

Det marine forland ved Kronborg og Helsingør

Nick B. Svendsen

Introduktion

Kronborg Slot og Helsingør by ligger på det nordøstlige hjørne af Sjælland, dér, hvor Øresund snævrer ind og slår et knæk. Slottet er en prægtig renæssance bygning opført af kong Frederik II, i 1585, på stedet, hvor borgen Krogen dengang lå; sidstnævnte blev således ombygget til Kronborg (Fig. 1).

Omkring år 1400 udgjorde skatteindtægterne fra Skånemarkedet en væsentlig del af kongens skatteindtægter, men i løbet af 1400-tallet faldt indtægterne fra dette marked. Markedet var baseret på fangst og salg af sild. Netop i denne periode forsvandt de store sildestimer fra Øresund og i løbet af 1400-tallet faldt sildemængden til 1/5 af den mængde, der blev fanget omkring år 1400 (dermed også skatteindtægterne). Ydermere sejlede mange købmænd forbi Skåne og deltog ikke længere i markedet. Det var derfor nærliggende at lægge en told på skibene, som sejlede gennem Øresund, og kontrollere tolden ved at bygge en borg ved Helsingør sammen med den eksisterende borg ved Helsingborg, Kärnan. Erik af Pommern, Danmarks konge på dette tidspunkt, byggede derfor borgen Krogen, som blev opført i 1420-erne og tolden indført i 1429 (Fig 1) (Svendsen 2020).

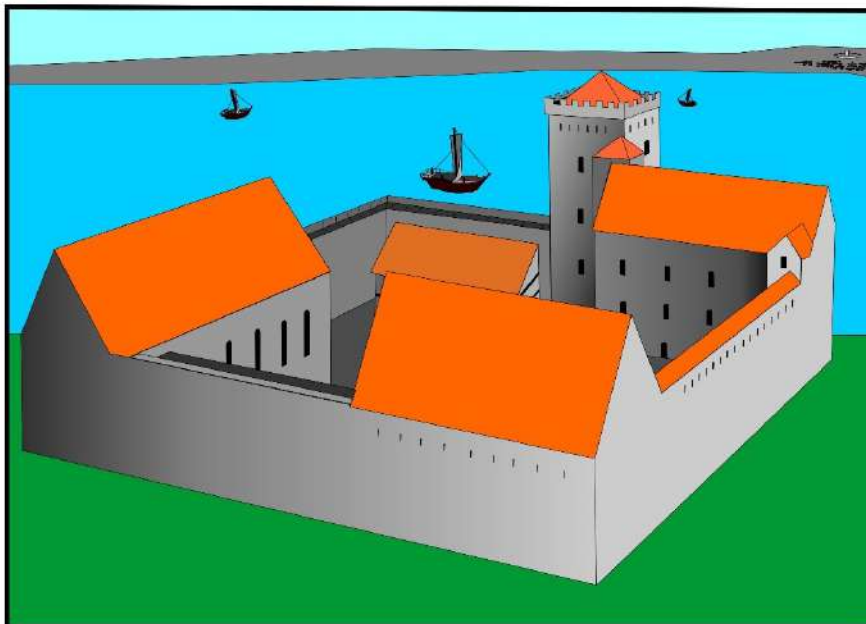


Fig 1 - Krogen, omkring 1430. Modificeret efter H. Barüske (1997).

Men hvorfor lægge en ny borg nede ved vandet? Der havde allerede ligget en borg, Flynderborg, oppe på bakken, over Helsingør, som var bygget omkring år 1200, men dette anlæg var blevet afbrændt af lybækkerne i 1368, og var i øvrigt krigsteknisk utidssvarende.

Kronborg ligger på en odde omgivet af havet på tre sider (Fig 2). Helt klart et strategisk sted.

Men hvad er fundamentet for borgen?

Navnet Helsingør kommer af betegnelsen "helsing" dvs. beboerne ved halsen, altså Øresunds smalleste sted. "Ør" betyder en gruset strandbred. Så her har vi allerede en klar antydning.

Helsingør er med andre ord stedet ved den smalleste del af Øresund, med den grusede strand.

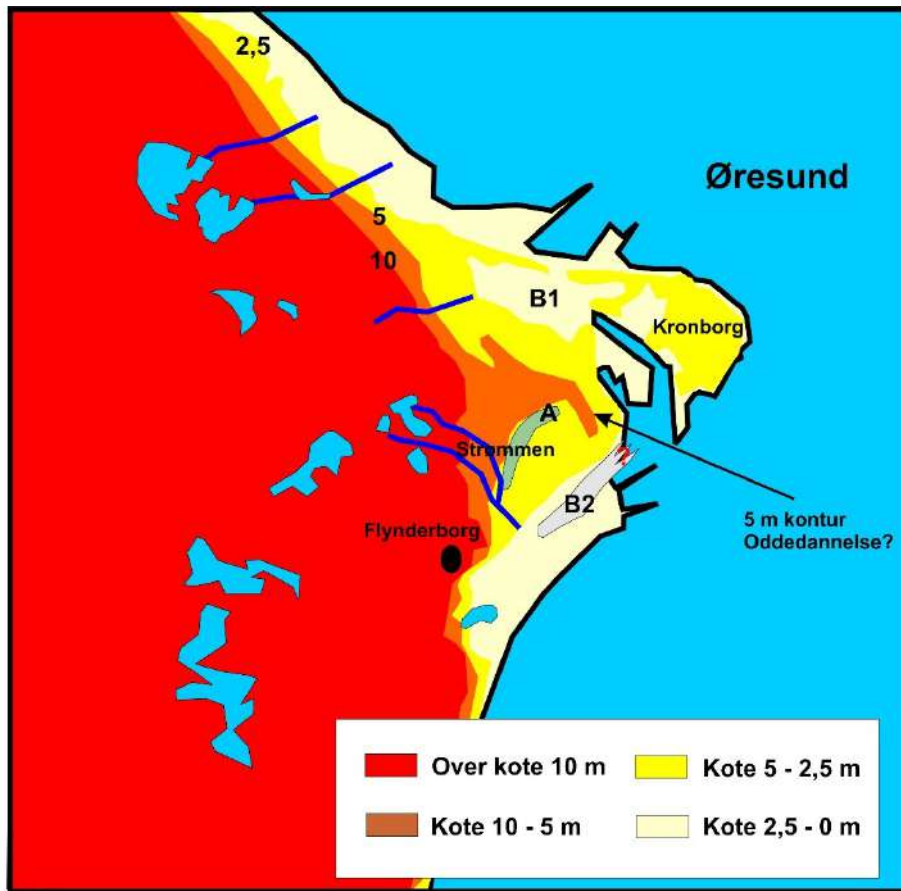


Fig 2 - Højdekort over Helsingørområdet baseret på GEUS højdemodel af Danmark. Derudover er vist søer og bække. Vådmarkerne eksisterede før industrialiseringen i 1800-tallet. Bækkene strømmede ned ad Stenalderkrænten, og var vigtig for Helsingørs og Kronborgs vandforsyning i tidligere tider. Baseret på Mertz (1969).

A - Stenalderens lagune sø. B - Jernalderens laguneområder?.

Lagunesøen B2's udstrækning er ikke endelig fastlagt (Langsted 2016).

Recente vandløb er vist med mørkeblå streger, mens recente søer er vist med blå polygoner.

Der har været beboelse ved Helsingør by siden tidlig middelalder (1200-tallet) og måske endda helt tilbage til Stenalderen. Den tidlige bebyggelse var et fiskerleje. Byens udformning i dag skyldes især Erik af Pommern og hans Øresundstold, som gjorde stedet til et vigtigt administrativt center for datidens kongemagt.

Formålet med denne artikel er, at lave en geologisk beskrivelse af "det marine forland" ved Helsingør. Beskrivelsen er en bearbejdning af tilgængelige geologiske data og litteratur fra Helsingør og Øresund

områderne. Denne artikel er en kopi af Svendsen (2023) med ekstra illustrationer og enkelte afvigelser i teksten.

En tak til Agnete Steenfelt, senior researcher GEUS, for kommentarer til det første manuskriptudkast, og tak til Seniorforsker Ole Bennike for at formidle kommentarer fra DGF-redaktionen.

Datagrundlaget

GEUS jordartskort for Danmark (Fig 3) og GEUS havbundskort (Fig 4) samt borerne fra GEUS Jupiter databasen er benyttet i denne geologiske evaluering. Ude i havet, i Øresund, er det borer foretaget i forbindelse med miljø kortlægning og planlægningen af en bro og tunnelforbindelse til Sverige (Fig 4). Mertz (1969) beskriver 4 af disse borer i sin rapport. Boringerne blev oprindeligt beskrevet af geologen Gunnar Larsen (Larsen 1968).

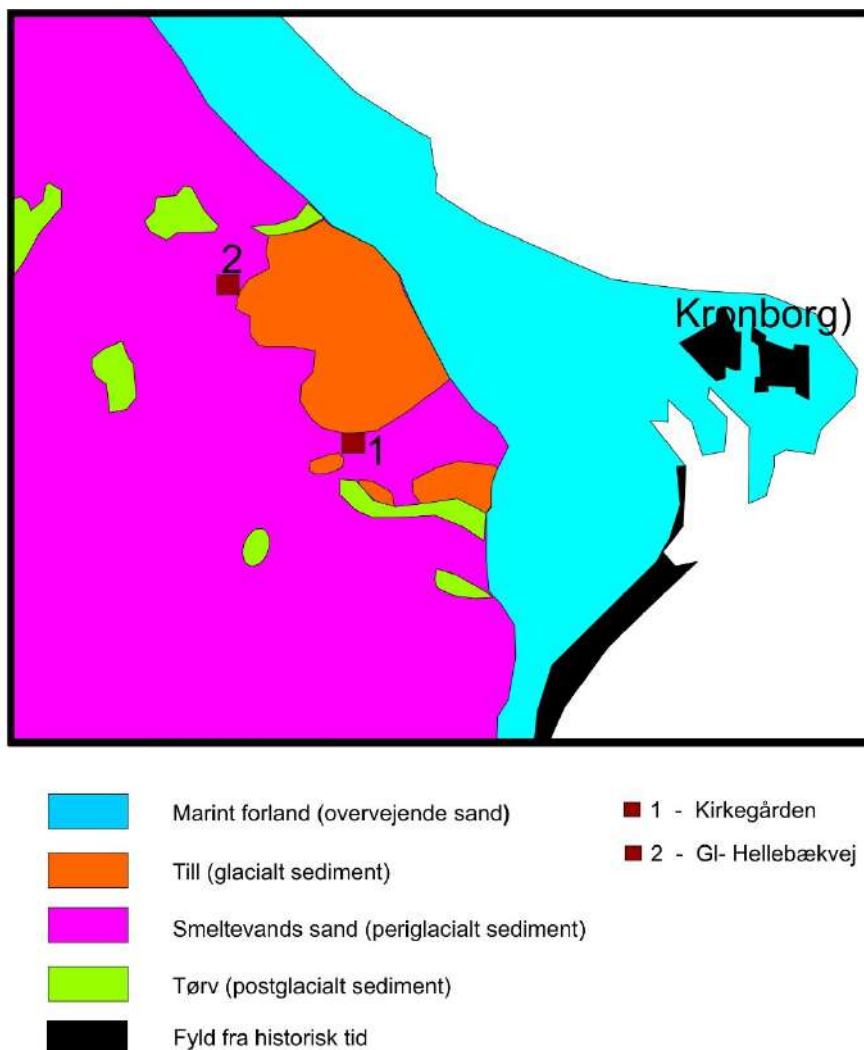


Fig 3 - Jordbundskort over Helsingørområdet. Modificeret efter GEUS.

Endelig er de topografiske kort fra Geodatastyrelsen benyttet. Den geologiske litteratur, som er blevet benyttet, er vist i referencelisten.

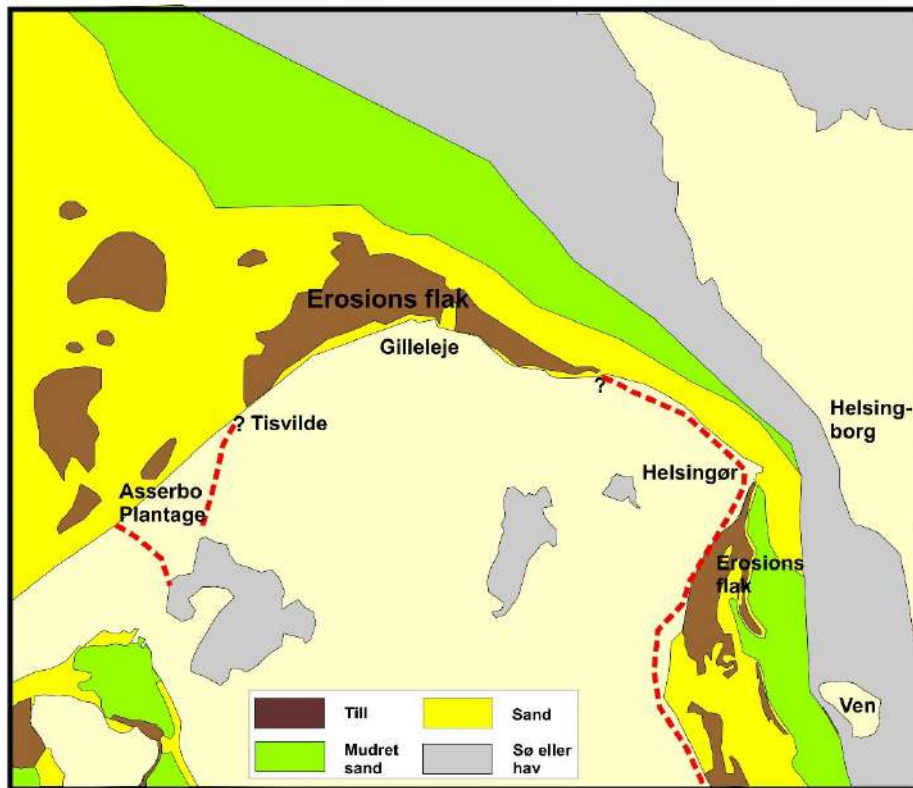


Fig 4 - Marine sedimenter i Øresundsområdet.

Nordsjælland har en udligningskyst, dvs at havet eroderer kysten, således at bakker, der stikker ud i havet, eroderes, mens fjorde og bugter fyldes op med sediment. Det brune område udfør Gilleleje er et erosionsflak, dvs et område ude i havet, som tidligere har været en ø eller halvø, men siden er forsvundet på grund af havets erosion. Havbunden i området består af glaciære sedimenter (till), og på formen kan man se, at det har været en del af Sjælland, der har strakt sig mod nord. Litorinahavet eroderede dette område væk. Det eroderede materiale blev transporteret mod vest, vest for Gilleleje, og blev aflejret i munden af Arresø fjorden, i det vi i dag kender som Tisvilde Hegn. Øst for Gilleleje er materialet transporteret mod øst. Syd for Helsingør strækker det brune område sig også ud i havet, hvad der ligeledes vidner om erosion af landet. Den omtrentlige position af Litorinahavskrænten er vist som den stiplede røde linje. Måske strakte skrænten sig ud i havet for 6000 år siden? Det indebærer at kysten ved Gilleleje er recent. Baseret på GEUS havbundskort. Havbundsforholdene på den svenske side af Øresund er ikke angivet.

Ved en gennemgang af Jupiter databasen, opdager man dog hurtigt, at informationerne fra GEUS borearkiv for Helsingør er sparsom, selvom der er adskillige borer i Helsingør.

De fleste borer har ikke knyttet nogle boreinformationer til borerapporten, uvist af hvilken grund.

I mange tilfælde er beskrivelserne af den gennemborede lagserie meget generel, såsom sand, ler eller kalk. En fortolkning af boreresultaterne skal derfor tages med forbehold. Nogle af borerne har dog nyttig information, som kan bruges. Således har Mertz (1969) beskrevet 4 af borerne fra Jupiterdatabasen, der er vigtige for forståelsen af aflejringsmiljøet i de postglaciære sedimenter (Fig 5).

Boreresultaterne fra glaciële områder skal fortolkes med forsigtighed, idet områdets glaciële sedimenter kan være disloceret, dvs. forstyrret af gletsjernes aktivitet. Det betyder, at man ikke kan korrelere de observerede lag mellem borerne. I områder, hvor lagene ikke er forstyrret, kan det dog være muligt at korrelere den observerede lagserie mellem borerne, det gælder især for smeltevandsaflejringer, der ikke er disloceret (eks. Svendsen 2012) og de postglaciële marine aflejringer (eks. Helsingørområdet).

Følgende lag er observeret i borerne i Helsingørområdet:

Beskrivelse	Tolkning
Sandede og lerede lag over kote 7,5 m	Smeltevands sand og till horisonter
Sandede lag i det marine forland, som er klassificeret som marint sand af boremesteren	Marint sand
Sandede lag i det marine forland under kote 7,5 m	Fortolkning afhængig af nærliggende borer
Sandede og lerede lag under kote 7,5 m i det marine forland	Smeltevands sand og till horisonter (glaciële lag)
Kalk	Danien kalk

Helsingør Kommune har i årenes løb foretaget udgravninger i gaderne i forbindelse med rørlægning, bla. fjernvarmerør (Grønnegaard 2009, Langsted 2016). Arkæologerne har undersøgt disse udgravninger, og nogle af deres rapporter indgår også i denne undersøgelse (Fig 6). Udgravningerne er sjældent mere end 2 m dybe, men de giver grundlaget for at undersøge de menneskelige aktiviteter i Helsingør siden byens grundlæggelse, dvs. bebyggelseslaget, samt landskabet under bebyggelseslaget.

Regional geologi

Danien Kalken

Nordsjælland består øverst af Kvartærtidens (Istidens) lag, og under istidslagene ligger der kalk fra Danien tiden (Fig 8). I Helsingør ligger kalken i ca. 30 m dybde.

Kalkoverfladen er ikke flad. Mod vest, lidt ude i havet, ligger kalken i 10 til 20 m dybde (Fig 7). Inde i landet ligger kalken i 70 m dybde eller mere. Dette er forårsaget af en dal i kalkundergrunden, Esrum-Alnarp dalen (Svendsen 2008). Dalen løber parallelt med den tektoniske forkastningszone, Sorgenfrei-Tornquistzonen, der udgør den sydlige side af den svenske horst, Søderåsen og længere mod øst Bornholm.

Prækvartæret bliver ældre og ældre mod den svenske kyst, hvor den er af jurassisk alder (Fig 8 og 5A).

De kvartære og postglaciële lag

De topografiske kort (Fig 2), samt ved selvsyn ude i terrænet (Fig 9), viser, at Helsingør området består af tre topografiske landskaber.

1. *Baglandet, som er et let bakket morænelandskab, der ligger over kote 20 m, kaldet Landskabselement 1.*
2. *Det marine forland i mellem kote 5 og 7,5 m, kaldet Landskabselement 2. Den første Helsingør by er bygget i dette område. Grænsen mellem Landskabselementerne 1 og 2 er en bevokset skråning på ca. 20 m kendt som Litorinaskrænten.*

3. *Det marine forland mellem havet og kote 2,5 m, kaldet Landskabelement 3. Kronborg ligger på dette landskab. Grænsen mellem Landskabelementerne 2 og 3 er en skråning på ca. 5 m, Jernalderskrænten*

Det glacielle landskab (Landskabelement 1)

Landskabelement 1 består af glacielle og periglacielle lag. Overfladen omkring Helsingør består overvejende af smeltevandsaflejringer, bortset fra området mellem kirkegården og Gl. Hellebækvej (Fig 3), hvor overfladen består af till (moræneler).

De glacielle lag er formodentlig disloceret, idet der er stor variation mellem borerne i området. Der ligger et randmorænestrøg vestsydvest for Helsingør, der, for ca. 17.000 år siden (Houmark-Nielsen 2019), er dannet af istidens sidste gletsjerfremstød, Bælthavsfremstødet. Det er dette gletsjerfremstød, der er ansvarlig for den sidste deformation.

Kanten mellem Landskabelementerne 1 og 2 udgøres af "Litorinaskrænten", dvs. kystklinten, som stenaldershavet dannede for ca. 6.000 år siden. Denne klint kan man finde langs en stor del af Nordsjællands kyst (fra København til Hornbæk, fra Tisvildeleje og ind i Tisvilde Hegn samt på Halsnæs, Fig 4).

Stenalderskrænten er nogle steder gennemskåret af erosionskløfter, således også i Helsingør. Disse kløfter er dannet ved vandløbserosion, men vandløbene er i dag for det meste tørret ud. I Helsingør har der været 4 små vandløb, hvoraf nogle var vandførende helt op i middelalderen, og som har haft betydning for byens vandforsyning. Det største af dem, strømmen, dannede den sydlige grænse for middelalderens Helsingør. Vandløbene fik sit vand fra adskillige søer og moser, der lå i området vest for stenalderskrænten, således fik Strømmen sit vand fra Spildepenge dammene. Disse vådområder er nu udtørret og ligger under den moderne by, der i de sidste 150 år voksede frem i Landskabelement 1 (Fig 2) (Mertz 1969).

De glacielle sedimenter mangler i området mellem Helsingør og Sverige (Fig 5 A og E), og det må være et resultat af erosion. Ved Helsingør ligger der 30 m postglacialt sand direkte på prækvartæret. Hvis vi dertil lægger, at Stenalderskrænten ved Helsingør er 30 m høj, så har den postglacielle erosion fjernet op til 50 m glacielle sedimenter.

Spørgsmålet er, hvornår denne erosion er foregået?

Det marine forland (Landskabelement 2 og 3)

Det marine forland (Fig 2 og 3), dvs. Landskabelementerne 2 og 3, består af stranddannelser, der ligger direkte på kalken eller på glacialt ler. Stranddannelserne er formet efter istiden.

Landskabelement 2 ligger i kote 5 til 7,5 m og Landskabelement 3 ligger i kote 0 til 2,5 m.

De tre landskaber ses meget fint, når man står på Strandvejen mellem Helsingør og Hellebæk (Fig. 9), og de kan stadig ses inde i Helsingør, selvom 1.000 års urbanisering har udvisket grænserne.

Grænsen mellem Landskabelementerne 2 og 3 er udviklet som en skråning, der er så stejl, at det vidner om, at den er dannet ved erosion. Da skrænten er bevokset, eller delvist bevokset med vegetation, viser det, at erosionen ikke længere er aktiv.

For at forstå dannelsen af de postglacielle sandaflejringer er der konstrueret 4 tværsnit på basis af GEUS

boredatabase (Fig 5), 3 vinkelret på kysten og en parallel med kysten. Derudover indgår et tværsnit fra Larsen (1968) (Fig 5A). Positionen af borerne kan ses på Fig 5F og Fig 8.

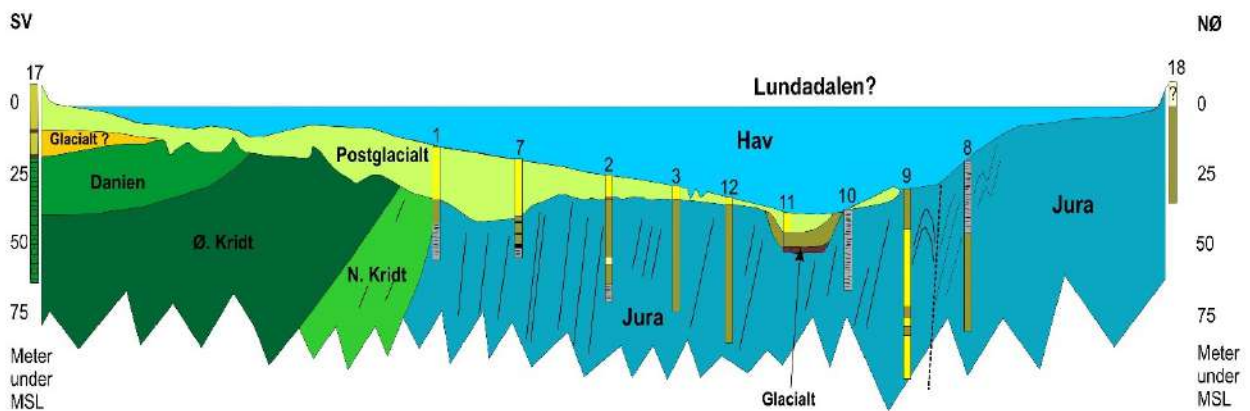


Fig 5A - Boreprofil 1. Tværsnit i Øresund der demonstrerer den postglaciale erosion. Baseret på Gunnar Larsen (1968).

Boring nr 17 (i Danmark) ligger på det marine forland, og mangler derfor det meste af de glaciære aflejringer, der kendes fra Nordsjælland. I borerne i Øresund er der kun rester af de glaciære aflejringer, det meste af de kvartære aflejringer er postglaciært. Tværsnittet illustrerer den komplekse geologi i den dybe forkastningszone ude i Øresund, som løber langs Kulden og Søderåsen. De glaciære aflejringer har strakt sig helt over til Skåne, inden erosionen fjernede dem. Lithologien i borerne er angivet med farve (grønt-kalk, gult-sand, brunt-ler, gråt-skifer, sort-kul).

Tværsnit 1 – Dette tværsnit (Fig 5A og Fig 8) er fra Larsen (1968), og viser den komplekse geologi langs Tornquist forkastningszonen, og demonstrerer den postglaciære erosion. Ved den svenske kyst ligger de Prækvarter formationer blottede (jurassiske formationer). Prækvarteret bliver progressivt yngre mod den danske kyst således, at der ligger Danien kalk under de kvartæreaflejringer ved Helsingør. I den centrale del af Øresund ligger en 300 m bred og 15 m dyb dal i Prækvarteret, der muligvis er en tunneldal og forlængelse af den skånske dal Lundadalen. Den indeholder glaciære sedimenter. De postglaciære marine sedimenter ligger i en kystnær "kile" og en "banke" struktur ude i Øresund. Den kystnære akkumulation ligger på glaciære sedimenter, mens banken ude i Øresund ligger direkte på Prækvarteret.

Tværsnit 2 - Hvis vi ser på de fem borer i tværsnit 2 (Fig 5B), består den gennemborede sektion i de 4 af borerne af overvejende marint sand med kalk nederst. Kalken er i dette område Danienkalk og ligger i en dybde på ca. 27 m under DNN. Den sydlige boring 188.650 ligger i det glaciære område, og den gennemborede sektion består øverst af en moræneler-horisont og derunder smeltevandssand og ler. Kalken er gennemboret i kote 26 m under DNN (56 m under overfladen). I boringen 188.151 (Fig 5B) er der et enkelt lerlag 23 m under DNN, og de øverste 16 m er beskrevet som postglaciært marint sand. Leret er fortolket som en rest af glaciære sedimenter, mens den nedre del af det marine sand er fortolket som laguneaflejringer, og den øvre halvdel som strandaflejringer (Mertz, 1969).

Som nævnt er kalken i Nordsjælland gennemskåret af en dal, Esrom - Alnarp dalen. Boring 188.650 ligger på

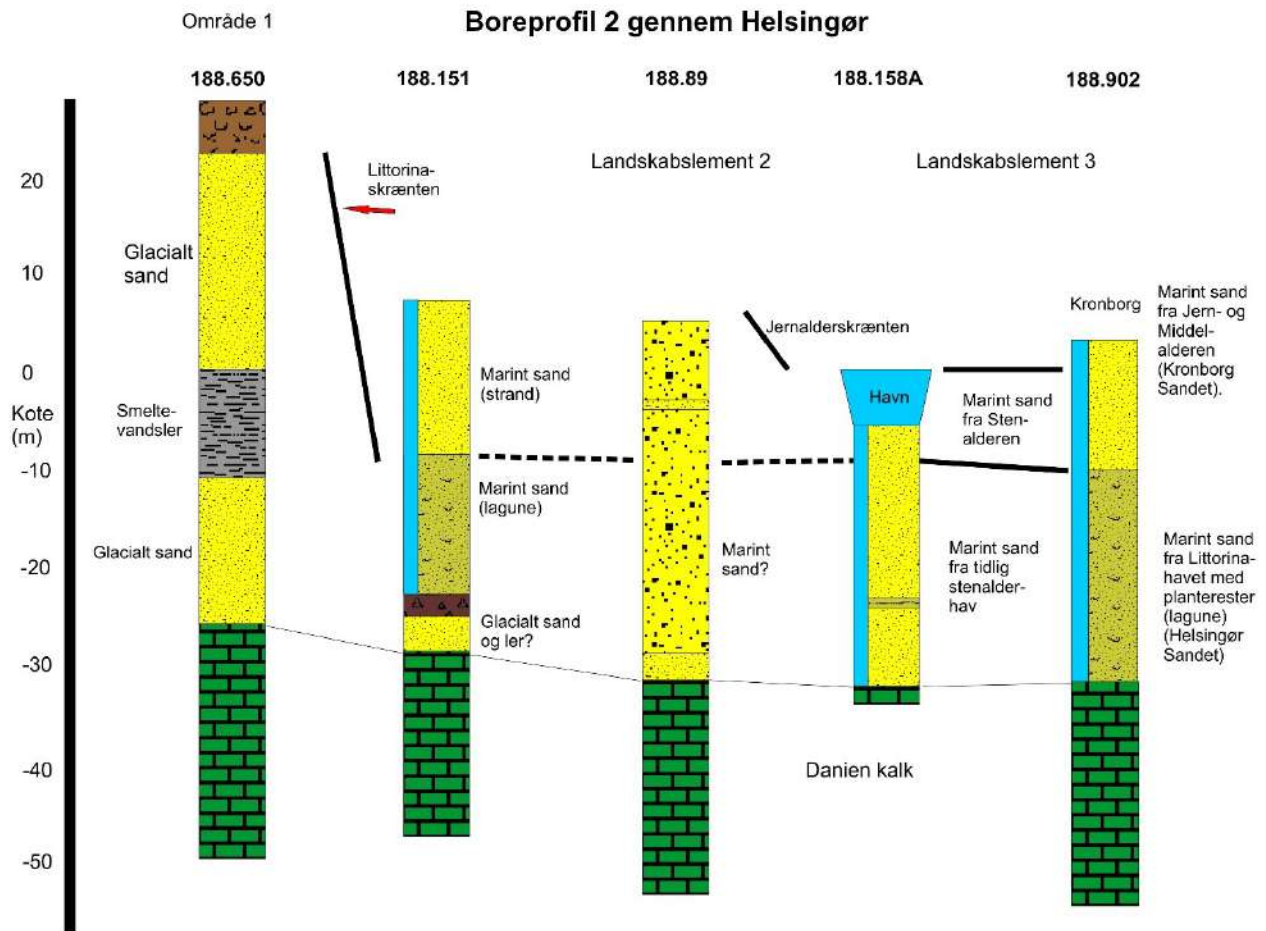


Fig 5B - Fem borerige ved Helsingør. Afstanden mellem borerige er konstant. Den blå farve i nogle af borerige, angiver hvor GEUS har markeret sedimenterne som marine.

den østlige skråning af denne dal, mens Helsingør ligger på den østlige kant af dalen. Esrom - Alnarp dalen er udfyldt af kvartære glaciale og maringlaciale aflejringer (Houmark-Nielsen 2019).

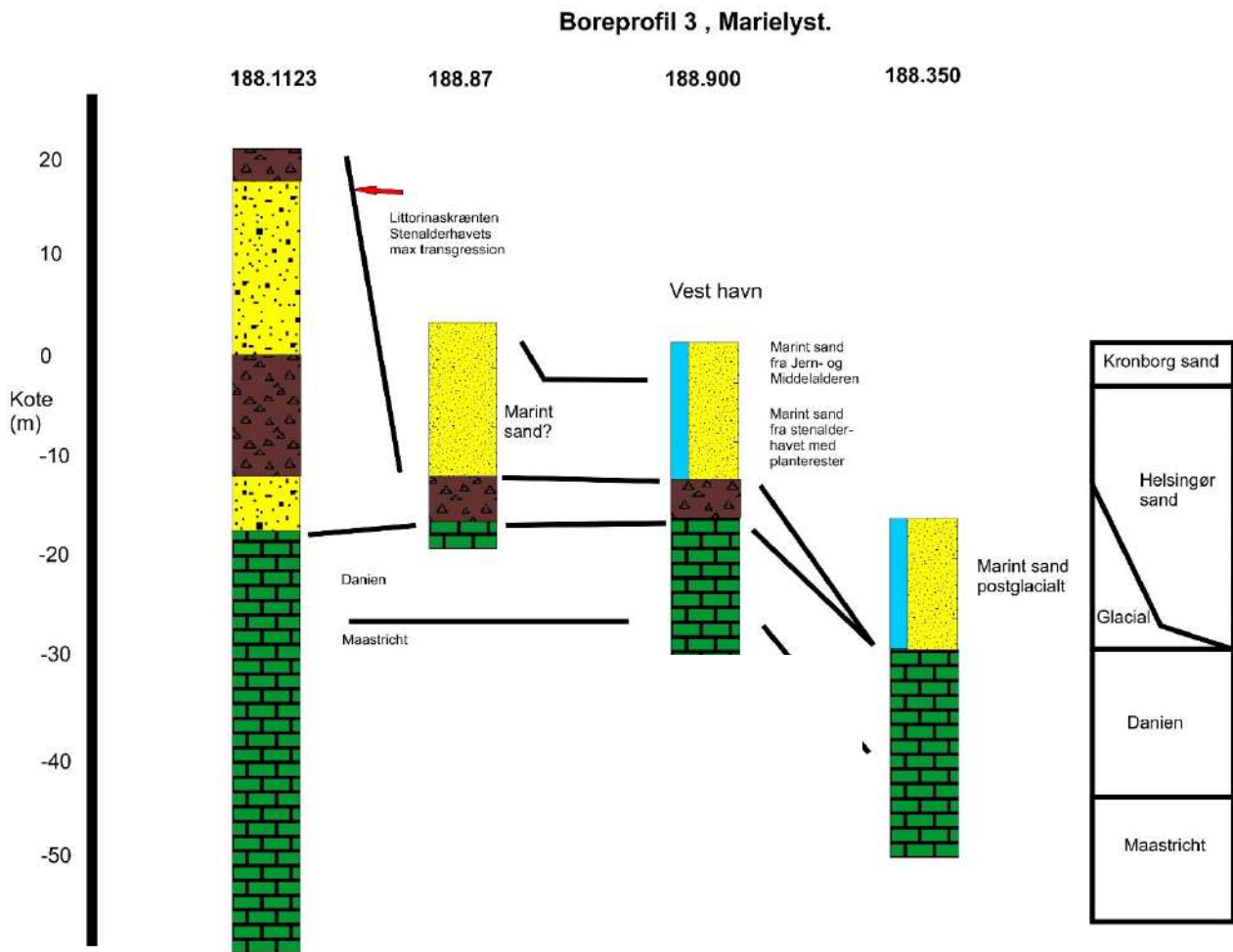


Fig 5C - Tværsnit med fire borer ved Marielyst. Boring 188.350 ligger ude i Øresund.

Tværsnit 3 og 4 - Ved Tværsnit 3 og 4 står Littorinaskrænten (kanten mellem Landskabelement 1 og det marine forland) meget skarpt.

Tværsnit 3 (Fig 5C), ved Marielyst og Marinaen, viser, at Danien Kalken ligger i en dybde på ca. 20 m under DNN, dækket af ca. 5 m glacialt ler. Ovenpå ligger marint postglacialt sand. Grænsen mellem glacialt og postglacialt ligger i dybden 11.5 m under DNN.

Tværsnit 4 (Fig 5D) på Nordre Strandvej viser, at kalken ligger i 15 til 20 m under DNN, dækket af 20 m glaciæle aflejringer og øverst 2 m marint sand.

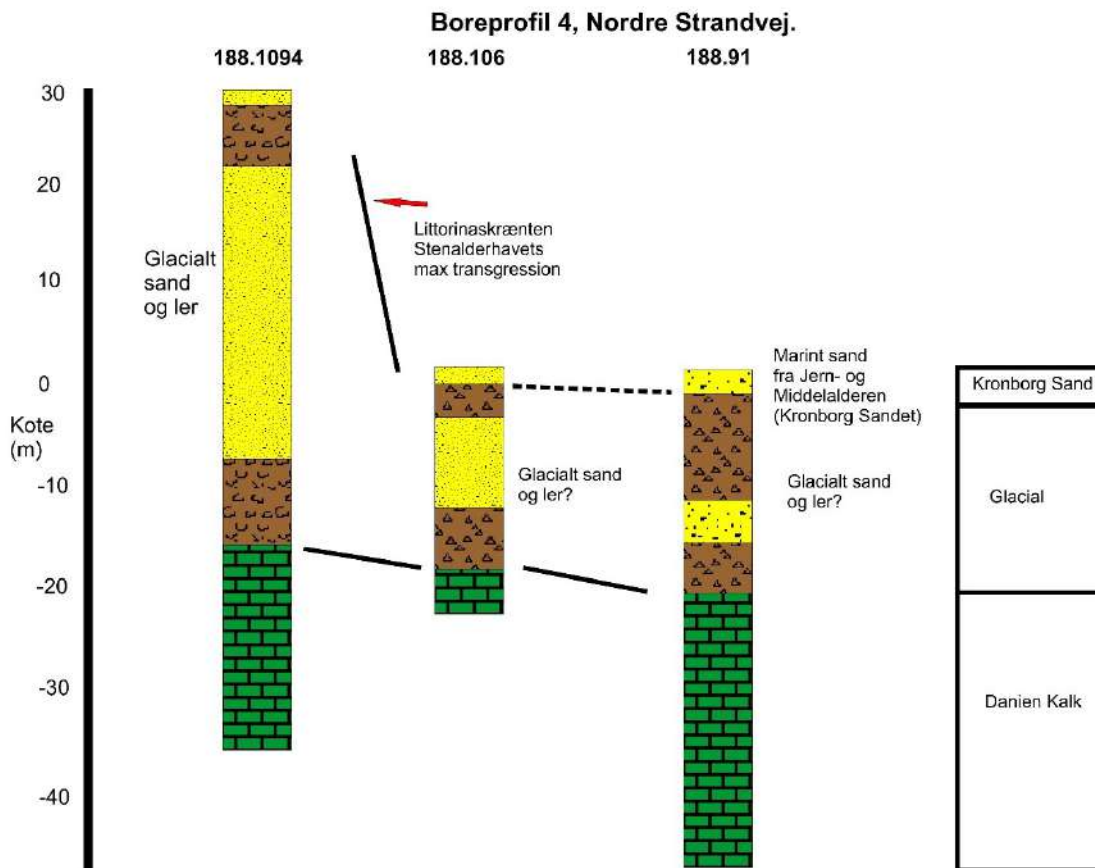


Fig 5D - Tre boreriger ved Nordre Strandvej (Mariavej). De glaciiale lag ligger omkring kote 0. De er dækket af ca. 2 m sand, der er tolket som marint sand (Kronborg Sandet). Helsingør Sandet mangler helt og blev muligvis eroderet, da havet dannede klinten mellem Landskabselementerne 2 og 3.

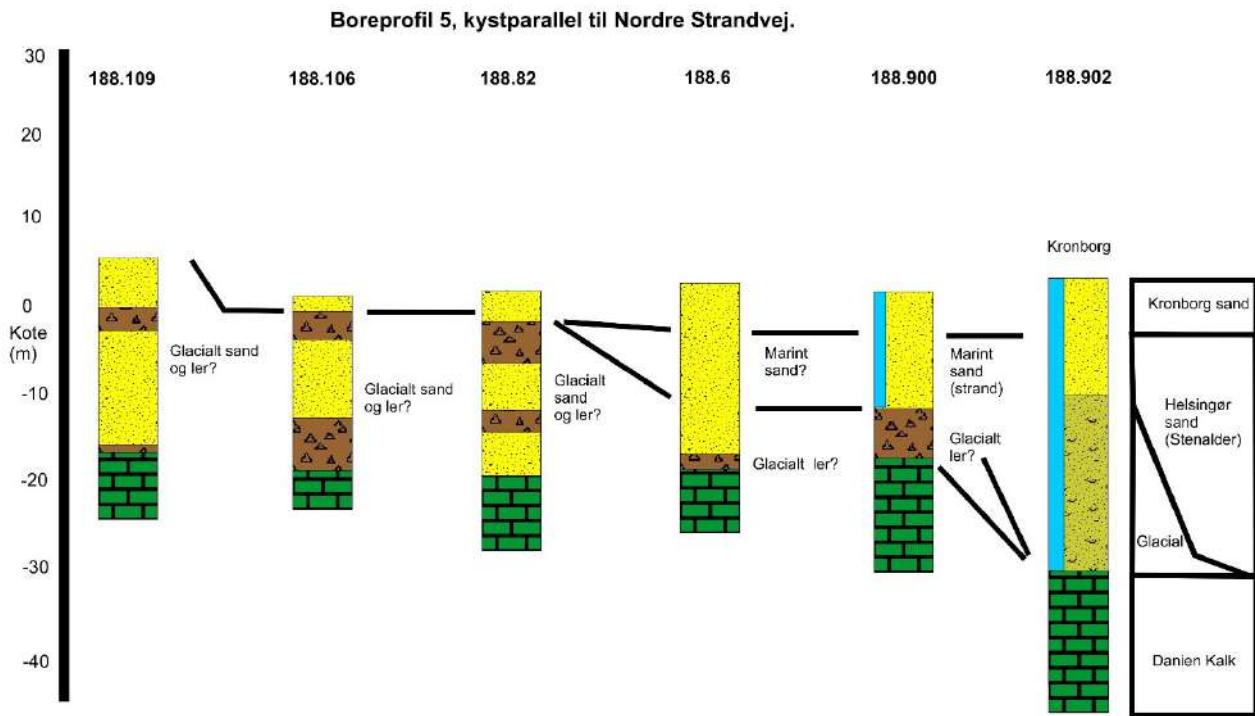


Fig 5E - Tværsnit på Nordre Strandvej parallelt med kysten.

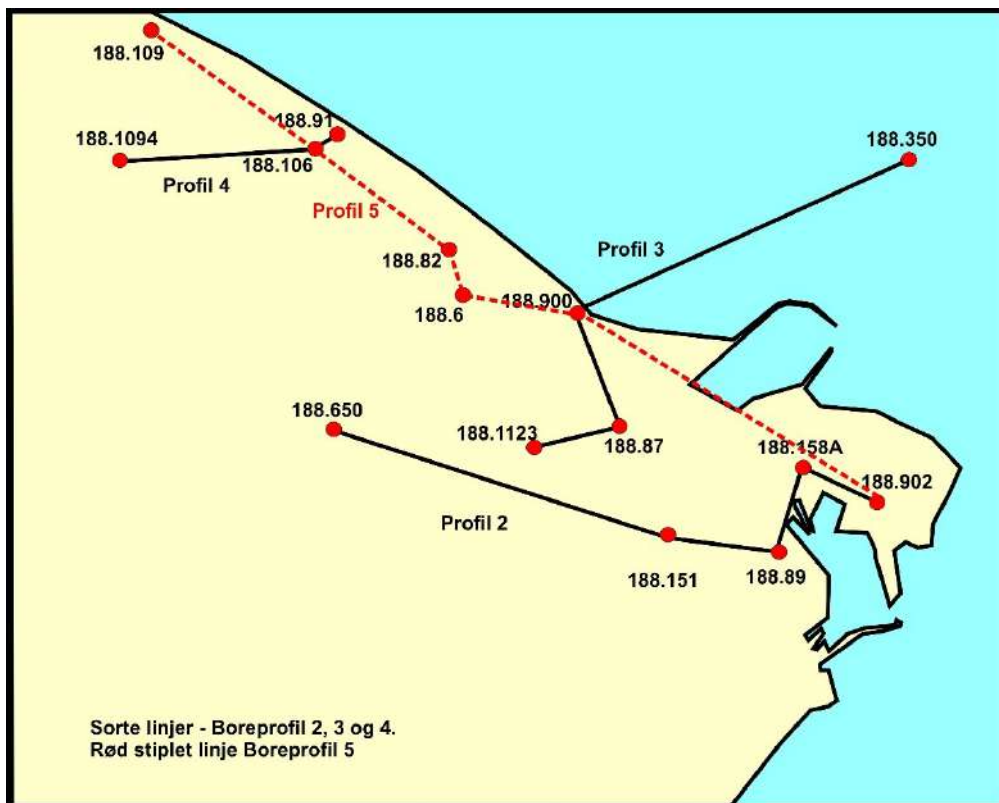


Fig 6 - GEUS Jupiter boredatabase i Helsingørområdet. Røde cirkler viser de anvendte borer i boreprofilerne. 188.350 er boring 4 i Mertz (1969).

Tværsnit 5 – Dette tværsnit (Fig 5E) er parallelt med kysten og viser, at Litorinahavets første erosion ved Helsingør skar dybt ned til kalken og fjernede helt de glaciale sedimenter, hvorimod 10 til 20 m glaciale sedimenter er bevaret mod vest ude i Øresund og langs kysten.

Den Postglaciale Erosion

Den postglaciale erosion har tilsyneladende flere faser, hvor den første fase allerede startede under den sidste afsmeltning af istidens gletsjer.

Følgende er et forsøg på at beskrive de forskellige faser af Litorinatransgressionen.

Fase 1 - Det sidste store gletsjerfremstød, Bælthavsfremstødet, nåede frem til Helsingør for ca. 18.000 år siden. Kanten af gletsjeren lå ude i Øresund, nord for Helsingør, og drejede derfra sydpå. Vi finder en dyb rende i havbunden af Øresund ud for Kullen, som er en fortsættelse af en rende, skåret ned i de Prækvartære lag.

Dalen indeholder stadig glaciale lag. Måske er denne dal oprindelig en tunneldal (Larsen 1968), som kan være en forlængelse af Lunda dalen i Skåne (Fig 10).

For ca. 17.000 år siden stod isen længere sydpå i Sundet, omkring øen Hven, Øresundsgletsjeren. Kanten lå som en bue i det nordlige Sjælland. I Skåne drejede isranden nordpå igen, langs den svenske kyst. I dette "hak" strømmede smeltevandet nordpå og eroderede en dal ned i de glaciale sedimenter (Fig 10).

Fase 2 - Efter at isen var smeltet i Danmark og lå i Norge og centrale Sverige (12.000 år siden) blev vandet i Østersøen opstemmet - det vi kalder den "Baltiske Issø". Vandet fra denne issø flød ud gennem Store og Lillebælt samt Øresund og eroderede yderligere ned i underlaget ved Helsingør (Fig 10) (Houmark 2019). Erosionen (smeltevands erosion), der fjernede de glaciale sedimenter i den centrale del af det nordlige Øresund helt ned til Prækvartæret, foregik før den marine transgression satte ind for ca. 10.000 år siden. Hurtigt trængte havet ind i denne dal, og herefter aflejredes der marint sand, måske i form af et delta, som foreslået af Bennike et al. (2012).

Fase 3 - For ca. 8.000 år siden begyndte havet at erodere i kanten af dalen (Fig 5 B, C, D og E), i de glaciale sedimenter, på grund af havstigningen.

Erosionen, i denne fase, nåede ikke ned til prækvartæret. Vi finder derfor moræne aflejringer under de postglaciale sedimenter, i de områder, der blev oversvømmet af havet, i den anden fase af Litorinatransgressionen (8 – 6.000 år siden).

Man kalder denne periode, fra 8.000 til 6.300 år før nu, for Stenalderhavet/Litorinahavet. Det var i denne periode, at Litorinaskrænten, mellem Landskabselement 1 og 2 blev dannet.

Fig 11 er et forsøg på at illustrere dateringen af de to transgressionsfaser.

Landet hæver sig

Da isen var smeltet, begyndte skorpen under Skandinavien langsomt at hæve, og det gør den stadig. Siden stenalderen er Helsingør området hævet ca. 6 m (Fig 9).

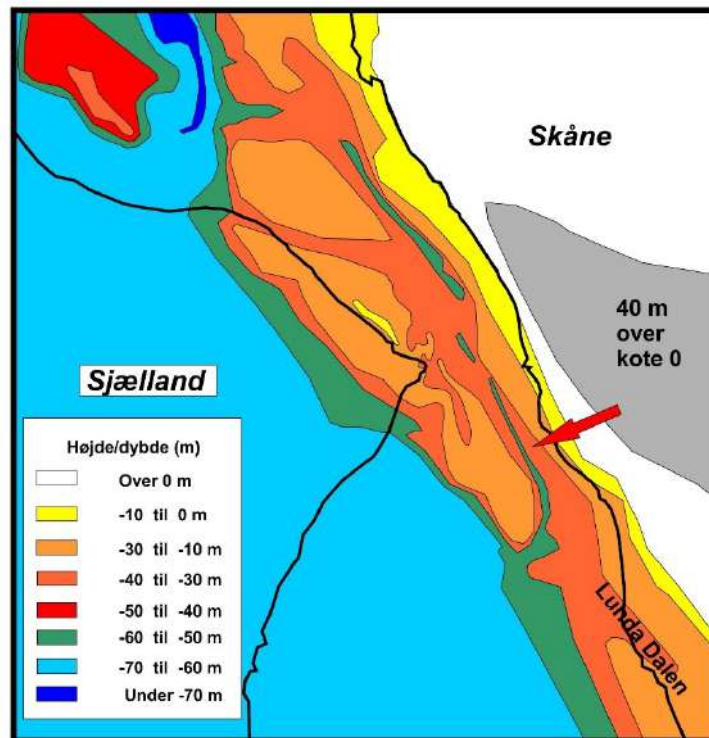


Fig 7 - Dybdekort over Prækvartæroverfladen ved Helsingør. Larsen (1968).

Havstrømmene i Øresund

Havstrømningerne i Øresund går generelt fra syd mod nord, idet Østersøen modtager en hel del vand fra de store floder, der munder ud i dette hav (Fig. 12). Ved Snekkersten og lige syd for Helsingør, har havet gnavet sig tæt ind på kysten, og det eroderede materiale er blevet transporteret af bølgerne mod Helsingør. Området udfør Hellebæk og Helsingør ligger i læ for den sydfra kommende strøm, og dér ser vi en modgående strøm (Skov og Naturstyrelsen 1989), der transporterer det eroderede materiale mod Helsingør (Fig 12). Denne materialetransport førte til dannelsen af odderne ved Helsingør.

Helsingørområdet

Landskabselement 2 er aflejringer fra Litorinahavet. På steder, hvor kysten brat skifter retning, og hvor sandet tilføres, i dette tilfælde fra nordvest, dannes der en odde.

Fem meter konturen, på det topografiske kort (Fig 2), der markerer grænsen mellem

Landskabselementerne 2 og 3, har en form, der peger hen på, at der her i Stenalderen har ligget en odde (Fig 13).

Efter Litorinahavet havde nået sit maksimale niveau for 7.000 til 6.000 år siden, er der et relativt fald i havniveauet på 6 til 7 m. Man kan også beskrive dette som, at havet, da det nåede det maksimale niveau, ikke steg mere. Landet fortsatte til gengæld med at hæve i de følgende 6.000 år. Skrænten mellem områderne 2 og 3 tyder på erosion. Skrænten er ikke fuldt bevokset i dag og nogle steder eroderer havet derfor stadig i skrænten.

Man ved ikke præcist, hvornår skrænten mellem Landskabselementerne 2 og 3 er dannet, men arkæologiske undersøgelser blandt andet ved Arresø (Christensen 2014) antyder, at Litorinahavets maksimum niveau blev nået for 7.300 år siden, efterfulgt af et fald i havniveauet, hvorefter havet steg igen indtil for 6.300 år siden. Herefter stagnerede havniveauet på et lidt lavere niveau (Christensen 2014). Med et stagnerende eller svagt faldende havniveau vil niveauforskellen, på grund af landstigningen, øges, indtil det vi ser i dag.

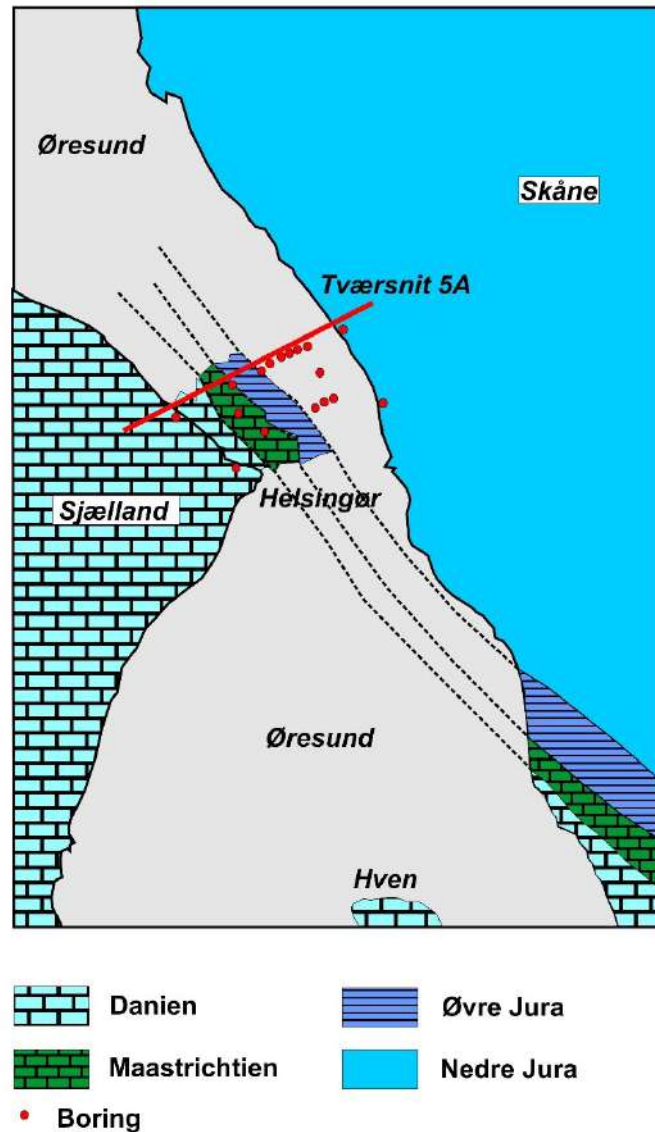


Fig 8 - Geologisk kort af Prækvartæroverfladen ved Helsingør. Larsen (1968) viser, at det Prækvartære underlag i Helsingør består af Maastricht kalk (boring nr. 16). Andre borer i Helsingør, som han ikke bruger i sin evaluering, viser, at kalken er Danien. Selvom hans arbejde inkluderer biostratigrafisk analyse, er kalksektionen i boring nr. 16 ikke blevet analyseret. Det er derfor mere sandsynligt, at boring nr. 16 også indeholder Danien kalk. Det er den fortolkning, der er valgt i denne artikel. Ude i Øresund bliver alderen af Prækvartæret ældre og ældre, således at ved den svenske kyst er alderen jurassisk (Fig 5A). Modificeret efter Larsen (1968).



Fig. 9 - Strandvejen mellem Hellebæk og Helsingør. Til venstre, inde mellem træerne skrænten mellem Landskabelementerne 1 og 2, Litorinahavskrænten. Vejen ligger på Landskabelement 2. Til højre Landskabelement 3 som er stranden. I mellem Landskabelementerne 2 og 3 er der en delvist bevokset skrænt, Jernalderskrænten.

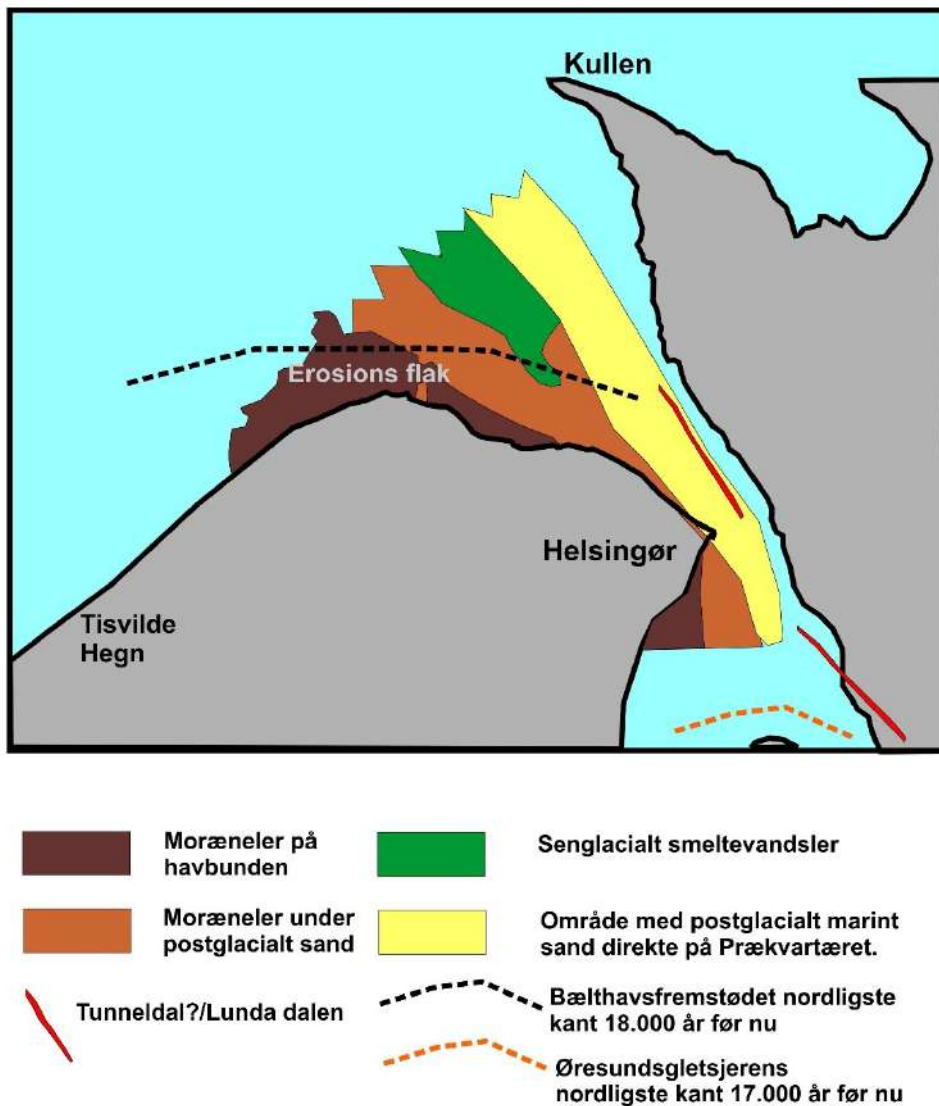


Fig 10 - Havbunden i det nordlige Øresund. Modificeret efter Skov og Naturstyrelsen (1989).

Siden Stenalderen har vi 2 kuldeperioder: Jernalderen (500 år fvt. til år 0) og "Den Lille Istid" (år 1200 – 1800) (Fig 15). Det absolutte havniveau faldt, da de kolde perioder satte ind (Hansen 2011). Selvom det absolutte havniveau ikke faldt ret meget, fortsatte landstigningen.

Det er muligt, at skrænten mellem Landskabslementerne 2 og 3 først blev etableret for 2.500 år siden og at erosionen fortsatte frem til år 0. Hvis vi går ud fra, at landstigningen i de sidste 6.000 år er 6 m i Helsingørområdet, betyder det, at stigningsraten er 1,5m/1000 år, dvs. at ved år 0 (Jernalderen 500 fvt. til år 800) var Helsingør området hævet 3 m og odden altså hævet tilsvarende.

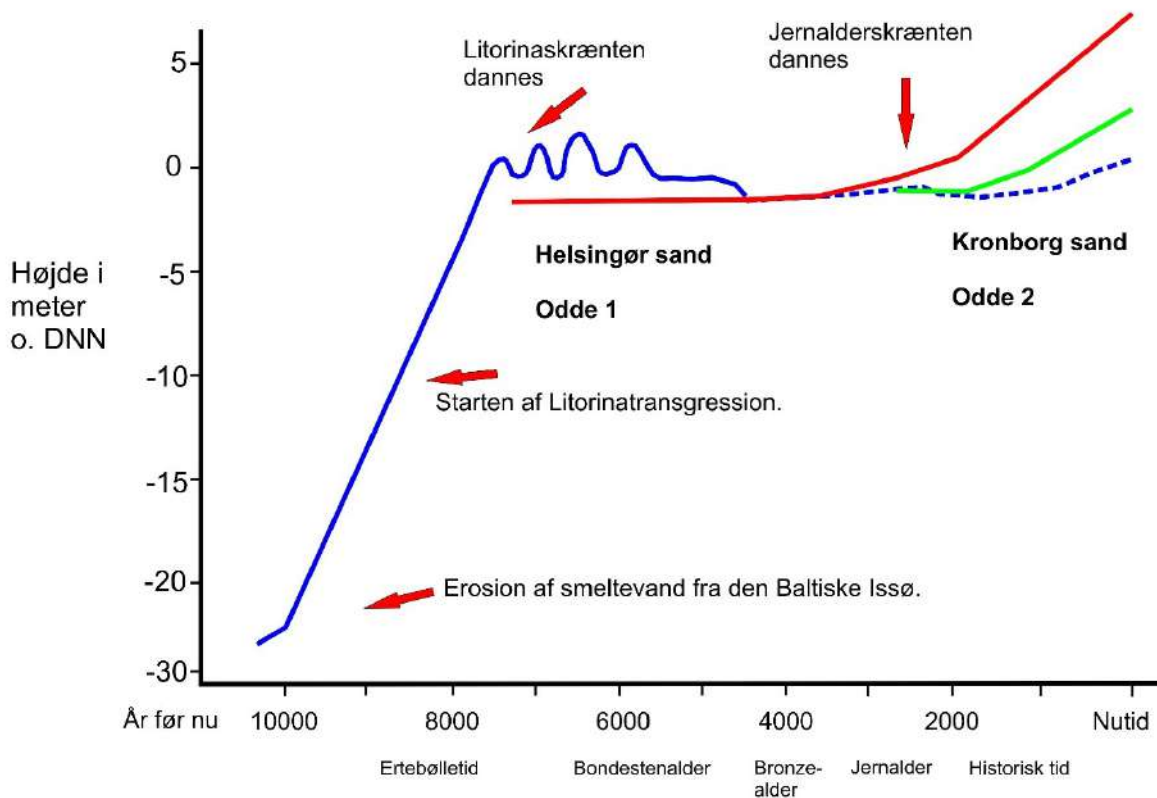


Fig. 11 - Strandlinje kurver ved Helsingør. Kurven (blå) er baseret på havniveaukurven fra Læssø og Vedbæk, korrigeret for landhævninger (tilnærmet absolut havniveau) (Hansen 2011, Bennike et al 2012 og Christensen 2014). Rød kurve er landhævningskurven for Helsingør sandet og grøn kurve landhævningskurven for Kronborg sandet. Fig 12 - Havstrømmenes retning i Øresund. Den generelt nordgående overfladestrøm i Sundet, mellem Helsingør og Helsingborg, giver anledning til "idvande" (læ område) mellem Ålsgårde og Helsingør, hvorved der opstår en sydvestgående strøm inde ved kysten. Bølgerne transporterer derfor sand og grus mod Helsingør. De sorte pile viser strømretningen. Efter Skov og Naturstyrelsen (1989).

Med den fortsatte landhævning har materialetilførsel, vest fra, ført til dannelse af en ny krumodde, nord for Stenalderens krumodde, (sandet ved Kronborg) (Fig 13). Det er den odde, som Kronborg er bygget på. Vi må konstatere, at odden med Kronborg var etableret år 1400, hvor den totale landhævning på det tidspunkt var ca. 5 m. Det er interessant, for dengang, da Flynderborg blev bygget, omkring år 1200, var odden måske endnu ikke helt dannet. Det kan være en del af forklaringen på Flynderborgs placering oppe på bakketoppen.

Udviklingen er opsummeret i Fig 13, 14 og Fig 15.

Området under Helsingør

Området under Helsingør er dækket af et 1,5 til 4 m tykt kulturlag. De arkæologiske undersøgelser, der er ført ned til den oprindelige overflade (Grønnegaard 2009 og Langsted 2016), antyder, at byen er bygget på en strandvoldsslette.

I fire af de arkæologiske profiler ligger bebyggelseslaget på mulig mosejord. Det tolkes som et vådområde mellem strandvolde på en eng, der har ligget for foden af stenalderkrænten. Det kunne være en tidligere lagune, dannet i læ af stenalderkrumodden.

En lagune og strandvold er påvist ved Strandgade (Langsted 2016) ved Helsingør havn, hvis udstrækning på nuværende tidspunkt er usikker. Kulturlaget i lagunen er dateret til 1430 (Langsted 2016).

Bebyggelseslaget består overvejende af sandede muldlag med et indhold af humus og bygge/husholdningsaffald, som overvejende er fra Renæssancen (Grønnegaard 2009). (Måske er de sandede lag under brolægningen flyvesand fra strandvoldssletten.

De arkæologiske udgravninger er ikke jævnt fordelt i den gamle bydel, og fyldets historie er derfor usikker. Det vil blive afklaret i de kommende års udgravninger.

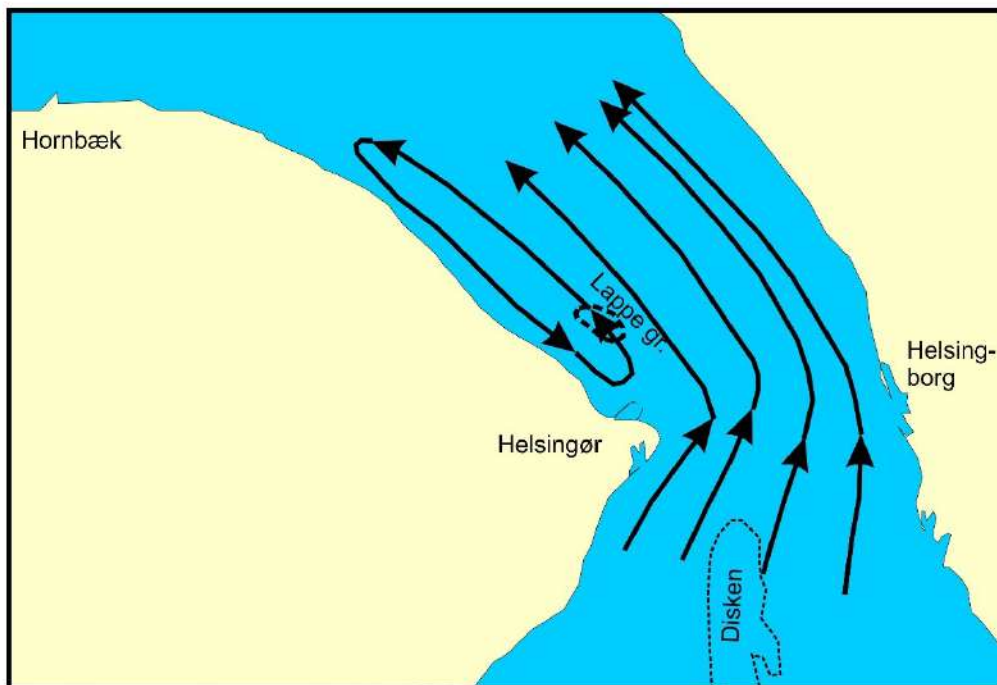


Fig 12 - Havstrømmenes retning i Øresund. Den generelt nordgående overfladestrøm i Sundet, mellem Helsingør og Helsingborg, giver anledning til "idvande" (læ område) mellem Ålgårde og Helsingør, hvorved der opstår en sydvestgående strøm inde ved kysten. Bølgerne transporterer derfor sand og grus mod Helsingør. De sorte pile viser strømretningen. Efter Skov og Naturstyrelsen (1989).

I profilerne i Tvedesvej i Helsingør er der fundet flintafslag i den basale sandede muldhorisont, der tilskrives stenalderaktivitet (Grønnegaard 2009). Det basale lag har dog en opblanding af glaserede keramikskår fra 1400-tallet, hvad der gør en datering af det basale muldlag usikker. Fundet af flintafslag i de ældste lag kunne tyde på tilstedeværelsen af en stenalderlandsby. Landsbyen må have ligget tæt på eller måske på den nyligt dannede odde.

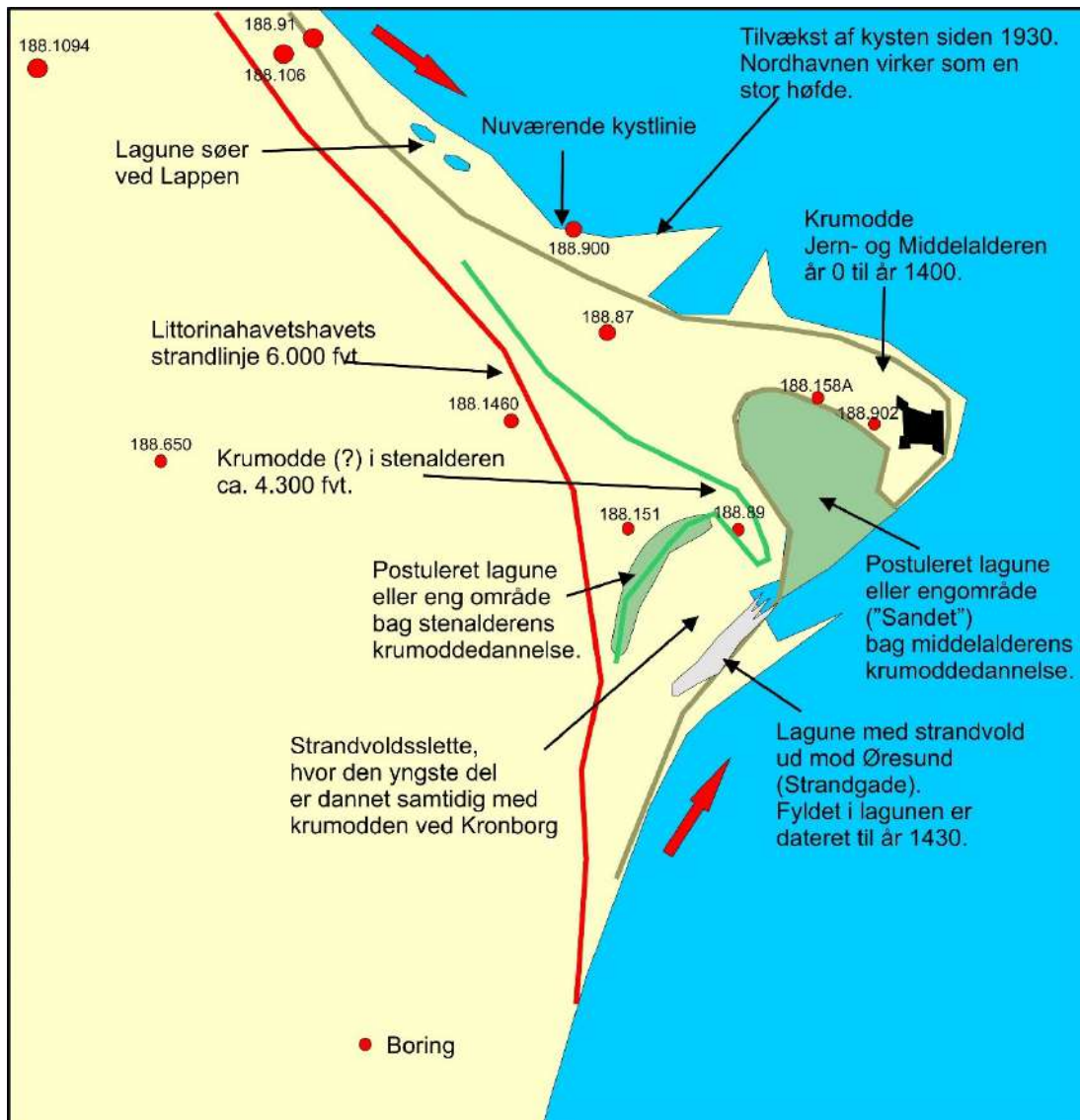


Fig 13 - Kystudviklingen ved Helsingør. Transportretning for det eroderede materiale af bølgerne er vist med rød pil. Lagunesøerne ved Lappen er baseret på ældre topografiske kort. Søerne er nu groet til og helt fyldt op.

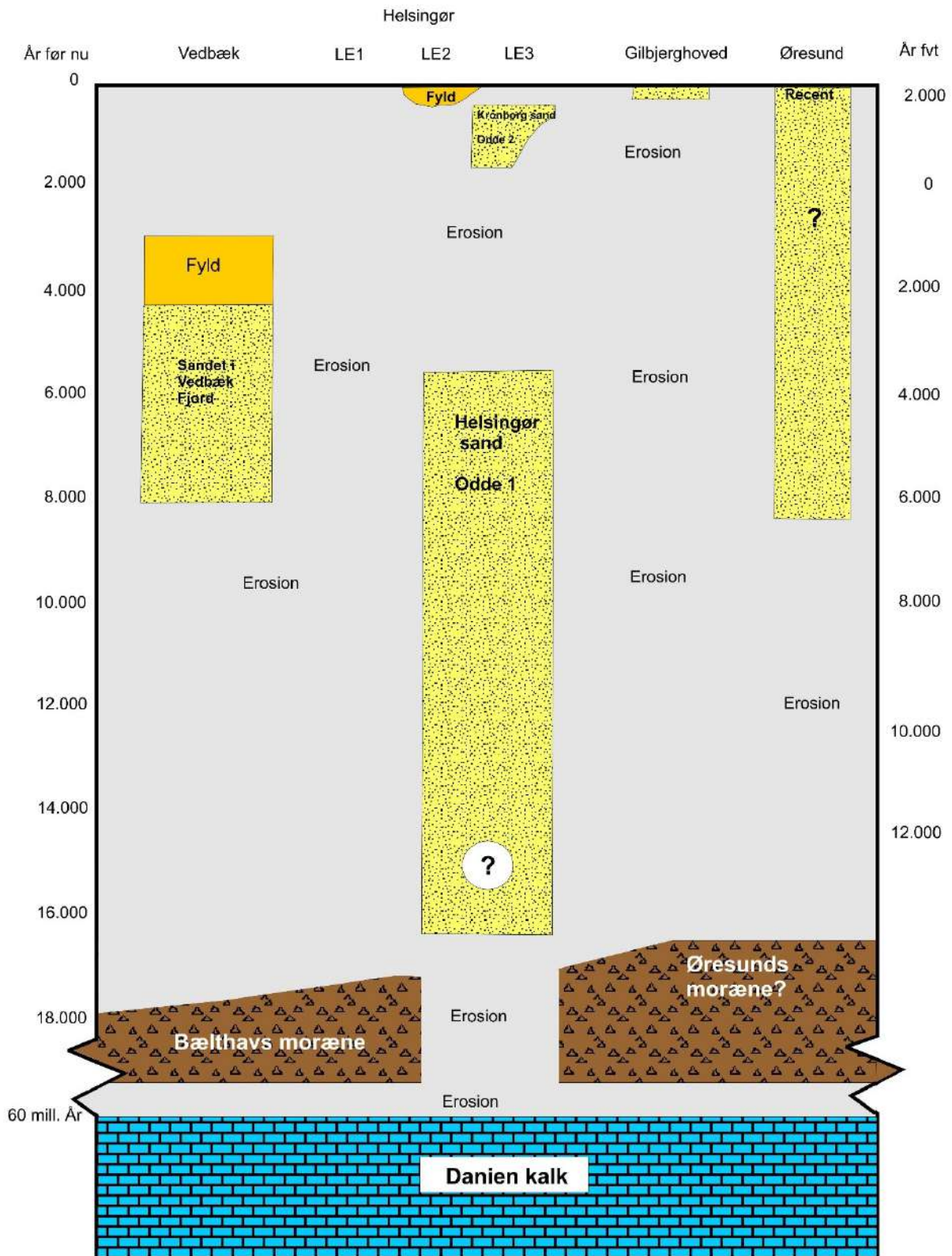


Fig 14 - Tidsstratigrafisk skema for Nordøstsjælland for de Postglaciale aflejringer. LE - Landskabelement. De marine sandaflejringer under Kronborg er benævnt Kronborgsandet. De marine sandaflejringer under Helsingør er benævnt Helsingørsandet.

Opsummering

Følgende er et forslag til den geologiske historie af det marine forland ved Helsingør:

14.000 – 10.000 år siden	Helsingør området er dækket af Weichel Gletsjeren. Lundadalen og dens forlængelse ude i Øresund dannes som en tunneldal.
10.000 til 8.000 år siden	Øresund dannes som en udløbsrende for Den Baltiske Issø. Vandløbs erosionen fjerner de glaciale sedimenter i den centrale del af Øresund.
8.500 år siden	Der aflejres marint sand i Øresund, ud for Helsingør, Helsingør Sandet. Dette sand ligger på Prækvartæret.
6.000 år siden	Den marine erosion fortsætter og danner en kystskrænt, Litorinahavskrænten. Havets maksimale udbredelse. Erosionen efterlader glacialt materiale.
6.000 - 2.500 år siden	Det første marine forland dannes (Landskabelement 2) med en krumodde og en lagune bagved. Der bygges en (stenalder) landsby på odden i perioden 5.000 til 4.000 år før nu. Litorinahavskrænten eroderes og bliver bevokset.
6.000 år siden til nutiden.	Landet hæver sig efter istidens gletsjere er smeltet. Siden stenalderen er Helsingør området hævet 6 m.
År 500 fvt. - år 1400	Det hævede marine forland eroderes og der dannes en ny odde, Kronborg sandet, foran det hævede marine forland, Landskabelement 3.
1430	Krogen og Renæssancens Helsingør bygges på det marine forland. Det første fyld under byen dannes.
1574 - 1585	Kronborg bygges som et Renæssance slot. Det resterende fyld under Helsingør by dannes.
1800-tallet	Det moderne Helsingør bygges (havn, skibsværft etc.). Den gamle lagune bag Kronborg odden udgraves og omdannes til den nuværende havn.

1900 - 2022	Materialetransporten langs kysten er stadig aktiv. Det ses af ny stranddannelse ved den vestlige mole på Nordhavnen og ved "Lappen" (Fig 13).
-------------	---

Fig 14 og Fig 15 illustrerer de tidsmæssige relationer mellem landskabselementerne ved Helsingør.

Den geologiske historie af det marine forland ved Helsingør er et klassisk eksempel på oddedannelse samt menneskets påvirkning af kystprocesserne.

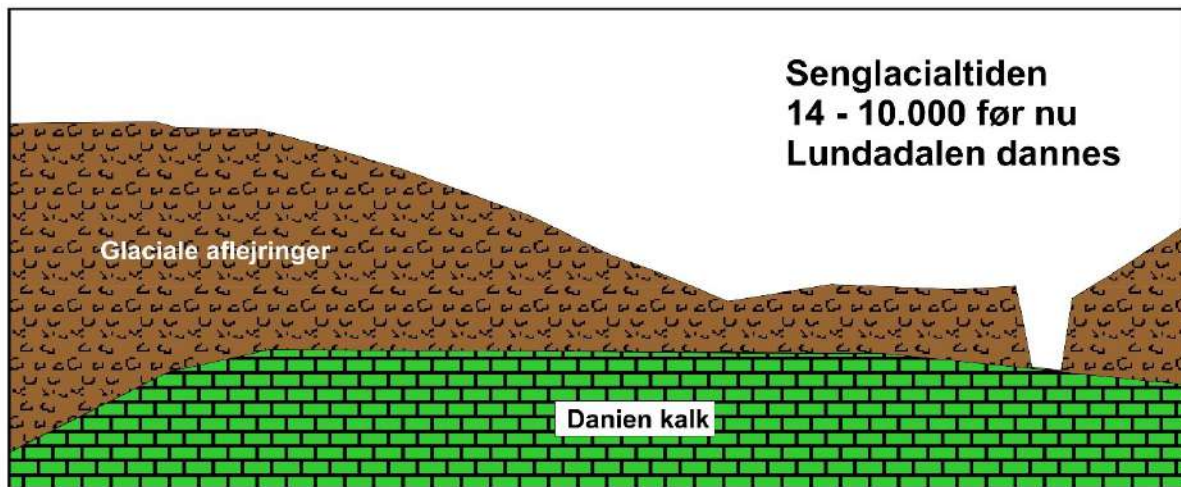
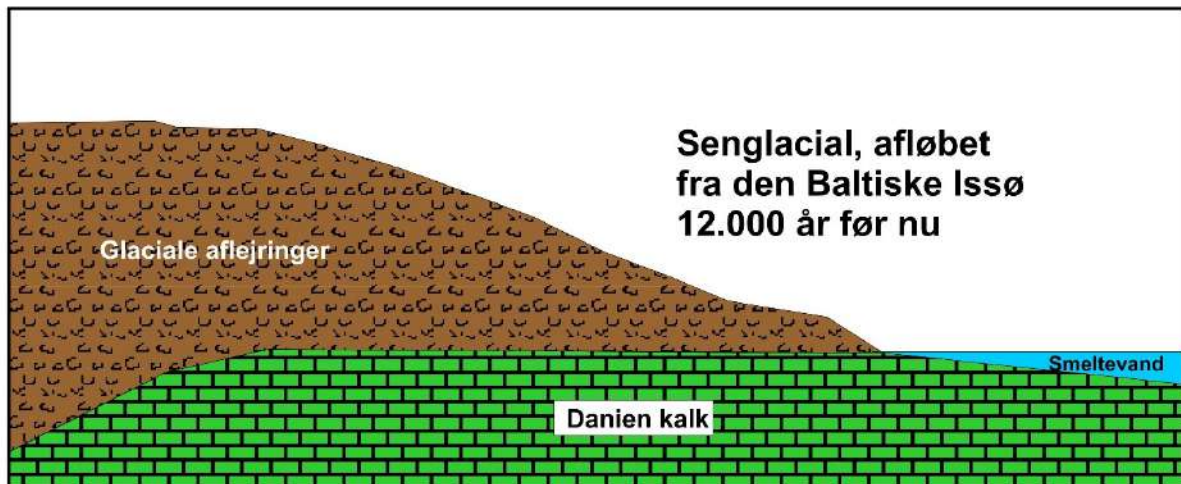
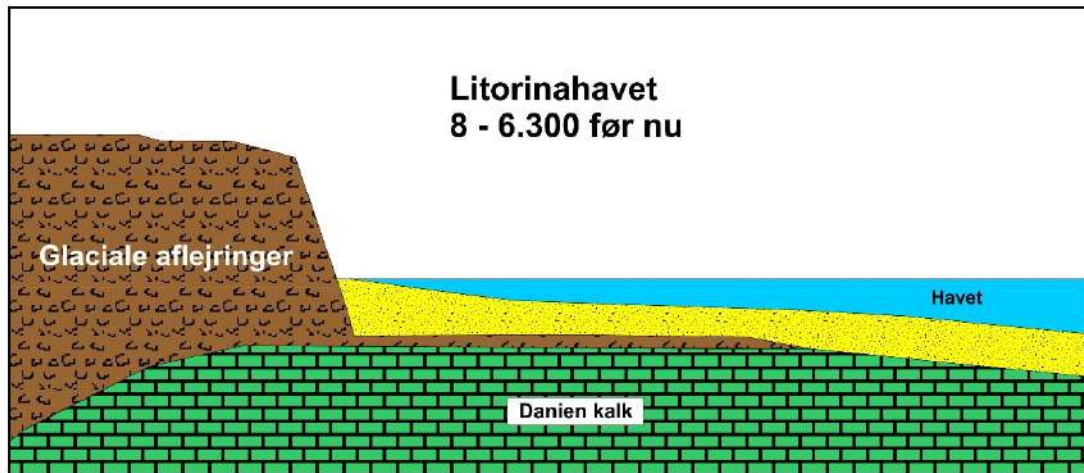


Fig 15 - Opsummering af den geologiske udvikling i Helsingørområdet under istiden. Nutiden fremgår af Fig 13.

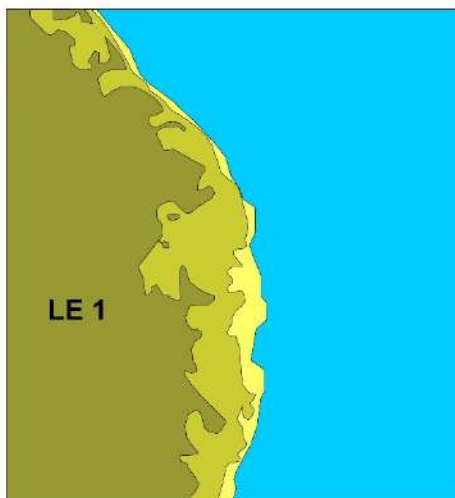
1. De glaciale sedimenter er aflejret ude i Øresund, Lundadalen er dannet som en tunneldal (Fig 5A) (Larsen 1968).



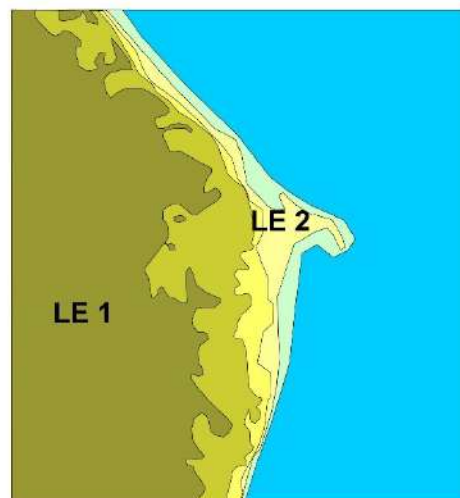
2. De glaciale sedimenter eroderes ude i Øresund af smeltevand fra den Baltiske Issø (Houmark 2019). Proto-Øresund dannes.



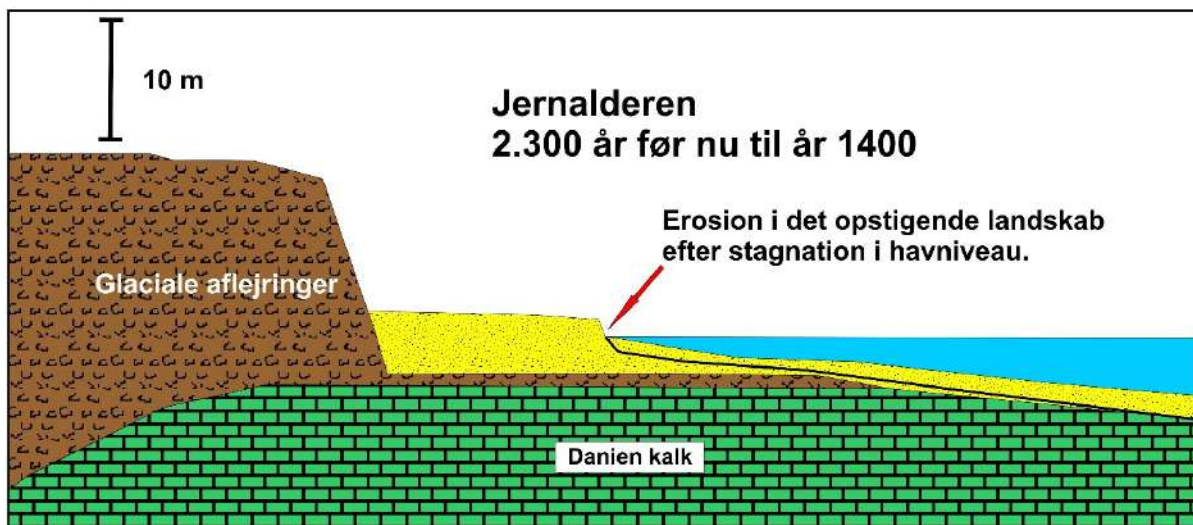
3. Litorinatransgressionen når sit maximum (Christensen 2014). Havet trænger ind over de lavtliggende områder, omkring den Baltiske Issøs afløb, og eroderer de glaciale sedimenter. Skrænten, Litorinaskrænten, mellem Landskabselementerne 1 og 2 dannes. Efter havstigningen er standset, dannes en odde ved Helsingør, Landskabselement 2.



3a - Litorinahavet ved havets maksimum transgression. LE - Landskabselement



3b - Litorinahavet efter havstigningen er stagneret.



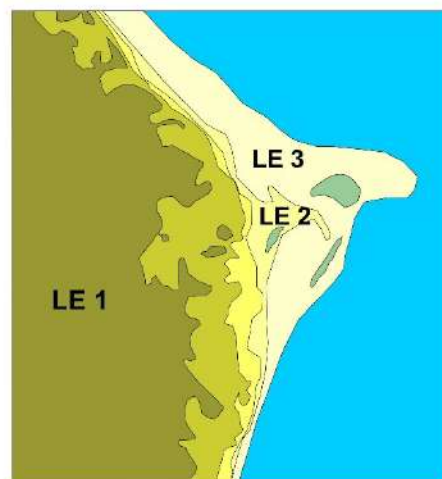
4. I den kolde periode i Jernalderen stagnerer havniveauet (Hansen 2011). Landet hæver stadig, og der dannes en ny erosionsskrænt, med et nyt marint forland og oddedannelse, Landskabelement 3.



4a - Tidlig Jernalder, erosion.

LE - Landskabelement

Konturinterval 5 m



4b - Middelalderens krumoddedannelse.

Laguner Havet

Referencer

- Barüske, H. 1997, Erich von Pommern: Ein nordischer König aus dem Greifengeschlecht. Hinstorf.
- Bennike O., M. S. Andreasen, J.B. Jensen, M. M and N. Noe-Nygaard, 2012, Early Holocene sea-level changes in Øresund, southern Scandinavia, Bulletin of the Geological Survey of Denmark, **26**, 29-32.
- Christensen, C., 2014, Havniveauændringer 6000 – 3000 f.Kr. i Vedbæk-området, NØ-Sjælland fortsatte geobotaniske undersøgelser i årene 1982-1990. NNU-rapport no. 15 (Nationalmuseet)
- Grønnegaard, T., 2009, Helsingør Fjernvarme, GIM 3914, Overvågningsrapport
- Hansen, J. M., 2011, Hvor meget stiger havet? Aktuel Videnskab nr. 5/11.
- Houmark-Nielsen, M., 2019, Geologi og landskaber i Nationalpark Kongernes Nordsjælland, Notat til Nationalparksekretariatet
- Larsen, G., 1968¹, Øresund – Helsingør Helsingborg, DGU-rapport nr. 1.
- Langsted, K., 2016, Svingelport/Strandgade, Helsingør, MNS 50082, Kulturhistorisk rapport for arkæologisk overvågning og udgravning.
- Mertz, E. L., 1969¹, Helsingør og omegns jordbundsforhold, en ingeniør-geologisk beskrivelse. DGU by geologi no. 1
- Skov og Naturstyrelsen, 1989, Havbundsundersøgelser Råstoffer og fredningsinteresser, Hornbæk. Rapport
- Svendsen, N., 2008, Begravede dale på Sjælland, Sønderø-, Alnarp- og Kildebrønde dalene. Geologisk Nyt 6/08.
- Svendsen, N., 2012, Kapitel 1 i Furesø Historien, Bind 1 fra Istid til 1660. Furesøegnens Historiske Forening.
- Svendsen, N. 2020, Landskabet og geologien ved Kronborg. Skalk nr. 3 2020.
- Svendsen, N.B. 2023: Den geologiske udvikling af det marine forland ved Helsingør samt nordlige Øresund. Geologisk Tidsskrift 2023, side 8–20. ISSN 2245-7097, København

¹ Det fremgår, ved sammenligning mellem Mertz (1969) og Larsen (1968), at Mertz har byttet rundt på 2 af borerne (boringerne 16 og 17 i Larsen 1968).