

2018

geoviden

GEOLOGI OG GEOGRAFI NR. 03

- 
- **Hvor går en vandreklit hen?**
 - **BioCCS (BECCS)**
 - **Nordøsthimmerlands kystudvikling**
 - **Aabenraa-modellen:
Jordskred former landskabet**

Aabenraa-modellen: et landskab formet af jordskred

Jordskred er årsag til mange døds ofre rundt omkring i verden. Grønland oplevede i 2017 et jordskred, der på tragisk vis krævede 4 døds ofre. I Danmark kendes nutidige jordskred bl.a. i Vejle Fjord-området, hvor det skredfarlige materiale er plastisk ler fra Eocæn. Samme materiale antages at have spillet en rolle i udløsningen af et stort jordskred i Kongebrokov ved Lillebælt d. 27. juni 2012. Betydelige regnmængder i den forudgående periode var formentlig en medvirkende årsag.

Forfatterne vil her præsentere nye iagttagelser, baseret på moderne terrænkort, der har ført til den opfattelse, at store jordskred i hidtil upåagtet omfang, formentlig i senglaciertiden, har bidraget til udformningen af det markante landskab omkring Aabenraa Fjord.



Figur 1. Advarselsskilt ved Kongebrokov, Middelfart. Også i dag forekommer der jordskred langs Lillebælt.

Foto: Bente Sørensen.

Den teknologiske udvikling har gennem de seneste årtier frembragt data og redskaber, som man tidligere end ikke drømte om at få til rådighed for landskabsanalyser. Disse nye data er for landjorden først og fremmest højdedata med en opløsning i planet på 0,4 m x 0,4 m og en nøjagtighed i højden på få centimeter. Det drejer sig om højdemodellen DHM0,4 udgivet af Geodatastyrelsen. Det var ved studier af disse kort, vi blev opmærksomme på skreddene ved Aabenraa Fjord. Vi har valgt at arbejde med den udgave af højdemodellen, der alene viser terrænoverfladen. For havområdet har vi valgt en udgave af dybde data, hvor opløsningen i planet er 50 m x 50 m, se figur 2.

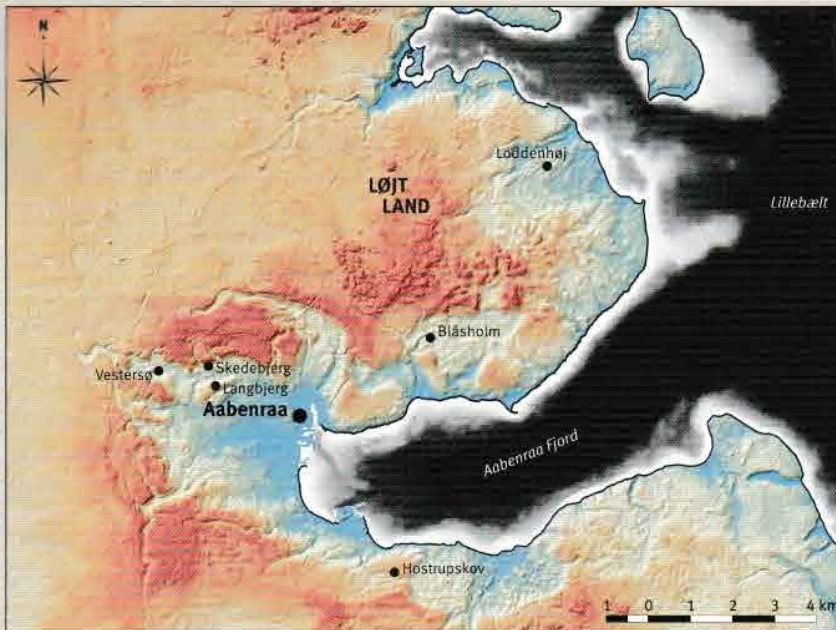
De digitale højde- og dybde data visualiseres på en almindelig computer vha. GIS-programmet QGIS, der er udviklet som en Open Source-software. Da kortene er geo-refererede, kan de installeres på en bærbar pc, tablet eller smartphone udstyret med GPS, og dermed kan arbejdet i feltet udføres med høj præcision.

Skredtyper i Aabenraa-området

Som en foreløbig klassifikation af jordskreddene har vi arbejdet med egenskaber, som kan iagttages i terrænet: afgrænsningen af skredområdet mod det ikke-påvirkede terræn og morfologien inde i selve skredet.

Skreddene ligger i terræn, som hælder svagt ud mod Aabenraa Fjord og Lillebælt. Afgrænsningen af det enkelte skred består i almindelighed af to elementer, nemlig en halvcirkelformet stejl bagkant i den høje ende længst væk fra fjorden og et antal mindre stejle, let slingrende skrænter fra bagkantens yderpunkter til fjorden, se figur 2.

Terrænet inden for selve skredområdet er udformet af de dele af den oprindelige lagfølge, som ikke er forsvundet helt ud i havet. De efterladte materialer antager form af: 1) roterede 'blokke', hvor de indre strukturer anta-



Figur 2. Løjtland og Aabenraa Fjord og by vist med højdemodellen DHM0, 4 suppleret med skygger for at fremhæve landskabet i detaljer. Farveskalaen viser højden over havet fra 0 til 70 meter. Gråtoneskalaen viser havdybden fra 0 til 32 meter. Beskrevne lokaliteter er angivet på kortet.

Kilde: DHM0, 4, Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering.

ges at være nogenlunde intakte – fx rotations-skredet ved Blåsholm, eller 2) uregelmæssige 'klumper' af udgangsmaterialet, hvis indre strukturer antages at være ødelagt – fx skredet ved Hostrupskov. Mellem de to yderligheder ses der i nogle tilfælde inde i skredområdet serier af velordnede parallelle rygge med lav højde og krumninger i nogenlunde samme form som bagkantens (fx skreddene ved Løddenhøj og Blåsholm).

Hvordan og hvornår er jordskreddene dannet?

På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at besvare disse spørgsmål præcist. Ved sammenligning med recente jordskred i arktiske områder er det dog muligt at få en idé om både dannelsesmåde og tidspunkt.

Jordskred med samme morfologi som i Aabenraa-området kendes fra Alaska. Og her foregår skreddannelsen i mindre faser med første skredfase nederst i terrænet. De følgende faser udvikles successivt opad i terrænet, og slutter ved skreddets bagkant. Skred dannet på denne måde betegnes som *retrogressive*. Vores formodning er, at de fleste af skreddene omkring Aabenraa Fjord kan være dannet på denne måde, begyndende nede ved fjorden.

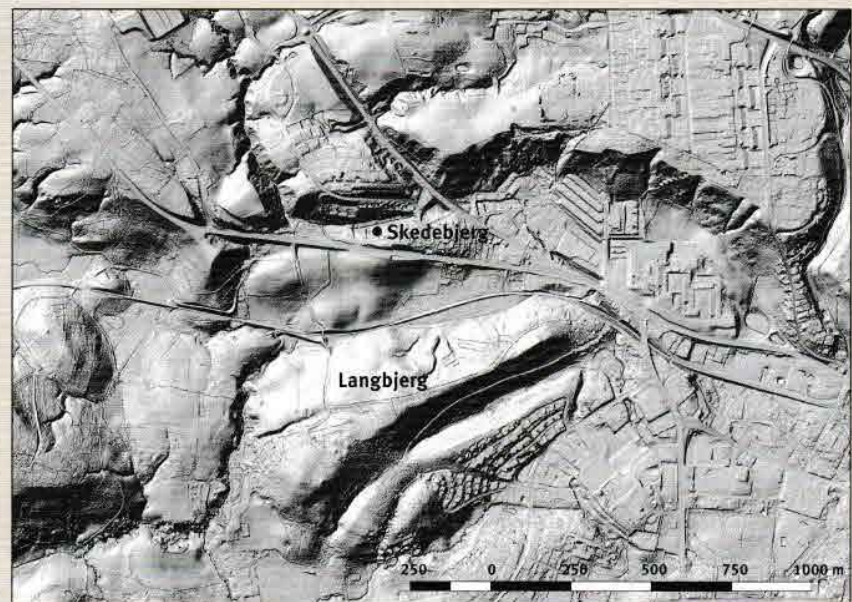
Tidspunktet for skreddannelsen kan skønnes ved at betragte omstændighederne for jordskreddene i Alaska. Her er det arktiske klima nøglen til forståelse af fænomenet. I områder

med permafrost dannes der i sommerhalvåret et såkaldt aktivt lag, hvor den øvre del af den frosne jord tør op med det resultat, at disse jordlag bliver vandfyldte og dermed mister styrke. På et hældende underlag og med tyngdekraftens hjælp er scenen sat for dannelse af et jordskred. I Danmark var der i sen-glacialtiden for ca. 12.000 til 10.000 år siden overvejende arktisk klima. Vi skønner derfor, at det hovedsageligt har været i den periode, at jordskreddene ved Aabenraa er dannet.

Eksemplet Skedebjerg

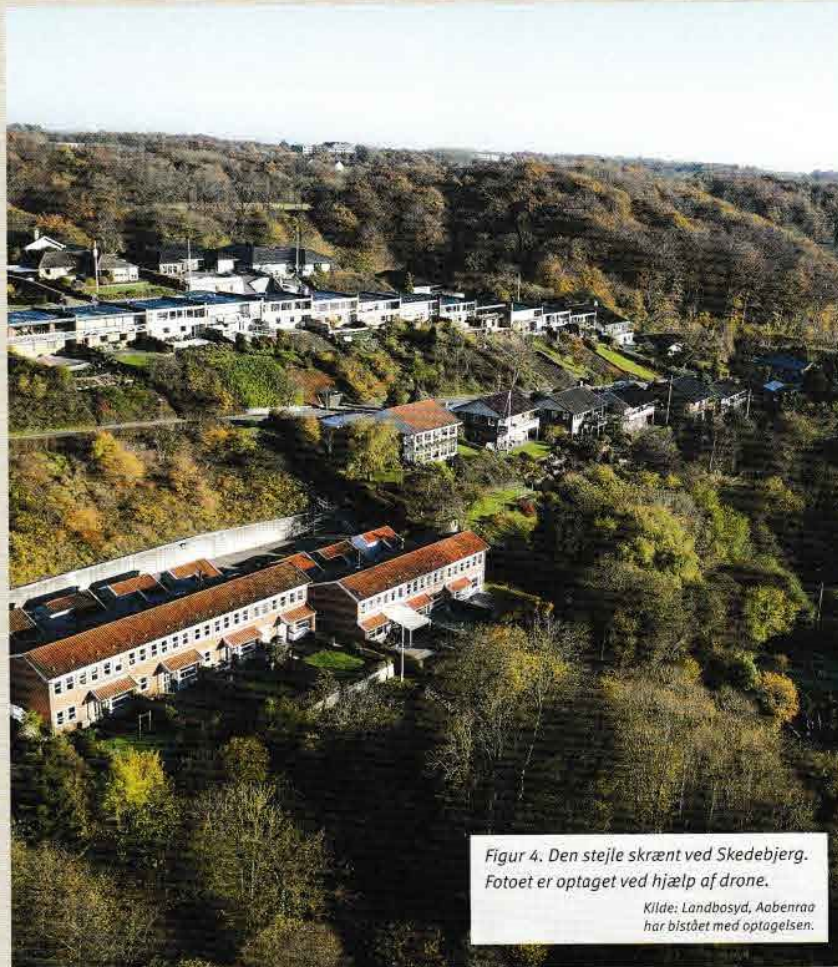
Landskabet nord og nordvest for Aabenraa by er stærkt kuperet, som det ses på figur 2. Skedebjerg ligger lige syd for en 30 meter høj skrænt og 'baglandet' nord for skrænten er et kuperet område, som når op i 70 m.o.h. Syd for Skedebjerg findes det lavtliggende område, som vender ud mod Aabenraa Fjord. I dette område findes nogle aflange, ø-lignende landskabselementer med forholdsvis stejle skrænter, som fx Langbjerg.

Landskabet træder meget tydeligt frem på de kort, der er fremstillet ved anvendelse af højdemodellen DHM0,4, som i figur 2. En endnu bedre visualisering opnås ved at lægge skygger på modellen – med eller uden farver – som vist i figur 3.



Figur 3. Terrænet omkring Skedebjerg og Langbjerg vist på ensfarvet højdekort med indlagte skygger.

Kilde: DHM0, 4, Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering.



Figur 4. Den stejle skrænt ved Skedebjerg. Fotoet er optaget ved hjælp af drone.

Kilde: Landbosyd, Aabenraa har bistået med optagelsen.

Den stejle skrænt ved Skedebjerg, se figur 4, er bebygget med blandt andet rækkehuse. På grund af fare for jordskred har man bygget en tyk betonmur, der ses til venstre i billedet. Et højdeprofil fra NV til SØ gennem Skedebjerg og Langbjerg viser de karakteristiske stejle skrænter, der hælder mod SØ og som afløses af svagt hældende skrænter mod NV langs profilet, se figur 5a.

Forfatterne foreslår, at landskabet er et resultat af jordskred opbygget af tre blokke, som har bevæget sig mod SØ, se figur 5b. På figur 5c ses en rekonstruktion af landskabet før jordskredet flyttede de tre blokke mod SØ.

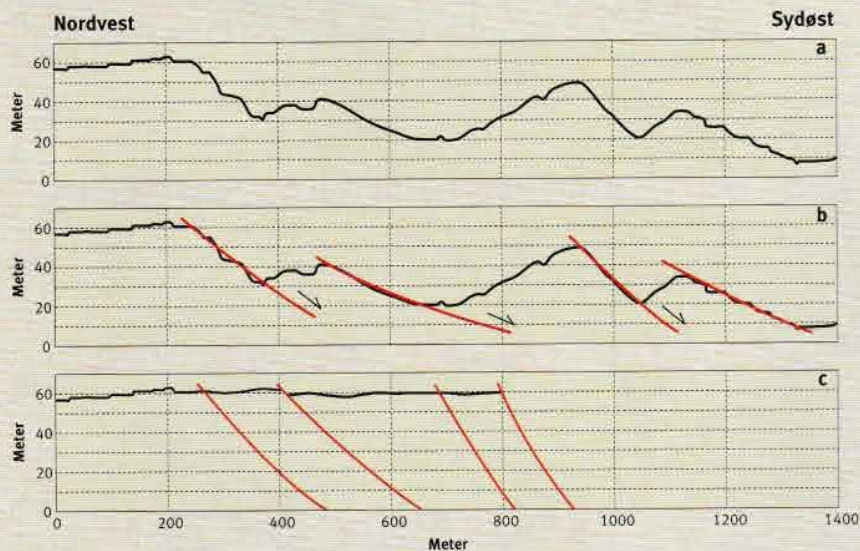
Den nordligste bagkant af skredet er bebygget, som det fremgår af droneoptagelsen i figur 4. Ud over betonmuren er der en række andre vidnesbyrd, der peger på at bagkanten stadig er aktiv: lysmaster i bebyggelsen hælder mod syd, fortovsfliser flytter sig og arealer ved rækkehusene bevæger sig mod syd. På baggrund af den konkave stejle bagkant, de mindre stejle mellemkanter, samt ovennævnte iagttagelser klassificeres Skedebjerg-området som et rotationsskred, der stadig er aktivt.

Lagfølgen i istidsaflejringerne

Fra GEUS' borearkiv JUPITER er der hentet boredata for udvalgte lokaliteter i nærheden af de formodede jordskred. Det viser sig, at der er rapporteret om forekomster af interglacialt ler. I det undersøgte område findes der således både forekomster af Det Blanke Ler og Cyprina Ler fra Eem Mellemistid.

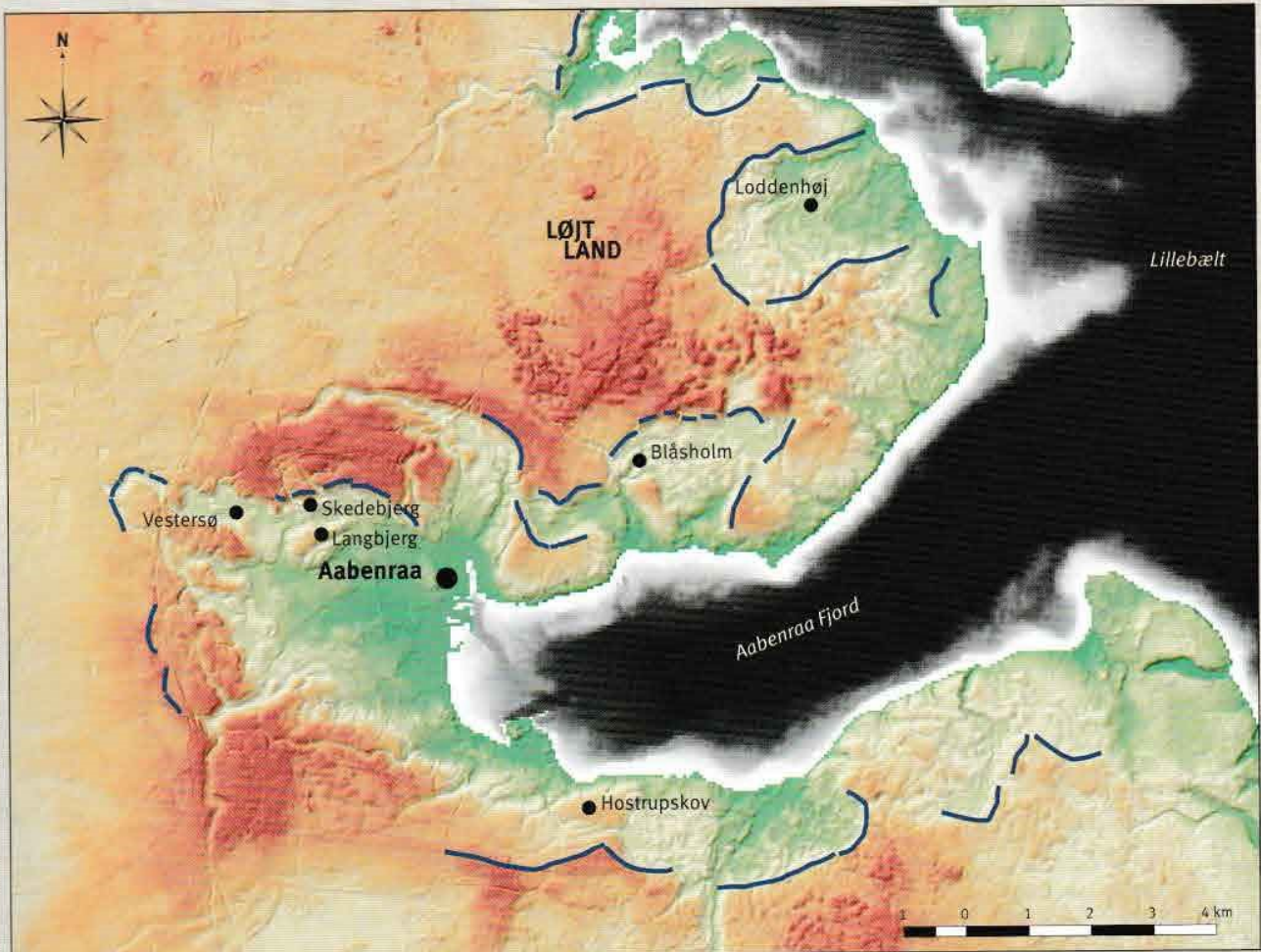
Dette marine ler findes oprindeligt aflejret i dalen med Aabenraa Fjord. Det antages, at det høje hesteskoformede terræn, der omgiver Aabenraa, består af moræneaflejringer af Weichsel alder. Boringerne dokumenterer her forekomst af Cyprina Ler i forskellige niveauer med mægtigheder på op til 10 meter. Det antages, at disse forekomster er flager transporteret mod vest af enten Det Gammelbaltiske Isfremstød eller Hovedfremstødet i Weichsel Istid. E.L. Mertz skriver allerede i 1945 om Cyprinalleret, at det er ustabil, og at det i de højere områder af bl.a. Aabenraa by giver problemer for byggeriet.

Vi formoder, at tilstedeværelsen af de interglaciale lerarter i istidslagene omkring Aabenraa Fjord kan være en del af forklaringen på, at der netop i dette område findes så mange store jordskred. De mange formodede jordskred i området er angivet på figur 6.



Figur 5. Rekonstruktion af landskabet. a. Nutidigt højdeprofil gennem Skedebjerg og Langbjerg. b. De formodede glideplaner i jordskredet indtegnet på profilet. c. Rekonstruktion af landskabet før jordskredet.

Kilde: DHMO, 4, Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering. Grafik: Sine Brøgger Sørensen.



Figur 6. Aabenraa-modellen. De formodede jordskreds stejle bagkanter er angivet med blå linjestykker. I fjorden ses sedimenttunger opbygget af materiale transporteret fra baglandet ud mod Aabenraa Fjord og Lillebælt.

Kilde: Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering.

Skredlængder og skøn over skredhastigheder

Af tabellen ses, at den samlede bevægelse i de fire jordskred med blokke er ca. 500 meter medens de to jordskred med veludviklede parallelle rygge er ca. 800 meter. Antager vi at bevægelsen har fundet sted gennem en periode på 1000 år, er hastigheden gennemsnitlig på hhv. 50 cm/år og 80 cm/år. Det er dog spekulativt, hvor lang perioden for bevægelsen har været.

Forskellen i jordskreddenes længde i de to grupper har formentlig at gøre med forskelle i en eller flere af de fysiske faktorer, som har indflydelse på skredhastigheden. Der kan være tale om følgende faktorer:

1. Terrænets hældning: har direkte betydning for jordskredets dynamik. En opmåling af terrænhældninger viser forholdsvis ringe forskelle (2,4°–3,4°) ved seks jordskred.
2. Tilstedeværelsen af bløde lag som fx Det Blanke Ler eller Cyprina Ler: At dømme ef-

ter de undersøgte borer, så findes den type ler ikke som sammenhængende lag i området, men snarere som spredte flager. Det må derfor forventes, at mængde og udbredelse af bløde lag kan variere fra skredområde til skredområde.

3. Vandmætningen i skredjorden: vi har ingen data til rådighed, men antager at variationerne er relativt små.

A	B	C
Med blokke		
Skedebjerg	550	55
Vestersø	450	45
Åbæk	480	48
Hostrupskov	500	50
Med parallelle rygge		
Loddenhøj	870	87
Blåsholm	700	70

A: Skredtype B: Længde i bevægelse retningen (meter) C: Hastighed (cm/år).

På denne baggrund hælder vi foreløbig til, at de observerede forskelle i skredhastighederne primært er begrundet i en ujævn fordeling af bløde lag.

Fra iagttagelse til antagelse

De beskrevne geomorfologiske iagttagelser har ført os til den antagelse, at store jordskred har været aktive i sen glacial tid. Antagelsen er baseret på vore iagttagelser, der kan summeres som følgende:

- Cyprina Ler fungerer som smøremiddel
- Den rumlige fordeling af jordskreddene
- Aflejringer af skredmateriale i fjorden
- Hældende terræn mod fjorden og dens nære omgivelser
- Forekomsten af nutidige jordskred i området
- Mindre markant landskab i jordskreddenes retning.

