

KAPITTEL 2.2

HOLOCENE LANDHEVNINGSSTUDIER I SØNDRE VESTFOLD OG SØRØSTRE TELEMARK – REVIDERT KURVE

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

INNLEDNING

Dette er en fortsettelse av undersøkelsene av havnivåendringer knyttet til E18 Brunlanes-prosjektet (Sørensen et al. under utgivelse). Strandforskyvningskurven fra det prosjektet er gyldig for den eldste del av holocen, og den endte ved Napperødtjern på 31,5 moh., med C14-datering til 6315 ± 450 BP (Henningsmoen 1979). Denne lokaliteten er her prøvetatt og datert på nytt (lok. 5, fig. 2.2.2, 2.2.3 og 2.2.5). I tillegg er 6 andre lokaliteter fra ca. 30 moh. og nedover, tidligere publisert av Henningsmoen (1979), undersøkt med diatoméanalyser og C14-datert på nytt med akseleratormassespektrograf (AMS) på små prøver (lok. 6, 7, 9, 10, 11 og 12, fig. 2.2.2, 2.2.3 og 2.2.5). En ny lokalitet er undersøkt i forbindelse med E18 Bommestad-Skyprosjektet (lok. 1, fig. 2.2.2, 2.2.3 og 2.2.5), og en ny lokalitet (lok. 2, fig. 2.2.2, 2.2.3 og 2.2.5) skal publiseres (Soltvedt og Henningsmoen, under utgivelse). Tre nye lokaliteter (lok. 3, 4 og 8, fig. 2.2.2, 2.2.3 og 2.2.5) er undersøkt i forbindelse med Vestfoldbaneprojektet, og to lokaliteter (lok. 13 og 14, fig. 2.2.2, 2.2.3 og 2.2.5) som ble publisert av Sørensen et al. (2007), er også benyttet til revisjon av strandforskyvningskurven. For å knytte kurven sammen med strandforskyvningskurven som ble laget til E18 Brunlanes-prosjektet (Sørensen et al. under utgivelse), er fem tidligere beskrevne lokaliteter benyttet (Løkka myr, Kjeldemyr, Tjønnemyr, Solumdammen og Fossanetjern). Tre av disse er datert på nytt (fig. 2.2.6). Til sammen er dermed den nye kurven basert på 20 daterte nivåer. Tidligere har også Bjørg Stabell (1980) foretatt slike studier i området, men dateringene fra de lokalitetene har store standardavvik, og de er ikke benyttet i den nye kurven.

Berggrunn- og kvartærgeologi

Området ligger i den sørvestre del av Oslofeltet. De fleste lokalitetene ligger i larvikittkomplekset og én (lok. 8) i kalksteinsfeltet like øst for Skien (Sørensen et al. under utgivelse). De fleste lokalitetene ligger innenfor raet, i forsenkninger mer eller mindre fylt opp med marine leirer. Børsesjø ligger like sør for Ski-trinnet i innlandsisens avsmelting, som er

representert med Geitryggen nær Skien (fig. 2.2.3). Den marine grense ved Eidanger er ca. 150 moh. og ved Geitryggen ca. 147 moh. (Bergstrøm 1999; Jansen 1980). Når det gjelder generell informasjon om topografi og klima- og vegetasjonsutviklingen i holocen, henvises det til Sørensen et al. (under utgivelse).

FEM LOKALITETER FRA KURVE FOR SISTE DEL AVYNGRE DRYAS OG ELDSTE DEL AV HOLOCEN

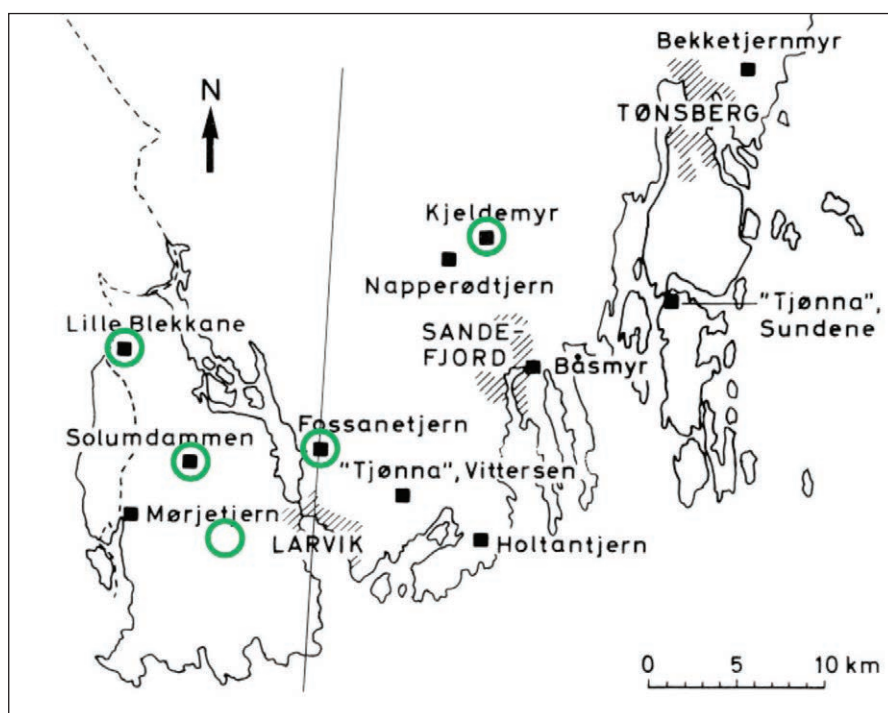
Som startpunkt for kurven som presenteres her, har vi på ny fått AMS-datert de tre lokalitetene Kjeldemyr, Tjønnemyr og Solumdammen (fig. 2.2.6). Disse er tidligere brukt i undersøkelsene av havnivåendringer knyttet til E18 Brunlanes-prosjektet (Sørensen et al. under utgivelse). I tillegg benytter vi tidligere publiserte dateringer fra Løkka myr og Fossanetjern (Sørensen et al. under utgivelse).

Den øverste av de to dateringene fra Kjeldemyr, fig. 2.2.4, er presentert av Sørensen et al. (under utgivelse). Dateringene er gjort på konvensjonell måte, den har et stort standardavvik, og den representerer 5 cm sediment. Den andre datering fra Kjeldemyr er en ny AMS-datering (fig. 2.2.4 og 2.2.6), og den er utført på 1 cm tykk prøve. Dateringene fra Tjønnemyr, Solumdammen og Fossanetjern er også utført med akselerator på 1 cm tykke prøver (fig. 2.2.6).

En C14-datering og en pollenanalytisk datering fra Løkka myr, 80 moh., er benyttet i den eldste delen av kurven (fig. 2.2.11a og b). Dataene er fra Sørensen et al. (under utgivelse). C14-dateringene ser ut til å være noe for gammel i forhold til innvandringen av hassel (*Corylus* – C°), som er vist som liten sirkel på fig. 2.2.11a.

Alle de fem diatomédiagrammene fra lokalitetene nevnt ovenfor viser en ganske lik og normal isolasjonssuksesjon fra marint til brakt og til ferskt miljø. Den brakke fasen varierer noe, men det kan blant annet skyldes variasjon i sedimentasjonshastigheter i de forskjellige bassengene.

Landhevingen i tidsrommet 10 500–10 000 BP, da disse 5 lokalitetene ble isolert, var forholdsvis



Figur 2.2.1. Lokalteter som er publisert av Henningsmoen (1979). Prosjeksjonslinjen gjennom Fossanetjern er orientert 3 grader øst. Lokaltetene som er markert med grønn ring, er også beskrevet i Sørensen et al. under utgivelse (det samme gjelder Tjønnemyr, under t i Mørjetjern). Nytt lokaliseringskart er vist på fig. 2.2.3.

Figure 2.2.1. Localities published by Henningsmoen (1979). The projection line through Fossanetjern is oriented 3 deg. east. The localities marked with green circle are also described in Sørensen et al. (in press). (The same applies to Tjønnemyr, under t i Mørjetjern). New map of localities is shown in fig. 2.2.3.

rask (ca. 3 cm/år, fig. 2.2.12), og det er forventet en forholdsvis kortvarig isolasjonsfase.

UNDERSØKTE LOKALITETER

Undersøkelsene er basert på 14 lokaliteter i Telemark og Vestfold (fig. 2.2.3). Data om lokalitetene er sammenfattet i tabellen figur 2.

Her presenteres bare de data som er nødvendige for å beskrive landhevingen. Lokalitetene, vegetasjonshistorien (med pollendiagrammer) og fullstendige diatoméanalyser blir beskrevet i en senere rapport (bind 3 i denne serie).

RADIOKARBONDATERINGER

Prøvematerialet fra Gunnarsrødmyr (lok. 3) er datert på ved, mens fra lokalitetene Halvarptjern (lok. 4), Napperødtjern (lok. 5), Børsesjø (lok. 8) og Refsholtjern (lok. 14) er det utført AMS-dateringer på løst fraksjon av findetritusgytje. Dateringene fra Holkekilmyren (lok. 13) og Refsholtjern (lok. 14) er tidligere publisert av Sørensen et al. (2007). De øvrige prøvene som er listet i fig. 2.2.5 og 2.2.6, er AMS-datert på løst fraksjon av ca. 1 cm tykke prøver av findetritusgytje fra overskuddsmateriale fra pollenanalysen. Disse prøvene har vært lagret i små prøveglass med forseglet kork i ca. 60 år. Samtlige prøver er tidligere konvensjonelt datert, ofte på tykke sedimentprøver og med store standardavvik (Henningsmoen 1979).

Fra undersøkelsene av havnivåendringer knyttet

til E18 Brunlanes-prosjektet (Sørensen et al. under utgivelse) har vi på nytt fått AMS-datert de tre lokalitetene Kjeldemyr, Tjønnemyr og Solumdammen (fig. 2.2.6). AMS-dateringene fra Tjønnemyr og Solumdammen overlapper med tidligere konvensjonelle dateringer fra samme lokalitet med ett standardavvik, mens dateringene fra Kjeldemyr overlapper innenfor to standardavvik. AMS-datering fra Tjønnemyr er litt for gammel, mens AMS-datering av Kjeldemyr er for ung i forhold til kurven på fig. 2.2.11b. Median av to standardavvik fra de konvensjonelle dateringene av Tjønnemyr og Kjeldemyr ligger på den venstre linjen i kurven på fig. 2.2.11b. AMS-datering fra Solumdammen tangerer den venstre (eldste) linjen på fig. 2.2.11b. Det er altså en del usikkerhet i kurveforløpet for den eldste delen av den nye, reviderte kurven.

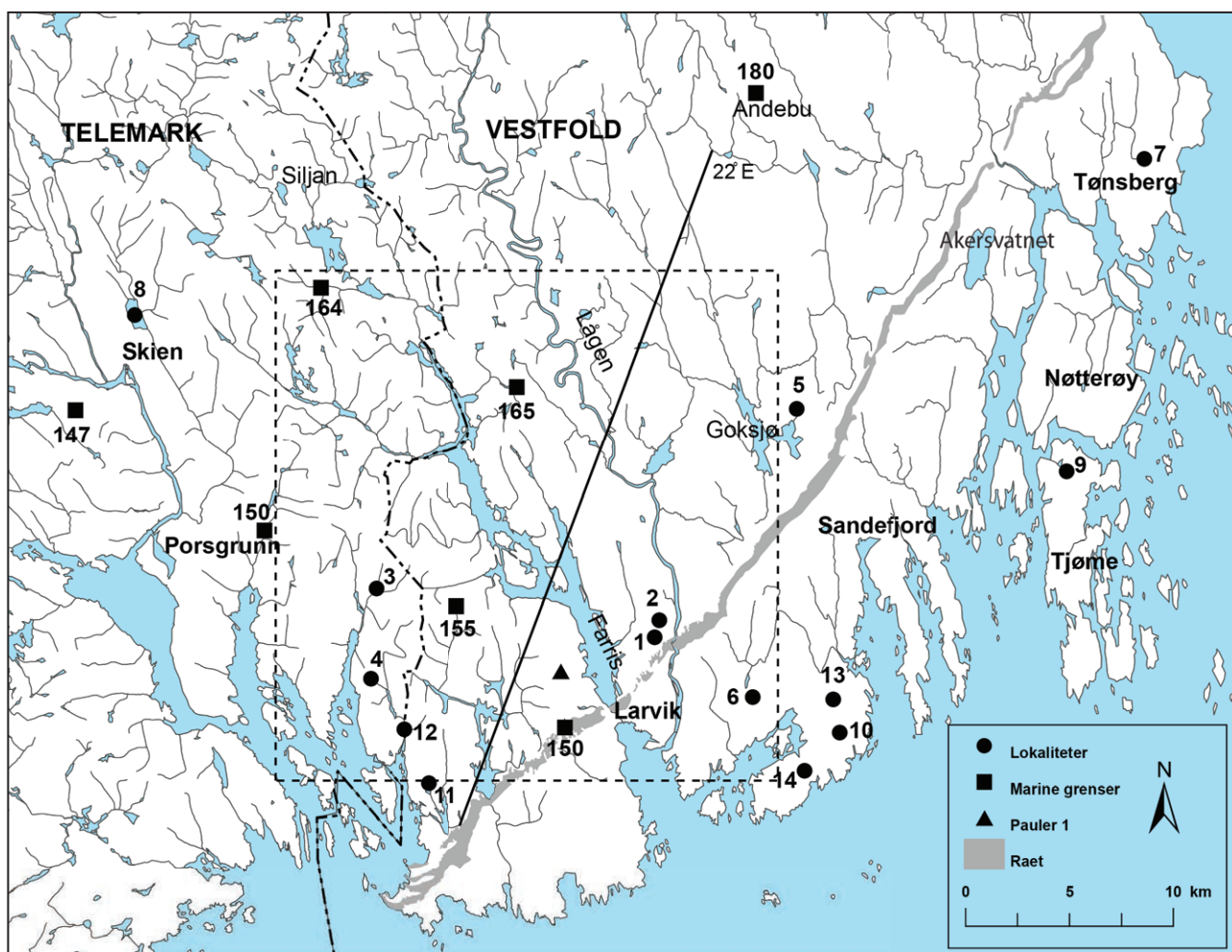
For Fossanetjern er det to konvensjonelle dateringer (Henningsmoen 1979) og én AMS-datering, som er identiske. I tillegg er det én datering av fiskeben fra samme lokalitet som overlapper med AMS-datering av gytjen. Vi regner derfor med at dateringene fra Fossanetjern og Nordbytjern (lok. 2; fig. 2.2.5 og 2.2.6) definerer en ganske sikker alder på nivåene 48–50 moh. på kurven (fig. 2.2.11b).

De nye AMS-dateringene er stort sett identiske med de tidligere konvensjonelle dateringer fra samme lokalitet (med ett unntak er begge sett med dateringer overlappende innenfor ett standardavvik). Det ser derfor ut til at den lange lagringen i

Lokalitet	Nord/øst	Innsamlet og beskrevet av	Prøvetaking	Analyse	Nedbørfelt, kvkm	Areal, daa	Korrigert terskel-høyde, m	Litteratur
Breimyr, Larvik (lok. 1)	6549193,97/559714,75	Innsamlet av Helge I. Høeg og beskrevet av Rolf Sørensen	Lokaliteten er undersøkt i 2012 i forbindelse med E18 Bommestad-Sky-prosjektet. Prøve tatt med middels stort russerbor.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Helge I. Høeg og Veronika Gälman.	0,32	30	54,9	Bind 3, denne serie
Nordbytjern, Larvik (lok. 2)	6549795,87/560407,00	Kari E. Henningsmoen	Lokaliteten ble prøvetatt med hillerbor i 1951, i kanten av tjernet.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Kari E. Henningsmoen.	0,35	1	48,3	Soltvedt & Henningsmoen, manus-kript 2013
Gunnarsrødmyr, Porsgrunn (lok. 3)	6552124,29/546690,47	Innsamlet av Per Persson, beskrevet av Rolf Sørensen	En monolitt på ca. 1,4 m lengde ble tatt ut av Per Persson ved utgraving i myren i 2011.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Helge I. Høeg og Veronika Gälman.	3,1	15	43,2	Bind 3, denne serie
Halvarptjern, Porsgrunn (lok. 4)	6548211,29/546425,84	Helge I. Høeg og Rolf Sørensen	Nær tidligere beskrevet lokalitet av Stabell (1976, 1980). Prøver innsamlet med stort russerbor fra is i 2011 i tjernets dypeste del.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Helge I. Høeg og Veronika Gälman.	0,51	37	35,9	Bind 3, denne serie
Napperødtjern, Sandefjord (lok. 5)	6561009,46/567142,88	Kari Henningsmoen, Helge I. Høeg og Rolf Sørensen	Prøvetakingen ble utført med hillerbor i 1951, i kanten av tjernet, og med stort russerbor i 2011 fra is i tjernets dypeste del.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Kari E. Henningsmoen, og senere av Helge I. Høeg og Veronika Gälman.	0,77	33	26,6	Bind 3, denne serie
Vittersøjtjern, Larvik (Tjølling) (lok. 6)	6547547,71/565012,65	Kari E. Henningsmoen	Prøvetakingen ble utført med hillerbor i 1951, i kanten av tjernet.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Kari E. Henningsmoen.	8,4	1 000	27,1	Bind 3, denne serie
Bekketjernmyr, Tønsberg (Slagen) (lok. 7)	6572847,64/583862,87	Kari E. Henningsmoen	Prøvetakingen ble utført med hillerbor i 1951.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Kari E. Henningsmoen.	0,9	260	19,5	Bind 3, denne serie

Børsesjø, Skien (lok. 8)	6565411,54/634994,97	Helge I. Høeg og Rolf Sørensen	Lokaliteten ble prøvetatt med middels stort russerbor fra båt i 2011.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Helge I. Høeg og Veronika Gälman.	26	61,0	15,3	Bind 3, denne serie
Tjønnå, Sundene, Tjøme (lok. 9)	6558444,5/579594,80	Kari E. Henningsmoen	Prøvetakingen ble utført med hillerbor i 1952, i kanten av tjernet.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Kari E. Henningsmoen.	0,63	54	11,0	Bind 3, denne serie
Holtantjern, Larvik (Tjølling) (lok. 10)	6545711,44/569204,93	Kari E. Henningsmoen	Prøvetakingen ble utført med hillerbor i 1951, i kanten av tjernet.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Kari E. Henningsmoen.	0,6	27	10,9	Bind 3, denne serie
Bålsrødtjern, Larvik (Brunlanes) (lok. 11)	6542624,82/549383,11	Kari E. Henningsmoen	Prøvetakingen ble utført med hillerbor i 1952, i kanten av tjernet.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Kari E. Henningsmoen.	2,8	80	10,4	Bind 3, denne serie
Mørjetjern, Porsgrunn / Larvik (Brunlanes) (lok. 12)	6545636,0/548164,88	Kari E. Henningsmoen	Prøvetakingen ble utført med hillerbor i 1953, i kanten av tjernet.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Kari E. Henningsmoen.	6,8	7,7	3,5	Bind 3, denne serie
Holkekilmyren, Larvik (Tjølling) (lok. 13)	6546955,71/568515,84	Kari E. Henningsmoen og Helge I. Høeg	Myren er prøvetatt med middels stort russerbor i 1972.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Kari E. Henningsmoen.	0,08	9	2,7	Sørensen et al. 2007 og bind 3, denne serie
Refsholtjern, Larvik (Tjølling) (lok. 14)	6543533,82/567400,83	Kari Henningsmoen, Helge I. Høeg og Rolf Sørensen	Prøvetakingen ble utført med hillerbor i 1952, i kanten av tjernet, og med stort russerbor i 2005 fra tjernets dypeste del.	Pollen- og diatomé-analysene er utført av Kari E. Henningsmoen, med senere pollenanalyse av Helge I. Høeg.	0,19	12	2,0	Sørensen et al. 2007 og bind 3, denne serie

Figur 2.2.2. Analyserte lokaliteter.
Figure 2.2.2. Analysed localities.



Figur 2.2.3. Lokaliseringskart med de 14 bassengene (prikker) som er beskrevet i denne rapporten. Firkantede symboler er marine grenser. Stiplet ramme viser området som er beskrevet av Sørensen et al. (under utgivelse). Trekanten representerer Pauler-utgravningene med revidert strandforskyvningskurve (ibid.). Prosjeksjonslinjen har retning 22 grader øst.

Figure 2.2.3. Map with the 14 localities (dots) that are described in this report. Black squares represent marine limits. Stippled frame shows the area that is described in Sørensen et al. in press/under utgivelse. Black triangle represents the Pauler excavations, with revised sea-level curve (ibid.). The projection line is oriented 22 deg. east.

forseglede glass ikke har hatt noen betydning for kvaliteten på dateringene.

En mer utførlig diskusjon om problemer omkring C14-dateringer er gitt av Sørensen et al. (under utgivelse).

ANDRE METODISKE FORHOLD

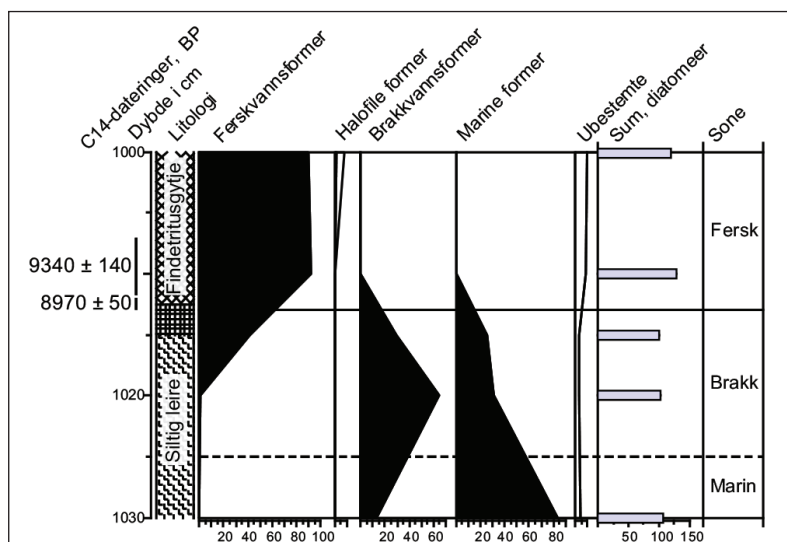
Målingen av nivåer (overflaten av myrer og tjern samt terskelhøyder) med GPS:

Ved alle målingene ble det brukt en Trimble R6-GPS med centimeterposisjonering. De ble utført av Inger Margrete Eggen og Steinar Kristiansen, Fornminneseksjonen, Kulturhistorisk museum, Oslo. Nøyaktigheten for de fleste lokalitetene er svært god, med

en posisjonering innenfor 1–3 cm. Den virkelige usikkerhet i målingene diskuteres nedenfor.

Som en kontroll ble dagens havnivå målt ved Helgeroa tidevannstasjon den 5. september 2013, klinisk. 12.15 (1 time etter beregnet astronomisk lavvann), og vi målte vannivået til minus 20 cm. Meteorologiske forhold førte til at havnivået var 9 cm lavere enn astronomisk lavvann, og minimum var forsinket med ca. 1 time.

Middelvannstanden (MSL) ved Helgeroa er 7 cm under norsk normalnull 1954 (NN1954). Midlere spring høyvann (MHWS) og midlere spring lavvann (MLWS) er henholdsvis 14 cm over og 14 cm under MSL. Se videre diskusjon i avsnittet om tidevannsvariasjon nedenfor.



Figur 2.2.4. Eksempel på ny AMS-datering. Diatomésamlediagram fra Kjeldemyr, Sandefjord, Vestfold, 87,7 moh. med to C14-dateringer (fig. 2.2.6). Analysert av Kari E. Henningsmoen.

Figure 2.2.4. Example of the difference between old bulk dating on 5 cm sediment (top) and new AMS dating on 1 cm sediment (below). Diatom assemblage diagram from Kjeldemyr, Sandefjord, Vestfold, 87.7 m.a.s.l. with two radiocarbon dates (table 2b). Analysed by Kari E. Henningsmoen.

Lab.nr.	Lok.navn	C14-alder, BP	Kal. alder (2sigma), BP	«Median» alder, BP
UBA-21511	Breimyr (lok. 1)	8590 ± 45	9715–9540	9630 ± 90
TRa-3004A	Nordbytjern (lok. 2)	8075 ± 60	9190–8800	8995 ± 195
Beta-301230	Gunnarsrødmyr (lok. 3)	6560 ± 40	7615–7470	7540 ± 75
UBA-19961	Halvarptjern (lok. 4)	6090 ± 30	7205–6860	7035 ± 175
UBA-19962	Napperødtjern (lok. 5)	5485 ± 35	6445–6260	6355 ± 95
TRa-3002A	Vittersøtjern (lok. 6)	5200 ± 40	6165–5950	6060 ± 110
TRa-3445A	Bekketjernmyr (lok. 7)*	4260 ± 50	5020–4680	4850 ± 170
UBA-20321	Børsesjø (lok. 8)	3815 ± 30	4400–4145	4270 ± 125
TRa-3007A	Tjønnna, Sundene (lok. 9)	2910 ± 30	3215–3010	3115 ± 105
TRa-3008A	Holtantjern (lok. 10)	2790 ± 30	3010–2845	2930 ± 85
TRa-3005A	Bålsrødtjern (lok. 11)	2460 ± 40	2760–2410	2585 ± 175
TRa-3006A	Mørjetjern (lok. 12)	1310 ± 25	1345–1230	1285 ± 60
T-1380	Holkekilmyra (lok. 13)	1140 ± 140	1220–1015	1120 ± 105
Tua-4218A	Refsholttjern (lok. 14)	800 ± 30	815–725	770 ± 45

* For Bekketjernmyr er det beregnet middel av to dateringer: 4150 ± 45 og 4310 ± 45 BP.

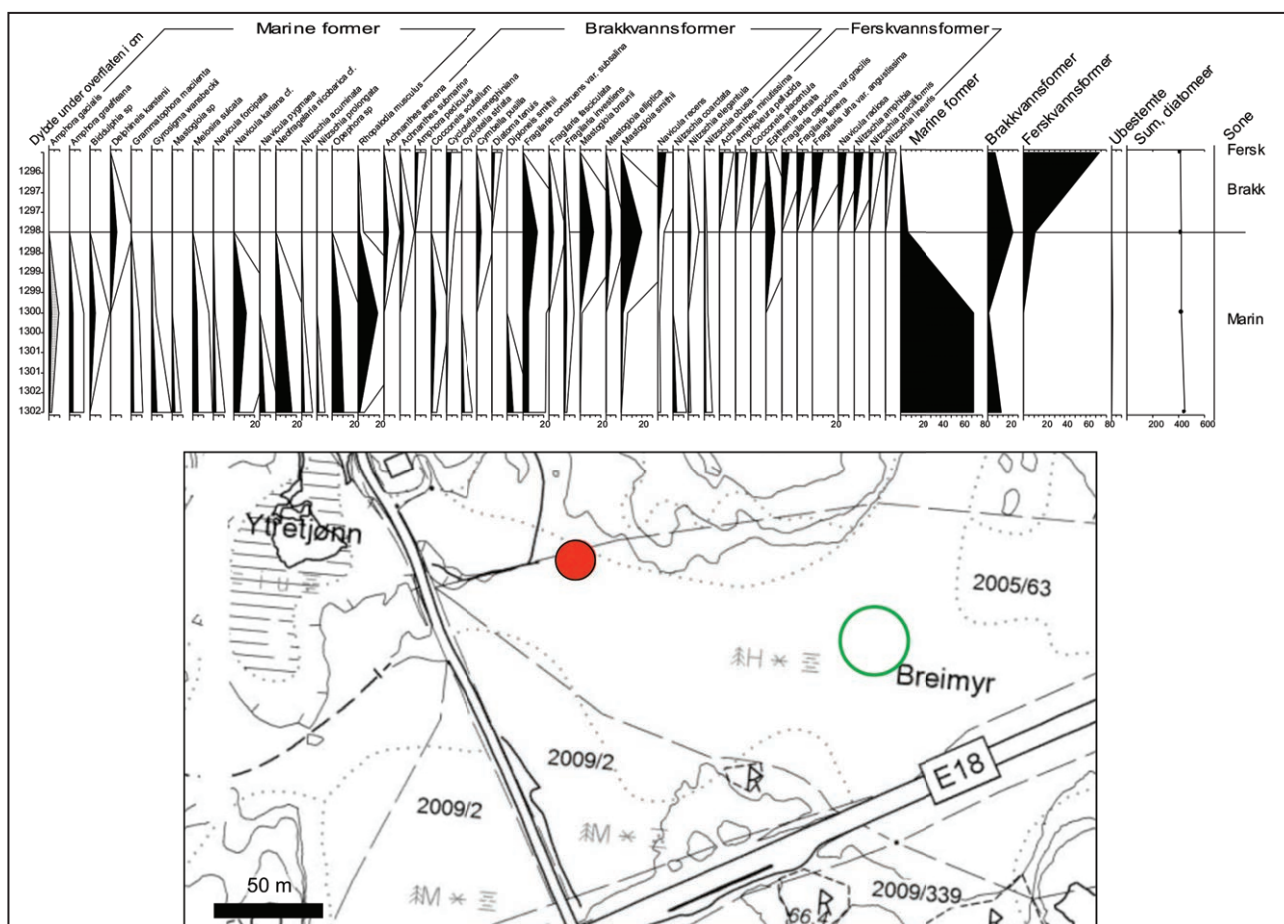
Figur 2.2.5. C14-AMS-dateringer – løst fraksjon. Kalibrert med OxCal 4.1. Kalibrerte aldre, BP = AD 2000.

Figure 2.2.5. Radiocarbon AMS dates – NaOH-soluble fraction. Calibrated with OxCal 4.1.

Lab.nr.	Lok.navn	C14-alder, BP	Kal. alder (2sigma), BP	«Median» alder, BP
TRa-4267A	Kjeldemyr	8970 ± 50	10 285–9970	10 130 ± 160
TRa-4074A	Tjønnemyr	9435 ± 45	10 840–10 600	10 720 ± 120
TRa-3001A	Solumdammen	8960 ± 55	10 280–9960	10 120 ± 160

Figur 2.2.6. Nye C14-dateringer av lokaliteter som ble brukt av Sørensen et al. (under utgivelse), og som benyttes for den eldste delen av ny, revidert kurve. AMS-datering av løst fraksjon. Kalibrert med OxCal 4.1.

Figure 2.2.6. New radiocarbon dates from localities that are described in Sørensen et al. in press/under utgivelse. The new dates are used for the oldest part of the present revised curve. AMS dates of NaOH-soluble fraction. Calibrated with OxCal 4.1.



Figur 2.2.7. Eksempel på fullstendige diatoméanalyse fra Breimyr i Larvik kommune, Vestfold (lok. 1). GPS-målingen til $55,2 \pm 0,2$ moh. ved fjellterskel er markert med rød prikk. Borepunktet for pollen- og diatoméanalyser er merket med grønn sirkel. Isolasjonsnivået ved 1296 cm dyp er datert til 9630 ± 90 BP (fig. 2.2.5). Analysert av Veronika Gälman, Umeå.

Figure 2.2.7. Example of a complete diatom analysis from Breimyr in Larvik community, Vestfold. The GPS measurement of 55.2 ± 0.2 m.a.s.l. at a rock threshold is marked with a red dot. The site for pollen and diatom analyses is marked with a green circle. The isolation contact at 1296 cm depth in the sediment core is dated to 9630 ± 90 BP (table 2a). Analysed by Veronika Gälman, Umeå.

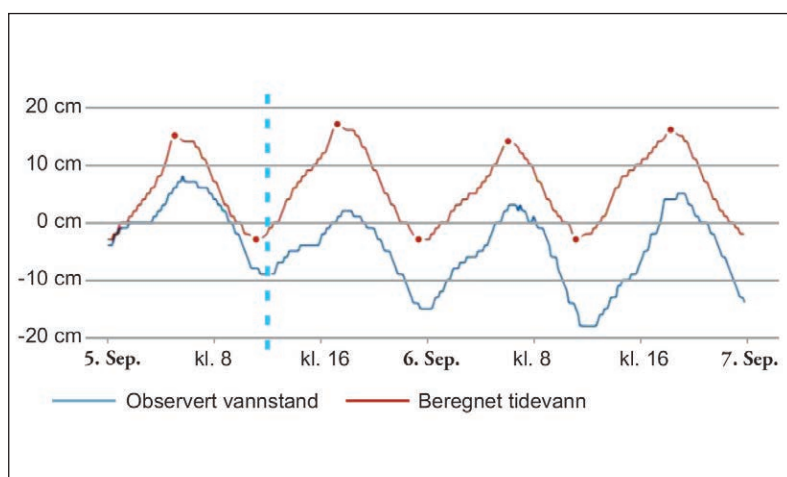
Retning av projeksjonslinjer fra yngre dryas til i dag (isobaser):

For eldste del av preboreal og midtre del av yngre dryas ble det brukt en projeksjonslinje for Vestfold på 3° E, som er knyttet til marine grenser langs Ski-morenen, og som er omtrent parallell med Oslo-grabens akse (Henningsmoen 1979; Sørensen 1979). Bergstrøm (1999) benyttet en retning på 10° E for Telemark og Vestfold.

Hypotesen er at det ble bygget opp en lokal brekulminasjon (isdeler) over Jotunheimen og Hardangervidda under allerødtiden, med et kraftig breframstøt i slutten av yngre dryas på Vestlandet (Mangerud et al. 2011). En markert endring i isskuringsretningene er observert i Vestfold og østre Telemark fra allerød til yngre dryas, også her med én eller flere brefrontoscillasjoner fram til raposisjon i midtre del av yngre dryas (Bergstrøm

1999; Olsen and Sørensen 1992). Vi antar derfor at det nye bremaksimum påvirket retningen på projeksjonslinjen gjennom yngre dryas og første del av preboreal. I tillegg tror vi at den tynnere jordskorpen under Vestfold og strukturen i den permiske Oslo-graben også (i noen grad) påvirket retningen på projeksjonslinjen til en mer nordlig retning.

For midtre holocen («Tapes-transgresjonens tid») brukte Undås (1950) en projeksjonslinje for Sør-Østlandet på mellom 20 og 25° E. Andersen (1960) og Sørensen et al. (1987) benyttet en retning på ca. 25° E. I Østfold ble det brukt en projeksjonslinje på 22° E for den siste del av holocen (Sørensen 1999) og det samme for søndre Vestfold (Sørensen et al. under utgivelse). Retningen fra Larvik til nåtidens hevningscenter ved Den botniske bukten er mellom 43 og 45° E (Ekman 1996).



Figur 2.2.8. Astronomisk beregnet tidevannsvariasjon (brun kurve), meteorologiske faktorer addert (blå kurve) for Helgeroa, Larvik kommune, 5. og 6. september 2013. Null-linjen er middelvannstand (MSL). Stiplet vertikal linje: vårt måletidspunkt. (<http://sehavniwa.no/sted/Vestfold/Larvik/Helgeroa/>, lastet ned 16.09.2013).

Figure 2.2.8. Calculated astronomical tide (brown curve), the meteorological factor added (blue curve) from Helgeroa tidal station, Larvik community, on the 5 and 6 September 2013. Zero line is mean sea level (MSL). Stippled vertical line: our time of GPS measurement. (<http://sehavniwa.no/sted/Vestfold/Larvik/Helgeroa/>, downloaded 16.09.2013).

Lok.nr.	Navn	Hoh. (Z) m:	Korreksjon ± :	Justert høyde:	Avvik i km*:	Gradient
1	Breimyr	55,2	-0,3	54,9	1,0 N	0,32
2	Nordbytjern	49,0	-0,66	48,3	2,2 N	0,32
3	Gunnarsrødmyr	43,2	0	43,2	0	-
4	Halvarptjern	34,5**	+1,4	35,9	4,6 S	0,30
5	Napperødtjern	30,0**	-4,4	26,6	14,5 N	0,3
6	Vittersøtjern	27,4	-0,3	27,1	1,1 N	0,25
7	Bekketjernmyr	27,3	-7,8	19,5	31,2	0,25
8	Børsesjø	16,0**	-0,7	15,3	7,2 N	0,10
9	Tjønna, Sundene	12,6	-1,6	11,0	16,3 N	0,10
10	Holtantjern	10,9	-0,2	10,9	2,2 N	0,10
11	Bålsrødtjern	9,5	+0,9	10,4	9,1 S	0,10
12	Mørjetjern	3,4***	+0,3	3,5	6,5 S	0,05
13	Holkekilmyr	2,7	0	2,7	0,5 N	0,05
14	Refsholtjern****	2,1-1,9	0	2,0	1,9 S	≈ 0

* Avvik i kilometer i forhold til isobasen for Gunnarsrødmyr (lok. 3).

** Målt den 03.08.2011 av Steinar Kristensen.

*** Nivellert høyde fra Henningsmoen (1979).

**** Nivellert høyde fra Sørensen et al. (2007). Nye GPS-målinger gir litt lavere nivå.

De øvrige er målt av Inger Margrete Eggen 30.06.2012.

Figur 2.2.9. Høydekorreksjoner for de undersøkte lokalitetene i figur 2.2.2 og 2.2.3.

Figure 2.2.9. Height corrections for the described localities in fig. 2.2.2 and 2.2.3.

Navn	Hoh. (Z) m:	Korreksjon ±:	Justert høyde:	Avvik i km*	Gradient
Løkka myr	80	+1,5	81,5	3 S	0,6
Kjeldemyr	87,7	-9,5	78,2	16 N	0,5
Tjønnemyr	75	+1,5	76,5	3,8 S	0,5
Solumdam	62,5	+0,7	63,2	1,7 S	0,4
Fossanetjern	50,1	-0,3	49,8	0,3 N	0,32

* Avvik i kilometer i forhold til isobasen for Gunnarsrødmyr (lok. 3).

Konklusjonen blir at det fortsatt en del usikkerhet omkring retningen på projeksjonslinjen og gradientene i holocen.

Det høyest liggende basseng tatt med i denne rapporten er Kjeldemyr, som ble isolert ca. 9000 C14-år BP (i boreal tid), og vi benytter en projeksjonslinje på 22° E for landhevingen fra boreal tid til i dag. Innenfor det begrensede området vi har undersøkt (fig. 2.2.3), regner vi isobasene rettlinjet og vinkelrett på projeksjonslinjen.

Tidevannsvariasjoner og isolasjonskontaktbestemmelser

I nåtiden er forskjellene på midlere spring høyvann og midlere spring lavvann ved Helgeroa i søndre Vestfold 28 cm (astronomisk beregnet variasjon for perioden fra 1979 til 1999). Avstanden mellom midlere spring høyvann og middelvannstanden (MSL) er altså bare 14 cm (<http://sehavniva.no>).

Når man bruker diatoméanalyser for å bestemme isolasjonskontakten i myrer og tjern, må man gå ut fra *midlere spring høyvann* (MHWS) i forhold til bassengterskelen (Behre 2001; Shennan et al. 2000; Stabell 1982).

Referansepunktet for høydebestemmelser på landkartene har til nå vært *norsk normalnull 1954* – NN1954 (Gjevik 2009). Det har også vært referansenull for våre GPS-målinger. Siden middelvannstanden ved Helgeroa er 7 cm under NN1954 og det meteorologiske bidraget var -9 cm ved tidspunktet da vi målte vannivået med GPS (fig. 2.2.8) – var avviket til sammen 16 cm. Vi målte -20 cm (4 cm mer enn det oppgitte vannivå). Det betyr antageligvis at vi må regne med en usikkerhet i GPS-målingene på minst ± 5 cm.

Tidevannsvariasjon i holocen

Dette er modellert av blant andre Shennan et al. (2000) for østre del av Nordsjøen. Der økte amplituden fra sennglasial fram til omtrent 6000 år før nåtid.

Figur 2.2.10. Høydekorreksjoner for tidligere undersøkte lokaliteter (fig. 1) som er benyttet i den nye, reviderte kurven (alle er beskrevet i Sørensen et al. under utgivelse).

Figure 2.2.10. Height corrections for earlier described localities (fig. 2.2.1) that are used for the new, revised sea-level curve (all localities are described in Sørensen et al. in press).

Etter den tid har variasjonen vært omtrent som i nåtid. En modellering av forholdene i Skagerrak og Kattegat (kysten av Bohuslän, Schmitt et al. 2006) finner at tidevannsforholdene i ytre Oslofjord (og Norskerenna) ikke var særlig forskjellige fra nåtidens for ca. 12 000 år siden.

Inntil videre går vi likevel ut fra at tidevannsvariasjonen gjennom holocen har vært omtrent som i dag, og bruker det når vi konstruerer den reviderte kurven. Når vi bruker *midlere spring høyvann* som nivået for endelig isolasjon av bassengene, burde våre GPS-målinger korrigeres med ca. +15 cm for hver bassengterskel (under forutsetning av at GPS-systemet går ut fra NN1954). Denne korreksjonen er så liten i forhold til andre usikkerheter at vi ser bort fra den.

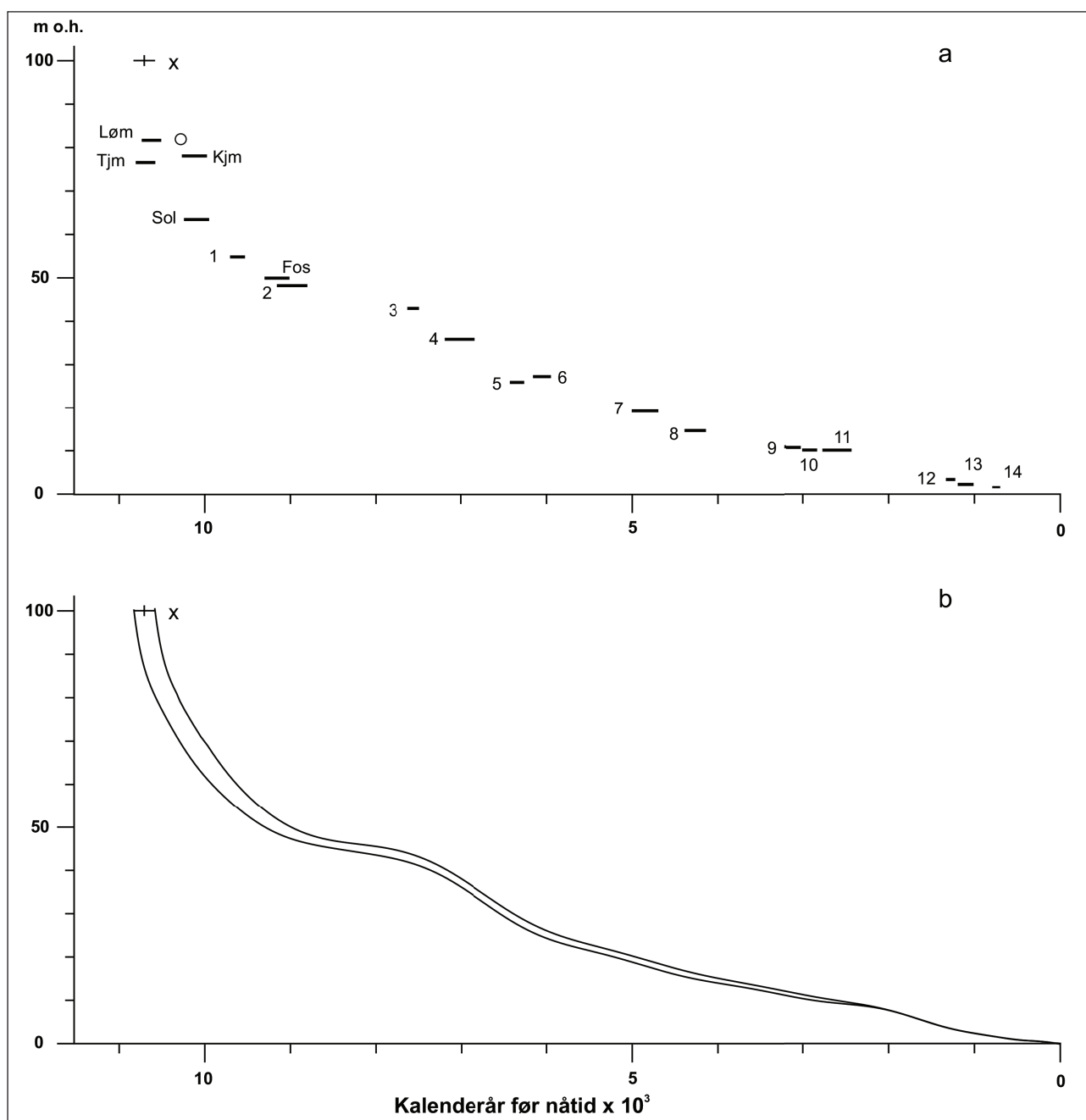
NY, REVIDERT KURVE FOR HOLOCEN

Isolasjonsnivået i sedimentene ved alle lokalitetene er bestemt ved diatoméanalyse. På grunn av skrå landheving er de fleste lokalitetene justert etter gradienter benyttet av Sørensen et al. (2007; under utgivelse). Høydene er korrigeret til Langangen (lok. 3: Gunnarsrødmyr), fig. 2.2.9 og 10.

Som utgangspunkt for den reviderte kurven bruker vi alderen ved 100 meter-nivået (med en usikkerhet på ± 150 år) fra tidligere publisert kurve (Sørensen et al. under utgivelse). Kurven er tegnet som et belte som indikerer usikkerheten i kurven.

Denne usikkerheten er kompleks, og den består blant annet i at dateringene er utført ved flere laboratorier. Flere av bassengene ligger på tykke havavsetninger, og noen av tersklene er også utformet i marine leirer. Vi har ikke informasjon om hvor store setninger som har skjedd i tiden etter at lokalitetene kom opp over havnivå. For de lavest liggende (yngste) bassengene antar vi at setningene er av liten betydning.

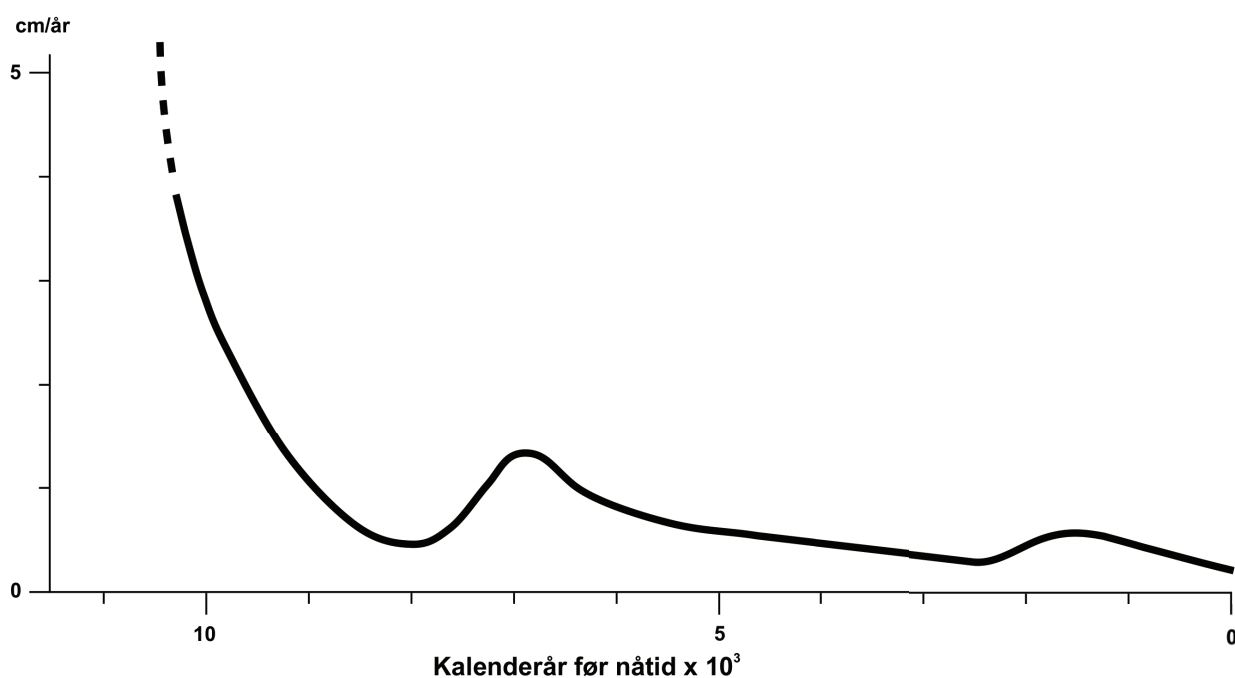
For de aller laveste/yngste bassengene er det ikke gjort noen korreksjoner. Det er det heller ikke gjort



Figur 2.2.11a. Ny, revidert kurve for holocen – med lokalitetsnr. 1–14 (fig. 2.2.2). Horisontale streker representerer AMS-dateringer med to standardavvik. Liten sirkel er pollenanalytisk datering. **Løm:** Løkken myr og **Fos:** Fossanetjern (Sørensen et al. under utgivelse). **Kjm:** Kjeldemyr, **Tjm:** Tjønne myr, **Sol:** Solumdammen, disse tre med nye AMS-dateringer (jfr. konvensjonelle dateringer i Sørensen et al. under utgivelse).

Figur 2.2.11b. Ny, revidert kurve for holocen – basert på data ovenfor (fig. 2.2.11a). **X:** Utgangspunktet er tidligere publisert kurve (Sørensen et al. under utgivelse).

Figure 2.2.11a. New, revised sea-level curve for the Holocene – with locality no. 1–14 (table fig. 2.2.2). Bars represent AMS dates with two standard deviations. Small circle is a pollen-analytical date. **Løm:** Løkken myr, and **Fos:** Fossanetjern (Sørensen et al. 2013). **Kjm:** Kjeldemyr, **Tjm:** Tjønne myr, **Sol:** Solumdammen. These three sites are now AMS-dated (cf. conventional dates in Sørensen et al. in press). **Figure 2.2.11b.** New, revised sea-level curve for the Holocene – based on data in fig. 2.2.11a. **X:** Starting point is from the earlier published sea-level curve (Sørensen et al. in press).



Figur 2.2.12. Landhevningrater i sørøstre Telemark og søndre Vestfold for de siste 10 000 år.

Figure 2.2.12. Rates of relative sea-level change in south-eastern Telemark and southern Vestfold for the last 10,000 years.

for lokaliteter som ligger nær isobasen (nærmere enn 3 km) for Langangen/Gunnarsrødmyr. Dette skyldes hovedsakelig usikkerhetene i dateringene av isolasjonen og usikkerhetene i gradienter. Gunnarsrødmyr og Pauler- og Kaupang-kurvene ligger omtrent på samme isobase (med projeksjonslinje 22° E).

Datagrunnlaget presenteres først som horisontale streker hvor lengden representerer to standardavvik (fig. 2.2.11a).

DISKUSJON

Den reviderte kurven er bratt i den eldste delen (jf. tidligere presentert kurve i Sørensen et al. under utgivelse). Fra omtrent 9000 til 7500 kalibrerte år før nåtid flater kurven ut. Dette mener vi er en effekt av *tapestransgresjonen* som er observert ved Mandal (Gabrielsen 1959), og som er registrert helt nord til Grimstad (Andersen i Holtedahl 1960:408). En antydning til liknende utvikling av strandforskyvningen er registrert ved Kragerø (Stabell 1980).

Fra omtrent 6000 fram til ca. 2500 kalibrerte år før nåtid er kurven nesten lineær. I de siste 1500 år har det vært en jevn og sakte landhevning (jf. Kaupangkurven, Sørensen et al. 2007).

Landhevningrater: I den eldste delen av holocen var maksimum landhevningssrate 8,8 cm/år (Sørensen et al. under utgivelse). For 10 000 år siden var den redusert til 2,5 cm/år (fig. 2.2.12), og for 8000 år siden nådde den et minimum på ca. 0,5 cm/år. Etter den kortvarige utflatningen av strandforskyvningskurven mellom 9000 og 7500 år før nåtid (fig. 2.2.11b) øker landhevningssraten til ca. 1 cm/år, for deretter å synke jevnt gjennom midtre og siste del av holocen fra 0,7 til 0,2 cm/år (7–2 mm/år). Mellom 2000 og 1000 år før nåtid ser det ut til å ha vært en mindre øking i landhevningssratene (opp til 0,5 cm/år), for så å reduseres mot dagens rate på ca. 0,2 cm/år. Strandforskyvningskurven for Kragerø (Stabell 1980) viser den samme endringen i omtrent det samme tidsrommet. Det er vanskelig å beregne nøyaktige landhevningssrater i denne delen av kurven, og vi er litt usikker på om endringen som skjer like før og under «middelaldervarmetid», er reell eller skyldes små unøyaktigheter i bestemmelsene av terskelnivå og/eller i C14-dateringene for bassengene fra lok. 10–14.

2.2 HOLOCENE SEA-LEVEL STUDIES IN SOUTHERN VESTFOLD AND SOUTH-EASTERN TELEMARKE—A REVISED CURVE

Studies of 19 sites (bogs and lakes) are used to construct a new relative shoreline displacement curve for the region (fig. 2.2.11b). The isolation contact levels in lake sediments (gyttja and peat) were determined with diatom analyses and AMS C14-dated on the NaOH-soluble fraction. The elevation of the basin thresholds was determined with precision

GPS. During the Early Holocene, the regression was rapid, with upheaval rates between 8.8 and 3 cm/yr (fig. 2.2.12). Ca. 8,000 years ago, the rates had a minimum of 0.5 cm/yr. This reflects the effects of the Tapes transgression further south-west along the coast. About 7,000 years ago, the rates increased to 1 cm/yr, followed by a gradual decrease to present-day rates of 0.2 cm/yr, possibly with a small increase ca. 1,500 years ago.