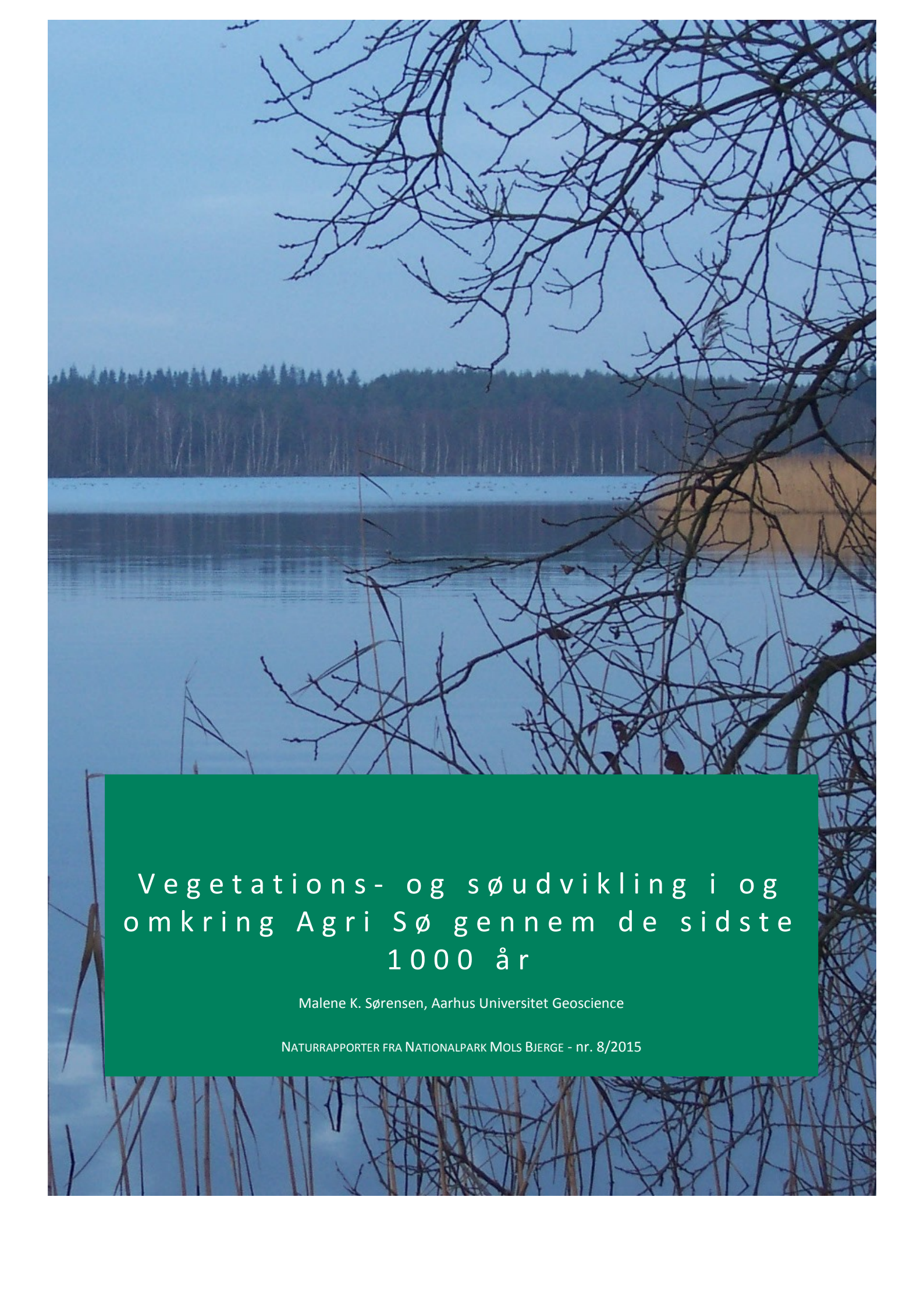




Vegetations- og søudvikling i og omkring Agri Sø gennem de sidste 1000 år

Malene K. Sørensen, Aarhus Universitet Geoscience

NATURRAPPORTER FRA NATIONALPARK MOLS BJERGE - nr. 8/2015

Kolofon:

Titel: Vegetations- og søudvikling i og omkring Agri Sø gennem de sidste 1000 år. Specialeopgave Geoscience.

Forfattere: Malene Kjærsgaard Sørensen.

Ansvarlig institution: Aarhus Universitet, Geoscience.

Udgiver: Nationalpark Mols Bjerge

Projekt: "Mols Bjerge fra istidslandskab til kulturlandskab. Vegetationsanalyse og landskabshistorie omkring Agri Sø" J.nr. NST-941-00130). Afsluttet juli 2015.

Finansiering – Ansøgt og bevilliget 205.000 kr nov. 2013, dertil egenfinansiering.

Redaktion: Afsluttet 15. marts 2015

Omfang: 97 sider, inkl. 17 sider bilag

Lagt på nettet: Januar 2016

Brug af materialet: Materialet må frit benyttes med udførlig kildeangivelse.

Kildeangivelse: Sørensen MK 2015: Vegetations- og søudvikling i og omkring Agri Sø gennem de sidste 1000 år. Specialeopgave. – Naturrapporter fra Nationalpark Mols Bjerge nr. 8.

Rapporternes konklusioner og perspektiveringer er forfatterens og ikke nødvendigvis nationalparkens

Denne rapport er udarbejdet som et afsluttende specialeprojekt (60 ECTS point) på min kandidatuddannelse ved Institut for Geoscience, Aarhus Universitet under vejledning af Bent Odgaard. Projektet har kunnet lade sig gøre på baggrund af økonomisk støtte fra Nationalpark Mols Bjerge.

Jeg vil først om fremmest takke Bent Odgaard for vejledning og gode input gennem hele specialet. Der skal også lyde en stor tak til Charlotte Rasmussen og Kirsten Rosendal for stor hjælp under det ugelange feltarbejde, samt Lars Rasmussen og Simon Ejlersen for hjælp da arbejdet blev hårdt. For laboratorie behandling af prøver vil jeg gerne takke Kirsten Rosendal, Anne Thoisen og Trine Schmidt. Jesper Olsen skal have tak for gode råd omkring Oxcal. Jeg vil gerne takke venner og familie for støtte, opmuntring og selskab undervejs. Her skal der især lyde en tak til Lucia, for at kunne holde ud af at dele "kontor" med mig, for gode råd og ideer og ikke mindst masser af strikkepauser. Jeg vil også gerne takke mine kollegianere for hjemlig hygge og masser af dessert.

Århus, marts 2015

Malene Kjærsgaard Sørensen – årskortnr. 20092680

ABSTRACT

The present investigation of the sediment at the bottom of Agri Lake (Mols Bjerge, Djursland, Denmark) has shown that the lake is much younger than expected. The lake contains around 7 meters of gyttja and the bottom of this is dated to around year 1000 AD. For the investigation of the lake sediment XRF-scanning of the sediment was used as well as pollen analyses, macrofossils and ¹⁴C dating.

The lake has most of the last 1000 years received material from a constant source. Around 1728-1868 AD the sediment changed starting to contain elevated amounts of Rb, Zr, Ca and Sr. This change is most likely due to soil improvements in relation to the increased cultivation of the land.

From the start of the gyttja sedimentation to 1562 AD (~ end of Middle Age) Agri Lake was used to retting of *Cannabis* and *Linum usitatissimum*. The retting has influence of the pollen found in the lake due to the Cannabis roots containing older pollen which were added to the lake sediment. This has resulted in the pollen from this period of time to not reflect the true vegetation distribution in the area.

At the onset of the Middle Age the land use around Agri Lake was dominated by pastoral farming and the lake sediment contains high values of *Poaceae* undiff., *Plantago lanceolata* and *Cyperaceae*. The sediment contains really little pollen from trees and it is expected that the area was almost free of trees most of this period.

Around 1420 AD the land use changed to field farming, with *Secale*, *Hordeum* and *Fagopyrum* as the dominating crops. In the late 1800s big areas in Mols Bjerge was transformed to plantation and the amount of tree pollen increased (especially *Pinus* and *Betula*). The new plantations were planted on cultivated land and grass fields resulting in a decline in pollen from *Poaceae undiff.*, *Secale*, *Hordeum* and *Rumex acetosa*.

Investigation of the sediment under the gyttja has shown that Agri Lake is likely to have formed around 1000 years ago. The formation was properly due to some kind of relocation of the clay rich sediment on the hill north of the lake. It is not clear why this happened, but it is possibly due to more intense farming starting at this time. Removing of vegetation on the steep hill can have resulted in landslides during thaw in the spring or the introduction of the heavy ploughs has increased the erosion on the hill.

RESUMÉ

Denne undersøgelse af sedimentet fra bunden af Agri Sø (Mols Bjerge, Djursland) i Danmark har vist, at søen er meget yngre end forventet. Søen rummer cirka 7 meter gyttje (dynd) og bunden af dette er dateret til cirka år 1000 evt. Til undersøgelsen af sedimentet blev der anvendt XRF-skanning sammen med pollen analyse, makrofossiler og kulstof-14-datering.

Søen har i det meste af de sidste 1000 år modtaget materialer fra en konstant kilde. Omkring 1728-1868 ændrede sedimentet sig, idet det begyndte at indeholde øgede mængder af grundstofferne rubidium, zirconium, calcium og strontium (Rb, Zr, Ca, Sr). Denne ændring skyldes sandsynligvis jordforbedringer forbundet med den øgede dyrkning af det omgivende landskab.

Fra starten af dyndaflejringerne indtil 1562 (ca slutningen af middelalderen) blev Agri Sø brugt til rødnings af hamp og hør (*Cannabis* og *Linum usitatissimum*). Rødningen har betydning for de fundne pollen, da hamp-rødderne (og medfølgende jord) rummer ældre pollen, som bliver tilført til søsedimentet. Dette har betydet, at pollenindholdet fra denne periode ikke reflekterer den sande vegetationssammensætning i området.

Ved begyndelsen af middelalderen var området rundt om Agri Sø domineret af husdyrbrug, og søsedimentet har et højt indhold af pollen fra græsser (uidentificeret), *lancetbladet vejbred* og halvgræsser (*Cyperaceae*). Sedimentet indeholder kun meget lidt pollen fra træer og det formodes at området var næsten træløst gennem det meste af denne periode. Omkring 1420 skiftede arealanvendelsen henimod agerbrug, med rug, byg og boghvede som de dominerende afgrøder. Mod slutningen af 1800-tallet blev store dele af Mols Bjerge omlagt til nåletræs-plantager, og mængden af træ-pollen øgedes (især fyr og birk). De nye plantager blev rejst på dyrkede marker og græsningsarealer, hvilket medførte en nedgang i mængden af pollen fra græsser uid., rug, byg og alm. syre (*Poaceae* spp., *Secale*, *Hordeum* og *Rumex acetosa*).

Undersøgelse af sedimentet under dyndlaget har vist, at Agri Sø nok er dannet for ca. 1000 år siden. Dannelsen skete sandsynligvis på grund af en flytning af the lerrige sediment på bakken nord for søen. Det er ikke klart, hvorfor dette skete, men det kan skyldes en intensivning af dyrkningen på denne tid. Fjernelsen af vegetation på de stejle skrånninger kan have medført jordskred under forårets tøvejr, eller indførelsen af de kraftigere plove kan have øget erosionen på bakken.

1 INDLEDNING

Søerne spredt ud over Danmark fungerer som opsamlingshuller, hvor materiale fra det omkringliggende område føres til, oftest med overfladeafstrømning eller vinden (Nichols 2009). Søer kan derfor, hvis de ikke har været udsat for tørlægning eller andre forstyrrelser, indeholde arkivmateriale fra fortiden der kan fortælle om tidligere tiders klima, vegetationsforhold, landskabsudvikling og kulturhistorie. En borekerne fra bundsedimentet af en uforstyrret sø indeholder derfor lag på lag materiale, der kan tolkes ved hjælp af blandt andet pollen, diatomeer, jordbiller og sedimentets sammensætning (Lowe & Walker 1997a). Søer kan dermed bidrage til rekonstruktion af Danmarks historie, geologisk så vel som kulturel.

Pollen fra sø- og tørveaflejringer har gennem næsten 100 år været anvendt til rekonstruktion af fortidens vegetation, både af vores nuværende mellemistid Holocæn, men også ældre mellemistider (Davis 2000). Det iltfrie miljø der findes i bundsedimentet gør en bevarelse af dele af pollenkornene muligt. Den del af pollenkornene bliver hurtigt nedbrudt, mens delen hovedsagelig bestående af sporopollenin bevares (Birks & Birks 1980a). Da forskellige plantefamilier/slægter/arter producerer forskellige typer pollen, er det muligt at adskille dem fra hinanden på karakteristika som blandt andet størrelse, antal porer og/eller kolber, facon og vægtype (Moore et al. 1991, Beug 2004).

Ved en pollenanalyse er det ikke muligt at oversætte antallet og fordelingen af de bestemte pollen direkte til en rekonstruktion af fortidens vegetation, og yderligere bearbejdelse af data er derfor nødvendig. Dette skyldes, at en lang række faktorer, hvoraf en af de vigtigste er forskellen i produktionsmængden af pollen mellem forskellige plantetyper. De fleste træer anvender vinden til spredning og bestøvning og producerer derfor en varierende men stor mængde pollen. Disse findes derfor oftest i store mængder i søaflejringer sammenlignet med pollen fra urter (Birks & Birks 1980b). Urter har ofte en mindre pollenproduktion, da en stor del af dem har tilpasset deres forplantnings strategi til insektbestøvning, hvor de med deres ofte farverige eller velduftende blomster (nektar) tiltrækker insekter, som ved kontakt med blomstens støvdrager dækkes med pollen, som derved bæres videre til næste blomst (Fægri & Iversen 1975).

Hvor langt pollen kan spredes omkring er også afhængig af deres størrelse, udformning, vindretning i området og dennes styrke (Fægri & Iversen 1975). En vigtig faktor for, hvor stor et område de aflejrede pollen repræsenterer, er søens størrelse. Meget små søer indeholder overvejende kun pollen fra det nærmeste område, mens meget store søer kan afspejle en hel region (Jacobsen & Bradshaw 1981).

Ikke kun indholdet af pollen og andre fossiler kan fortælle om søen og områdets historie, men også de klastiske dele af søsedimentet indeholder en lang række oplysninger der kan anvendes til rekonstruktion af aflejringsforhold, kildeområde, evt. hiati, ændringer i vandniveauet og evt. tørlægning (Dearing & Foster 1986). Indenfor undersøgelser af søaflejringer er XRF målinger af søsedimenter, hvor indholdet af forskellige grundstoffer undersøges, meget anvendelig. Tidligere at dette været en omstændig proces med tørring af materialet og herefter individuelle målinger, men i dag kan det foretages for den ubehandlede kerne med en scanner (Croudace et al. 2006). Denne teknik gør det muligt, at undersøge hvordan området omkring søen har udviklet sig gennem tiden i forhold til erosion og nedbrydning, om der er sket en ændring i den kilde som søer modtager materiale fra og hvordan forholdene i søen har udviklet sig (Kylander et al. 2013, Kylander et al. 2011, Koinig et al. 2003).

De sidste mange års omfattende undersøgelse af søer og moser spredt ud over hele Danmark har medført, at vi på nationalt plan kender de overordnede træk for vegetationsudviklingen tilbage til de første planters indvandring i slutningen af Weichsel og frem til i dag (Noe-Nygaard et al. 2006, Odgaard 1994, Odgaard 2010). Efter den sidste is afsmeltning var det danske område præget af spredt tundra vegetation (Noe-Nygaard et al. 2006), og de store området uden tilgroning gav mulighed for en vis udligning af landskabet ved forskellige erosionsprocesser (Pedersen & Petersen 1997). Tundra vegetationen bestående af blandt andet *Betula nana*, *Dryas octopetala* og *Salix* (Mortensen et al. 2011) blev efterhånden afløst af de første pionertræer som *Betula* og *Pinus* (Noe-Nygaard et al. 2006). Efterhånden som der ankom flere trætyper (fx *Tilia*, *Corylus* og *Quercus*), blev landet dækket af tæt urskov (Odgaard 2010). Denne urskov dominerede landskabet indtil landbrugets ankomst for knap 6000 år siden (Odgaard 2006). Pollendiagrammer har sammen med arkæologiske fund sandsynliggjort, at de første danske landmænd anvendte svedjebrug, hvor de dyrkede mindre marker og havde græssende dyr på ryddede områder i skoven. Senere har landbruget ført til rydning af større og større skovarealer og nye planter og dyrkningsmetoder er blevet indført, mens arealerne med skov og naturlig vegetation er blevet mindre og mindre (Bjørn 1988).

Der er som nævnt udført pollenanalyser af gamle aflejringer på lokaliteter spredt ud over hele landet, dog har der aldrig været foretaget pollenbaserede undersøgelser på det sydlige Djursland, så den lokale udvikling i og omkring Mols Bjerge har hidtil været ukendt.

1.2 FORMÅL

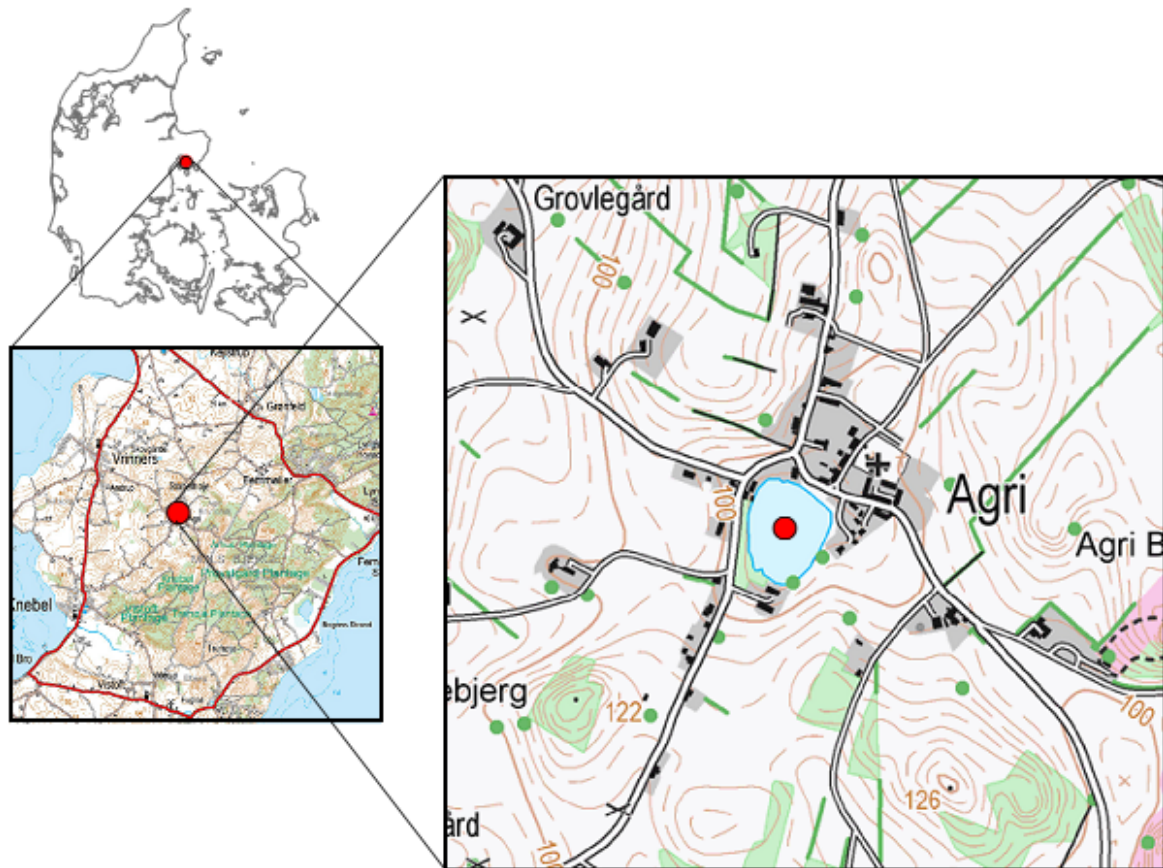
Ved projektet start var det forventet, at den opborede borekerne fra Agri Sø dækkede en periode tilbage til tidlig Holocæn eller senglacial. Pollenprøver og 14-C dateringer har dog vist, at dette ikke er tilfældet, og at den aflejrede gytje kun har en alder på omkring 1000 år. Dette har derfor kastet tvivl om den tidligere teori om at Agri Sø blev dannet som et vandfyldt dødishul i slutningen af sidste istid. Det tilstræbes derfor at fastlægge tidspunktet og årsagen til dannelsen af søen. Dette er gjort ved hjælp af aflejringerne ved bunden af gytjeaflejringerne, andre aflejringer i området og dateringer af søsedimentet. Landskabet udvikling og med fokus på vegetationen bliver undersøgt ud fra pollenanalyser og 14-C dateringer for hele lagserien. Dette vil bringe klarhed over hvordan mennesket har påvirket landskabet og hvilke afgrøder der er blevet dyrket siden søens dannelse, og hvordan mennesket har påvirket søens miljø og evt. tilblivelse.

INDHOLDSFORTEGNELSE:

Forord	s. 3
Abstract / Resumé	s. 3
Indledning	s. 5
Indholdsfortegnelse	s. 7
Undersøgelsesområdet	s. 8
Metoder	s. 14
Resultater	s. 28
Diskussion	s. 53
Konklusion	s. 76
Referencer (litteraturliste)	s. 77
Bilag	s. 80

2 UNDERSØGELSE OMRÅDE

Undersøgelserne i dette speciale er foretaget på baggrund af sedimentkerner fra Agri Sø og jordprøver fra det omkringliggende område. Agri Sø ligger midt i landsbyen Agri (N 56° 13' 50.3" – E 10° 31' 23.4") i den nordvestlige del af Mols Bjerger på det sydlige Djursland (Figur 1). Søen ligger i en mindre lavning omkring 95 m.o.h. i et bakkerigt område. Områdets højeste punkter findes øst og syd for søen (Agri Bavnehøj 137 m.o.h. og Trehøje 127 m.o.h.), mens der mod nord og vest findes mindre bakke drag, hvorefter landskabet mod vest falder ned mod havet.



Figur 1 Agri Sø's placering (grundkort: DTK/kort100 og DTK/kort25)

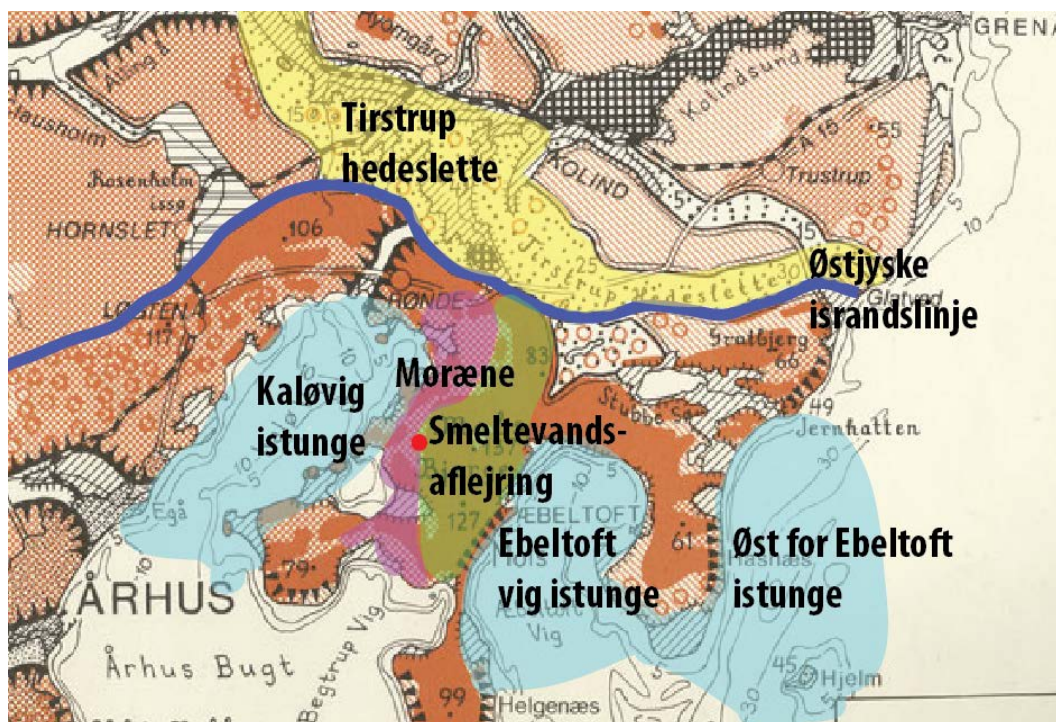
Agri Sø dækker et areal omkring 1,4 ha og er uden tydelige til- og afløb (Olsen 2002). Den største vanddybde i søen blev under boringen målt til 65 cm, og ifølge Olsen (2002) overstiger den ingen steder 1 meter. Søen er meget næringsrig og i overordnet dårlig miljøtilstand med et højt fosfor indhold. Dette skyldes, at søen i mange år har været tilført spildevand og at fosfor i dag findes i store mængder i søbunden (Olsen 2002). Sø vandet fremstår meget uklart pga. et højt klorofylniveau hvilket medfører, at der ikke findes undervandsvegetation i søen (By- og Landskabsstyrelsen 2001). På baggrund af søens dårlige miljøtilstand og dens bycentrale placering, blev den fredet i 1960, men spildevandsudledningen stoppede først fuldstændig i 1995 (Olsen 2002, Overfredningsnævnet 1960).

Vegetationen i og i umiddelbart nærhed af søen består af tagrør, iris, bredbladet dunhammer og pilekrat (Olsen 2002). Landskabet omkring byen er præget af bebyggelse med haver, marker og mindre skovområder.

2.1 MOLS BJERGES GEOLOGISK HISTORIE

Landskabet i Mols Bjerger, som det fremstår i dag, er hovedsagelig dannet under Weichsels nedisning af Danmark og dens efterfølgende afsmeltning. Kernen af Mols Bjerger består af et bakkestrøg, der strækker sig fra Helgenæs i syd, op over Mols Bjerger og herfra mod nordøst mod Randers. Der eksisterer ikke enighed om dannelses-tidspunkter for dette bakkestrøg. Larsen & Kronborg (1994) formoder, at dette bakkestrøg er dannet under Saale istiden, mens andre fastlægger dannelsen til under NØ-isen i Weichsel (Houmark-Nielsen 2010, Pedersen & Petersen 1997, Rasmussen 1977). Aflejringerne i dette bakkestrøg benævnes Kattegat Till og overlejres af smeltevandssand (Tebbestrup Formationen). Dette sand er afsat af smeltevand foran isen ved dennes afsmeltning og overlejres af Grenå Till, som menes at være et genfremstød fra den afsmeltende is. På nogle lokaliteter, bl.a. på Helgenæs syd for Mols Bjerger har den fremadrykkende is skubbet flager af eocæn ler op til overfladen (Pedersen & Petersen 1997).

Før ankomsten af isen, som dannede de strukturer vi i dag kender som Mols Bjerger, har områder været isfri i en kortere periode (Houmark-Nielsen 2010). Herefter trængte en gletsjer på ny ind over dele af området. Denne gletsjer kom fra sydøst, den såkaldte Ungbaltiske is. Dette fremstød opnåede ikke så stor udbredelse som de tidligere fremstød, og opnåede sin maksimale udbredelse ved den Østjyske israndslinje (18000-16000 år BP), som strakte sig hen over Djursland med sin nordlige grænse nord for Mols Bjerger og den vestlige grænse ned gennem Østjylland (Figur 2) (Harder 1908). Under dette isfremstød var området omkring Mols Bjerger dækket af tre istunger, der strakte sig henholdsvis op i Kalø Vig, Ebeltoft Vig og øst for Ebeltoft halvøen (Larsen & Kronborg 1994). Langs istungernes kant blev dannet randmoræner, der i dag ses som bakker liggende i bueform omkring vigene. Ifølge Larsen & Kronborg (1994) og Pedersen & Petersen (1997) har istungerne været aktive samtidige, og de specielt store højder, der findes i Mols Bjerger, er dannet ved, at isen har skubbet materiale op i randmoræner fra både vest og øst. En anden teori foreslår, at



Figur 2. Istidselementer og aflejringer på det sydlige Djursland. Farver angiver overordnede, men ikke nøjagtige placeringer. Agri angivet med rød prik. (Grundkort: Per Smeds Landskabkort)

istungere ikke har været aktive samtidige, og at randmorænerne omkring Kalø Vig er dannet først, hvorefter området omkring Ebeltoft Vig er dannet, og til sidst øst for Ebeltoft halvøen (Houmark-Nielsen 2010). Den ungbaltiske is afsatte Ebeltoft Till ovenpå det smeltevandssand (Mols Hoved Formationen), der var aflejret foran isen ved dennes fremrykning (Pedersen & Petersen 1997). Under isens tilstedeværelse i området blev der foran isen på nordsiden af Mols Bjerge aflejret smeltevandssediment og herved blev Tirstrup Hedeslette (Tirstrup Formationen) dannet. Smeltevandssletten har sit højeste punkt i slettens østlige ende, og vandet er løbet langs isranden mod vest og videre ud i Randers Fjord, da isen har blokeret for udløb mod øst (Rasmussen 1977).

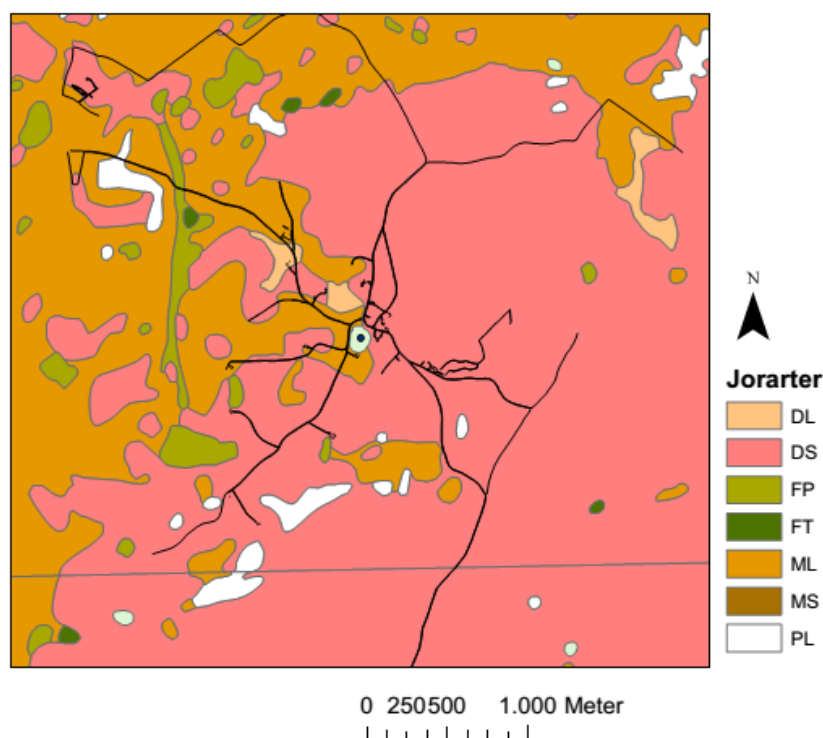
Landskabet i Mols Bjerge fremstår med sine stejle små bakker og dybe huller dog ikke som et morænepræget landskab. Dette skyldes, at der ved afsmeltningen af isen blev efterladt en stor mængde dødis i området. I den første del af dødisperioden var det meste af området dækket af is, og i de lavere områder af isen blev der dannet søer, hvori der aflejredes issedimenter. Disse søsedimenter fremstår i dag som små stejle bakker spredt ud over området. Senere i dødisperioden, hvor en stor del af isen var bortsmeltet, blev de sidste klumper is dækket med smeltevandssedimenter, og da disse langt senere smeltede, blev der dannet dødishuller. Disse ses i dag i Mols Bjerge som af- og tilløbsfrie søer og fordybninger i landskabet. (Rasmussen 1977, Houmark-Nielsen 2010)

Der kendes ikke meget til landskabets udvikling umiddelbart efter isens forsvinden, men det forventes, at området har været udsat for betydelig erosion, og landskabet derfor har oplevet en vis udjævning, hvor materiale er ført fra højt beliggende steder og stejle skråninger og ned i lavere liggende områder (Rasmussen 1977). Dette må forventes at have reduceret relieffet i Mols Bjerge, frem til at vegetation blev mere dækkende i området, og derved forhindrede betydelig erosion af jordbunden (Larsen & Kronborg).

Op igennem Holocæn har selve Mols Bjerge ikke oplevet den store geologiske landskabsmæssige udvikling. De omkringliggende områder har derimod, særlig i den første halvdel af Holocæn, været præget af det vekslende havniveau pga. landets isostatisk opløftning og afsmeltning af ismasserne i Skandinavien og Nordamerika. I perioden efter isen var afsmeltet fra området, var vandstanden så lav, at de indre danske farvande var land. Efterhånden som isafsmeltningen i Nordamerika tog til, skete en transgression og fjorder blev indskåret på Djursland, det såkaldte Littorinahav (Stenalderhav). Herefter indtraf en regression pga. landhævninger, og de nuværende kystlinjer opstod. (Pedersen & Petersen 1997, Noe-Nygaard et al. 2006)

2.2 JORDARTER OMKRING AGRI SØ

De overfladenære jordarter i Mols Bjerge er generelt præget af smeltevandssand, som dækker størstedelen af selve bjergene. Agri Sø ligger på grænsen af dette område og er derved omgivet af flere forskellige jordartstyper (Figur 3). På den østlige side af søen er smeltevandssand (DS) dominerende, mens der på den vestlige side er aflejringerne ved kartering klassificerede som moræneler (ML). Lidt nord for søen er der kortlagt to mindre områder med smeltevandsler (DL) og derudover mindre områder med ferskvandsgytje (FP), ferskvandstørv (FT) og paleocæn ler (PL) lidt længere væk fra søen.



Figur 3. Jordartskort for Agri-området. DL: smeltevandsler, DS: smeltevandsand, FP: ferskvandsgytje, FT: ferskvandstørv, ML: moræneler, MS: morænesand, PL: Paleocæn ler (Grundkort: Danmarks digitale jordartskort 1:25.000)

2.3 KULTURHISTORIE I MOLS BJERGE

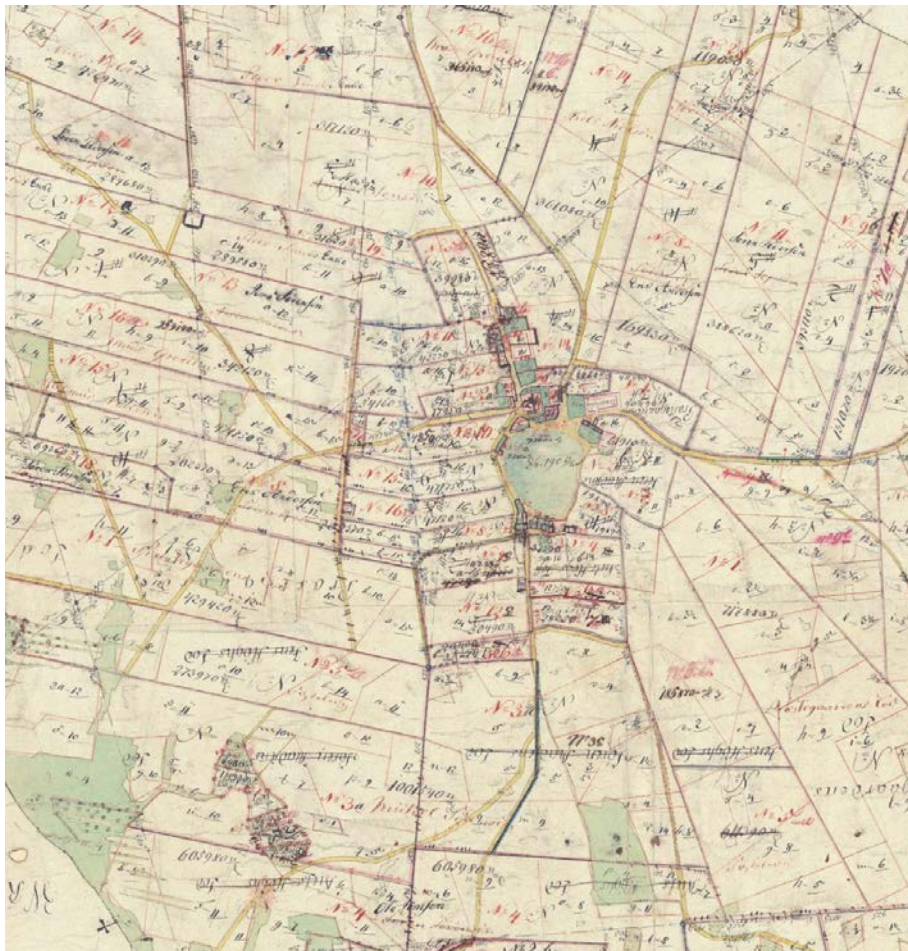
Mennesket har med sikkerhed levet i og omkring Mols Bjerge siden Ertebøllekulturen (5400 – 3900 f.kr.). Disse tidlige mennesker levede hovedsagelig af marine ressourcer i en formodentlig tæt urskov, hvor de ikke har påvirket vegetationen af betydning. Bopladser fra Ertebøllekulturen er fundet ved Knebel Vig 3,5 km Sydvest for Agri (figur 1) (Pedersen & Petersen 1997).

Den første betydelige menneskelige påvirkning af vegetationen i Danmark startede ved landbrugets indførelse (Behre 1988). Landbruget introduceres i Danmark af Tragtbægerkulturen (3900-2800 f.kr.), som også er kendt fra Knebel området (Meldgaard 1975) og deres runddysser findes langs vest randen af Mols Bjerge, helt op til Agri og syd for selve bjergene. Den mest kendte runddyse er Poskær Stenhus fra cirka 3300 f.kr., der ligger knap 2 km sydvest for Agri (Eriksen 1999) Befolkningen ser ud til i bondestenalderen (3900-1700 f.kr.) at have foretrukket den tunge næringsrige lerjord, der findes på den vestlige side af bjergene (Meldgaard 1975).

De eneste sikre spor af bronzealdermennesket (1700-500 f.kr) i Mols Bjerge er gravhøje, disse ligger i de højeste områder i Mols Bjerge fx omkring Trehøje. Lokaliteten af bronzealdermenneskets bebyggelser kendes ikke, men det formodes, at de har dyrket den mere sandede jordbund i selve bjergene, da denne var nemmere at bearbejde og dyrke (Meldgaard 1975).

Fra jernalderen og vikingetiden (500 f.kr.–1000 e.kr) findes der ingen beviser på bosætninger i Mols Bjerge, men bopladser er fundet syd for bjergene (Meldgaard 1975).

Det formodes, at befolkningen ved hjælplovens indførelse (vikingetid/tidlig middelalder) nu har haft mulighed for at opdyrke den tungere og mere næringsrige jord langs bjergene og derfor er flyttet dertil. Mange af de nuværende byer kan spores tilbage til middelalderen (ca. 1000-1536 e.kr.). Agri nævnes første gang i 1203 under navnet Akre. Da der er tale om et naturnavn, er det svært at datere, men det kan stamme helt tilbage fra jernalderen. Ifølge de historiske kilder er den skovrydning der forventes at have fundet sted i jernalderen, forsat med forøget styrke op gennem middelalderen, til der kun var tre mindre skove tilbage i slutningen af 1600-tallet. Kilderne beskriver, at skovene hovedsagelig er blevet fældet for at skaffe tømmer og areal til græsning og i mindre grad til dyrkningsarealer. (Meldgaard 1975).



Figur 4. Matrikelkort over Agri midten af 1800-tallet. (Grundkort: Original 1kort, Agri By)

Hen mod slutningen af 1600-tallet blev det svært at opretholde leveforholdene for mange bønder i området på grund af dårligt udbytte på markerne, få husdyr og mangel på brande. Under denne krise blev flere gårde forladt, bl.a. i Toggerbo sydøst for Agri. Dette har medført, at opdyrkningen af nogle af de mest sandede og næringsfattige jorder i Mols Bjerge ophørte. De steder, hvor den sandede jord forsat blev dyrket, var betydelig hviletid for jorden været nødvendigt. I 1600-tallet har man typisk dyrket boghvede et år efterfulgt af to år med rug, hvorefter marken har hvilet som græsset lynghede i 16-20 år. På de lidt bedre jorder uden for selve bjergene har man kunnet dyrke byg og ærter med tre dyrknings år efterfulgt af to års hvile. Det generelt ringe udbytte på jorderne berettes om i matriklen fra 1688, hvor meget af det opdyrkede areal i Mols Bjerge faldt i den dårlige halvdel af bedømmelsesskalaen. Ved slutningen af 1700-tallet blev kun de bedste jorder i området dyrket, nu med halveret

hviletid. Store dele af de udyrkede områder voksede efterhånden til i lyng, da flere udbrud af kvægepest (1740-1765) førte til mangel af kvæg til græsning. Der findes ingen beretninger om, at gårde i Agri blev forladt, og på matrikelkortet fra midten af 1800-tallet ses det, at markerne omkring byen var ligeligt fordelt efter jordbundskvalite mellem byens gårde (Figur 4). (Meldgaard 1975)

Skovtilvæksten på forladte marker blev i slutningen af 1800-tallet og starten af 1900-tallet forstærket ved menneskelig tilplantning af store områder, hovedsagelig med nåletræer. I starten af 1900-tallet beplantes bakkede områder ligeledes med bl.a. enebær og dværgfyr. I løbet af 1900-tallet er størstedelen af de udyrkede områder blevet plejet ved græsning af dyr, mens de områder der grænser op til bjergene dyrkes som landbrug. (Meldgaard 1975)

Sidst i 1960'erne begynde arbejde med at frede Mols Bjerge, dette førte til en fredning af den nordlige del, hvor Agri er placeret, i 1984 og den sydlige del i 1994. På trods af at området er fredet og blev omdannet til nationalpark i 2009, er store områder i dag privatejet og dyrkes som landbrug, bl.a. arealerne omkring Agri. De mere centrale dele af bjergene er statsejede og store dele af dette areal henligger i dag som overdrev, der vedligeholdes ved græsning, mens andet drives som plantage med hovedsagelig nåletræer. (Nationalpark Mols Bjerge 2011, Skov- og Naturstyrelsen Kronjylland 2009)

Mols Bjerge er et område, hvor der ikke findes meget overfladevand, og samtidig ligger grundvandet omkring 30 meter under terrænoverfladen (Fredningsudvalget for Århus amt 1978). Dette forventes, at have bragt en del problemer med hensyn til bosættelser i området gennem tiden og herved have været en af faktorerne til, at bebyggelse i dag også er meget begrænset i selve bjergene.

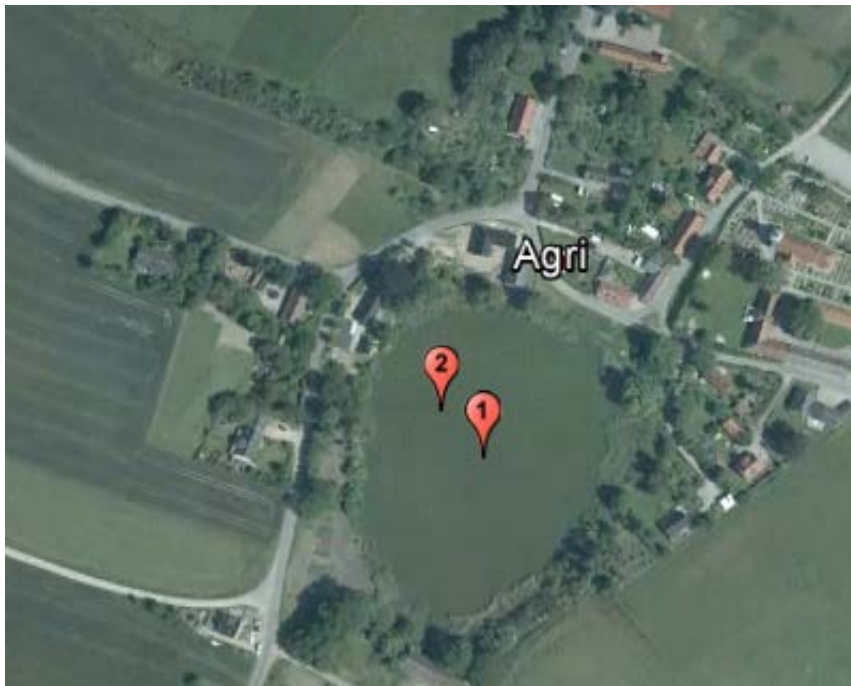
2.4 KLIMAET I MOLS BJERGE

Klimaet i Mols Bjerge er præget af områdets kystnære beliggenhed. Dette betyder, at den årlige gennemsnitstemperatur ligger imellem 7,8-8,2°C (1961-1990), hvilket er varmere i forhold til de mere indre dele af Danmark (alle klimadata bygger aflæsning for lokaliteten på oversigtskort for hele Danmark). Juli temperaturen lå i samme periode i intervallet 15,5-16,0°C og januar 0,0-1,0°C (DMI 2014). Nedbørsmæssig ligger området i den lave ende af landsgennemsnittet med en årlig nedbør på 500-550 mm (1931-1960 og 1961-1990), hvoraf 300-350 mm faldt i vækstsæsonen (DJF geodata 2014).

3 METODER

3.1. BORINGER

Boringerne blev foretaget mellem den 31/3 og 4/4 2014 i Agri Sø ved to forskellige positioner (figur 1). Position 1 ligger cirka midt på søen ved N 56° 13' 50.3" – E 10° 31' 23.4" og havde på boringstidspunktet en vanddybde på 65 cm. Der blev ved denne position optaget i alt 11 kerner fordelt på kajak-bor, russer-bor og Usinger-bor i sedimentdybde fra 0 – 791 cm (Tabel 1). Position 2 var placeret ca. 30 meter nordvest for position 1 ved N 56° 13' 51.0" – E 10° 31' 22.3" og havde en vanddybde på 54 cm. Ved denne position blev der taget to kerner med Usinger-boret i dybden fra 291-635 cm (Tabel 1).



Figur 5. Borings positioner (Grundkort: Google Earth)

Position	Boringstype	Prøve navn	Dybde under sedimentoverflade	Indre bor-diameter
Position 1	Kajak-henter	K1	0 – 40 cm	10 cm
	Russerbor	R1	30 – 130 cm	7,5 cm
		R2	110 – 210 cm	7,5 cm
		R3	190 – 290 cm	7,5 cm
		R4	270 – 370 cm	7,5 cm
	Usinger-bor	A1	291 – 491 cm	8 cm
		A2	491 – 611 cm	8 cm
		B1	491 – 691 cm	5 cm
		B2	691 – 791 cm	5 cm
		D1	341 – 487 cm	5 cm
		D2	541 – 741 cm	5 cm
Position 2	Usinger-bor	C1	291 – 491 cm	8 cm
		C2	491 – 635 cm	5 cm

Tabel 1. Boringer i Agri Sø

Alle boringer blev foretaget fra en flåde udstyret med en trefod, hvorpå der var monteret et spil, der blev brugt til optrækning af borerøret og som sikkerhedsline til boret ved boring med Usinger-bor. Under boringerne var flåden

fastgjort i hjørnerne med reb til fire træer på land. Denne fortøjningsmetode blev valgt frem for at bruge ankre, da disse ville forstyrre de øverste lag af bundsedimentet.

3.1.1. HTH/KAJAK-HENTER

Dette bor er et såkaldt gravity corer, som bruges til meget løst og vandmættet sediment fra den øvre søbund. Boret er i princippet et åbent rør, der vha. af påmonterede vægte penetrerer det øvre, ukonsoliderede sediment. Røret er 50 cm langt og har en indre diameter på 10 cm. Når den øvre del af røret når sedimentet, udløses en lukkemekanisme i toppen af røret. Boret tømmes ved at montere det på en udskubningsmekanisme, og en ønsket mængde sediment kan skubbes ud. (Renberg & Hansson 2008)

Ved boringen i Agri Sø blev kajak-henteren anvendt til at tage prøver af de øverste 40 cm af det meget løse overfladesediment ved position 1. Borerøret blev kun fyldt med 40 cm sediment, da lukkemekanismen blev udløst lidt før hele borerøret var nede i sedimentet. Ved udskubningen af det ophentede materiale blev 2 cm materiale skubbet ud af gangen og opsamlet i plastposer.

3.1.2. RUSSERBOR

Russerboret består af et opsamlingskammer på en meter, som bliver fyldt fra siden. Boret nedføres til den ønskede prøvetagningsdybde og drejes herefter 180 mod uret, hvorved det halverede cylinderrør drejes omkring den tilhørende metalplade, og sedimentet opsamles heri. Boret kan herefter trækkes op og liggende vandret kan sedimentet drejes ud af borerøret og flyttes over i plastrør. (Aaby and Digerfeldt 1986)

Ved undersøgelsen af Agri sø blev der brugt et 1 meter langt russerbor med en indvendig diameter på 7,5 cm til prøvetagning af de øverste meter sediment ved position 1. Der blev udtaget 4 kerner med 20 cm overlap i 30-370 cm sedimentdybde. Hver kerne blev taget med lidt afstand til de forrige for at undgå, at den tidligere boring havde forstyrret sedimentet.

3.1.3. USINGER-BOR

Dette bor er af stempelbors typen og opsamler sedimentet ved at banke et rør ned i det. Friktionskræfterne modvirkes ved det vakuum, som stemplet danner i borerøret. Usinger-boret består af et borerør på 1 eller 2 meter af varierende diameter alt efter hårdheden af sedimentet. Mens borerøret føres ned til den ønskede startdybde for boringen, fastholdes et stempel i bunden af borerøret med indre borestænger. Ved selve boringens begyndelse fastlåses stemplet i den ønskede boreddybde, mens borerøret bankes ned i sedimentet ved hjælp af ydre borestænger. Ved blødt overfladenært sediment kan dette gøres med håndkraft og personvægt, mens der ved dybere og mere kompakt sediment benyttes en slaghammer. Når borerøret er ført ned gennem sedimentet, og stemplet har nået borehovedet i toppen af borerøret trækkes borerøret op. Ved løst sediment er det nødvendigt at sætte en hånd under borerøret inden den nederste del af borerøret kommer over vandoverfladen. Udpresningen af sedimentkernerne foretages på land med en udpresningsmaskine. Denne skubber vha. et stempel 1 meter kerne ud af gangen, som herefter pakkes i plastrør. (Usinger 1999, Mingram et al. 2007)

Under boringen i Agri Sø blev der med Usinger-boret foretaget boringer på position 1 (boresegmenter A1, A2, B1, B2, D1 og D2) og position 2 (boresegmenter C1 og C2). Der blev hovedsagelig brugt 2 meter borerør med undtagelse af boring B2, hvor der pga. sedimentets hårdhed blev brugt et borerør på 1 meter. Diameteren af borerøret varierede ligeledes pga. sedimentets hårdhed. På mindre sedimentdybder blev borerør med en diameter på 8 cm anvendt,

mens der på større dybder blev brugt borerør med en diameter på 5 cm (Tabel 1). For nogle af segmenterne (A2, D1 og C2) findes der ikke komplette kerner på 2 meter. For A2 skyldes dette, at boret satte sig fast og måtte trækkes op med kun 120 cm af borerøret fyldt med sediment. Ved D1 var borerøret af uklare årsager kun fyldt i de øverste 146 cm og ved C2 var den nederste del af røret nået ned i siltede aflejringer, og det var derfor nødvendigt at skrabe omkring 50 cm siltet materiale ud, før kernen kunne presses ud af borerøret. Under boringen var det tydeligt, at sedimentet blev meget hårdt ved omkring 500 cm sediment dybde, og herfra var det nødvendigt at bruge slaghammeren.

3.2 JORDARTSPRØVER

I søens nære oplandsområde blev der udtaget fem jordartsprøver. Prøvestederne er udvalgt ud fra jordartskort, så alle områdets jordarter burde være repræsenteret.

3.3 SEDIMENT BESKRIVELSE

For alle kerner blev der foretaget en sedimentbeskrivelse, efter kernen var afrenset med kniv vinkelret på sedimentlag. Hver kerne blev inddelt efter ændringer i sedimentet og herefter blev de enkelte lag beskrevet med en vurdering af kornstørrelse og type, farve, hårdhed, kalkindhold (brusning af 10% HCl), lamineringer og placering af nister og andet materiale som f.eks. træ og småsten.

3.4 KERNESCANNING

For at muliggøre korrelation mellem kernerne og samtidig få oplysninger omkring indholdet af grundstoffer, blev alle kerner scannet i Intrax Core Scanner. De fem jordartsprøver blev ligeledes scannet for at muliggøre en sammenligning med kernerne fra søen. Før scanningen blev kernerne taget med Usinger-bor delt i to halvdele ved at føre et stykke ståltråd ned gennem kernen liggende mellem to halverede plastrør. Herefter blev den nye blottede overfladen skrabet så jævn så muligt med en kniv. For prøverne taget med Russerbor blev minimum 1 cm af sedimentet skrabet af med kniv for at fjerne det sediment, der kunne være blevet forstyrret under boringen. De kerner, der under udpresningen var blevet delt i to, blev lagt i scanneren i forlængelse af hinanden. Da kernescanneren kun kan scanne længder op til 180 cm, var det nødvendigt at afkorte de længste kernesegmenter (A1, B1, C1, D2). Afkortningen blev foretaget i den ende hvor kernesekvensen forventedes at findes i en anden kerne. Da de afskårne dele af A1 og C1 ikke var så godt repræsenteret i andre kerner, blev disse scannet sammen med en af de kortere kerner.

For hver kerne foretog scanneren indledningsvis en måling af kernens overfladetopografi, et høj-opløseligt billede samt et røntgen-billede. Kernens topografi måles for at undgå, at XRF måleren støder ind i sedimentet og samtidig sikre en konstant afstand mellem sedimentoverflade og måleenhed, da en konstant afstand til overfladen sikrer en ensartet måling af hele kernen (Croudace et al. 2006). Der blev for alle kernerne foretaget XRF målinger for hver 0,5 mm med 15 sekunders måling i hvert punkt. Hver måling blev lavet i omkring de 100 øverste µm af sedimentet (Croudace et al. 2006). Målingerne blev foretaget med et kromrør som røntgenkilde og ved 55 kV og 25 mA, for bedst

mulig at kunne måle de ønskede elementer. Kernen blev undersøgt for alle de grundstoffer, der vurderes at kunne findes i sedimentet. Grundstofferne måles ved, at en flad røntgenstråle med et bredt spektrum sendes ned på sedimentet. Denne stråle eksiterede hvert af de enkelte grundstoffer ved, at røntgenstrålen frigjorde en elektron i atomerne inderste skal. Dette skabte et ustabil atom, der for at genoprette stabiliteten flyttede en elektron fra en af de ydre skaller til den ledige plads i den inderste. Da atomerne i de ydre skaller har større energi end dem i den inderste, bliver den resterende energi frigivet og udsendes som karakteristisk fluorescensstråling svarende til det respektive grundstof (Brouwer 2010).

Hvor godt de forskellige grundstoffer eksiteres afhænger af, hvilken X-ray kilde der anvendes. Den mest anvendte kilde er molybdæn, men på disse prøver er der anvendt en krom-kilde. For tykkere keredele på 10 cm i diameter giver molybdæn det bedste resultat, mens krom kan bruges på tyndere kerne segmenter. Kernerne i dette projekt er af to forskellige tykkelser på henholdsvis 8 og 5 cm og derved en tykkelse på 4 og 2,5 cm i halveret tilstand. Derfor kan krom kilden med rimelig resultat anvendes. Er anden betydende forskel mellem de to kilder er, at molybdæn giver et godt resultat for et bredt spektrum af elementer, mens krom giver et mere præcis resultat for de mindre grundstoffer på bekostning af et mindre præcis resultat af de mellemste og store grundstoffer (Croudace et al. 2006). Da det ikke forventes at finde betydelige større elementer i sedimentet, kan krom som kilde derfor med rimelighed anvendes.

Foruden XRF og røntgen blev der på alle kerne målt magnetisk susceptibilitet (MS). For kerneseriene A, B, C og D foregik dette i kernescanneren i intervaller på 5 mm og i SI enheden kg/m^3 . Da kernerne R1, R2, R3 og R4 var meget bløde, og ville være blevet ødelagt af måleenheden, blev disse målt med et håndholdt Bartington MS2E System ligeledes for hver 5 mm. Bartington MS2E integrerer over et noget smallere interval end enheden på kernescanneren, men det bedømmes som værende af mindre betydning her.

Ved måling af magnetisk susceptibilitet udsættes den del af kernen, der undersøges, for et magnetisk felt. Dette felt magnetiserer materialet og den samlede magnetisme fra magnetfelt og materiale måles. Da styrken af det udsendte magnetiske felt er kendt, kan det udregnes, hvor magnetisk materialet er. Den magnetiske susceptibilitet udregnes som rationen mellem magnetiseringen af materialet og det magnetiske felt. Da disse begge har enheden A/m, er magnetisk susceptibilitet en dimensionsløs enhed (Dearing 1999).

Materialets magnetisering er meget afhængig af, hvilke elementer det består af. De ferrimagnetiske stoffer (jernholdige mineraler) er stærk magnetiske. Materialer indeholdende denne type, vil derfor være stærk magnetiske, pga. deres stærke magnetfelt. Antiferromagnetisk stoffer som hematit har et svagt magnetfelt, og vil ligeledes kunne ses i den magnetiske susceptibilitet. Langt de fleste materialer i sedimentære aflejringer er dog ikke i sig selv magnetiske, men vil kun udvise magnetisering, når de udsættes for et magnetfelt. Denne type elementer deles i to typer. Den ene type er paramagnetiske elementer, der ofte indeholder Fe eller Mn og derfor vil de under påvirkning af et magnetisk felt danne en svag magnetisering. I modsætning til dette vil diamagnetiske elementer under et magnetisk felt udvirke en meget svag magnetisme eller en modsatrettet magnetisme. Denne type elementer er f.eks. kvarts, calciumcarbonat, organisk materiale og vand. Tilstedeværelsen af disse typer elementer kan i store mængder give en meget lav eller negativ magnetisk susceptibilitet, især hvis sedimentet indeholder meget vand, da dette under påvirkning udvikler en modsatrettet magnetisme (Dearing 1999, Young & Freedman 2008).

Målingerne er kernerne R1, R2, R3 og R4 blev som nævnt foretaget med et håndholdt Bartington MS2E System. Ved anvendelse af dette var det vigtigt, at måleenheden havde varmet op i mindst 10 minutter og måleenhed og materiale havde samme temperatur for at opnå den mest præcise måling. Kernerne blev derfor taget ud af kølerummet minimum 2 timer før målingen og placeret i lokalet, hvor målingen skulle udføres. Ved målingerne blev kernerne dækket af et lag film hvorunder luftbobler undgås, da måleenheden er meget afstandsfølsom. Målingerne blev udført for hver 5. mm i midten af kerne, da materialet minimum skal være mindst 10 mm tyk for at udføre målingen. Måleenheden var indstillet til at give SI enheder og med lav sensitivity range (0,1), da en lav magnetisk susceptibilitet var at forvente pga. sedimentets høje indhold af organisk materiale og vand. (Dearing 1999, Bartington 1994)

Ved selve målingen blev måleinstrumenter for maksimalt hver 10. måling nulstillet i forhold til luften ved at holde måleenheden ud i fri luft med minimum 20 cm afstand til andre ting. Dette gøres, da målingerne er meget følsomme over for ændringer i temperatur, andre elektriske apparater i omgivelserne og at apparatet har en drift i sig. For at korrigere for disse små ændringer mellem hver nulstilling, blev der også foretaget en luftmåling mellem hver måling af materialet. Hvis disse luftmålingen afveg for meget fra 0 (>1,0) blev kalibreringen foretaget, før de 10 målinger var opnået. De mellemliggende målinger blev også brugt til at korrigere for de små svingninger i målingerne, for at få den mest korrekte måling af magnetisk susceptibilitet. Dette skete ved anvendelse af sætning 1 (Dearing 1999).

$$\kappa \text{ (korrigeret)} = \text{sediment } \kappa - \left\{ \frac{(\text{luft før sediment } \kappa + \text{luft efter sediment } \kappa)}{2} \right\} \quad (1)$$

For at tjekke om målingerne foretaget med Bartington MS2E var i overensstemmelse med målingerne foretaget med kernescanneren, blev den øverste del af kerne A1 mål og resultaterne blev sammenlignet med Intrax Core Scannerens resultater for samme kernestykke. Da der var god overensstemmelse mellem de to målinger med samme trend i udsving og næsten sammen værdier, blev det vurderet, at de to målings metoder godt kunne anvendes sammen.

Resultaterne fra kernescanneren blev plottet i grafer ved brug af programmet Grapher 10 hvor udsving i indhold plottes i forhold til dybden. Inden data blev plottet blev de normaliseret da ændringer i vandindhold, densitet af sedimentet og instrumelle forhold kan påvirke resultatet (Kylander et al. 2011). Denne normalisering blev foretaget med sætning 2 (Cr inc og Cr coh er værdier målt af scanneren for hvert punkt, og er spredningsværdier der tager forbehold for usikkerheder i forbindelse med ændringer i vandindhold og sediment densitet (Kulander et al. 2011)):

$$\text{Normaliseret element værdi} = \frac{\text{målt element værdi}}{(Cr \text{ inc} + Co \text{ coh})} \quad (2)$$

Da indholdet af grundstoffer er mål for hver 0,5 mm, ville en direkte plotning af disse tal give en kurve med en masse små ændringer, der ville forstyrre tydeligheden af den overordnede udvikling. Derfor blev der for disse udregnet et løbende gennemsnit, hvor målingen i hver punktmåling blev plottet som gennemsnittet af den pågældende måling og de 5 målinger inden og efter. Dette betyder i praksis, at gennemsnittet er taget over 11 målinger, der ligger ligeligt udbredt på 5 mm. For målingerne af magnetisk susceptibilitet blev målingerne plottet direkte, da disse er taget for hver 5 mm, og det er derfor ikke nødvendig med en udjævning af disse for at for en pæn kurve.

3.4.1 KORRELATION AF KERNER TIL LAGSERIE

Ud fra de opborede kerner blev der sammensat en lagserie af sediment fra øverste karnedel til det dybest liggende kernesegment. Ved sammensætningen af lagserien blev toppen og bunden af hver kerne ikke medtaget, da sedimentet her kan være forstyrret under boringen. Korrelationen mellem kernerne blev foretaget ud fra graferne over data fra kernescanneren (XRF, MS) (Bilag 4), hvor de niveauer, hvor trends, peaks og lavpunkter i indholdet af de forskellige grundstoffer og MS svarede til hinanden, blev fundet og overgange mellem to kerne blev lagt i de tydeligste punkter. Det er forsøgt så vidt muligt kun at lave lagserien ud fra kerner taget på position 1, men da det her ikke var muligt at finde et med sikkerhed uforstyrret stykke kerne mellem kernesegment A1 og B1, var det nødvendigt at anvende en mindre del af en kernen fra position 2. Ved de fleste overgange var det nemt at lave korrelationen ud fra udviklingen i Si, K, Ti og magnetisk susceptibilitet. For enkelte kerner blev der også brugt Ca og S, da udviklingen ikke var tydelig ensartet for de førstnævnte elementer. Ved overgangen fra kerne B1 til kerne C1 var ensheden i udviklingen ikke tydelig og der blev også foretaget en sammenligning med det optiske billede af kernerne, hvor stor overensstemmelse i farveudviklingen sammen med indholdet af grundstoffer gjorde en korrelation mulig.

3.5 POLLENPRØVER

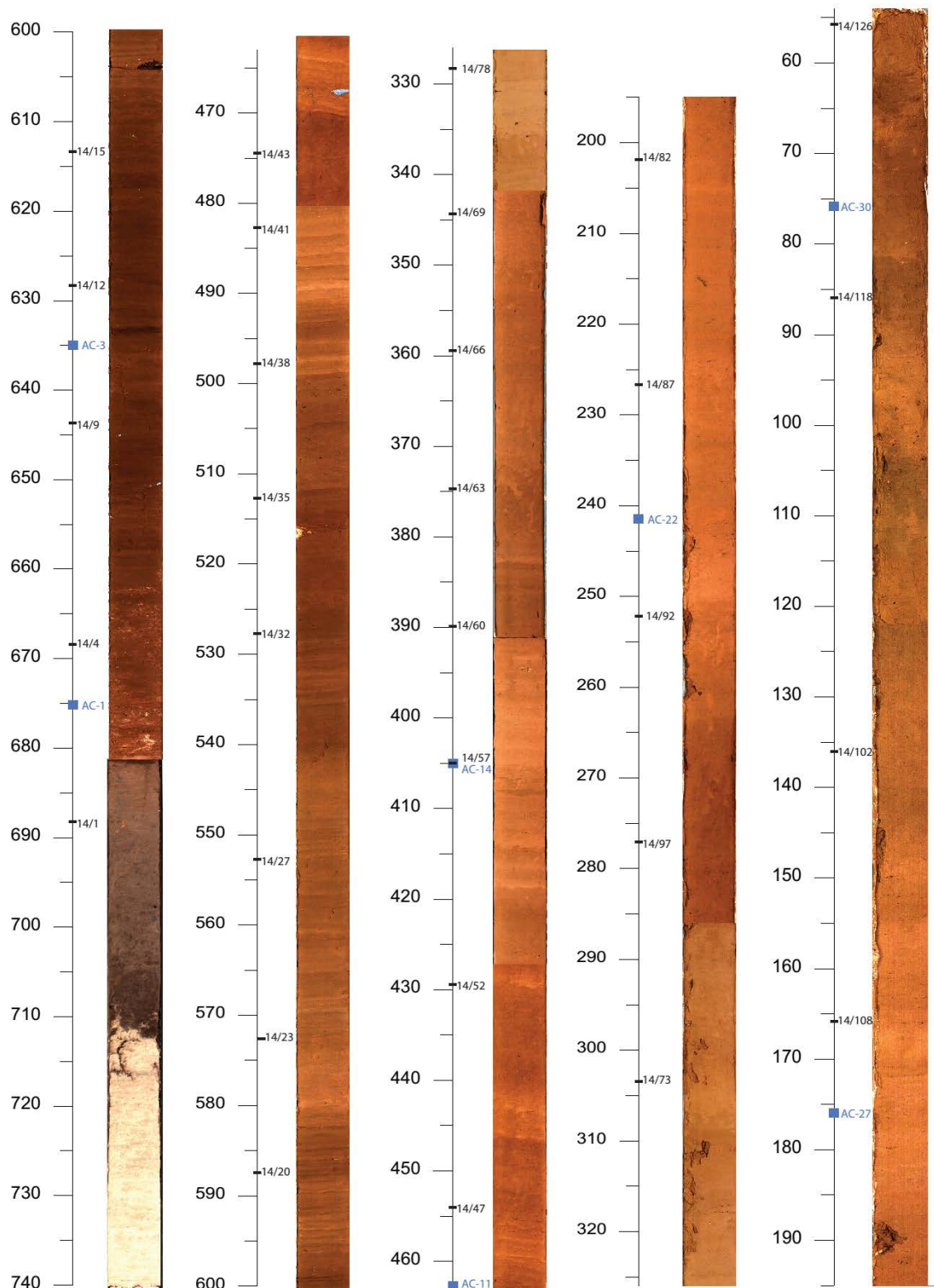
3.5.1 UDTAGELSE AF POLLENPRØVER

I lagserien blev der udtaget prøver til pollenanalyse i gytjen for hver 5 cm. Til hver prøve blev der udtaget 2 cm³ kernemateriale med en særlig kvadratisk metaludtager, og hver prøve blev afvejet før og efter frysetørring for at fastsætte prøvens vægt og vandindhold. Prøverne frysetørredes for at trække vandet ud af materialet, gøre det mere porøst og standse mikrobielle dannelser (Rosendal 2014 (Mundlig kommunikation)). Af de udtagne pollenprøver blev 31 udvalgt til analyse. Disse er valgt, så de ligger jævnt fordelt over lagserien, dog med større mellemrum opefter, da der må forventes en højere aflejningsrate ved øget intensitet i landbruget (Wieckowska et al. 2012). Det er ligeledes forsøgt at udvælge prøverne, så der minimum findes en prøve for hver beskrevet sedimentenhed. Figur 6 viser fordelingen af pollenprøver i lagserien.

3.5.2 BEHANDLING AF POLLENPRØVER

Præparationen af pollenprøverne blev foretaget af laborant Kirsten Rosendal på Institut for Geoscience, Aarhus Universitet. Af de frysetørrede prøver blev der udtaget godt 0,10 g materiale fra de 31 udvalgte prøver, dog blev der fra prøve 14/1 og 14/2 udtaget omkring 0,20 g, da det blev vurderet, at disse havde et mindre organisk indhold. Før behandlingen blev der tilsat to Lycopodium-tabletter á 10.679 sporer pr. tablet til hver prøve. Ved første trin i præparationen fjernes evt. kalk i prøven og i Lycopodium-tabletterne ved tilsætning af ca. 1 ml vand og herefter 37 % HCl, til prøven stopper med at bruse. Herefter centrifugeres prøven og skylles to gange med vand for at fjerne de opløste karbonater. For at blødgøre og opløse letopløslig organisk materiale tilsættes 10 ml KOH og prøven koges i 10 min, hvorefter den centrifugeres og skylles to gange. Da prøverne indeholder silt og ler, tilsættes herefter 10 ml HF (40%) og prøven koges i 20-25 min for at opløse dette efterfulgt af centrifugering og skylning (en gang med HCl og en gang med vand). Prøve 14/1 og 14/2 blev behandlet med HF to gange, da disse indeholdt mere silt end de resterende prøver. Der tilsættes herefter 10 ml koncentreret eddikesyre og prøven centrifugeres for at dehydrere den. Herefter foretages den såkaldte acetolyse ved at tilsætte 10 ml eddikesyreanhydrit og 1 ml koncentreret svovlsyre, og prøven koges i 2 min. Denne proces fjerner en del af det tungtopløslige organiske materiale (cellulose). Efter centrifugering

og to skylninger dehydreres prøven to gange, først med 96 % alkohol og herefter med 99 % alkohol. Afslutningsvis opslemmes prøven med varm tertiær butanol og hældes i et præparatglas, tilsættes silikonolie og inddampes ved 50°C i cirka døgn. Den langsomme inddampning foretages med henblik på, at silikonolien trækker ind i materialet sideløbende med at tertiær butanol fordamper. (Faegri & Iversen 1989, Rosendal 1989, Stavngaard 2003)



Figur 6. Placering af pollen og 14C prøver. Pollenprøver er angivet med sort, fx 14/47 og 14C prøver med blå, fx AC-11. (billedet er lysnet for at tydeliggøre strukturer)

3.5.3 FREMSTILLING AF POLLENPRÆPARAT

Ved fremstilling af pollenpræparater til analyse omrøres den færdigbehandlede prøve grundigt med en træpind for at sikre, at pollen er ligeligt fordelt i silikonolien. Før selve præperatet fremstilles tjekkes pollenkoncentration ved at placere en lille dråbe af prøven på et objektglas og de største urenheder sorteres fra under stereomikroskop. Dråben dækkes herefter med et dækglass og koncentrationen tjekkes ved 400 x forstørrelse. Der ønskes en pollenkoncentration på 1-2 pollenkorn pr. synsfelt, hvis denne overskrides tilsættes ekstra silikonolie til den ønskede koncentration opnås. Herefter placeres en dråbe af pollenprøven, der er stor nok til at flyde ud under et helt dækglass, uden at blive et for tykt lag, på et rent objektglas og en grundig frasortering af urenheder foretages. Dækglasset lægges herfra over prøven fra siden for at undgå luftbobler mellem de to glas.

3.5.4 POLLENTÆLLING

Pollentællingen foregik som udgangspunkt ved 400 x forstørrelse. Ved kornpollen, der er svære at identificere, bruges 1000 x forstørrelse. Ved denne forstørrelse er det nødvendigt at tilføje olie (her er anvendt anisol) mellem dækglass og okular for at undgå farvebrydning (kromatisk aberration) mellem glas og luft og igen fra luft til glas. For at opnå et repræsentativt resultat for prøver blev der talt minimum 500 terrestriske pollen pr. prøve. Da pollenkorn afhængig af størrelse fordeler sig forskelligt under dækglasset, tælles minimum et halv præperat. Hvis 500 terrestriske pollenkorn ikke er opnået herved, tælles en halv prøve mere (Birks & Birks 1980a). Til identifikation af pollen blev der anvendt billedmateriale og beskrivelser i bøger (Beug 2004, Moore et al. 1991, Nilsson et al. 1977), en nøgle til pollenbestemmelse (Fægro & Iversen 1975) og en reference samling på Institut for Geoscience, Aarhus universitet. Ved pollenkorn, der ikke kunne bestemmes, blev Bent Odgaard spurgt til råds. Ud af de 31 præparerede prøver blev de 30 talt. Prøve 14/2 blev undladt, da den lå tæt op af prøve 14/1.

3.5.5 FREMSTILLING AF POLLENDIAGRAM

De talte pollen fremstilles i pollendiagrammer vha. Excel og C2 (Juggins 2014). For at vise den procentvise fordeling mellem de forskellige terrestriske pollentyper udregnes den procentvise andel af den samlede terrestriske pollen sum med sætning 3.

$$Pollen \% = \frac{\text{antal af pollen type}}{\text{alle terrestriske pollen}} * 100 \quad (3)$$

For at kunne udregne pollen koncentrationen er der tilsat et kendt antal eksotiske sporer i form af brune Lycopodium sporer. Når denne mængde kendes sammen med antallet af talte pollen, talte eksotiske spore og vægten af prøverne kan pollenkoncentrationen pr. volumenenhed udregnes vha. sætning 4-6.

$$\text{Antal polleni prøven} = \frac{\text{fossil pollen talt}}{\text{eksotisk spore talt}} * \text{antal spore koncentration tilsat.} \quad (4)$$

$$\text{Koncentration af pollen pr. gram} = \frac{\text{Fossil pollen koncentration}}{\text{vægt af prøve}} \quad (5)$$

$$\text{Pollenkoncentration pr. cm}^3 = \text{Koncentration af pollen pr. gram} * \text{volumen vægt (6)}$$

Vægten af pollenprøverne ses i Bilag 5.

3.6 ¹⁴C DATERINGER

Til datering af søsedimentet blev der anvendt ¹⁴C dateringer på terrestriske planterester fra forskellige dybder i lagserien.

3.6.1 UDTAGELSE OG SIGTNING AF ¹⁴C PRØVER

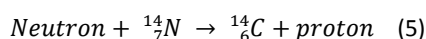
Fra den sammensatte lagserie blev der udtaget prøver til ¹⁴C datering for hver 20 cm. Der blev udtaget 5 cm af hver prøve fra den halve kerne uanset kernens radius. For prøve AC-3 blev der efterfølgende udtaget ekstra materiale, så prøven dækker over 9 cm, for at have nok til materiale til en datering. Alle prøver blev sigtet ved 500 µm, og pga. sedimentets store sammenhængskraft stod nogle prøver i blød i vand før sigtning for at lette processen.

3.6.2 BESTEMMELSE AF MAKROFOSSILER

Makrofossilerne fundet ved sigtning blev bestemt af Bent Odgaard, og ud af de i alt 31 prøver indeholdt 7 materiale nok til en datering (Figur 6). Til ¹⁴C datering anvendes skrøbelige terrestriske planterester, da disse må forventes ikke at være omflejret fra tidligere uden at være gået i stykker (Walker 2005).

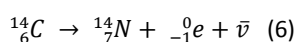
3.6.3 DATERING AF ¹⁴C PRØVER

¹⁴C datering bygger på, at ¹⁴C henfalder ved en konstant rate, og at atmosfæren har et tilnærmelsesvis konstant indhold af dette. Dette forholdsvis konstante indhold er mulig, da ¹⁴C løbende dannes i samme rate som det henfalder i den øvre atmosfære. Dannelsen sker ved, at kosmisk stråling indeholdende neutroner reagerer med nitrogen, og herved opstår den ustabile ¹⁴C isotop (sætning 5)



¹⁴C isotoperne oxideres efter dannelsen sammen med de øvrige kulstof isotoper (¹²C og ¹³C) og herved dannes CO₂, som spredes ud i hele atmosfæren. Nær jordens overflade bliver CO₂ løbende optaget af planter via fotosyntesen, og herved er planternes indhold af de forskellige kulstofisotoper i ligevægt med atmosfæren. Så snart en plante dør, stopper optagelsen af nyt CO₂, og mængden af ¹⁴C isotoper falder pga. henfald, uden at de erstattes af nye. (Faure 1998, Krauskopf & Bird 1995)

Henfaldet af ¹⁴C er et såkaldt beta-henfald, hvor en neutron omdannes til et proton, fordi kernen ikke er i ligevægt og herved frigiver et elektron og en antineutrino (beta-stråling). Ved dette henfald omdannes ¹⁴C til nitrogen (sætning 6) (Faure 1998).

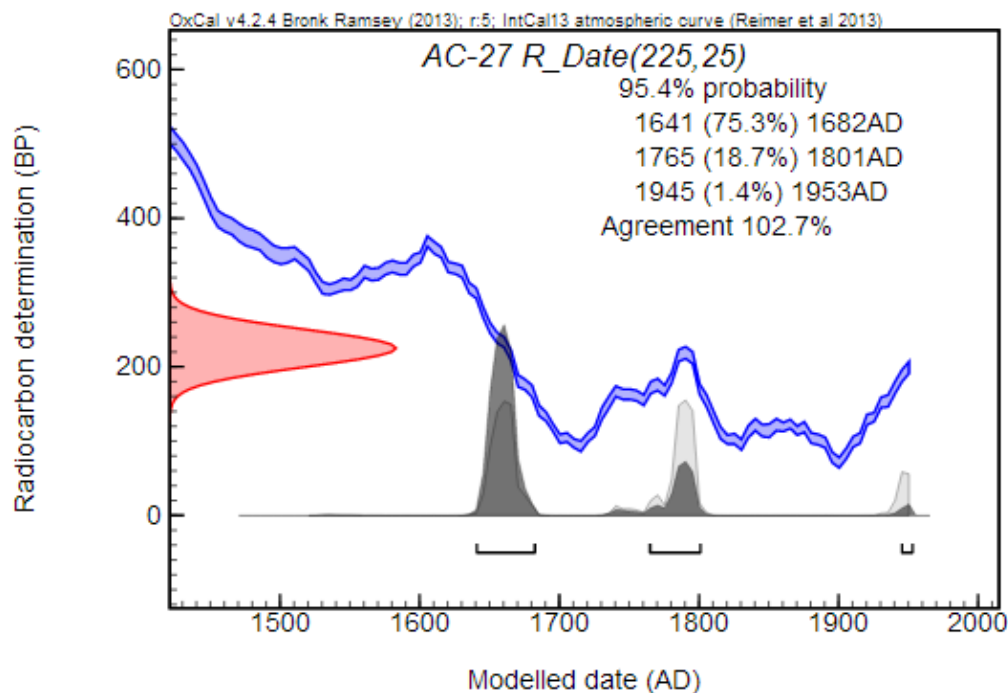


Da henfaldet sker ved en konstant rate, kan der måles en halveringstid for ¹⁴C på 5730 år. Dette gør det muligt, ud fra målinger af indholdet af ¹⁴C i forhold til ¹²C og ¹³C indholdet, at udregne hvor længe det er siden, at planten ophørte med at optage CO₂ fra atmosfæren (under forudsætning af at ¹⁴C i atmosfæren er konstant) og herved få en ¹⁴C alder BP. (Walker 2005)

Dateringen af materialet er foretaget ved Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet. Der er anvendt accelerator masse spektroskopi, hvor indholdet af de forskellige kulstofisotoper måles ud fra deres masse. Før målingen kunne foretages, blev det organiske materiale afvejet, forarbejdet med syre og base og omdannet til grafit. Prøven placeres herefter i tandemacceleratoren og beskydes med Cæsium (Cs^+). Dette tilføjer en ekstra elektron til alle kulstof isotoperne, som herved får en negativ ladning (C^-). Ved denne proces sorteres nitrogen atomer fra, da disse ikke kan danne negative ioner, mens C^- tiltrækkes af en positiv kilde. Denne frasortering er nødvendig fordi ^{14}N masse-mæssigt minder så meget om ^{14}C , at disse ikke kan skelnes fra hinanden senere i processen. Herefter accelereres prøven og afbøjes efter masse vha. en magnet og sendes herefter mod en positiv terminal. Heri accelereres prøven ved at trækkes med et positiv felt. Ved dette passerer prøven gennem en stripper af gas, som omdanner kulstoffet til C^{3+} . Da denne nu er positiv ladet vil stoffet bevæge sig væk fra det positive felt og accelereres yderligere. Denne proces ødelægger de molekyler, der stadig findes i prøven (bl.a. $^{12}\text{CH}_2$), og disse stoffer bliver herved ikke sendt med videre. De positive kulstofisotoper accelereres nu endnu engang gennem "focussing" magneter, hvori isotoperne afbøjes forskelligt i forhold til deres masse, hvorefter ^{12}C og ^{13}C måles med Faraday detektorer og ^{14}C med en ion detektor. Ved denne procedure køres prøverne samtidig med prøver af kendt alder. Variationen i de kendte prøvers datering bruges sammen med statistisk usikkerhed og baggrundsstrålingen af ^{14}C til at fastsætte det usikkerhedsinterval, hvormed ^{14}C alderen angives. (Walker 2005, Lowe and Walker 1997b)

3.6.4 KALIBRERING AF ^{14}C ALDRE

Den opnåede ^{14}C alder fastsættes, som nævnt, ud fra en antagelse om, at indholdet af ^{14}C i atmosfæren har været konstant gennem tiden. Da dette vides ikke at have været tilfældet, udføres en kalibrering, for at opnå en kalenderårsalder. Kalibreringen bygger på målinger af træringe af kendt alder. Det er mulig at udføre kalibreringen for hver enkel prøve separat i Oxcal 4.2. Dette gøres vha. en kalibreringskurve (IntCal13), som indeholder de små variationer af ^{14}C indholdet i atmosfæren gennem tiden. Ved kalibreringen findes de niveauer af ^{14}C indhold på kalibreringskurven, der svarer til niveauet målt i prøverne. Da kurven ikke er lineær, men har såkaldte "wiggles", vil nogle indholds-niveauer af ^{14}C give stærkt uregelmæssige fordelingskurver (Figur 7). Som standard opgives den kaliberede alder med intervallet for 1 eller 2 standardafvigelser.



Figur 7. Kalibrering af AC-27

3.6.5 ALDER/DYBDE MODEL

Da de daterede prøvers indbyrdes placering i lagsøjlen kendes, er det mulig at konstruere en alders-dybde model, hvor dateringer støtter hinanden og derved opnås en mere sikker datering. Proceduren, der er anvendt i nærværende alders/dybde-modellering (og som er indbygget i OxCal), bygger på såkaldt Bayesian statistik, hvor en forventet alder (posterior) for et givent niveau opnås ved at anvende de kendte dateringer (likelihood) og prøvernes indbyrdes placering i forhold til hinanden (prior) (Ramsey 2009). Før kalibreringen foretages, tjekkes datasættet for outliers ved udregning af et såkaldt "agreement index". Da alle dateringer i denne test havde at agreement index på over 60 % mellem prior og posterior, blev alle betragtet som troværdige og medtaget i den efterfølgende kalibrering.

Alders-dybde modellen blev konstrueret som en samlet sekvens, da sedimentet over det nedre lerlag fremstår homogent og uden tydelige tegn på miljøændringer eller hiati. Pga. sedimentets homogenitet er det ikke mulig at sige noget om aflejringsraten, men det må forventes, at denne ikke har været konstant gennem tiden, da landbrugets stigende intensitet normalt medfører øget sedimentationsrate. For at tage højde for denne ændring laves modellen som P_Sequence der antager en rykvis ændring i aflejringsraten. Størrelsen af den rykvis aflejringshastighed fastsættes ved en k-værdi, men da k ikke forventes at være konstant, fastsættes et interval den kan variere inden for (Ramsey 2008). Tests har vist, at en k værdi på 1 og et interval, der giver mulighed for en variation på 2 størrelsesordner, giver det bedste resultat og højeste agreement index (A=70,8). I modellen kalibreredes alle prøver undtagen prøve AC-30 efter IntCal13 kalibreringskurven. Da AC-30 er meget ung bruges til denne Bomb13NH1 kalibreringskurven.

De modelerede dateringer for de daterede prøver fra alders-dybde modellen anvendes til, ved interpolation mellem dateringerne, at finde aldersestimater for pollenprøver, for ændringer i sediment, XRF datazonerne og pollenzonerne.

3.7 INDELING AF LAGSERIE I ZONER

Ved zoneringen er målet at inddele datasættene i en række zoner, indenfor hvilke data er nogenlunde homogene. Zoneringen blev foretaget med programmet Psimpoll (efter omformatering af data i TILIA TGview). Til placeringen af zoner blev anvendt "Optimal splitting by information content", der er en "top-down" metode, som trinvis underinddeler en sekvens i stadigt flere zoner, idet hver zonegrænse placeres, så den giver den største reduktion i den samlede varians. En zoneinddeling ved optimal splitting er ikke hierarkisk i den forstand, at en zonegrænse, der er lagt ved f.eks. zonering i to zoner, ikke nødvendigvis genfindes ved zonering i tre eller flere zoner. Til at vurdere hvornår der ikke skal indsættes flere zoner, anvender programmet Broken-stick metoden, som tester hvorvidt en zone giver en større reduktion i variansen end en tilfældig placering af zonegrænsen ville have givet. Hvis dette er tilfældet betragtes zonerne som "signifikant" og zonerne godtages. Når zonerne ikke længere er "signifikante" i forhold til broken-stick modellen, inddeles data ikke i yderligere zoner. Broken-stick metoden er en sammenligning med en model og ikke en egentlig statistisk test. (Bennett 1996)

Der blev foretaget to zoneringer af lagserien. En på basis af pollendata og en på basis af elementdata fra XRF-scanningen. Ved zoneringen af pollendata blev anvendt alle terrestriske pollentyper, der i minimum en prøve udgjorde 5 % eller mere af pollensummen. Denne grænse er sat, da pollen der udgør mindre end 5 % af pollensummen har større statistisk usikkerhed (støj) og derfor vil kunne påvirke zoneringen i tilfældig retning, især hvis der anvendes diversitetsindices, som giver høj vægt til sjældnere typer som f.eks. "information content". (Bennett 1996). Procentsatserne i zoneringen var uden de to *Humulus/Cannabis type* pollen, da det vurderes, at begge disse for størstedelen af pollenkorne må stamme fra *Cannabis*, da de to kurver følger hinanden. Den store mængde af *Cannabis* pollen tyder på, at disse er tilført søen ved rødning og ikke blæst hertil, og derved ikke bidrager til billedet af områdets vegetation.

Da XRF data ikke er udtryk for den faktiske koncentration i de forskellige dybder, men i stedet giver et billede af, hvordan elementerne ændrer sig i forhold til hinanden, er det nødvendigt at lave en normalisering af data, da et fald i biogent produceret materiale i søen vil kunne få en ellers konstant mængde tilførsel af fx K til at se som en stigning (Kylander et al. 2011, Lowemark et al. 2011). Dette gøres via en ratio, hvor de forskellige elementdata sættes op mod et forventeligt stabilt element. Ifølge Löwemark et al. (2011) er Ti og især Al de mest almindelige forekomne stabile elementer, da disse findes i mange mineraler og er meget lidt biologisk aktive. Da den mulige detektionsgrad af Al bliver nedsat, når sedimentet indeholder meget vand (Tjallingii et al 2007), hvilket især er tilfældet i den øvre del af lagserien, er Ti valgt. De resterende elementer (K, Rb, Zr, Si, Ca, Sr, Mn og Fe) til zoneringen er udvalgt på baggrund af, at de er forekommende i en betydende mængde gennem hele lagserien, og at deres forekomster er styret af faktorer, der kan fortælle om forholdene i og omkring søen.

Da datasættet for Mn i lagserien indeholdt mindre sekvenser i den øverste del af kernen, hvor der ikke fandtes data, var det nødvendigt at estimere værdier i disse niveauer. Den først anvendte metode bygger på at forsøge at estimere manglende værdier ved en regression i forhold til andre variabler i serien. Regressionen bygger på prøver, hvor alle variabler er til stede incl. Mn. Dette blev forsøgt ved General Linear Model i SYSTAT 9, hvor estimatet blev lavet ved stepvis at lægge en uafhængig variabel til og herved opnå en ligning med de betydende variabler for et estimat af Mn/Ti. Estimatet, lavet på hele lagserien, viste en meget dårlig overensstemmelse mellem estimerede og målte værdier i den øvre del af lagserien, hvor hullerne findes, og blev derfor forkastet. Estimatet blev derfor udført med data ned til 110 cm under sedimentoverfladen. Dette gav en meget dårlig forklarende model ($R^2 = 23,1\%$) og blev

derfor også forkastet. Da det drejer sig om små intervaller med manglende data (0,1-1,05 cm intervaller) blev estimeringen af værdier derfor i sidste ende, foretaget ved interpolation over en ret linje.

Zoneindelingen opnået ved Optimal splitting by information content så ud til at være meget styret af Ca indholdet i sedimentet og gav dobbelt så mange zoner (10 zoner) som zoneinddelingen foretaget på pollendata. På baggrund af dette blev zoneringen yderligere foretaget med to andre metoder (Binary splitting by sum-of-squares og CONISS cluster analyse) hvilket gav henholdsvis 12 og 11 zoner. Den endelige zoneinddeling blev derfor foretaget manuelt vha. af disse tre statistiske inddelinger sediment beskrivelsen, udviklingen i XRF målingerne og målinger af magnetisk susceptibilitet.

3.8 ORDINATIONSANALYSER

Ved ordinationsanalyser reduceres multivariable datasæt til et todimensionelt plot for at give et overblik, samtidig med at mest mulig variation bevares. Plottet fremstilles ved, for hvert datasæt (pollentype eller grundstof), at finde den rette linje, der forklarer data bedst. Disse plottes herefter alle i et multidimensionelt rum, hvor akse 1 fastlægges som den retning, hvor der findes størst variation. Herefter fastlægges akse 2 efter samme princip, dog ud fra de residualer, der er opnået efter at variationen korreleret med akse 1 er trukket ud. Akse 2 placeres, så den er ukorreleret med akse 1 dvs. vinkelret på denne. Den indbyrdes placering af de forskellige prøver og variable gør det muligt at se hvilke faktorer, der er styrende for datafordelingen, og hvordan de forskellige prøver og variable påvirker hinanden. (ter Braak 1987) Til ordinationerne anvendes programmet Canoco 5.

3.8.1 INDIREKTE GRADIENT ANALYSE

For at undersøge hvilke faktorer, der har den største indflydelse på ændringer i henholdsvis vegetation (pollen data) og forholdende i søen (XRF data) gennem tiden, udføres en indirekte gradient analyse. Ved denne type analyse søges de variable indirekte identificeret, der styrer datasættets fordeling mest, uden på forhånd at kende dem. Disse plottes som akser, og ud fra variabelernes fordeling omkring dem, søger man at tolke hvilke faktorer, der styrer fordelingen. For at afgøre om der er tale om et lineær eller unimodal forhold mellem arterne og variable, foretager Cacono 5 en Detrended Correspondence Analysis (DCA) for at finde gradientlængden udtrykt i standardafvigelse (SD). Hvis denne er under 2 SD lang kan der tilnærmes en lineær model til fordelingen, selvom de underliggende fordelinger for variable i virkeligheden skulle være unimodale. Til lineære modeller i indirekte gradientanalyser vælges Principal Component Analyse (PCA) (Smilauer & Jansen 2014). I alle analyser foretaget her er gradienten kortere end 2 SD og derfor benyttedes kun PCA. Til denne type analyser er det muligt at tilstræbe at fjerne den variation i datasættet, der hidrører fra en eller flere bestemte variable ved at sætte dem som "covariable". Det er ligeledes muligt at udregne sample scores for prøver med samme sæt variable uden at de påvirker resultatet, men lægger sig i det område hvor de minder mest om de analyserede prøver. Dette gøres ved at sætte disse prøver som "supplementary".

Da pollendata er udregnet i procent af den samlede terrestrisk pollensum, og en ændring i en art derfor vil påvirke værdien af de øvrige, er det nødvendigt at foretage en transformation af data. For at lave lineære modeller om til mere sandsynlige modeller økologisk set benyttes en log transformation. Da logaritmen til 0 ikke er defineret, må der lægges en lille værdi til alle tal for at undgå nuller, dvs $y' = \log(1 + y + a)$, hvor a her vælges som 1 (ter Braak & Smilauer 2012). Der foretages samtidig en centrering for både arter og prøver, hvor hver art bliver vægtet efter variansen af

den forekomne mængde. Dette udføres for at undgå at sjældne arter får for meget betydning i analyseresultatet (ter Braak 1987). Ordination af XRF data foretages med de ratio forhold, der blev benyttet til zoneringen samt indholdet af Ti og Magnetisk Susceptibilitet. Det foretages ingen transformationer på XRF data, da disse ikke er afhængige af hinanden, men kun en centrering af arterne.

3.8.2 DIREKTE GRADIENT ANALYSE

I tilfælde hvor der ud over respons variable også kendes andre variable, der kan have haft en indflydelse på respons variablene, er det muligt at foretage en direkte ordination, hvor det undersøges, hvorvidt de forklarende variable har haft en indflydelse på responsvariablenes fordeling. Denne form for analyse finder den kombination af forklarende variable (=den model), der giver det mindste totale sum of squares. For at afgøre om der er tale om en lineær eller unimodal model laves indledende en DCCA test, og da disse i alle nærværende tilfælde gav en gradientlængde under 2 SD kan en lineær model benyttes, dvs. Redundancy Analyse (RDA). (ter Braak 1987) Det er ved denne type analyse også muligt at forsøge at fjerne variationen for bestemte variable ved at angive dem som "covariable". For at teste hvilke miljøvariable, der er signifikante for analysens resultat, udføres en Monte Carlo permutation test med forward selektion af forklarende variable. Monte Carlo permutationen tester for nul hypotesen, at den valgte forklarende variabel ikke er signifikant korreleret med responsdata, og der startes med den variabel, der har størst indflydelse. Hvis testen har en p-værdi under 0,05 accepteres variablen som signifikant. Denne inkluderes og variablen med næstmest variation testes nu på residualerne efter variation korreleret med den (de) forudgående variable er trukket ud. Dette fortsættes til variablerne ikke længere har en p-værdi under 0,05, og de resterende variable udelukkes fra analysen. For at undgå at få et falsk positiv resultat, når mange forklarende variable trinvist inkluderes (Family-wise Type I error), bruges Bonferroni correction (p-værdierne ganges med antallet af udførte test) til at opnå troværdige p-værdier.

Ved denne type ordination udføres samme type transformation og centrering på pollen og XRF data som beskrevet under indirekte gradient analyse.

I alle analyse (PCA og RDA) er der før plotningen valgt "divide response variable scores by standart deviation",. Dette medfører, at vektorernes længde ikke afspejler den numeriske variation af den enkelte variabel men i stedet den relative variation. I de fleste plot er en equilibrium circle (EC) anvendt til at fjerne de variable, der er tilfældig korreleret med ordinationsakserne for at forenkle plottene (ter Braak & Smilauer 2012).

4. RESULTATER

4.1. DEN KONSTRUERED LAGSERIE

Den konstruerede lagserie dækker fra 54-739 cm under sedimentoverfladen. Det nederste 58,5 cm består af lerede aflejringer, mens de resterende 626,5 cm består af gytje med mindre variationer i sand- og siltindhold samt farve (Tabel 1).

Dybde under sedimentoverflade	Sedimentbeskrivelse
739-719,5 cm	LER, siltet, lidt finsand, kalkfri (HCl -), kompakt. Øvre grænse: glider over i overliggende lag. Lys grågrøn.
719,5-710,5 cm	LER, siltet, lidt finsand, kalkfri (HCl -), kompakt. Overgangszon hvor størstedelen af sedimentet ligner det underliggende, men der er nedtrukne linjer (bøjet) af det overliggende i det. Øvre grænse: erosiv, klaster af dette lag findes i bunden af det overliggende lag. Lys grågrøn.
710,5-680,5 cm	LER, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -), kompakt. Meget få nister vivianit. Ved 693,5-683 cm hvide nister. Ved 683, 698,5, 689 og 688,5 cm partikler der er omgivet af rustfarvet sand. Øvre grænse ujævn, dele af overliggende lag trukket ned (som slangetunge). Mellem gråbrun.
680,5- 664,5 cm	GYTJE, leret, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -), kompakt. Nederst enkelte nister vivianit. Ved 679,5 cm lille stykke træ. Ved 668,5 cm linse af gytjeholdig finsand. Meget mørk gråbrun.
664,5-610,5 cm	GYTJE, leret, svag siltet, kalkfri (HCl -), kompakt. Spredte nister af vivianit. Meget mørk gråbrun.
610,5-500 cm	GYTJE, leret, finsandet-siltet, kalkfri (HCl -), kompakt. Spredte små nister vivianit i nedre del, nederst små linser af lyst materiale. Ved 599,5 cm smalt lyst bånd. Ved 519-516 cm træestykke med vivianit. Øvre grænse: meget jævn. Mørk brungrå.
500-494 cm	GYTJE, leret, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -), kompakt. Spredte nister af vivianit. Øvre grænse: jævn. Lysere mørk brungrå.
494-481,5 cm	GYTJE, leret, finsandet, siltet, klakfri (HCl -), kompakt. Spredte nister af vivianit, få spredte nister af hvid materiale. Brungrå.
481,5-471,5 cm	GYTJE, leret, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -), kompakt. Spredte nister vivianit. Øvre grænse: nogenlunde jævn, ligger lidt skråt i sedimentet. Brungrå.
471,5-391 cm	GYTJE, leret, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -). Små spredte nister vivianit. Ved 454,5 cm træestykke ca. 4x2 mm (blå af vivianit). Bliver fugtigere opefter. Brungrå.
391-342 cm	GYTJE, leret, siltet, lidt finsand, kalkfri (HCl -). Meget få nister vivianit. En del vand i sedimentet – gas lommer. Mørk brungrå.
342-153,5 cm	GYTJE, leret, siltet, svag sandet, kalkfri (HCl -). Spredte makrofossiler. Meget smattet, indeholder meget vand. Ved 307 cm træ/kul 2x2 mm. Ved 160-156 cm 3 mørke striber ca. 1,5 mm bred hver, svære at se pga. iltningsfænomen. Lys brun indeholder mange mørke pletter (iltningsfænomen) især ved 236-195 cm.
153,5-54 cm	GYTJE, leret, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -). Spredte makrofossiler. Meget fugtig og mudret, "ru" overflade. Lys brungrå, grønlig i øverste ca. 70 cm, mørke pletter (iltningsfænomen)

Tabel 2. Sedimentbeskrivelse af den konstruerede lagserie

Bunden af gytjeaflejringer blev gennemboret både ved position 1 og 2. Den anvendte bund i lagserien stammer fra lokalitet 1, da denne ligger i midten af søen og på dybest vand. Dermed må position 1 forventes at have været den mindst forstyrrede ved f.eks. vandstandsændringer. Sedimentet under gytjen er ved lokalitet 2 meget anderledes end ved lokalitet 1, og består af siltet materiale, med et tyndt lerlag og et svagt kalkholdig sandlag nederst i gytjeserien. (Tabel 3)

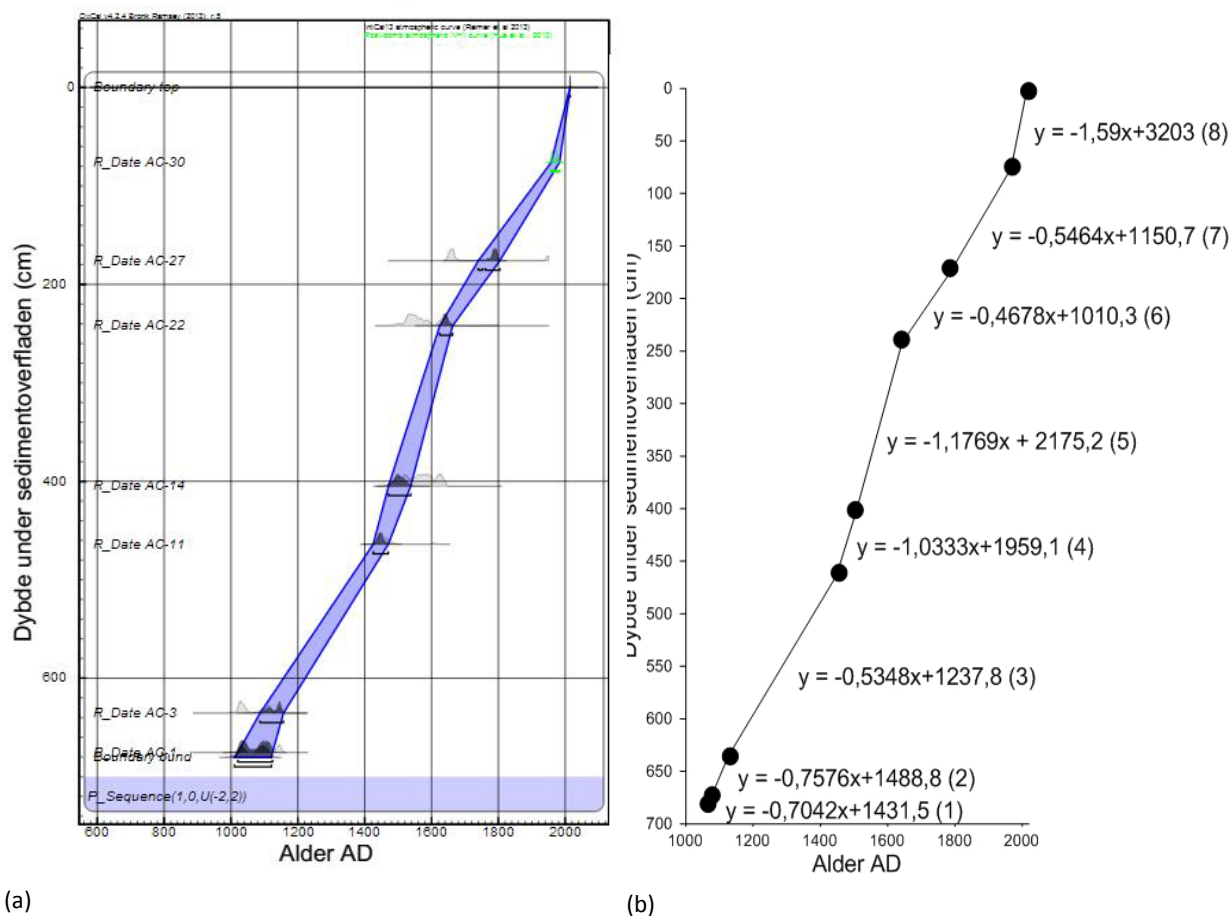
Dybde under sedimentoverfladen	Sedimentbeskrivelse
746 (cirka) - 689,5 cm	Denne del af kernen blev skrabet ud for at frigøre den fra borerøret. Det udskrabede sediment bestod af grå silt med en del grus og sten (især flint)
689,5-664,5 cm	SILT, finsand, kompakt, kalkfri (HCl -). Ved 39-40 cm mere sandet linse. Øvre grænse: grænser til overliggende med lyst ikke grønligt bånd (1,5-2 mm bred). Grå(brun)-grønlig.
664,5-657,5 cm	Ler, siltet, finsandet, kompakt, kalkfri (HCl -). Øvre grænse svær at se, glider over i mere grovkornet. Grå(brun)-grønlig.
657,5-646 cm	SILT, sandet, kompakt, kalkfri (HCl -), smuldrer meget nemt i flager. Grå(brun).
646-639,5 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), træstykke med vivianit, smuldrer meget. Ved 100-99 cm partikel 2x2 cm. Øvre grænse ujævn, træstykke lige under grænse. Meget mørk brungrå.
639,5-631 cm	SAND, (kompakt), kalk (HCl + (svag)), ved underside strækker dele af underliggende sig op i sandet (dette gytje indeholder vivianit). Ved 86,5 cm stykke kul (sort træ) 0,5x0,5 cm. Øvre grænse meget ujævn, evt. erosion, materiale op i overliggende lag.
631-598 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), nister af vivianit (især i bunden), bliver mere finkornet opefter. Ved 80,5; 78; 75; 69 cm linser/områder med sand (ligner underliggende og bruser svagt ved HCl). Øvre grænse svær at se, løbene farveovergang, men overliggende lag smuldrer mindre. Meget mørk brungrå.

Tabel 3. Sedimentbeskrivelse af bundsedimentet ved lokalitet 2

Beskrivelser af samtlige sedimentsegmenter findes i bilag 3.

4.2 DATERING

¹⁴C dateringen af makrofossilerne har vist, at gytjen i søen er meget yngre end forventet, og det opnår kun en alder på omkring 1000 år. Da indholdet af terrestrisk fibrøst materiale var lille, har det kun været muligt at finde materiale nok til dateringer i 7 niveauer i søen. På baggrund af disse dateringer er der lavet en alders-dybde model (Figur 8a) som giver en modelleret alder for de 7 makroprøver (Tabel 4). Ved modellen er bunden af sekvensen fastsat til bunden af gytjen ved 680,5 cm. Toppen er i modellen sat til toppen af sedimentet i søen (0 cm) og med en alder på 2014 AD. Starten af gytjeaflejringerne opnår en alder på 1066 AD. Den nederste pollenprøve (14/1 ved 689 cm) er taget i den øverste del af leret under gytjen, og en alders-dybde model hvor denne er sat som bunden af sekvensen giver en modelleret alder for pollenprøven på 1053 AD. Denne alder kan der dog ikke regnes med, da aflejringsstidspunkt og hastighed for leret ikke kendes.



Figur 8. (a) Alders-dybde model for Agri Sø. (b) Interpolation mellem daterede prøver.

Makro prøve	Dybde under sediment overflade	14C alder	Modeleret alder AD
AC-30	76 cm	-2334 ± 25	1966
AC-27	176 cm	225 ± 25	1783
AC-22	242 cm	299 ± 25	1642
AC-14	405 cm	331 ± 25	1504
AC-11	463 cm	425 ± 26	1447
AC-3	635,3 cm	978 ± 25	1126
AC- 1	675,5 cm	968 ± 26	1073

Tabel 4. Makrofossilprøvernes dybde og dateringer

For at finde en alder for pollenprøverne, laves en interpolation mellem de opnåede dateringer for makrofossilprøverne (Figur 8b). Dette er gjort vha. rette linjer, hvorefter dybden for pollenprøven indsættes og den kalibrerede alder udregnes. Denne metode giver en vis usikkerhed på det opnåede aldre, især i de intervaller hvor der er langt mellem de daterede prøver, da interpolationen er lavet ud fra den forudsætning at aflejningsraten er konstant mellem daterede prøver, hvilket sandsynligvis ikke er tilfældet. De opnåede alder for pollenprøverne ses i Tabel 5.

Dybde (cm)	Pollen-prøve	Formel til udregning	Udregnet alder (AD)
56	14/126	8	1966
96	14/118	7	1930
136	14/102	7	1857
166	14/108	7	1802
202	14/82	6	1727
227	14/87	6	1674
252	14/92	5	1634
277	14/97	5	1612
303,5	14/73	5	1590
328,5	14/78	5	1569
344,5	14/69	5	1555
359,5	14/66	5	1542
374,5	14/63	5	1530
389,5	14/60	5	1517
405	14/57	4	1504

Dybde (cm)	Pollen-prøve	Formel til udregning	Udregnet alder (AD)
429	14/52	4	1480
454	14/57	4	1456
474	14/43	3	1428
482,5	14/41	3	1412
497,5	14/38	3	1384
512,5	14/35	3	1356
527,5	14/32	3	1328
552,5	14/27	3	1281
572,5	14/23	3	1243
587,5	14/20	3	1215
613	14/15	3	1168
628	14/12	3	1140
643	14/9	2	1116
668	14/4	2	1083
689	14/1	moduleret	1053

Tabel 5. Udregnet alder for pollenprøver, fortløbende fra venstre tabel til højre tabel.

4.3 AFLEJRINGSRATE

Ud fra alders-dybde modellen ser det ud til, at aflejringsrate varierer op gennem tiden, og ud fra Figur 8a, kan aflejringen deles i 4 sektioner. Igennem de første knap 400 år af gytjeaflejringen blev der gennemsnitlig aflejret 0,57 cm/år, hvorefter aflejringsrate herefter stiger til det dobbelte (1,14 cm/år) de næste ca. 200 år frem til 1642. Herefter falder aflejringsraten igen til 0,52 cm/år frem til 1966, hvorefter den stiger til sit højeste på 1,58 cm/år frem til i dag (Tabel 6).

Alder e.kr.	Dybde i sedimentet	aflejringsrate
1966-2014	0-76 cm	1,58 cm/år
1642-1966	76-242 cm	0,52 cm/år
1447-1642	242-464 cm	1,14 cm/år
1065-1447	464-680,5 cm	0,57 cm/år

Tabel 6. Aflejringsrate udregnet ud fra dateringer.

4.4 XRF OG MS

Udviklingen i grundstofindholdet gennem sedimentkerne er inddelt i 8 zoner, hvoraf 2 af disse er yderligere inddelt i 2 underzoner. Som nævnt i metode afsnittet er der hovedsageligt anvendt ratio forhold mellem elementdata, udviklingen af disse ses i Figur 10 mens udviklingen for de enkelte elementer samt MS og vandindhold ses i Figur 9.

XRF zone 1

739-680,5 cm, (ukendt alder). Zone 1 består af lersedimentet i bunden af søaflejringen, og inddeles i to underzoner. Begge disse zoner har høj Ti indhold i forhold til resten af søsedimentet, mens Ca/Ti og Rb/Ti er lavere.

XRF zone 1a: 739-710,5 cm. K, Zr/Ti og Si/Ti fluktuerer en del, men ligger alle betydelig højere end i den efterfølgende underzone. MS har en lidt højere værdi i denne zone end i 1b.

XRF zone 1b: 710,5-680,5 cm. K/Ti, Zr/Ti, Si/Ti og MS ligger som sagt lavere end i zone 1b. Mod toppen ses der et fald i MS og et kraftig fald i Fe.

XRF zone 2

680,5-661,5 cm (1066-1092 AD). I bunden af denne zone stiger Rb/Ti, Sr/Ti og Ca/Ti brat og ender på et nogenlunde stabilt niveau gennem resten af zonen. Zr/Ti, K/Ti og Si/Ti stiger ligeledes i bunden, men svinger meget og falder igen mod slutningen af zonen. Ti oplever et meget bræt fald ved overgangen til zonen. MS falder ligeledes, men knap så kraftig. For Mn/Ti og Fe/Ti holdes niveauet rimeligt konstant.

XRF zone 3

661,5-596,5 cm (1092-1199 AD). Rb/Ti og Sr/Ti holder det konstante niveau fra forrige zone, det samme er tilfældet for Zr/Ti og K/Ti, dog noget mere fluktuerende. Ca/Ti stiger svagt i starten, men er af noget svingende indhold igennem zonen. Mn/Ti, Fe/Ti og MS stiger alle, dog med en del fluktuation gennem zonen. Si/Ti forsætter sit fald fra zone 2, dog noget svagere.

XRF zone 4

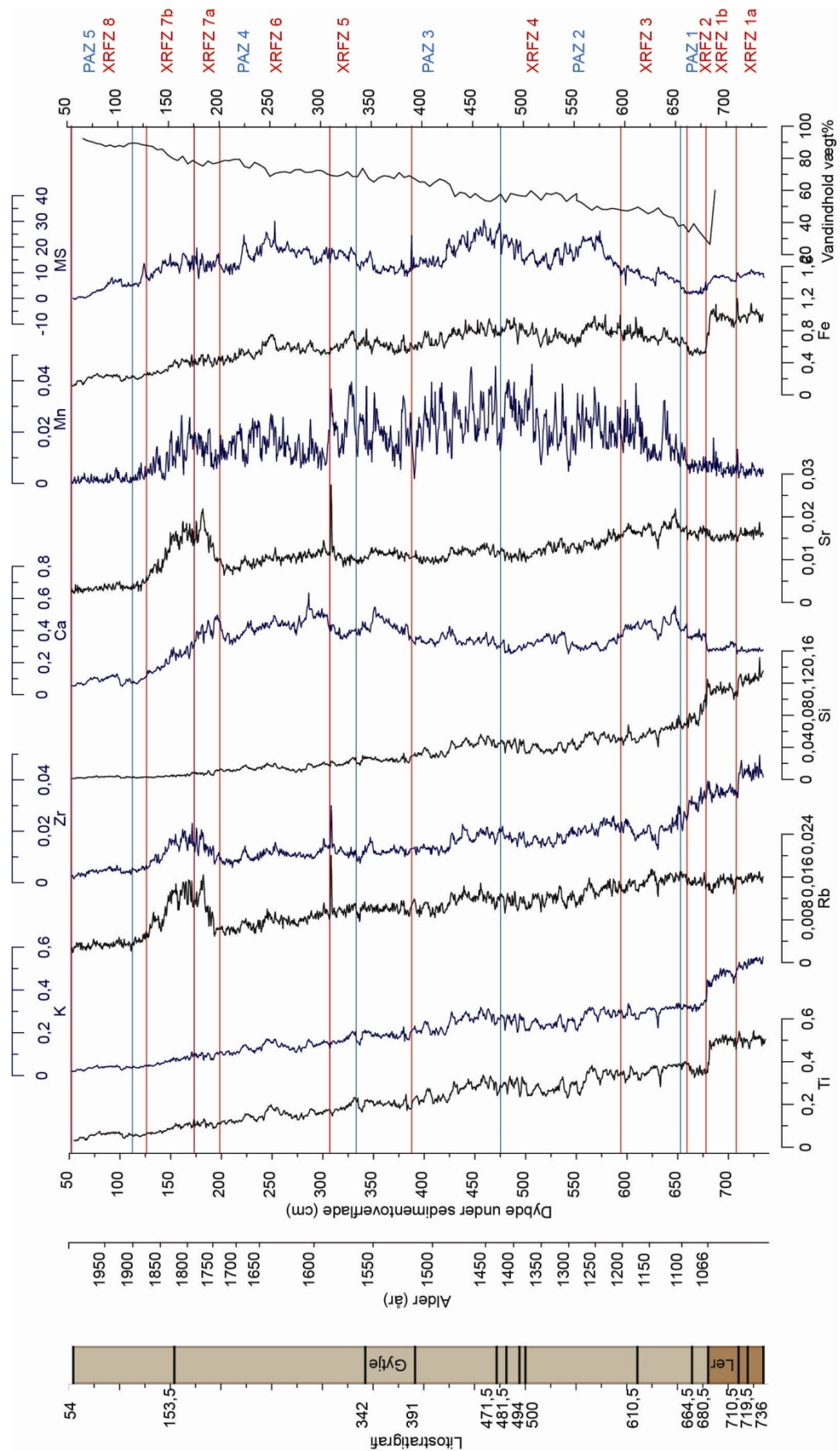
596,5-390,5 cm (1199-1516 AD). I denne zone fortsætter Rb/Ti og Sr/Ti i samme niveau som i de to forrige zoner og Zr/Ti i det niveau det opnåede i zone 3. Si/Ti og især Ti fortsætter deres svage fald fra zone 3 gennem hele zonen. K/Ti, Ca/Ti, Fe/Ti og Mn/Ti stiger gennem zonen, Mn/Ti er dog meget varierende op gennem hele zonen. MS ligger gennem hele zonen højere end i nogle af de underliggende zoner, men varierer meget med en top omkring 570 cm og 460 cm. Fra 420 cm bliver MS mere konstant.

XRF zone 5

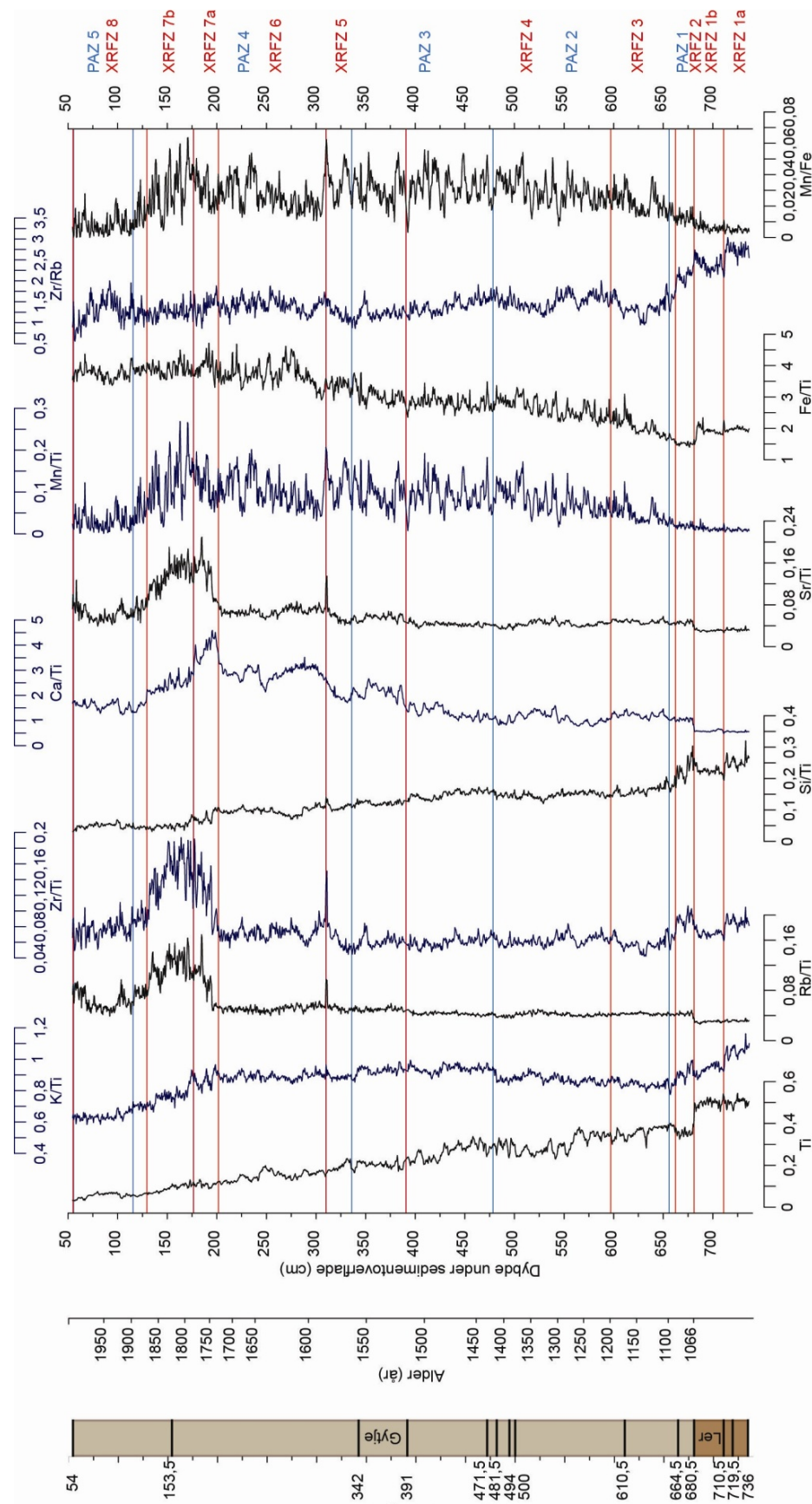
390,5-310 cm (1516-1584 AD). Rb/Ti og især Sr/Ti stiger svagt i denne zone i forhold til tidligere, mens Ti og Si/Ti forsætter sit svage fald fra forrige zone. K/Ti går fra en svag stigning i forrige zone til set svagt fald gennem hele zone 4. Zr/Ti forsætter i sammen niveau som nedenfor gennem det meste af zonen, men stiger dog mod toppen af zone 5. Ca/Ti og Fe/Ti forsætter deres tendens til stigning fra forrige zone, mens Mn/Ti bibeholder et konstant, men dog meget svingende niveau. MS ligger i nederste halvdel lidt lavere end i forrige zone, men stiger herefter svagt op efter.

XRF zone 6

310-201,5 cm (1584-1728 AD). Ti og Si/Ti forsætter faldet fra de underliggende zoner. K/Ti, Rb/Ti, Zr/Ti, Sr/Ti og Mn/Ti opretholder det niveau de opnåede i toppen af zone 5, de har dog alle, undtaget K/Ti, et kraftig peak på overgangen mellem zone 5 og 6. Fe/Ti har en lille tendens til en stigning med en del fluktuationer. Ca/Ti stiger i starten med et peak omkring 280 cm, hvorefter den falder igen ved 250 cm og herefter stiger igen. MS har i den nederste halvdel af zone 6 i nogenlunde konstant niveau, men fra ca. 250 cm sker der et fald, dog med enkelte peaks undervejs.



Figur 9. Udviklingen af de enkelte XRF-data samt MS og vandindhold (vægt%)



Figur 10. Ratio værdier for XRF data.

XRF zone 7

210,5-176,5 cm (1728-1868 AD). Ti og Si/Ti falder forsat, Si/Ti dog noget kraftigere end hidtil. K/Ti oplever også et kraftig fald igennem hele denne zone. Sr/Ti, Rb/Ti og Zr/Ti stiger alle kraftig i bunden af zone 7 og opnår et maksimum omkring 180-160 cm, hvorefter de falder igen til et niveau lidt højere end i starten af zonen. Mn/Ti oplever lidt den samme tendens, dog bare ved at svingningerne i indholdet bliver noget kraftigere end tidligere. Fe/Ti og MS opretholder cirka det samme niveau som i toppen af underliggende zone, MS falder dog lidt mod toppen.

XRF zone 7a. 210,5-176,5 cm (1728-1782 AD). I denne zone oplever Ca/Ti en kraftig stigning med maksimum i ca. 195 cm, hvorefter indholdet hurtig falder igen til niveauet i starten af zonen.

XRF zone 7b. 176,5- 129,5 cm (1782-1868 AD). Ca/Ti falder svagt gennem denne underzone. Rb/Ti, Zr/Ti og Sr/Ti starter højt og falder herefter mod toppen af zonen.

XRF zone 8

129,5-56 cm (1868-1979 AD). Denne zone bærer for MS målingen præg af, at vandindholdet i den øvre del af lagserien er meget højt, og derfor falder denne kraftig mod toppen. For de øvrige stoffer er der korrigeret en del for dette, men pga. det meget høje vandindhold kan en påvirkning ikke helt udelukkes.

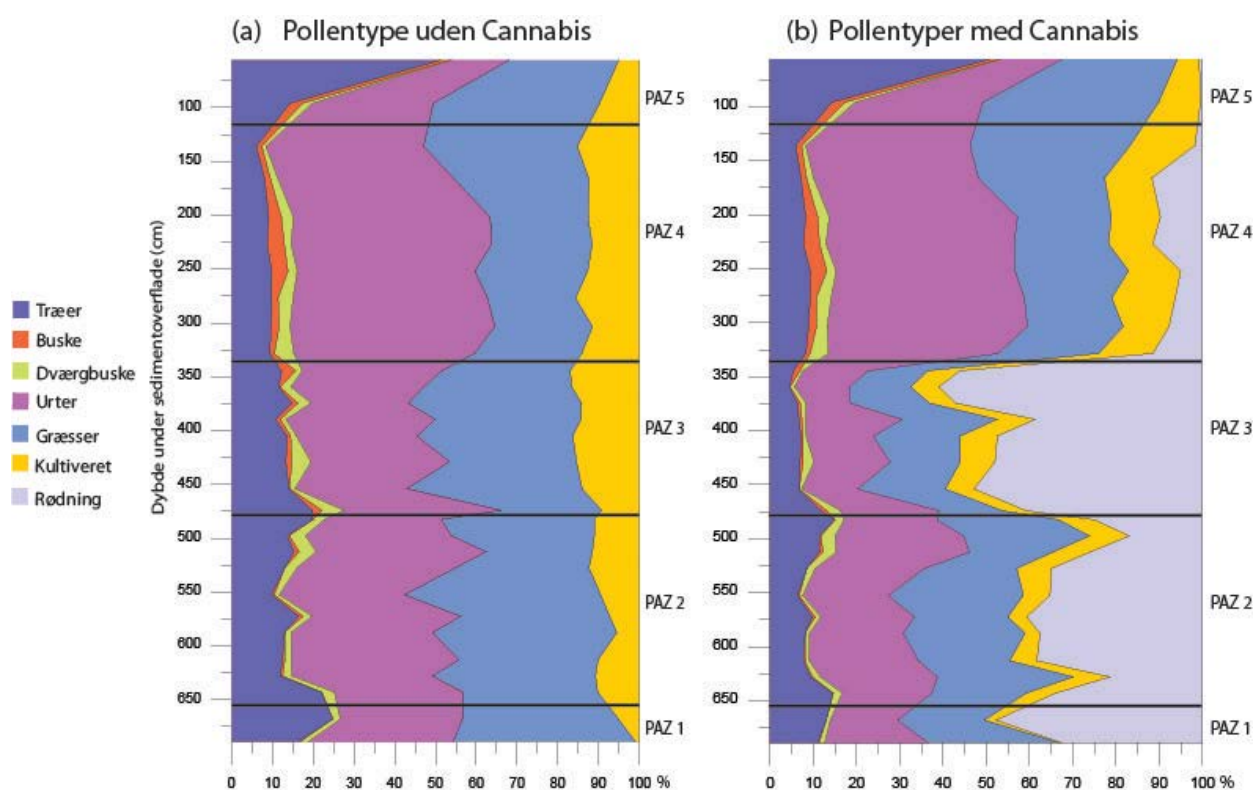
Si/Ti og Ti opretholder de niveauer de opnåede i slutningen af zone 7, men falder dog lidt helt i toppen. Sr/Ti, Fe/Ti, Rb/Ti og Ca/Ti oplever alle et fald i bunden af zonen, hvorefter de stiger igen mod slutningen, Fe/Ti falder dog lidt igen helt i toppen. Mn/Ti, K/Ti og Zr/Ti falder en smule gennem hele zonen.

4.5 VANDINDHOLD

Den procentvise vægtandel af vand i sedimenter stiger forholdsvis konstant op gennem lagserien med nogle fluktuationer. Ved gytjens start ligger vandindholdet på ca. 25 vægt% mens det i toppen er lagserien udgør ca. 90 vægt%. (Figur 9)

4.6 POLLEN DIAGRAM

Der er i alt talt 30 pollenprøver jævnt fordelt over hele lagserien (Figur 6) (Bilag 1 og 2). De talte pollenprøver indeholder, ud over de almindelige og ofte forekommende pollentyper, en række sjældne pollentyper. Af Figur 11 ses det, at *Humulus/Cannabis* type pollen udgør en stor del af den samlede terrestriske pollensum, især i den nederste 2/3 af lagserien. Denne store forekomst må skyldes, at disse pollen er tilført søen ved rødning af hamp, og afspejler derved ikke områdets vegetation. På baggrund af dette, er udregningen af den procentvise fordeling af pollentyper foretaget uden *Humulus/Cannabis* typerne. I Figur 12 ses den procentvise fordeling af udvalgte pollen, som er vigtige for den senere tolkning af områdets vegetation. Ud fra Figur 13, der viser koncentrationen pr. volumen enhed for de udvalgte pollentyper, er det tydeligt, at pollenkoncentrationen er meget lav i de to ældste prøver (især prøver 14/1), hvorefter der sker en meget brat stigning. Herefter ses der for de fleste typer et nogenlunde stabilt niveau. Helt i toppen er der en tendens til et fald i koncentration for mange pollentyper.



Figur 11. Fordelingen af forskellige pollentyper. (a) Uden Humulus/Cannabis typer. (b) Med Humulus/Cannabis typer.

PAZ 1:

689-655 cm, alder ukendt (min. 1066)-1100 AD. Zonen dækker de nederste 34 cm af den pollenanalyserede del af kernesegmenterne og indeholder to pollenprøver, en i øverste del af lerlaget (14/1), en i nederste del af gytjen (14/4).

Denne pollenzone er, som det to efterfølgende zoner (PAZ 2 og 3), stærkt præget af *Humulus/Cannabis* type pollen, som udgør 40-60 % af den samlede terrestriske pollensum (Figur 11). Da disse er tilført søen ved rødning, afspejler de ikke oplandets vegetation og er derfor ikke medregnet i den efterfølgende beskrivelse af pollendiagrammets udvikling.

PAZ 1 indeholder flere træpollen (mest *Pinus* og *Fagus sylvatica*) end de efterfølgende 3 zoner. *Poaceae undiff*, *Dryopteris type*, *Cichorioideae* og *Plantago lanceolata* ligger alle højt i starten af zone, men falder herefter. Af kornpollen er der stort set kun *Secale* til stede i starten. Denne stiger i løbet af zonen, mens *Hordeum* pollen begynder at forekomme.

Langt de fleste andre pollen ligger meget lavt i denne zone, med undtagelse af *Cyperaceae*, der har sit højeste indhold i hele aflejringen sidst i zonen.

PAZ 2:

655-478 cm, 1100-1420 AD, indeholder 10 pollenprøver. I denne zone ligger stort set alle trætyperne meget lavt, med størst variation i *Alnus glutinosa*, *Corylus avellana* og *Fagus sylvatica*, hvor *Fagus sylvatica* har de højeste værdier i starten.

Cirka midt i zonen findes *Centaurea cyanus* for første gang, med en hurtig stigning, hvorefter den falder mod slutningen af zonen. Cirka samtidig som *Centaurea cyanus* forekommer første gang, sker der en stigning i *Secale*. *Hordeum* opnår efter lidt svingninger i starten et forholdsvis konstant niveau. *Polygonum aviculare* og *Polygonum convolvulus* opnår begge deres højeste forekomster i første halvdel af denne zone, men findes i rimelige mængder zonen ud.

Poaceae undiff., *Plantago lanceolata* og *Cichorioideae* stiger alle i bunden af zonen efter deres fald i slutningen af PAZ 1 og svinger herefter op gennem zonen.

PAZ 3:

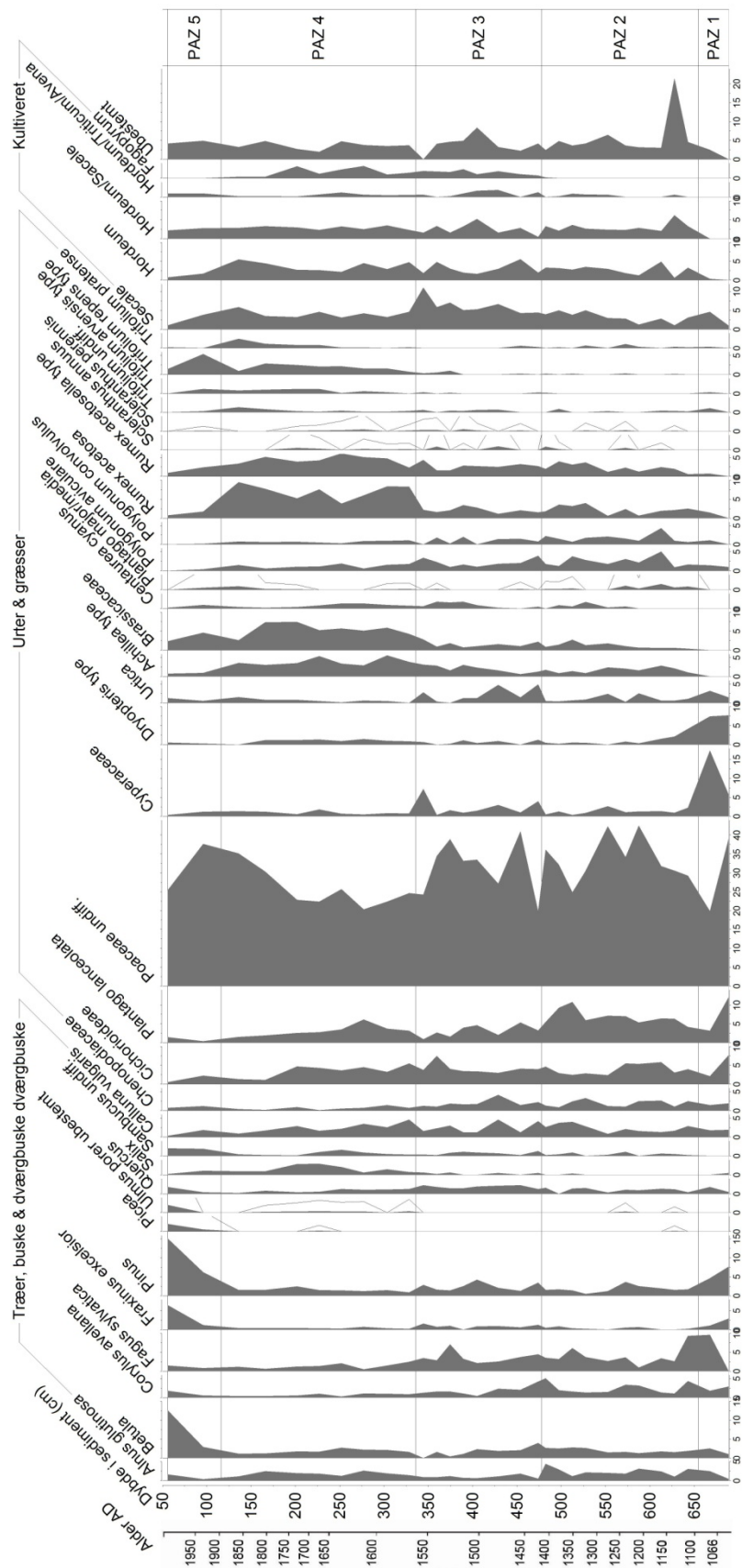
478-336 cm, 1420-1562 AD, indeholder 8 pollenprøver. *Alnus glutinosa* falder brat ved starten af denne zone, mens *Cyperaceae* og *Urtica* generelt udgør en større andel af pollenkorne end zonerne før og efter. *Plantago lanceolata* ligger forholdsvis lavt gennem hele zonen, efter et fald sidst i PAZ 4.

Fagopyrum findes for første gang ved starten af denne zone, og stiger til et nogenlunde konstant niveau. *Secale* oplever en mindre stigning mod slutningen, mens den øvrige kornpollen varierer en del. På Figur 11 ses det, at *Humulus/Cannabis* typerne har deres højeste koncentrationer i denne zone og udgør omkring halvdelen af alle terrestriske pollen.

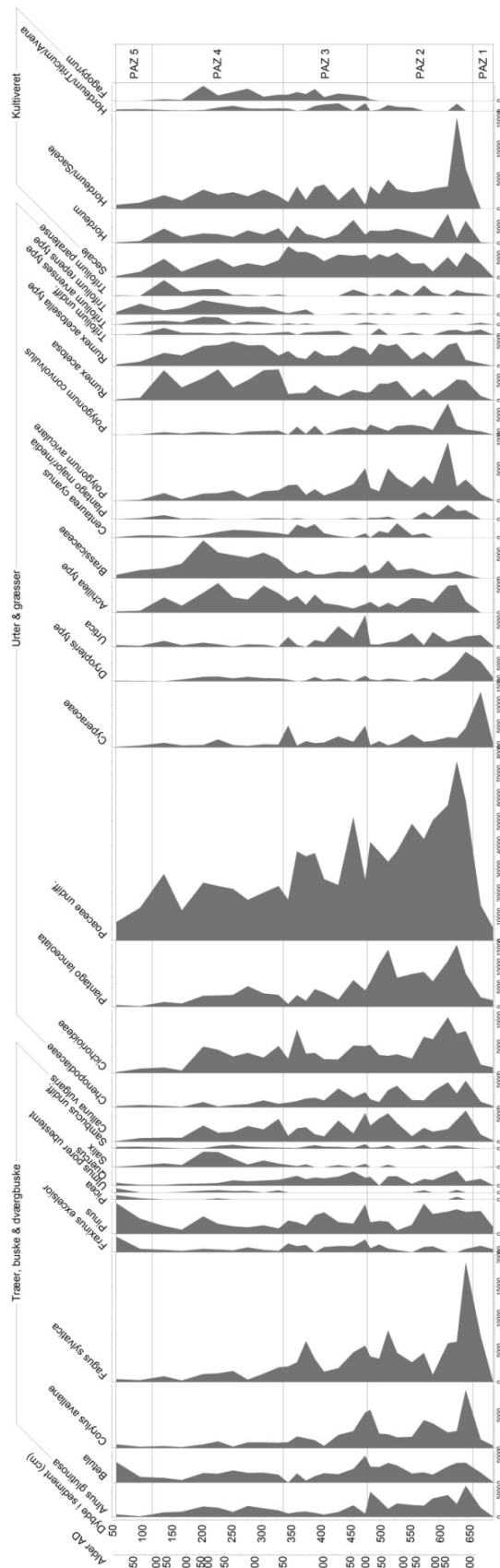
PAZ 4:

336-116 cm, 1562-1893 AD, indeholder 8 pollenprøver. Ved starten af denne zone sker der et stort fald i *Humulus/Cannabis* type pollen. Dette fald kommer samtidig med et fald i *Poaceae undiff.* og *Secale*. *Secale* holder et nogenlunde stabilt niveau gennem hele zonen, mens *Poaceae undiff.* stiger igen mod slutningen. Ved starten af zonen stiger *Brassicaceae*, *Rumex acetosa* og *Rumex acetosella* type alle kraftigt, og forbliver nogenlunde på det opnåede niveau zonen ud.

I denne zone bliver de forskellige *Trifolium* type mere og mere udbredte, mens *Fagopyrum* stort set forsvinder helt. *Plantago lanceolata* stiger til et peak først i zonen, hvorefter den falder mod slutningen.



Figur 12. Procentvisse fordeling af udvalgte pollentyper.



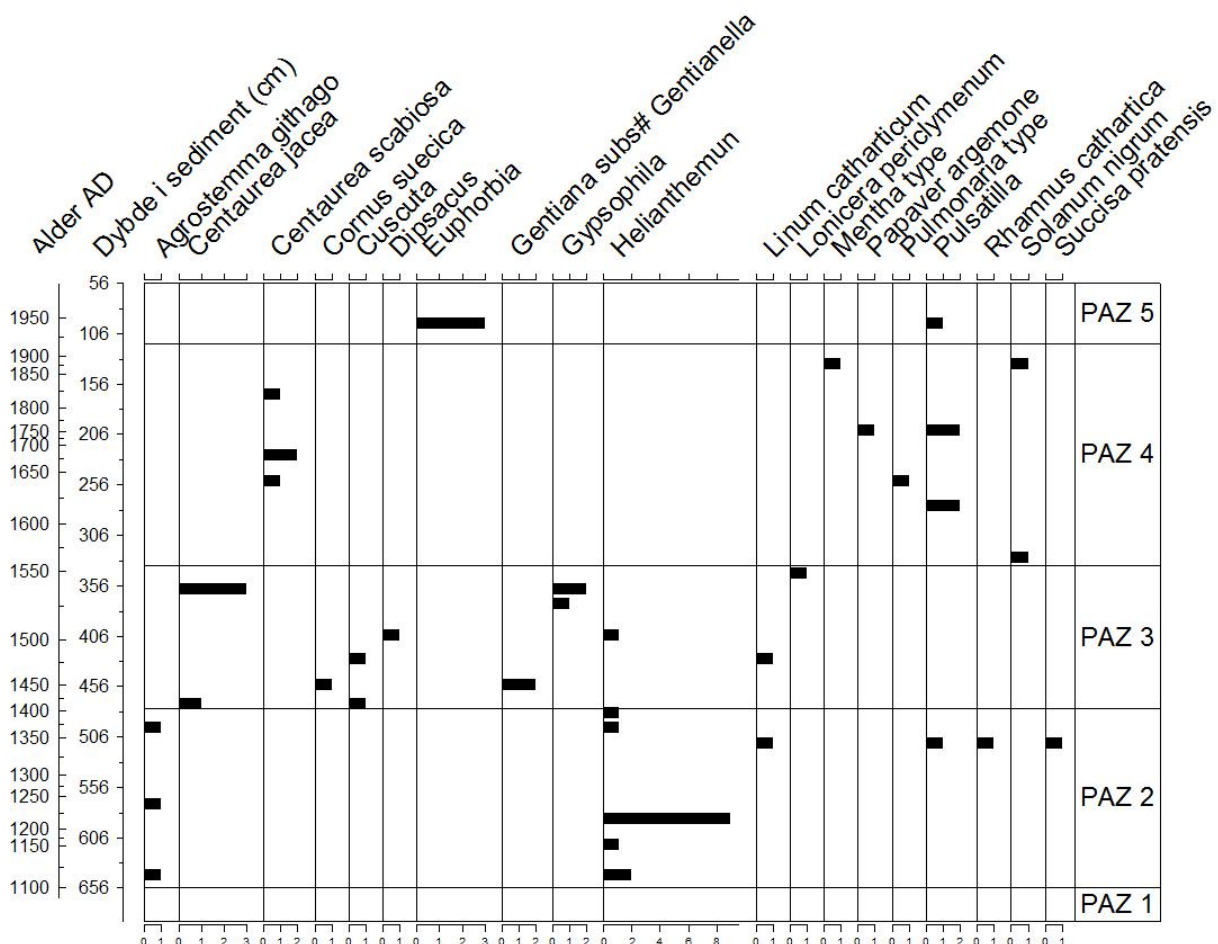
Figur 13. Pollenkonzentration pr. volumen enhed for udvalgte pollentyper.

PAZ 5:

116-56 cm, 1893-1966 AD, indeholder 2 pollenprøver. Ved starten af denne zone sker der en stor stigning i træpollen, især *Pinus*, *Betula* og *Fraxinus excelsior*. Samtidig med at andel af træpollen stiger, falde langt de fleste andre pollentyper, dog især *Rumex acetosa*, *Achillea*, *Secale*, *Hordeum* og *Poaceae undiff.* Faldet i *Poaceae undiff.* ser dog ud til at ske lidt senere end de øvrige.

4.7 SJÆLDNE POLLENTYPER

Pollenprøverne indeholdte som nævnt tidligere en række sjældne pollen (Figur 14), nogle af disse ses i Figur 15. Disse forekommer i en eller enkelte eksemplarer, og findes jævnt fordelt over det meste af lagserien.



Figur 14. Forekomster af sjældne pollen ved antal.

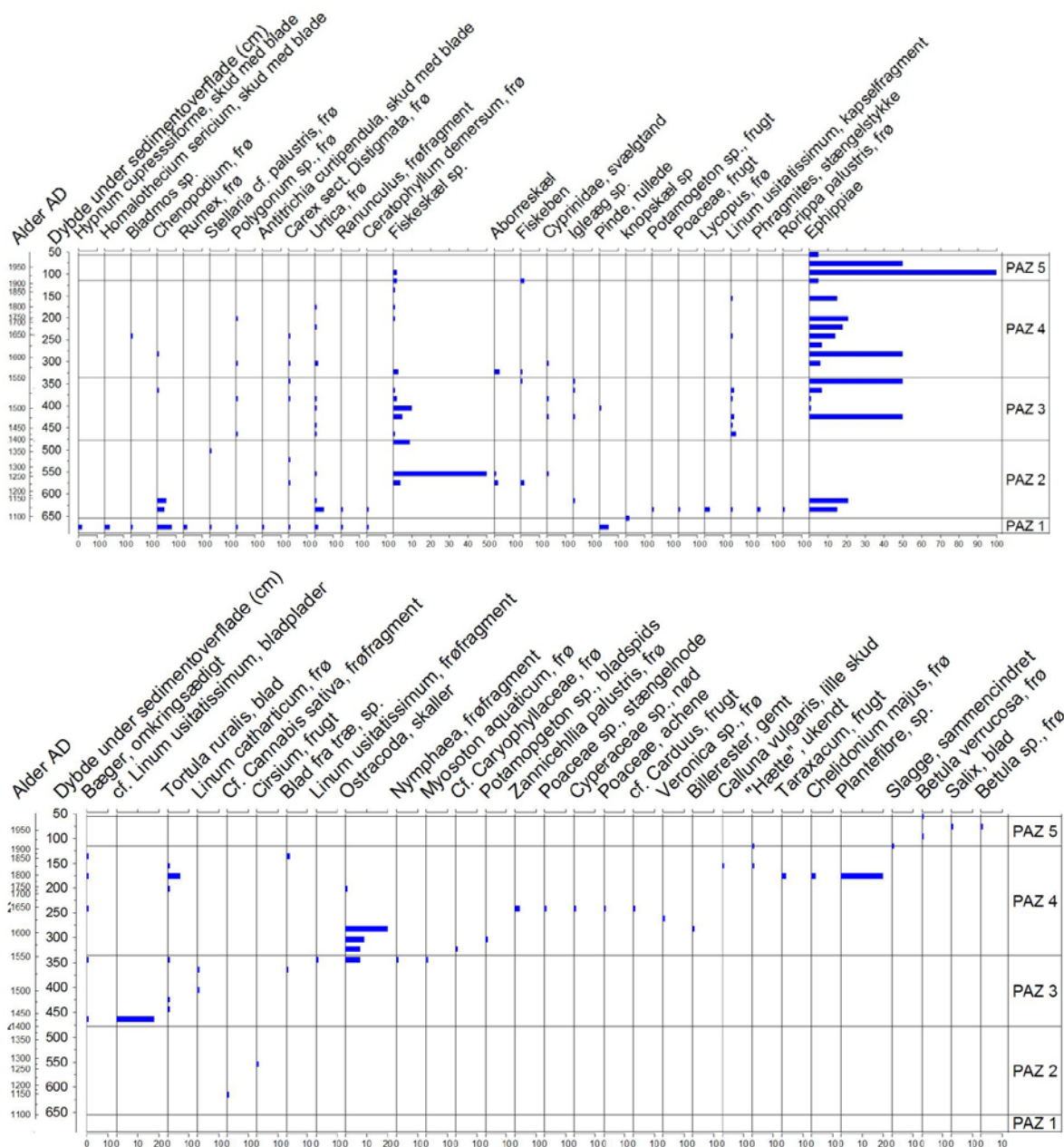
Der er ikke fundet nogen sjældne pollentyper i PAZ 1. I PAZ 2 findes der seks forskellige sjældne pollentyper, hvor *Helianthemum* i en enkel prøve forekommer med ni korn. PAZ 3 er den zone der indeholder flest forskellige pollentyper (9 slags), hvor især *Linum catharticum* og *Cuscuta* er hver at bemærke. PAZ 4 indeholder seks forskellige pollentyper, hvor *Centaurea jacea* og *Pulsatilla* forekommer mest. Den yngste pollenzone (PAZ 5) indeholder to forskellige sjældne pollentyper (*Euphorbia* og *Pulsatilla*).



Figur 15. Billeder af pollen fra Agri Sø

4.8 MAKROFOSSILER

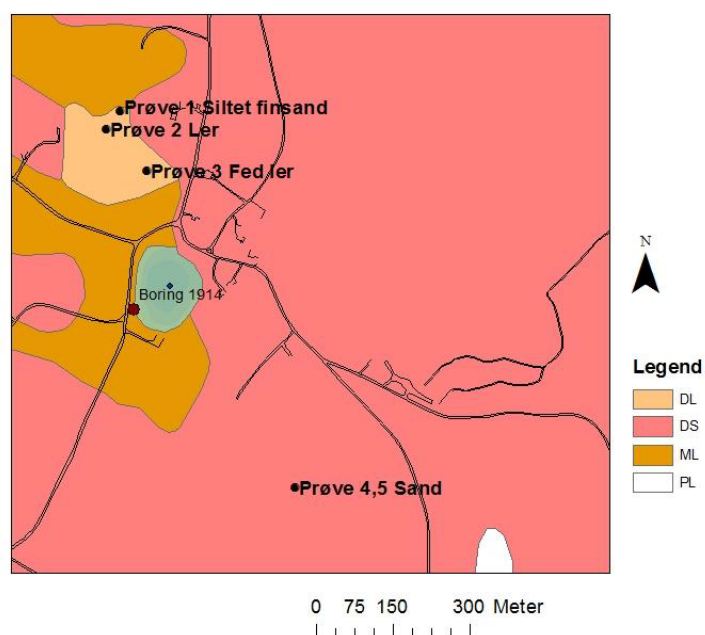
Figur 16 viser de fundne makrofosiler i aflejringerne. I PAZ 1 er der fundet mosser og forskellige urter. Forekomsten af mosser stopper i PAZ 2, og omkring midt i denne zoner findes de første tegn på fisk i søen. I PAZ 3 findes der hovedsageligt resten af *Linum usitatissimum*, men også en række andre urter og fisk. Forekomsten af *Linum usitatissimum* og fisk bliver noget mindre ved overgangen til PAZ 4, hvor der istedet begynder at findes flere rester fra græsser. I PAZ 5 findes der hovedsageligt fragmenter fra træer.



Figur 16. Forekomster af makrofossiler ved antal.

4.9 JORDARTSPRØVER

Placeringen af de 5 udtagne jordartsprøver ses i Figur 17 og beskrivelsen i Tabel 7. For prøve 1 og 2 ses der en uoverensstemmelse mellem den opgravede jordartstype og jordartskortet. Dette skyldes, at jordartskortet er fremkommet ved kartering med jordspyd for hver 100 m, og derfor er præcisionen på lokalt niveau ikke stor. Alle jordartsprøverne er taget på mellem 40-70 cm dybde for at minimere påvirkning fra pløjning og udvaskning samtidig med at prøven kunne hentes i en praktisk opnåelig dybde. Jordprøve 4 og 5 er taget i samme hul ved to forskellige dybder, da der ved 60 cm dybde skete en ændring i sedimentet. Disse prøver er taget på toppen af en bakke med smeltevandssand for at være sikker på, at der ikke var tale om sediment, der var skyllet ned af bakken igennem Holocæn.



Figur 17. Placering af jordartsprøver. DL: Smeltevandsler, DS: Smeltevandssand, ML: Moræneler, PL: Paleocæn ler (Grundkort: Danmarks digitale jordartskort 1:25.000)

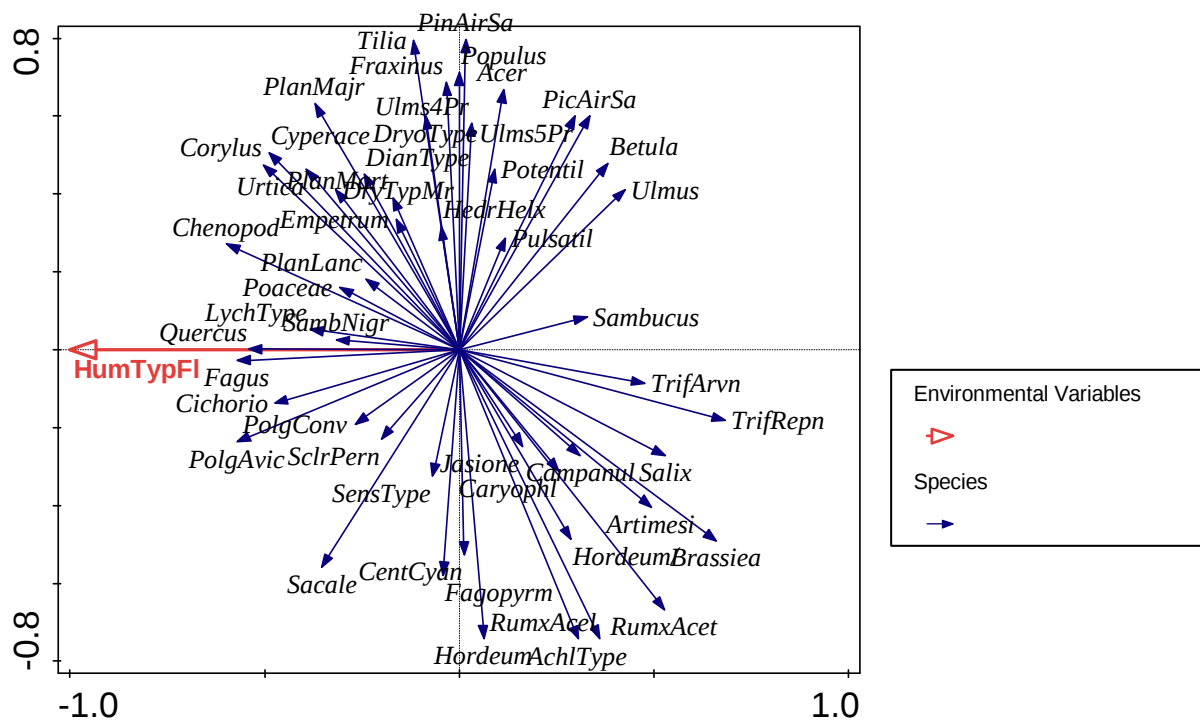
Jordarts-prøve	UTM koordinater	Prøve-dybde	Beskrivelse	Jordart
Prøve 1	594328 E 6233131 N	58 cm	Siltet finsand, gul, enkelte sten.	Smeltevandssand
Prøve 2	594300 E 6233096 N	60 cm	Ler, meget kompakt, store sten i øvre lag, færre sten nedefter, kan trilles til pølse, rimelig snitflade.	Moræne ler
Prøve 3	594379 E 6233015 N	60 cm	Ler, lys grå, kompakt, fed, ingen sten, Spættet af jernpletter (glayjord).	Smeltevandsler
Prøve 4	594669 E 6232398 W	70 cm	Fin sand uden sten	Smeltevandssand
Prøve 5	594669 E 6232398 W	40 cm	Sand, lidt sten og grus	Smeltevandssand.

Tabel 7. UTM koordinater, dybde, beskrivelse og jordart for de 5 opgravede jordartsprøver.

4.10 ORDINATION

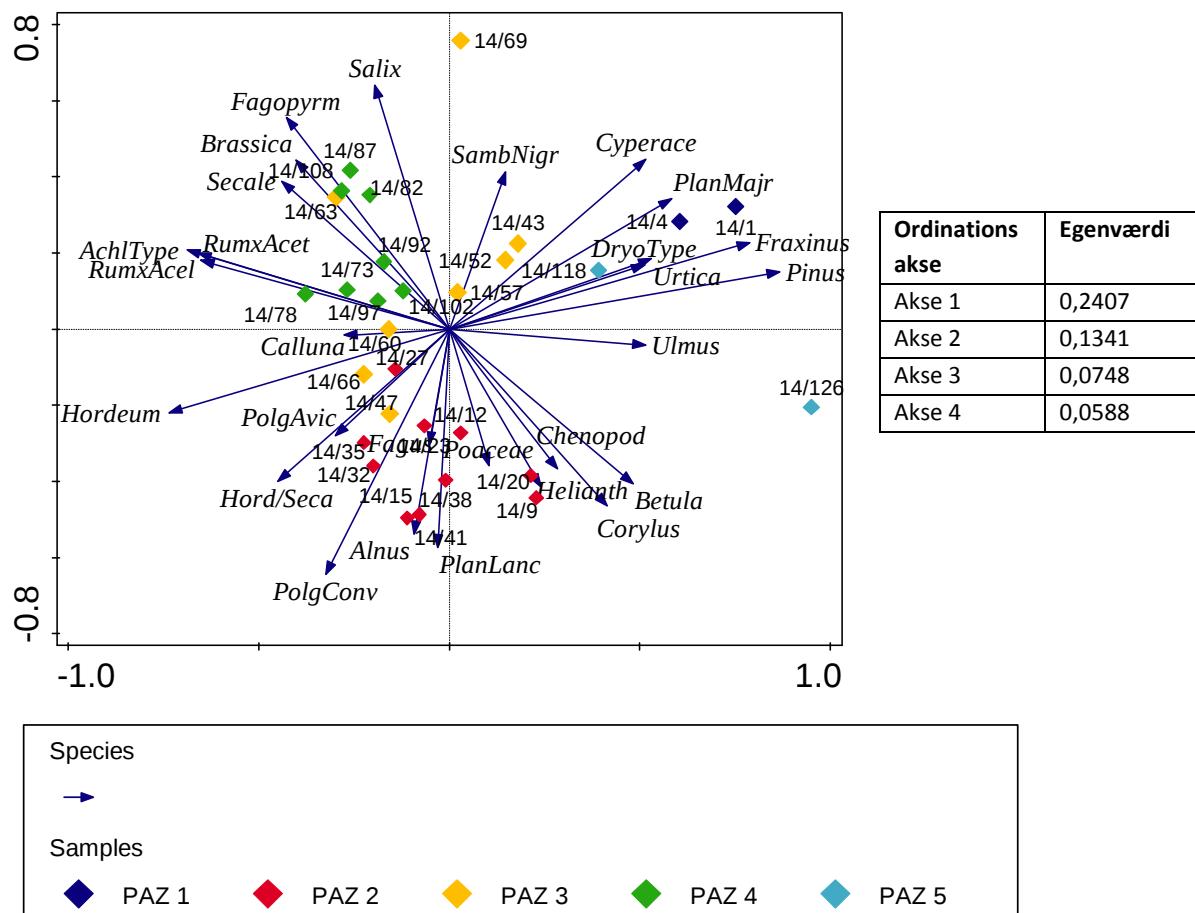
4.10.1 PCA POLLEN

Rødning kan medføre, at der med jorden omkring rødderne på hamplanterne kommer pollen af ældre dato ud i søen, som derved ikke repræsenterer den naturlige vegetationsfordeling i området. For at undersøge hvilke pollentyper, der eventuelt kan være påvirket af rødningen, blev der indledningsvis lavet en RDA analyse, hvor pollentyperne blev anvendt som respons variabel og de to *Humulus/Cannabis* typer som eksterne variable. Under analysen blev der foretaget en Monto Carlo test og i det resulterende plot (Figur 18) er der kun medtaget den eksterne variabel, som ved denne test viste sig signifikant. Ud fra Figur 18 ses det, at en række pollensignaler kan være påvirket af rødningen (dem liggende inden for en vinkel på 45 grader fra *Humulus/Cannabis* vektoren). De eventuelt påvirkede pollen er *Fagus sylvatica*, *Quercus*, *Polygonum aviculare*, *Polygonum convolvulus*, *Sambucus nigra*, *Chenopodiaceae*, *Scleranthus annuus*, *Lychnis type*, *Poaceae undiff.* og *Plantago lanceolata*.



Figur 18. RDA for pollen med *Humulus/Cannabis* type som ekstern variabel.

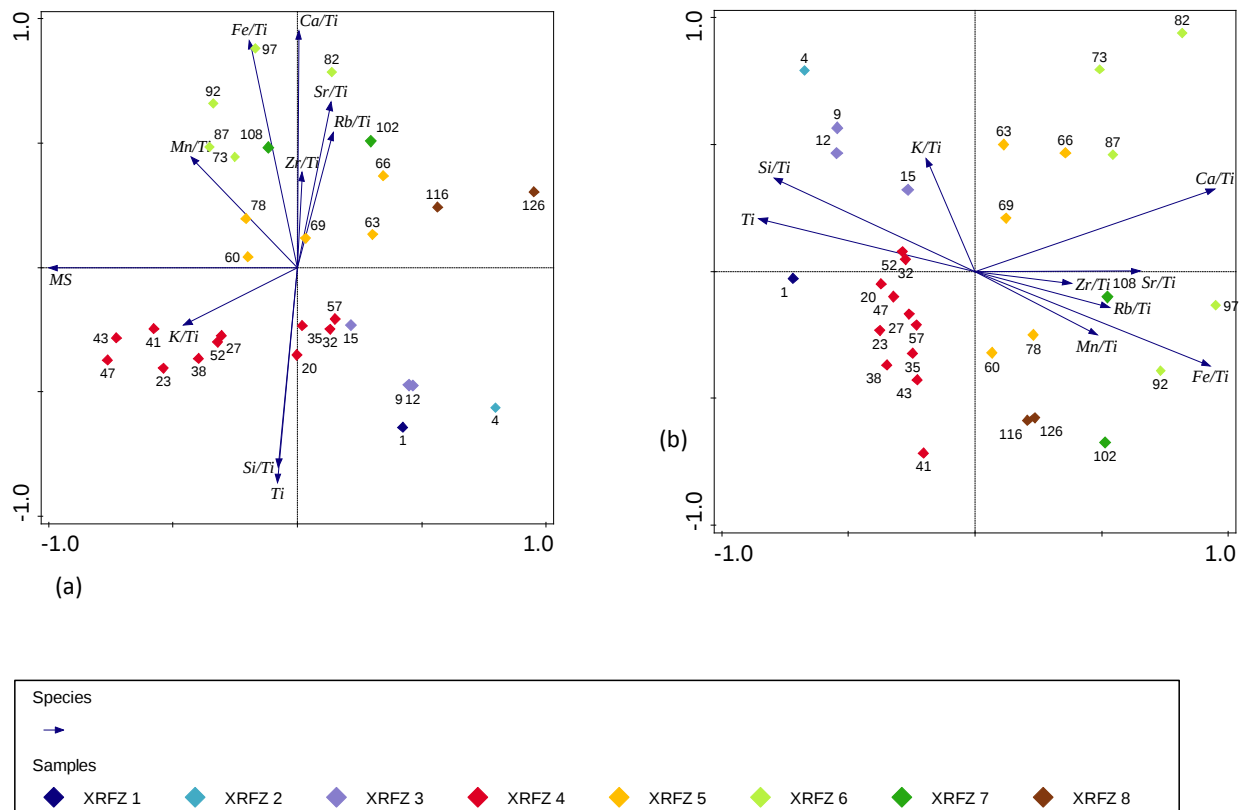
På baggrund af dette er PCA analysen af pollensignalet lavet, hvor variationen hidrørende *Humulus/Cannabis* typerne er taget ud (covariable) og resultatet ses i Figur 19. De ældste prøver (PAZ 1) ligger ud af 1. akse i 1. kvadrant sammen med pollentyper som *Fraxinus excelsior*, *Pinus* og *Urtica*. PAZ 2 ligger central omkring akse 1 i den negative ende af akse 2 (3. og 4. kvadrant). Denne del af plottet er bl.a. styret af *Plantago lanceolata*, *Polygonum convolvulus*, *Alnus glutinosa* og *Hordeum/Secale*. PAZ 3 ligger i en zone omkring origo i 1. og 3. kvadrant. To prøverne ligger lidt længere mod 2. akse positive ende. PAZ 4 ligger alle i 2. kvadrant sammen med pollentyper som *Fagopyrum*, *Brassicaceae*, *Rumex* typer og *Secale*. De to yngste prøver (PAZ 5) ligger ud af 1. akse.



Figur 19. PCA analyse af pollen over 2 %. Ikke signifikante pollentyper er fjernet for at forsimple plottet.

4.10.2. PCA XRF DATA

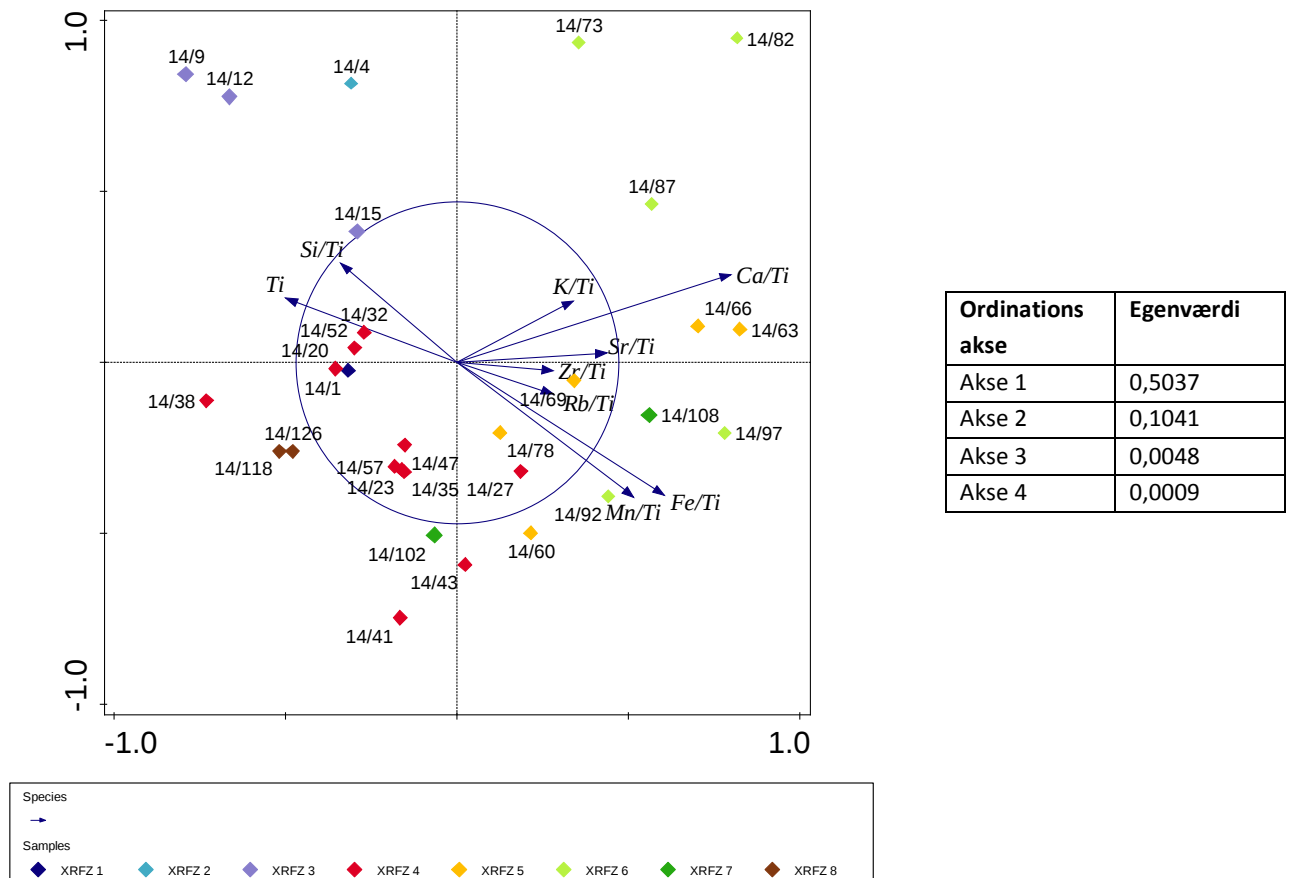
En PCA analysen med de udvalgte ratio værdier fra XRF scanningen samt Ti og MS ses i Figur 20a. Det ses, at MS falder sammen med 1. akse og derfor er meget styrende for det samlede resultat. Denne dominans skyldes værdierne af dataene, da XRF data er korrigeret for en række faktorer som fx vandindhold og derfor får nogle meget lave værdier i forhold til MS målingen. Hvis PCA analysen foretages uden MS data, fås et markant anderledes resultat (Figur 20b). Da MS har så stor indflydelse på ordinationens resultat, er MS som udgangspunkt udelukket fra de følgende analyser.



Figur 20. PCA af XRF data (a) med MS data (b) uden MS data.

Som det var tilfældet med pollendata kan det også være tilfældet, at noget af XRF signalet er påvirket af rødnings. For at undersøge dette, er der lavet en PCA analyse med XRF data, hvor variationen som hidrører *Cannabis/Humulus* typerne er taget ud af analysen. Denne analyse viser, at det eneste element der for alvor er styret af rødnings er K/Ti, da denne rykker sig knap 90 grader fra 2. til 1. kvadrant (Figur 21). Dette understøttes ligeledes af en RDA analyse (ikke vist) hvor XRF bruges som respons variabel og *Humulus/Cannabis* typerne som miljø variabel, da denne analyse viser, at K/Ti er den respons variabel, der korrelerer bedst med *Humulus/Cannabis* typerne. Denne analyse viser også, at Si/Ti har en mindre korrelation med rødnings.

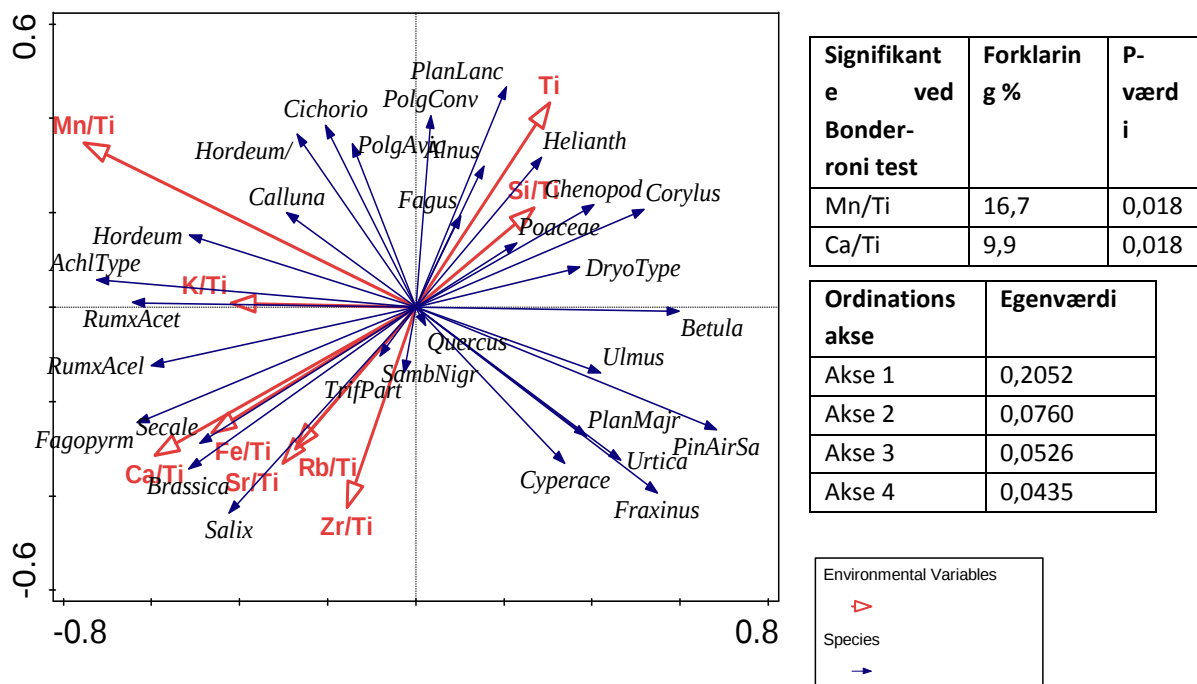
På baggrund af dette anvendes PCA analysen af XRF data, hvor MS ikke er medtaget, og variation hidrørende *Humulus/Cannabis* typerne er fjernet (Figur 21). XRFZ 1 er her kun repræsenteret ved prøve 14/1, og denne ligger tæt op af den negative 1. akse, der korrelerer med Ti og Si/Ti. XRFZ 2 enlige prøve (14/4) ligger ca. samme sted på 1. aksen, men et godt stykke op af 2. aksen. De 3 prøver i XRFZ 3 ligger alle i 2. kvadrant, og er meget påvirket af Si/Ti i forhold til de øvrige prøver. XRFZ 4 indeholder 11 prøver, som hovedsagelig ligger i 3. kvadrant med et par stykker i henholdsvis 2. og 4. kvadrant (dog tæt på 3. kvadrant). De 5 prøver i XRFZ 5 ligger fordelt omkring den positive ende af 1. aksen. Den ældste af disse (14/60) ligger dog noget længere nede i 4. kvadrant end de øvrige. Disse korrelerer godt med enten Ca/Ti eller Mn/Ti og Fe/Ti. I XRFZ 6 (5 prøver) ses en meget stor spredning i det meste af 1. og 4. kvadrant. Spredningen af de to prøver i XRFZ 7 er ligeledes stor med placering i henholdsvis 3. og 4. kvadrant. De to yngste prøver (XRFZ 8) ligger til gengæld tæt sammen i 3. kvadrant. Ud fra EC cirklen ses det, at Ti, Ca/Ti, Mn/Ti og Fe/Ti har en betydning, der er større end hvad man kunne forvente ved tilfældighed.



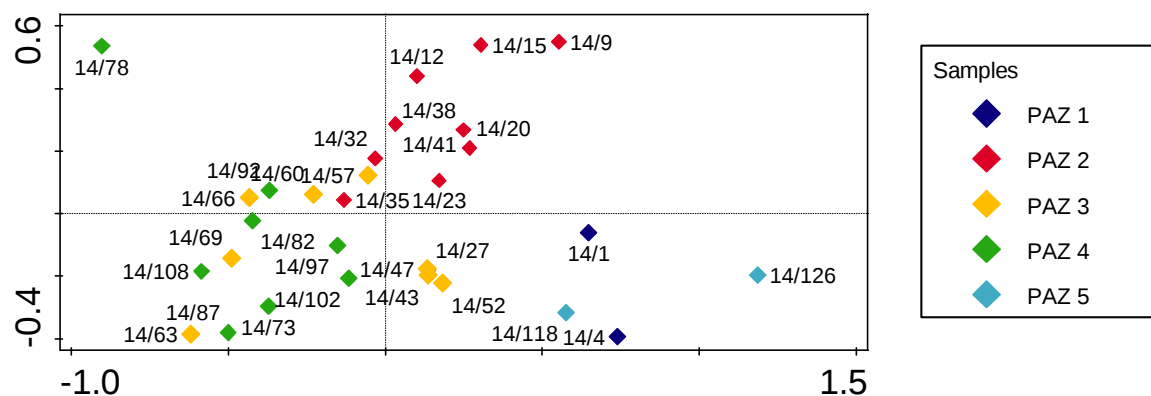
Figur 21. PCA XRF hvor variationen, der hidrører *Humulus/Cannebis* typerne, er fjernet. EC cirklen viser hvilke variabler der er signifikante.

4.10.3 RDA POLLEN MED XRF SOM MILJØ VARIABLEL

For at undersøge hvorvidt ændringer i materialet aflejret i søen har påvirket vegetationen i landskabet omkring søen, er der foretaget en RDA hvor pollen (uden *Cannabis/Humulus* typer) bruges som responsvariable og XRF data som forklarende variable. Hvis denne ordination foretages både med og uden *Humulus/Cannabis* typerne som covariable, fås to ret forskellige resultater. Da de ovenstående ordinationer har vist, at *Humulus/Cannabis* typerne har haft stort indflydelse på resultaterne, anvendes der herunder den RDA, hvor variansen fra disse er fjernet.



Figur 22. RDA biplot med pollen data som respons variabel, XRF data som miljø variabel og variation hidrørende *Humulus/Cannabis* typer fjernet.



Figur 23. RDA plot af prøver med pollen data som respons variabel, XRF data som miljø variabel og variation hidrørende *Humulus/Cannabis* typer fjernet.

Af Figur 22 og Figur 23 ses det, at ingen af de forklarende variabler falder i 4. kvadrant, hvor pollenprøverne fra ældste og yngste zone ligger (PAZ 1 og 5). Disse ligger et stykke ud af 1. aksens og falder sammen med træer som *Betula*, *Ulmus*, *Fraxinus excelsior* og *Pinus* samt *Urtica*, *Plantago major* og *Cyperaceae*. Prøverne fra PAZ 2 ligger hovedsagelig i 1. kvadrant sammen med de forklarende variabler Si/Ti og Ti og pollentyperne *Dryopteris type*, *Chenopodiaceae*, *Helianthemum*, *Poaceae undiff.* og *Corylus avellana*. I 2. kvadrant ligger nogle af de yngste prøver fra PAZ 3 og nogle af de ældste fra PAZ 4. Disse ligger sammen med Mn/Ti og pollentyper som *Hordeum*, *Achillea type* og *Calluna vulgaris*. 1. aksens negative side falder sammen med K/Ti og *Rumex acetosa*. En stor del af XRF elementerne (Zr/Ti, Rb/Ti, Sr/Ti, Fe/Ti, Ca/Ti) falder i 3. kvadrant sammen med pollentyperne *Fagopyrum*, *Secale*, *Brassicaceae* og *Rumex acetosella*.

Monto Carlo-permutation test med Bonferroni-korrektion viser, at Mn/Ti og Ca/Ti er signifikante forklarende variable. For at undersøge om der sker en ændring i hvilke variable, der er signifikante op gennem de forskellige pollenzoner, ønskes denne test udført på pollenzonerne enkeltvis. Da Canoco 5 ikke kan give et signifikant resultat med under 22 prøver for det aktuelle antal forklarende variable, er dette dog ikke muligt. Analysen er derfor gennemført i alt 9 omgange, hvor der hver gang er taget den nederste prøve i forrige analyse fra og den næste opefter lagt til, så der hele tiden er 22 prøver i analysen. De signifikante forklarende variable i de forskellige analyseniveauer ses i Tabel 8. Der ses en tendens til, at i den nederste del af sedimentet er det Si/Ti og K/Ti, der er de forklarende variable. I midten af sedimentserien er det Ti der er den forklarende variabel med størst betydning, med K/Ti viser sig også signifikant i nogle niveauer. I den øverste del er Ca/Ti den forklarende variabel med størst betydning, med Ti som også signifikant i det øverste af niveauerne.

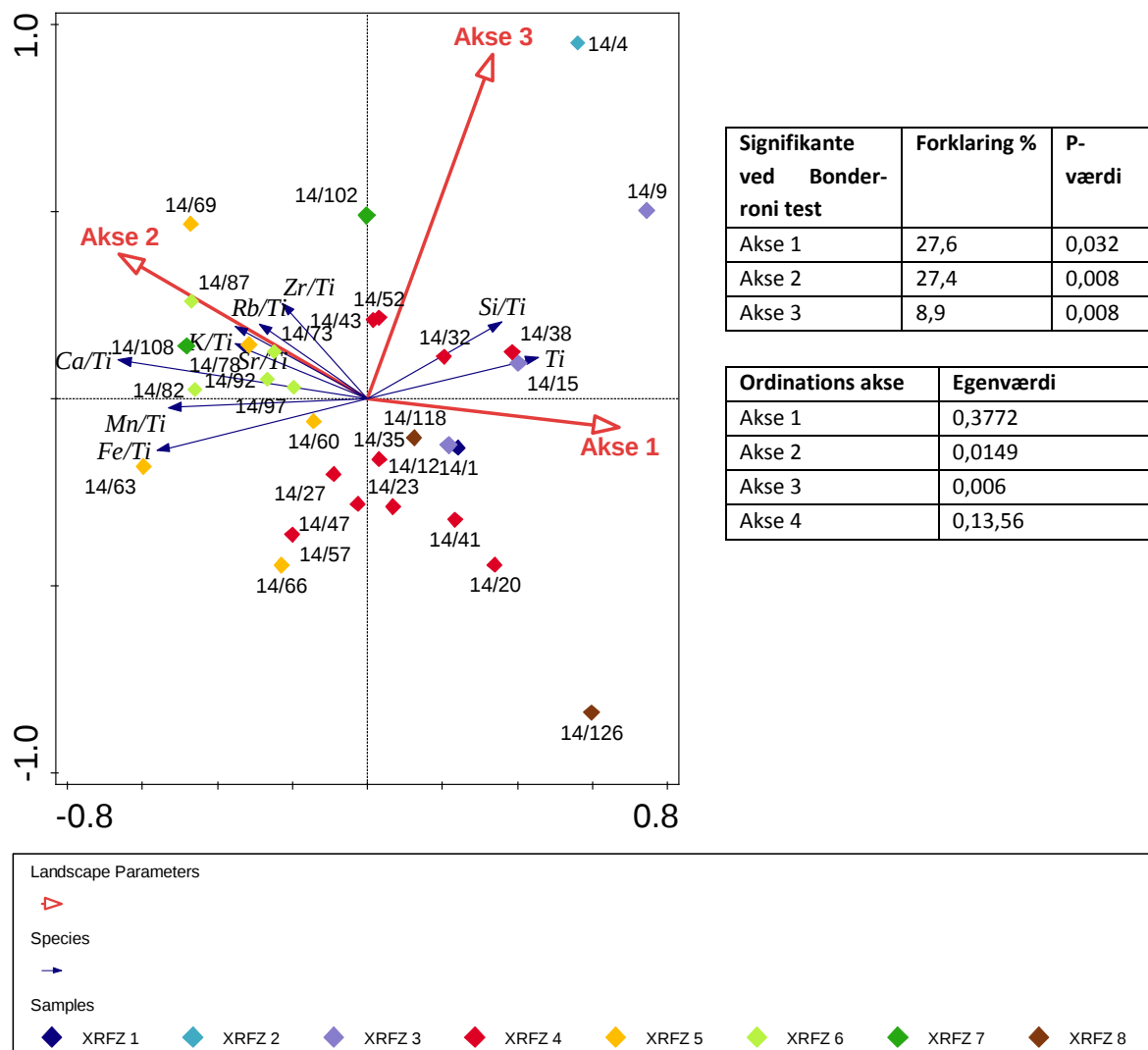
Prøver	Signifikante ved Bonferroni test	Forklaring %	P-værdi
14/1-14/73	Si/Ti	24,3	0,018
	K/Ti	12,2	0,018
14/4-14/97	Si/Ti	21,0	0,018
	K/Ti	12,3	0,036
14/9-14/92	Ti	19,3	0,018
14/12-14/87	Ti	17,7	0,018
	K/Ti	9,6	0,036
14/15-14/82	Ti	20,3	0,018
	K/Ti	9,9	0,018
14/20-14/108	Ti	19,7	0,018
14/23-14/102	Ca/Ti	17,0	0,018
14/27-14/118	Ca/Ti	17,4	0,018
14/32-14/126	Ca/Ti	18,8	0,036
	Ti	11,7	0,018

Tabel 8. . Signifikante forklarende variable i løbene zoner op gennem sediment.

4.10.3 RDA XRF MED POLLEN SOM MILJØ VARIABEL

For at undersøge om ændringer i vegetationen (pollensignalet) har haft nogen indflydelse på sedimentet der aflejres i søer, er der foretaget en RDA, hvor XRF data er brugt som respons variable. For at fjerne den variation i analysen, der skyldes rødningen i søen, er der som forklarende variabel anvendt de fire ordinationsakser fra PCA analyser af pollen (Figur 19), hvor variationen hidrørende *Humulus/Cannabis* typerne er fjernet, og samtidig er *Humulus/Cannabis* typerne sat som covariable for at fjerne den indflydelse de har på XRF data.

Figur 24 viser, at XRFZ 1 og 3 ligger omkring den positive 1. akse og korrelerer godt med responsvariablerne Si/Ti og Ti og den forklarende variabel akse 1 fra PCA analysen af pollen. XRFZ 2 ligger langt oppe i 2. kvadrant og korrelerer med pollenakse 3, der ellers ikke forklarer meget (egenværdi på 0,006). XRFZ 4 ligger fordelt omkring origo, med en hovedvægt på den negative side af 2. akse, hvilket ikke korrelerer godt med nogle af variablerne. Prøverne i XRFZ 5 ligger fordelt ud over 2. og 3. kvadrant og korrelerer godt med akse 2 fra pollen PCA'en og alle responsvariablerne undtagen Si/Ti og Ti. XRFZ 6 ligger placeret i 2. kvadrant sammen med 2. akse fra pollen analysen, og Ca/Ti som den



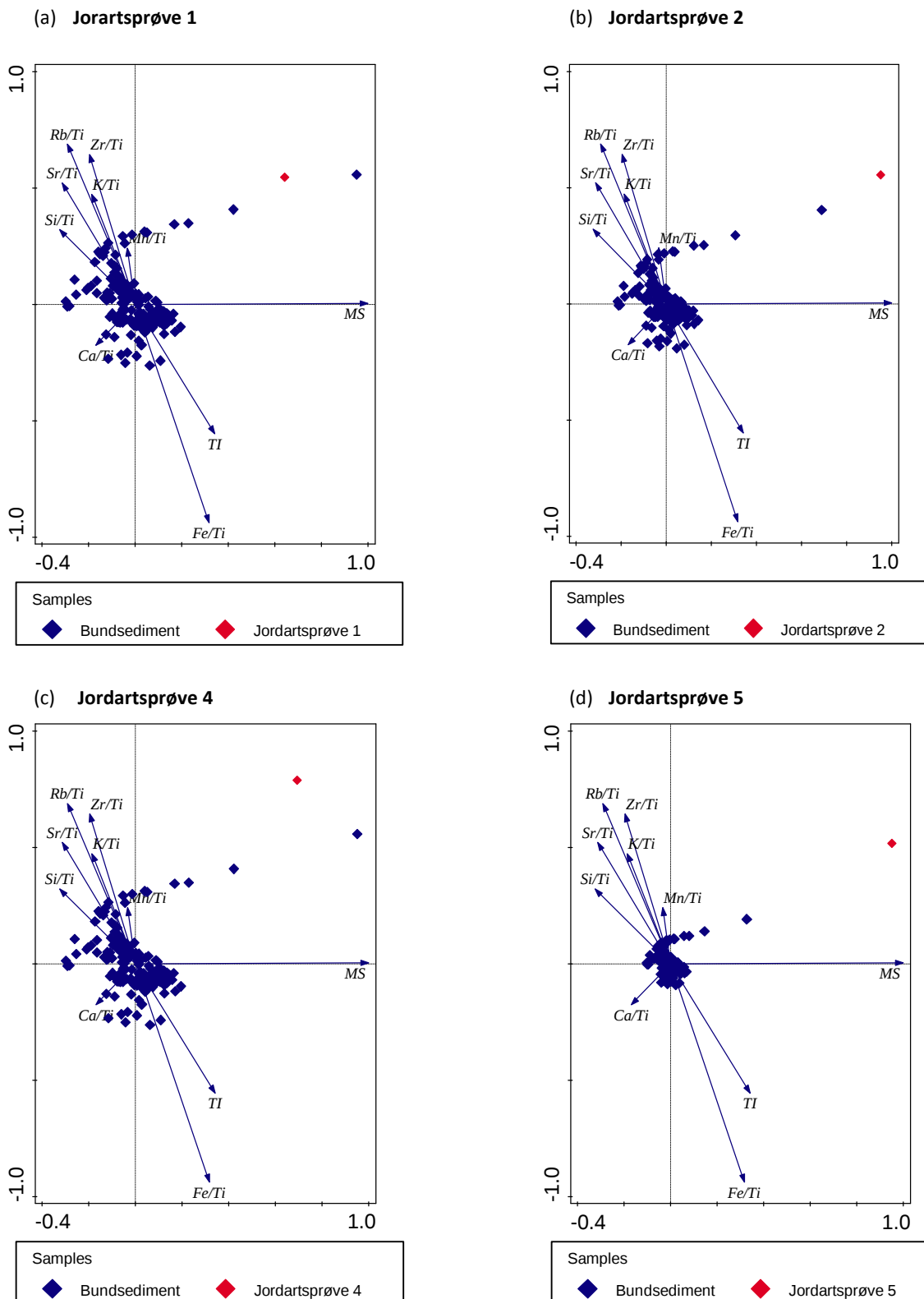
Figur 24. RDA triplot med XRF data som respons variabel, pollen data som miljø variabel og variation hidrørende Humulus/Cannabis typer fjernet.

mest forklarende af respons variablerne. Prøverne i XRFZ 7 ligger også i 2. kvadrant, men med lang indbydes afstand. Den ældste af prøverne (14/108) ligger tæt på 1. akse, mens den yngste (14/102) ligger op ad 2. akse. De to prøver i XRFZ 8 ligger ligeledes langt fra hinanden med den ældste (14/118) tæt på origo i 4. kvadrant, mens den yngste (14/126) ligger langt nede i 4. kvadrant.

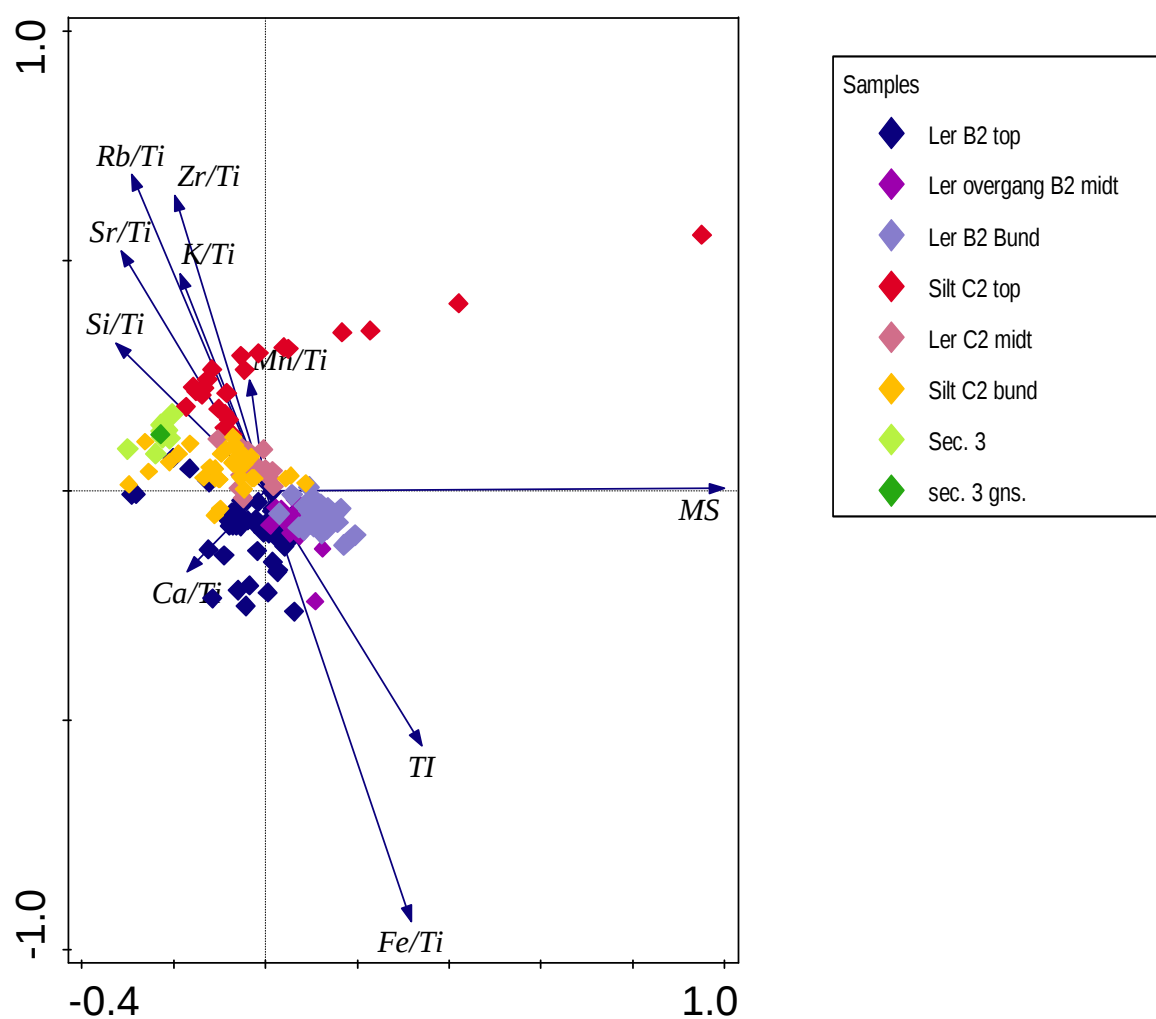
4.10.4 JORDARTSPRØVER

For at undersøge om en eller flere af de opgravede jordartsprøver i kemisk sammensætning minder om aflejringer under gytjen, er der foretaget 5 PCA-analyser, hvor jordartsprøverne enkelvis sammenlignes med data fra ler og silt aflejringerne fra bunden af søen. Dette er gjort ved at lave en PCA-analyse med bundsedimentet for herefter at plote jordartsprøverne, som er blevet plottet som supplementary data. I disse analyser er magnetisk susceptibilitet medtaget i PCA analysen, da dette er en vigtig egenskab for sedimentet, og derfor må medtages i en sammenligning. Ud fra PCA plottene (Figur 25) ses det, at jordartsprøverne 1, 2, 4 og 5 ikke ligner sedimentet på bunden af Agri sø. Kemisk set såvel som deres fysiske karakteristika er også er meget forskelligt (Tabel 2, Tabel 3 og Tabel 7).

Jordartsprøve 3 (issøler) viser den største overensstemmelse med sedimentet på bunden af søen og Figur 26 viser, at dette minder mest om silten ved bunden af kerne C2, som stammer fra boringen tættest på søbredden (position 2).



Figur 25. PCA analyse med jordartsprøver 1 (a), 2 (b), 4 (c) og 5 (d) som supplementary data.



Figur 26. PCA analyse med jordartsprøve 3 som supplementary data

5 DISKUSSION

5.1. SØSEDIMENTETS UDVIKLING Gennem DE SIDSTE 1000 ÅR

Den klastiske fraktion af søsedimentet stammer fra erosion af oplandet omkring søen og er ført ud i søen af overfladeafstrømningen. Disse sedimenter stammer fra en jordbund, der siden isens tilbagesmeltning har været udsat for en større eller mindre grad af jordbundsudvikling. Dette betyder, at de nemmeste nedbrudte elementer i den øvre del af jordbunden for længst er blevet nedbrudt, og derfor kan det derfor ikke forventes at se den samme type udvikling, som ses i søaflejringer fra starten af Holocæn (O'Connell et al. 2014). Landbruget i området kan dog have en betydning for dette, da bearbejdning af jorden kan blotlægge frisk jordbund. Det tyder dog på, at der har været landbrug i området tilbage til bondestenalderen, så det må forventes, at noget af denne udvikling allerede er sket. Gennem de sidste 1000 år, som aflejringerne stammer fra, er der dog sket en kraftig intensivering af landbruget samt en stor teknologisk udvikling (Stenak et al. 2009). Indførelsen af hjulploven omkring år 1000 gjorde det muligt at påsætte dybere plovskær og derved pløje dybere, samtidig med at det blev muligt at vende jorden (Bjørn 1988). Dette kan have medført, at nye jordstykker er blevet inddraget i landbrugsproduktionen, da det nu blev muligt at bearbejde mere fed jord. Hvis denne jord ikke tidligere har været udsat for jordbearbejdelse, vil der ske en opblanding af jord, der er nået forskellige stadier i jordbundudviklingen. Dette vil måske kunne afspejle sig i søsedimentet.

Det står ikke klart, hvad 1. akse i PCA analysen af XRF data (Figur 21) repræsenterer, men placeringen af variabler og prøverne kunne tyde på, at den negative akse repræsenterer et forholdsvis "roligt" opland, hvor der ikke er så stor dyrkningsmæssig aktivitet. Materialet, der tilføres til søen, er derfor forholdsvis "rent" med Ti og Si som vigtigste elementer. Prøverne fra XRFZ 1, 2, 3 og 8 ligger i den negative ende af denne akse. Den positive del af 1. akse repræsenterer et mere dyrket landskab, hvor søsedimentet ordinationsmæssig domineres af en mere blandet mængde grundstoffer. Disse kan stamme fra et mere dyrket område, hvor jorden er blevet mere bearbejdet og måske også tilført ekstra næring og jordforbedringsmiddel. Prøverne fra XRFZ 5, 6 og 7 passer godt med denne del af akse. Prøverne i XRFZ 4 ligger mere spredt og repræsenterer en overgang til mere dyrket areal. 1. akse forklarer 50 % af variationen i dette datasæt. Det er ikke klart hvad 2. akse repræsenterer, da ingen af miljøvariablerne peger i dennes retning, men da den kun forklarer 10 % af variationen, har det ikke så meget betydning.

5.1.1. BETYDNING AF VALGTE ELEMENTDATA

Ved at undersøge ændringer i elementindholdet i søer målt med XRF scanneren kan forholdene i og omkring søen gennem tiden aflæses. Nedenfor findes en kort beskrivelse af de udvalgte elementers kilde og hvad disse fortæller om forholdene. Herefter beskriver de 8 XRF zoners udvikling ud fra disse elementer.

Mineralinput og kornstørrelse:

Titanium (Ti) er almindelig forekommende stabilt element, som ikke ændrer sig meget under nedbrydning og transport. Ti findes normalt i korn af lerstørrelse og bruges som indikator for finkornet sediment (Kylander et al. 2011).

Kalium (K) stammer fra mineraler og findes oftest i lerstørrelse. K bliver lettere nedbrudt end mange af de andet elementer, og findes derfor mest i tidlig og mellem Holocæne aflejringer (Augustsson et al. 2010).

Rubidium (Rb) findes blandt andet i glimmer og ler og findes oftest i lerstørrelse (Kylander et al. 2011).

Zirkonium (Zr) findes i tunge mineraler som zirkon og hovedsagelig i kornstørrelserne grov silt til sand (Kylander et al. 2011).

Silicium (Si) kan både stamme fra nedbrydning af mineraler og dannes biogent. Den klastiske del kan blandt andet stamme fra alkali feltspat og finde oftest i grov silt til sand størrelse, mens den biogene del hovedsagelig stammer fra diatomeer (Kylander et al. 2011).

Magnetisk susceptibilitet (MS) er afhængig af, hvilke mineraler sedimentet består af, og disse evner til at være magnetiske (Dearing 1999).

Ændringer i mængden af disse grundstoffer kan indikere, om søen har modtaget materiale fra samme eller forskellige kilder gennem tiden, og om der er sket en ændring i nedbrydningsgraden i området (Koinig et al. 2003). Til vurdering af kornstørrelsen i sedimentet er Zr/Rb og Zr/Ti gode indikatorer, hvor høje værdier indikerer grovere materiale (Kylander et al. 2011).

Carbonat forvitring, udfældning og produktivitet:

Calcium (Ca) kan stamme fra nedbrydning af carbonat i området og udfældning af carbonater i søen (biogent eller ved at søvandet når carbonat mætningspunktet) (Kylander et al. 2013).

Strontium (Sr) stammer ligeledes fra carbonat nedbrydning og udfældning i søen pga. mætningspunktet. Strontium kan dog også stamme fra fx plagioklase feldspat (Kylander et al. 2011).

Disse to elementer kan sammen med Si bruges til at vurdere tilførslen til søen (carbonat forvitring), vandniveau ændringer i søen (udfældning ved mætningspunktet) og produktivitet af biogent materiale (Kylander et al. 2011).

Iltforhold ved søbunden:

Jern (Fe) bliver bibeholdt i sedimentet under oxiske forhold og frigives til vandet under anoxiske. Fe kan dog også stamme fra nedbrydning af jernholdige mineraler i oplandet omkring søen (Kylander et al. 2011).

Mangan (Mn) bliver under oxiske forhold frigivet fra sedimentet og ud i vandet, men det bliver bibeholdt i sedimentet under anoxiske forhold ved søbunden (Kylander et al. 2011).

Udviklingen i Fe og Mn samt rationen mellem dem (Mn/Fe) bruges som indikator for iltforholdene ved søbunden gennem tiden. Hvis ration er lav har miljøet været oxisk (Kylander et al. 2013, Koinig et al. 2003).

5.1.2. SEDIMENTETS UDVIKLING GENNEM LAGSERIEN

XRFZ 1:

Leraflejringerne i denne zone adskiller sig for nogle grundstoffernes indhold markant fra de øvrige aflejringer i søen, (Figur 9 og Figur 10), hvilket hovedsagelig må skyldes, at der er tale om et helt andet type sediment.

Det ses, at Ti (høj = mere finkornet materiale), Zr/Ti og Zr/Rb (høje = grovere materiale) alle ligger relativt højt i XRFZ 1 sammenlignet med resten af aflejringen. Dette er umiddelbart modsigende kornstørrelsesmæssigt, men skyldes nok, at det klastiske materiale udgør en meget større del af den samlede mængde aflejret materiale i leraflejringen end i gytjen, og derfor vil det relative indhold i leret være større end i den efterfølgende gytjeaflejring. På grund af dette, er det svært ud fra XRF-data at sige noget om forskellen i kornstørrelse mellem lerlaget og gytjen.

Der ses på de klastiske elementer, at der ved 710,5 cm sker en ændring i Zr/Ti, K/Ti og Si/Ti, hvilket tyder på, at de to lertyper, der findes i bunden af søen, stammer fra to forskellige kilder, og på baggrund af dette er XRFZ 1 inddelt i to underzoner (XRFZ 1a og 1b). At leret må stamme fra to forskellige kilder understøttes ligeledes af Zr/Rb forholdet, der viser, at XRFZ 1a er mere grovkornet end XRFZ 1b. Forskellen ses også tydeligt på sedimentbeskrivelsen af de to lertyper (Tabel 2).

Det meget lave indhold af Ca/Ti og Sr/Ti i denne zone indikerer, at der ikke har været nogen carbonatforvitring til stede på dette tidspunkt. At Ca/Ti ligger så lavt samtidig med, at Si/Ti er på sit højeste i lagserien indikerer, at der ikke har været nogen betydelig biogen produktion i søen, og at Si i sedimentet er af klastisk oprindelse. Dette kan måske skyldes, at der ikke med har været vand i søen på dette tidspunkt.

Fe indholdet i denne zone er lidt højere end den efterfølgende, mens Mn indholdet er meget lavt. Et lavt indhold af Mn indikerer normalt oxiske forhold ved søbunden, men da det ikke er klart under hvilke forhold materialet her er aflejret under, kan der være svært at vurdere om dette er tilfældet.

XRFZ 2:

Stort set alle XRF-data viser en stor forskel mellem XRFZ 1 og 2. Dette må dog for en stor del, skyldes den store forskel i sedimenttypen. Der ses et brat fald i Ti på overgangen mellem de to zoner. Dette fald vil naturlig medføre et fald i ratioforholdene i forhold til Ti, og ratio ændringer kan derfor ikke direkte tolkes som ændringer i søen. Kigger man dog samtidig på udviklingen af grundstofferne uden ratio (Figur 10) ses der også her en ændring, hvilket understøtter den store forskel i sedimenttyperne.

Den bratte stigning i Ca/Ti og Sr/Ti i starten af denne zone tyder på at lavningen nu er vandfyldt, og at carbonat udfældning er muligt, eller at Ca og Sr er tilført søen med carbonat holddigt sediment. Den store forskel på udviklingen i Ca/Ti og Si/Ti tyder på, at der ikke er den store biogene udvikling i søen.

Sedimentet i XRFZ 2 kunne ud fra XRF-data repræsenterer en overgang fra en sediment kilde til en anden eller fra et aflejrmiljø til et andet. Denne overgang ses også om en overgang med skiftevis gytje og ler i sedimentbeskrivelsen.

XRFZ 3:

Tilførslen af klastiske mineraler opnår ved starten af XRFZ 3 et meget stabilt niveau, som nogenlunde opretholdes op gennem de efterfølgende zoner til slutningen af XRFZ 6. Dette tyder på, at søen har haft det samme kildeområde til materiale gennem de næsten 600 år disse zoner dækker.

Et mindre udsving i Zr/Ti og især Zr/Rb viser, at kornstørrelsen svinger lidt med mindst kornstørrelse midt i XRFZ 3.

Der ses en mindre stigning i Mn/Fe i denne zone, men da Mn/Ti varierer meget og har meget lave værdier, skal dette dog behandles med en vis usikkerhed. Det meget lave indhold af Mn kan måske skyldes, at der har været meget oxiske forhold ved søbunden, og derved er Mn ikke fastholdt i sedimentet. Den generelle stigning, der ses i Mn/Fe udviklingen, tyder dog på, at miljøet bliver mere oxisk op efter. Dette øgede iltindhold ved søbunden skyldes højst sandsynlig et fald i vandstanden og ikke en stigning i biologisk aktivitet, da der samtidig ses et fald i Si/Ti. Et fald i vandstanden understøttes af den lille stigning der ses i Ca/Ti og Sr/Ti, som nemmere når mætningspunktet ved lavere vandstand og udfældes.

XRFZ 4:

Mineraltilførslen til søen er som nævnt rimelig konstant gennem denne zone. Dog sker der en mindre stigning i K/Ti midt i denne zone, som falder sammen med starten på PAZ 3. K er, som nævnt, en god erosionsindikator i tidlig og mellem Holocæn, men knap så velegnet til dette i sen Holocæn. At der derfor sker en stigning her, må skyldes en mindre naturlig proces. Det kunne derfor tyde på, at røddingen af *Cannabis* i søen, som er størst i PAZ 3, er skyld i denne mindre stigning ved et forøget kalium indhold i den jord, der er fulgt med rødderne ud i søen. Dette understøttes af, at K/Ti falder igen ca. midt i XRFZ 5 samtidig med slutningen på PAZ 3. MS varierer en del gennem denne zone, med toppe omkring 570 og 460 cm dybde. Dette tyder på mindre variation i tilførslen af klastisk materiale.

Mn/Fe svinger meget gennem hele zonen, hvilket må tilskrives usikkerheden pga. det lavere indhold af Mn. Dog ses der en tendens til en mindre stigning, som tyder på en mere oxisk miljø

XRFZ 5:

XRFZ 5 ligner på de fleste punkter den foregående zone med nogenlunde ens mineralindhold og kornstørrelse. Der ses dog en lille ændring i Ca/Ti, som har en mindre stigning i nederste halvdel af zonen. Da dette falder sammen med et fald i Si/Ti skyldes det sandsynligvis ikke biogen aktivitet. Da den samme stigning kan svagt fornemmes i Sr/Ti, må stigningen i Ca/Ti skyldes øget tilførsel af carbonatholdigt materiale eller fald i vandniveau.

XRFZ 6:

Der ses i denne zone ikke betydelig ændringer i de elementer, der styres af kildeområdet og kornstørrelsen.

Fra slutningen af forrige zone ses en stigning i Ca/Ti og Sr/Ti. I denne zone viser Ca/Ti dog noget større udsving end Sr/Ti. Da Si/Ti falder i samme zone tyder det ikke på øget biogen aktivitet i søen, og ændringen i Ca/Ti må skyldes en stigning i tilførslen af carbonatrigt materiale. Hvis der i denne periode er tilført ekstra Ca til søen, vil noget af dette måske være i opløst tilstand. Derved nås mætninggrænsen og den påviste udfældning finder sted uden at der nødvendigvis sker fald i vandniveauer. Mn/Fe kurven viser dog en mindre stigning i ilt ved søbunden, men da dette er i den øvre del af zonen, mens den betydelige stigning i Ca/Ti ses i nedre del af zonen, kan man ikke konkludere, at noget af carbonatudfældningen sker pga. sænket vandniveau.

XRFZ 7:

Her må forventes at ske en ændring i kilden, da der ses et fald i K/Ti og en stigning med efterfølgende fald i Rb/Ti og Zr/Ti. Dette kan måske skyldes, at en ny kilde bliver blottet pga. mere effektive landbrugsredskaber, der har gjort det mulig at pløje dybere eller opdyrke nye arealer eller tilførsel af en art til markerne (fx gødning eller mergel).

Stigningen i Zr/Ti indikerer normalt en forøget kornstørrelse, men da der ikke sker nogle stigning i Zr/Rb, kan der ikke være tale om dette. Forklaringen skal i stedet findes i, at Rb/Ti ligeledes stiger og derved udligner de hinanden. At Rb stiger samtidig med Zr, selvom de normalt indikerer forskellige kornstørrelser, kan forekomme hvis der findes meget K-feldspar i kildematerialet, hvori Rb kan være substitut for K i krystalgitteret og findes i kornstørrelserne grov silt til sand (Kylander et al. 2011). Ud fra Zr/Ti vurderes det, at der sker en stigning i kornstørrelsen i starten af XRFZ 7, men om denne stigning kan skyldes noget andet, er svært at sige.

Der sker også store ændringer i indholdet af Ca/Ti og Sr/Ti i denne zone. Ca/Ti stiger først hvorefter den falder hurtig igen, og er kun høj i underzonen XRFZ 7a. Sr/Ti stiger ligeledes i starten, men falder først mod slutningen af XRFZ 7b. Dette tyder på en øget tilførsel af begge disse, da et brat fald i begyndelsen af zonen i Si/Ti indikerer, at der ikke er tale om en øget biogen produktivitet.

Mn/Fe kurven viser en stigning i iltindholdet i XRFZ 7a, hvorefter det igen falder i XRFZ 7b. Dette tyder på, at der sker en stor ændring i iltforholdet ved bunden imellem de to underzoner.

XRFZ 8:

I XRFZ 8 ses cirka samme ratioforhold som i zone 3-6, og det forventes derfor, at tilførslen i XRFZ8 stammer fra samme kilde som i XRFZ 3-6. K/Ti forsætter sit fald i denne zone. Da sedimentet i denne zone indeholder en meget stor vandmængde, kan tendensen til fald i mange af stofferne (Figur 9) skyldes denne mindre kompaktion af sedimentet, der fører til en mindre detektion af de forskellige grundstoffer pr. volumenenhed.

Tabel 9 giver en kort opsummering af søsedimentets udvikling gennem de otte XRF zoner.

XRF zone	Dybde under sedimentoverflade	Modeleret alder	Tilførsel og forhold i søen
XRFZ 1	739-680,5 cm	Ukendt alder	Lersediment. Ingen tegn på vandfyldt sø.
XRFZ 2	680,5-661,5 cm	1066-1092 AD	Overgangszon mellem ler og gytje. Med sikkerhed vand i zone. Lav biogen aktivitet.
XRFZ 3	661,5-596,5 cm	1092-1199 AD	Stabil sedimenttilførsel. Lav biogen aktivitet
XRFZ 4	596,5-390,5 cm	1199-1516 AD	Stabil sedimenttilførsel, rødning påvirker dog i en periode. Lav biogen aktivitet.
XRFZ 5	390,5-310 cm	1516-1584 AD	Stabil sedimenttilførsel, begyndende tilførsel af Ca og Sr.
XRFZ 6	310-201,5 cm	1584-1728 AD	Stabil sedimenttilførsel, dog øget tilførsel af Ca og Sr.
XRFZ 7	210,5-176,5 cm	1728-1868 AD	Ændring i kilde til sediment, ændringer både i indhold og kornstørrelse.
XRFZ 8	129,5-56 cm	1868-1979 AD	Stabil sedimenttilførsel fra tidligere genoptages.

Tabel 9. Sammenfatning af søsedimentets udvikling gennem de sidste 1000 år.

5.2 VEGETATIONSUDVIKLINGEN I MOLS BJERGE DE SIDSTE 1000 ÅR

5.2.1 RØDNINGENS PÅVIRKNING PÅ POLLENSIGNALET

Som det ses af Figur 11 udgør de to *Humulus/Cannabis type* en stor andel af den samlede pollensum især i den nederste 2/3 af lagserien. Da de to pollenkurver for henholdsvis *Humulus/Cannabis type* flad pore og udstående pore følger samme udvikling gennem hele lagserien, vurderes de at må stamme fra samme art. Denne antagelse kan laves, da *Cannabis* og *Humulus* pollen kan være meget svære at skelne fra hinanden (Behre 1981). Gennem lagserien er der fundet flest *Humulus/Cannabis type* pollen med flad pore. Ifølge French and Moore (1986) har cirka 93 % af *Humulus* pollen flad pore, men da *Humulus/Cannabis type* pollen findes i så store mængder i aflejringer i Agri Sø, vurderes det, at der må være tale om pollen fra *Cannabis*, da sådanne store mængder kun opnås ved rødningen i søen. At der er talt flest *Humulus/Cannabis type* pollen med flad pore kan skyldes en menneskelig forskel i vurdering af, hvad der er en flad pore eller mindre morfologiske forskelle mellem forskellige individer. Da disse pollen er tilført søen af mennesket, som en del af fremstillingsprocessen af tekstil og reb i søen (Lavrieux et al. 2013) afspejler de ikke områdets naturlige vegetation.

Forekomsten af en række sjældne pollentyper (fx *Cuscuta epilinum* og *Linum catharticum* (Figur 14)), som normalt ikke findes i søaflejringer, tyder på, at disse pollen har ligget i jorden omkring rødderne af hampen eller sat på planten og er transporteret til søen på denne måde. Der er derfor en mulighed for, at pollen fra planter, der har groet sammen sted som hampen, er overrepræsenteret i søaflejringer i forhold til deres forekomst i området. RDA analysen (Figur 18) viser, at pollensignalet fra *Fagus sylvatica*, *Quercus*, *Polygonum aviculare*, *Polygonum convolvulus*, *Sambucus nigra*, *Chenopodiaceae*, *Scleranthus annuus*, *Lychnis type*, *Poaceae undiff.* og *Plantago lanceolata* kan være påvirket. *P. aviculare*, *P. convolvulus* og *S. annuus* er ukrudtsplanter, der gror i opdyrkede marker (Odgaard 1994, Rasmussen 2005) og deres relation til rødningen er ikke overraskende. Grunden til at træer som *Fagus sylvatica* og *Quercus* er påvirket, er mere uklar. Den meget lille mængde træpollen i prøverne tyder på at der ikke har været træer af betydning i området. Derfor må disse træpollen have lagt i jorden siden skovtilbagegangen, og ført ud i søen med rødningen. Det kan derfor forventes at disse træpollen har været mere ødelagte end pollen der stammer fra denne periode. Da der under pollentællingen ikke blev noteret, om dette var tilfældet, kan det ikke med sikkerhed fastslås, om dette scenario har været tilfældet.

De store udsving i især *Poaceae undiff.* i PAZ 2 og 3 kunne tyde på, at noget af dette signal også er styret af rødningen. Det må forventes, at markarealer har gennemgået et sædskifte, med dyrkning af korn og *Cannabis* efterfulgt af en række braklagte år, hvor især *Poaceae undiff.* har været dominerende. Dette sædskifte har betydet, at jorden i markerne har indeholdt en stor mængde pollen fra de tidligere års vækster, som ved rødningen er ført ud i søen. Ud fra pollendiagrammet ser det ud til at det især er *Poaceae undiff.* og *Secale*, der er påvirket af dette. På baggrund af dette kan man først med sikkerhed regne med, at pollendiagrammet repræsenterer områdets faktiske vegetation fra begyndelse af PAZ 4, hvor der sker et stor fald i rødningen i søen.

Ud fra PCA analyserne af pollen står det klart, at rødningen har haft betydning i især PAZ 3. I analysen, hvor variationen i hidrørende *Humulus/Cannabis typerne* ikke er fjernet (ikke vist), ser det ud som om, at vegetationen i PAZ 3 minder mest om PAZ 2, mens analysen, hvor variation hidrørende *Humulus/Cannabis typerne* er fjernet (Figur

19), viser en større lighed med PAZ 4. Dette tyder på, at vegetationen i PAZ 2 (1100-1420 AD) er noget anderledes end i PAZ 3 og 4 (1420-1562 AD og 1562-1893 AD), der ser ud til at have været mere ens.

5.2.2 AGRI SØ'S RELEVANTE POLLENKILDEOMRÅDE

De pollen, der er aflejret i Agri sø, stammer til dels fra området omkring søen (relevant pollenkildeområde) og fra mere fjerne egne (baggrundspollen). Grænsen for det relevante pollenkildeområde fastlægges til, hvor der kan skelnes mellem pollen fra dette lokale område og baggrundspollen. Inden for det relevante område vil søen indeholde flest pollen fra området tættest på søen (Davis 2000). Størrelsen af det relevante pollenkildeområde afhænger af en række faktorer, som de forskellige pollentypers spredningsegenskaber, planternes pollenproduktion, vindretning, vegetationsfordeling og ikke mindst søens størrelse (Nielsen & Sugita 2005). Agri sø kategoriseres som en lille sø med en radius på 50-70 m og indeholder derfor en stor mængde lokale pollen i forhold til regionale pollen og har derfor et lille relevant pollenkildeområde (Davis 2000). Hellman et al (2009a) har estimeret det relevante pollenkildeområde for mindre søer i Skåne i det sydlige Sverige gennem forskellige tidsperioder. Deres undersøgelser viser, at et søbassin på 25-70 m i radius i middelalderen havde et relevant pollenkildeområde på omkring 1200 meter. Dette estimat er lavet på baggrund af tilfældig fordeling af landskabselementer, men da et middelalderligt landbrugslandskab ofte var mindre tilfældig og mere homogent end dette, kan der forventes et lidt større relevant pollenkildeområde. Lignende undersøgelser er lavet på danske søer dog af noget større størrelse (gennemsnitsradius 105,6-258,6 m) og har estimeret det relevante pollenkildeområde til 1500 meter for østdanske søer og 2200 meter for vestdanske søer i 1800 AD (Nielsen & Sugita 2005).

På baggrund af dette må det forventes, at Agri søs relevante pollenkildeområde ligger et sted mellem 1200-2200 meter i radius. Ud fra pollenanalysen er det tydeligt, at Mols Bjerge har været næsten træfrit i hele den undersøgte periode. Sammen med det faktum at området ligger højt, må dette føre til en kraftig vind i området pga. mangel på læ, som sandsynligvis har medført en øgning af det relevante pollenkildeområde. Et bud på et relevant pollenkildeområde kan ligge på 1500 m dog med nogle 100 meters usikkerhed. Det kan forventes, at det relevante pollenkildeområde vil blive en smule større, men nok noget begrænset pga. søen lille størrelse, op gennem tiden, da landbruget er blevet mere og mere homogent med store marker med samme beplantning (Hellman et al 2009b)

5.2.3 NORDEUROPEISK KLIMA Gennem de sidste 1000 år

Ud fra målinger i grønlandske iskerner og nordsvenske træringe har det været muligt at kortlægge en overordnet udvikling i klimaet de sidste 2000 år. I den første del af den periode, som pollendiagrammet dækker, er der forholdsvis varmt, den såkaldte middelalderlige varmeperiode. Herefter fald temperaturen fra cirka 1300 AD til starten af 1700-tallet (lille istid). Temperaturen steg herefter igen frem mod 1850, hvorefter en ny kuldeperiode satte ind. I 1900-tallet er der igen sket en stigning i temperaturen. (Odgaard 2009)

5.2.4 DEN GENERELLE UDVIKLING Gennem de sidste 1000 år

Pollendiagrammerne fra Agri Sø (Figur 12 og Figur 13) viser, at området omkring søen gennem de sidste 1000 år har været meget åbent, med meget begrænset trævækst. Dette understøttes af de historiske kilder, der beretter om stor mangel på træ i Mols Bjerge gennem tiden (Meldgaard 1975). Indholdet af urter og korn der repræsenterer dyrkede marker, græssede enge og overdrev indikerer, at området har været under stærk menneskelig påvirkning gennem hele perioden.

PCA analysen (Figur 19) af pollenværdierne gør det mulig at tolke på hvilke faktorer, der har været betydende for vegetationen i forskellige tidsperioder. 1. akse repræsenterer landskabets åbenhed, hvor den positive ende indikerer mere trævækst (*Fraxinus excelsior*, *Pinus*, *Betula* og *Ulmus*). Ud fra pollendiagrammet er det som nævnt meget begrænset hvor meget træ, der faktisk har været i området, og det er ikke utænkelig pga. de meget lave værdier af træpollen, at disse stammer fra området længere væk (baggrundspollen). Dette støttes også af, at 1. aksens positive ende også korrelerer godt med urter som *Urtica* og *Plantago major* samt *Dryopteris*-type.

Den negative side af 1. akse er mere åben med landbrugsafgrøder som *Hordeum*, *Secale* og *Fagopyrum* og urter som *Rumex acetosa*, *Rumex acetosella* type og *Achillea* type (nogle arter af denne type), som alle gror som ukrudt på dyrkede arealer (Odgaard 1994). 2. akse ser ud til at repræsentere anvendelsen af det åbne landskab med hovedvægt på mere græssede arealer i den negative ende, da den falder sammen med *Plantago lanceolata* og *Poaceae undiff.* Der har dog også været noget dyrkning på dette tidspunkt ud fra placeringen af *Hordeum/Secale* og *Polygonum aviculare* variablerne. Den positive ende af 2. akse indikerer et mere agerbrug og korrelerer med dyrkede afgrøder som *Fagopyrum* og *Secale* og den hertil hørende ukrudt *Brassicaceae* (Odgaard 1994). *Salix* korrelerer ligeledes godt med denne akse. Da de to ordinationsakser kun tilsammen forklarer cirka 37 % af variation, er der nogle faktorer, der ikke bliver tydelige ud fra analysen.

5.2.5 UDVIKLINGEN I VEGETATION GENNEM TIDEN

PAZ 1 (1053-1100 AD)

Det nederste af gytjeflejringerne har en modeleret alder på 1066 AD, som stemmer meget godt overens med middelalderens begyndelse (1050 AD). PAZ 1 dækker derfor de første ca. 50 år af denne historiske periode. Fra andre østdanske pollendiagrammer vides det, at skoven mod slutningen af jernalderen vandt frem i Danmark, hvor *Fagus sylvatica* og *Quercus* oplevede den største tilvækst på tør jord (Rasmussen 2005). Da der ikke findes aflejringer fra perioden før middelalderen i Agri Sø, er det uklart, om dette også har været tilfældet her. Fordeling af pollentyper (Figur 11) viser dog, at træpollen i begyndelsen af pollenzone 1 har udgjort omkring 20 %. Dette er meget lavt i forhold til andre samtidige pollendiagrammer, hvor træpollen typisk udgør minimum 40 % (Rasmussen 2005, Odgaard 2014). Når man samtidig medtager, at langt de fleste træer har vindspredning af pollen og derfor en høj pollenproduktion sammenlignet med de fleste urter (Birks & Birks 1980b), har træerne i starten af middelalderen udgjort en meget lille del af Mols Bjerges areal, hvis de overhoved har været tilstede. Det er muligt, at de træpollen, der findes i søen, alle stammer fra områder uden for det relevante pollenkildeområde.

For *Pinus* og *Fraxinus excelsior* ses der en betydelig tilbagegang, som passer godt med den generelle tilbagegang af træer i Danmark på dette tidspunkt (Odgaard & Nielsen 2009). Der ses dog en lille fremgang for *Betula*, *Alnus glutinosa* og *Quercus* og en lidt større for *Fagus sylvatica*. Denne fremgang kan dog skyldes, at rødnings kan have ført gamle pollen hengemt i jorden fra tidligere træbevoksning ud i søen med jorden omkring *Cannabis* planternes rødder. *Alnus glutinosa* er det danske træ der gror bedst i fugtige og våde områder (Mossberg et al. 1994), og der er en mulighed for, at den har vundet frem på de fugtige områder i søkanten. Selv om *Alnus glutinosa* udgør en betydelig andel af de fundne træpollen, har der nok ikke været særlig mange individer i området, hvis da overhoved nogen, da dens sandsynlige placering lige ved søen ville give mange pollen heri.

Fremgangen for *Fagus sylvatica* er sværere at forklare, men skyldes nok, at den har udgjort en betydelig andel af de træer, der fandtes i området før træ vækstens tilbagegang, og at der derfor ligger en betydelig mængde *Fagus sylvatica* pollen i jorden. På baggrund af dette skyldes tilbagegangen i træpollen i begyndelsen af middelalderen måske mest af alt, at jorden efterhånden blev "tømt" for gamle træpollen efterhånden som landbruget har bearbejdet jorden.

Det tyder på, at korndyrkning ikke har været særlig udbredt i området ved middelalderens start, da der findes værdier for kornpollen (*Secale* og *Hordeum*) og de ukrudtsarter, der normalt indikerer dyrkede marker (*Rumex acetosella* type, *Polygonum aviculare*, *Achillea* type og *Brassicaceae*) (Rasmussen 2005, Odgaard 2005). Høje startværdier af *Plantago lanceolata*, *Poaceae undiff.* og *Cichorioideae* indikerer derimod at græsning ved starten af middelalderen har været den mest udbredte landbrugsform i området. Mængden af disse ser ud til at falde samtidig med kornavlens fremgang med først stigning i *Secale* og senere også *Hordeum*.

Da det først er ved middelalderens start, at flytninger af landsbyer ophører (Bjørn), er det mulig, at Agri først blev anlagt her ved/efter gytjeflejrerne start. Ved anlæggelsen af faste landsbyer skete en ændring i markfordeling, hvor de marker man dyrkede lå tæt på landsbyen, så det var nemmere at gøde markerne med staldgødning, mens mere fjerntliggende marker var udlagt til græsning (Bjørn 1988). På baggrund af dette er det muligt, at faldet i græsningsindikatorer og stigning i korn pollen og ukrudt indikerer dette skift.

PAZ 2 (1100-1420 AD)

Landskabet omkring Agri har i denne periode været domineret af græssede overdrev og braklagte arealer med dyrkede marker ind i mellem. De græssede områders store udbredelse ses på de høje forekomster af *Poaceae undiff.*, *Plantago lanceolata*, *Cichorioideae* og *Calluna vulgaris*. Der har med sandsynlighed været en forskel mellem arealanvendelse på den østlige og vestlige side af søen grundet jordbundens forskellighed. På den østlige sides næringsfattige smeltevandssand har lange sædskifter været nødvendige, mens de mere lerede jorde på vestsiden har kunnet dyrkes oftere. Historiske kilder fra slutningen af 1600-tallet beretter om, at *Secale* blev dyrket på de dårligste jorder efterfulgt af mange års brak, mens de mere lerede jorder havde færre års hvile og kunne anvendes til dyrkning af *Hordeum* (Meldgaard 1975). Det er muligt, at denne fordeling allerede gjorde sig gældende i middelalderen, da *Secale* og *Hordeum* begge findes i pollenforekomsterne.

I den første halvdel af 1200-tallet blev *Secale* omlagt til vinterafgrøde, hvilket gør sig tydelig ved ændringerne i forekomsterne i markukrudt. *Centaurea cyanus* er en af de tydeligste indikatorer på dette og ses første gang ved den modelerede alder 1243 AD. Dette falder sammen med en stigning i *Rumex acetosella* type, som ligeledes indikerer vinterafgrøder (Behre 1981). Omkring dette tidspunkt sker en klimaændring mod mere fugtigt og koldt klima. For at undgå, at *Secale* skulle rådne om vinteren, har indførelsen af højryggede agre været en fordel. Disse højryggede agre kendes fra store dele af Mols Bjerge, hvor de er bevaret i områder, der ikke har været dyrket siden deres anvendelse (Fredningsudvalget for Århus amt 1978). Det er derfor sandsynligt, at disse også har været anvendt ved Agri, men er blevet ødelagt under senere tiders landbrug. Ankomsten af *Centaurea cyanus* og herved den sandsynlige omlægning af *Secale* til vinterafgrøde er i andre danske undersøgelser fastlagt til slutningen af 1100-tallet (Rasmussen 2005), hvilket er i rimelig overensstemmelse med fundene her, når usikkerheden på dateringen tages i betragtning samt regionale forskelle. Da *Centaurea cyanus* er insektbestøvende (Rasmussen 2005), viser en forekomst på op mod 2 %, at den har været forholdsvis almindelig i området, med mindre at disse også er tilført søen ved rødning, hvilket

bestemt ikke kan afvises. Pollenfundene i søen viser, at søen på dette tidspunkt har været anvendt til rødning af *Cannabis*, og disse planter må derfor også have været en del af de dyrkede arealer.

Det er meget svært at sige, hvor store dele af området der har været dyrket. Undersøgelser af 9 danske søer har vist en estimeret opdykningsgrad (areal med agre) på mellem 10-18 % i 1240 AD (Stenak et al. 2009)s, hvilket også må forventes at være meget gældende for Agri området.

PAZ 3 (1420-1562 AD)

I den sidste del af middelalderen har rødningen i Agri sø været utrolig stor (Figur 11), hvilket også kan være en mulig grund til den utrolig høje aflejringsrate i denne periode (1,5 cm/år). Rødningen ser ud til at have påvirket vegetationen på søbredden, hvor man muligvis har fældet nogle *Alnus glutinosa* for at skabe bedre adgang til søen. Dette har samtidig ført til en fremgang for *Cyperaceae*, der har kunne etablere sig på den nu lysåbne søbred.

På markerne har der været dyrket *Secale*, *Hordeum* og nu også *Fagopyrum*. *Fagopyrum* optræder første gang i starten af 1400-tallet, og når hurtig op på at udgøre cirka 2 % af den terrestriske pollensum. Da *Fagopyrum* har meget lav pollenproduktion og dårlig spredningsevne (Rasmussen 2005), har den udgjort en betydende del af markafgrøden, med mindre mange af pollenkornene er tilført ved rødning. Undersøgelserne udført af Aaby (1985) på Norddjursland viser, at man her har dyrket boghvede på sandede jorder på dette tidspunkt, og derfor er det sandsynligt, at *Fagopyrum* har været dyrket på de sandede jorder øst for søen, som senere historiske kilder også beretter om (Meldgaard 1975).

At *Humulus/Cannabis* typerne i denne zone udgør omkring halvdelen af de talte pollen, vidner om en stor produktion af reb og tekstil. For at denne store produktion har været muligt, må en betydelig del af landbrugsjorden have været anvendt til *Cannabis* dyrkning. I makrofossilerne er der i denne periode fundet en betydelig mængde fragmenter fra *Linum usitatissimum*, hvilket fortæller, at søen også har været brugt til rødning af hør. Den manglende forekomst af pollen fra *Linum usitatissimum* må skyldes, at *Linum usitatissimum* producerer meget få pollen (Rasmussen 2005). Et andet tegn på at *Linum usitatissimum* har været dyrket i området er to fund af *Cuscuta cf. epilinum* pollen, som lever som snylteplante på hør (Mossberg et al 1994).

Ankomsten af *Fagopyrum*, den øgede rødning og en mindre stigning i kornpollen betyder, at mængden af opdyrket land stiger i den sidste del af middelalderen. Dette understøttes af, at der i starten af denne zone ses et stort fald i *Plantago lanceolata*, hvilket tyder på, at der på dette tidspunkt er sket en reduktion i det afgræssede areal i forhold til det dyrkede. Dette må betyde, at man på dette tidspunkt har flyttet kvæget til fjernere græsningsmarker eller taget dem på stald. Denne fremgang i landbrugsproduktion stemmer godt overens med, at de nationale historiske kilder beretter om en mindre fremgang de sidste cirka 100 år af middelalderen efter hungersnød og pestepidemier i første del af middelalderen (Bjørn 1988).

PAZ 4 (1562-1893 AD)

Overgangen til pollenzone 4 falder cirka sammen med slutningen af middelalderen (1536). Her ses en meget stor ændring i pollendiagrammet, men meget af dette skyldes nok, at rødningen går stærkt tilbage på dette tidspunkt, og at *Humulus/Cannabis* typerne udgør maksimalt 10 % af de terrestriske pollen i denne zone. Især *Poaceae undiff.* og *Secale* udviser et stort fald i pollen, men dette kan nok nærmere skyldes, at tilførslen af disse pollentyper, der har ligget i jordbunden, ophører med tilbagegangen af rødningen. Det vil sige, at det først er nu det reelle antal af pollen

fra områdets vegetation bliver tydelig. En forsat høj erosionsrate samt betydelig fremgang i ukrudtspollen som *Brassicaceae*, *Rumex acetosa* og *Rumex acetosella* type indikerer en fremgang i dyrkede arealer. Dette er en tendens, der ses over det meste af landet med gennemsnitlig 29 % dyrket i 1688 og op mod 80 % i 1881 (Stenak et al. 2009).

Efter at rødningen har aftaget, tyder det på, at området umiddelbart ned til søen har været henlagt, hvert fald delvist, til en naturlig og uforstyrret udvikling. Dette ses som stigninger i *Alnus glutinosa*, *Salix* og *Dryopteris* type der alle overordnet trives godt på fugtig og våd jordbund (Hill et al. 1999).

I starten af perioden ses en stigning i *Plantago lanceolata*, hvilket indikerer øget græsning. Da træpollenandelen er meget lav her, indikerer det, at der slet ikke har været skov inden for det relevante pollenkildeområde, men at det fald, der ses i træpollen på dette tidspunkt, skyldes en tilbagegang i fjernereliggende områder, som historiske kilder beretter om (Meldgaard 1975). Efter den korte stigning ses et brat fald i *Plantago lanceolata*. Det kan meget vel falde sammen med flere udbrud med kvægepest i 1740-1765, som udryddede en stor del af områdets kvæg (Meldgaard 1975). Faldet i *Plantago lanceolata* kan også til dels skyldes, at man fra 1700-tallet begyndte at udså *Trifolium* i markerne i starten af deres brakperioder for på denne måde at tilføre dem næring (Stenak et al. 2009). Dette understøttes af fremgangen i flere af *Trifolium* typerne samtidig med at *Plantago lanceolata* falder.

Landbruget har i denne periode her været dyrket som græsningslandbrug med tægter, hvor markerne på skift har været dyrket og ligget brak (Rømer & Stenak 2009). På den dårlige jord blev der dyrket *Secale* og *Fagopyrum* med efterfølgende hvileperioder på 10-16 år. På den mere lerede jord blev også dyrket byg og ærter med to års hvile efter 3 års afgrøder (Meldgaard 1975). På matrikelkort fra midten af 1800-tallet ses Agri ejerlags fordeling af jorden (Figur 27). Af dette er det tydeligt, at den næringsrige lerjord vest og lige syd for søen er delt i små marker, så alle byens gårderne kunne få del i den. Dette er en fordeling, som kan forventes at gå langt tilbage i tiden. Boniteten på disse små marker er angivet til hele 14-16 (hvor 24 er det bedste), mens de større marker mod øst har en bonitet på 2-7. De høje boniteter på den lerede jord er nok den største grund til at Agri ikke oplevede den tilbagegang (rimelig konstant indhold af korn pollen og markukrudt), som ses i resten af Mols Bjerge i 1700-tallet. Flere andre steder i Mols bjerge blev gårde forladt først i 1700-tallet, da levevilkårene ikke kunne opretholdes pga. det ringe udbytte på de sandede marker (Meldgaard 1975).

PAZ 5 (1893-1966 AD)

Fra slutningen af 1800 tallet forandres landskabet omkring Agri betydeligt med plantning af plantager i området. Plantagebeplantningen startede i 1881 med Knebel plantage syd for Agri, hvorefter andre dele af Mols Bjerge tilplantes de efterfølgende år med Trehøje plantage i 1920 og Århus plantage (øst for Agri) som den sidste nogle år senere (Meldgaard 1975). Ud fra pollendiagrammet ser det ud til, at *Pinus* var det mest anvendte træ, men *Picea* findes også. Det lave indhold af *Picea* pollen i aflejringerne må skyldes, at *Picea* har et tungere pollen og derfor ikke vil spredes så langt (Moore et al. 1991). De historiske kilder beretter ligeledes om en begyndende naturlig skovvækst fra plantagebeplantningens start (Meldgaard 1975), hvilket ses som en stigning i træer som *Quercus*, *Ulmus* og *Fraxinus excelsior* pollen (nogle af disse er nok baggrundspollen). Ved den yngste analyserede pollenprøve (1966) udgør træpollen omkring 50 % af den terrestriske pollensum, og skoven har derved udgjort en betydelig del af Mols Bjerge.



Figur 27. Agris ejerlag omkring 1850. Fra: (Hansen, Bærentsen and Meeseburg 1980).

Den større nærmeste skov har været Århus Plantage. Denne er stykvis blevet fældet siden 2005 og området er igen udlagt til overdrev (Naturstyrelsen 2005).

Da træer skal have en vis alder før de begynder at producere pollen, og store gamle træer producerer flere end yngre (Birks & Birks 1980b), går der et stykke tid, før omfanget af plantagebeplantningen bliver tydelig i pollendiagrammet. At der sker en ændring i landskabet kan derimod ses på en række andre pollentyper, hvor især korn og markkruddt går tilbage. *Poaceae undiff.* viser en stor fremgang ved plantage-beplantningens start. Dette må skyldes, at rydningen af arealer ved etableringen af plantagerne har givet *Poaceae undiff.* mulighed for at etablere sig og gro omfangsrigt under træerne i plantagerne, indtil disse har vokset sig så store, at de lukkede for lys til skovbunden. Dette ses som et betydeligt fald i *Poaceae undiff.* pollen i den sidste del af pollen-diagrammet.

Det er ikke umiddelbart muligt ud fra pollendiagrammet at fastslå, om det område, der er blevet omlagt til plantage, før blev anvendt som opdyrket land eller overdrev/eng. Dette skyldes, at de analyserede prøver omkring 1900 er dateret til henholdsvis 1857 AD og 1930 AD. For en lang række pollentyper sker der en stor ændring her, men pga. det store aldersmæssige spænd mellem de to prøver, kan det ikke fastslås, hvornår ændringen mere nøjagtig sker. De fleste ikke-træpollentyper oplever et fald mellem de to pollenprøver, men der er få betydelige undtagelser med stigninger (*Poaceae undiff.*, *Trifolium repens type* og *Brassicaceae*). Umiddelbart tyder de store fald i *Secale* og *Hordeum* på, at dyrkede marker er blevet omlagt til plantage, men da forædling af korn har gjort det selvbestøvende og derved nedsat pollenproduktionen (Rømer & Stenak 2009), er dette også en mulig grund til faldet i kornpollen. Meget af markukrudtet viser dog også et fald i forekomsten (*Achillea type*, *Rumex acetosa*, *Rumex acetosella type* og *Polygonum aviculare*). Dette fald kan dog, hvert fald til dels, også skyldes bedre teknikker til jordbearbejdelse og gødning af markerne, der nedsætter eller fjerner antallet af braklægningsår og derved ukrudtets vækstmuligheder.

At der hen over plantagebeplantningsperioden ikke sker betydelige fald i mange overdrevs og græsnings indikatorer (*Plantago lanceolata*, *Trifolium repens type*, *Calluna vulgaris* og *Cichorioideae*) (hverken procent eller koncentration) tyder dog på, at mange af de tilplantede arealer var tidligere landbrugsland. Det fald, der derefter ses mellem de to yngste prøver, kan derimod tyde på, at noget af dette land herefter er blevet inddraget til agerjord.

Ved starten af denne periode falder andelen af *Humulus/Cannabis typerne* til næsten ingenting, hvilket tyder på, at rødningen i søen stoppede helt ved starten af pollenzone 5.

5.3 SAMMENHÆNGE MELLEM POLLEN OG SØSEDIMENT

For at undersøge om udviklingen i vegetationen i området omkring Agri Sø har været påvirket af udviklingen i søsedimentet er der foretaget en RDA analyse (Figur 22 og Figur 23). Ud fra disse to figurer ses det, at indholdet af det materiale der er aflejret i søen korrelerer godt med nogle forskellige typer plantesamfund. Ca/Ti (signifikant miljøvariabel) ser ud til at have været meget styrende for væksten af *Fagopyrum*, *Secale* og *Brassicaceae*. Dette tyder på, at man ved dyrkningen af marker, hvor disse plantetyper blev anvendt har tilført markerne en form for jordbundsforbedring rig på Ca. Da Ca/Ti variabelen falder sammen med en række ikke signifikante variabler (Fe/Ti, Sr/Ti, Rb/Ti og Zr/Ti) tyder det på, at også disse har været tilført markerne. Perioden hvor denne tilførsel har været af betydning er PAZ 3 og 4, hvor pollendiagrammerne også vidner om betydelig landbrugsproduktion.

Ti og Si/Ti viser, på trods af at de ikke er signifikante, at disse er aflejret i søen når oplandet har været præget af græsningsindikatorer som *Plantago lanceolata*, *Poaceae undiff.* og *Chenopodiaceae*. Dette indikerer, at aflejringen af Ti og Si i søen har betydet at området omkring Agri har været et græsningspræget landskab, hvilket især er tilfældet i PAZ 2, som falder sammen med disse.

Mn/Ti er den mest signifikante miljøvariabel (dog forklare den kun 16,7 % af variationen). Det står dog ikke helt klart hvilken betydning denne har haft for vegetationen. Dette kan måske skyldes, at indeholdet af Mn i sedimentet er meget lavt, og derfor er hvad der ligner stor variation, blot er et udtryk usikkerheder på grund af lav detektionsgrad. Dette kan måske give et forvrænget billede af de styrende elementer. Umiddelbart ser der dog ud til, at Mn/Ti har haft stor betydning for vegetationen i pollenprøve 14/78, måske i form af en tilførsel til markerne.

Da ingen af miljøvariablerne falder sammen med PAZ 1 og 5 tyder det på, at materialet der bliver aflejret i søen på disse tidspunkter ikke har nogen betydning for vegetationen. Dette stemmer godt overens med, at PAZ 1 måske indeholder en stor mængde ældre pollen, som naturligvis ikke kan være påvirket af senere forhold. I PAZ 5 er vegetationen i området meget stærk styret af den menneskelige beplantning af området, og derfor har aflejringen måske ikke den store indflydelse.

Signifikanttesten op gennem sedimentet (Tabel 8) viser, at aflejringerne i starten af gytjens aflejringsperiode er styret af Si/Ti og K/Ti. Si tyder på et mere græsningspræget landbrug, mens K måske er et signal fra rødningen eller en nedbrydning af 'frisk' jordbund, der er blevet blottet ved landbrug. Da signifikanttesten er lavet over de 22 nederste prøveniveauer, er det ikke til at afgøre hvilken af disse der er den sandsynlige kilde til K. Opefter i sedimentet bliver Ti mere dominerende og i de øvre del er Ca/Ti signifikant. Denne udvikling stemmer godt overens med hvad der ses i RDA analyse Figur 22 og Figur 23. Da denne signifikantstest er lavet over et stort interval (22 prøver) giver denne analyse kun den overordnede ændring, og små ændringer der måske kun har været betydende i kortere perioder ses ikke ved denne analyse.

Ved analysen i Figur 24 er det undersøgt om vegetationen har haft en indflydelse på hvilket sediment der er aflejret i søen. På forklaringsgraden fra signifikant testen ses det at akserne fra PCA analysen af pollen har en langt højere forklaringsgrad (27,6 %, 27,4 % og 8,9 %) end miljøvariablerne havde i Figur 22. Dette tyder umiddelbart på, at vegetationen har større indflydelse på søaflejringerne end omvendt. 2. aksens positive ende (repræsenterer dyrket landskab) stemmer er meget styrende for aflejringen af Ca/Ti, K/Ti, Rb/Ti og Zr/Ti i sedimentet. Der må dog rejses tvivl om hvorvidt dette virkelige et tilfældet, og at den store sammenhæng i stedet skyldes, at mennesket ved dyrkningen har tilført jorden disse elementer. 1. akse der repræsenterer et mere træfyldt landskab er bedst forklarende for de første og sidste aflejringer, hvilket også var hvad der kunne forventes.

5.4 SØENS DANNELSE

Agri Sø har gennem mange år været regnet som et dødishul, der havde været vandfyldt siden slutningen af Weichsel eller begyndelsen af Holocæn. Det var derfor forventet, at søen indeholdt sediment fra det meste af Holocæn. Dette har denne boring dog rejst tvivl omkring, da bunden af gytjeaflejringerne er dateret til cirka år 1000. Boringen blev stoppet, da de opborede kernesekmenter i bunden indeholdt ler og silt, som på daværende tidspunkt forventedes at være sen- eller postglaciale aflejringer, og det vides derfor ikke, hvad der ligger under disse. Det kan dog med sikkerhed slås fast, at der for cirka 1000 år siden skete en ændring i eller omkring bassinet, der har medført en begyndende aflejring af gytje.

5.4.1 DANNELSEN AF AGRI SØ FORDYBNINGEN

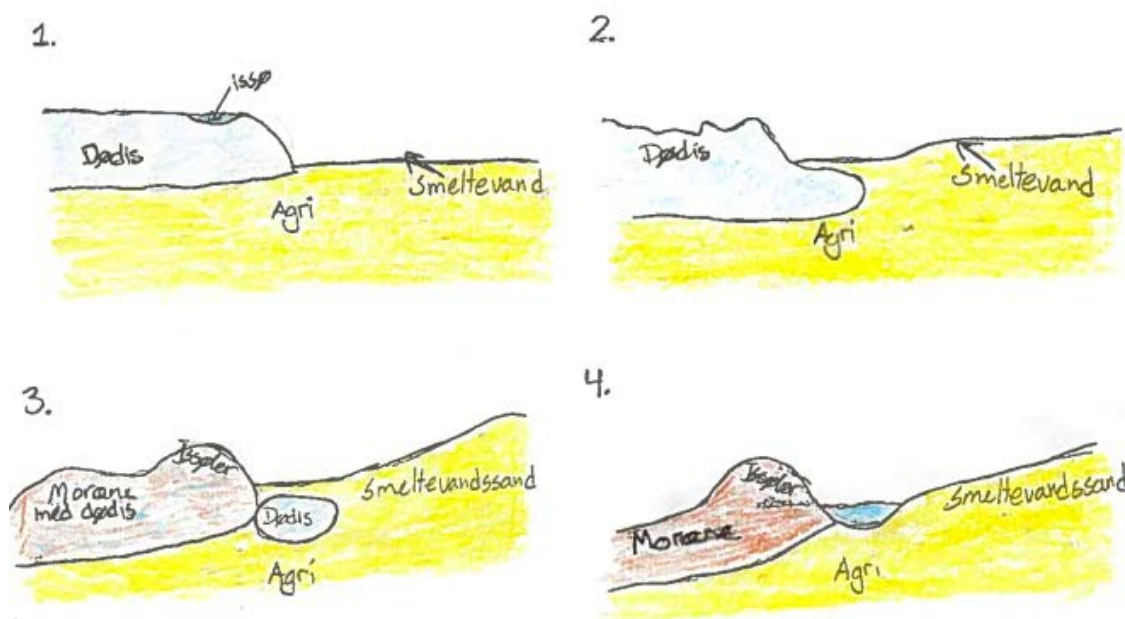
Da kendskabet til sedimenterne under søen er meget meget begrænset (de to borings positioner fortaget til dette projekt samt en gammel beskrivelse af en brøndboring i de sydlige del af søen(Figur 17)), er det svært at kortlægge en præcis dannelsesproces.

Brøndboringen giver et indtryk af, hvad der findes dybere nede under søen, men da beskrivelsen er foretaget af en brøndborer tilbage i 1914, er detaljegraden dog meget begrænset (Tabel 10). Desværre findes der ingen beskrivelse af de øverste 2,2 meter, men ifølge jordartskortet, der baseres på kartering i cirka 1 meters dybde, findes der i området omkring brøndboringen moræneler. Boringen viser, at det første 6,9 meter består af lerede aflejringer med et mindre lag sand imellem. Herefter kommer der 21,8 meter sand, hvorefter det veksler mellem sand og ler de næste 9 meter ned til bunden af boringen. Da der ikke kendes en nærmere beskrivelse af de 21,8 meter sand, kan aflejringsmiljøer for dette ikke fastsættes med sikkerhed. Det mest sandsynlige er dog, at der her er tale om smeltevandssand. På baggrund af dette samt jordartskortet og højdeforholdende vurderes følgende dannelseshistorie for fordybningen som Agri Sø ligger i sandsynlig.

Dybde (meter)	Tykkelse (m)	Sedimentbeskrivelse
0-2,2	2,2	Brønd
2,2-4,4	2,2	Ler, blå
4,4-5,3	0,9	Sand
5,3-6,9	1,6	Ler, gul
6,9-28,7	21,8	Sand Grundvandsspejl ved: - 27,4 meter i 1985 - 27 meter i 1914
28,7-29,2	0,5	Ler
29,2-33,9	4,7	Sand
33,9-34,2	0,3	Ler
34,2-37,8	3,6	Sand, mest fint

Tabel 10. Boringsbeskrivelse af boring ved Agri Sø. Alle laggrænser er skønnet. Kilde: GEUS Jupiter database (Boringsrapport ses i bilag 6)

Ved afsmeltningen af den ungbaltiske is i slutningen af Weichsel har der været efterladt en større mængde dødis på vestsiden af søen end på østsiden. Dette har betydet, at smelte vandet fra den afsmeltende gletsjer er løbet ud over Mols Bjerge på den østlige side af søen og har afsat smelte vandssand, mens isen på vest siden af søen har lagt som en forhøjning i landskabet (Figur 28-1). På overfladen af dødisen kan der i den tidlige fase af afsmeltningen have været issøer (Pedersen & Petersen 1997), hvori det issøler, der i dag findes på bakkerne nordvest for søen, er afsat. Ved dødisens afsmeltning må det forventes, at isen i kanten er smeltet hurtigst og derved er blevet tyndere. Dette kan have medført, at smelte vandet er løbet op over de dele af isen, der lå, hvor Agri Sø ligger i dag (Figur 28-2). På denne måde er en del af isen blevet isoleret under smelte vandssaflejringerne (Figur 28-3) og ved en senere afsmeltning af denne klump (efter at tilførslen af smelte vandssedimenter er ophørt), er området, hvor søen i dag ligger, sunket til en fordybning i landskabet (Figur 28-4).



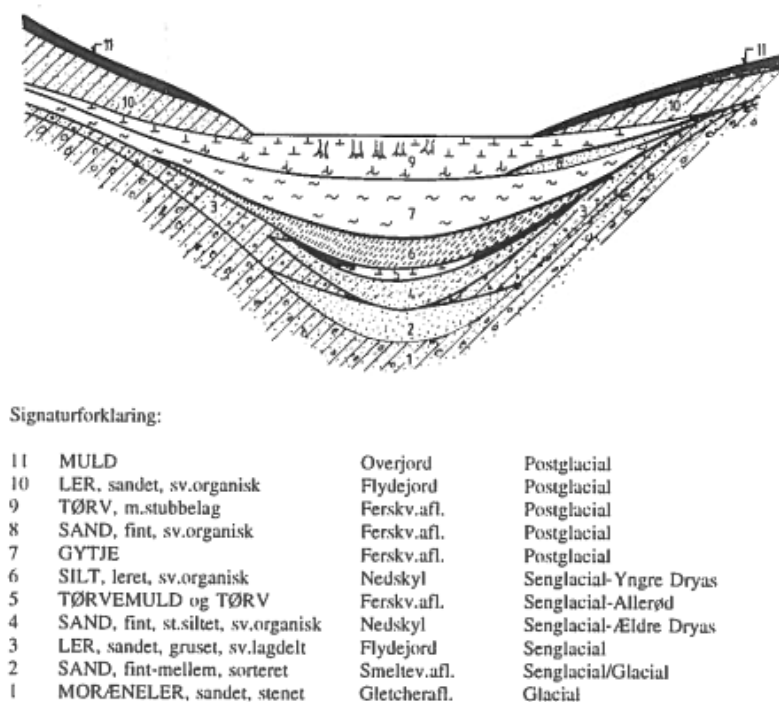
Figur 28. Skitse af mulig dannelsesforløb for Agri Sø fordybningen.

Agri Sø er ikke det eneste formodede dødishul i Mols Bjerge. De fleste af disse dødishuller findes i det område, der er dækket med smeltevandssand, øst for Agri og fremstår i dag som tørlagte fordybninger i landskabet. Det mest kendte af disse er den 30-35 m dybe Tindhulen (Hansen 2012) i Knebel plantage cirka 2 km syd for Agri. Da disse ligger i smeltevandssand må forskellen mellem Agri Sø og Mols Bjerges øvrige ikke vandfyldte dødishuller ligge i, at der findes ler ved Agri sø, som ikke findes de andre steder.

En skitse af aflejringerne i et typisk dansk dødishul ses på Figur 29. I perioden, hvor fordybningens dannelse blev påbegyndt ved dødisklumpens afsmeltning, er området normalt stadig være påvirket af permafrost. Dette medfører, at de øverste lag af jordoverfladen smelter om sommeren, mens det underliggende stadig er frosset. Derved kan vandet i jorden ikke trænge nedad og der kan opstå skred af de øvre jordlag. Dette flyder ud og aflejres i lavninger/søer som flydejordaflejringer (Figur 29-3). Denne type aflejring fremstår ofte som usorteret morænelignende materiale, hvor planterester kan forekomme. En anden typisk aflejring i bunden af dødishuller er flydejordsaflejringer (Figur 29-4). Disse dannes under regnvejr ved sparsom plantevækst. Regnen gør, at fine mineralpartikler slemmes op og føres med overfladeafstrømningen mod dybere liggende område. Denne type aflejring fremstår typisk forholdsvis ens i kornstørrelse (mere silt end sten), lamineret, og indeholder planterester. Planteresterne findes ofte i tynde lag. Mange dødishuller indeholder også tørveaflejringer fra Allerød interstadial. Dødishullet på Figur 29 er opfyldt med gytje og tørv. Tørveopfyldning opstår, når gytjen har opfyldt en så stor del af fordybningen at der kun er et lavt vandspejl tilbage, og planterne langs bredden kan begynde at brede sig ud i bassinet. (Galsgaard 2010)

At Agri sø stadig fremstår som en sø skyldes, at vandspejlet ikke er lavt nok til at tørvedannelse kan finde sted. Det kan dog forventes, at hvis søens opfyldning fortsatte i samme tempo som hidtil, vil det ske forholdsvis snart taget søens lave vanddybde i betragtning.

Da Agri sø ligger i en lavning mellem forholdsvis stejle bakkeskråninger, kan det forventes, at søbunden vil indeholde noget flydejord, da dette normalt findes i større mængder, når omgivelserne af dødishullet har et vis relief (Galsgaard 2010). Der findes umiddelbart ikke tegn på sådanne aflejringer på bunden af de to boringspositioner. Det finkornede materiale, der findes på bunden, kunne derimod minde mere om nedskyldsaflejringer baseret på kornstørrelse og sorteringsgrad. Dog er der hverken tegn på lamineringer eller planterester. Dette betyder, at det ikke kan afvises, at nogle af aflejringerne under gytjen er nedskyldningsaflejringer, men at det heller ikke kan slås fast, at der er tale om denne type aflejringer. Der er heller ingen tegn på tørveaflejringer i bunden, der fx kunne stamme fra Allerød, hvilket tyder på, at de sediment, der er nået ved denne boring ikke stammer tilbage fra senglacial tiden.



Figur 29. Typisk opfyldning af dansk dødishul. Her i form af et mosehul. (Figur fra Larsen et al. 2009)

5.4.2 VAND TIL SØEN

Der findes ingen overfladiske til- eller afløb i Agri Sø. Vandet i søen må derfor komme fra den regn der rammer søen, samt overflade afstrømning af regnvand fra de omkring liggende områder. Ifølge de lokale fryser søen sidst til i den østlige del. På samme sted blev der under boringen konstateret blødere bundsediment end i resten af søen. Disse oplysninger tyder på, at der findes en form for kilde i den østlige del, der ligeledes forsyner søen med vand. Manglen på et afløb medfører, at den eneste umiddelbare mulighed for at søen kan miste vand er gennem fordampning, men den store vandtilførsel (regn, overfladeafstrømning og kilde) sammenlignet med den mulige fordampning, ville resultere i, at vandstanden ville stige betydeligt om vinteren sammenlignet med om sommeren pga. øget nedbør og lav fordampning. Der berettes dog ikke om så store variationer, højst at vandstanden ved meget tørre somre falder, så bunden kan skimte nogle steder i søen.

Beliggenheden af huse meget lavt og tæt på søbredden vidner ligeledes om, at vandstanden i søen ikke har været betydelig højere igennem mange år. Dette må betyde, at der er en form for underjordisk afløb fra søen. Om dette ligger et sted i bunden af søen, hvor bundmaterialet er permeabelt nok til at vandet kan trække ud i cirka samme mængde, som det tilføres søen, eller om det er et lag, som vandstanden rammer ved dens nuværende højde, som det trænger ud gennem (en form for undersøisk terskelpunkt), er ikke til at sige. Det sidste er nok det mest sandsynlige.

5.4.3 HYPOTESER FOR SØENS DANNELSE

Der kan opstilles forskellige hypoteser for, hvordan søen blev dannet for cirka 1000 år siden.

- 1) Det regionale grundvandsspejl har ændret sig eventuelt pga. en klimaændring eller ændring i vegetationen.
- 2) Ændringer i jordbunden omkring søen har medført tilførsel af vand til søen, som herefter er blevet vandfyldt.
- 3) Leret i bunden af søen er eroderet ud og har forsejlet bunden. Denne hypotese medfører to senarier for tiden før leret blev aflejret.
 - a) Søen har tidligere været vandfyldt, og der findes gamle søaflejringer under leret.
 - b) Fordybningen har henlagt som et tørlagt hul.

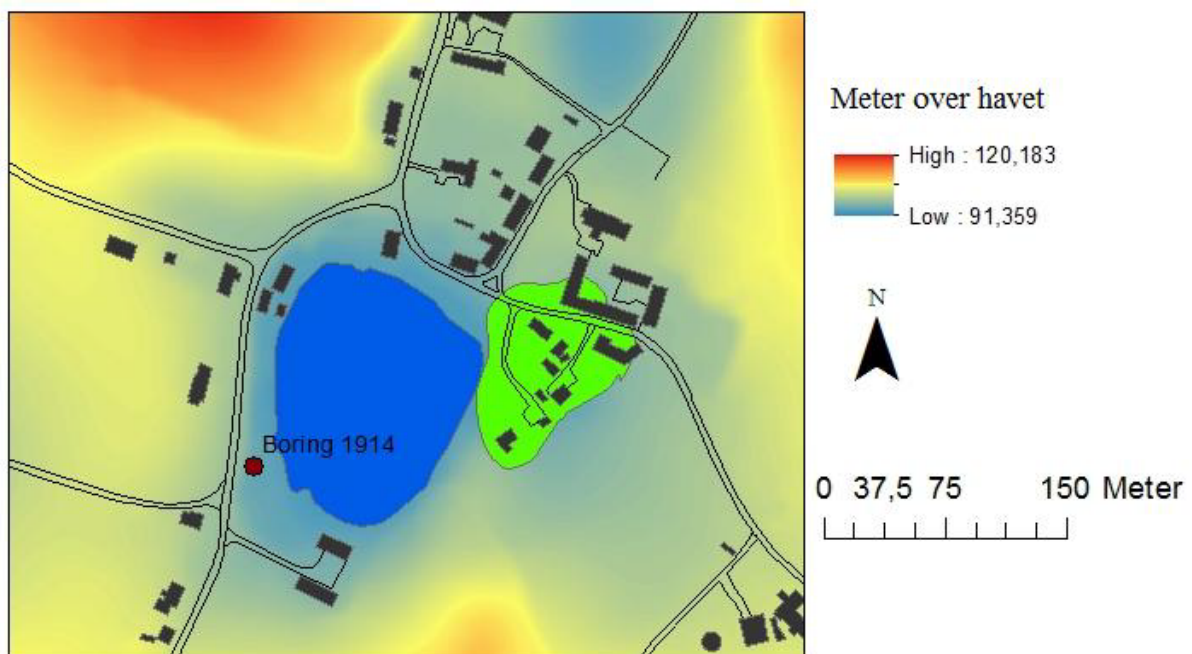
Regional grundvandsændring

Hvis sødannelsen er sket pga. en ændring i grundvandsstanden mod højere grundvand i sen Holocæn i forbindelse med en klimaændring eller ændring i vegetation i området, ville leret i bunden af søen være aflejret i fuld- eller senglacial tiden og vil derfor have et meget lavt indhold af organisk materiale og have andre karakteristika, som sediment aflejret under glaciære forhold. Denne hypotese kan dog nemt afvises uden at kigge på bundsedimentets karakteristika, da brøndboringen ved syd enden af Agri Sø viser, at grundvandet på stedet ligger i 27 meters dybde (Tabel 10). Denne dybe beliggenhed for grundvandet gør sig gældende for hele Mols Bjerge (Fredningsudvalget for Århus amt 1978). Dette betyder, at den regionale grundvandsressource ikke har forbindelse til søen, og derfor ikke kan være kilden. Derfor kan det afvises, at en ændring af regional grundvandsstand har været skyld i søens dannelse.

Ændringer i oplandet

Lokale fra Agri har fortalt, at der ved nordøst siden af søen findes et hårdt og evt. vandstandsende lag. Den fulde udbredelse af dette lag kendes ikke, men ifølge den lokale beboer Ole Sørensen (Mundlig kommunikation 2015) findes det med sikkerhed i området markeret med grønt på Figur 30. Laget skulle ligge i 160-180 cm dybde (usikkerhed omkring dette pga. menneskelig terræn udjævning), er cirka 30 cm tyk og består af grus og sten på 20-30 mm, hvorimellem der findes meget kompakt ler, som er nærmest rustrødt. Over laget ligger der ifølge Ole Sørensen fint sand og silt. Umiddelbart fører beretningen om et hårdt lag i smeltevandssand tankerne hen på en podzol udvikling med en hård cementeret B-horisont, men da laget indeholder grus, er dette næppe tilfældet. Gruset kan muligvis stamme fra den tidligste periode i dødislandskabet, hvor isen er smeltet på oversiden. Dette har medført, at materiale i isen er blevet frigjort og er skredet ned af gletsjeren, en såkaldt flow till. Denne aflejring er senere blevet dækket af smeltevandssand. Normalt er flow till en meget løs till, da mere finkornet sediment føres væk med smeltevandet (Benn & Evans 2010).

Den efterfølgende overlægning af smeltevandsmateriale kan dog have ført til kompaktion samtidig med, at finere materiale er aflejret imellem gruset. Den røde farve i sedimentet kunne tyde på, at der har været en podzol lignende jordbundsudvikling, der yderligere har kompakteret laget. Normalt findes B-horisonter i podzol's ikke så dybt (Borggaard & Elberling 2013), men det er muligt, at der efterfølgende er skyllet noget sand fra smeltevandsbakkerne øst før søen ned over området ved menneskelig rydning af vegetationen eller under landbrugets jordbearbejdelse. Det er ikke muligt at fastslå, om dette har været tilfældet, da en nøjagtig beskrivelse af sedimentet over det hårde lag ikke kendes. Det kan ikke afvises, at den mulige kompaktion i forbindelse med en podzol lignende jordbundsudvikling i gruslaget kan skyldes en miljøændring i området og dermed medføre en fyldning af søen, da sådanne horisonter kan udvikle sig på få hundrede år (Borggaard & Elberling 2013). Grundet placeringen af dette hårde lag uanset oprindelse af dette, kunne det tyde på, at det har en forbindelse til den kilde, der formodes at findes i østsiden af søen.



Figur 30. Kendt udbredelse af hårdt lag øst for Agri Sø markeret med grønt (grundkort: DHM-2007/Højdekurver (0,5 m ækvivalens)).

Forseglende materiale ført til søen

For at vurdere hvornår leret i bunden af søen er blevet aflejret, er det nødvendigt at se på en lang række faktorer, som vil blive gennemgået i det efterfølgende.

I overgangen mellem det øverste lerlag og gytjen ses en zone i gytjen på 16 cm, hvor lag af ler og gytje ligger ind mellem hinanden (Figur 31). Dette kan enten skyldes, at der har været en overgang mellem leraflejringerne og gytjen, hvor ler og gytje er blevet aflejret på skift eller at toppen af leret er blevet rodet op ved begyndelsen af gytjeaflejringerne, evt. ved at nogle dyr har gået i det. Når man kigger på PCA analysen af pollen (Figur 19) ser det ud til, at de to nederste prøver (14/1 og 14/4) er rimelig ens i deres pollenindhold. Sammenlignes de to prøver i pollendiagrammet (Figur 12 og Figur 13) ses det, at de ikke er helt ens. De skiller sig dog meget ud fra de øvrige pollenprøver ved begge at have et betydeligt indhold af *Dryopteris type* og *Cyperaceae*, som de også korrelerer godt med i ordinationen. Spørgsmålet er, om det er dette, der gør, at de ligger tættere på hinanden i



Figur 31. Overgang zone mellem ler (til højre) og gytje i borekerne D2 (eget foto).

ordinationen, end de reelt set ligner hinanden. Da *Cyperaceae* og *Dryopteris type* er plantertyper, hvor en stor andel af arterne lever på fugtig grund, tyder det på, at der har været sumpet ved aflejringerne af disse. Hvis de to prøver betragtes som nogenlunde ens, er der flere grunde til at dette kan være tilfældet.

- 1) Leret er aflejret kort tid før eller samtidig med den nederste gytje. Og prøverne repræsenterer cirka det samme tidspunkt.
- 2) De to prøver ligner hinanden, fordi gammelt og nyt materiale er blevet blandet op. Dette giver to forskellige opblandingsmuligheder.
 - o Den lerede aflejring er blevet løsnet og noget nyt materiale med pollen er blevet blandet ind i leret. Leret er derfor ældre end nogle pollen i prøven. Da pollenprøve 14/1 er taget 9 cm nede i gytjen og leret ikke ser ud til at have været opblandet (Figur 32), tyder det ikke på en opblanding denne vej.
 - o Pollenmaterialet fra leret er blevet blandet op i gytjen og blandet med pollen her. Pollenprøven er taget 12 cm oppe i gytjen i den øvre del af den zone, der ligner en overgangs/opblandingszonen mellem de to sedimenter. Hvis denne opblanding har fundet sted, stemmer det godt overens med, at der sker en stor ændring i pollen mellem PAZ 1 og PAZ 2 i ordinationen (Figur 19), da prøverne i PAZ 1 dermed er noget ældre end de øvrige prøver. På den anden side vides det fra andre danske pollendiagrammer, at der sker en stor ændring i vegetationen fra overgangen fra jernalder til middelalder (Rasmussen 2005), som passer med dateringen af bunden af søen. På baggrund af dette, kan det ikke afvises, at pollenprøverne i PAZ 1 og PAZ 2 er aflejret tæt på hinanden, og derfor kan det ikke på baggrund af dette alene afgøres, om leret er aflejret umiddelbart før gytjen.



Figur 32. Placering af pollenprøve 14/1 i lersedimentet i borekerne 2D (eget foto).

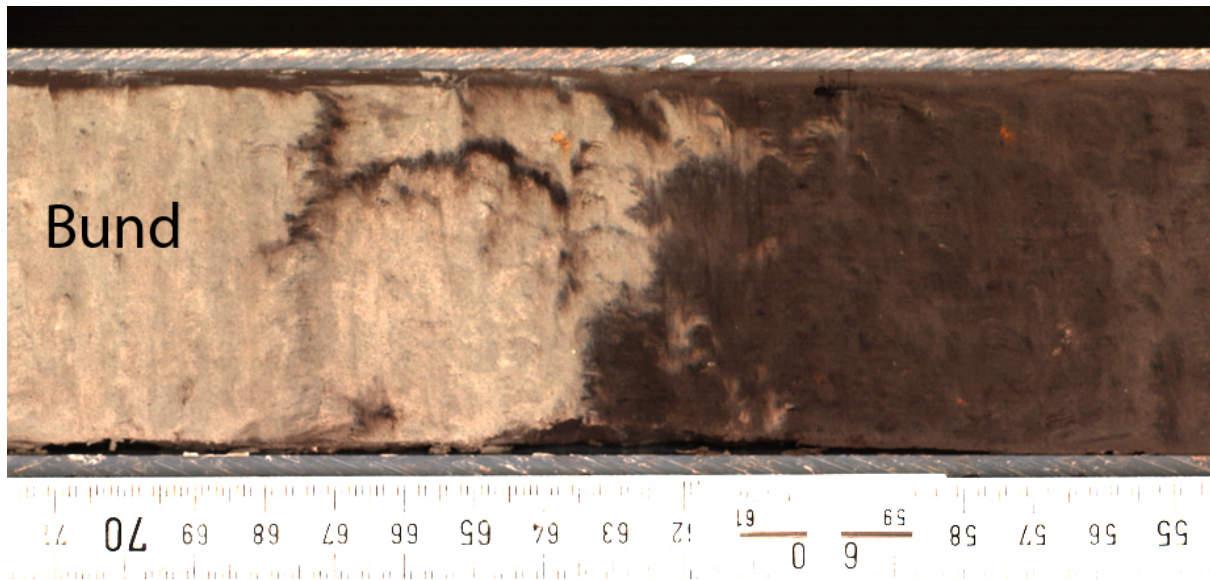
Ud fra Figur 11 ses det, at den ældste prøve (14/1) taget i lersedimentet indeholder en del *Humulus/Cannabis* type pollen. Da pollen og makrofossiler tidligst kendes fra Danmark fra jernalderen efter år 0 (Rasmussen 2005) kan sedimentet derfor ikke være ældre end dette. Derfor stammer det øverste lag ler ikke tilbage fra sen- eller postglacial, men er aflejret for maksimalt små 2000 år siden. Leret er pga. forekomsten af *Humulus/Cannabis* type pollen været aflejret på et tidspunkt hvor der har været vand eller minimum fugtig i lavningen, da rødningen kræver sådanne forhold (Brøndegaard 1979).

Hvis leret, enten det øverste eller nederste lag, har lagt i fordybningen i en periode uden et egentlig vandspejl har været til stede, må det forventes, at der har været en eller anden form for vegetation. Kigger man på dødshullet Tinghulen, er bunden af denne i dag bevokset med græs og urter. Det må forventes, at hvis Agri Sø har været tørlagt i en længere periode, har dette også været tilfældet her. Overgangen mellem leret og gytjen er nået i to borersegmenter (B2 og D2) og ingen af disse steder ses der det mindste spor af planter eller deres rødder i leret. Det samme er tilfældet i overgange fra silt til gytje i borersegment C2. Selv om dette repræsenterer en meget lille del af søbunden under gytjen, må det vurderes at være usandsynlig, at borerne er ramt uden om planterester, hvis disse findes på bunden. Der kan selvfølgelig have fundet en menneskelig bearbejdning af jorden sted, som pløjning, men dette ville nok have efterladt lidt planterester eller muld i sedimentet.

På baggrund af dette vurderes det, at aflejringerne under gytjen i Agri Sø nok højst sandsynlig er blevet aflejret ret tæt på aflejringerne af gytjen. Det nederste lerlag må være aflejret først, hvorefter søen har været mere eller mindre vandfyldt i en periode, siden der findes *Cannabis/Humulus* type i det øverste lerlag. Overgangen mellem de to lerlag (Figur 33) kan måske være 'water escape structures', hvor vand i det nedre sediment er blevet presset ud pga. vægten fra det øvre ved dettes aflejring. Det øverste lerlag må være aflejret forholdsvis hurtigt, hvis det er aflejret i vand, ellers ville det kunne forventes, at der var mere organisk materiale i det. Dette understøttes også af den meget lave koncentration af pollen i prøve 14/1 og Figur 13.



På trods af at der under præparationen blev udtaget dobbelt så meget materiale af denne som af de øvrige pollenprøver, var det ikke muligt at opnå en pollensum på 500, selvom der blev talt en hel prøve mod en halv for de andre.



Figur 33. Overgangen mellem de to lerarter på position 1

Hvis materialet under gytteaflejringerne er aflejret senere end selve fordybningen er dannet, må det aflejrede materiale komme fra et sted i umiddelbar nærhed af søen. De mest lerede aflejringer findes som sagt nord for søen, og da det også er her den stejleste skråning findes, virker det sandsynligt, at materialet stammer herfra. PCA analysen af de forskellige jordartsprøvers XRF-data taget i området viser, at prøven taget i issøleret er den eneste, der minder om aflejringerne på bunden af søen (Figur 25 og Figur 26), hvilket igen understøtter, at materialet på bunden af søen kan stamme herfra. Ved nærmere undersøgelse af PCA analysen ses det, at issøleret havde den største sammensætningsmæssige lighed med den nederste silt aflejring i boringen tættest på bredden. Den betydelige kornstørrelsesforskel mellem issøleret og silten kan her skyldes, at de finere lersedimenter er blevet skyllet længere ud i søen. Dette stemmer godt i overensstemmelse med, at jordartsprøve 3 i PCA analysen (Figur 26) korrelerer bedst med Si/Ti, da Si ofte er at finde i siltfraktionen.

Udbredelsen af henholdsvis de to lerlag og silten på bunden af søen kendes ikke, da der kun findes borer på de to positioner, der ligger med indbyrdes kort afstand (cirka 30 m). Hvis sedimenter som beskrevet ovenfor er skyllet ud fra den nordlige side af søen stemmer godt overens med denne fordeling vis fordybningen har været vandfyldt under aflejringen. Dette ville medføre, at finere materiale er skyllet længere ud i søen, da det bliver længere i suspension i vandmassen.

Der kan være flere forskellige grunde til, at materialet er blevet transporteret ud i søen. Hvis der har været en rydning af vegetation i perioden lige inden søens dannelse, og området nord for søen herved er blevet ryddet for at benytte det til landbrug, kan dette have medført, at jorden er blevet sårbar over for erosion.

Dette kan, ved optøning om foråret, føre til ustabil jord i de øvre lag, mens det nedre stadig er frossent og store mængder materiale kan skride ud. Den store hældning nord for søen (generelt over 6 grader og nogen steder over 12 grader (Danmarks miljøportal 2015)) gør sådan et scenarie sandsynligt. En anden faktor der kan have ført til, at materiale er blevet ført ud i søen fra nord, er hjulplovens indførelse på cirka dette tidspunkt (Bjørn 1899). Denne nye plovtype, som kunne pløje dybere og vende jorden, kan have forhøjet erosionen, da jorden er blevet løsnet. Denne form for øget tilførsel af materiale til søen passer god sammen med, at materialet er blevet sorteret på vejen, da det nok for størstedelen er blevet ført dertil med overfladeafstrømning.

Hvis leret i bunden af søen er eroderet ud omkring søens dannelse, kan der som nævnt have været to senarier inden. Enten har søen været vandfyldt, og der findes ældre søaflejringer under leret, eller også har den været tørlagt, hvilket nok ville betyde, at der er smeltevandssand under leret. Da der ikke er blevet boret gennem leret, kan det ikke fastslås, hvad der findes under. Kigger man på dybden af søbassinet, er dette 7-8 meter med aflejringer. Dette er ikke særlig dybt sammenlignet med Tinghulens 30-35 meters dybde. Dette viser, at dødshuller under danske forhold kan være meget dybere, og derved kan der godt findes flere søaflejringer under leret. Da Agri Sø og Tinghulen er dannet i to forskellige aflejringsmiljøer, med Agri Sø i udkanten af smeltevandssletten, op af en stor klump is, mens Tinghulen ligger midt i smeltevandssletten er det dog muligt, at der ikke har kunne dannes lige så dybe dødshuller ved Agri. Det er ikke på baggrund af de tilstædeværende oplysninger muligt at fastslå hvilket miljø, der har været i området før aflejringen af leret og silten.

5.5 MILJØER I SØEN OMKRING DENS DANNELSE

Ud fra makrofossilerne og pollen tyder det på, at søen i begyndelsen har været mudret og sumpet. Der findes op til flere mostyper, som tyder på, at der har været en vis træbevoksning omkring søen og ligeledes planter, der tyder på sump (fx *Stellaria cf. palustris*). De første makrofossiler af fisk findes 575 cm fra bunden af gytjen. Denne mangel på fisk tyder ligeledes på, at søen har været mere sump i starten end en egentlig sø.

Det er ikke med sikkerhed til at sige, hvornår Agri Sø er opstået, men man må forvente, at søen er ældre end byen, da byen nok netop er placeret her pga. søens tilstedeværelse. Det vides ikke med sikkerhed, hvornår Agri by er anlagt, men ifølge præsten i Agri Kirke, er den ældste del af kirken fra slutningen af 1100-tallet (Højgaard 2015 (Mundlig kommunikation)). Da Agri Sø umiddelbart er den eneste vandkilde i nærheden af byen, virket det ulogisk, at der har været foretaget så kraftig en rødning i søen, da dette giver en meget dårlig vandkvalitet, der hverken kan bruge hverken til kvæg eller mennesker (Lavrieux et al 2013). Hvad grunden til dette valg af udnyttelse af søen skyldes, er uvist. Måske har søvandet været så grumset og uklart pga. den store sediment tilførsel, at det også uden rødningen ikke var af en kvalitet, hvor det kunne benyttes til drikkevand.

Ud fra de udregnede aflejringsrater i Tabel 6, har aflejringsraten været utrolig høj cirka 50 år. Dette er nok ikke tilfældet, men skyldes at de øvre dele af sedimentet ikke er så kompakt som resten af sedimentet.

6 KONKLUSION

Undersøgelsen af Agri Sø har vist, at der skete en stor ændring i området for omkring 1000 år siden, hvor gytjeaflejringen i søen begynde. Det står ikke klart, hvad denne ændring præcis skyldes, men undersøgelserne tyder på, at det skyldes, at søens bund for omkring 1000 år siden blev forsegle af lerede og siltede materialer. Denne tilførsel til søen skyldes højst sandsynlig en ændring i anvendelse af de lerede bakker på nordsiden af søen. Det er dog uklart, om det er skred ved optøning af de øvre jordlag om foråret, indførslen af hjulploven eller noget helt tredje der er skyld i dette. Der kan også meget vel være tale om en kombination af flere. Undersøgelsen har ikke kunne fastlægge, hvordan lavningen så ud før denne forsegling, og om der findes gytjeaflejringer under ler/silten, eller om søen tidligere har henlagt som en tørlagt fordybning i landskabet.

Undersøgelser af gytjen i søen viser, at tilførslen og aflejringen af materiale kommer fra den samme kilde gennem det meste af perioden. Dog ses der omkring år 1200 tegn på begyndende tilførsel af Sr og især Ca til søen, måske i forbindelse af med en jordbundsforbedrende tilførsel til markerne. Fra cirka 1728 skete der en markant ændring i materialet aflejret i søen. Dette kan skyldes mere effektiv bearbejdelse af jorden, men nok mest sandsynlig en tilførsel af en art til jordforbedring. Fra den sidste halvdel af 1800-tallet forsvinder denne tilførsel tilsyneladende igen og sedimentet ligner, hvad der tidligere blev aflejret. Aflejringsraten har gennem de sidste 1000 år været utrolig høj (0,52-1,14 cm/år). Den højeste aflejringsrate findes fra sidste del af middelalderen frem til midten af 1600-tallet, hvilket nok skyldes den utrolig intensive landbrugsproduktion i denne periode.

Undersøgelser af pollen og makrofossiler i søen viser, at søen frem til slutningen af middelalderen har været benyttet til rødning af hør og især hamp. Denne påvirkning har ikke kun haft indflydelse på antallet af *Humulus/Cannabis type* pollen fundet i søen, men også andre pollentyper, da rødningen har medført tilførsel af gamle pollen der her ligget i jorden omkring hamp planternes rødder til søen. På grund af dette kan der frem til slutningen af middelalderen ikke regnes fuldt ud med pollendiagrammet.

På tros af denne påvirkning fra rødningen står det dog klart, at det relevante pollenkildeområde, som er estimeret til omkring 1500 m i radius, ved starten af aflejringsperioden (start middelalder) har været et meget åbent landskab uden træer af betydning. Frem til omkring 1420 AD har landskabet omkring Agri været mest præget af græsning, med mindre markstykker hvor der blev dyrket *Secale* og *Hordeum*. Det ser ud til, at man er gået over til dyrkning af *Secale* som vinterafgrøde omkring 1250 AD. Ved starten af PAZ 3 omkring år 1420 AD bliver landbruget i området intensiveret og *Fagopyrum* indføres som afgrøde. Det er også i denne periode, der ses den kraftigste rødning i søen. Det ser ud til, at landbruget oplever endnu en fremgang ved udgangen af middelalderen, samtidig med at rødningen aftager markant. Det er også i denne periode, at det tyder på, at der er tilført en form for jordforbedring til markerne. Fra slutningen af 1800-tallet sker der en markant ændring i området omkring Agri, da store dele af Mols Bjerge tilplantes med nåletræsplantage. Det tyder på, at disse plantager er blevet anlagt på tidligere landbrugsjord.

7 REFERENCER

- Augustsson, A., Peltola, P., Bergback, D., Saarinen, T. & Haltia-Hovi, E. 2010. Trace metal and geochemical variability during 5,500 years in the sediment of Lake Lehmilampi, Finland. *Journal of Paleolimnology* 44, pp. 1025-1038.
- Aaby, B. & Digerfeldt G. 1986. Sampling techniques for lakes and bogs. In: Berglund B.E. (ed.). *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Wiley, N.Y., pp. 181-194.
- Bartington, I. 1994. *Operation manual for MS2 Magnetic Susceptibility System*. Oxford: Bartington Instruments LTD.
- Behre, K.-E. 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et spores*, 23, 633-672.
- Behre, K.-E. 1988. The role of man in European vegetation history. In *Vegetation History*, eds. B. Huntley & T. Webb, pp. 633-672.
- Benn, D. I. & Evans, D. J. A.. 2010. Primary glacial deposits (Till). In *Glaciers and glaciation*, Hodder Education, pp.371-395.
- Bennett, K. D. 1996. Determination of the Number of Zones in a Biostratigraphical Sequence. *New Phytologist*, 132, pp. 155-170.
- Beug, H.-J. 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil. München.
- Birks, H. J. B. & Birks, H. H. 1980a. Principles and methods of pollen analysis. Chapter 8. In *Quaternary Palaeoecology*. London: Edward Arnold, pp. 156-176.
- Birks, H. J. B. & Birks, H. H. 1980b. Pollen production, dispersal, deposition and preservation. Chapter 9. In *Quaternary Palaeoecology*, London: Edward Arnold, pp. 177-194.
- Bjørn, C. 1988. Det danske landbrugs historie I. Oldtid og middelalder 417. Landbohøjskoleforlaget.
- Borggaard, O. K. & Elberling, B. 2013. Spodosols. In *Pedological Biogeochemistry*. University of Copenhagen, København, pp. 85-86
- Brouwer, P. 2010. *Theory of XRF - Getting acquainted with the principles*. Amlelo: PANalytical B.V.
- Brøndegaard, V.J. 1979. Folk og Flora. Dansk etnobotanik 2. Rosenkilde og Bagger.
- By- og Landskabsstyrelsen. 2011. Teknisk baggrundsnotat til Vandplan 1.7 Århus Bugt. Miljøministeriet, København
- Croudace, I., Rindby, W. A. & Rothwell, R. 2006. ITRAX: description and evaluation of a new multi-function X-ray core scanner. *New Techniques in Sediment Core Analysis*. Geological Society, London, Special Publications 267, pp. 51-63.
- Danmarks miljøportal. 2015. Danmarks arealinformation – Data om miljøet i Danmark, Terrænhældninger.
- Davis, M. B. 2000. Palynology after Y2K - Understanding the source area of pollen in sediments. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 28, pp. 1-18.
- Dearing, J. 1999. *Environmental Magnetic Susceptibility - Using the Bartington MS2 System*. Kenilworth: Chi publishing.
- Dearing, J.A. & Foster, I.D.L. 1986. Lake sediment and palaeohydrological studies. Chapter 2. In: *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Ed: Berglund, B.E. John Wiley & Sons. pp. 67-90.
- DHM-2007/Højdekurver (0,5 m ækvivalens). 2007. Geodatastyrelsen, Miljøministeriet.
- DJF geodata. 2014. Klimadata. Afdelingen for Jordbundsproduktion og Miljø, Foulum.
<http://difgeodata.dk/datasaml/index.html>. Hentet 15.12.2014.
- DMI. 2014. Vejrarkiv. www.dmi.dk/vejr/arkiver/vejrarkiv/. Hentet 15.12.2014
- DTK/Kort25, klassisk udgave. 2013., Geodatastyrelsen, Miljøministeriet.
- DTK/Kort100. 2011. Kortforsyningen, Geodatastyrelsen, Miljøministeriet.
- Eriksen, P. 1999. *Poskær stenshus. Myter og virkelighed*. Århus: Moesgård Museum.
- Faure, G. 1998. Isotopic Geochronometers. Chapter 16. In *Principles and applications of geochemistry: a comprehensive textbook for geology students*. Prentice Hall. Pp. 276-300.
- Fredningsudvalget for Århus amt. 1978. *Landskabsplan for Molsområdet Registrering*.
- Fægri, K. & Iversen, J.. 1975. *Textbook of Pollen Analysis*. Copenhagen: Munksgaard.
- Galsgaard, J. 2010. Dølishullernes geologi - et kig ned i en utilnærmelig krog af kvartærgeologien. *Geologisk nyt*, Nr. 1 2010, pp. 26-29.
- Google Earth. 2015. Satellitbillede.
- Hansen, V. F. 2012. Syddjurs-portal: Mols Bjerge: Toggerbo, Skovbjerg, Helligkilde, Tinghulen, Dåleren.
www.syddjursportal.com/album/upload/B71_Mols_Bjerge_Toggerbo_Skovbjerg_Helligkilde_Tinghulen.pdf
- Harder, P. 1908. *En østjydske Israndslinje og dens Indflydelse paa Vandløbene*. Danmarks Geologiske Undersøgelse, 2. række, nr. 19. København.
- Hellman, S., Gaillard M.-J., Bunting, M.J., & Mazier, F. 2009a. Estimating the Relevant Source Area of Pollen in the past cultural landscapes of southern Sweden—A forward modelling approach. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 153, pp. 259-271.

- Hellman, S., Bunting, M.J. & Gaillard, M.-J.. 2009b. Relevant Source Area of Pollen in patchy cultural landscapes and signals of anthropogenic landscape disturbance in the pollen record: A simulation approach. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 153, pp.245-258.
- Hill, M.O., Mountford, J.O., Roy, D.B. & Bruce, R.G.H. 1999. Ellenberg's indicator values for British plant. Ecofact Vol. 2 Technical Annex. Institute of Terrestrial Ecology. Huntington. UK.
- Houmark-Nielsen, M. 2010. Istidslandskabet omkring Nationalpark Mols Bjerge. *Geologisk Tidsskrift*, pp. 1-25.
- Højgaard, B. 2015. Mundlig kommunikation.
- Jacobson, G.L. & Bradshaw, R.H.W. 1981. The selection of sites for paleovegetational studies. *Quaternary Research*, 16, pp. 80-96.
- Juggins, S. 2014. <https://www.staff.ncl.ac.uk/stephen.juggins/index.html>
- Koinig, K. A., Shotyk, W., Lotter, A.F., Ohlendorf, C. & Sturm, M. 2003. 9000 years of geochemical evolution of lithogenic major and trace elements in the sediment of an alpine lake - the role of climate, vegetation, and land-use history. *Journal of Paleolimnology*, 30, pp. 307-320.
- Kylander, M.E., Ampel, L., Wohlfarth, B. & Veres, D. 2011. High-resolution X-ray fluorescence core scanning analysis of Les Echets (France) sedimentary sequence: new insights from chemical proxies. *Journal of Quaternary Science*, 26, pp.109-117.
- Kylander, M. E., Klaminder, J., Wohlfarth, B. & Lowemark, L. 2013. Geochemical responses to paleoclimatic changes in southern Sweden since the late glacial: the Hasseldala Port lake sediment record. *Journal of Paleolimnology*, 50, pp. 57-70.
- Larsen, G., Frederiksen, J., Villumsen, A., Fredericia, J., Gravesen, P., Foged, N., Knudsen, B. & Baumann, J. 2009. *Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse*. p. 44. Dansk Geoteknisk Forening.
- Larsen, G. & Kronborg, C.. 1994. Molslandet. In *Geologisk set - det mellemste Jylland*. Geografforlaget, Brenderup.
- Lavrieux, M., Jacob, J., Disnar, J.R., Breheret, J.G., Le Milbeau, C., Miras, Y. & Andrieu-Ponel, V. 2013. Sedimentary cannabinol tracks the history of hemp retting. *Geology*, 41, pp. 751-754.
- Lowe, J.J. & Walker, M.J.C. 1997a. Lithological evidence. Chapter 3. In *Reconstructing Quaternary Environments*, London: Prentice Hall. Pp. 85-161.
- Lowe, J. J. & Walker, M.J.C. 1997b. Dating methods. Chapter 5. In *Reconstructing Quaternary Environments*, 60. Prentice Hall, London, pp. 237-297.
- Lowemark, L., Chen, H. F., Yang, T.N., Kylander, M. Yu, E.F., Hsu, Y.W., Lee, T.Q., Song, S.R. & Jarvis, S. 2011. Normalizing XRF-scanner data: A cautionary note on the interpretation of high-resolution records from organic-rich lakes. *Journal of Asian Earth Sciences*, 40, pp. 1250-1256.
- Meldgaard, J.A. 1975. Mols Bjerge. En historisk redegørelse over bosætning, landbrug og vegetationsudvikling. København.
- Mingram, J., Negendank, J.F.W., Brauer, A., Berger, D., Hendrich, A., Kohler, M. & Usinger, H. 2007. Long cores from small lakes - recovering up to 100 m-long lake sediment sequences with a high-precision rod-operated piston corer (Usinger-corer). *Journal of Paleolimnology*, 37, pp. 517-528.
- Moore, P.D., Webb, J.A. & Collinson, M.E.. 1991. *Pollen analysis*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Mortensen, M. F., Birks, H.H., Christensen, C., Holm, J., Noe-Nygaard, N., Odgaard, B.V., Olsen, J. & Rasmussen, K.L. 2011. Lateglacial vegetation development in Denmark - New evidence based on macrofossils and pollen from Slotseng, a small-scale site in southern Jutland. *Quaternary Science Reviews*, 30, pp. 2534-2550.
- Mossberg, B., Stenberg, L. & Ericsson, S. 1994. *Den store nordiske flora. Oversat og bearbejdet af Feilberg, J. og Løjtnant, B.* Gads Forlag, København.
- Nationalpark Mols Bjerge. 2011. Nationalpark Mols Bjerge - til gavn for naturen og glæde for mennesker : forslag til nationalparkplan 2012-2018
- Naturstyrelsen. 2005. Januar 2005 - Køb af Århus Plantage i Mols Bjerge. <http://naturstyrelsen.dk/naturbeskyttelse/naturprojekter/life-overdrev/nyheder/plantage>.
- Nichols, G. 2009. Lakes. Chapter 10 in: *Sedimentology and stratigraphy*. 2nd edition. Wiley-Blackwell, pp. 151-162.
- Nielsen, A. B. & Sugita, S. 2005. Estimating relevant source area of pollen for small Danish lakes around AD 1800. *Holocene*, 15, pp. 1006-1020.
- Nilsson, S., Praglowski, J. & Nilsson, L. 1977. Atlas of Airborne Pollen Grains and Spores in Northern Europe. Bokförlaget Natur och Kultur, Stockholm
- Noe-Nygaard, N., Knudsen, K. L. & Houmark-Nielsen, M. 2006. Fra istid til og med jægerstenalder. In *Naturen i Danmark, Geologien*, ed. G. Larsen, Gyldendal, København, pp. 303-332.
- O'Connell, M., Ghilardi, B. & Morrison, L. 2014. A 7000-year record of environmental change, including early farming impact, based on lake-sediment geochemistry and pollen data from County Sligo, western Ireland. *Quaternary Research*, 81, pp.35-49.
- Odgaard, B. V. 1994. The Holocene vegetation history of northern West Jutland, Denmark. In *Opera Botanica*, 171. Copenhagen.
- Odgaard, B. V. 2006. Fra bondestenalder til nutid. In *Naturen i Danmark, Geologien*, ed. G. Larsen, Gyldendal, København, pp. 333-360.

- Odgaard, B. V. 2009. Klimaets udvikling gennem de sidste 2 årtusinder. In *Danske landbrugslandskaber gennem 2000 år. Fra digevoldninger til støtteordninger.*, eds. B. V. Odgaard & Rømer, J. R.. Aarhus Universitetsforlag, pp.19-21.
- Odgaard, B. V. 2010. Skovens historie. In *Naturen i Danmark. Skovene*, ed. P. F. Møller, pp. 55-70
- Odgaard, B. V. 2014. Vegetationshistorie i Danmark. In *Dansk Botanisk forening: Atlas Flora Danica. Bind 1*, Gyldendal, pp. 13-24.
- Odgaard, B.V. & Nielsen, A.B. 2009. Udvikling i arealdækning i perioden 0-1850. Pollen og landskabshistorie. In *Danske landbrugslandskaber gennem 2000 år. Fra digevoldninger til støtteordninger*, eds. B. V. Odgaard & J. R. Rømer, Århus: Aarhus Universitetsforlag, pp. 41-58.
- Olsen, S. 2002. *Danmarks søer og åer*. Politiken, København
- Original-1-kort, Agri By. Geodatastyrelsen, Miljøministeriet. <http://hkpn.gst.dk/> Hentet 20.02.2015
- Overfredningsnævnet. 1960. Afgørelse - Reg. nr.: 02416.00. Fredningen vedrørende: Agri Sø.
- Pedersen, S. A. S. & Petersen, K. S. 1997. *Djurslands geologi*. København: GEUS.
- Ramsey, C. B. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51, pp.337-360.
- Rasmussen, H. W. 1977. Geologi på Mols. In *Danmarks Geologiske Undersøgelse. Serie A, nr. 4*.
- Rasmussen, P. 2005. Mid- to late-Holocene land-use change and lake development at Dallund Sø, Denmark: vegetation and land-use history inferred from pollen data. *The Holocene*, 15, pp. 1116-1129.
- Renberg, I. & Hansson, H. 2008. The HTH sediment corer. *Journal of Paleolimnology*, 40, pp. 655-659.
- Rosendal, K. 2014. Mundlig kommunikation.
- Rømer, J. R. & Stenak, M. 2009. Landbrugssystemer i AGRAR 2000 søområderne i perioden ca. 1600-1900. In *Danske landbrugslandskaber gennem 2000 år. Fra digevoldninger til støtteordninger.*, eds. B. V. Odgaard & J. R. Rømer, Aarhus Universitetsforlag, pp. 205-252.
- Skov- og Naturstyrelsen Kronjylland. 2009. Mols Bjerge og Karpenhøj - areal nr. 301 og nr. 315 - Arealvise beskrivelser.
- Smed, P. Landskabskort - Midjylland.
- Smilauer, P. & Laps, J. 2014. *Multivariate Analysis of Ecological Data using Canoco 5*. Cambridge: Canbridge University Press.
- Stavngaard, B. 2003. Præparation af fossilt pollen, GEUS.
- Stenak, M., Rømer, J. R. , Näsman, U. & Odgaard, B.V. 2009. Landskabsforandringer gennem 2000 år. In *Danske landbrugslandskaber gennem 2000 år. Fra digevoldninger til støtteordninger.*, eds. B. V. Odgaard & J. R. Rømer, Århus: Århus Universitetsforlag, pp. 283-301.
- Sugita, S. 1993. A model of pollen source area for an entire lake surface. *Quaternary Research* 39, pp. 239-244.
- Sørensen, O. 2015 Mundlig kommunikation.
- ter Braak, C. J. F. 1987. Ordination. In *Data analysis in community and landscape ecology*, eds. R. H. G. Jongman, C. J. F. ter Braak & O. F. R. van Tongeren. Pudoc Wageningen.
- ter Braak, C. J. F. & Smilauer, P.. 2012. *Canoco reference manual and user's guide: sotfware for ordination (version 5.0)*. Ithaca, Microcomputer Power, NY.
- Tjallingii, R., Röhl, U., Kölling, M. & Bickert, T.. 2007. Influence of water content on X-ray fluorescence corescanning measurements in soft marine sediments. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 8, 2, pp. 1-12.
- Ussinger, H. 1999. A coring system for water logged loose rocks. Kiel.
- Walker, M. 2005. Radiometric Dating 1: Radiocarbon Dating. Chapter 2. In *Quaternary dating methods*, 39. West Sussex: J. Wiley, pp. 17-55.
- Wieckowska, M., Dörfler, W. & Kirleis, W. 2012. Vegetation and settlement history of the past 9000 years as recorded by lake deposits from Grosser Eutiner See (Northern Germany). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 174, pp. 79-90.
- Young, H. D. & R. A. Freedman. 2008. Magnetic Materials, Chapter 28.8. In: *University Physics with Modern Physics*, 12th edition, Pearson, San Francisco, pp. 976-981.
- Aaby, B. 1985. Norddjurslands landskabsudvikling gennem 7000 år : belyst ved pollenanalyse og bestemmelse af støvindhold i højmosetørv. *Fortidsminder: antikvariske studier*, pp. 60-84.

BILAG:

BILAG 1. TALTE POLLEN PRØVE 14/1-14/52

	14/1	14/4	14/9	14/12	14/15	14/20	14/23	14/27	14/32	14/35	14/38	14/41	14/43	14/47	14/52
Alnus glutinosa	1	7	15	7	13	10	7	7	10	7	14	20	2	9	5
Acer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betula	2	7	9	10	9	4	6	5	12	16	12	12	16	10	8
Corylus avellana	6	5	21	7	7	10	13	5	6	9	9	23	17	10	10
Fagus sylvatica	0	27	45	17	18	3	14	9	17	35	15	16	18	18	11
Fraxinus excelsior	6	3	1	0	0	2	2	0	1	2	4	2	5	3	4
Pinus	16	13	8	10	10	8	14	4	2	8	8	7	14	6	9
Picea	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tilia	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulmus porer ubestemt	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulmus 5 porer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulmus 4 porer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Populus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus	1	5	2	8	7	3	4	1	7	8	0	7	5	11	9
Salix	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	2
Sambucus undiff.	0	0	1	3	3	0	4	1	0	5	2	1	5	1	3
Sambucus nigra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carpinus betulus	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
Achillea type	0	0	5	14	15	5	8	8	4	8	4	8	5	3	7
Agrostemma githago	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Artemisia	0	0	1	0	3	0	2	1	6	8	1	2	6	2	2
Apiaceae undiff.	0	0	0	1	1	3	1	2	3	4	3	1	6	1	0
Asteraceae undiff.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Brassicaceae	0	0	2	4	3	2	4	6	6	16	7	4	9	5	7
Calluna vulgaris	4	5	14	11	7	5	8	3	13	23	18	12	17	6	20
Caltha palustris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Campanula/Phyteuma	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1
Campanulaceae undiff.	0	0	0	3	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Caryophyllaceae undiff.	0	0	3	6	0	1	2	2	5	3	1	0	0	2	0
Centaurea cyanus	0	0	0	0	0	0	2	1	8	3	4	0	2	0	1
Centaurea jacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Centaurea scabiosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chenopodiaceae	4	4	12	7	14	8	4	4	15	14	4	6	9	7	18
Cichorioideae	16	6	19	20	31	17	21	8	13	14	14	21	16	20	13
Cornus suecica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Cuscuta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Cyperaceae	12	49	11	6	7	4	4	9	4	2	6	2	16	5	13
Daucus type	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dianthus type	1	4	6	0	2	3	1	1	1	0	3	2	0	0	5
Dipsacus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14/1	14/4	14/9	14/12	14/15	14/20	14/23	14/27	14/32	14/35	14/38	14/41	14/43	14/47	14/52
Dryopteris type	16	21	20	14	8	1	3	0	2	3	1	2	5	0	4
Empetrum nigrum	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Euphorbia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabaceae undiff.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Filipendula	0	2	0	0	0	5	0	0	0	0	2	3	1	0	2
Fagopyrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	8
Galium	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	2	2	0	0	0
Gentiana subs. Gentianella	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Genista type	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Gypsophila	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hedera helix	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Helianthemum	0	0	2	0	1	9	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Hordeum	0	1	16	4	26	4	7	10	16	16	15	15	8	27	13

Hordeum/Sacele	0	0	16	41	11	9	9	8	12	21	10	15	2	14	7
Hordeum/Triticum/Avena	0	0	0	4	0	0	0	2	3	5	1	0	5	0	8
Humulus/Cannabis type udstående pore	22	86	95	28	125	68	86	44	85	51	28	39	91	216	164
Humulus/Cannabis type flad pore	78	164	141	113	193	117	167	128	149	144	64	108	176	317	224
Jasione montana	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3	2	1
Lathyrus/Vicia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Linum catharticum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Lonicera periclymenum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lychnis type	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Mentha type	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ononis	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	1
Papaver argemone	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plantago lanceolata	25	9	20	42	34	17	27	24	27	62	44	25	13	26	9
Plantago major	6	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3
Plantago major/media	0	0	4	4	8	1	4	0	0	2	1	1	0	1	0
Plantago maritima	0	2	3	0	0	0	0	1	1	1	2	0	2	0	1
Poaceae undiff.	81	56	141	202	168	135	131	143	139	143	153	164	80	200	118
Polygonum aviculare	2	4	8	6	27	7	12	6	13	22	6	8	16	10	8
Polygonum convolvulus	0	3	3	6	23	3	6	7	8	4	7	10	3	7	6
Polygonum persicaria type	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potentilla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Prunus	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1
Pteridium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pulmonaria type	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pulsatilla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ranunculus acris type	1	0	4	8	1	0	4	1	1	6	3	3	3	1	0
Rhamnus cathartica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Rhinanthus type	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	14/1	14/4	14/9	14/12	14/15	14/20	14/23	14/27	14/32	14/35	14/38	14/41	14/43	14/47	14/52
Rumex acetosa	0	4	12	14	10	2	9	2	18	18	17	8	6	10	5
Rumex acetosella type	0	2	3	13	13	4	9	4	17	18	19	9	11	16	11
Rumex crispus type	0	2	3	1	3	4	2	3	4	9	4	1	0	0	1
Secale	2	13	15	7	15	4	11	10	23	22	24	18	18	21	29
Scleranthus annuus	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	4	0	0	4
Scleranthus perennis	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
Senecio type	0	0	6	2	6	6	2	3	6	3	3	1	2	0	4
Solanum nigrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Succisa pratensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Trifolium undiff.	0	3	1	2	2	0	0	1	0	0	4	0	0	0	3
Trifolium arvense type	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Trifolium pratense	0	1	1	2	0	1	4	0	3	0	1	0	1	3	0
Trifolium repens type	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
Urtica	3	9	5	4	3	8	1	8	4	4	2	2	20	7	21
ubestemt	0	8	22	141	16	10	14	22	19	21	23	11	17	11	14
i alt	308	532	718	802	847	503	637	510	690	771	568	601	672	1021	823
Brown Lycopodium spores	1226	605	317	337	334	252	393	253	360	466	334	313	323	397	328
Sphagnum	6	2	1	0	3	1	1	1	0	0	0	0	2	0	2
Myriophyllum spicatum	0	0	0	0	0	0	0	0	104	7	0	0	0	0	0
Myriophyllum verticillatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Typha latifolia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BILAG 2. TALTE POLLEN PRØVE

	14/57	14/60	14/63	14/66	14/69	14/78	14/73	14/97	14/92	14/87	14/82	14/108	14/102	14/118	14/126
Alnus glutinosa	3	4	6	5	3	8	12	18	9	11	15	13	6	3	9
Acer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Betula	11	6	2	9	0	9	13	15	20	10	13	6	6	22	70
Corylus avellana	2	6	8	9	4	5	6	7	2	6	4	2	2	4	10
Fagus sylvatica	10	18	35	16	11	14	9	3	15	8	9	3	6	6	8
Fraxinus excelsior	4	0	5	4	5	1	2	5	2	2	3	2	2	9	36
Pinus	20	14	7	9	9	5	9	8	10	9	19	8	8	47	84
Picea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	11
Tilia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Ulmus porer ubestemt	0	0	0	0	0	2	0	2	2	2	2	1	0	0	11
Ulmus 5 porer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	15
Ulmus 4 porer	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
Populus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Quercus	9	8	7	10	7	7	7	7	9	3	3	4	1	3	10
Salix	0	0	3	1	2	4	9	4	15	18	22	5	5	8	1
Sambucus undiff.	4	6	4	1	1	2	3	6	12	6	1	1	2	14	11
Sambucus nigra	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carpinus betulus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Achillea type	11	17	8	16	10	22	35	20	25	33	27	16	19	7	4
Agrostemma githago	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Artemisia	4	7	0	4	1	11	6	5	11	6	14	6	5	9	5
Apiaceae undiff.	4	1	3	3	0	6	2	5	5	4	4	3	0	6	3
Asteraceae undiff.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brassicaceae	5	4	9	5	9	24	37	35	42	32	57	38	14	35	13
Calluna vulgaris	6	7	15	13	5	26	16	24	16	10	22	9	5	14	2
Caltha palustris	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0
Campanula/Phyteuma	0	1	0	0	1	1	0	8	0	0	0	5	0	0	0
Campanulaceae undiff.	0	0	0	2	0	3	10	0	4	3	2	2	0	0	0
Caryophyllaceae undiff.	2	6	1	0	0	3	7	6	8	5	4	0	1	2	0
Centaurea cyanus	4	10	8	10	2	4	6	9	10	5	3	1	2	7	1
Centaurea jacea	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Centaurea scabiosa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0
Chenopodiaceae	8	9	9	6	4	4	9	5	4	1	7	1	2	9	4
Cichorioideae	16	19	20	42	12	31	20	31	27	26	36	6	7	17	3
Cornus suecica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuscuta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyperaceae	7	5	8	2	23	4	5	3	5	11	4	6	7	9	2
Daucus type	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dianthus type	0	3	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	5	1	0
Dipsacus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14/57	14/60	14/63	14/66	14/69	14/78	14/73	14/97	14/92	14/87	14/82	14/108	14/102	14/118	14/126
Dryopteris type	2	6	1	0	2	5	6	10	7	8	9	6	0	2	3
Empetrum nigrum	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Euphorbia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Fabaceae undiff.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Filipendula	0	0	4	0	0	3	1	11	1	2	20	1	2	0	0
Fagopyrum	5	13	8	10	6	8	6	22	17	7	24	2	2	0	0
Galium	0	0	1	1	1	2	2	4	1	1	3	0	1	0	1
Gentiana subs. Gentianella	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Genista type	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gypsophila	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hedera helix	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
Helianthemum	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hordeum	8	11	15	27	6	27	18	31	16	16	21	23	29	13	4
Hordeum/Sacele	25	18	8	19	5	13	22	17	24	14	23	17	15	21	12
Hordeum/Triticum/Avena	8	5	1	0	2	3	3	4	9	4	1	1	1	7	5
Humulus/Cannabis type	159	123	229	367	175	9	6	8	5	12	16	7	2	0	1

udstående pore															
Humulus/Cannabis type	233	208	398	471	229	61	44	36	32	65	64	58	7	3	3
flad pore															
Jasione montana	0	0	0	2	1	1	1	1	2	6	8	0	3	3	0
Lathyrus/Vicia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Linum catharticum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lonicera periclymenum	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lychnis type	0	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Mentha type	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Ononis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papaver argemone	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Plantago lanceolata	22	22	8	15	3	18	23	42	26	17	20	10	8	3	8
Plantago major	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Plantago major/media	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	5	4	0
Plantago maritima	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0
Poaceae undiff.	159	183	193	193	77	139	139	139	189	136	175	157	186	284	141
Polygonum aviculare	5	9	5	13	11	10	10	4	14	7	8	3	8	3	0
Polygonum convolvulus	0	11	1	10	0	6	6	6	2	3	5	3	4	1	0
Polygonum persicaria type	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Potentilla	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	1
Prunus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pteridium	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pulmonaria type	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Pulsatilla	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0
Ranunculus acris type	5	8	2	0	4	4	7	3	8	20	4	3	2	1	1
Rhamnus cathartica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhinanthus type	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	14/57	14/60	14/63	14/66	14/69	14/78	14/73	14/97	14/92	14/87	14/82	14/108	14/102	14/118	14/126
Rumex acetosa	13	19	10	9	7	47	52	41	28	46	40	40	50	13	4
Rumex acetosella type	13	16	8	9	14	13	30	35	45	26	30	27	18	18	5
Rumex crispus type	0	1	1	2	0	4	1	0	0	2	2	1	0	0	1
Secale	25	28	35	33	35	26	20	29	23	28	25	18	31	29	6
Scleranthus annuus	0	1	0	5	0	1	1	2	0	2	4	0	0	0	0
Scleranthus perennis	1	3	0	2	1	1	0	3	2	1	1	0	0	1	0
Senecio type	2	8	2	6	3	6	7	2	5	4	6	3	2	6	1
Solanum nigrum	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Succisa pratensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trifolium undiff.	3	2	2	0	2	2	1	1	3	1	2	4	7	2	0
Trifolium arvenses type	0	0	1	0	1	0	2	4	1	7	9	5	4	9	0
Trifolium pratense	0	0	0	0	0	1	0	1	1	5	6	6	13	0	1
Trifolium repens type	0	0	5	3	1	4	10	11	16	13	19	15	5	41	8
Urtica	6	7	0	2	9	0	3	4	1	3	6	4	8	4	7
ubestemt	40	27	23	23	0	21	22	26	35	12	21	25	17	37	23
i alt	867	883	1123	1398	722	635	672	728	774	685	847	583	538	758	559
Brown Lycopodium spores	473	347	317	358	299	376	430	350	465	373	412	360	353	710	514
Sphagnum	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Myriophyllum spicatum	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0
Myriophyllum verticillatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Typha latifolia	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7

BILAG 3. SEDIMENTBESKRIVELSE AF BOREKERNESEGMENTER

Kernesegment R1:

Kerne. Dybde under vandoverflade (længde)	Dybde i kernesegment	Sediment beskrivelse
R1 95-195 cm (76 cm)	100-24 cm (skredet sammen da meget blød sediment)	GYTJE, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -), spredte makrofossiler, meget fugtig og mudret, "ru" overflade. Lysere mørk brungrå grønlig.

Kernesegment R2:

Kerne Dybde under vandoverflade (længde)	Dybde i kernesegment	Sediment beskrivelse
R2 175-275 cm (99,5 cm)	99,5-41 cm	GYTJE, siltet, finsandet, kalkfri (HCl -), spredte stykker makrofossil, meget smattet, høj vandindhold. Ved 64,5-60,5 cm findes 3 mørke striber ca. 1,5 mm bred hver, svære at se pga. iltningsfænomen. Lys brungrå, mange mørke pletter (iltningsfænomen)
	41-0 cm	GYTJE, siltet, finsandet, kalkfri (HCl -), spredte stykker makrofossil, er lidt løsere end underliggende, "ru" overflade. Lys brungrå, mange mørke pletter (iltningsfænomen).

Kernesegment R3:

Kerne. Dybde under vandoverflade (længde)	Dybde i kernesegment	Sediment beskrivelse
R3 255-355 cm (99,5 cm)	99,5-0 cm	GYTJE, siltet, finsandet, kalkfri (HCl -), spredte makrofossiler, meget smattet, indeholder meget vand. Lyd brun, indeholder mange mørke pletter (iltningsfænomen), især ved 49-99,5 cm.

Kernesegment R4:

Kerne. Dybde under vandoverflade (længde)	Dybde i kernesegment	Sediment beskrivelse
R4 335-435 cm (100 cm)	100-0 cm	GYTJE, siltet, meget få sandkorn, kalkfri (HCl -), meget smattet, indeholder meget vand. Ved 65,5 cm træ/kul 2x2 mm. I øvre del en del makrofossiler. Lys brungrå med sorte pletter (iltningsfænomen).

Kernesegment A1:

Kerne. Dybde under vandoverflade (længde)	Dybde i kernesegment	Sediment beskrivelse
A1 356-555,5 (195,5 cm)	195,5-192 cm	GYTJE, leret, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -), få nister vivianit. Ved 93 cm lyst bånd på 1,5 cm. Øvre grænse jævn. Meget mørk brungrå.
	192-157,5 cm	GYTJE, leret, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -), spredte nister vivianit. Ved 88,5 cm zone med partikler af grus størrelse. Ved 77,5-75,5 område på 2x2 cm med spredte fingrus og meget vivianit. Øvre grænse nogenlunde jævn, svær at se pga. meget ens farver. Mørk brungrå.
	157,5-139 cm	GYTJE, leret, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -), nister vivianit, øvre grænse jævn. Mørk brungrå, lysets i bunden og bliver lidt mørkere opefter.
	139 -100 cm	GYTJE, leret, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -), nister vivianit. Bliver fugtigere opefter. Brungrå.
	100-0 cm	GYTJE, leret, siltet, lidt finsand, kalkfri (HCl -), meget få nister vivianit. En del vand i sedimentet – gas lommer. Mørk brungrå.

Kernesegment A2:

Kerne. Dybde under vandoverflade (længde)	Dybde i kernesegment	Sediment beskrivelse
A2 556-675,5 cm (119,5 cm)	119,5-99 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), spredte nister af vivianit. Mørk gråbrun.
	99-45 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), få spredte nister vivianit. Øvre grænse: svær at se der farver ikke er meget forskellige. Mørk gråbrun.
	45-39 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), nister af vivianit. Øvre grænse jævn. Lyseres mørk gråbrun
	39-12 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfrit (HCl -), nister af vivianit. Ved 35,5; 32, 5 smalle svagt mørkere bånd. Øvre grænse: forholdsvis jævn. Gråbrun.
	12-0 cm	GYTJE, leret, fin sand, silt, kompakt, kalkfri (HCl -), nister af vivianit. Lyseres mørk gråbund. (noget af materialet måske ikke hjemme her i lagfølgen).

Kernesegment B1:

Kerne. Dybde under vandoverflade (længde)	Dybde i kernesegment	Sediment beskrivelse
B1 556-745 cm (189 cm)	189-147,5 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -). Ved 89-80 cm nister vivianit. Ved 82-48 cm spredte hvide nister. Ved 48,5 cm krystaller, nok gips dannet i kølerum pga. fugt (indpakning var meget fugtig). Øvre grænse: glider langsom over i det overliggende lags lysere farve. Meget mørk gråbrun.
	147,5-99,5 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), måske lidt mere ler end i underliggende lag, små nister af vivianit. Ved 18-7,5 cm mange små nister vivianit. Spredte hvide nister, flest mellem 48-35,5 cm. Lidt mørk brungrå.
	99,5-42 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -). Ved 61-58 cm stykke af træ med vivianit. Øvre grænse meget jævn, svær at se pga. farver. Mørk brungrå.
	42-36 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), spredte nister af vivianit. Øvre grænse: jævn. Lysere mørk brungrå.
	36-0 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), spredte nister af vivianit, få spredte nister af hvid materiale. Ved 10-7 cm sten, evt. flint, min 3x1,5 cm stor.

Kernesegment B2:

Kerne. Dybde under vandoverflade (længde)	Dybde i kernesegment	Sediment beskrivelse
B2 756-847,5 cm (91,5 cm)	91,5-71,5 cm	LER, siltet, lidt finsand, kalkfri (HCl -), kompakt. Øvre grænse: glider over i overliggende lag. Lys grågrøn
	71,5-62,5 cm	LER, siltet, lidt fint sand, kompakt, kalkfri (HCl -), overgangszone hvor størstedelen af sedimentet ligner det underliggende, men der er nedtrukne linjer (bøjet) af det overliggende i det. Øvre grænse: erosiv, klaster af dette lag findes i bunden af overliggende lag. Lys grågrøn.
	62,5-32 cm	LER, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -), kompakt. Meget få nister vivianit. Ved 45,5-35 cm hvide nister. Ved 35; 50,5; 41; 40,5 cm partikler der er omgivet af rustfarvet sand. Øvre grænse: ujævn, dele af overliggende lag trukket ned (som slangetunge). Mållens gråbrun.
	32-0 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -), smuldre nemt – men kompakt. Ved 22,5 og 14,5 cm rustfarvede partikler. Mørk gråbrun.

Kernesegment C1:

Kerne. Dybde under vandoverflade (længde)	Dybde i kernesegment	Sediment beskrivelse
C1 345-540 cm (195 cm)	195-172 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -). Få spredte nister vivianit. Ved 74,5-77,5 cm træstykker og grus (min. 3 mm i diameter). Øvre grænse: forholdsvis jævn, svær at se pga. farve, ligger lidt skrå i sediment. Mørk Brungrå
	172-155 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kalkfri (HCl -), nister vivianit. Øvre grænse: nogenlunde jævn, svær at se pga. farve, ligger lidt skrå i sedimentet. Lysere mørk brungrå
	155-144,5 cm	GYTJE, finsandet, siltet, leret, kalkfri (HCl -), nister af vivianit. Øvre grænse: jævn, ligger skrå i sedimentet. Mørk brungrå.
	144,5-100 cm	GYTJE, finsandet, siltet, leret, kalkfri (HCl -), små spredte nister vivianit. Ved 28 cm træstykke ca. 4x2 mm – blå af vivianit. Brungrå
	100-78 cm	GYTJE, finsandet, siltet, leret, kalkfri (HCl -), få nister vivianit. Ved 88 cm sten på min. 5x5 mm. Øvre grænse: meget jævn. Lysere mørk brungrå.
	78-0 cm	GYTJE, siltet, leret, finsandet, kalkfri (HCl -), spredte nister vivianit, bliver mere gas og vandholdig opefter. Ved 4-0 cm store nister vivianit, dette kan dog være materiale der ikke høre til her i lagfølgen. Brungrå.

Kernesegment C2:

Kerne. Dybde under vandoverflade (længde)	Dybde i kernesegment	Sediment beskrivelse
C2 Bund 545-688,5 (143,5 cm)	143,5-118,5 cm	SILT, finsand, kompakt, kalkfri (HCl -). Ved 39-40 cm mere sandet linse. Øvre grænse: grænser til overliggende med lyst ikke grønlig bånd – 1,5-2 mm bred. Grå(brun)-grønlig.
	118,5-111,5 cm	Ler, siltet, finsandet, kompakt, kalkfri (HCl -). Øvre grænse svær at se, glider over i mere grovkornet. Grå(brun)-grønlig.
	111,5-100 cm	SILT, sandet, kompakt, kalkfri (HCl -), smuldre meget nemt i flager. Grå(brun).
	100-93,5 cm	GYTJE, finsandet, tiltet, kompakt, kalkfri (HCl -), træstykke med vivianit, smuldre meget. Ved 100-99 cm partikel 2x2 cm. Øvre grænse ujævn, eroderes, træstykke lige under grænse. Meget mørk brungrå.
	93,5-85 cm	SAND, (kompakt), kalk (HCl +), ved underside strækker dele af underliggende sig op i sandet – dette indeholder vivianit. Ved 86,5 cm stykke kul (sort træ) 0,5x0,5 cm. Øvre grænse meget ujævn, erosion?, materiale op i overliggende lag.
	85-52 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), nister af vivianit – især i bunden, bliver mere finkornet opefter. Ved 80,5; 78; 75; 69 cm liner/områder med sand (ligner underliggende og bruser svagt ved HCl). Øvre grænse svær at se, løbene farveovergang, men laget overover smuldre mindre. Meget mørk brungrå.
	52-4 cm	GYTJE, lidt finsand, siltet, finere end underliggende lag, kompakt, kalkfri (HCl -), spredte nister vivianit. Øvre grænse meget svær at se. Lysere mørk brungrå.
	4-0 cm	GYTJE, finsandet, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), smuldre let, mørk brungrå.

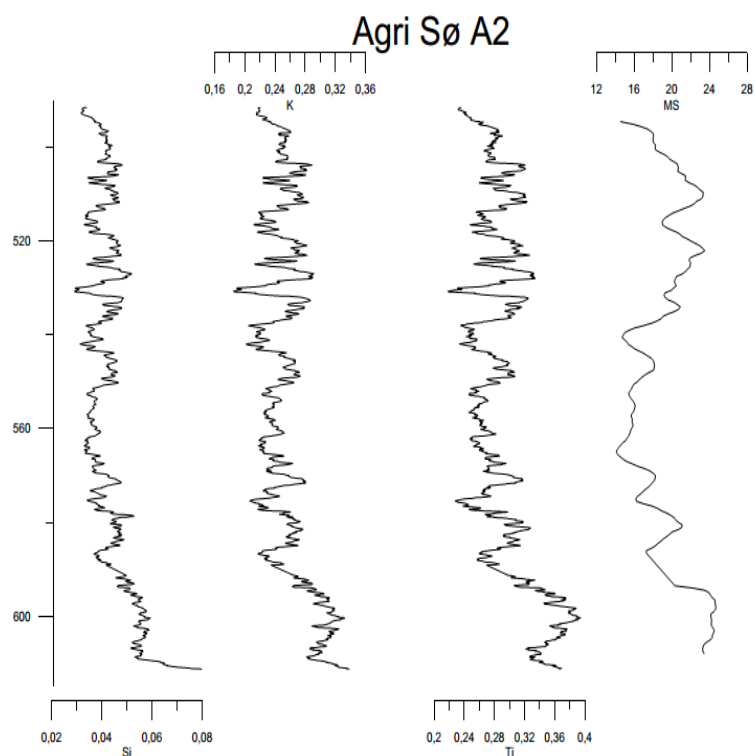
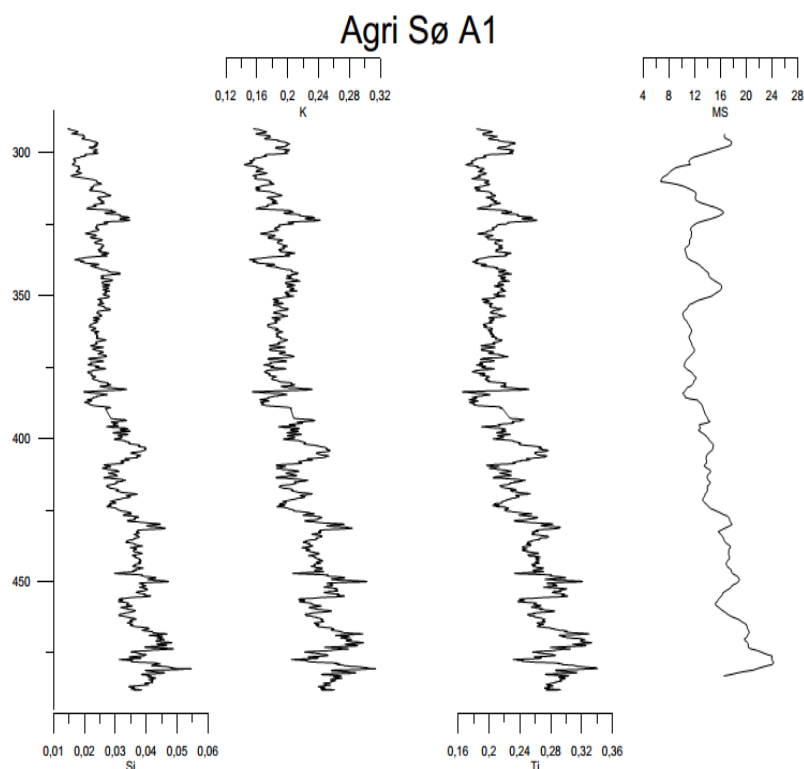
Kernesegment D1:

Kerne. Dybde under vandoverflade (længde)	Dybde i kernesegment	Sediment beskrivelse
D1 406-551,5 cm (145,5 cm)	145,5-142 cm	GYTJE, leret, finsandet-siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), spredte små nister vivianit. Øvre grænse meget jævn. Meget mørk gråbrun
	142-99,5 cm	GYTJE, leret, finsandet-siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), spredte små nister vivianit. Mørk gråbrun
	99,5-83 cm	GYTJE, leret, finsandet-siltet, kalkfri (HCl -). Meget mørk gråbrun.
	83-0 cm	GYTJE, leret, finsandet-siltet, kalkfri (HCl -), få spredte nister vivianit. Meget vand i sediment. Ved 47-0 cm små linser af vand. Mørk gråbrun.

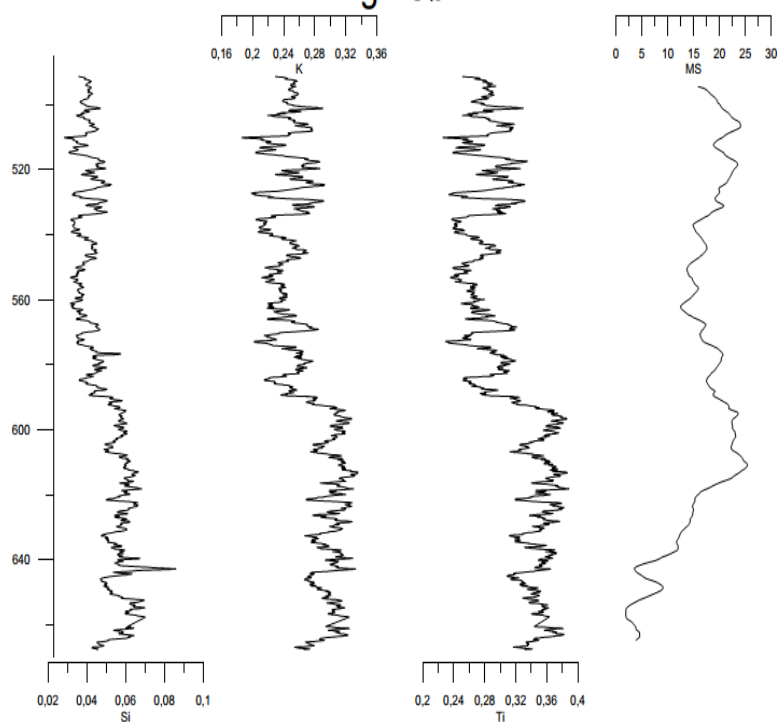
Kernesegment D2:

Kerne. Dybde under vandoverflade (længde)	Dybde i kernesegment	Sediment beskrivelse
D2 606-792 cm (186 cm)	186-176,5 cm	LER, siltet, kompakt, Kalkfri (HCl -), små nister vivianit, grålig brun. Øvre grænse: ujævn, erosiv, forløber over 1,5 cm.
	176,5-161,5 cm	GYTJE, finsandets leret, kompakt, med kluster af nedenfor liggende lag der er op til 1 cm i diameter, kalkfri (HCl -). Ved 72-71 cm sandet linse. Ved 76 cm 3 mm grus partikel (Q). Ved 71-70 cm nister af vivianit. Meget mørk gråbrun.
	168,5-153 cm	Øvre grænse meget jævn. GYTJE, finsand, siltet, kompakt, kalkfri (HCl -), nederst enkelte nister vivianit. Ved 69 cm lille stykke træ. Ved 58 cm linse gytjeholdig finsand. Meget mørk gråbrun
	153-99 cm	GYTJE, svag siltet, kompakt, leret, spredte nister af vivianit. Meget mørk gråbrun.
	99-0 cm	GYTJE. Finsand-siltet, kalkfri (HCl -), kompakt, spredte små nister vivianit. Nederst små linser af lys materiale. Ved 88 cm smalt lyst bånd. Brungrålig, bliver lysere ved iltning.

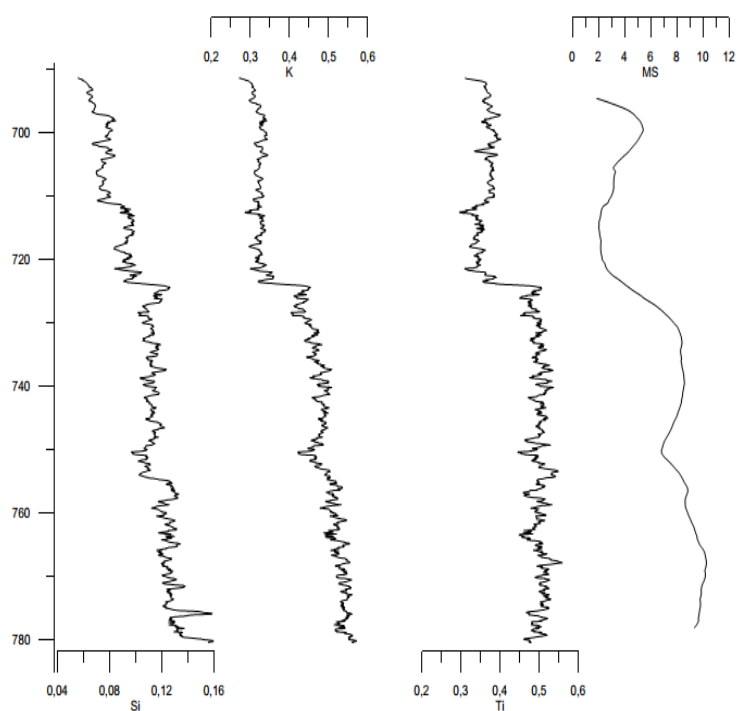
BILAG 4. GRAFER TIL SAMMENLIGNING AF KERNESEGMENTER



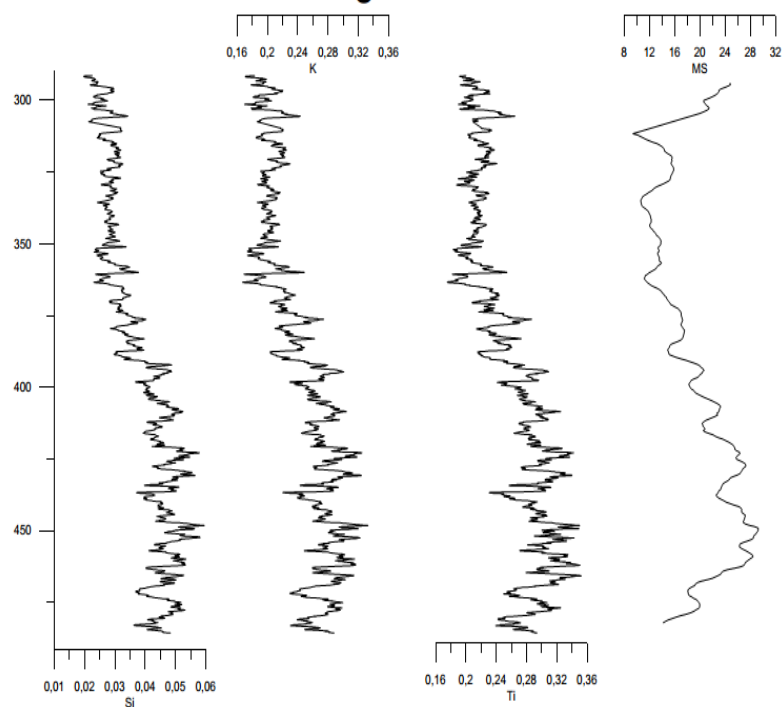
Agri Sø B1



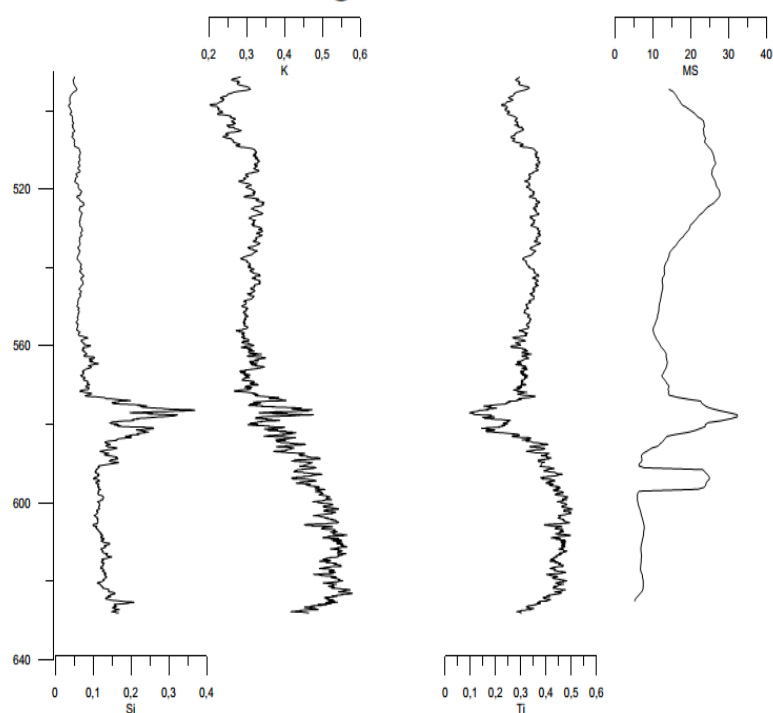
Agri Sø B2



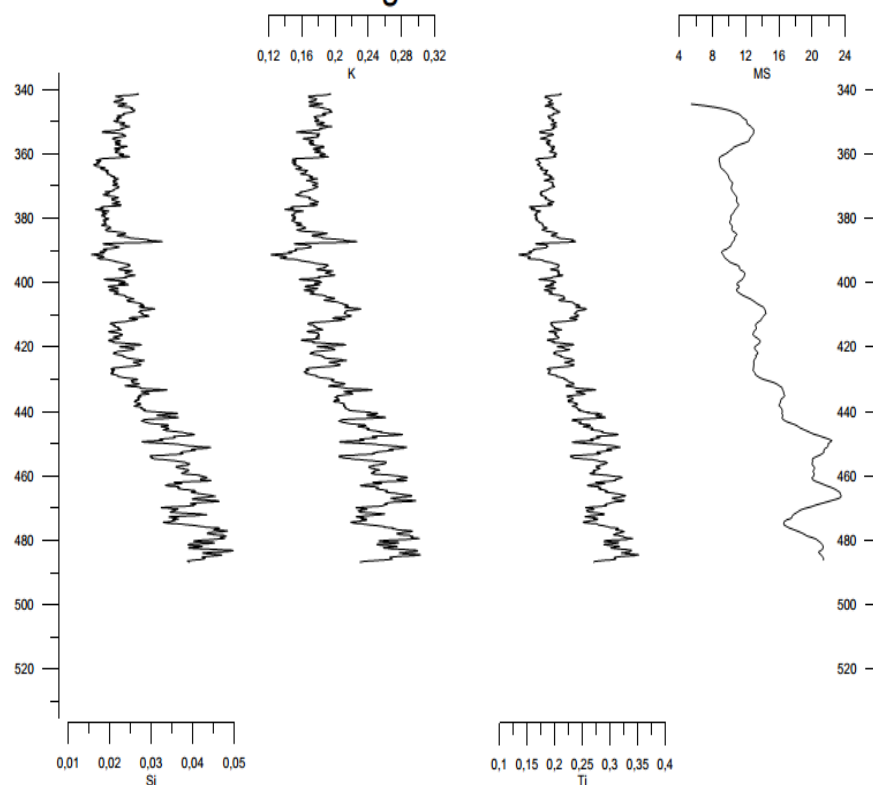
Agri SØ C1



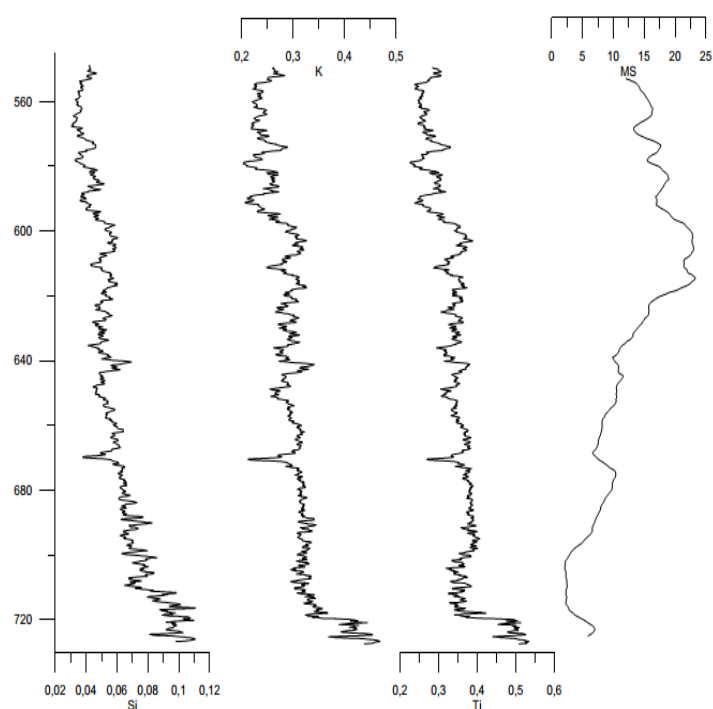
Agri SØ C2



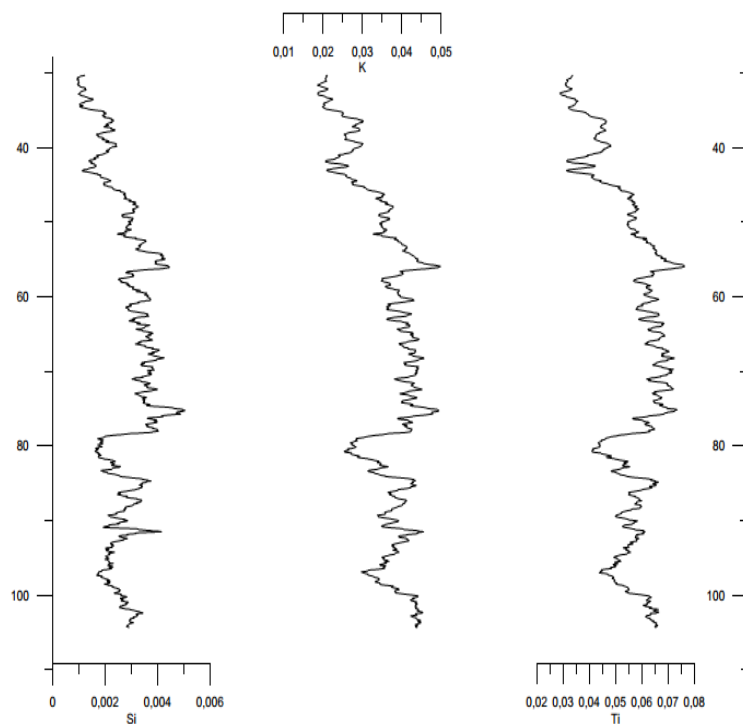
Agri Sø D1



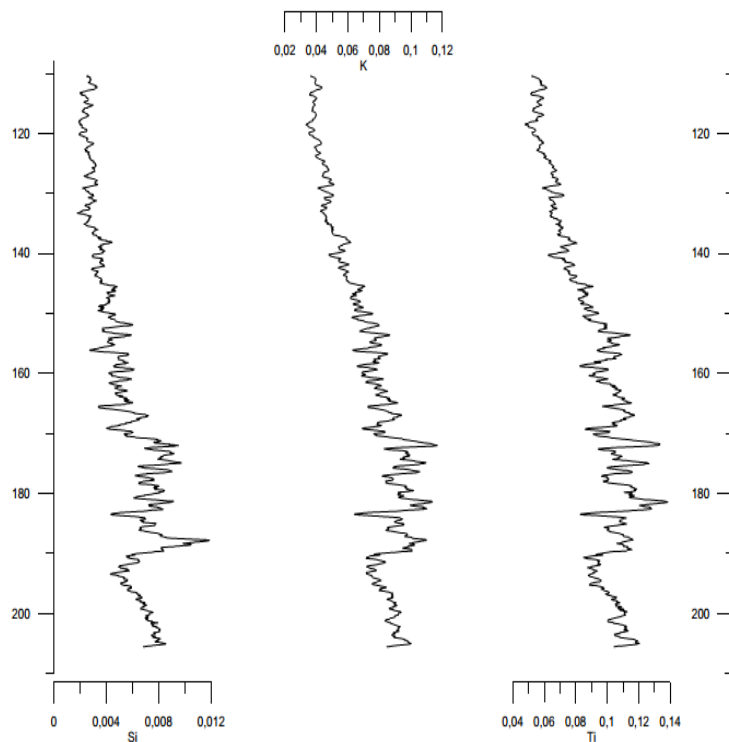
Agri Sø D2

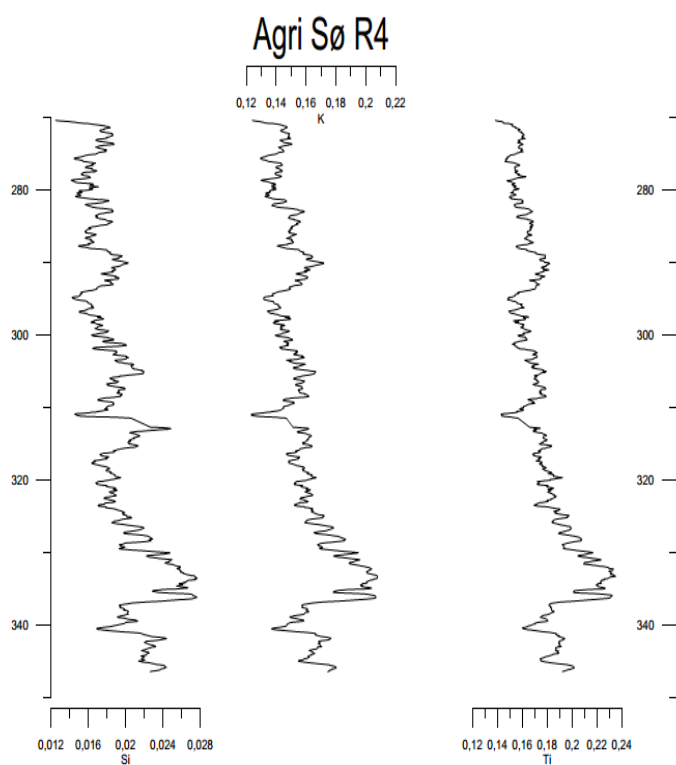
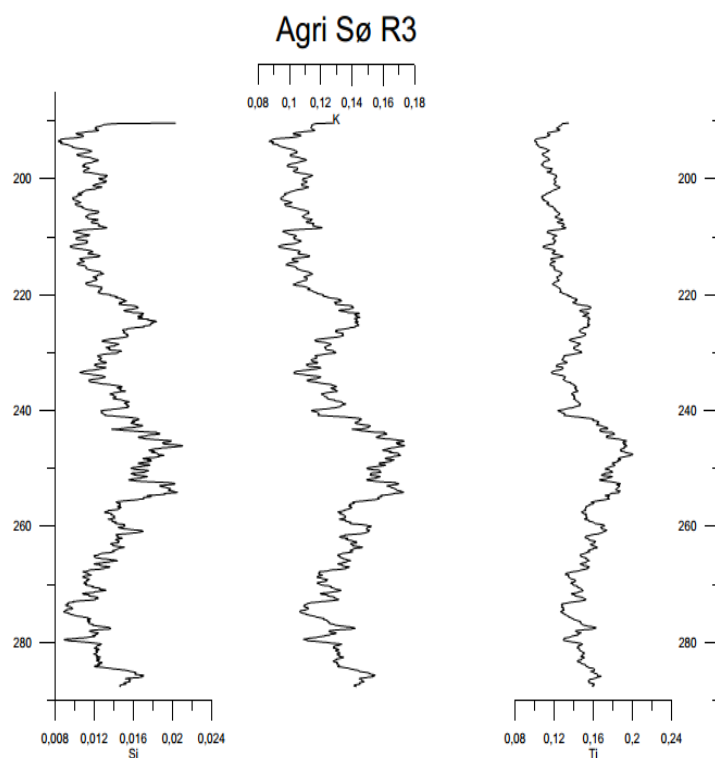


Agri Sø R1



Agri Sø R2





BILAG 5. VÆGT AF POLLENPRØVER

Pollenprøver	Tørvægt af 2 cm ³ prøver (g)	Tørvægt af præparerede prøve prøver (g)
14/1	1,5021	0,2002
14/4	1,8078	0,1198
14/9	1,5752	0,1273
14/12	1,4274	0,1216
14/15	1,3383	0,1264
14/20	1,3508	0,1531
14/23	1,3301	0,1112
14/27	1,0285	0,1267
14/32	1,0251	0,1125
14/35	1,1785	0,1168
14/38	1,0939	0,1436
14/41	1,0507	0,1424
14/43	1,0501	0,1093
14/47	1,1398	0,1187
14/52	1,1062	0,1822
14/57	0,9115	0,1268
14/60	0,7602	0,1166
14/63	0,6585	0,1212
14/66	0,7123	0,1095
14/69	0,7628	0,1225
14/78	0,6622	0,1142
14/73	0,7192	0,1233
14/97	0,4486	0,1112
14/92	0,5828	0,1167
14/87	0,6591	0,1121
14/82	0,6021	0,1124
14/108	0,2604	0,096
14/102	0,519	0,1044
14/118	0,2473	0,0769
14/126	0,1484	0,0558

BILAG 6. BORINGSRAPPORT AGRI VANDBORING



De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland

Udskrevet 19/5 2014 Side 1

BORERAPPORT

DGU arkivnr: 80. 9

Borested : Agri, Vrinner
8420 Knebel

Kommune : Syddjurs
Region : Midtjylland

Boringsdato : 1/12 1914

Boringsdybde : 37,8 meter

Terrænkote : 98 meter o. DNN

Brøndbore : K.B. Larsen, København F

MOB-nr :

BB-journr :

BB-bornr :

Prøver

- modtaget :

- beskrevet :

- antal gemt :

Formål : Vandforsyningsboring

Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor

Boremetode :

Kortblad : 1315 IISV

UTM-zone : 32

UTM-koord. : 594370, 6232752

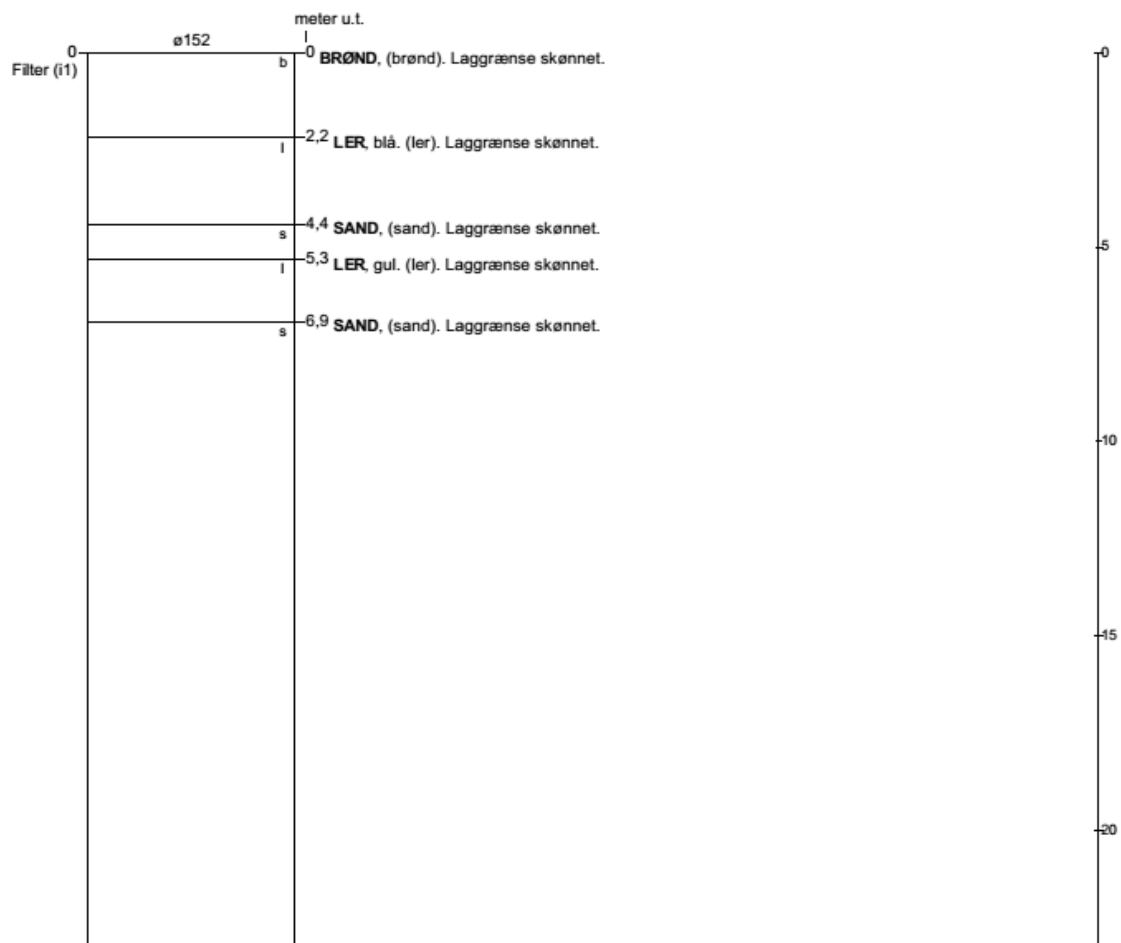
Datum : EUREF89

Koordinatkilde : Amt

Koordinatmetode :

Indtag 1	(seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
	(første)	27,4 meter u.t.	23/5 1985			
		27 meter u.t.	1/12 1914			

Notater : Alb. Larsen (=I tørrig ?)



fortsættes..



BORERAPPORT

DGU arkivnr: 80. 9

