



NATIONALPARK
KONGERNES NORDSJÆLLAND

GEOLOGI OG LANDSKABER I NATIONALPARK KONGERNES NORDSJÆLLAND

Zone C: Fra Gribskov til Nordkysten



FORFATTER

Michael Houmark-Nielsen

GEOLOGI OG LANDSKABER I NATIONALPARK KONGERNES NORDSJÆLLAND

ZONE C: FRA GRIBSKOV TIL NORDKYSTEN

Forfattere: Michael Houmark-Nielsen

Udgivelsesår: 2023

ISBN: 978-87-94316-18-7

Forsidefoto: Pannehave Ådal set fra Rusland af Marianne Lund Ujvári

Rapporten er publiceret på www.nationalparkkongernesnordsjaelland.dk

Udarbejdet for Nationalpark Kongernes Nordsjælland

Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse

Bedes citeret: Houmark-Nielsen, M. (2023). Geologi og landskaber i Nationalpark Kongernes Nordsjælland. Zone C: Fra Gribskov til Nordkysten.

**GEOLOGI OG LANDSKABER
I NATIONALPARK KONGERNES
NORDSJÆLLAND**

Zone C: Fra Gribskov til Nordkysten

FORFATTER

Michael Houmark-Nielsen

Indhold

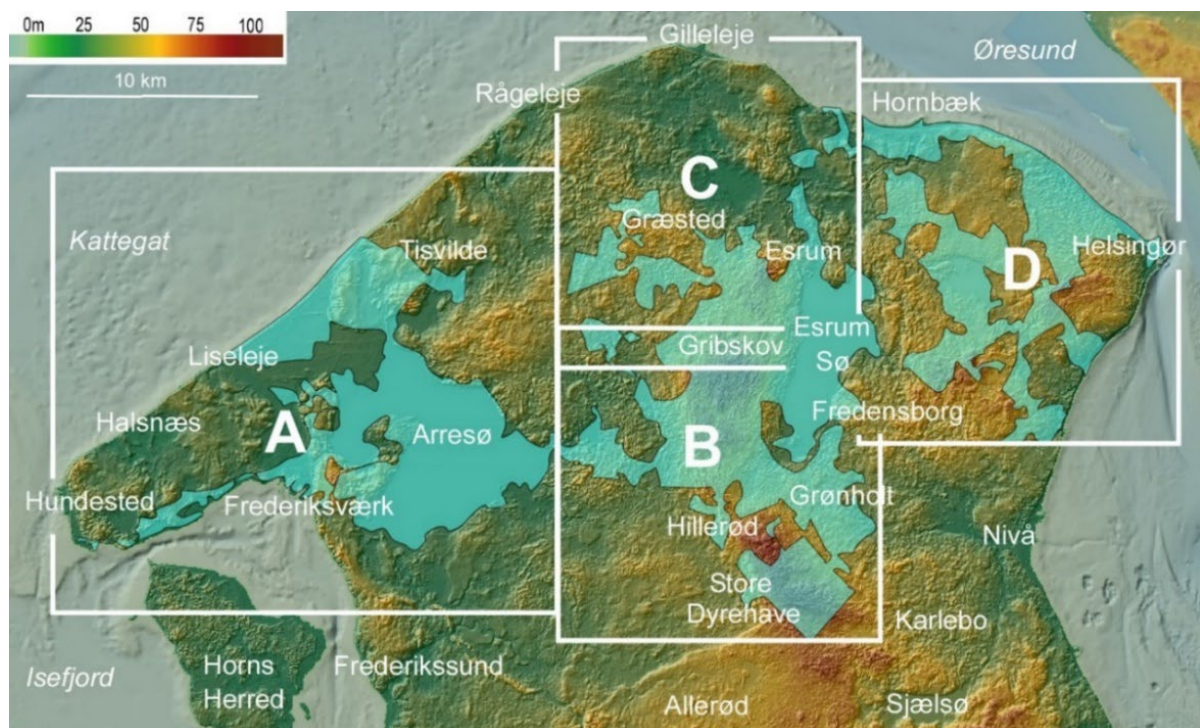
Indledning og opbygning.....	3
Zone C: Helsingø – Nordlige Gribskov - Ådalene – Nordkysten.....	5
Landskabstræk.....	7
Landskabets indre.....	8
Nordøstsjælland centrale bakkeryg	8
Den geologiske historie fortalt gennem den samlede lagfølge.....	9
Infoboks: Den dybe geologi	12
Områderne i Nationalparkens zone C	13
Område 8: Esrum Sø	13
Landskabet.....	14
Område 9:	16
Gribskøvs vestlige forland	16
Landskabet.....	17
Tema: Issøbakker og dødislandskaber.....	19
Område 10: Det Nordlige Gribskov	22
Landskabet.....	22
Område 11:	30
Landet mellem Esrum Sø og Nordkysten - De store ådale	30
Landskabet.....	30
De yngre landskaber	33
Floddalenes geologiske historie	36
Stenalderhavet i det nordligste Sjælland.....	42
Litteratur.....	46

Indledning og opbygning

Viden og formidling af naturskabte herligheder som geologi og landskaber i nationalparken ligger som et fundament for nationalparkens øvrige emneområder og værdier og spiller i høj grad sammen med disse.

Rent geografisk kan nationalparken opdeles i fire zoner – et i hvert verdenshjørne. Med udgangspunkt i det notat, der blev udgivet i nationalparkens regi i 2019¹, og som behandler de overordnede geologiske og landskabsmæssige forhold i det meste af Nordøstsjælland, følger herefter detaljerede redegørelser for hvert område. Til grund for denne fremstilling er anvendt et omfattende volumen af faglitteratur – videnskabelig så vel som populær med skelen til, at emnet også er behandlet i kortfattede oversigter i andre sammenhænge². Vigtige redskaber til forståelsen af Nordøstsjællands geologi og landskaber har også været den digitale terrænmodel udgivet af *Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur* samt de geologiske jordartskort udarbejdet af *GEUS* under *Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet*.

En beskrivelse af hver af nationalparkens **fire zoner** A, B, C og D (Fig. 1) begynder i helikopterperspektiv, som byder på en overordnet beskrivelse af geologi og landskaber. Her behandles særlige temaer knyttet til området, f.eks. tydeligt og velbevarede dødislandskaber, klit- og sandflugtsområder, smeltevandsdale, randmoræner osv.



Figur 1: Nationalparkens udbredelse (grøn) og markering af de fire zoner.

Beskrivelsen opdeles i mere konkrete **områder**, hvor der gøres **nedslog**, som med detaljerede beskrivelser af lokaliteter går i dybden med særligt interessante forhold, lokale landskaber, kystklinter m.m., og som viser, hvad man rent faktisk kan, eller har kunnet se og opleve lige her på stedet og, hvordan netop denne lokalitet bidrager til helhedsbilledet.

¹ Houmark-Nielsen, M. 2019: Geologi og landskaber i Nationalpark kongernes Nord-sjælland 1, 29 s. <https://nationalparkkongernesnordsjaelland.dk/bibliotek/rapporter/>

² Trap Danmark 6. udgave, <https://trap.lex.dk>

Zone C: Helsinge – Nordlige Gribskov - Ådalene – Nordkysten

Nationalparkens nordlige del omfatter den centrale højderyg, der fra Kagerup og Esrum Sø vider sig ud og flader af imod kystlandet i nord. Det småbakkede landskab mellem Helsinge, Valby, Græsted og Mårum ligger som den dyne over højderyggens ofte mere retlinede former, det kommer især til syne øst for Gilleleje, Søborg og Esrum. Brede lavninger indtages i dag af Søborg Sø og Esrum Sø, mens mere smalle dale løber fra Esrum Sø's nordlige bred fra Esrum og Plejelt mod Dronningmølle og Hornbæk. Dalene krydses af tværgående forholdsvis lave bakkerygge, der fra nordøst slynger sig syd om Søborg Sø mod det nordlige Gribskov.

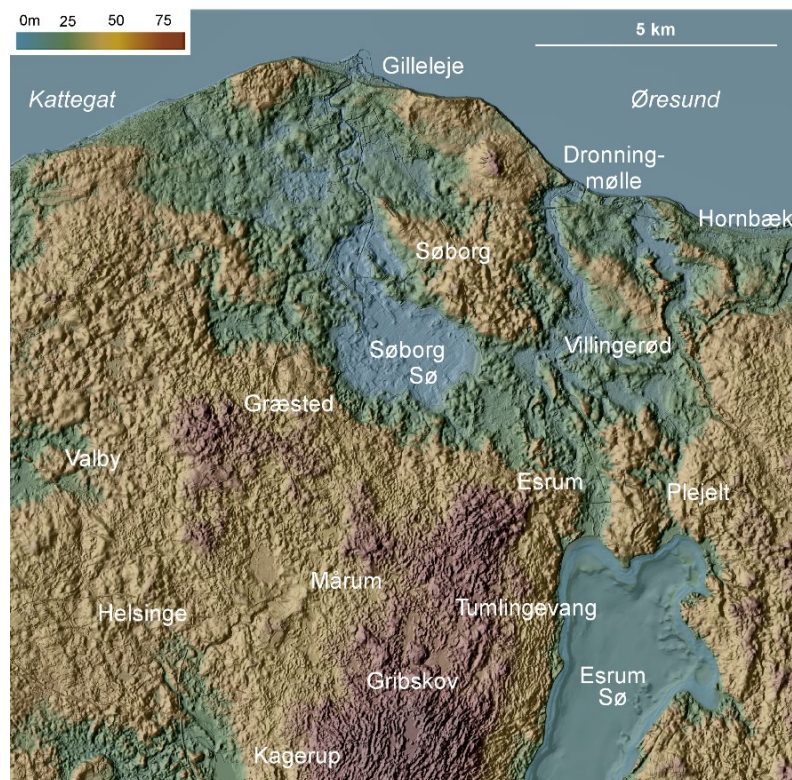
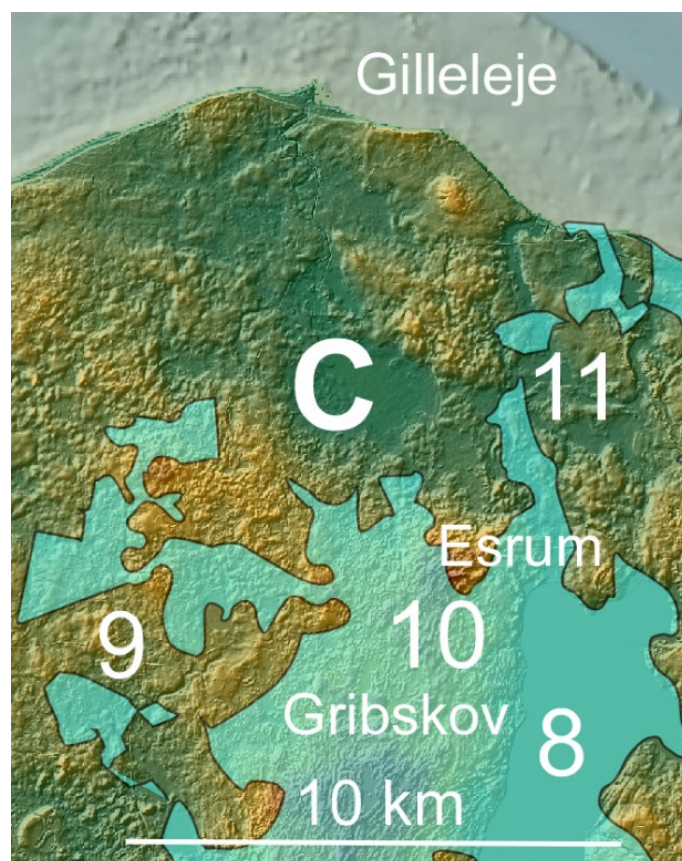


Fig. C1: Topografi og lokalisering i Zone C, nationalparkens nordlige del.

Zone C er den nordligste del af nationalparken og kan naturligt deles i fire områder, der fortløbende nummereret følger efter områderne i zone A og B (Fig. C2):

8: Esrum Sø, er et dybt og langstrakt søbassin anlagt i en dødislavning bag NØ-Sjællands centrale randmoræneryg. Søen har eksisteret siden Senglacial tid med et vandspejl, der har varieret med omkring 10 meter gennem søens historie.

9: Gribskovs vestlige forland. Området mellem Helsingør, Mårumb og Græsted ligger i Gribskovs vestlige forland. Her er ældre landskabsformer sløret af morænevolde og issøbakker. Talrige store fladbakker indgår i den fremherskende landskabsmosaik af nedsmeltningssformer, der opstod, da dødis fra de seneste isdækker efterhånden forsvandt i Senglacial tid.



Figur C2: Kort over zone C med udbredelse af Nationalpark Kongernes Nordsjælland vist med grøn farve og fire udvalgte områder. 8: Esrum Sø, 9: Nordlige Gribskov, 10: Mårumb-Helsingør, 11: Ådalene og Dronningmølle.

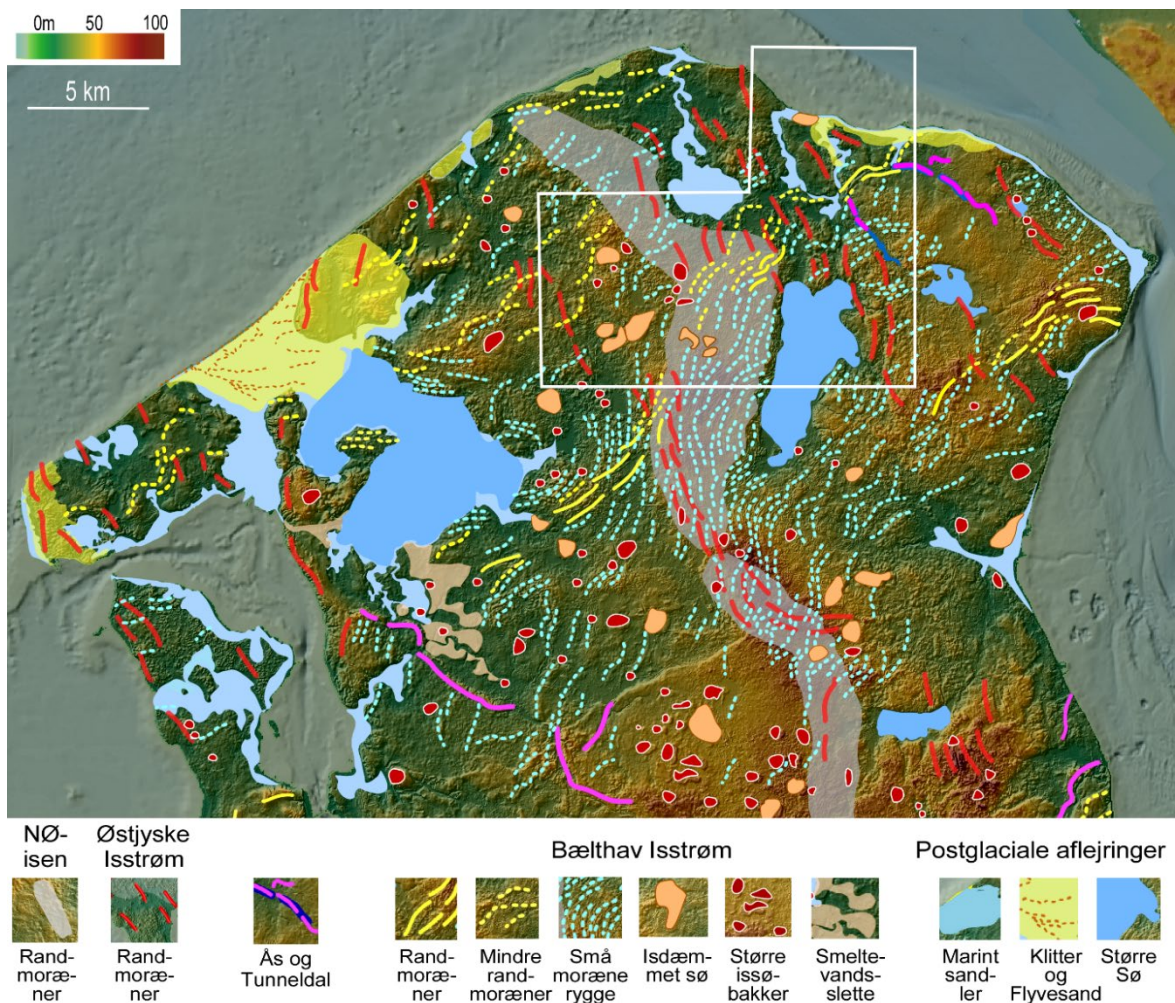
10: Den nordlige del af Gribskov er hjemsted for rækker af langstrakte bakkepartier, morænevolde, dannet i tilknytning til den yngste isstrøms afsmeltning. Her i mellem ligger adskillige større issøfladbakker. De forudgående isstrømmes terrænformer gemmer sig under det yngre istidslandskab, men gør sig alligevel gældende i det overfladenære terræn.

11: Landet mellem Esrum Sø og Nordkysten skæres på tværs af en perlerække af mindre randmoræner fra Bælthav Isstrømmen. Herfra er de tidligere floddale anlagt i lavninger mellem randmoræner efterladt af den Østjyske Isstrøm. De nordlige kystområder gemmer på historien om Stenalderhavets indtrængning, efterfølgende forsumpning og sandflugtsbegivenheder op mod vor tid.

Landskabstræk

Grundstammen i det NØ-Sjællandske landskab er den langstrakte og let buede, 6-7 km brede højderyg, der strækker sig fra Kattegatkysten gennem nationalparken forbi Sjælsø og Furesøen og videre i retning mod København^{1,2}. Mod nord udviskes eller sløres højderyggen i nogen grad, og samtidig dækkes den af mindre og mere spredte bakkerygge, der fortsætter i retning mod Kattegat (Fig. C3). Den centrale bakkeryg opstod i randområdet af en isstrøm – kaldet NØ-isen, der invaderede landet fra det mellemste Sverige, mens de mindre israndsbakker tilhører den efterfølgende isstrøm – den Østjyske, som passerede den svenske Østersøkyst og flød gennem Skåne, inden den nåede NØ-Sjælland under den sidste istids slutfase.

Gennem Zone C slynger flere bælter af mindre morænerygge sig hen over de ældre landskaber, samtidig med at ryggene i retning mod Øresunds kystland får karakter af egentlige randmoræner. Frem mod disse bakkestrøg dannet af Bælthav Isstrømmen løber to åse fra sydøst aflejret af smeltevand, der i eller på isen er løbet mod isranden. Smeltevandet er herfra fortsat gennem større floddale mod Kattegat.



Figur C3: Nordøstsjællands regionale landskabstræk. Zone C indrammet. Efter Houmark-Nielsen 2019¹.

De store fladbakker fra afsmeltningstiden, der også findes i stort tal i det øvrige NØ-Sjælland, er sammen med deres indhold af flod og søsedimenter udvalgt som et særligt tema for landskaberne i zone C. Kendskabet til issøbakkerne og deres dannelse skyldes i høj grad den store interesse for deres rige forekomster af smeltevandsler, som har været flittigt udnyttet i teglværksindustrien.

Flere af istidslandskabets tidligere floddale blev i Stenalderen omdannet til smalle fjorde og sunde, der med indløb fra Kattegat fyldtes med skalførende marint sand og ler (Fig. C3). Havets indtrængning, der dog ikke nåede helt ind til Esrum Sø, skete som følge af den verdensomspændende havspejlsstigning, der fulgte efter afsmeltningen af de store isskjolde tidligt i Postglacial tid. I Jernalderen blev de smalle farvande afsnøret fra havet og dalene forvandlede til brakvandsfjorde og sumpede ferskvandssøer. Som nabo til de nuværende kystområder blev de efterhånden tørlagte områder og deres opdyrkede omgivelser udsat for sandflugt og klitdannelser. Sandflugten kulminerede først i nyere tid og ses som et eksempel på, hvordan klimaændringer og menneskelig adfærd tilsammen lagde grunden til en katastrofal udvikling, der først ophørte i slutningen af det 19. århundrede.

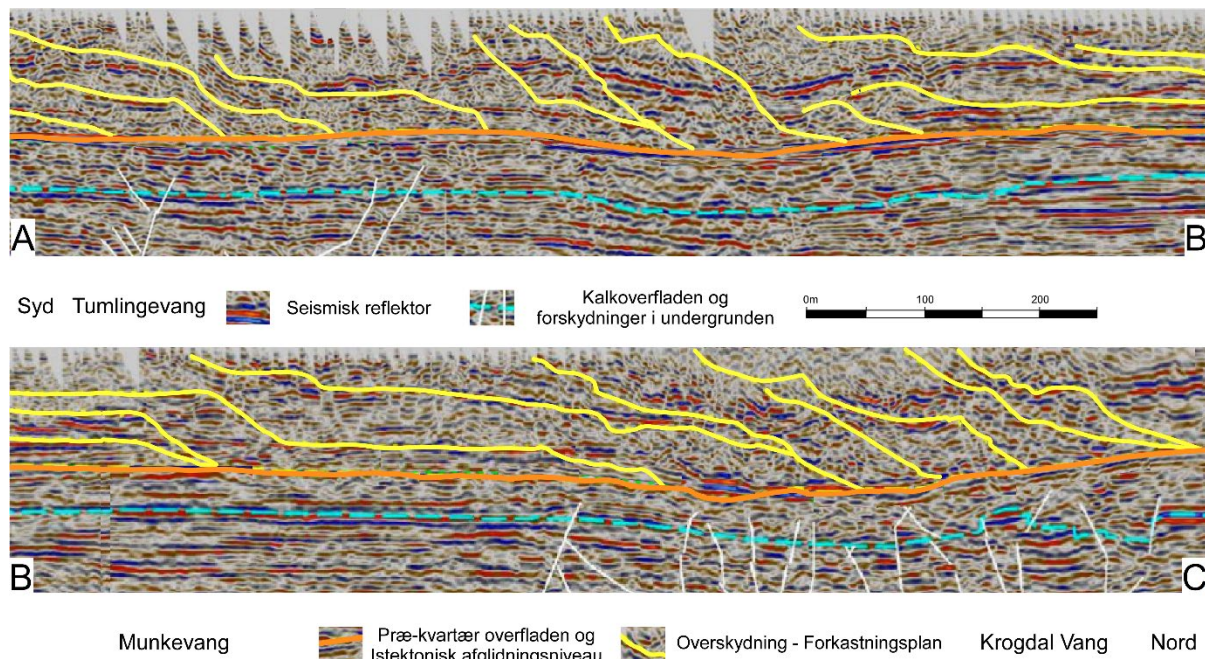
Landskabets indre

Zone C gemmer oplysninger om den dybere del af Nordøstsjællands geologi. Studier af sedimenter og lagfølger fra talrige og dybe grundvandsboringer har givet indblik i forløbet af de foregående nedisninger og miljøforandringer i de mellemliggende isfrie og arktiske perioder. Åbne profiler i grusgrave og kystklinter støttet af geofysiske undersøgelser fra det nordlige Gribskov har afsløret dele af landskabets indre arkitektur, der er et produkt af sidste istids geologiske hændelser, særligt dannelsen af større randmoræner.

Nordøstsjællands centrale bakkeryg

Der findes ingen naturlige gennemskæringer af den centrale bakkeryg i NØ-Sjælland, ej heller er der anlagt større grusgrave her i modsætning til den Østjyske Isstrøms randmoræner i enen mellem Gilleleje og Esrum. En måde at kigge ind i bakkernes indre er at anvende geofysiske metoder, nærmere betegnet ved hjælp af seismiske undersøgelser, der benytter gennemtrængning og refleksion af lydbølger, der sendes ned i dybet. Resultatet af en seismisk linjeføring gennem den centrale højderyg langs den vestlige bred af Esrum Sø³, giver et billede af bakkernes indre arkitektur (Fig. C4). Rekonstruktionen bygger på tolkning af seismiske reflektorer, dvs. lydbølger der tilbagekastes, når de rammer ændringer i lagenes beskaffenhed, og især ved mødet med forskellige laggrænser. Hastigheden for lydbølgerne har en fastsat værdi bestemt af den type aflejringer, som de bevæger sig igennem, og deres rejsetid frem og tilbage gør det muligt at bedømme dybden til bestemte reflektorer. Bestemmelser af hastighed

gennem bakkernes aflejringer og dybden til særlige laggrænser støtter sig til den lagfølge, som findes i udvalgte boringer i nærheden af den geofysiske linjeføring.



Figur C4: Et omkring 2 km langt næsten nord-syd gående seismisk profil gennem Gribskov-randmorænerne opmålt på Søvejen langs den vestlige bred af Esrum Sø. Efter Windsløv m. fl. 2020³

Det tolkede resultat af et ca. 2 kilometer langt profilsnit viser en række sammenstablede skiveformede sedimentlegemer adskilt af forkastninger, kaldet overskydninger, der hælder mod nord og øst (Fig. C4). Skiverne er revet løs langs et niveau for afrømning, décollement, der ligger ret konstant i omkring 100 meters dybde omtrent langs grænsen til undergrunden, præ-kvartærfladen. I dette tilfælde er det mergel af Paleocæn alder, der har favoriseret løsrivelse af istidslagene. Under grænsen findes en helt anden type forkastninger i den uforstyrrede mergel og underliggende kalksten, forkastninger der knytter sig til justeringer i jordskorpen udløst inden aflejrning af de kvartære lag. Sammenstablingen af flager i randmorænebakkerne er sandsynligvis sket både i forbindelse med genfremstød under NØ-isens og den Østjyske Isstrøms generelle tilbagesmeltning. Det seismiske profil viser samme arkitektur og retning af istektonisk deformation, som det der ses i kystklinten ved Nakke Hoved umiddelbart øst for Gilleleje¹ og i grusgravene omkring Plejelt.

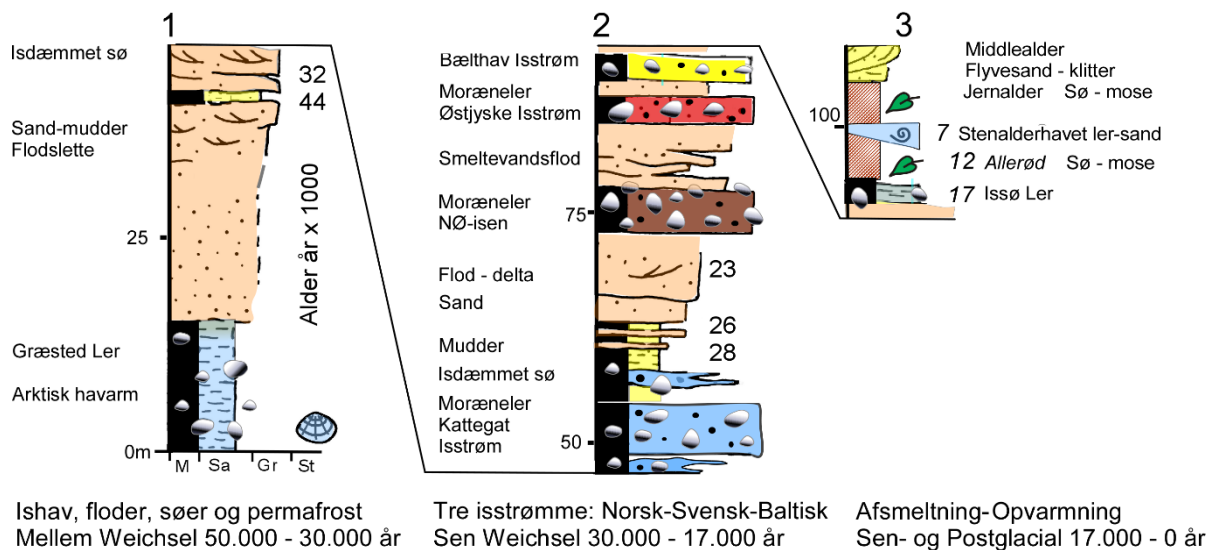
Den geologiske historie fortalt gennem den samlede lagfølge

Når lag fra åbne snit i klinte, grusgrave og grundvandsboringer i Nordsjælland⁷ jävnføres med tilsvarende data fra Vestsåne⁸, kan man opstille en samlet rækkefølge af lag lagt på lag, der er gældende for det meste af Øresundsregionen. En tidslinje med den geologiske historie, som kan udredes af lagfølgen, er omtalt i infoboks Zone B⁹ og vist som en kortserie i oversigt over

nationalparkens geologi og landskaber ¹. Lagfølgen (Fig. C5), der læses nedefra og opefter og fra venstre mod højre, begynder med:

1 – Græsted Ler er en stenfattig, mudret aflejring med en sparsom fauna af muslinger, snegle og kalkskallede mikroorganismer, der fortæller, at leret er afsat på bunden af et arktisk hav – Skærumhedeområdet navngivet efter typelokaliteten i Vendsyssel. Da havarmen efterfølgende blev afsnøret, var Kattegatlavningen en ferskvandssø, hvor floder fra Østersøområdet afsatte sand og mudder langs søens bredder i Nordøstsjælland for mellem 44.000 og 32.000 år siden.

2 – En isstrøm med oprindelse i Sydnorge fyldte Kattegat og dækkede det meste af nationalparkens område. Afsmeltningen af Kattegat Isstrømmen foregik for ca. 28.000 – 26.000 år siden, hvor isen kælvede i den gendannede Kattegat Issø. Flere steder i de kystnære områder løb floder ud i søen og afsatte sand og grus indtil for ca. 23.000 år siden, hvor NØ-isen overskred området. Isen efterlod et lag af sandet og stenet moræneler og efter dens afsmeltning invaderede først den Østjyske Isstrøm området fra østlige retninger og senere Bælthav Isstrømmen fra sydøst. For omkring 17.000 år siden tog afsmeltningen fat med afsætning af sand og mudder i isdæmmede søer.



Figur C5: NØ-Sjællands samlede lagfølge sammensat på baggrund af flere kilder¹. De dybeste ca. 50 m er i uforstyrret tilstand gemt i Esrum-dalen, men findes også opbrudt i istektonisk forstyrrede randmorænestrøg. Figuren læses fra venstre mod højre i kronologisk rækkefølge. Efter Houmark-Nielsen 2019¹.

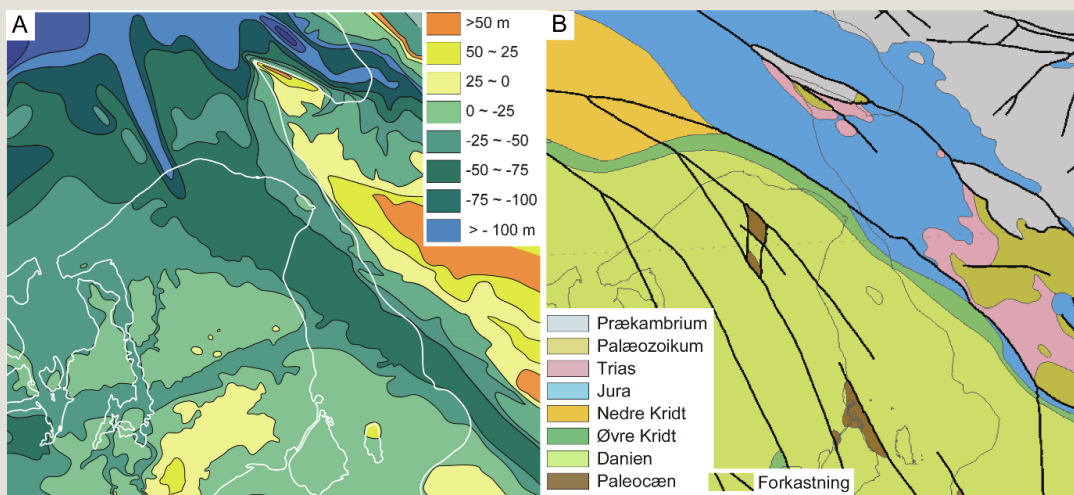
3 – Over gletsjernes aflejringer ligger i den samlede lagfølge sand og ler afsat i store søer dækket af dødis, opstået i forbindelse med dannelsen af de udbredte dødislandskaber under den endelige nedsmeltning. Rester af Allerød-varmetidens senglaciale tundravegetation og den efterfølgende postglaciale varmetids tætte løvskov er i dag gemt i lavlandets søer og moser, men træder nu og da frem i lave kystklinter og udgravninger. I Nordøstsjællands kystnære egne

har Stenalderhavets sand og dynd med sin varmekrævende lavt-vands fauna lagt sig over ferskvandsdannelserne, som efterfølgende vendte tilbage i Bronze- og Jernalder, hvor de ind til i dag har lagt låg over lavningerne i søer og ådale. Det unge flyvesand, der har størst udbredelse langs Nordkysten, er vist øverst i lagfølgen.

Den dybe geologi

Bundgrænsen for kvartærtidens aflejringer, den såkaldte ”prækvarterflade”, afspejler undergrundens relief. I Vestsåne danner fladen en varieret topografi, domineret af horst-lignende højderygge – Kullen og Söderåsen – med gravsænkninger imellem, mens fladen lægger begravet under tykke kvartære lag på Sjælland. Bjergarternes udbredelse er styret af bevægelser i den dybe undergrund langs en tektonisk randzone i jordskorpen, der danner skel mellem gamle bjergarter over Skåne og unge over Sjælland. I Øresundsområdet findes den smalle og ret dybe Esrum-Alnarp-dal, dannet ved indsykning langs syd-flanken af randzonen. Dalen, hvis bund når ca. 60 meter under nuværende havniveau, fortsætter ud i Kattegat, hvor den uddybes. I modsat retning krydser den Øresund og løber videre gennem det sydlige Skåne. Indsykning i den sene del af Kvartærtiden har bevirket, at dalen har fungeret som afløb for Østersøen og i perioder som det arktiske Kattegats forlængede havarm, hvori Græstedleret har kunnet afsættes.

Mange forskelligartede bjergarter fra de nordsjællandske istidsaflejringer har oprindelse i isstrømmenes passage over Skåne. Således har NØ-isen båret på rester af det krystalline grundfjeld, rødlige sandsten fra Trias og kulførende skifre og sandsten fra Jura. Østfra har den Østjyske Isstrøm især slæbt stumper af den hårde og lyse kvarts-Hardebergasandsten fra Palæozoikum, rosa farvede Trias sandsten og de mørke kulførende skifre og sandsten fra Jura. Bæltthav Isstrømmen har, som det yngste isdække, ført bjergartsstumper fra den sydlige Østersø og de del af Skåne, der domineres af palæozoiske sandsten, skifre og den tætte grå og rødlige Orthoracit-kalksten. Hertil kommer flint og kalk af mere lokal oprindelse fra Danien perioden samt kalk og mergel fra lokale forekomster af Palæocæn alder. Bjergarternes og deres transportveje er udførligt behandlet i opslagsværker om ledeblokke og andre istransporterede sten i danske istidsaflejringer⁶.



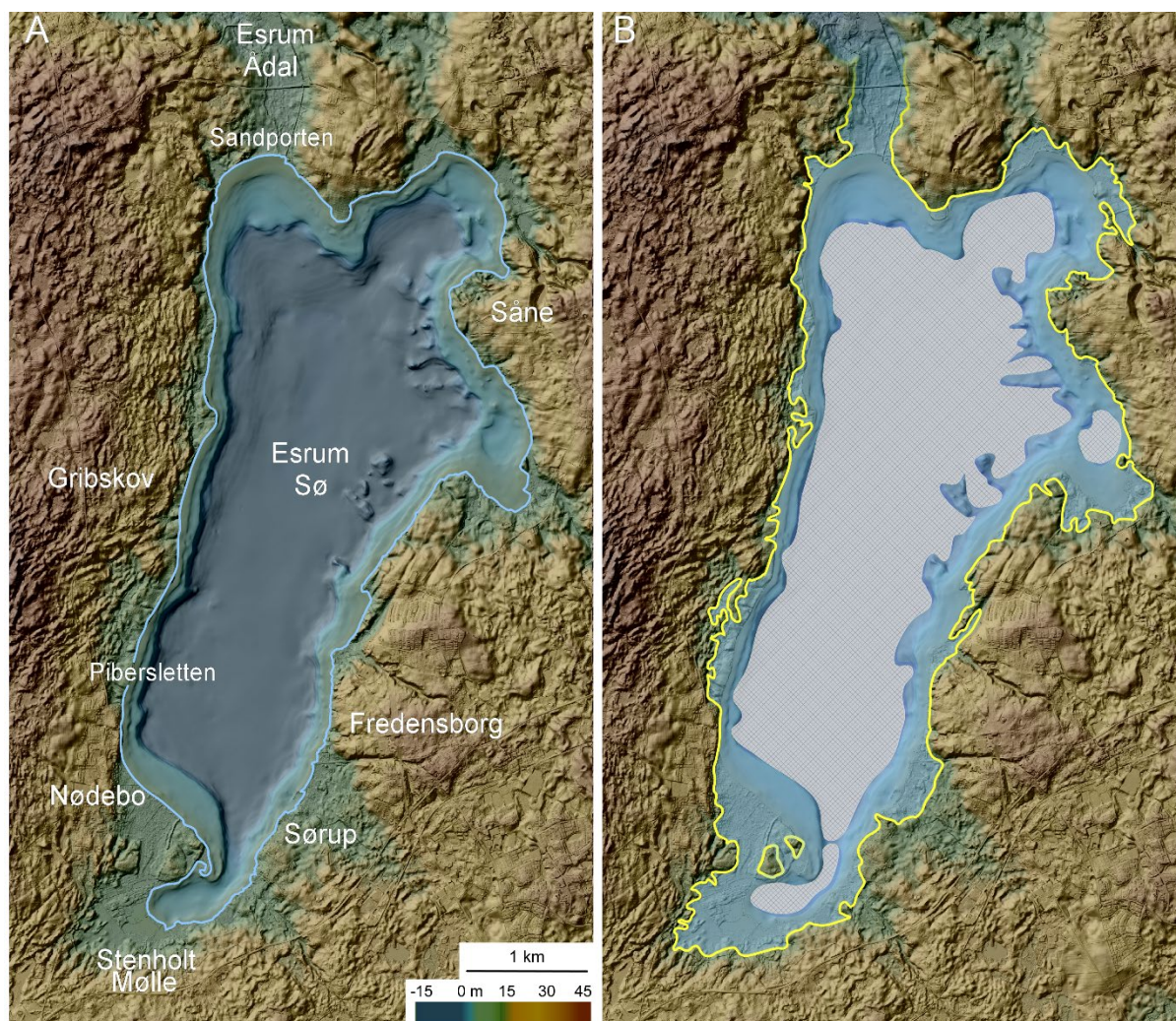
Undergrundens topografi (A) fra Gravesen m. fl. 2017⁴ og præ-kvartære bjergarters udbredelse (B) i området omkring Øresund. Efter VARV 1992⁵. Alnarpdalen skærer gennem Nordøstsjælland og Sydvestskåne.

Områderne i Nationalparkens zone C

Nationalparkens zone C og dens opland kan deles i fire områder, der omfatter 8: Esrum Sø, 9: Området mellem Helsingø, Græsted og Mårup, 10: Selve den nordlige del af Gribskov og 11: Det ret flade, men landskabsmæssigt varierede område mellem Esrum og Kattegatkysten, de store ådale.

Område 8: Esrum Sø

Esrum Sø ligger i en nord-syd gående og mere end 25 meter dyb dalsænke omgivet af moræneflade og dødislandskaber mod øst og Gribskovs israndsbakker mod vest. Søen ligger på indersiden af de store israndsdannelser i Gribskov og danner sammen med de store lavninger, der huser Søborg Sø, Sjælsø og Furesøen, baglandet for NØ-Sjællands centrale bakkeryg. Bassinet breder sig over en anseelig del af nationalparken, og indtager en særstilling som en af de dybeste søer i landet med en gennemsnitsdybde på ca. 15- 20 m fratrasket en smal bræmme langs bredderne (Fig. C6 A).

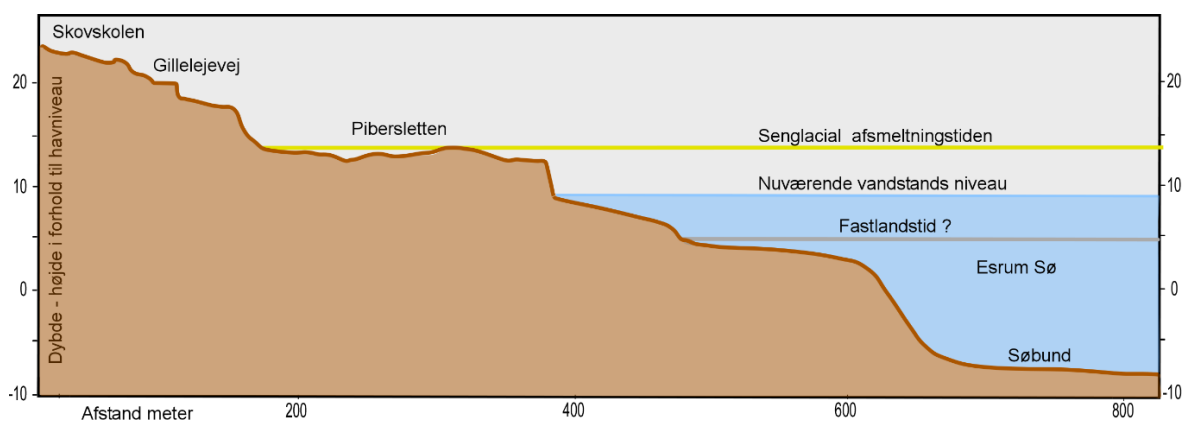


Figur C6: Kort over Esrum Sø og omegn. Venstre: Søens nuværende udbredelse (blå streg) og dybdeforhold. Højre: Søens største udbredelse i Senglacial tid (gul streg) hvor dødis har udgjort bunden for de tidligste sedimenter skyllet ud fra omgivelserne.

Søen får en mindre del af sit vand ved tilløb fra omgivelserne, idet hovedindstrømningen sker fra dybe grundvandsmagasiner, hvor kalkholdigt vand siver opad fra undergrunden i en nogenlunde konstant strøm. Søens bundrelief og terrasser langs bredderne giver et indtryk af bassinets vandstandsændringer siden sidste istids afslutning (Fig. C7).

Landskabet

En tærskel omkring 9 meter over nuværende havniveau ved Sandporten bestemmer søens naturlige vandstand og gennemløbet til Esum Ådal. I søbunden, der i begyndelsen af bassinets levetid var fyldt med dødis, findes aflejringer af samme type som i det omgivende terræns småsøer, f. eks. Lille Grib sø og Brændemose ⁹. En 5 til 10 meter høj skrænt findes i dag ca. 12 – 18 meter under søens vandspejl nogle hundrede meter fra nutidens bredder. Skrænten kan have sin oprindelse i udbredelsen og formen af det store dødisdække i sø-lavningen.



Figur C7: Terrænprofil gennem af Landskabet omkring Pibersletten nord for Nødebo i den sydlige del af Esum Sø.

I Esum Sø's nordlige del er udført en boring i søbunden på 22 m vand ¹⁰, hvor moræneler dækket af 8 meter sen- og postglaciale søsedimenter viser, at den oprindelige søbund i dag befinder sig ca. 15 – 18 meter under nuværende havniveau. Den nederste halvdel består af lagdelt senglacialt sand og ler, hvis pollenindhold fortæller, at dødisen i søens bund stadig var ved at smelte bort under og efter Allerød varmetiden for små 13000 år siden. I den senglaciale periode havde søen haft sit højeste vandspejl ca. 8 meter over nutidens. I forbindelse med den høje vandstand udvikledes mindre kystkliner og terrasser langs issøens bredder, hvor erosionen var stærkest. De gamle kystskrænter, der ligger i en højde af 12-14 meter over havet, er bedst udviklet langs søens vestlige bred og er især tydelige omkring Nødebo ¹¹ (Fig. C6 B). Med en vandstand højt over tærsklen ved Sandporten ville vandet være strømmet ud af søen, hvis ikke en prop af dødis i Esum Ådals øvre løb havde forhindret udstrømning, en logisk teori, som imidlertid endnu ikke har kunnet eftervises. Boringer i dalen indeholder issøaflejringer af samme type som i selve Esum Sø, hvilket viser, at en eventuel spærring måtte have befundet sig nord for Esum By.

Ligesom i nutiden afsattes også dengang strandsedimenter langs bredden af søen, og i perioden med højt vandspejl blev dele af den lave hylde langs den vestlige søbred aflejret. Ved Pibersletten lige neden for Skovskolen nord for Nødebo når sandede og grusede strandsedimenter op til 14 meter over havet (Fig. C8), men også andre steder langs søbredden kan den højtliggende søterrasse ses. F.eks. ligger Søvejen, der løber langs Esrum Søes vestlige bred, flere steder på strandterrassen eller neden for den tidligere kystskrænt.

Fastlandstidens havniveaufald betød sænkning af søens vandspejl, der sandsynligvis lå noget lavere end det nuværende, men hvor meget er uvist. Såfremt tilstrømningen af grundvand til søen har været, som den er i dag, er det imidlertid sandsynligt, at tærsklen ved Esrum har været bestemmende for højden af søens vandspejl. I nærheden af det nuværende udløb fra søen til Esrum Å findes over ådalens senglaciale ler og sand tilstrækkeligt tykke postglaciale aflejringer til, at der i begyndelsen af aflejringsperioden har kunnet eksistere et afløb 5-8 m under det nuværende. Da tærsklen ved Sandporten er reguleret og udbygget flere gange i Middelalderen og Nyere tid, har det ikke været muligt at finde vidnesbyrd om et lavere tærskelniveau end det nuværende. Imidlertid kan et mindre udtalt terrassehak ca. 5 meter over nutidens havniveau på lavt vand langs søens bredder godt være formet under Fastlandstidens sænkede sø-niveau (Fig. C7).

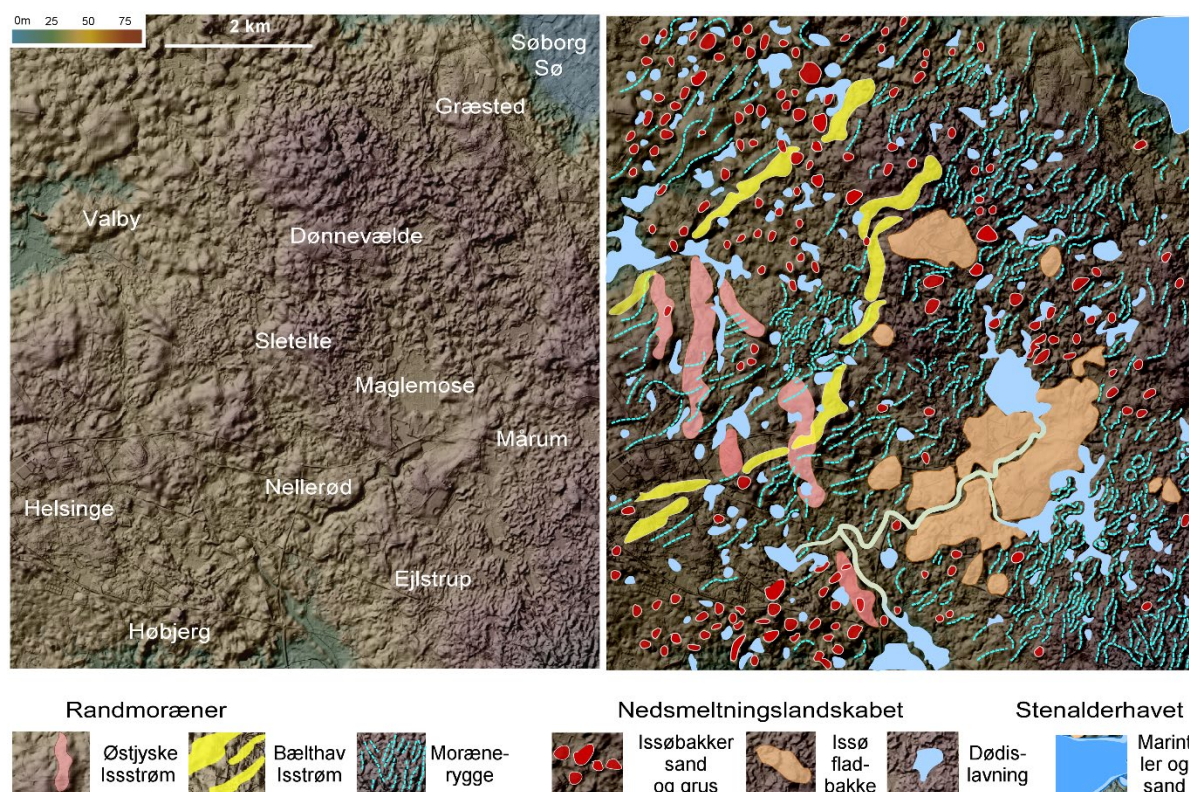


Figur C8: Lille kystskrænt ved Pibersletten med lagdelt sand og grus afsat langs bredderne af Esrum-Issø i Senglacial tid. Foto N. Richter-Friis 2010.

Den globale havstigning efter Fastlandstiden var ikke stor nok til, at Stenalderhavet kunne trænge ind i Esum Sø og omdanne denne til en periodevis lavvandet fjord ligesom f.eks. Søborg Sø, men fund af saltvandssnegle og -muslinger under tørvelagene i Esum Ådal viser, at havet nåede så langt ind i land som blot ca. 3 km nord for Esum Sø (Fig. C26). Stigningen i søens vandspejl nåede knap 10 meter over havniveau for knapt 6500 år siden, og de seneste ca. 6000 år har landhævningen tilsyneladende kun haft en minimal indflydelse på sænkning af søens vandspejl, hvor tidligere oversvømmede arealer især i søens sydlige og nordlige ende er forsumpet og efterhånden groet til.

Område 9: Gribskovs vestlige forland

Her optager nationalparken kun en mindre del af området, hvorfor en sammenhængende redegørelse for landskaber og geologi også må dække mellemliggende arealer. Gribskovs vestlige forland med nationalparkens områder ligger mellem Helsingør og Valby i vest og Mårum og Græsted i øst (Fig. C9). De rige forekomster af issøer har været udsat for intens råstofindvinding, hvilket også har sat sit præg på landskabet.



Figur C9: Området mellem Græsted, Helsingør og Mårum med lokaliteter og landskabsformer.

Landskabet

Selvom ældre elementer optræder i landskaberne vest for Gribskov, er de her ligesom i område B næsten helt overpræget af dødisformer. Svagt bølgede randmoræner fra den Østjyske Isstrøms afsmeltning ligger i et nord-syd gående bånd i områdets vestlige del mellem Helsingør og Valby. Bælthav Isstrømmens randdannelser ligger i to bånd, der krydser området i NØ-SV lig retning, og som er de mest fremtrædende af områdets langstrakte bakker. De følger samme hovedretning som de mange små morænerygge, afsat mellem opragende dødispartier, opstået ved afsnøring fra den aktive is under dennes tilbagesmeltning. Moræneryggene danner overgang mellem den aktivt tilbagesmeltende gletsjer og den passivt nedsmeltende dødis, der er hovedansvarlig for dannelsen af nedsmeltningsskabet.

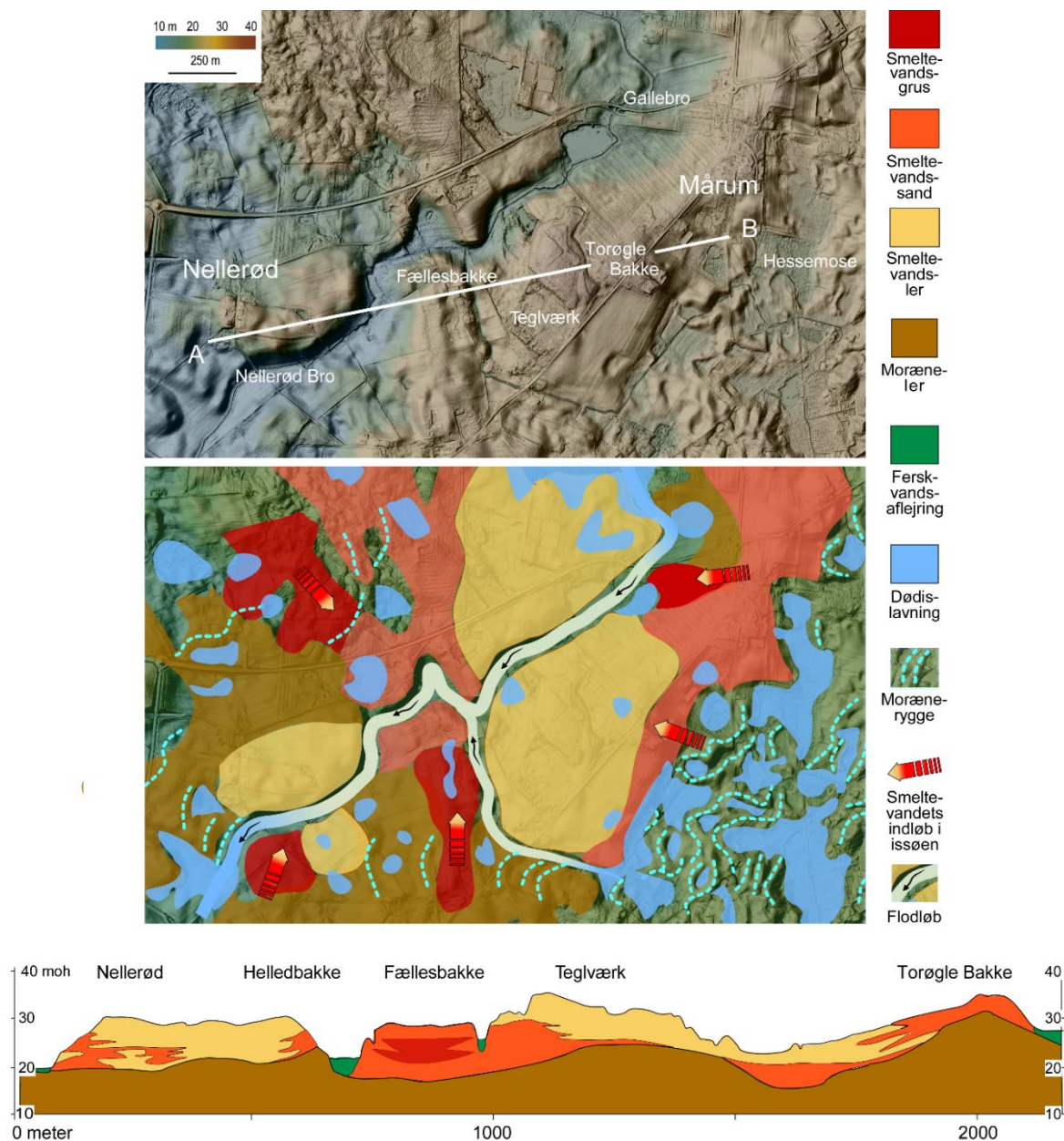
Strøet som med løs hånd ligger små isolerede issøbakker for det meste bestående af sand og grus jævnt fordelt i området. Småbakkerne har nogle steder en tendens til at ligge i rækker parallelt med morænerygge, og de er sandsynligvis opstået i dødisøer omtrent samtidig med dannelsen af morænerygge. I de nedsmeltende dødismasser opstod centralt i området store isdæmmede søer omkring Dønnevælde, Nellerød og Mårup, hvortil smeltevand har ført ler, sand og grus. Efterhånden som nedsmeltningen skred frem, blev dødisen omkring de store søer nedbrudt, smeltevand løb ud i det omgivende terræn, og bundaflejringerne blev udsat for erosion af smeltevandsfloder, der fik deres vand fra isolerede dødisklumper, hvoraf den største lå i lavningen med Maglemøse. Smeltevand havde afløb til Solbjerg Eng og videre til Arresø⁹. I floddalene løber i dag kun mindre åer, der forbinder søer og moser opstået i lavninger efter de sidste dødisrester forsvandt.

Nedslag: fladbakkerne omkring Mårup

Mellem Nellerød og Mårup ligger aflejringer, der tilhører de centrale dele af et større issøkompleks (Fig. C9). På baggrund af geologisk jordartskortlægning og borer i bakkerne er det muligt at konstruere et geologisk profil gennem bakkelandet, med henblik på at vurdere mulighederne for råstofindvinding¹². Det knap 2,5 km lange profilsnit illustrerer, hvordan issøsedimenterne er afsat oven på en bund af moræneler, og at dødis må have udgjort issøens bredder (Fig. C10). Lerets nedsunkne overflade vest for Mårup viser sammen med talrige dødislavninger i hele søens område, at selve søaflejringerne visse steder også må have hvilet på dødis.

Centralt i issøen ligger Fællesbakke, hvor der har været et af flere indløb til søen. Her består aflejringerne først og fremmest af sand og grus, ført af smeltevandsfloder sydfra ind i bassinet. Hvor forholdene har været mindre turbulente, afsattes sand, der i næsten stillestående vand i søens midte har blandet sig med hovedforekomsten af issøler. Et andet indløb er beskrevet fra ved Torøgle Bakke¹³, hvor sand i vekslende forløb med lagdelt ler grænser op til selve forekomsten af smeltevandsler, der sine steder opnår en samlet tykkelse på mere end 6 m. Leret

er lamineret, dvs. at der er en variation mellem finsandet ler i bunden med gradvis overgang til mere rent ler fordelt i blot få millimeter tykke lag. Disse smålag optræder ofte i bundter á 20 – 70 cm i tykkelse og det har været foreslået, at denne rytmiske aflejringsform afspejler årstidsvariationer. Undersøgelser af tilsvarende formodentlig rytmiske variationer i issøaflejringer på det meste af Sjælland og i Skåne har haft til formål at genfinde og sammenføje disse i en samlet og kronologisk række, men efterfølgende har dette imidlertid måttet afvises¹³.



Figur C10: Landskabskort og geologisk snit gennem issøfladbakkerne mellem Nellerød og Mårup. Efter Hovedstadsrådet 2021¹² og Hansen 1940¹³. Øverst: Terrænmodel med lokalisering af profil A-B. Herunder overfladens jordarter, der giver indtryk af issøens udbredelse. Pile viser mulige tilløb til søen. Nederst: Profil A-B: Geologisk snit gennem issøområdet. Ler og sand er afsat på en bund af moræneler, søens bredder har bestået af mere end 10 meter høje vægge af dødis.

At der blandt lagene kunne være tale om nogen sæsonmæssig variation med forårsafsmeltning og tilfrysning om vinteren – altså egentlige varv – er dog ikke udelukket, men tilfældig variation i smeltevandets tilløb kan helt have domineret opbygningen i smålagenes variation og deres sammenfletning i bundter. Desuden menes søernes levetid at have været stærkt varierende og sandsynligvis ret kortvarige, hvorfor muligheden for samhørighed mellem lagene fra én sø til en anden ikke har været til stede. Efterhånden som de store dødisdækker langs søens bredder blev brudt ned, lækkede issøens vand ud i omgivelserne, og de tidligere søbunde kom frem i dagens lys. Indløb af smeltevand til den tidligere isdæmmede sø omkring Mårum blev begrænset til dødisforekomsterne i Maglemose og Hessemose, hvorfra smeltevandsfloder kunne skære sig ned gennem søens bundlag. Et flodløb fra Hessemose Å via sammenløb med hovedvandløbet mellem Teglværket og Fællesbakke var med til yderligere at opskære issøsedimenterne i mindre fladbakker. Erosionen i den mindst 10 meter dybe og 70 – 100 m brede dal floddal mellem Gallebro til Nellerød Bro fortsatte ind til slutningen af Senglacial, hvorefter mindre åløb overtog vandføringen, efter den sidste dødis var smeltet bort.

Tema: Issøbakker og dødislandskaber

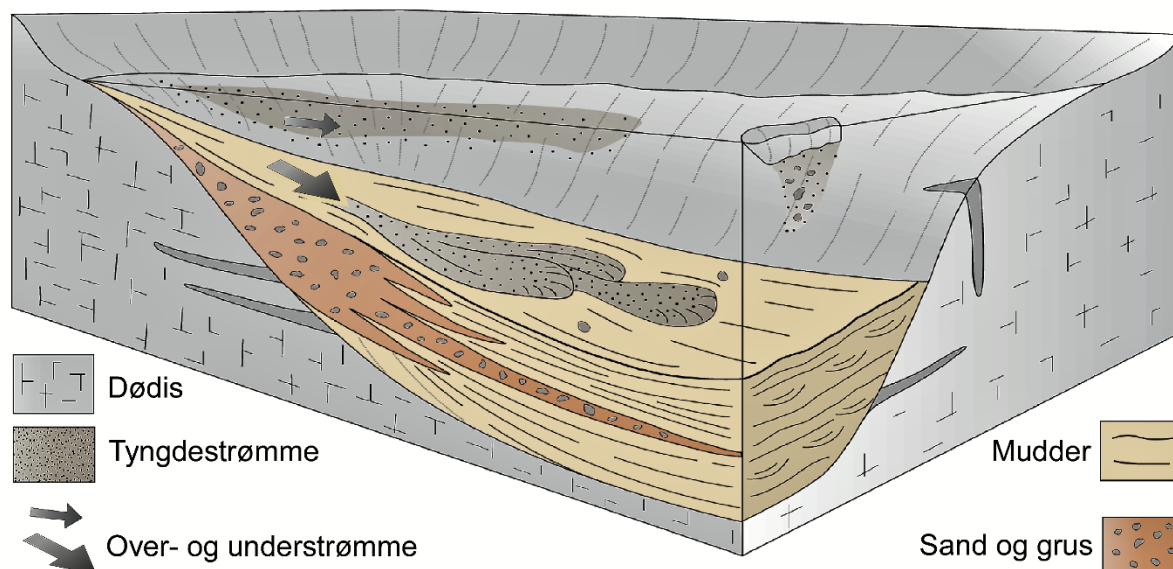
Dødislandskabets signatur er dels dødishuller og lavninger, opstået hvor begravet dødis er forsvundet efter den endelige afsmeltning, dels større eller mindre issøbakker, der dannes, hvor en sø i dødisen er blevet udfyldt med gletsjerens sedimenter, samtidig med at bassinet uddybes ved smeltning. Større issøfladbakker har samme oprindelse, men her har dødis måske sammen med opragende bakker i det omgivne landskab gennem længere tid udgjort bredderne en større isdæmmed sø, som blev opfyldt fortrinsvis af ler og sand fra det tilstrømmende smeltevand.

Søer i dødisens overflade

Lavninger i overfladen af en gletsjer opstår f.eks., hvor spalter og hulrum danner åbninger, hvor smeltevand kan løbe. Det rindende vand vil forøge smeltningen langs sprækkernes sider, hvorved spalter og huler uddybes og forstørres. Smeltning fra oven og indefra bevirker, at der opstår større lavninger på isens overflade, lavninger som hele tiden uddybes ved smeltning langs bredderne og indsynkning, og som bliver til søer fyldt med smeltevand. Hvis gletsjeren er overgået til dødisstadiet og tilmed tilstrækkelig beskidd og fyldt med materiale, vil dette afsættes i bassinerne som mudder ved udfældning fra suspension eller sand og grus via bundstrømme. Foregår transport og aflejring uden sortering via rindende smeltevand, vil det optøede materiale i form af stenet mudder kunne glide som tyngdestrømme ud i søerne og medvirke til opfyldningen af hullerne i isen (Fig. C11).

Landskaber og sedimenter

Efter isens afsmeltning vil aflejringerne – de tidligere søbunde – stå frem som større bakker med stejle sider og flad top (Fig. C12). Øverst (A) opfyldes to søer af materiale transporteret af smeltevand i et dødisdække. Herunder (B) nutidens landskab med to store issøfladbakker med stejle sider liggende på en moræneflade med dødishuller og mindre lavninger.



Figur C11: Model for aflejring af sedimenter i isdæmmet sø. Efter Jørgensen 1982¹⁴.

I nogle dødislandskaber er enkelte fladbakkers overflade ikke vandret, men hælder lidt bort fra de tidligere indløb, der befandt sig der, hvor tykkelsen af bundsediment i søerne er størst¹³. I andre tilfælde kan en stærkt bølget eller hældende overflade skyldes smeltning af dødis under søbunden. Fladbakker med forskellig højde ligger nogle steder op mod hinanden eller læner sig til højere liggende omgivelser. Disse konsolbakker¹⁵ kan være afsat i flere tempi, de højeste først og efter deres tømning eller fald i vandstanden kunne en anden sø etableres i lidt lavere højde. Når de yngre søer måske har en større omkreds, kan det skyldes smeltende dødis langs søens bredder. Det kan være vanskeligt at afgøre, hvorvidt smeltevandssand og grus i bakkernes omgivelser hører til søens oprindelige sedimenter afsat langs bredderne og i floders indløb til bassinet, eller om der er tale om en del af det omgivende morænelandskab, hvori søerne er anlagt. Det gælder f. eks issøbakkerne omkring Mårum (Fig. C10).

Sedimenterne ligger næsten altid uforstyrret i issøbakkernes indre, men er tit skredet sammen langs bakkernes sider. Et eksempel på finkornede issøsedimenterne ses i Fig. C12C. Her veksler tynde lag af finsand ført ud i bassinet via bundstrømme med mudder afsat ved udfældning fra suspension. Småsten kan være tabt af flydende isflager, mens strømme langs søbunden sine steder har skåret sig ned i underlaget (Fig. C12C).

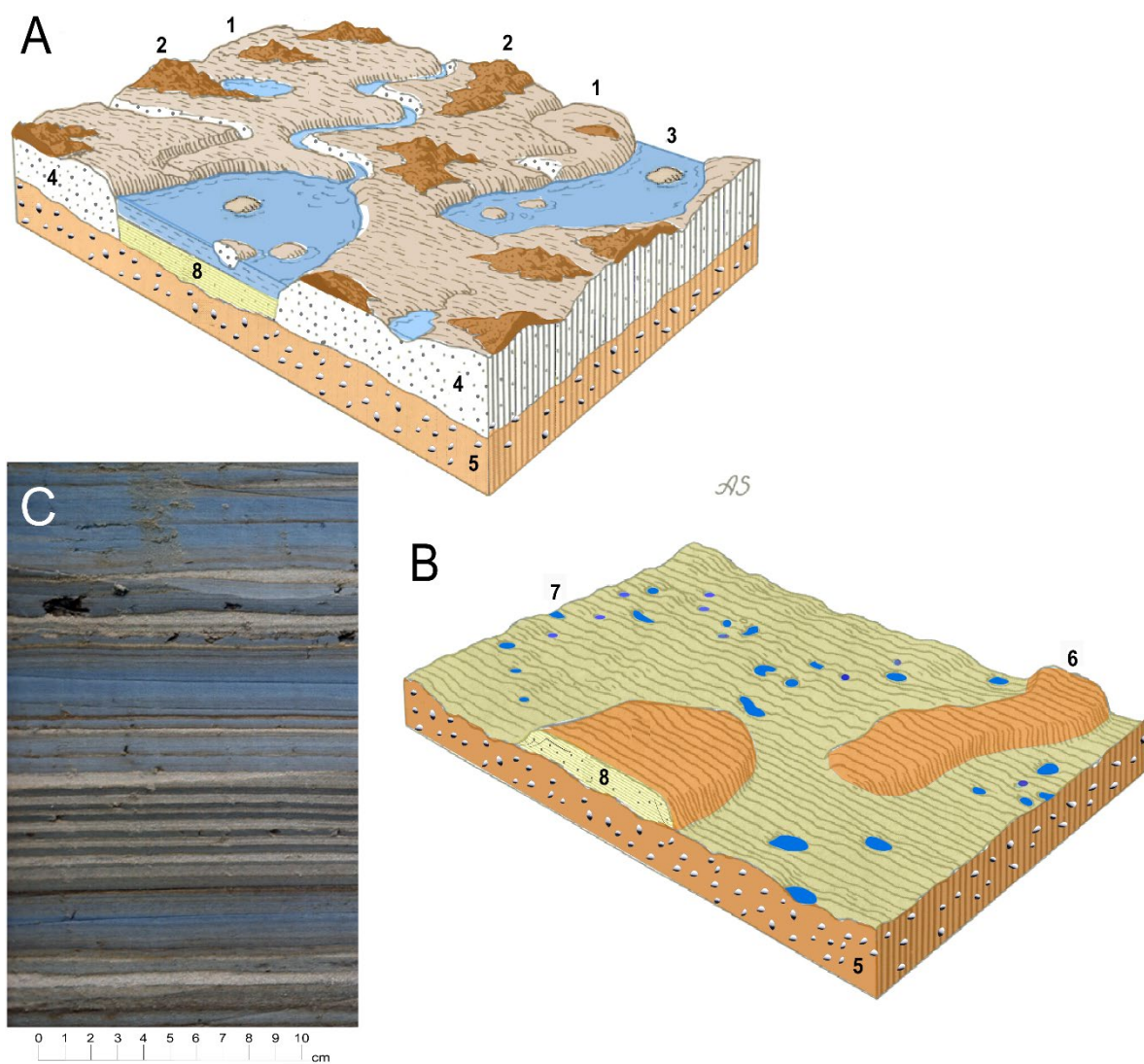
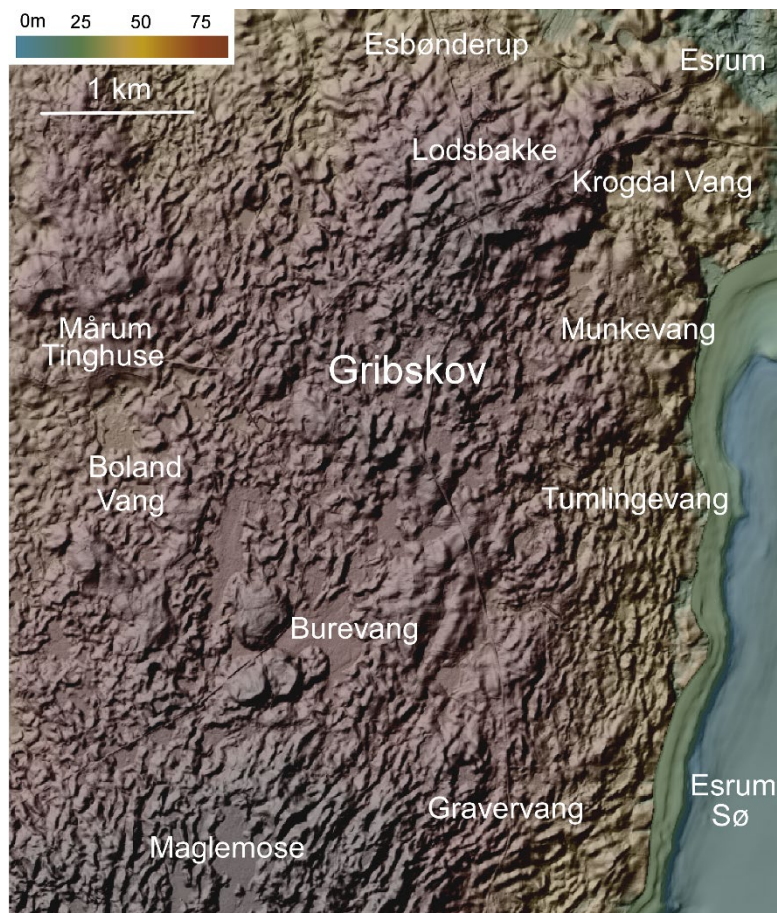


Fig. C12. A: Model for dannelsen af isdæmmede søer efter A. Schou¹⁵. B: Dødislandskab med issø-fladbakker. 1: Dødisoverflade, 2: Fremsmeltet moræneler, 3: Issø, 4: Dødis, 5: Bundmoræne, 6: Issø-fladbakke, 7: Småkuperet dødislandskab med sø- og moselavninger, 8: issøsedimenter. C: Eksempel på laminerede issøsedimenter. Foto S. Sjørring 1986.

Område 10: Det Nordlige Gribskov

Den nordlige del af Gribskov adskiller sig ikke meget fra skovens sydlige del, når det gælder landskabsformerne. Området dækker de store israndsbakker mellem Esrum Sø og Mårum området. Her findes Multebjerg, en af Gribskops højeste punkter i bakkerne mellem Maglemose og Tumlingeving, og i nord udgør Lodsbakke en særlig markant bakkeknude. Terrænet er generelt faldende mod nord og grænser op til det lavtliggende morænelandskab mellem enge og moser som f.eks. Esrum Ådal og Søborg Sø. Ind i mellem de talrige aflange morænevolde indtager issøfladbakker en væsentlig del af det skovklædte og småbakkede terræn.

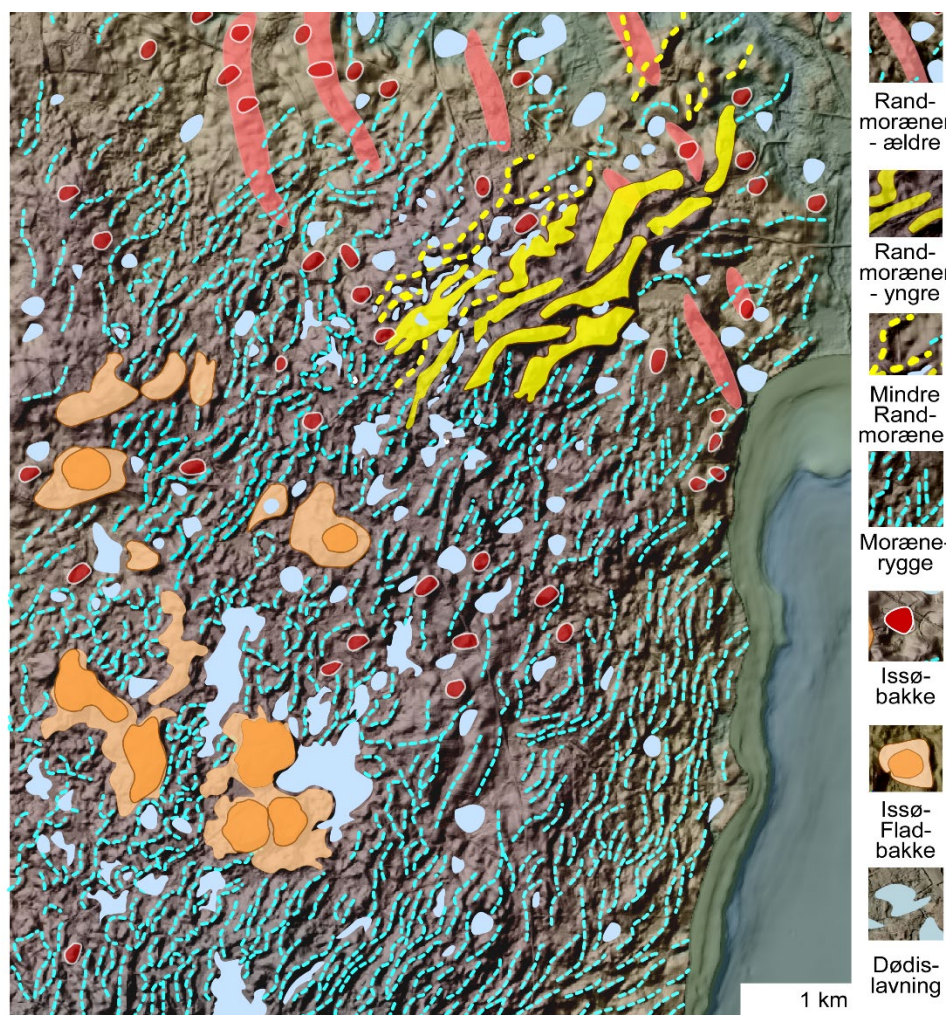


Figur C13: Terrænmodel af område 10 med lokaliteter nævnt i teksten.

Landskabet

De ældste landskabstræk ligger i områdets nordlige del oven på Nordøstsjælland's centrale bakkeknude og består af randmorænedannelser fra den Østjyske Isstrøms afsmeltning (Fig. C14). Det seismiske snit gennem bakkerne mellem Tumlingeving og Krogdal Vang fortæller, at der er

tale om israndsbakker stablet sammen ved istryk fra nordøst (Fig. C4). Bakkernes retning er nordvest-sydøst, hvilket betyder, at isranden må have ligget omtrent vinkelret herpå.



Figur C14: Landskabskort over den nordlige del af Gribsskov.

De ældre israndsbakker sløres af et tæppe af myriader af mindre morænerygge, der kryber gennem landskabet. Moræneryggenes dannelse er nærmere behandlet i beskrivelsen af zone B⁹. Ryggene ligger i bundter løbende fra syd mod nord, men bøjer af i østlig retning både ved Gravervang, Tumlingevang og Krogdal Vang. Flettet sammen med morænerygge ligger omkring Lodsbakke en klynge af yngre randmoræner fra Bælthav Isstrømmens tilbagesmeltning, og som fortsætter i nordlig retning. Moræneryggene synes at aftage i intensitet og størrelse, efterhånden som de nærmer sig de nordlige og lavtliggende områder nord for Gribsskov.

Mellem morænerygge og mindre randmoræner ligger i områdets nordlige del en mængde mindre issøbakker strøet rundt om i landskabet. De har deres oprindelse i nedsmeltning af

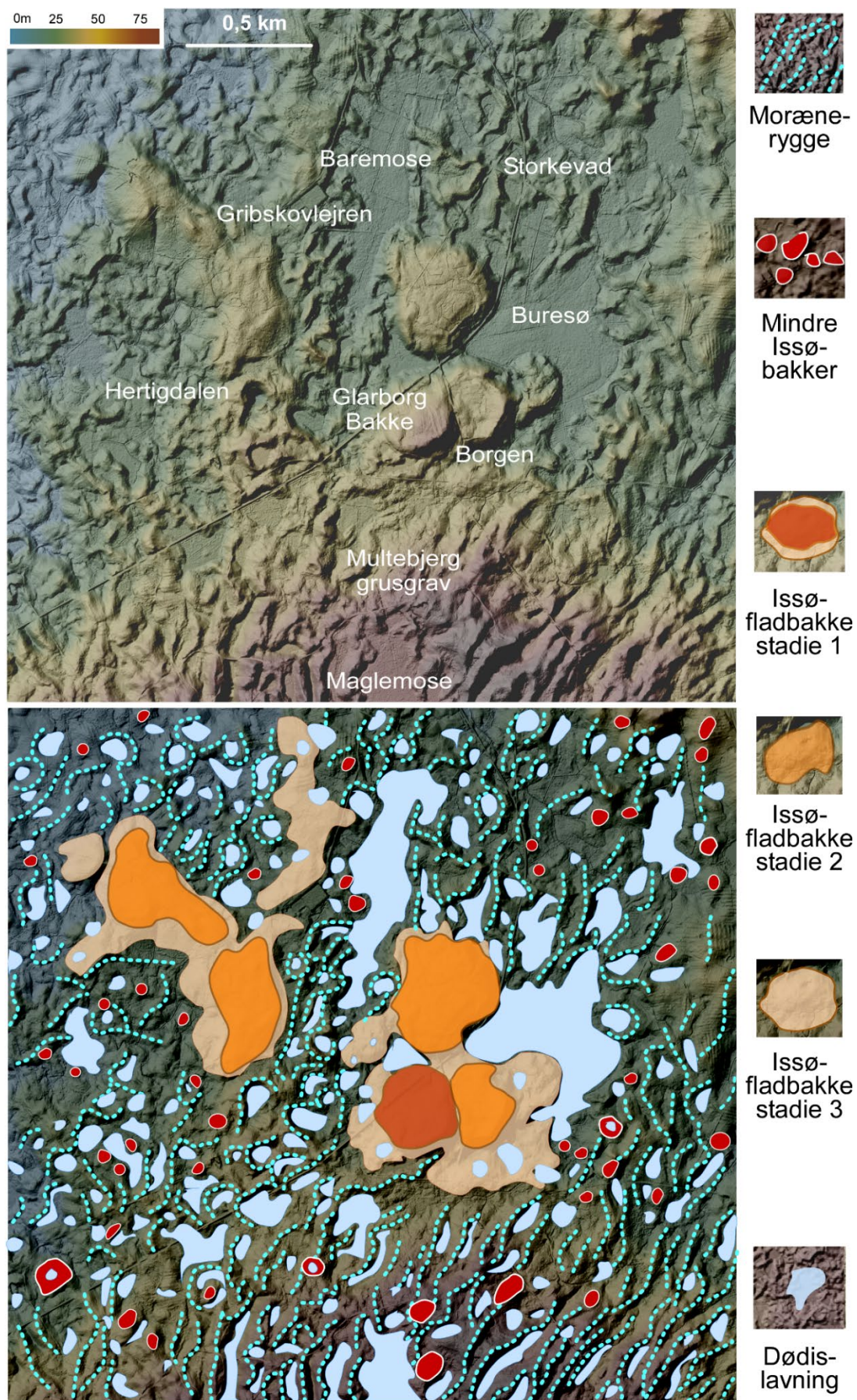
dødisdækket over Gribskov. Et par områder med adskillige store issøbakker omkring Burevang, Boland Vang og Mårum Tinghuse skiller sig ud fra de øvrige dele af landskabet ¹⁶. De er en del af et større landskabskompleks med issøfladbakker, der også strækker sig ind over Mårum og Dønnevælde i område 9. Fladbakkerne i Gribskov har dog det særlige træk, at de består af flere generationer af issødannelse, der med faldende højde af bakkernes flade toppe, vidner om flere omgange med dannelse og tømning af isdæmmede søer, efterhånden som dødisbassinerne udvidedes, og vandstanden i søerne samtidig var faldende. Med dødisens endelige bortsmeltning fremkom den store mængde dødishuller og større lavninger, der i dag rummer sø og moseaflejringer, som indeholder begravede dyre og planterester, der gemmer på et rigt og detaljeret arkiv over klima- og miljøforandringer fra tiden efter de store nedisninger til i dag.

Nedslag: Dødislandskabet i Burevang

Landskabet i Burevang består af flere forskellige terrænformer, alle med rod i nedsmeltning af et stort dødisdække (Fig. C15). Generelt præges landskabet af nord-syd liggende 10-15 meter høje og op til 50 meter brede morænerygge. De rejser sig fra de omgivende mosefyldte lavninger, der er fyldt med 8-10 meter tykke tørv- og dyndaflejringer ¹⁷, hvilket lægger en del meter til ryggenes tilsyneladende højde. Ind imellem og oven i ryggen ligger rækker af kraterlignende dødishuller omgivet af voldformede forhøjninger, hvoraf Hertugdalen er den mest fremtrædende med sine stejle sider og en dybde på 15 m. Ryggene nærmest bøjer af og undviger de talrige issøbakker i området. Her findes bl.a. de små afrundede 10 – 15 m høje issøbakker, hvoraf nogle viser indsynkning i toppen, grundet smeltet dødis inde i bakken.

Andre issøbakker er de store fladbakker som dem omkring Gribskovlejren og Buresø ¹⁷. Her er tale om konsolbakker, hvis sedimenter er afsat af flere omgange, mens dødisen smeltede ned, breddernes sank sammen og søernes areal øgedes. Tydeligst er forholdene omkring Buresø. Her blev først søbunden i Glarborg Bakke afsat i en højde på lidt over 62 meter over havets overflade. Øst herfor når fladbakken Borgen en højde på 55 meter, mens den laveste, der rager ud i Buresø, har en højde på knap 50 meter. Glarborg Bakke tilhører således det første stadie af issødannelse efterfulgt af Borgen og andre fladbakker med tilsvarende højder, mens de laveste bakker eller større plateauer, der kranser de højere fladbakker, tilhører den yngste fase i issøernes udvikling.

Fra den begyndende nedsmeltning med få enkelte mindre issøer på isens overflade gik udviklingen over til en fase med flere større søer, der efterhånden blev flettet sammen på lavere og lavere niveau, og hvor bundsedimenter fra de første har stukket op over vandfladen på de efterfølgende. Med den endelige nedsmeltning dukkede de mindre spredtliggende issøbakker op, samtidig med aflejringen af de sedimenter, der kom til at udgøre de langstrakte morænevolde. Historien afsluttedes med indsynkning omkring huller og lavninger opstået over de sidste rester af smeltende dødis.



Figur C15: Landskabskort over Burevang med issøfladbakker.

Nedslag: Multebjerg –grusgrav i bakkelandet

Et indblik i nedsmeltningshistorien har kunnet ses i den nu nedlagte grusgrav ved Multebjerg, der ligger tæt under Gribskovs højeste punkt på 89 meter over havet ¹. Graven er anlagt i siden på en af de langstrakte stenede og grusede morænerygge (Fig. C15). De isfremstød, der har givet ophav til gravens sedimenter, har efterladt forskellige sten og blokke, der tidligere lå i det afgravede område. De største sten i graven bestod af granit, gnejs og Kinnediabas fra det skandinaviske grundfjeldsområde. Blandt de fremmede blokke, hvoraf nogle målte mere end 1 m, var også den kambriske Hardeberga sandsten med sine typiske gravegange efter bundlevende dyr og mindre stykker af kulholdige glimmersandsten begge fra Skåne. Stumper af den lokale undergrund bestående af flint og kalk er også til stede.



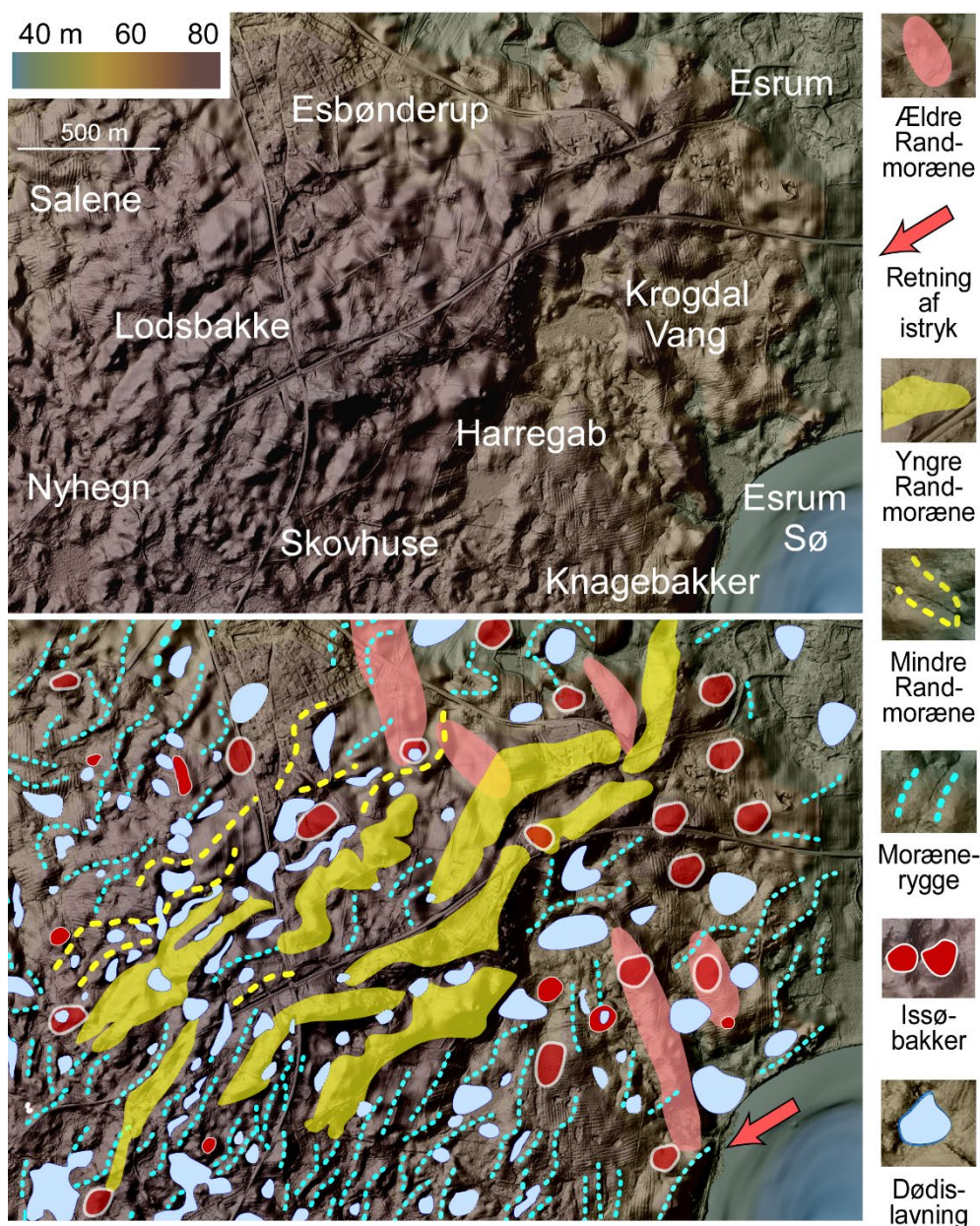
Figur C16: Grusgraven ved Multebjerg i Gribskov. Øverst: Foto M. Houmark-Nielsen 2015. Nederst: Geologisk snit gennem grusgraven. Aflejring A: Smeltevandssand og –grus, B: Moræneler afsat af Østjyske Isstrøm, C: Morænegrus afsat i sprækker og lavninger foran Bælthav gletsjeren under dens afsmeltning, D-E: Stenet grus og –sand afsat i smeltevandssedimenter, F: Lagdelt mudder og sand afsat i en isdækket sø. Flod- og søaflejringerne er gennemsat af forkastninger (sorte streger) på grund indsykning forårsaget af smeltende og begravet død.

I et optegnet profilsnit gennem graven kan landskabets udvikling aflæses (Fig. C16). Oven på smeltevandssand og grus (A) afsatte en isstrøm fra øst et par meter moræneler hen over bakkerne (B). En mindre horisont af sand adskiller moræneleret fra de ovenliggende lag af stenet og blokrigt morænegrus (C) afsat i forbindelse med afsnøring og opsplætning af Bælthav Isstrømmen, da den overgik til dødis-stadiet. I dødisens aflange trug og lavninger aflejredes morænegrus og de smeltevandssedimenter, der efter afsmeltningen stod frem som langstrakte morænevolde, der smyger sig uden om de store fladtoppedede issøbakker og som er så karakteristiske for hele den centrale del af landskaberne i nationalparken.

I grusgravens sydlige og lidt lavere del har en vestgående smeltevandsflod skåret sig ned i terrænet og aflejret stenet grus (D). Efterhånden som vandføringen aftog, blev grus og senere kun sand afsat i flodløbet (E). Imens sank aflejringerne under flodløbet ned på grund af smeltende dødis begravet i bakken. Den aflange sænkning, der herved opstod, ligger på flanken af ryggen med morænegrus, nemlig nordøst – sydvest, hvilket er den retning, som bakker og dale har i området omkring Multebjerg (Fig. C15). Mens indsynkningen fortsatte, var vandstrømmen aftaget så meget, at der i det tidligere flodløb opstod en delvist isdækket sø, hvori der afsattes lagdelt sand og mudder. Da den omgivende dødis smeltede, ophørte søen med at eksistere, og samtidig begyndte aflejring af søsedimenter i de nyligt opståede dødishuller, som f.eks. Maglemose, Brændemose, Lille Gribsø og Esrum Sø.

Nedslag: Lodsbakke – et udsigtspunkt

Landskabet i Gribskovs nordlige udkant med Lodsbakken som det højeste punkt 69 meter over havet opstod under afsmeltningen af det yngste isdække i slutningen af sidste istid for ca. 17.000 år siden. Når landskabsformer fra det yngste isdække findes i så stor højde, skyldes det, at det unge landskab er bygget oven på et ældre, hvor den Østjyske Isstrøm har skubbet større bakkepartier sammen i israndsdannelser under sin tilbagesmeltning.



Figur C17: Landskabskort over Lodsbakke og omegn

Omkring Lodsbakke findes randmoræner, der er bakkerygge skabt langs randen af Bælthav Isstrømmens gletsjere. De består af nedstyrtet materiale, som sammen med dødis blev udsat for tryk og skub og mast op i aflange bakkepartier, hvoraf det højeste er Lodsbakke. Disse randbakker er ledsaget af mindre, ofte knap 5 meter høje morænevolde. De opstod i forbindelse med afsmeltningen, hvor sten, grus, sand og ler gled, rutsjede og trillede ned mellem aflange oprejste partier af inaktiv is. Noget blev liggende som moræneler, andet førtes videre af smeltevandets floder. I større huller på gletsjerens overflade opstod søer, som efterhånden blev fyldt op især af grus og sand leveret af smeltevandet.

Sedimenterne, der var afsat mellem rækkelagte dødispartier stod sammen med issøernes aflejringer frem som morænevolde og issøbakker, efterhånden som nedsmeltningen tog fat. Til slut lå det, der tidligere var huller og lavninger i smeltende dødis, frem som bakker.

Terrænformerne var så at sige ”vendt på hovedet”, så det, der før var de højeste områder (dødis), blev til lavninger, mens de laveste (smeltevandssøer, flodløb og morænefyldte sænkninger) nu indtog de højt liggende områder.

Træfældning har medført mere lysåbne forhold i dette bakkede, skovbevoksede og højt liggende terræn, hvor der nu er udsigt mod nord over den store lavning med Søborg Sø og Esrum Ådal til kystlandets afrundede landskabsformer med Sundet og Kullen i det fjerne (Fig. C18).



Figur C18: Udsigt fra Lodsbakke mod højdedraget ved Dragstrup og kig til Sundet og Kullen i baggrunden. Foto M. Houmark-Nielsen 2023.

Det kuperede terræn omkring Lodsbakke består af både yngre og ældre former, og landskabets sedimenter afslører da også, at de er afsat af flere isfremstød, der brød ind over Sjælland i den sene del af sidste istid. Optælling af marksten ved Esbønderup Skovhuse viser, at størstedelen af sten og blokke i overfladen stammer fra Østersøen og Skåne, mens det dybe landskab, som ses f.eks. i grusgrave i Gribskov, har sten fra Oslofjorden og det vestlige Sverige¹⁶. Sten fra disse områder kan let findes i stengærder og vejgennemskæringer i skoven. Stenene er altså ”læstet af” i Nordsjælland i forbindelse med smeltning af isstrømme, der har passeret særlige områder i Sydsandinavien, og rejsen fra stenedes hjemsteder og hertil bekræfter de bevægelsesspor, der af anden vej har kunnet registreres i NØ-Sjællands grusgrave og kystklinter, og som viser at isstrømme fra nord, nordøst, øst og sydøst nåede ind over området i sidste istids slutfase.

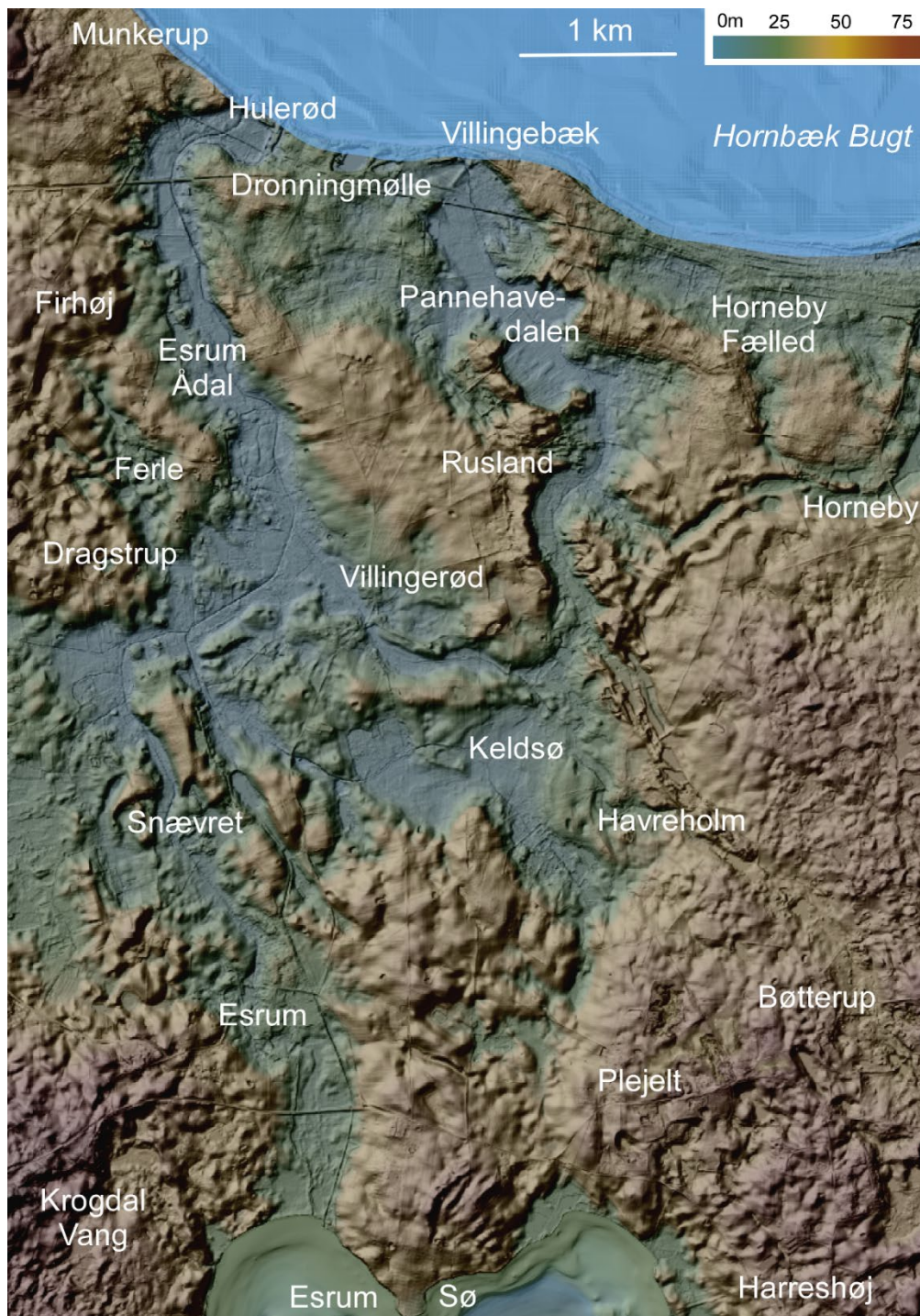
Område 11:

Landet mellem Esrum Sø og Nordkysten - De store ådale

Landet mellem Esrum Sø og Nordkysten er et let bølgende moræneland gennemskåret af to større dalsænkninger, nemlig Esrum Ådal og Pannehave Ådal (Fig. C19). Landskabet består af flere nærmest kuppelformede højderygge og en større flade mellem Horneby og Bøtterup. Overfladen i disse områder er belagt med småbakker og mindre huller, der giver fladerne et nubret udseende. De større dale gennem morænelandet løber i samme hovedretning, nemlig omtrent nordnordvest – sydsydøst. Flere mindre dale og lavninger ligger med samme orientering. Esrum Ådal består faktisk af to dalstrækninger, en sydlig mellem Esrum Sø gennem Snævret til Dragstrup og en nordlig fra Villingerød forbi Ferle til Hulerød mellem Munkerup og Dronningmølle. Pannehavedalen kan også deles i to forløb, et i syd gennem Keldsø med udspring vest for Plejelt og Havreholm. Dalen fortsætter nordpå øst om Villingerød forbi Rusland til Villingebæk.

Landskabet

Dette område, hvor kun en mindre del indgår i nationalparken, domineres af den gletsjerskabte formverden, men især i områdets nordlige del er disse landsaber delvist skjult under et tæppe af postglaciertidens aflejringer og terrænformer. Der er i litteraturen uenighed både om oprindelsen og udbredelsen af områdets yngre terrænformer, en uenighed der kommer til udtryk i to centrale arbejder om NØ-Sjællands geologi ^{11, 18}. Ligeledes er der forskellige opfattelser af, hvor store områder der var dækket af Stenalderhavet ^{11, 19} og af flyvesandets tykkelse og udbredelse ²⁰. I denne redegørelse kastes der lys over disse misforhold, og samtidig præsenteres en alternativ opfattelse af enkelte terrænformers opståen og en samlet fremstilling af landskabets dannelse.

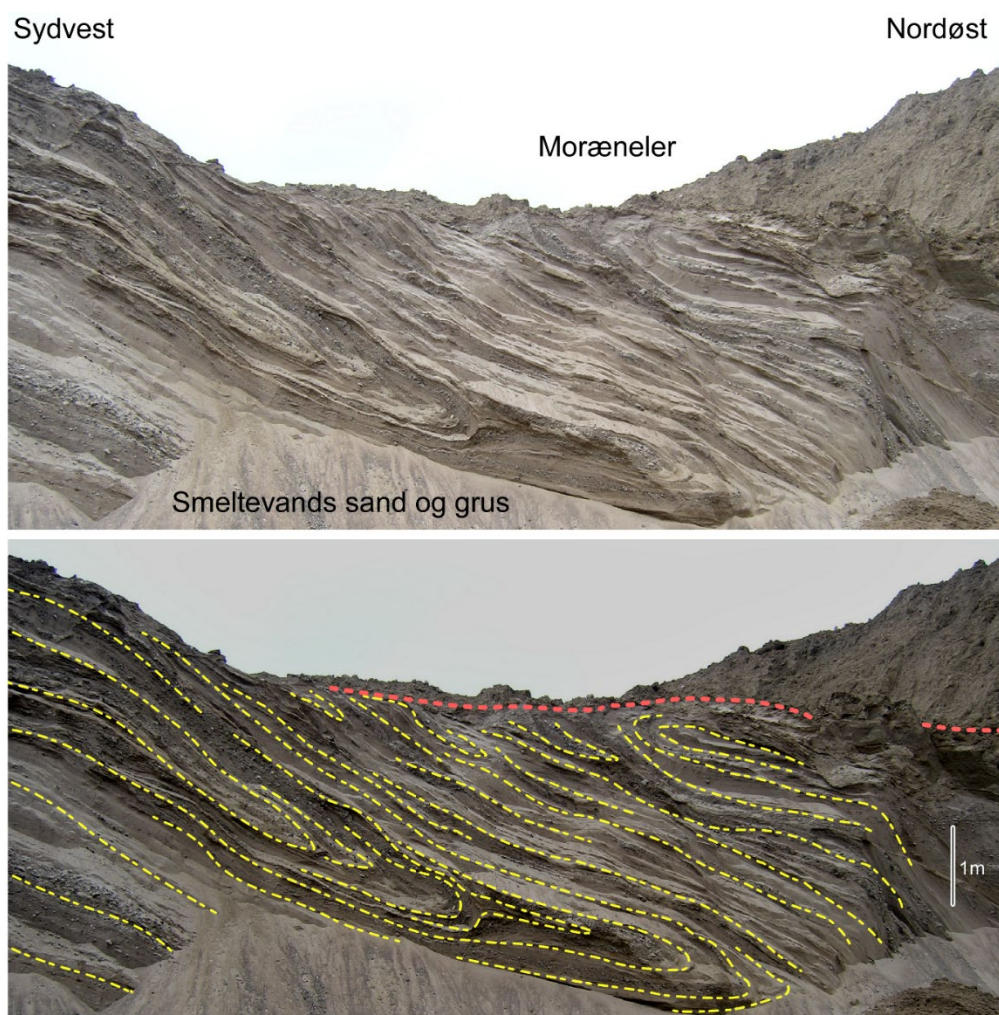


Figur C19: Terrænmodel over område 11 med stednavne nævnt i teksten.

Oven på morænelandet og mellem dalene strækker et par bueformede bakkestrøg sig tværs gennem området fra Gribskov til Hornbæk. Bakkestrøgene udspringer i Krogdal Vang og løber forbi Esrum gennem Snævret og Villingerød til Horneby. De lave dalbunde og større lavninger i istidslandskabet har i postglaciertiden været opfyldt af søer og moser, som i den nordlige del i kortere perioder i Stenalderen har været en del af et system af bugter og fjorde med forbindelse til Kattegat.

Østjyske Isstrøm

Et sæt af ældre landskabselementer hidrører fra den Østjyske Isstrøm, som under sin afsmeltning efterlod flere bælter af brede og lave randmoræner i landet mellem Esrum og den nuværende kyst. Der findes kun få permanente snit gennem et af disse israndsbælter, ét ses i kystklinten ved Nakke Hoved ¹, men også inden for det beskrevne område findes fra tid til anden dybere udgravninger i landskabet, hvor det indre af randmorænerne kan iagttages. Det gælder f.eks. grusgravene omkring Dragstrup og Plejelt ^{21, 22}, hvor lagfølgen med moræneler fra NØ-isen og det ovenliggende smeltevandssand og grus er foldet og stablet sammen i store flager eller skiver fra nordøstlige retninger på samme måde som det ses i det seismiske profil langs Esrum Sø ved Krogdal Vang (Fig. C4). Detaljer af disse istektoniske strukturer i sedimenterne i Plejelt Grusgrav viser, at der internt i de opskudte skiver findes intenst sammenfoldede sand og gruslag, der er opstået som følge af de store sedimentflagers bevægelse ind over hinanden (Fig. C20 A, B).



Figur C20-A: Smeltevandssand og grus tæt foldet og skubbet sammen fra nordøst og overlejret af Bælthav Isstrømmens moræneler. Plejelt Grusgrav. Foto M. Houmark-Nielsen 2009.



Figur C20-B: Moræneler og smeltevandssand foldet fra nordøst. Bemærk at hvis lagene foldes tilbage til den oprindelige lagfølge, vil moræneleret ligge under sandet. Det foldede sandlag er ca. 2 meter højt. Plejelt Grusgrav. Foto M. Houmark-Nielsen 2009.

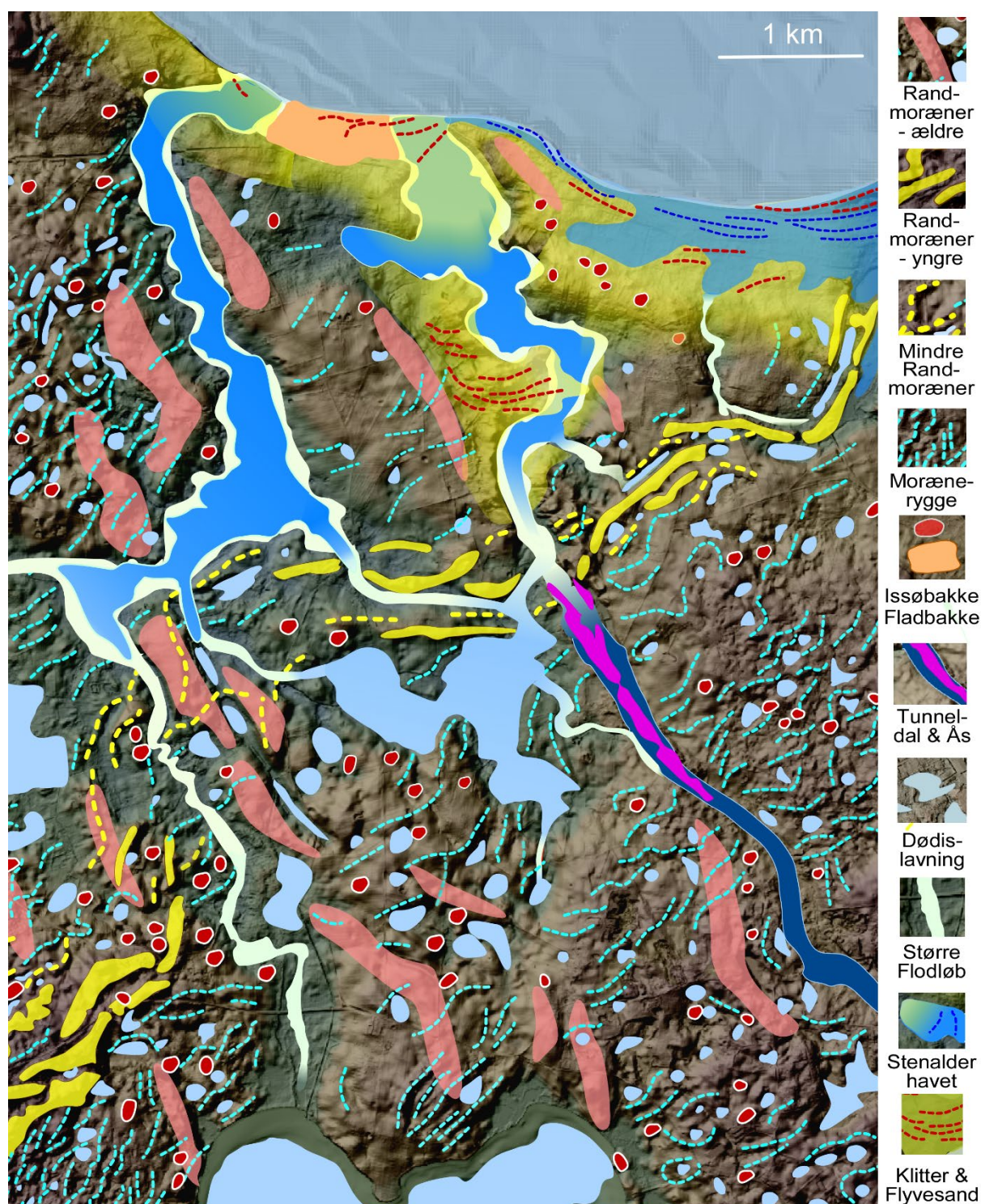
De yngre landskaber

Landskabskortet (Fig. C21) viser hvordan de ældre israndsbakker overpræges af Bælthav Isstrømmens landskabsformer bestående af lave randmoræner, små issøbakker og langstrakte moræne rygge. En tunneldal og tilhørende ås leder fra Havreholm nordpå mod den tidligere isrand. Floddadale har ført smelte vandet ud mod det arktiske Kattegat, dale som senere blev overskyldet af Stenalderhavet og omdannet til fjorde. Middelalderens flyvesand har lagt et slør over de kystnære landskaber.

Bælthav Isstrømmen

Det ældre istidslandskab med sine hvælvede randmorænebakker og mellemliggende lavninger er i det meste af området dækket af Bælthav Isstrømmens moræneflade, der er overstrøet med mindre issøbakker, hvor imellem langstrakte morænerygge løber i en nordøst – sydvestlig retning (Fig. C21). Afsmeltningen foregik i samspil med dannelse af morænefladen, hvorpå også isdæmmede søer kunne opstå. Mængden og tætheden af morænerygge tynder ud i områdets nordlige del, hvilket må skyldes, at betingelserne for deres aflejring på morænefladen har været forringede. De små issøbakker er afsat i søer i et regionalt dødisdække, hvori også ler og mudder blev aflejret i en større isdæmmed sø ved Dronningmølle. Sydgrænsen for søen har ligget, hvor issøleret i overfladen efterhånden afløses af moræneler. Profiler i de tidligere lergrave i Dronningmølle teglværk viser, at der netop her i sydvæggen findes et tiltagende antal tungeformede lag af moræneler afsat via tyngdestrømme fra bredden ud i bassinet¹³. Hvor langt

ud i Sundet søen har strakt sig vides ikke, og boreriger ud for kysten mellem Villingebæk og Munkerup er få, ikke særligt dybe og indeholder kun sand.



Figur C21: Landskabsformerne mellem Esrum Sø og Nordkysten.

Et bueformet strøg af mindre morænebakker slynger sig fra sydvest mod nordøst gennem hele området. Et indblik i den indre opbygning fås i den del af bakkekammen kaldet Horneby Ås, der fra Hornbæk løber forbi Horneby med retning mod vest til bakkerne nord for Havreholm. Randdannelserne består af velafrundede sten og blokke indlejret i morænegrus (Fig.C22). Tidligere undersøgelser har godtgjort, at bakkekammen, foruden en kappe af morænegrus, består af sand, lerlag samt rækker af store skurestribede sten stillet på højkant. Lagene er foldet på en sådan måde, at selve bakkens sedimenter samtidig med aflejringen er blevet skubbet og mast sammen i randen af en gletsjer ¹¹.



Figur C22: Randmoræne Horneby Ås ved Horneby. Foto M. Houmark-Nielsen 2023.

Det har været diskuteret, hvorvidt de langstrakte bakker er ægte åse ¹⁹ eller randmoræner ¹¹, et spørgsmål der også gælder tilsvarende landskabsformer i zone B. Åse er en form for afstøbning af tidligere smeltevandfloder, der løb i tunneler under gletsjeren eller i åbne kanaler ovenpå gletsjeren også hvis den er blevet til dødis, og ofte udmunder de ved isranden. Sedimenterne består af sand, grus og større sten aflejret af smeltevandet. Randmorænerne afsættes langs kanten af en gletsjer ved flydning, nedstyrtning og dumpning af morænegrus og moræneler vækslende med mere sorterede sedimenter, disse sedimenter stilles på skrå, foldes og skydes sammen, hvis gletsjeren bevæger sig fremad i forbindelse med aflejringen.

Den mest holdbare forklaring er, at størstedelen af Horneby Ås, der strækker sig 1,5 km ind i zone D mod øst, må være en ås, afsat af smeltevand i en flod, der mandede ud ved Horneby. Vest for udmundingen er der tale om israndsbakker, der har været udsat for gletsjerens deformerende kraft. Selve israndsstrøget strækker sig fra Hornbæk gennem Horneby frem mod Keldsø-lavningen og bøjer i en anden bue forbi Villingerød og gennem Snævret frem mod Esrum, hvorefter det føjer sig sammen med israndsbakkerne ved Krogdal Vang og Lodsbakke i det nordlige Gribskov. Bakkerne er nogle steder sammensat af mindre bueformede volde, der

vender åbningen mod sydøst og ledsaget af morænerygge, danner mindre tærskler, hvor de passerer over lavninger og dale.

Fra baglandet i sydøst løber en 5 km lang tunneldal ud mod den tidligere isrand ledsaget af Havreholm Ås, der ender, hvor tunneldalen munder ud lige nord for Keldsø. Smeltevand har udgravet tunneldalen og aflejret sand og grus i den nu næsten bortgravede ås. Ved tunneldalenes munding er smeltevandet fortsat nordpå i slyngede løb gennem lavninger mellem den Østjyske Isstrøms randmoræner og Bælthav Isstrømmens dødis. Herved opstod de store floddale – Esum Ådal og Pannehavedalen – som afløb for den nedsmeltende gletsjer og som fortsatte med at være aktiv langt ind i Senglacial tid, hvor smeltevand fra det store dække af dødis løb ud i det arktiske hav. Den endelige afsmeltning efterlod mange små afløbsløse dødishuller og et par større lavninger, der sandsynligvis var pløjet ud af isens underlag umiddelbart bag isranden f. eks. Keldsø lavningen.

Holocæn – vores nuværende varmetid

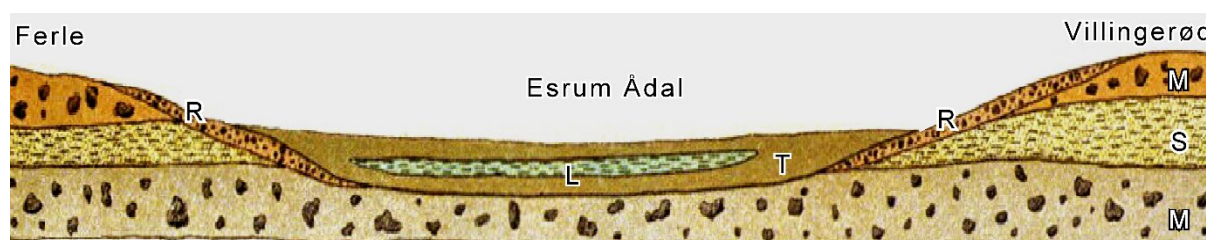
Eftersom der ikke længere løb smeltevand, forsumpede de store floddale og lavninger i løbet af Fastlandstiden, og de var i begyndelsen af Holocæn (Postglaciertiden) endt som lavvandede søer og mosedrag, mens kun mindre vandløb fandt vej nordpå. Havspejlsstigningen, der afsluttede Fastlandstiden for ca. 8.000 år siden, betød, at Stenalderhavet trængte ind i de lavtliggende tidligere floddale. Her blev skoven sat under vand og gik til, mens mudder og sand med en varmekrævende marin fauna lagde sig i dalbunden. Rester af disse aflejringer kommer ofte frem, når åløb og drængrøfter i dalene skal oprenses.

Ved overgangen til Bronzealder gennem Jernalder indtil vor tid blev kyststrækningen ud mod Kattegat og Øresund udformet. De høje terrasser af strandsten og grus langs kystklinerne, som vi ser i dag, er ikke en følge af Stenalderhavets høje vandstand, men har deres oprindelse i den efterfølgende tid med høj hyppighed af storme, nedbrydning af Stenalderhavets kyster og dannelsen af den nuværende udlningskyst²³. Dette skyldtes klimaforandringer med køligere og mere fugtigt vejr og langsomt aftagende havniveau. De yngste geologiske dannelser er de tæpper af flyvesand, der dækker de nordlige kystegne, hvor også mindre arealer optages af egentlige klitdannelser. Mindre områder med klitter findes pletvis, mens de største ansamlinger af flyvesand findes langs tidligere læhegn, sat af egnens bønder for at dæmpe sandflugten.

Floddalenes geologiske historie

Allerede i slutningen af 1800-tallet var de store floddales opståen i store træk kendt¹⁹. Et snit gennem Esum Ådal (Fig. C23) illustrerer lagenes indbyrdes relationer rækkende fra istidens slutning til i dag og her genkendes også lagfølgen fra Figur C5.

Efter aflejring af moræneler (Fig. C23, N & Ø) og mellemliggende smeltevandsdannelser fra de isfremstød, hvis aflejringer også ses i klinten ved Nakke Hoved og grusgravene ved Plejelt (Fig. 21), løb smeltevandsfloder gennem lavninger i landskabet, udgravede den brede ådal og afsatte sand og grus (R). I begyndelsen af Postglaciertiden medførte lavere vandføring og naturlig afdræning i dalen tilgroning og forsumpning med aflejring af f.eks. tørv m.m. (T). Stenalderhavets indtrængning i dalen medførte aflejring af skalførende marint ler og sand afsat på lavt vand, men som følge af landhævning trak saltvandet sig ud af dalene, og de tidligere fjorde blev atter udsat for forsumpning og aflejring af tørvedannelser.



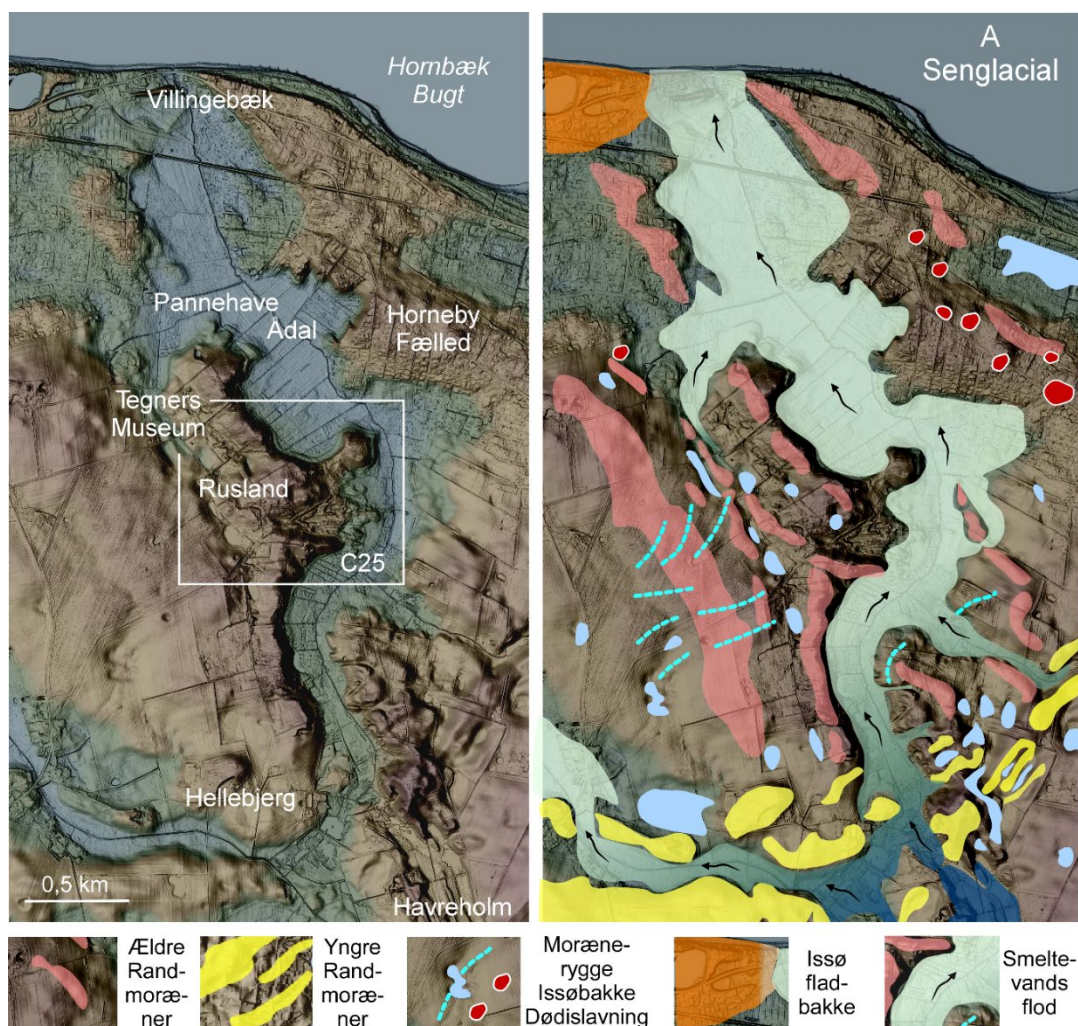
Figur C23: Et geologisk snit gennem Esum Ådal mellem Ferle og Villingerød Kirke, fra (K. Rørdam 1892¹⁹). M: Nedre- og øvre Moræneler, S: Smeltevandssand, R: Rullestensgrus langs dalens sider afsat i smeltevandsfloden. L: Litorinahavets (Stenalderhavets) skalførende sand og mudder. T: Fastlandstidens og den nuværende dalbunds tørvedannelser.

Pannehave Ådal: Flod – fjord – flyvesand

Den geologiske udvikling omkring den senglaciale floddal, hvor Pannehave Å i dag løber, fortæller om hvilke store miljømæssige forandringer dalen og dens omgivelser har været udsat for belyst gennem tre episoder i Sen- og Postglacial tid (Fig. C24).

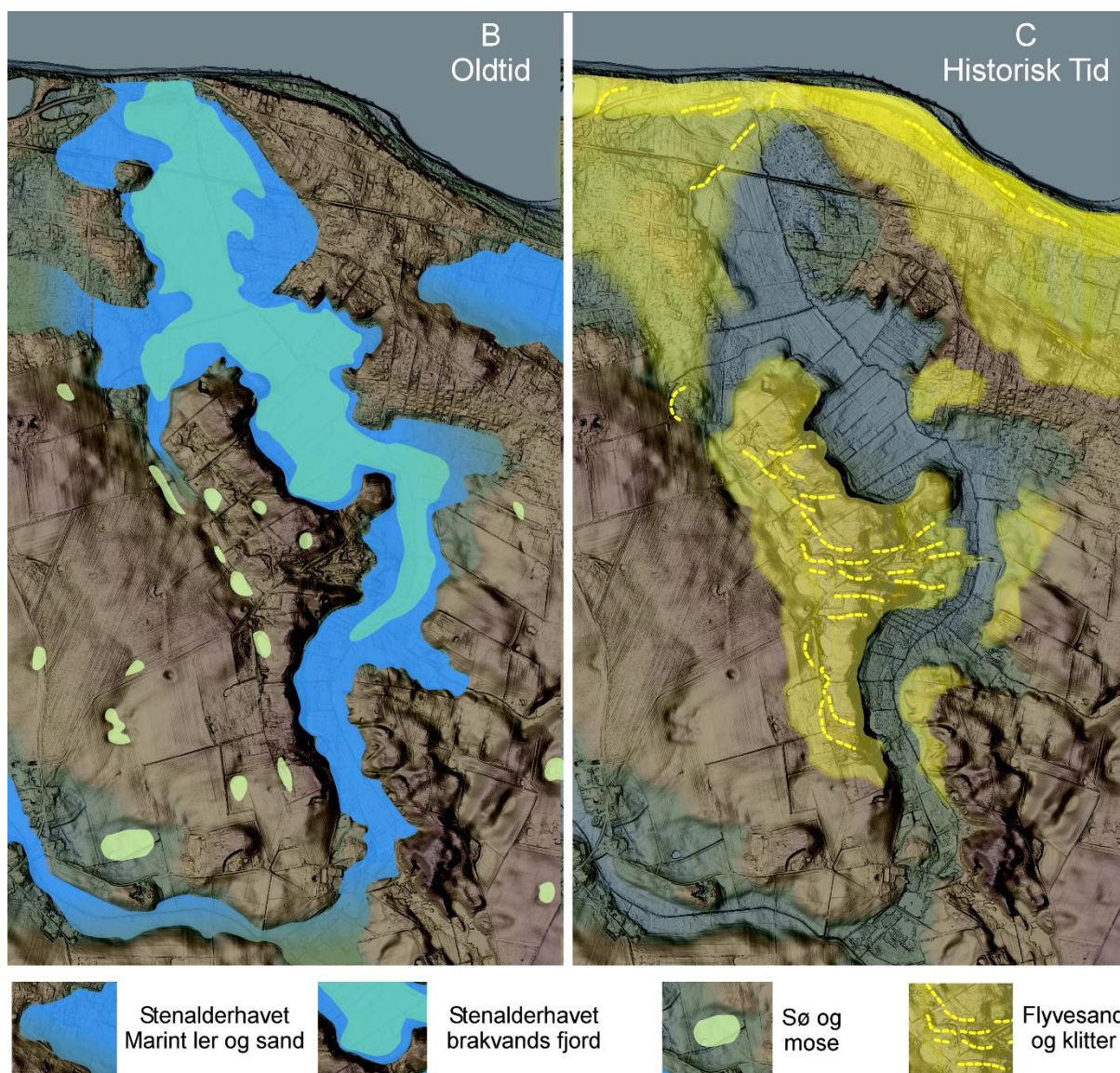
Første episode omfatter forholdene i Senglaciertiden for omkring 17.000 – 15.000 år siden, en periode hvor smeltevandsfloder fra munden af tunneldalen ved Havreholm Ås løb ud i lavlandet mellem de ældre randmorænebakker, og hvor gletsjerne efterhånden smeltede tilbage og blev til dødis (Fig. C24-A). De yngre randmorænebakker strækker sig fra Villingerød forbi Hellebjerg, nord om Havreholm til Horneby. Smeltevandet løb fra gletsjerranden ud i floddale, hvoraf én fulgte lavningen mod vest forbi Villingerød og en anden fortsatte mod nord forbi Rusland og Horneby Fælle til Villingebæk.

Da Bælthav Isstrømmen gik i stå, forblev vandføringen i floderne høj, idet dødis i baglandet stadig var leverandør af store mængder smeltevand. På flere strækninger har dalen stejle sider som følge af flodernes erosion i dalens bugtninger. Mindre tilløb fra isranden eller dødisforekomster i forlandet bidrog også til vandføringen. Fordi smeltevandsfloden har ligget i lavere niveau end issøbakkens lerforekomster ved Dronningmølle, kan det ikke være denne flod, der er løbet ud i den tidligere isdæmmede sø. Flodens munding i det arktiske Kattegat har befundet sig et ukendt stykke vej uden for den nuværende kyst.



Figur C24-A: Terrænmodel over Pannehave Ådal og det omgivende land. A: Rekonstruktion af smeltevandslodernes løb gennem istidslandskabet fra randmorænerne ved Hellebjerg til Villingebæk i Senglacial tid.

Anden episode i dalens historie illustrerer forholdene i en del af Oldtiden (Fig. C24-B). Mod slutningen af Jægerstenalderen for godt 8.000 år siden var havet steget til et niveau, hvor Fastlandstidens tilgroede ådal blev oversvømmet. Stenalderhavet rakte under sin højeste vandstand ind i dalen så langt sydpå som til tærsklen ved Hellebjerg, hvor fjorden mødtes med den inderste brakvandede del af et tilsvarende farvand i Esrum Ådal ved Villingørød. Fjordens munding må samtidig have befundet sig et godt stykke ude i det nuværende Kattegat. Nær dagens udløb ved Villingebæk viser borer og åbne profiler langs kysten, at bunden her i fjorden har ligget 10 meter eller mere under dagens havniveau, og at dynd og mudder afsat på dybere vand afløses af skalførende sand mod toppen af lagfølgen, hvor stormlag med store koncentrationer af skaller indgår i de øverste meter af lagfølgen. Dette skyldes, at dybden blev lavere og farvandet blev udsat for mere strøm, hvilket er et signal om faldende havspejl og større bølgevirksomhed.



Figur C24-B og 24-C. B: Pannehave Ådal i Oldtiden under Stenialderhavets største vandstand og en senere mere begrænset brakvandsfjord. C: Sen Middelalder og Nyere Tid med invasion af flyvesand og dannelse af klitter langs stranden og i morænelandet omkring ådalen.

Begyndende afsnøring ved fjordens udløb til Kattegat fandt sted i Bondestenalderen for omkring 5.000 år siden, og hjulpet af landhævning og faldende havniveau betød dette, at vandstanden faldt, og kun den dybeste del af dalen vedblev at have forbindelse med havet. Fjorden overgik til et stadium med brakvand, inden kystudligningen i Bronzealderen et par tusind år senere med udbygning af krumodder og dannelse af strandvolde fik dæmmet helt op for dalens forbindelse med havet, og de nuværende sø og mosestrækninger i dalbunden opstod.

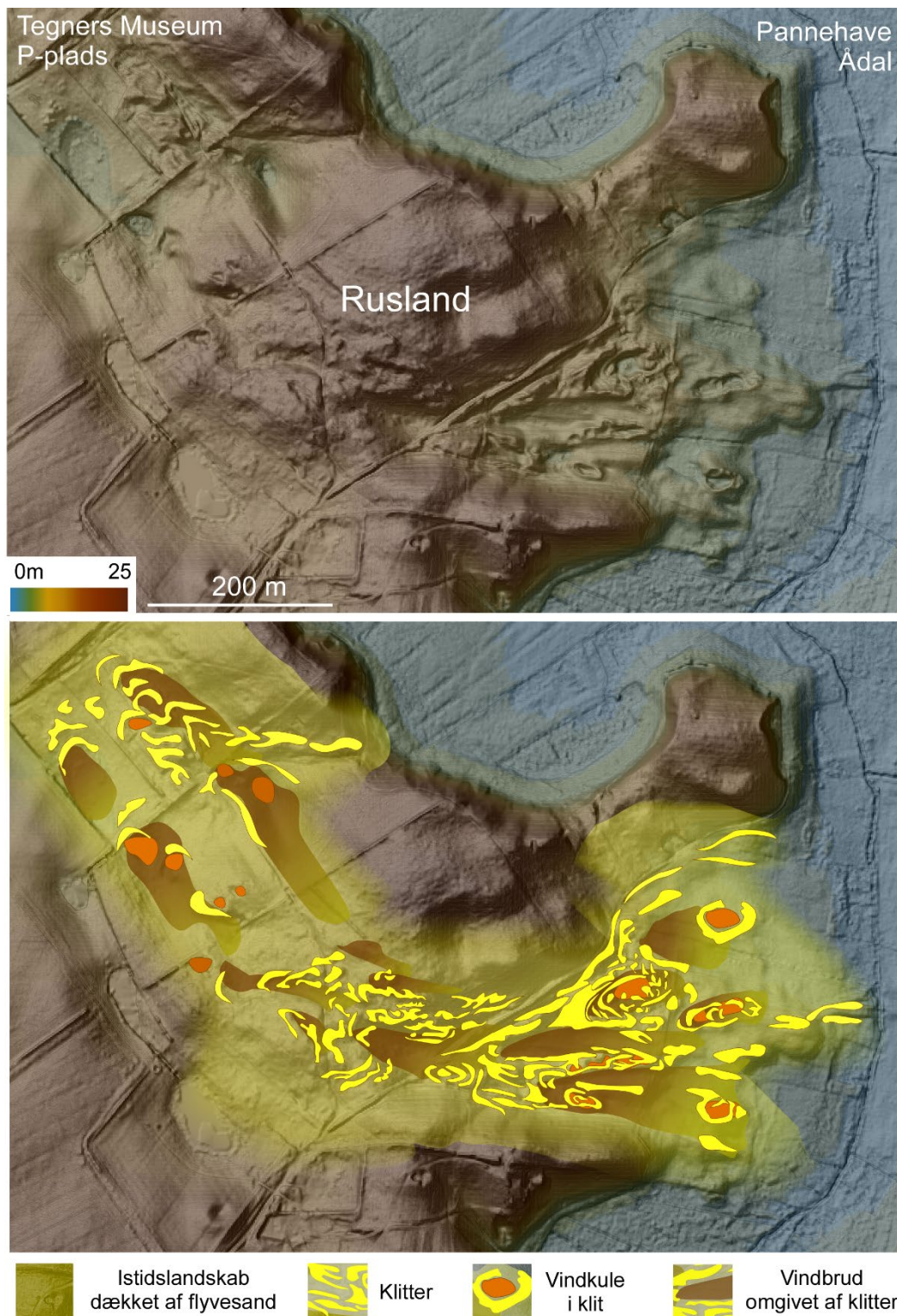
Tredje episode i dalens udvikling fandt sted i Sen Middelalder og Nyere tid, hvor et sænket havniveau, overgræsning og kraftige storme med pålandsvind for alvor fik sandet i strandområderne til at blæse ind over land, hvor store arealer blev dækket af flyvesand (Fig. C24-C). De voldsomme mængder sand var bragt til veje ved frilægning af sandede strandarealer og materialevandring langs kysten, men en væsentlig kilde var også de tykke, finkornede sandlag, der ligger mellem to formationer af moræneler i istidslandskabet (Fig. C23), og som i dag findes blottet i kystklinterne fra Halsnæs til Helsingør. Stærk vind og storm blæste sandet fra kysten ind i land. Nogle steder føg sandet sammen i klitter eller lagde sig som en tæppe over landskabet, andre steder forblev morænelandet frilagt for flyvesand, men var samtidig underlagt kraftig afblæsning. Særlig udsat var strandnære områder og ådalens vestlige bred omkring Rusland ved Tegners Museum, men også områderne længere inde i land syd for Dronningmølle, Horneby Fælle blev ramt af tilsanding. Klitter opstod i læ af risgærder opsat for at standse eller i det mindste dæmpe sandflugten og andre steder, hvor vinden kunne lægge sig, f. eks i mellem bakkerne i Rusland. En næsten 5 meter høj klit, dannet omkring læhegn, ligger nær stranden hvor Villingebækdalen munder ud i havet ²⁴. Først op mod vor tid lykkedes det at bremse flygesandet ved tilplantning ^{20, 23}.

Det synes, som om udbredelsen af flyvesandet i kystområderne er noget større end vist på det geologiske jordartskort ²⁰. Det kan skyldes, at jordartstypen på et givet sted er bestemt ud fra bedømmelse af små sedimentprøver i en slids på spidsen af et jordspyd udtaget i 1 meters dybde. Såfremt det øverste jordlag er under 1 meter i tykkelse, registreres det ikke nødvendigvis i jordartskortets signatur og den underliggende sedimenttype f.eks. smeltevandssand vil være den jordart, der optræder på kortet. Netop derfor kan noget af flyvesandet og klitdannelserne i området omkring Rusland have undgået opmærksomhed i den geologiske kortlægning ¹⁸.

Nedslag: Rusland – Et flyvesandsområde

I det ufrugtbare lyngklædte område ved Tegners Museum nær Dronningmølle kaldet Rusland ligger et næsten uberørt flyvesandsområde. I en del af det fredede terræn findes en smal skålformet dal gemt i bakkelandet med åbning mod Pannehave Ådal (Fig. C24 A). Her findes terrænformer opstået ved stærk blæst og sandflugt liggende som en kappe over de ældre landskabsformer (Fig. C25). Vestenvinden har fra kystområdet omkring Dronningmølle haft fri adgang til landet mellem bakkerne i Rusland ned til Pannehave Ådal. Gennem de mindre lavninger og dale kunne der under storm skabes et indsnævret vindfelt, hvor flyvesand er blæst ned i lavningerne, hvor det har bredt sig ud mod ådalen. I den østlige del af området har et tungeformet tæppe af flyvesand bredt sig ud over dalens sumpede moseområder, og har næsten spærret for åløbet med en smal dæmning af sand, der næsten når til den modsatte dalside. I bunden af de vindblæste lavninger opstod vindbrud, som konstant har været leverandør af løst finkornet sand, som har lagt sig i lave klitter, der har deres læside vendt ud mod ådalen. Sandet er gang på gang flyttet rundt på af vinden, hvilket har bevirket dannelse af gryder og vindkuler,

mens klitterne har "kannibaleret" hos hinanden således, at der næsten kun er ruiner af hele klitter tilbage. Landskabet fremstår som i dag som fastfrosset i et modent blæsningsstadium, præget af tueklitter, restklitter, vindbrud og afblæsningsflader.



Figur C25: Flyvesandsområdet i Rusland ved Pannehave Ådal.

Stenalderhavet i det nordligste Sjælland

Stenalderhavets eller *Litorinahavets* aflejringer og kystformer i nationalparkens nordligste dele er bevaret mange steder, hvor de på grund af landhævning i dag er løftet op til 5 - 6 meter op over nuværende havniveau^{11, 23}. I perioden for 7.500 – 5.000 år siden, mens havets niveau var på sit højeste, indtraf fire faser, hvor stigning og fald i vandstanden varierede med op til 1 meter^{25, 26}; hvilket tilskrives ændringer i styrken af den lokale landhævning kombineret med svingninger i det globale havniveau. Tilsvarende havspejlsændringer er sandsynligvis fortsat i tiden herefter²⁷, men er mindre kendt og sværere at registrere på grund af den fremadskridende kysterosion i Nordsjælland. Da Littorinahavet stod højest, fandtes langs Nordsjællands kyst et fliget og bugtet kystlandskab, hvor lavvandede og smalle fjorde havde forbindelser til åbent hav i Kattegat og Øresund (Fig. C26).



Figur C26: Stenalderhavets største udbredelse for ca. 7.500 – 5.000 år siden (Blå). Højeste kystlinje ligger ca. 6,5 meter over nuværende havniveau i områdets nordlige del. Dannelse af den moderne udligningskyst og aflejring af nutidens kystdannelser (Turkis) begyndte for ca. 4.500 – 3.500 år siden og er siden tiltaget i styrke grundet klimaændringer og havniveaufald.

Yderst i fjordene har der været høj saltholdighed og rigelig vandudskiftning, som har givet gode levevilkår for en rig marin lavvandsfauna med bl.a. østers i fjordmundingen ved Hulerød. Længere inde i fjordene var havmiljøet mindre salt og med ringere vandudskiftning, og inderst i de lavvandede fjorde har der nærmest hersket brakvands forhold. Den almindelige skalfauna tæller muslinger og snegle som Blåmusling (*Mytilus*), Hjertemusling (*Cerastoderma* tidl. *Cardium*), Tæppemusling (*Tapes*), Dværgkonk (*Nassa*), Strandsnegl (*Littorina*), Dyndsnegl (*Hydrobia*)¹¹.

Når verdenshavets højeste niveau indtraf netop i den sene del af Stenalderen, skyldes det den globale havspejlstigning, der nåede sit maksimum for knap 8.000 år siden. Stigningen, der lagde ud fra et lavpunkt ca. 120 meter under dagens havspejl, blev langsomt sat i gang, da de store is skjolde begyndte at skrumpe for ca. 18.000 år siden¹, men havspejlets højde kulminerede først 10.000 år senere, da de sidste store gletsjere på det nordamerikanske kontinent kollapsede og smeltning fra det grønlandske og antarktiske is skjold var på sit højeste. Det voldsomme input af smeltevand til oceanerne medførte en havstigning på knap 30 meter i løbet af de tusind år, der gik forud for havets oversvømmelse af de dybest liggende dele af landskabet omkring Kattegat og Øresund, der til slut også medførte indtrængning af saltvand i de gamle floddale ved Villingebæk, Hulerød og Gilleleje.

Fire faser af Stenalderhavets varierende højde er registreret i Søborg Sø²⁵. Fordi det smalle indløb til bassinet ved Ålekiste Bro ligger i c. 5 meters højde, har Søborg Fjord kun fået tilført saltvand de fire gange, havniveau rakte over tærsklen. Ind i mellem har der hersket ferskvandsforhold. Det samme må have været tilfældet i de inderste dele af de andre smalle fjorde som Esrum Fjord og Pannehave Fjord, dog uden at det er blevet registreret som i Søborg bassinet.

Hvor bølger og strøm kunne angribe odder og næs, begyndte dannelse af kystkliner allerede tidligt i Stenalderhavets levetid. Dette medførte transport af sand og grus langs kysten, hvorved der blev dannet odder og strandvolde i læ af kystens fremspring, mens smalle indløb til de beskyttede vige og fjorde efterhånden sandede til. Stranddannelser efter disse tidlige justeringer af kystens forløb er kun sjældent bevaret²⁸, idet de fleste spor heraf må have befundet sig uden for den nuværende kyst. Men sand og grus fortsatte ubønhørligt at afsnøre lavningerne fra det åbne hav, og til slut blev de omdannet til brakvandsfjorde og senere ferskvandssøer, der sluttelig forsumpede. Hvornår isolation af Stenalderhavets fjorde og vige fandt sted, er der ingen sikker viden om, men indløbet til disse bassiner kunne være blevet spærret af strandvolde nogenlunde samtidig med tilsvarende begivenheder i det tidligere Brødemose Sund og Arresø på Halsnæs^{23, 29} (Fig. 27). Isolering af de tidligere farvande kunne være afledt af et havniveaufald på 3,5 meter ved overgangen mellem Stenalder og Bronzealder i tidsrummet for ca. 4.500 til 3.500 år siden²⁵. Faldet skyldes både den fortsatte landhævning og ikke mindst klimaændringer mod køligere forhold, hvor opbygning af de første iskapper efter

sidste istid i arktiske områder førte til sænkning af havniveau. I landet bag strandvolde og inddæmmede fjorde afsattes mudder og sand, og efterhånden som erosionen mindskedes opstod den tilgroning og forsumpning, som i dag kendetegner de tidligere havdækkede områder.



*Figur C27: Stenalderhavets hævede aflejringer fra tiden omkring lukningen af en tidligere fjord ved Liseleje. Tilsvarende aflejringer fandtes i den lave kystklint, hvor Pannehave Å har sit udløb ved Villingebæk inden kystsikring blev iværksat. Nederst sand med grave gange dækket af sand og mudder med tætpakkede lag med skaller og skalstumper hovedparten fra Hjertemusling (*Cerastoderma* (tidl. *Cardium*) *edule*). Øverst strandsand. Profilet er omkring 1 meter højt. Foto M. Houmark-Nielsen 2004.*

Efterfølgende blev erosionen af morænelandet stadig mere vedvarende og intens. Odder og strandvolde vandrede med strøm og bølger langs kysterne i Kattegat og ned i Øresund som følge af de fremherskende vestenvinde. Den nuværende retlinede kyst er det modne stadium af udligningskystens udvikling gennem mere end 4.000 år og hvis stranddannelser ligger neden for de gamle kystklinter (Fig. 26). De højtliggende strandvolde og gamle kystklinter langs Nordkysten er efter alt at dømme en følge af højvande under stærk storm, der var ledsaget af mere køligt og fugtige miljø, der fulgte efter Stenalderens milde klima og det høje havniveau.

Havets udbredelse

Selve Stenalderhavets varmekrævende og diverse fauna og den omgivende vegetation er velkendt, ligesom udbredelsen af jægerkulturens bopladser langs kysterne er grundigt kortlagt, men hvor langt Stenalderhavet egentlig trængte ind i lavninger og tidligere floddale i NØ-Sjælland, er omgærdet med en hvis usikkerhed. De landskabsmæssige spor efter det høje havniveau giver sig ikke særligt til kende i det indre af de små og lavvandede fjorde, og hvis en samlet rekonstruktion af fordelingen af hav og land skal forsøges, skal det tages med i vurderingen, at den efterfølgende udligning og ændring af kystprofilen betyder, at størrelsen og udseendet af det land, der måtte have ligget uden for den nuværende kyst, og som er fjernet ved erosion, er helt ukendt.

Der findes to modeller for, hvor dybt Stenalderhavet trængte ind i land, én som går ind for en mere begrænset udbredelse ¹¹ og én, der opererer med en lidt større udbredelse ¹⁹. Når de to forskellige opfattelser skal vægtes mod hinanden, bunder årsagen til forskelligheden måske ikke så meget i, om man regner med middelvandstand over flere tusind år eller korte perioder vekslende med høj og lav vandstand. Den formodede udbredelse har i begge tilfælde støttet sig til et skøn dels over fjordbreddernes højde inde i land, men især på opmålinger af strandvoldenes højde langs Kattegats kyster. Det sidste har imidlertid ikke har kunnet tages som direkte indicium for Litorinahavets højeste vandstand. Strandvoldene har nemlig ikke kunne aldersbestemmes nøjagtigt, og hovedparten af de højeste anses for afsat efter perioden med den højeste vandstand. Desuden er strandvoldene dannet et stykke over middelvandstand i forbindelse med storm og pålandsvind, så ved sammenligning med forholdene langs kysten i dag, bliver det bedste skøn over middelvandstanden for Stenalderhavet 6,5 meter, nemlig strandvoldenes højde fratrasket 2,5 – 3 meter ²³. Den anslåede højde gælder imidlertid kun for kystområderne mellem Gilleleje og Hornbæk, og fordi hævnningen har været mindre mod syd, har også den beregnede højde for havspejlet i det indre af fjordene måttet reduceres.

Et eksempel på uenighed om udbredelsen er f. eks, hvorvidt den vestlige del af Bedsmose Sund og Keldsø-lavningen har været en del af fjordsystemet eller blot været en del af de ferskvandsområder, der stødte op til fjordene. Her støttes maksimum-modellen af geologiske data, idet marine muslinger og snegle er fundet i borer her ¹⁸.

Den maksimale udbredelse af Stenalderhavet kan derfor ikke besvares til fulde, og sikre data om hvor havet rent faktisk har været, er få. Desuden er grænsen mellem datidens hav, sø og mose, mellem salt, brakt og ferskt svær at trække, når vandstanden i fjordene har varieret med en meter flere gange. I kortet Figur C26 er der taget forbehold for de nævnte usikkerheder, men med en større datamængde vil andre og mere pålidelige udformninger sikkert kunne bringes i spil.

Litteratur

- ¹ Houmark-Nielsen, M. 2019: Geologi og landskaber i Nationalpark kongernes Nordsjælland, 29 s. <https://nationalparkkongernesnordsjaelland.dk/bibliotek/rapporter/>
- ² Houmark-Nielsen, M. 2022. Istiden i det danske landskab. Lindhardt & Ringhof, 388 s.
- ³ Winsløw, L.B., Pedersen, S.A.S., Boldreel, L.O. & Nørmark, E. 2020. Wrench-fault structures superimposed by glaciotectionic complexes, interpreted from high-resolution reflection-seismic sections and boreholes along the western bank of Esrum Sø, north-east Sjælland, Denmark. Bulletin of the Geological Society of Denmark 68, s. 171–193.
- ⁴ Gravesen, P., Binderup, M., Houmark-Nielsen, M. & Krüger, J. 2017. Geologisk Set – Sjælland og Øerne. Geografforlaget og Geocenter Danmark. s. 9-47, 253-261.
- ⁵ Håkansson, E. & Pedersen, S.A.S. 1992: Geologisk kort over den danske undergrund. VARV nr. 2, 1992. <https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/danske-kort>
- ⁶ Smed, P. 2016: Sten i det danske landskab.4. udgave, Højers Forlag.
- ⁷ Houmark-Nielsen, M. 1999–12–20: A lithostratigraphy of Weichselian glacial and interstadial deposits in Denmark. Bulletin of the Geological Society of Denmark, Vol. 46, pp. 101–114. Copenhagen.
- ⁸ Berglund, B.E. & Lagerlund, E. 1981: Eemian and Weichselian stratigraphy in South Sweden. Boreas 10, 323–362.
- ⁹ Houmark-Nielsen, M. 2023: Geologi og landskaber i Nationalpark Kongernes Nordsjælland. Zone B: Sydlige Gribskov – Store Dyrehave - Fredensborg
- ¹⁰ Hansen, K. 1968: En boring i Esrum Sø. Dansk Geologisk Forening 18, s. 244-246.
- ¹¹ Milthers, V. 1935: Nordøstsjællands Geologi. Danmarks geologiske Undersøgelse, 5 rk. 3, 186 s.
- ¹² Region Hovedstaden, Råstofplan 2016 / 2020. [https://rh.viewer.dkplan.niras.dk/plan/20#/ s. 114 – 120](https://rh.viewer.dkplan.niras.dk/plan/20#/s.114-120)
- ¹³ Hansen, S. 1940: Varvighed i danske og skaanske senglaciale Aflejringer. Danmarks Geologiske Undersøgelse II Rk 63, s.267-311.
- ¹⁴ Jørgensen N.B. 1982: Sedimentologiske undersøgelser i nogle sen-kvartære hatformede bakker. Dansk Geologisk Forening, Årsskrift for 1981, 57-64.
- ¹⁵ Schou, A. 1949: Atlas over Danmark, landskabsformerne. Hagerups Forlag, 32 s. + Atlas.
- ¹⁶ Hansen, K. 1981: Morfologisk-geologiske studier i Nordøstsjælland. Geografisk Tidsskrift 81, s. 1-10.
- ¹⁷ Jessen, K. 1920: Moseundersøgelser i det nordøstlige Sjælland. Danmarks Geologiske Undersøgelse II Rk 34, 268 s.
- ¹⁸ Rørdam, K. 1893: Kortbladene Helsingør og Hillerød. *Danmarks Geologiske Undersøgelse I* rk. 1, 110 s.
- ¹⁹ Rørdam, K. 1892: Saltvandsalluviet i det nordøstlige Sjælland. *Danmarks Geologiske Undersøgelse II* rk. 2, 151 s.

- ²⁰ Binderup, M. 2021. Klitter og flyvesand. Sandflugtens historie i Nordsjælland. Rapport til Nationalpark Kongernes Nordsjælland 43 s. <https://nationalparkkongernesnordsjaelland.dk/bibliotek/rapporter/>
- ²¹ Rasmussen, L.Å. 1974: Om morænestratigrafi i det nordlige Øresundsområde. Dansk Geologisk Forening, Årsskrift for 1973, 132-139
- ²² Berthelsen, A. 1974: Nogle forekomster af intrusivt moræneler i NØ-Sjælland. Dansk geologisk Forening, Årsskrift for 1973, s. 118-131.
- ²³ Madsen, V. 1942: Strandvoldene ved Hornbæk og Alderen af dem. Meddelelser Dansk Geologisk Forening 10, s. 83 – 100.
- ²⁴ Jarrum, E.A.2014: sandflugtens opståen og hærgen i Nordsjælland. Holbo Historier. Museum Nordsjælland, s. 47-79.
- ²⁵ Iversen, J. 1937: Undersøgelser over Litorinatransgressioner i Danmark. Meddelelser Dansk Geologisk Forening 9, 223-231.
- ²⁶ Christensen, C. 1982: Havniveauændringer 5500-2500 f.Kr. i Vedbækområdet, NØ-Sjælland. Dansk geologisk Forening., Årsskrift for 1981, s. 91-107.
- ²⁷ Clemmensen, L. B., Nielsen, L., & Konnerup-Madsen, J. (2012). Anholt. Geoviden 1, 19 s.
- ²⁸ Henriksen, P.S. & Jessen, C. 2015: De naturvidenskabelige undersøgelser af kystaflejringer ved Kulturhavn Gilleleje. Museum Nordsjælland, Årbog 2015, s. 95 – 98.
- ²⁹ Houmark-Nielsen 2021: Geologi og landskaber i Nationalpark Kongernes Nordsjælland, Zone A: Halsnæs – Arresø – Tisvilde, 32 s. <https://nationalparkkongernesnordsjaelland.dk/bibliotek/rapporter/>

NATIONALPARK KONGERNES NORDSJÆLLAND

Klostergade 12, DK-3230 Græsted
nationalparkkongernesnordsjaelland.dk
