

**Kort sammendrag av de viktigste resultatene i Sergii Shyika, 2017  
«Long-term development in Lake Øyeren studied by  
paleolimnological method» Master Thesis - NMBU**

**Gunnhild Riise og Thomas Rohrlack – Fakultet for miljøvitenskap og  
naturforvaltning, NMBU**

**Målsetning:**

Målsetningen med sediment-undersøkelsen i Øyeren har vært å rekonstruere innsjøens utvikling i vannkvalitet over tid mhp:

Partikkelinnhold målt som sedimenteringshastighet

Primærproduksjon basert på pigmentanalyser

Forurensing av tungmetaller fra nedbørfeltet og atmosfæriske langtransporterte kilder

**Konklusjon:**

På grunnlag av radiometrisk datering, kan de undersøkte sedimentsøyene dateres tilbake til 1960. Øyeren ligger i et vassdrag sterkt påvirket av erosjon og stor partikkeltransport. Dette bidrar til høy sedimenteringshastighet og god tidsopløsning. Imidlertid kreves lange søyler for å få informasjon om forhold lang tilbake i tid. I dypbassenget til Øyeren ble den generelle sedimenteringshastigheten bestemt til 0,5-0,7 g cm<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup> eller ca 11 mm år<sup>-1</sup>. Dette er høyt sammenlignet med andre innsjøer som også ligger under marin grense, slik som Øyeren (f.eks. Årungen med sedimenteringshastighet 7-8 mm år<sup>-1</sup>). Med tilgjengelig utstyr og valgt prøvested var det ikke mulig å komme lenger tilbake i tid enn 1960-tallet. For å oppnå informasjon av eldre dato, kreves enten lengre søyler eller lokalisering av et egnet prøvested med lavere sedimenteringshastighet.

Øyeren har et enormt nedbørsfelt, så eventuelle lokale kilder til forurensing vil bli jevnet ut, og trendene som kommer fram på grunnlag av sedimentanalysene gir et integrert bilde av hele nedbørsfeltet. Lokal bekkeforurensing, vil derfor ikke kunne spores i sedimentene.

Regelmessige flom og vannstandsreguleringer synes i liten grad å påvirke sedimenteringshastigheten i dypbassenget av Øyeren. Oppstrøms prøvetakingspunktet, er sedimenteringsforholdene annerledes.

Primærproduksjonen, bestemt på grunnlag av bevarte karotenoider og klorofyll i innsjøsedimentene, har en stabil utvikling i perioden som er dekket av sediment-undersøkelsen. Primærproduksjonen er stort sett på samme nivå som i begynnelsen av 1960-tallet; følgelig ingen signifikant endring innenfor tidsperioden som er studert. Primærproduksjonen i Øyeren er i stor grad begrenset av lys, både p.g.a. høy partikkeltetthet og et dypt sprangsjikt under vekstperioden (fytoplankton blandes ned

til dype og mørke vannlag). Leirpartikler skjærer for lys og reduserer fotosynteseaktiviteten til alger, og holder primærproduksjonen på et lavere nivå enn i klarvannssjøer med tilsvarende konsentrasjoner av næringsstoffer. En annen viktig ting er rask vanngjennomstrømning (teoretisk oppholdstid 20 dager). Rask vannutskiftning, reduserer netto veksthastighet til fytoplankton p.g.a. fortykning. Øyeren ligner i stor grad på en elv, hvor akkumulering av fytoplankton begrenses på grunn av rask gjennomstrømning.

Den markant økningen i sedimenteringshastighet og pigmenter i 1970-1972 er temporær og skyldes trolig intern forflytting av sedimenter.

Generelt er det et avtak i sporelementer (Hg, Cd, Cu, Pb og As) samt svovel i sedimentene siden 1960. En periode med signifikant økning skyldes en periode med intern forflytting av sedimenter. I følge multivariate analyser transporteres sporelementene i hovedsak bundet til leirmateriale og ikke humuspartikler. Sporelementene og svovel har mest sannsynlig sin opprinnelse i antropogene atmosfæriske avsetninger og oppstrøms kilder i nedbørfeltet (industri og gruvedrift). Reduserte antropogene utslipp (sur nedbør, industriutslipp mm) synes å ha en virkning som kan spores i sedimentene. Sedimentene er sterkt preget av uorganisk finmateriale (leirpartikler) med lavt organisk innhold. Likevel ser vi en trend med økende innhold av organisk materiale (LOI, og Tot. C) etter 1980-tallet, slik som det også er observert for flere andre innsjøer i Norge. Redusert sur nedbør er antatt å være en viktig driver for økningen i organisk materiale.

### **Prøvetaking og analyser:**

To sedimentkjerner (60-62 cm lengde) ble tatt på 65 m dyp i Øyeren med en Uwitec-gravity sediment corer i august 2016 (i.d 6 cm). Stedet representerer et relativt flatt område av dypbassenget i sørlige deler av Øyeren (Fig. 1). Sedimentkjernene ble sjiktet i 1cm lag, og frysetørket før videre analyse av glødetap samt pigment- (Thrane et al. 2015) og elementsammensetning (Cu, As, Cd, Cs, Hg, Pb, Al, Ca, Fe, K, Mn, Na, P, S, C og N). Videre ble tørkede og homogeniserte prøver sendt til radiometrisk aldersbestemmelse ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  og  $^{241}\text{Am}$ ) ved The Environmental Change Research Centre, University College London.

### **Resultater og diskusjon:**

Sedimenteringshastigheten har vært relativt konstant i perioden 1960-2016, og varierer generelt mellom  $0,5-0,7 \text{ g cm}^{-2} \text{ år}^{-1}$ , med noen unntak (Fig. 2 og 3). Ved slutten av 1980-tallet økte sedimenteringshastigheten til  $1 \text{ g cm}^{-2} \text{ år}^{-1}$ , og rundt 1970 tallet til ekstremverdien  $2 \text{ g cm}^{-2} \text{ år}^{-1}$ . Den ekstreme økningen i sedimenteringshastighet antas å skyldes utglidning av toppsedimenter som har lagt seg over tidligere avsatte sedimenter i dypbassenget. På denne måten ble pigmenter og andre elementer som var konsentrert i toppsedimentet konserververt/akkumulert i et tykkere lag i dypere deler av innsjøbassenget. Denne akkumuleringen reflekterer derfor ikke økte konsentrasjoner i Øyerens vannmasser. Årsaken til utglidningen/raset kan skyldes menneskelig påvirkning i nedbørfeltet (vannkraft reguleringer) eller flom/lokale ras i nedbørfeltet.

Tørrvekten i sedimentet utgjør ca 50 %, med en maks verdi på 57 % i 1967-1968, og et minimum på 48 % i 1970. Trenden viser deretter et lite avtak mot toppen av sedimentsøyla (Fig. 3). Glødetap viser generelt et inverst forløp av tørrvekt (Fig. 3), og samsvarer i stor grad med analysene av total karbon (Fig. 5). I følge multivariate analyser viser glødetap, total karbon (C) og nitrogen (N) høy grad av korrelasjon med hverandre, og en negativ korrelasjon med tørrvekt. Glødetap, C og N viser lite samsvar med klorofyll, og er sannsynlig et uttrykk for alloktont organisk materiale som kommer fra nedbørfeltet. Sedimentet må generelt sies å være fattig på organisk materiale (glødetap 4-6 %).

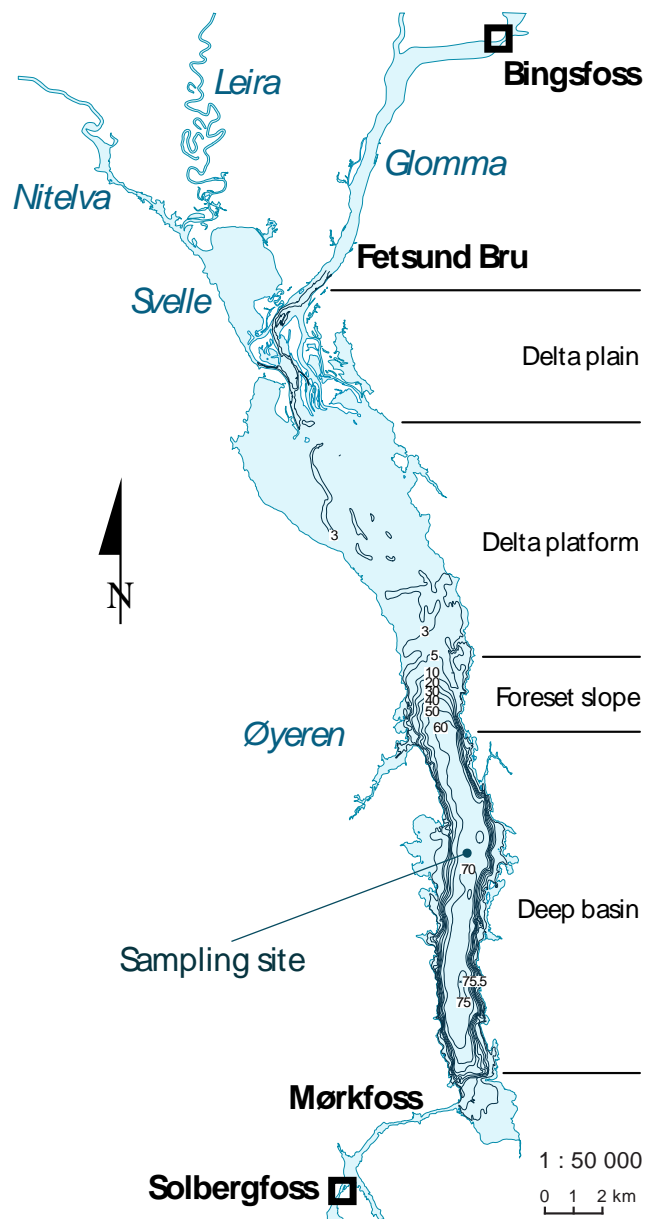
Klorofyllverdiene viser en ekstrem topp i 1970 ( $338 \mu\text{g cm}^{-2} \text{år}^{-1}$ ) i perioden med utglidning og høy sedimenteringshastighet, for deretter å være relativt konstant ( $50-75 \mu\text{g cm}^{-2} \text{år}^{-1}$ ). En økende trend etter 2005 må tolkes med varsomhet, da øverste delen av sedimentet representerer lite nedbrutt organisk materiale. Stor grad av lysbegrensing grunnet leirpartikler og høy vanntransport (teoretisk oppholdstid 20 dager) virker begrensende på algevekst, og bidrar til å redusere primærproduksjonen i Øyeren.

Svovel er karakterisert med relativt høye konsentrasjoner fra 1960-1973 ( $3 \text{ g kg}^{-1}$ ), fulgt av en periode med gradvis avtak ( $1-0,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Fig. 5). Dette mønsteret samsvarer med redusert avsetning av svovel (sur nedbør) etter 1970-80 tallet.

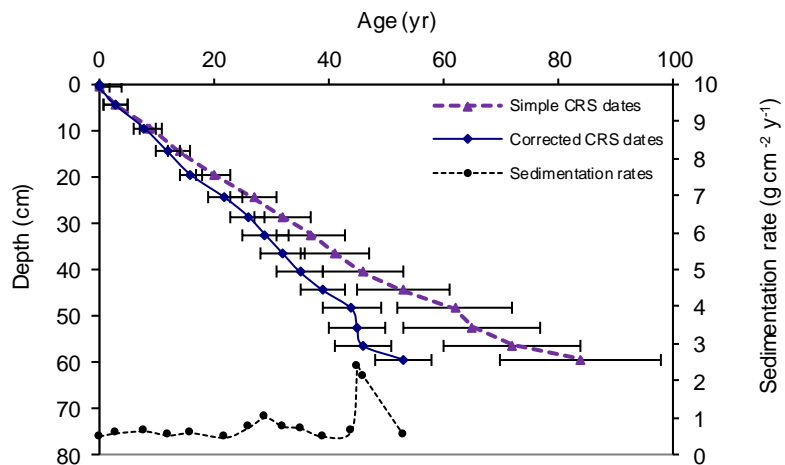
Spormetallene viser et generelt avtak med tiden etter et maksimum i perioden 1960-1970 tallet (Fig. 6). Kvikksølv (Hg) avtok fra  $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$  i 1963 til  $0,07 \text{ mg kg}^{-1}$  i 1973 og et ytterligere lite avtak til nåværende verdi på  $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ . Cd, As, Pb og Cu følger stort sett samme mønster. Multivariate analyser viser at sporelementene er lite korrelert med organisk materiale, og indikerer at sporelementene som er avsatt er bundet til uorganiske leirpartikler. Svovel viser sammenheng med sporelementene, noe som indikerer antropogene kilder, og i liten grad anoksiske forhold. Kildene til sporelementer/tungmetaller skyldes trolig atmosfæriske forurensinger og lokal kilder/industri nedbørfeltet (gruverdrift Røros, Mesna kartongfabrikk, mm)

#### Referanser:

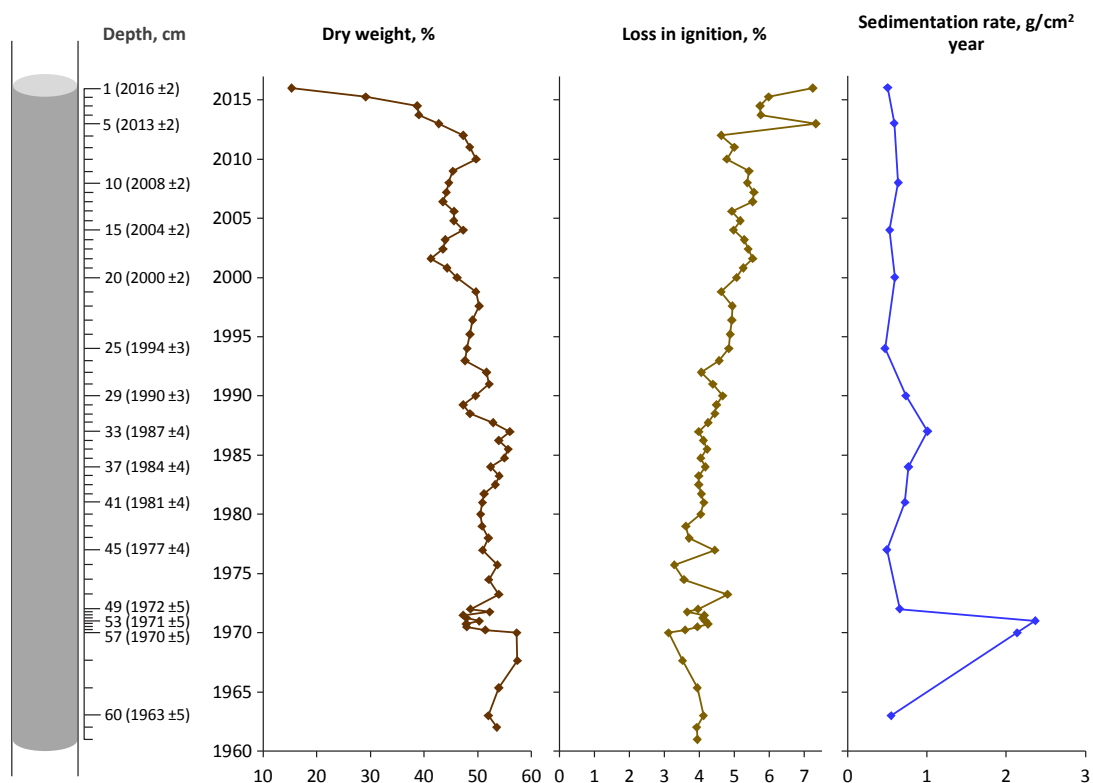
Thrane, J.E., Kyle, M., Striebel, M., Haande, S., Grung, M., Rohrlack, T. og Andersen, T. (2015). Spectrometric analysis of pigments: A critical assessment of a high-throughput method for analysis of algal pigment mixtures by spectral deconvolution. *PloS ONE*, 10(9).



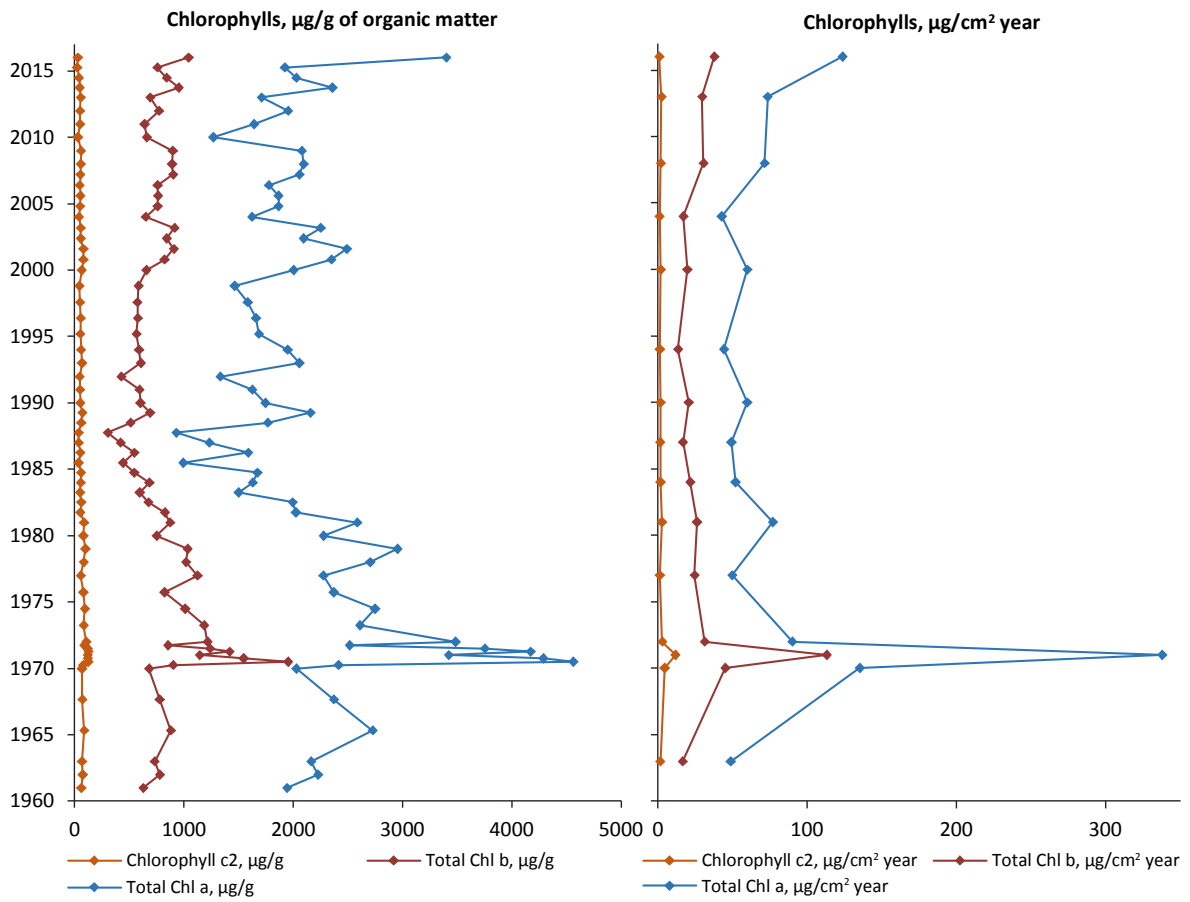
Figur 1. Dybdekart over innsjøen Øyeren med lokalisering av prøvested for sedimentanalyser.



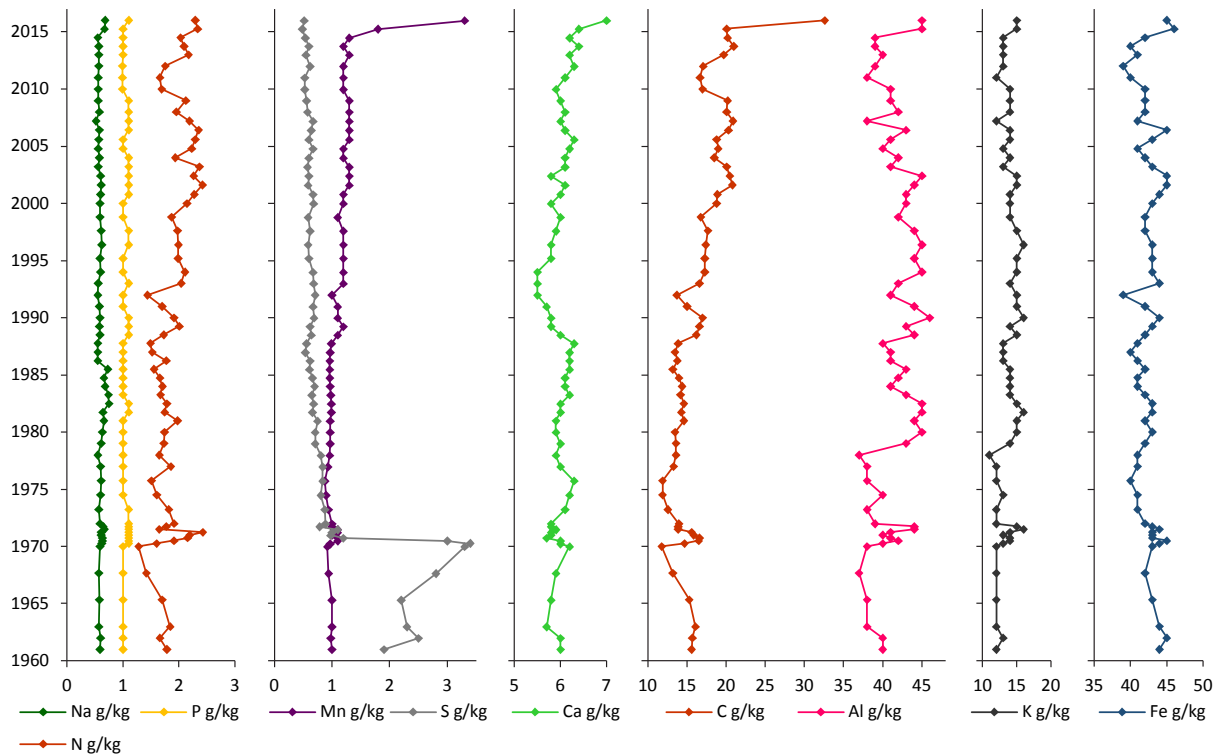
Figur 2. Radiometrisk datering av sedimentsøylen som viser bestemmelse av alder med Constant rate of supply (CRC) modellen ( $^{210}\text{Pb}$ ) samt sedimenteringshastighet.



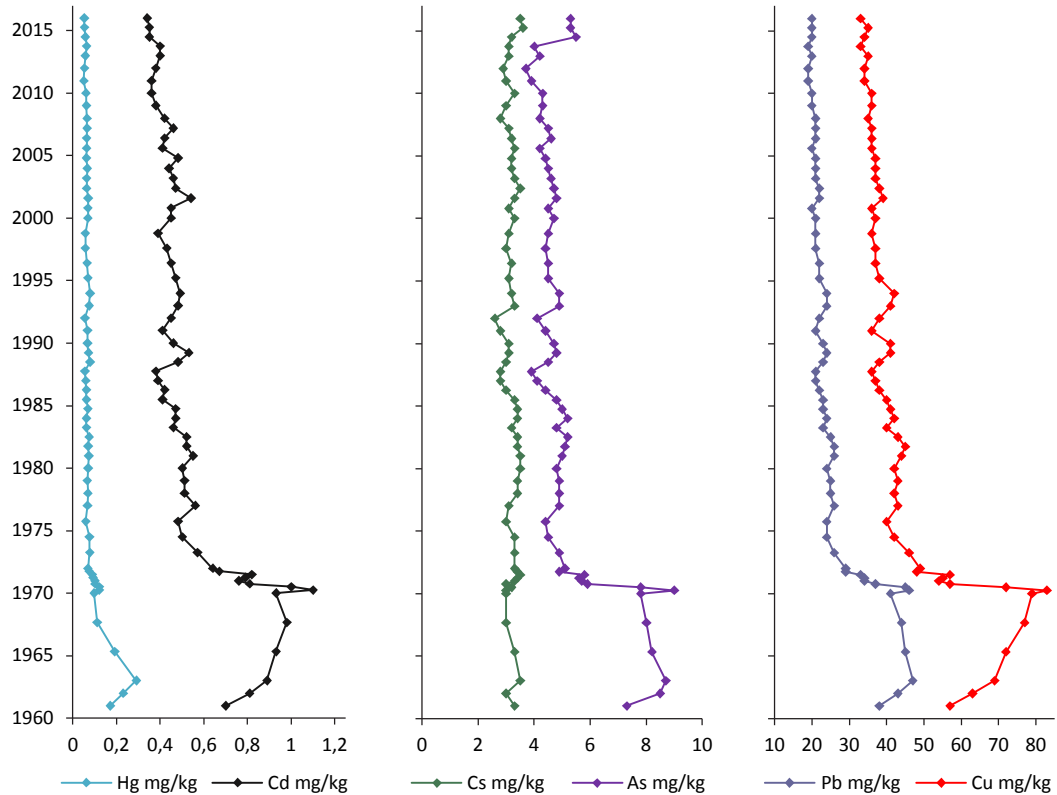
Figur 3. Dybde, alder og sedimentsammensetning av sedimentsøylen fra Øyerens dypbasseng med hensyn på tørrvekt (%), glødetap (%) og sedimenteringshastighet ( $\text{g cm}^{-1} \text{år}^{-1}$ ).



Figur 4. Målinger av klorofyll ( $\mu\text{g g}^{-1}$  organisk materiale) og ( $\mu\text{g g}^{-1} \text{år}^{-1}$ ) i sedimentkjerner fra dybbassenget i Øyeren.



Figur 5. Målinger av hovedelementer (Na, P, Mn, Ca, C, Al, K, Fe) i sedimentsøyle fra Øyerens dybbasseng.



Figur 6. Målinger av sporelementer (Hg, Cd, Cs, As, Pb og Cu) i sedimentsøyle fra Øyerens dybbasseng.