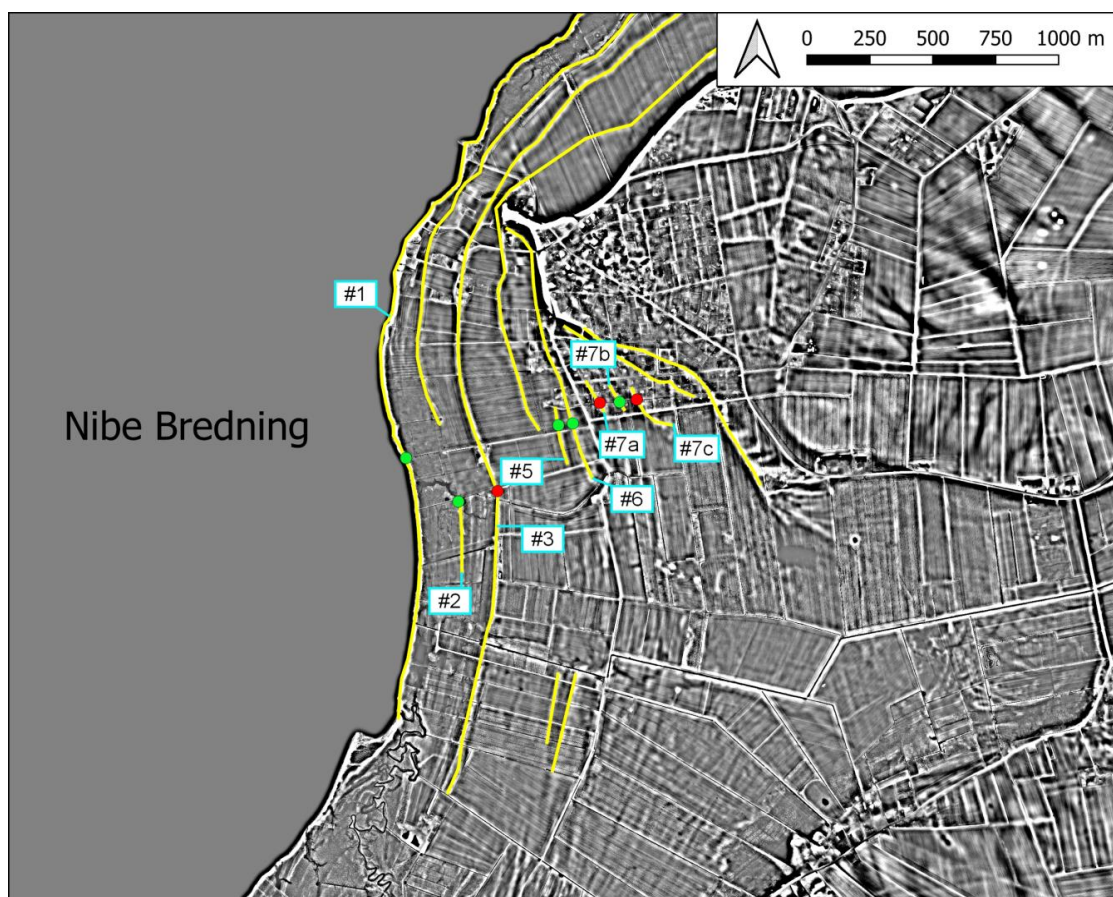


De seneste årtusinders havniveau ved Nørholm i den centrale del af Limfjorden

Af Thomas Ljungberg og Søren M. Kristiansen



CENTRUM. Forskningscenter for centralitet. Rapport nr. 6 2019

CENTRUM. Forskningscenter for centralitet. Rapport nr. 6 2019

E-publikation udgivet af Forskningscenter CENTRUM ved Odense Bys Museer 2019

ISBN 978-87-90267-29-2

© Odense Bys Museer & forfatteren/forfatterne

Redaktion: Mads Runge

Odense Bys Museer

Overgade 48

5000 Odense C

museum@odense.dk

www.museum.odense.dk

www.museum.odense.dk/centrum

Indhold

CENTRUM. Forskningscenter for centralitet. Rapport nr. 6 2019.....	1
Arkæologisk baggrund og forskningsspørgsmål	3
Havniveauændringer igennem tiden	3
Metode.....	5
Prøveudtagning.....	6
Profilbeskrivelser	7
Strandvold #1, SMK + TEL, 29/09-2017	7
Strandvold #2, TEL, 13/10-2017	8
Strandvold #3, TEL, 13/10-2017	8
Strandvold #5, SMK + TEL, 29/09-2017	8
Strandvold #6, SMK + TEL, 29/09-2017	9
Strandvold #7a, TEL, 13/10-2017	9
Strandvold #7b, TEL, 16/10-2017	10
Strandvold #7c, TEL, 16/10-2017	10
Resultater	10
Aldre på strandvolde	10
Usikkerhed.....	12
Kortene med potentielle græsningsarealer.....	12
Taksigelser	16
Referencer	16

Arkæologisk baggrund og forskningsspørgsmål

Central kommunikativ beliggenhed er ofte et af de træk, som bliver fremhævet ved jernalderens centralpladser. I det østlige Limfjordsområde findes adskillige af de store detektorpladser dog knyttet til bakker, hvis centrale infrastrukturelle rolle synes tvivlsom pga. brede, uvejsomme strandenge. Dette er som oftest vanskeligt helt at vurdere i dag, fordi kystlinjens forløb i jernalderen og den tidlige middelalder er forholdsvis dårligt belyst bl.a. pga. af, at landet i Nordjylland kontinuert hæves efter Istiden (se næste afsnit). Ved vikingetids-ringborgen Aggersborg har senest Roesdahl (2014) i bogen om Aggersborg indsamlet viden om Limfjordens forhistoriske udvikling. For også her må fjordens fysiske geografi have spillet en overordentlig stor rolle for placering, kommunikation, etc. Men hvornår de store ændringer, som f.eks. Limfjordens lukning imod Nordsøen i det centrale Limfjordsområde, er sket, vides ikke helt præcist.

For at belyse dette store forskningsspørgsmål er der i VELUX-projektet *From Central Space to Urban Place* fokuseret på Nørholm Bakkeø, som ligger på østkysten af Nibe Bredning, da det tidligt i projektet stod klart, at lokaliteten var velegnet til at belyse kystudvikling i sammenhæng med de arkæologiske fund af tidlig urbanisering i området. Her ved Nørholm er det fx usikkert, hvornår strandengen på bagsiden af Nørholm bakkeøen er dannet som følge af landhævningen, hvornår den vokser til og dermed efterlader Nørholm med sværere adgang til Sønderholm og fastlandet, og samtidig efterlader Sønderholm med flere kilometer til Limfjorden. Disse spørgsmål kan bidrage til at forstå overordnede tidlige ændringer som fx brugsperioder af bebyggelser, egenskaber og placering af strandengens græsningsmuligheder samt opgivelser af centrale pladser.

I denne rapport fokuseres der alene på de geoarkæologiske spørgsmål om, hvorvidt det er muligt at aldersdatere 1) tilblivelsen af engene omkring Nørholm Bakkeø pga. områdets landhævning, og 2) datere tilvoksning af arealer med ikke-saltvandtolerante græsser på strandengene.

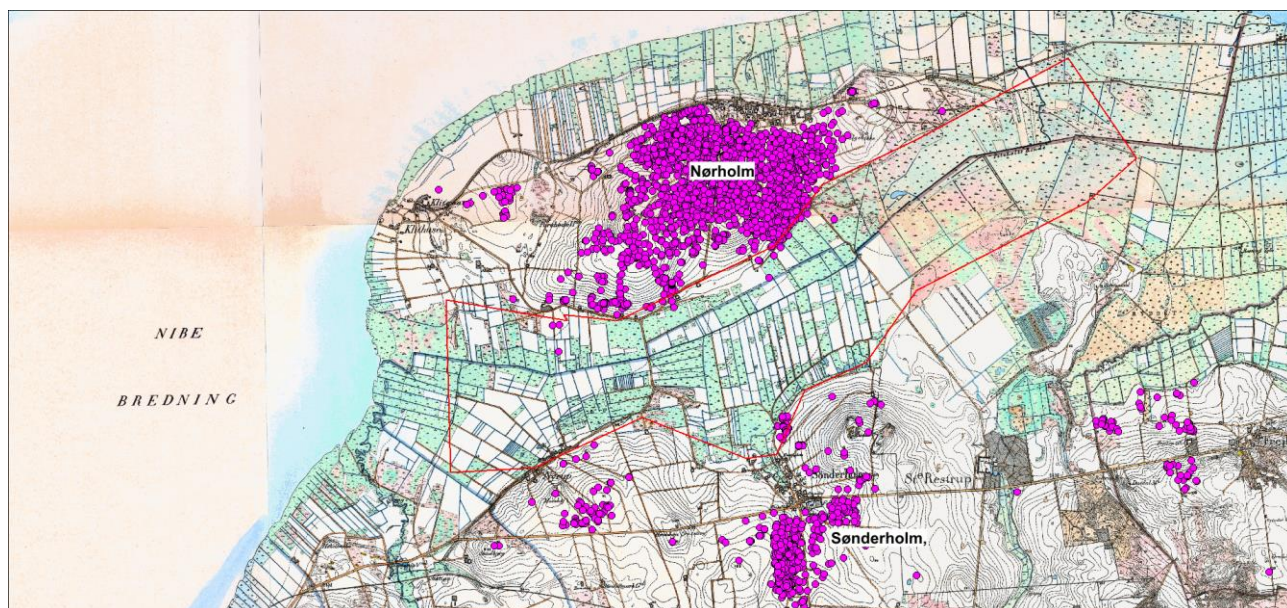
Det skal bemærkes, at dette primært er en datarapport, så egentlig arkæologiske tolkninger og implikationer vil blive præsenteret i en senere peer-reviewed artikel (Kristiansen *et al.*: *In prep.*).

Havniveauændringer igennem tiden

For at forstå ændringer i kystens og engens placering i området de seneste årtusinder, skal ændringer i havniveauet kunne belyses ret præcist (angives typisk i mm/år eller m/1000 år). Da hævningsen af Danmark de seneste ca. 4000 år har været svag, men jævnt stigende (se fx Hede *et al.* 2015), gør det opgaven lettere end for tidligere tider, fx neolitikum. Yderligere vil der i kystområder, hvor tektoniske kræfter løfter landskabet (hurtigere end det globale havspejl stiger), og der samtidig findes en fremrykkende kystlinje, til tider efterlades "fossile" strandvolde bag den recente, aktive strandvold. Disse fossile strandvolde, som mange steder stadig erkendes i landskabet, kan bruges som indikatorer for det gennemsnitlige havniveau tilbage i tid, idet voldenes højde over daglig vande er nogenlunde konstant, så længe sedimenttransport og energiforhold ved den pågældende kyst også er nogenlunde konstante (se f.eks. Bendixen *et al.* 2013). Hvor der findes fossile strandvolde, kan man i dag datere deres dannelse med optisk stimuleret luminescens (OSL)¹ af selve sandet i strandsedimenter (fx Hede *et al.* 2015)). Disse betingelser forventes at være opfyldt i Vendsyssel (Mertz 1924; Jessen 1936), og

¹ Optisk Stimuleret Luminescens. OSL datering baserer sig på, at naturlig radioaktiv baggrundsstråling forårsager, at der opstår små fejl i krystalgitteret i sandkorn. Når sandkornene belyses med UV-stråling (som i dagslys), "nulstilles" disse fejl under udsendelse af et lysglimt, hvis styrke afslører, hvornår det givne sandkorn sidst er blevet nulstillet. Eller med andre ord, hvornår sandkornet er blevet begravet, så det ikke længere var udsat for dagslys.

de seneste årtusinder med nogle forbehold, også ved Nørholm Bakkeø's kyst mod Nibe Bredning (se figur 1).



Figur 1. Kortudsnit omkring Nørholm, Sønderholm og Nibe Bredning. Det høje Maalebordsblad er baggrundskort og lilla prikker viser alle arkæologiske detektorfund i området.

Kystlinjens fremrykning ved Nørholm er styret af samspillet mellem vertikale ændringer af jordoverfladens højde ift. geoiden, ændringer i det globale havspejls absolutte højde samt de til enhver tid gældende aflejringsforhold på stedet. Vertikale ændringer i jordoverfladens højde skyldes/kan skyldes flere forskellige mekanismer, hvoraf det isostatisk opløft efter at ismasserne fra den seneste istid er forsvundet, nok er den bedst kendte. Det isostatisk opløft er på nuværende tidspunkt 1-1,6 mm/år i denne del af landet (Hansen *et al.* 2012; Sørensen *et al.* 2016), men er aftagende med ca. 0,2 mm/tusind år (Hansen *et al.* 2012). Det vil sige, at denne proces alene kan have hævet landskabet ved Nørholm 1-1,5 m siden vikingetiden. Ud over det isostatisk opløft kan vertikale ændringer i jordoverfladens højde også skyldes mere lokale fænomener som f.eks. erosion/sedimentation (som udover den direkte effekt også kan forårsage opløft/nedpresning af jordskorpen på samme måde som isen), sammensynkning af sedimenter og saltdiapirer mv. Disse dybere geologiske processer kan både forårsage øget og reduceret opløft på lokal/regional skala.

Hævningsraten for det isostatisk opløft er forholdsvis godt kendt, da denne proces har virket kontinuert over et stort område gennem lang tid, og det derfor er muligt at korrelere mange observationer fra forskellige steder, hvilket er væsentligt for at reducere usikkerheden (Påsse & Andersson 2005). De mere lokale bidrag til ændringer i jordoverfladens højde er derimod mindre velkendte; dels fordi sådanne målinger kun er forsøgt foretaget gennem relativt få år, og dels fordi man indtil fremkomsten af moderne satellitbaseret positioneringsudstyr (især ESA's Sentinel-1) har manglet faste referencepunkter at måle fra.

Ændringer i det globale havspejls absolutte højde skyldes altovervejende ændringer i jordens gennemsnitlige temperatur, hvis effekt almindeligvis deles op i to forskellige bidrag: det eustatiske bidrag, som dækker over vandets temperaturudvidelse, og det steriske bidrag, som dækker over ændringer i de vandmasser, som er akkumuleret på kontinenterne og i atmosfæren i form af is, ferskvand og vanddamp, og som derfor ikke er i kontakt med oceanerne.

Klodens oceaner er naturligt fortsat ved - nu meget langsomt - at blive varmet op efter den seneste istids nedkøling, og det globale havspejl har derfor generelt været stigende siden istidens afslutning. Drevet af klimadebatten er der gennem de seneste 2-3 årtier gjort adskillige forsøg på at bestemme ændringerne i det globale havspejlsniveau tilbage i tiden (se fx Clemmensen *et al.* 2018; Hansen *et al.* 2012, 2016; Hede *et al.* 2015), med det formål at afgøre om, og i givet fald hvor meget, den igangværende menneskeskabte globale opvarmning bidrager til den observerede, globale havspejlsstigning. Disse undersøgelser har gjort det klart, at der, selv på lokal skala, kan være forholdsvis store forskelle på det relative havspejlsniveaus udvikling gennem tiden. Dette betyder videre, at observationer ikke nødvendigvis kan korreleres, selvom de ikke er adskilt af store afstande. Placeringen af kystlinjen ved Nørholm i forhistorisk tid kan derfor ikke vurderes med tilstrækkelig sikkerhed ved blot at interpolere mellem landhævningsraterne fundet ved undersøgelser på Læsø, Skagen, Anholt og Samsø, idet der udover forskelle i isostasi, også er forskelle på tidevand, stormpåvirkning af havspejlet, gennemsnitlige bølgehøjder og sedimenttransport (se f.eks. Påsse & Andersson 2005).

Metode

For at finde de fossile strandvolde omkring Nørholm er der lavet en "Local Dominance" visualisering (figur 2) af Den Danske Højdemodel², hvilket fremhæver små forskelle i terrænhøjden. På figur 2 er de mest markante strandvolde markeret med gule streger, og de steder hvor der er gravet profiler i dem, er markeret med grønne og røde prikker. Grønne prikker markerer profiler, hvor der er udtaget prøver, som er sendt til datering. Røde prikker markerer profiler, som er vurderet ikke at være brugbare, og der derfor ikke er udtaget prøver fra. Softwaren, som er anvendt, er QGIS.

² Frit tilgængelig fra www.kortforsyningen.dk.



Figur 2: Local Dominance visualisering af strandengene ved Nørholm Bakkeø. Numrene angiver rækkefølge af strandvoldene fra nutidens kyst samt prøvetagningslokaliteterne.

Prøveudtagning

På toppen/forkanten af hver af de identificerede strandvolde (figur 2) graves et profil (se eksempel i figur 3), som er tilstrækkeligt stort til, at sedimenterne kan identificeres og beskrives, og at der kan udtages prøver af dem.

Prøverne udtages i felten typisk med et såkaldt volumen rør, som er et 10-20 cm langt lystæt tyndvægget rør af plastik eller rustfrit stål, som straks efter udtagelsen forsegles så prøven ikke udsættes for unødigt lys. Ved forsigtigt at slå røret ind i en profilvæg, kan der udtages en jordprøve, som er (næsten) uforstyrret, hvilket er vigtigt, da en nøjagtig datering er afhængig af at jordens porøsitet kan bestemmes. De forseglede rør indsendes til analyse som de er.



Figur 3. Foto af et strandvoldsprofil hvorfra der er udtaget en OSL prøve.

Profilbeskrivelser

Strandvold #1, SMK + TEL, 29/09-2017

Recent/moderne strandvold, profil gravet i toppen af volden, i bredden af skærende drængrøft. GPS-punkt på toppen af volden: 540790.561, 6319842.530 UTM32-EUREF89. Kote, DVR90: 1.132 m.

- Lag 1: 0 - 40 cm, mange recente rødder, hjertemuslinger, grå tørvestriber i grovsand + sten 40 - 60 mm.
- Lag 2: 40 - 45 cm, tør v. lidt sand, rødbrun.
- Lag 3: 45 - 60 cm, som lag 1, men finere og ingen skaller eller sten, grå.
- Lag 4: 60 - >75 cm, mellem - groft sand, lys/hvid, + 2 tørvelag, ellers som lag 3.

Tolkning: Marint + lacustrint fra bund til 45 cm. Tørven i lag 2: strandvold (ålegræs) eller lagune. Lag 1: strandvold.

Prøver:

- OSL-prøve #1.1 v/ 25 - 30 cm.

- ¹⁴C-prøve v/ 40 - 45 cm.
- ¹⁴C-prøve v/ 70 - 75 cm.

Strandvold #2, TEL, 13/10-2017

Tydelig strandvold på mindre græsmark. Vanskeligt at vurdere voldens horisontale udstrækning, da jordoverfladen er trådt noget i stykker af kreaturer. Profil gravet, hvor volden har sit højeste punkt over nuværende terræn, da dette er det bedste bud på toppen af den oprindelige vold. GPS-punkt på jordoverfladen v. profilet: 540998.753, 6319667.191 UTM32-EUREF89. Kote, DVR90: 1.270 m.

- Lag 1: 0 - 20 cm, Ap-horisont, mørkegrå/sort strukturløst mellemsand uden sten og skaller. En del fine rødder.
- Lag 2: 20 - 45 cm, groft sand m. forholdsvis få sten, grå m. mørkt organisk rigt bånd v. 30 cm.
- Lag 3: 45 - >55 cm, gradvis overgang til velsorteret fint- mellemkornet sand. Mørk gullig/brunlig. Grundvandsspejlet nået v. ca. 55 cm.

Tolkning: Marint sand fra bund til 45 cm. Lag 2 uforstyrret strandvold, det forholdsvis lave indhold af sten kan indikere, at profilet er gravet på bagsiden af volden, hvortil sten kun har kunnet transporteres ved særligt voldsomme storme.

Prøver:

- OSL-prøve #2.1 v/ 30 - 35 cm.

Strandvold #3, TEL, 13/10-2017

Nord for gården Nørholmsvej 590 er denne strandvold meget markant i terrænet, mens den syd for gården kun vanskeligt erkendes. Der er anlagt vej på volden på begge sider af gården, hvilket kan være årsagen til, at den fremtræder så forskelligt. Nord for gården har vejen forbindelse til det lille fiskerleje Klitgård, og den virker her velholdt og til at være i regelmæssig brug, mens den syd for gården er både smallere og mere tilgroet. Således er det ikke utænkeligt, at der nord for gården kan være fyldt ekstra materiale på vejen, mens volden syd for gården kan være delvis eroderet bort af den færdsel, der trods alt forekommer. Profil gravet på kystsiden af vejen/volden syd for gården, hvor den synes at være højest. GPS-punkt ved profil: 541154.645, 6319709.421 UTM32-EUREF89. Kote, DVR90: 1.539 m.

- Lag 1: 0 - 45 cm, mellem til groft sand, mørkegrå/sort med en del rødder, stenlag (op til ca. 70 mm) v. 45 cm, virker forstyrret/bioturberet.
- Lag 2: 45 - ? cm, formentlig marint sand, vanskeligt at bedømme pga. grundvandsspejl v. 40 cm.

Tolkning: Pga. kornstørrelsen virker det sandsynligt at der er tale om en strandvoldsaflejring. Profilet virker dog så forstyrret, at der ikke er udtaget prøve til OSL-datering, da resultatet ikke vil være pålideligt.

Strandvold #5, SMK + TEL, 29/09-2017

Tydelig strandvold på lille mark med heste, vest for mindre gård. Profil gravet i toppen af volden. GPS-punkt på toppen af volden: 541396.203, 6319974.904 UTM32-EUREF89. Kote, DVR90: 2.858 m.

- Lag 1:) 0 - 35 cm, Ap-horisont, mørkegrå/sort mellem-grovsand med sten, grus og skaller.

- Lag 2:) 35 - 45 cm, groft sand m. grus og sten, grå/hvid m. lidt diffus FeOOH udfældning. Meget stenet.
- Lag 3:) 45 - >90 cm, velsorteret fint- mellemkornet sand uden sten og grus, svag/stedvis gullig/rødlig farvning.

Tolkning: Marint sand fra bund til 45 cm. Lag 2 uforstyrret strandvold.

Prøver:

- OSL-prøve #5.1 v/ 35 - 40 cm.
- OSL-prøve #5.2 v/ 35 - 40 cm, prøve anvendes ikke pga. deformation + revne i OSL-rør.

Strandvold #6, SMK + TEL, 29/09-2017

Markant strandvold på lille mark med heste, vest for mindre gård. Profil gravet i toppen af volden.

GPS-punkt på toppen af volden: 541453.412, 6319982.091 UTM32-EUREF89. Kote, DVR90: 3.671 m.

- Lag 1:) 0 - 25 cm, Ap-horisont m. kalkfragmenter, mørkegråt til sort groft sand m. sten, grus og muslingeskaller.
- Lag 2:) 25 - 90 cm, groft sand m. grus og sten, grå/hvid m. lidt diffus FeOOH udfældning.
- Lag 3:) 90 - >120 cm, velsorteret fint- mellemkornet sand uden sten og grus, gulligt/rødligt.

Tolkning: Marint sand fra bund til 90 cm. Lag 2 uforstyrret strandvold.

Prøver:

- OSL-prøve #6.1 v/ 50 - 55 cm.
- OSL-prøve #6.2 v/ 30 - 35 cm.

Strandvold #7a, TEL, 13/10-2017

Markant strandvold, der krydses næsten vinkelret af lille vej/sti i sommerhusområde. Volden synes at have to toppunkter med en lille lavning imellem, hvilket formentlig skyldes antropogen påvirkning; afstand mellem toppene er ca. 8 meter. Profil gravet på toppen længst fra kysten, da denne er højest. GPS-punkt ved profil: 541561.281, 6320064.749 UTM32-EUREF89. Kote, DVR90: 4.336 m.

- Lag 1: 0 - 20 cm, Ap-horisont, mørkegrå sandet muld med få sten.
- Lag 2: 20 - 35 cm, muldblandet groft sand m. grus/små sten, homogen, mørk grå.
- Lag 3: 35 - 60 cm, groft sand m. sten i forsk. størrelser. Mellemgrå m. svag gullig/brunlig farvning pga. diffus FeOOH udfældning, få skaller.
- Lag 4: 60 - >100 cm, mellem- groft sand m. mindre og færre sten end lag 3, ren grå farve, mørkt organiskholdigt omkring 70 - 80 cm's dybde, svagt leret.

Tolkning: Profilet virker forstyrret/blandet, f.eks. stammer det mørke indslag i 70 - 80 cm's dybde formentlig fra en A-horisont, som er blandet ned i den underliggende jord. Det er senere konstateret, at der er nedgravet en spildevandsledning i ca. 3 m's dybde på langs af vejen og det er derfor meget sandsynligt, at profilet rent faktisk er forstyrret, og den udtagne prøve anvendes derfor ikke.

Prøver:

- OSL-prøve #7a.1 v/ 50 - 55 cm.

Strandvold #7b, TEL, 16/10-2017

Markant strandvold, der krydses næsten vinkelret af lille vej/sti i sommerhusområde. Profil gravet på toppen af volden i kanten af ubebygget grund. GPS-punkt ved profil: 541639.605, 6320067.980 UTM32-EUREF89. Kote, DVR90: 4.014 m.

- Lag 1: 0 - 35 cm, Ap-horisont, mørkebrunt sandet muld med lysere grå partier, få sten og rød-der.
- Lag 2: 35 - 50 cm, groft sand/grus m. mange små sten, og skaller af især Litorinasnegle og hjertemusling, lys rødbrun farve pga. udfældning af FeOOH.
- Lag 3: 50 - 95 cm, vekslende lag af mellem- groft sand og grus, grå m. få rødbrune pletter/partier, mange skaller af hjertemusling og Litorina, få mørke pletter efter organisk materiale.
- Lag 4: 95 - >100 cm, brat overgang til fedt gråt ler m. utallige skaller af hjertemusling.

Tolkning: Det fede ler i 95 cm's dybde er tydeligvis marint aflejret pga. indholdet af hjertemuslinger. Dette overlejres direkte af en grov strandvoldsaflejring, hvilket indikerer, at der er en hiatus mellem disse to aflejringer, da der ved en almindelig langsom regression bør være en sekvens af sand, som her bliver grovere opad. Lag 2 og 3 uforstyrret strandvold.

Prøver:

- OSL-prøve #7b.1 v/ 55 - 60 cm.

Strandvold #7c, TEL, 16/10-2017

Markant strandvold, der krydses næsten vinkelret af lille vej/sti i sommerhusområde. Profil gravet på toppen af volden i kanten af vejen. GPS-punkt ved profil: 541708.119, 6320078.305 UTM32-EUREF89. Kote, DVR90: 4.612 m.

- Lag 1:) 0 - 30 cm, Ap-horisont, ensartet mørkebrunt sandet muld, få sten og rød-der.
- Lag 2:) 30 - >100 cm, blandet muld/ler/sand, plettet gråt/mørkt brunt/rødbrunt, bærer tydeligt præg af at være forstyrret.

Tolkning: Profilet er tydeligt forstyrret ifm. nedgravningen af spildevandsledningen; der er derfor ikke udtaget prøver.

Resultater

Aldre på strandvolde

Resultaterne af undersøgelsen publiceres også andetsteds, derfor opridses her kun kort de vigtigste resultater. Målingerne vha. OSL-metoden er udført på Nordisk Laboratorium for Luminescens datering på Risø/Institut for Geoscience, AU

Prøve	Strandvold	Dybde (cm)	Dosis (Gy)	N	Dosis rate (Gy/ka)	Alder (ka)	Vand (%)	Kvarts nulstillet
OSL 1.1	Strandvold 1	25-30	0,23 ± 0,07	33	1,52 ± 0,07	0,15 ± 0,04	14	Sikkert
OSL 2.1	Strandvold 2	30-35	1,08 ± 0,04	51	1,02 ± 0,04	1,06 ± 0,06	19	Sikkert
OSL 5.1	Strandvold 5	35-40	4,89 ± 0,52	44	1,39 ± 0,06	3,51 ± 0,41	16	Usikkert
OSL 6.1	Strandvold 6	50-55	2,24 ± 0,12	35	1,09 ± 0,05	2,05 ± 0,15	14	Sikkert
OSL 7b.1	Strandvold 7b	55-60	2,43 ± 0,12	38	1,03 ± 0,05	2,35 ± 0,16	15	Sikkert

Som det ses af Tabel 1 er fire af de fem OSL-prøver dateret med succes. For prøven "OSL 5.1" giver datering på feldspatkorn fra prøven en væsentlig anderledes alder end dateringen på kvartskornene, og det er derfor usikkert, hvorvidt disse er blevet nulstillet ved aflejringen. Det passer med feltobservationerne, hvor der opstod tvivl om, hvorvidt der var tale om en strandvold eller det skyldes bølgeerosion ind i en ældre skrånende marin flade som så fremstår som en skarp afgrænset kant i landskabet efterfølgende. Dateringen, som i øvrigt viser en væsentlig højere alder end samtlige andre prøver, anvendes derfor ikke i tolkningen af resultaterne.

Dateringen af strandvold #2, sammenholdt med profilbeskrivelsen og kotehøjden på volden, indikerer at denne strandvold er af en anden type end de øvrige. Når landhævningsraten og den recente strandvolds højde kendes, kan en approksimativ værdi for højden af en strandvold med en given alder beregnes som

$$h_a = a \cdot dL + h_r$$

hvor h_a (m.o.h.) er højden af en strandvold med alderen a (år), dL er landhævningsraten (m/år) og h_r (m.o.h.) er højden af den recente strandvold relativ til den valgte referencehøjde for havniveauet (her kote 0 i DVR90).

Tabel 1: Resultater af OSL dateringerne

Strandvold nr	Overflade (m.o.h.)	Top af lag erkendt som strandvold (m.o.h.)	Alder (år)	Hævningsrate ift. #1 overflade (mm/år)	Hævningsrate ift. #1 strandvoldslag (mm/år)
1	1,13	1,13	150		
2	1,27	1,07	1060	0,15	-0,07
6	3,67	3,42	2050	1,24	1,12
7b	4,01	3,66	2350	1,23	1,08

Tabel 2: Beregnede landhævningsrater på baggrund af OSL aldrene.

Af tabel 2 fremgår det, at landhævningsraten, beregnet på grundlag af strandvoldene #6 og #7b er hhv. 1,23 og 1,24 mm/år. Anvendes gennemsnittet af dette til at beregne den forventede højde for en strandvold med en alder på 1060 år fås 2,44 m, hvilket omtrent svarer til højden af strandvold #3.

Det er almindeligt anerkendt, at en strandvolds højde afspejler, hvor højt bølgerne er i stand til at nå op og aflejre materiale under ekstremvejsbegivenheder (Bendixen *et al.* 2013). Der dannes dog også strandvolde i mere almindeligt vejr længere nede på stranden. Typisk skabes volden ved erosion og deposition ved ekstreme vejr begivenheder, hvor grovere materiale aflejres højere oppe på det, der kan kaldes "ekstremvejs-strandvolden". Af profilbeskrivelsen for strandvold #2 fremgår det, at den består af groft sand med forholdsvis få sten, og det blev derfor oprindeligt vurderet, at profilet kunne være gravet på bagsiden af volden, hvortil sten kun kan transporteres ved særligt voldsomme storme.

I lyset af dateringerne og landhævningsraterne beregnet på baggrund af strandvoldene #6 og #7b forekommer det dog mere sandsynligt, at der er tale om en "normalvejr-strandvold", som ikke er blevet eroderet væk, og at ekstremvejr-strandvolden, der hører til denne datering, er strandvold #3. Da ekstremvejr-strandvolden i et system som dette typisk repræsenterer flere ekstreme begivenheder (Bendixen *et al.* 2013), som alle har potentiale til at erodere strandvolden(ene) længere nede ad stranden, må strandvold #2 være dannet meget sent i strandvold #3's dannelseshistorie, eller kort efter at aflejringen på #3 er ophørt.

På baggrund af den fundne landhævningsrate er der konstrueret kort (figur 4-9) visende kystlinjen ved hhv. normal vandstand og ekstremvejr vandstand for udvalgte tidspunkter tilbage i tid. Området mellem de to linjer kan dermed betragtes som angivende det svært forcérbare, men omvendt ifht. græsning for husdyr som meget værdifulde, marskland. På kortene er desuden vist alle registrerede detektorfund fra Aalborg Historiske Museum samt placering af de gravede profiler.

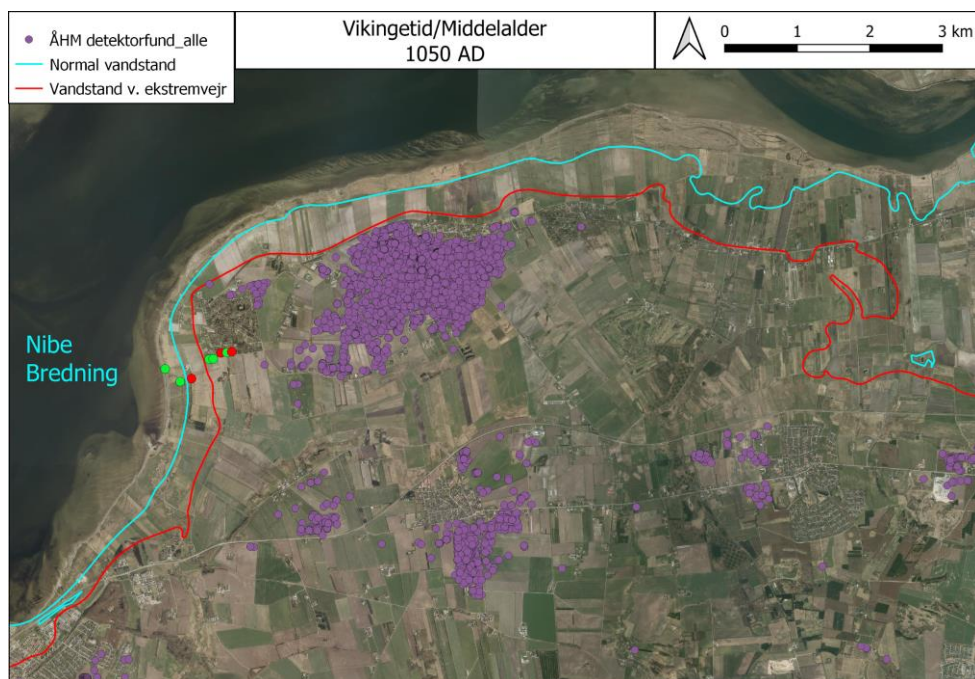
Som ekstremvejrsvandstand - her defineret som vandstand der forventes at overskrides hvert 3. år - er valgt det beregnede havniveau + 110 cm, som svarer til højden af den recente strandvold over dansk vertikal reference nul (DVR90). Bendixen *et al.* (2013) fandt, at en vandstand svarende til højden af strandvolden gennemsnitligt indtræffer hvert 3. år, men påpeger også, at brug af palæo-strandvolde som proxy for havniveau involverer stor usikkerhed, da strandvoldene både kan have oplevet erosion og tilvækst siden dannelsen. De nærmeste steder, der registreres vandstand, er Attrup og Nr. Sundby (Kystdirektoratet 2018), hvor der findes 10-års returværdier på hhv. ca. 139 cm og ca. 126 cm. Da Nørholm ligger midt mellem disse to steder, virker det sandsynligt, at en vandstand på 110 cm over normalen opnås hvert 3. år eller endda oftere (Bendixen *et al.* 2013).

Usikkerhed

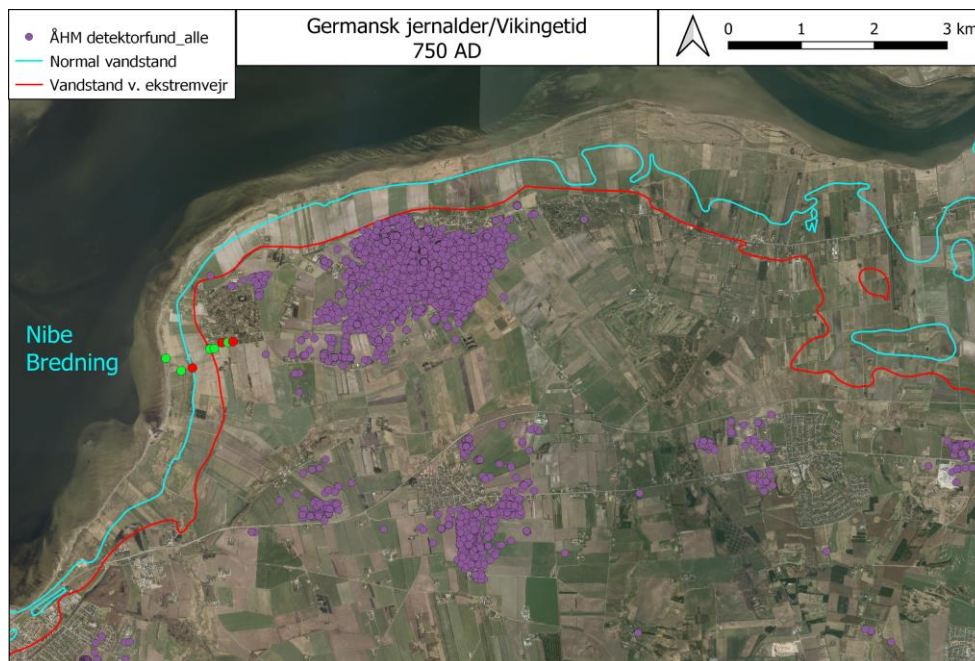
Kortene med potentielle græsningsarealer

Kortene i figur 4 til 9 viser at Nørholm-bakken har været svært tilgængelig fra landsiden i hvert fald langt op i førromersk jernalder, idet den mod øst, vest og syd har været omgivet af udstrakte strandenge/marsklandskab. Mod nord har man imidlertid kunnet sejle helt ind til foden af bakken indtil engang i romersk jernalder, hvilket indikerer, at kommunikation med omverdenen op gennem bronzealderen og den første halvdel af jernalderen hovedsageligt er foregået via vandvejen. På denne tid er dalen mellem Nørholm og Sønderholm meget lavtliggende og har formentlig været oversvømmet med få års mellemrum. Lægges hertil den lave gradient mod kysten og de stejle dalsider, som har skullet afvandes via dalen, er det sandsynligt, at der mange steder i dalen har været permanent vand i form af strandsøer og moseområder og det har været tale om hyppige pålejring af marskklæg, som giver bedre græsning end på andre typer våde enge. En diskussion af præcist hvordan dette marsk- og lagunelandskab har fremstået, er dog udenfor denne rapports formål. Her fokuseres alene på udbredelser.

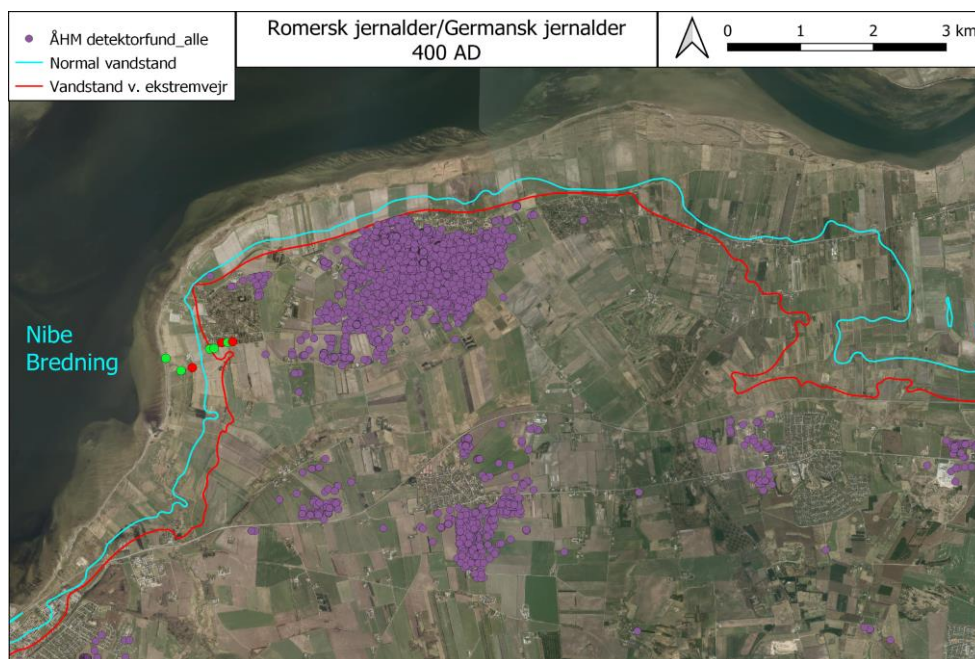
I takt med den fortsatte landhævning opstår marsk- og strandengene nord for bakken gradvist i løbet af romersk og germansk jernalder, samtidig med at marskområderne mod vest og, især, øst udvides således, at området ved overgangen til vikingetiden meget ligner den situation, vi kender i dag. Op gennem vikingetid og middelalder har den væsentligste forskel ift. nutiden været dalen mellem Nørholm og Sønderholm, som i dag drænes af et omfattende netværk af grøfter. Indtil denne dræning etableres må dalen og marskene mod øst og vest have været et stort vådt engområde, som har vanskeliggjort adgangen til Nørholm-bakken fra landsiden.



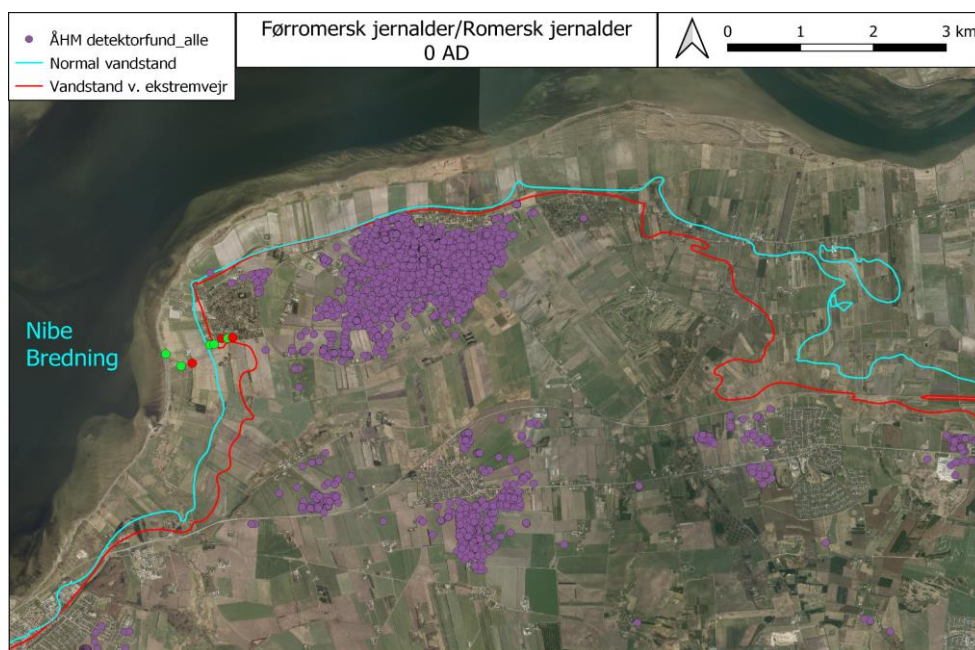
Figur 4: Kort som for overgangen fra vikingetid til middelalder viser den estimerede kystlinje ved (blå linje) gennemsnits havniveau i Limfjorden og (rød linje) ekstremvejr vandstand, som her er defineret som vandstand, der forventes, at overskrides hvert 3. år og som her er skønnet til +110 cm. Røde og grønne prikker viser placeringen af de OSL-daterede prøver. Baggrundskort er ortofoto for 2017. Lilla prikker viser alle arkæologiske detektor fund i området.



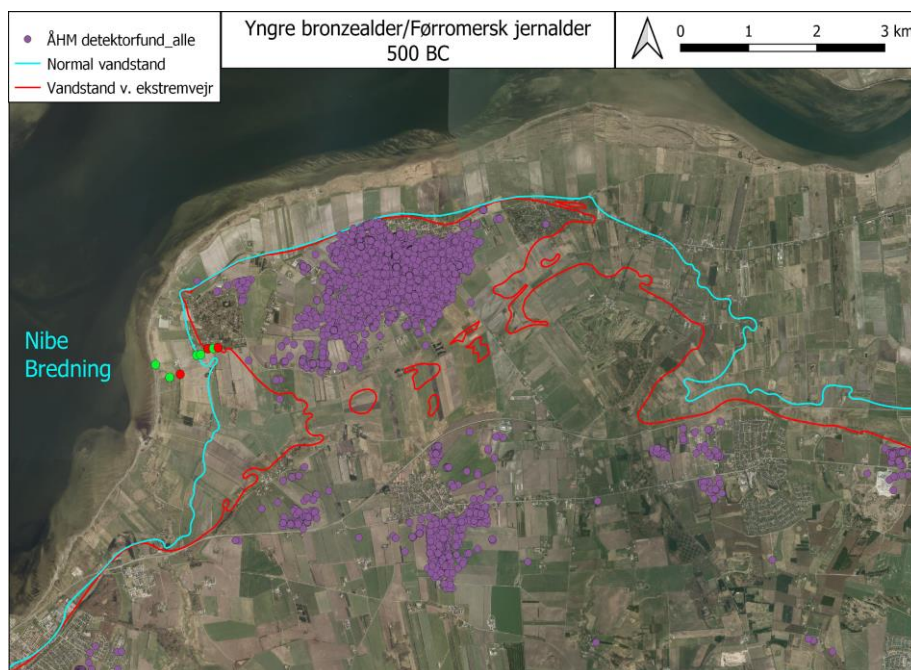
Figur 5: Kort som for overgangen fra germansk jernalder til vikingetid viser den estimerede kystlinje ved (blå linje) gennemsnits havniveau i Limfjorden og (rød linje) ekstremvejr vandstand, som her er defineret som vandstand, der forventes, at overskrides hvert 3. år og som her er skønnet til +110 cm. Røde og grønne prikker viser placeringen af de OSL-daterede prøver. Baggrundskort er ortofoto for 2017. Lilla prikker viser alle arkæologiske detektor fund i området.



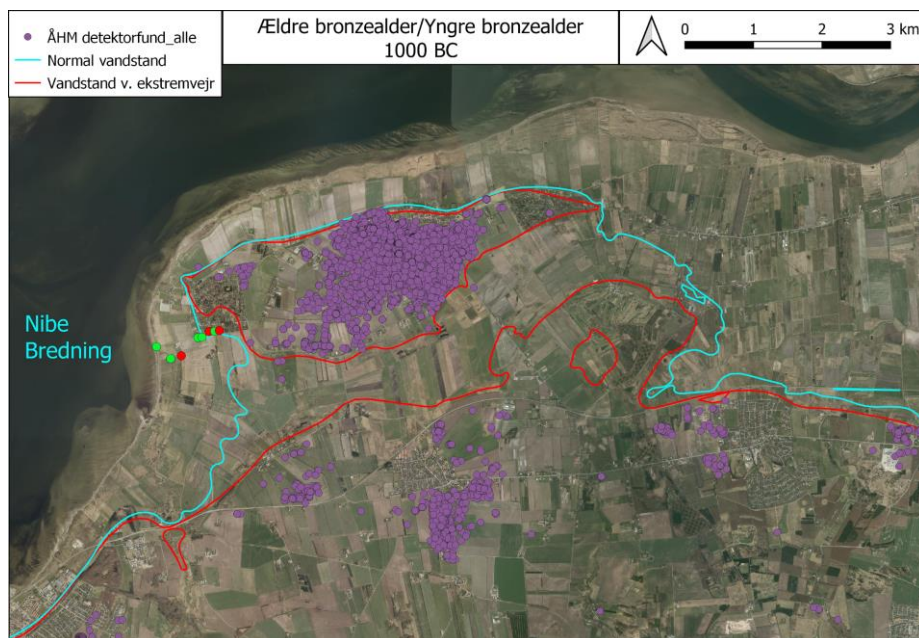
Figur 6: Kort som for overgangen fra romersk jernalder til germansk jernalder viser det estimerede kystlinje ved (blå linje) gennemsnits havniveau i Limfjorden og (rød linje) ekstremvejr vandstand, som her er defineret som vandstand, der forventes at overskrides hvert 3. år og som her er skønnet til +110 cm. Røde og grønne prikker viser placeringen af de OSL-daterede prøver. Baggrundskort er ortofoto for 2017. Lilla prikker viser alle arkæologiske detektor fund i området.



Figur 7: Kort som for overgangen fra førromersk jernalder til romersk jernalder viser det estimerede kystlinje ved (blå linje) gennemsnits havniveau i Limfjorden, og (rød linje) ekstremvejr vandstand, som her er defineret som vandstand, der forventes at overskrides hvert 3. år og som her er skønnet til +110 cm. Røde og grønne prikker viser placeringen af de OSL-daterede prøver. Baggrundskort er ortofoto for 2017. Lilla prikker viser alle arkæologiske detektor fund i området.



Figur 8: Kort som for overgangen fra yngre bronzealder til førromersk jernalder viser det estimerede kystlinje ved (blå linje) gennemsnits havniveau i Limfjorden og (rød linje) ekstremvejr's vandstand, som her er defineret som vandstand, der forventes at overskrides hvert 3. år og som her er skønnet til +110 cm. Røde og grønne prikker viser placeringen af de OSL-daterede prøver. Baggrundskort er ortofoto for 2017. Lilla prikker viser alle arkæologiske detektor fund i området.



Figur 9: Kort som for overgangen fra ældre bronzealder til yngre bronzealder viser det estimerede kystlinje ved (blå linje) gennemsnits havniveau i Limfjorden og (rød linje) ekstremvejr's vandstand, som her er defineret som vandstand, der forventes, at overskrides hvert 3. år og som her er skønnet til +110 cm. Røde og grønne prikker viser placeringen af de OSL-daterede prøver. Baggrundskort er ortofoto for 2017. Lilla prikker viser alle arkæologiske detektor fund i området.

Taksigelser

Tak for faglige indspil til Kristian Dalsgaard, Aart Kroon og Mads Runge. Også personalet på NLL takkes for OSL-dateringerne.

Referencer

Bendixen, M., L. B. Clemmensen & A. Kroon 2013: Sandy berm and beach-ridge formation in relation to extreme sea-levels: a Danish example in a micro-tidal environment. *Marine Geology*, 344, 53-64.

Clemmensen, L.B., I.W. Hougard, A.S. Murray & S.S. Pedersen 2018: A high-resolution sea-level proxy dated using quartz OSL from the Holocene Skagen Odde spit system, Denmark. *Boreas*. Vol. 47, pp. 1184–1198.

Hansen, J. M., T. Aagaard & M. Binderup 2012: Absolute sea levels and isostatic changes of the eastern North Sea to central Baltic region during the last 900 years. *Boreas*, Vol. 41, pp. 180–208. 10.1111/j.1502-3885.2011.00229.x

Hansen, J.M., T. Aagaard, J. Stockmarr, I. Møller, L. Nielsen, M. Binderup, J.H. Larsen & B. Larsen 2016: Continuous record of Holocene sea-level changes and coastal development of the Kattegat island Læsø (4900 years BP to present). © 2016 by Bulletin of the Geological Society of Denmark, Vol. 64, pp. 1–55. ISSN 2245-7070. (www.2dgf.dk/publikationer/bulletin).

Hede, M. U., L. Sander, L.B. Clemmensen, A. Kroon, M. Pejrup & L. Nielsen 2015: Changes in Holocene relative sea-level and coastal morphology: A study of a raised beach ridge system on Samsø, southwest Scandinavia. *The Holocene*, 25, 1402–1414.

Jessen, 1936: *Vendsyssels Geologi* (DGU 5.r. II, 1918, 2. udg.).

Kystdirektoratet, 2018: Højvandsstatistikker 2017. Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevarerministeriet, 86.

Mertz, 1927: Oversigt over de sen- og postglaciale Niveauforandringer i Danmark. DGU, II Række, Nr. 41, 49 pp.

Påsse, T. & L. Andersson 2005: Shore-level displacement in Fennoscandia calculated from empirical data, *GFF*, 127:4, 253-268.

Sørensen C., N.H. Broge, M.R. Molgaard, C.S. Schow, P. Thomsen, K. Vognsen and P. Knudsen 2016: Assessing Future Flood Hazards for Adaptation Planning in a Northern European Coastal Community. *Front. Mar. Sci.* 3:69.