahl, R., Nashoug, O. & Nystuen, J.P. (red.) 2017. Mjøsområdet - Geologi og landskap. Hedmark geologiforening, Hamar, 276 s.
- Moen, A. 1998. Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon. Statens kartverk, Hønefoss.
- Noryskiewicz, A.M. & Noryskiewicz, B. 2017. Remarks on Pollen Representation of Mistletoe (*Viscum album* L.). *Ecological Questions* 26: 19-26.
- Paus, A & Haugland, V. 2017. Early- to mid-Holocene forest-line and climate dynamics in southern Scandes mountains inferred from contrasting megafossil and pollen data. *The Holocene* 27: 361-383.
- Sørensen, R. & Høeg, H. I. 2012. Landskapet i Idd og Enningdalen - fra urtid til nåtid. IDA Kulturbygd i grenseland. Idd og Enningdalen Historielags årbok 2012: 107-117.
- Sørensen, R., Høeg, H.I., Henningsmoen, K.E., Skog, G., Labowsky, S.F. & Stabel, B. 2014. Utviklingen av det senglasiøle og tidlig preboreale landskapet og vegetasjonen omkring steinalderboplassene ved Pauler. I: Jaksland, L. & Persson, P. (red.) E18 Brunlanes-prosjektet, bind I. Forutsetninger og kulturhistorisk sammenstilling. *Varia* 79: 171-294.
- Väliranta, M., Salonen, J.S., Heikkilä, M., Amon, L., Helmens, K., Klimaschewski, A., Kuhry, P., Kultti, S., Poska, A., Shala, S., Veski, S. & Birks, H.H. 2015. Plant macrofossil evidence for an early onset of the Holocene summer thermal maximum in northernmost Europe. *Nature Communications* 6, Article no. 6809. 1-8.
- Wolff, E.W. 2007. When is the «present»? *Quaternary Science Reviews* 26: 3023-3024.
- Öberg, L. og Kullman, L. 2011. Ancient Subalpine Clonal Spruces (*Picea abies*): Sources of Postglacial Vegetation History in the Swedish Scandes. *Arctic* 64: 183-196.