

Processering af shallow seismiske data optaget i forbindelse med forundersøgelser i Lillebælt med henblik på fast forbindelse mellem Als og Fyn

Indledning

Geus har i perioden 14/3 - 17/3 2023 indsamlet shallow seismiske data i forbindelse med forundersøgelser til en eventuel fast forbindelse mellem Als og Fyn

Processeringen er udført mellem 15/3 og 3/4 2023 ved brug af Promax2D.

Optageudstyr

Som kilde for dataindsamlingen er der anvendt sparker. Energieniveauet for sparkeren var 800-1000 Joule. Som modtagere er der anvendt en multikanel streamer med 48 kanaler med en gruppeafstanden på 1.0 m. Den samlede længde af streameren var således 48 m.

Udstyr og indsamlingsparametre i forbindelse med optagelserne er beskrevet i mobiliseringsrapporten. For nærmere detaljer i forbindelse med dataindsamlingen henvises til denne rapport.

Navigation

Under dataindsamlingen er positionerne håndteret i Navipac. Navipac udskriver GPS positioner og GPS positioner i et internt filformat. Desuden videresender systemet relevante positioner til Geometrics udstyret, - det seismiske optage system. Desværre stod det under mobiliseringen klart, at det ikke var muligt at videresende disse informationer til de seismiske rådata. Normalt vil positionerne blive udskrevet i extended header i Seg-D filerne i form af en ascii character streng. I stedet er informationerne udskrevet af Geometrics systemet, i en ascii tekst filer, med UTM positioner og tilhørende fil nummer for de seismiske rådata.

UTM positionerne består af positionerne for sparker, frontbøje og tailbøje for hvert skud. Desuden er vessel positionerne registreret.

I nogle tilfælde og typisk over kortere intervaller har kommunikationen mellem Navipac systemet og Geometrics systemet svigtet. Dette har typiske fundet sted over måske 5-10 skud. Dette har resulteret i at hverken fil nummer eller positioner er blevet skrevet. I de fleste af disse tilfælde har det fortløbende event nummer fra navipac systemet dog kunnet genskabes, således at det har matchet med event nummer, til det punkt hvor kommunikationen mellem Navipac og Geometrics systemet er blevet genetableret. For disse skud har det været muligt direkte at sammenkæde Geometrics output med Navipac output ved brug af *.npdc filerne. I disse tilfælde har det fuldt ud været muligt at genskabe de manglende positioner. I andre tilfælde har dette ikke har været muligt, pga at måske et enkelt event nummer ikke er registreret. Her er de manglende positioner blevet intervaller ud fra Geometrics logfilerne.

Ovennævnte navigationsproblemer har ikke haft nogen betydning for kvaliteten af de resulterende data i og med at det kun over meget korte intervaller at problemerne er opstået.

Positionerne foreligger efter bearbejdning af data i eksterne filer, med en fil for hver seismik linje.

Et eksempel på output fra denne bearbejdning af positionerne er vist nedenunder. Filerne består af 3 kolonner. 1. kolonne er file (FFid). De to efterfølgende kolonner er utmx og utmy for sparker positionerne.

File	utmx	utmy
83165	567673.32	6106097.71
83166	567670.95	6106097.52
83167	567668.63	6106097.45
83168	567666.33	6106097.43
83169	567664.00	6106097.40
83170	567661.70	6106097.38

Et eksempel på skud positioner for sparkeren er givet i Fig. 1

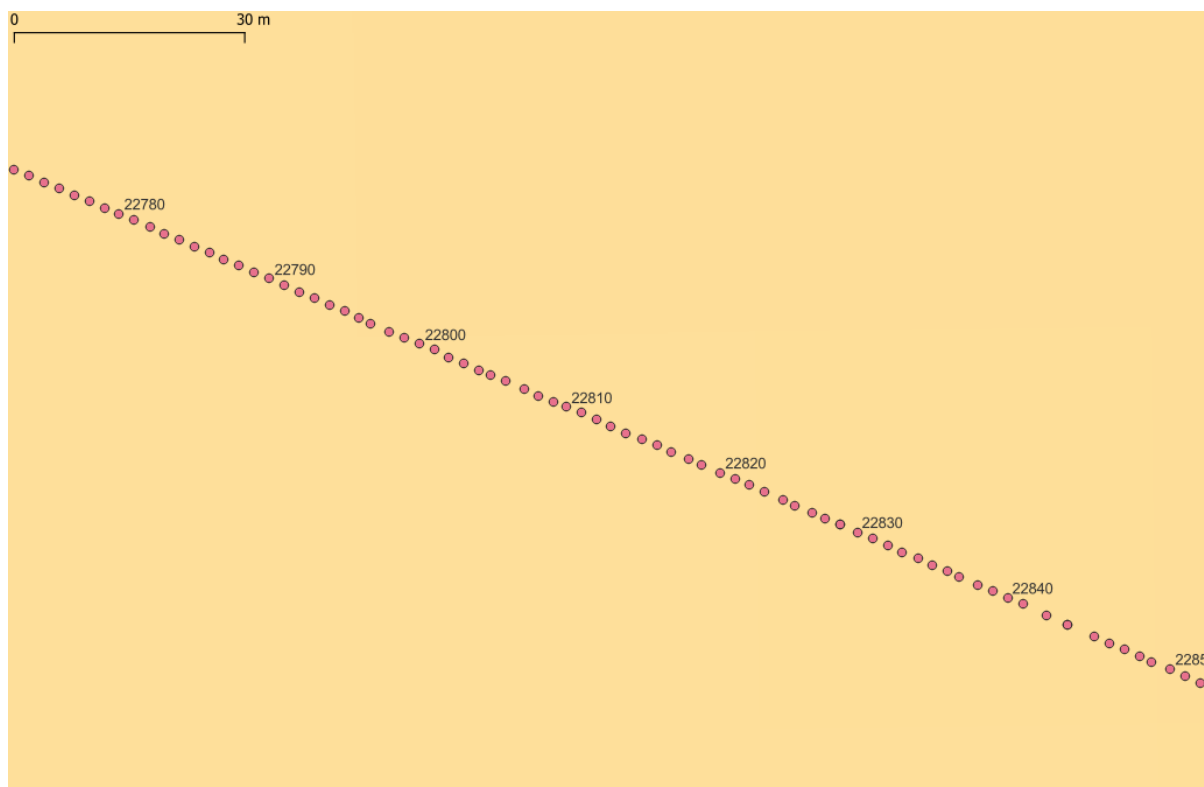


Fig. 1 Typisk fordeling af skudpositioner for sparkeren

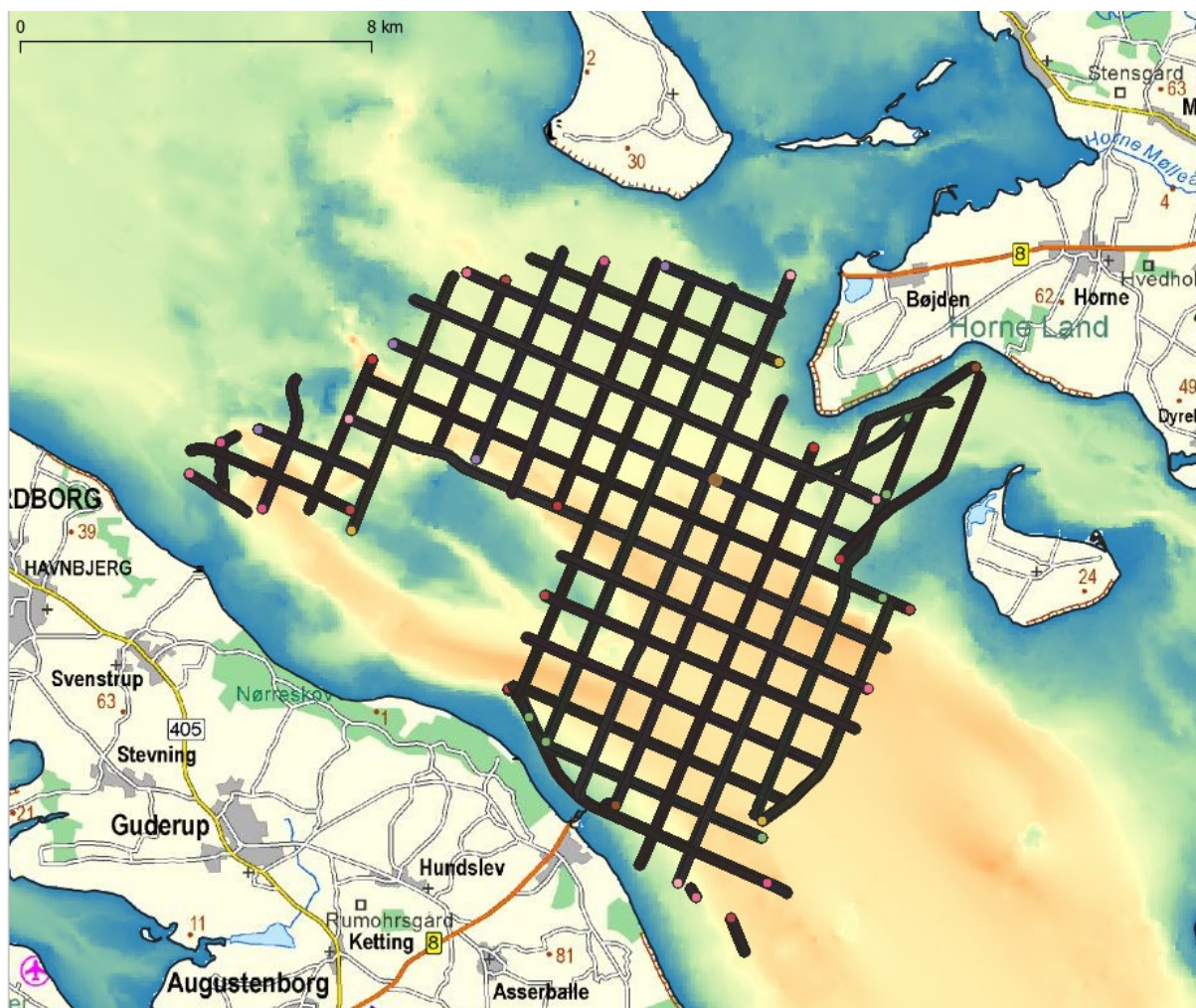


Fig. 2. Positioner af samtlige skud. Bathymetrien udgør baggrundskortet.

Før processeringen af de seismiske data er påbegyndt er samtlige positioner plottet for at verificere dem og for at finde eventuelle outliers. Sådanne outliers vil kunne give problemer under processeringen af data. Disse outliers er slettet. Det er skønnes at der er tale om måske er tale om ca. 50 – 100 skud og typisk ved opstart eller afslutningen af en linje. Igen er det et meget begrænset antal positioner set i forhold til de over 100000 skud, som surveyet består af. Efter denne editering og kompilering af navigationsdata fås skudpositioner som vist i Se Fig. 2.

Positioner for front bølge har ligeledes været indlæst for at få et overblik over kildens position i forhold til streameren. Der er her aflæst et offline offset på 9.5 m og et inline offset på 1.5 m mellem kilden og første hydrofon. Disse værdier er anvendt under processeringen af de seismiske data.

Procesering af sparker data

Indlæsning af Seg-D filer

Indledningsvist er samtlige Seg-D filer indlæst i processeringssystemet.

Definition af geometri

Dernæst er geometrien for hver linje defineret.

Først er de editerede navigations filer blevet indlæst. Dernæst er database med relevante informationer, som f.eks. offset og CDP numre blevet defineret.

I forbindelse med definition af CDP intervallerne, er der anvendt en CDP bin size på 0.5 m.

Indledende procesering

Indledningsvist er der anvendt et båndpass filter med low-cut på 15 Hz og high-cut på 9000 Hz. Dvs. det er filter, som blot har haft til formål at fjerne lav frekvent energi, som ved seismiske surveys ofte er meget dominerende. På de herværende data viste det sig dog, at den lav frekvente støj ikke var speciel kraftig.

Efterfølgende er der foretaget et polaritetsskift for kanal 1-8. Kanal 1-8 (som er tættest på sparkeren) udgøres af et segment af en anden type end de øvrige streamer segmenter. Dette segment har åbenbart omvendt polaritet. Desuden er der registreret en mindre faseforskydning for disse kanaler, som er håndteret ved at påføre et 0.3 ms static timeshift.

Efterfølgende er endnu et båndpass filter påført i form af et Ormsby filter med Low-cut på 80-120 Hz. Dvs. alle signaler under 80 Hz er blevet fjernet og al energi over 120 Hz er bevaret.

I en efterfølgende proces er der foretaget amplitudekorrektion i form af korrektion for sfærisk divergens, med en estimeret hastighedsfunktion (0 ms:1480 m/s, 500 ms: 2000 m/s). Absorptionskorrektionen er foretaget med 6 dB per sek.

Spike noise burst edit

Enkelte steder optræder der lav frekvente støj spikes, som er forsøgt fjernet med en automatisk Spike/Noise burst reduktion. Dette har fjernet de mest høj amplitude spikes, som kan udgøre et problem for den senere migration af data.

De seismiske rådata

Et eksempel på et skudgather er vist i Fig. 3. De røde markeringer viser den beregnede ankomsttider for førsteindsatsen, den direkte bølge mellem kilden og modtagerne. Disse stemmer godt overens med den observerende førsteankomster og er dermed med til at verificere timingen og geometrien for data.

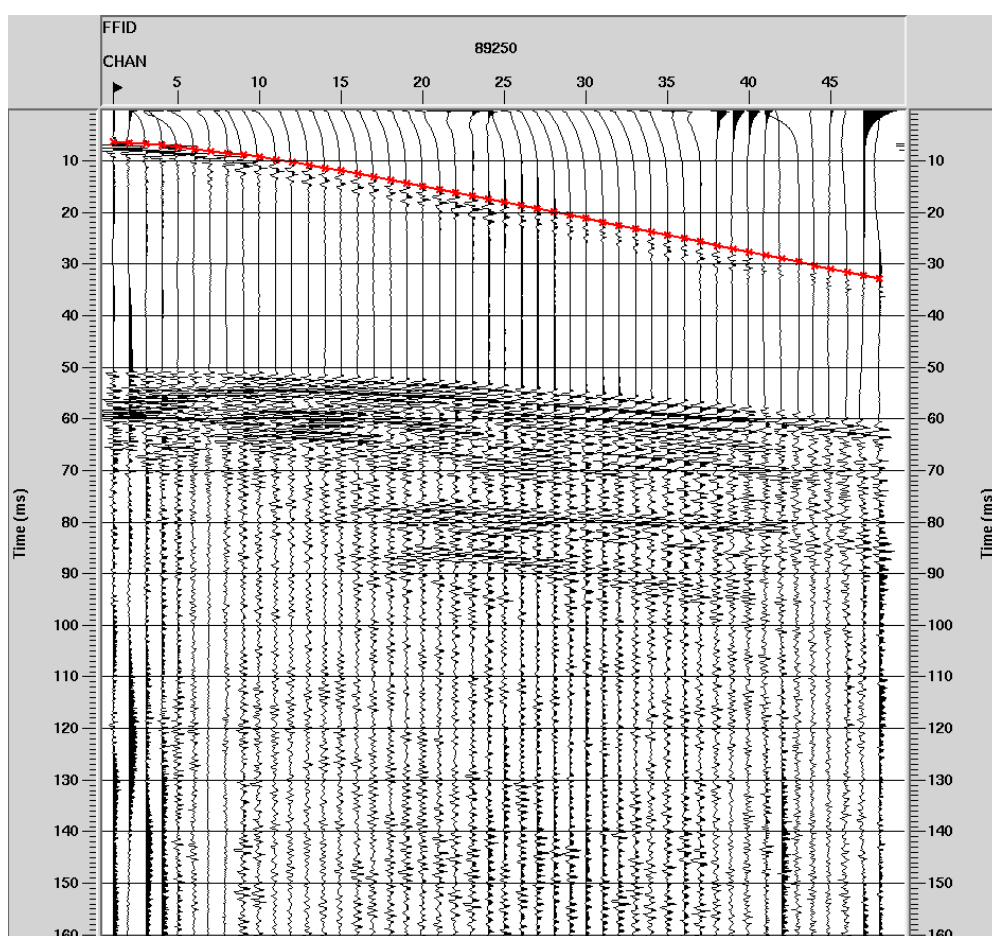


Fig. 3. Eksempel på et skudgather. FFid 89250 fra line 23

Amplitude spektrum for ovennævnte data er vist i Fig. 4. Amplitude spekteret er dannet før Low-cut filteret på 80-120 Hz er påført.

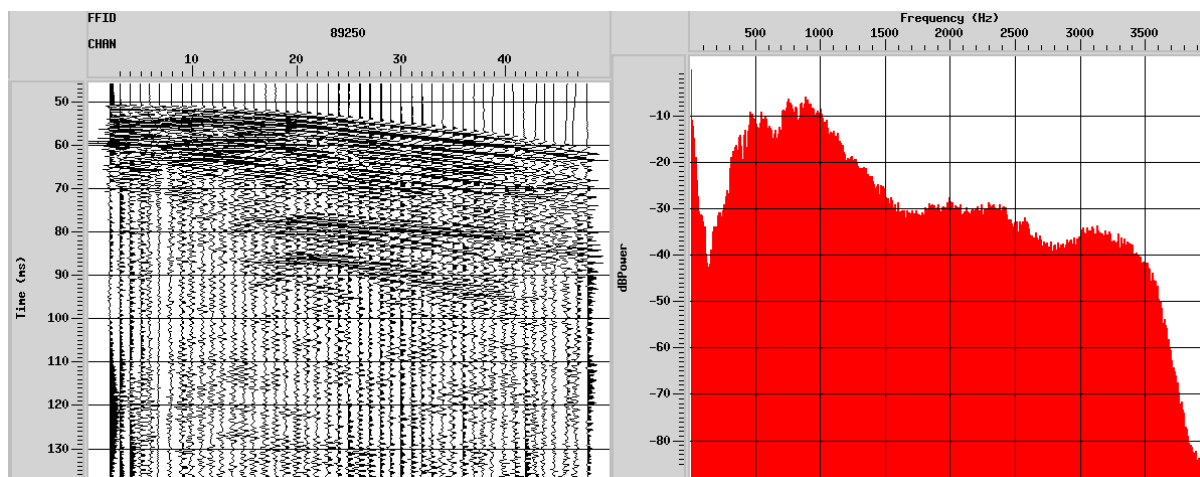


Fig. 4 Amplitude spektrum af data. Se plot til højre. Datagrundlaget er fra Ffid 89250. Se plot til venstre.

FK-filtrering

På de seismiske rådata bemærkes, at der er komponenter af lineær støj, som løber ud langs med streamer. Støjen stammer fra skruen på skibet. Støjen er på ingen måde af særlig høj amplitude, men nok til at man vil forsøge at undertrykke den. Til dette formål er der anvendt et FK-filter. De første 60 ms af data, hvor der er kraftige refleksioner, er der dog ikke påført nogen FK-filtrering.

Hastighedsanalyse

Dernæst er der foretaget hastighedsanalyse. Dette er gennemført for hver 400. CDP, altså for hver ca. 200 m.

I områder med gas er der observeret væsentlig lavere hastigheder i de overfladenære sedimenter end man normalt skulle forvente. Dog har det ikke været muligt af bestemme hastighederne særlig godt i disse områder af den simple grund, at der kun har været få utydelige refleksioner eller slet ingen refleksioner. I disse områder er hastighedsprofilerne blevet skønnet ud fra de omkring liggende hastigheder og ud fra et kvalificeret gæt.

Efter at hastighedsfeltet er blevet fundet er en første version af de stackede data lavet.

Efter CDP trim statics er beregnet, som bekrævet nedenunder, er hastighedsanalysen opdateret og på de fleste linjer er hastighederne blevet justeret efter at data er blevet forbedret.

CDP trim statics

Som følge af bølgegang under optagelserne vil timing for de enkelt spor i CDP gatherne ikke være helt i overensstemmelse med hinanden. Dette kan der kompenseres for ved brug af CDP trim statics.

Baseret på de overfladenære refleksioner er der udført CDP trim statics med en maksimal korrektion på 0.3 ms. Trim statics har haft relativ stor betydning, specielt for linjer optaget i hårdt vejr.

På linje 09a hvor bølgerne var på sit højst, er der desuden gjort et forsøg på at picke løbetider til havbunden på kanalerne tættest på skuddene. Der er været gjort i et forsøg på at anvende de pickede

tider som en første statics korrektion. Dernæst er der udført CDP trim statics på grundlag af dette resultat. Samlet set gav det dog ikke en forbedring af resultatet. Derfor er denne proces ikke anvendt på nogen data.

Deconvolution

Med henblik på undertrykkelse af havbundsmultipler, er der udført prediktiv deconvolution før stack. En operator længde på 7 ms er anvendt. Prediktionsafstanden er sat til en værdi lidt mindre end dybden til havbunden målt i form af en tovejsløbetid.

Stackning

Efter deconvolution er CDP stacking udført påny. De stackede spor er balanceret, således at de omtrent har samme middellamplitude, især for at undgå problemer med eventuelle støjfyldte spor under migrationen.

Migration

Som migrations proces er der anvendt stolt FK migration. Der anvendt et konstant hastighedsprofil på: 0 ms: 1450 m/s, 200 ms: 1800 m/s, med lineær interpolation mellem disse hastigheder. Efter migration er der påført en trace mix for at undertrykke spor fra "migrationssmil", som er et uundgåeligt aftryk fra migrationen. Et eksempel på data før og efter migration er vist i Fig. 5.

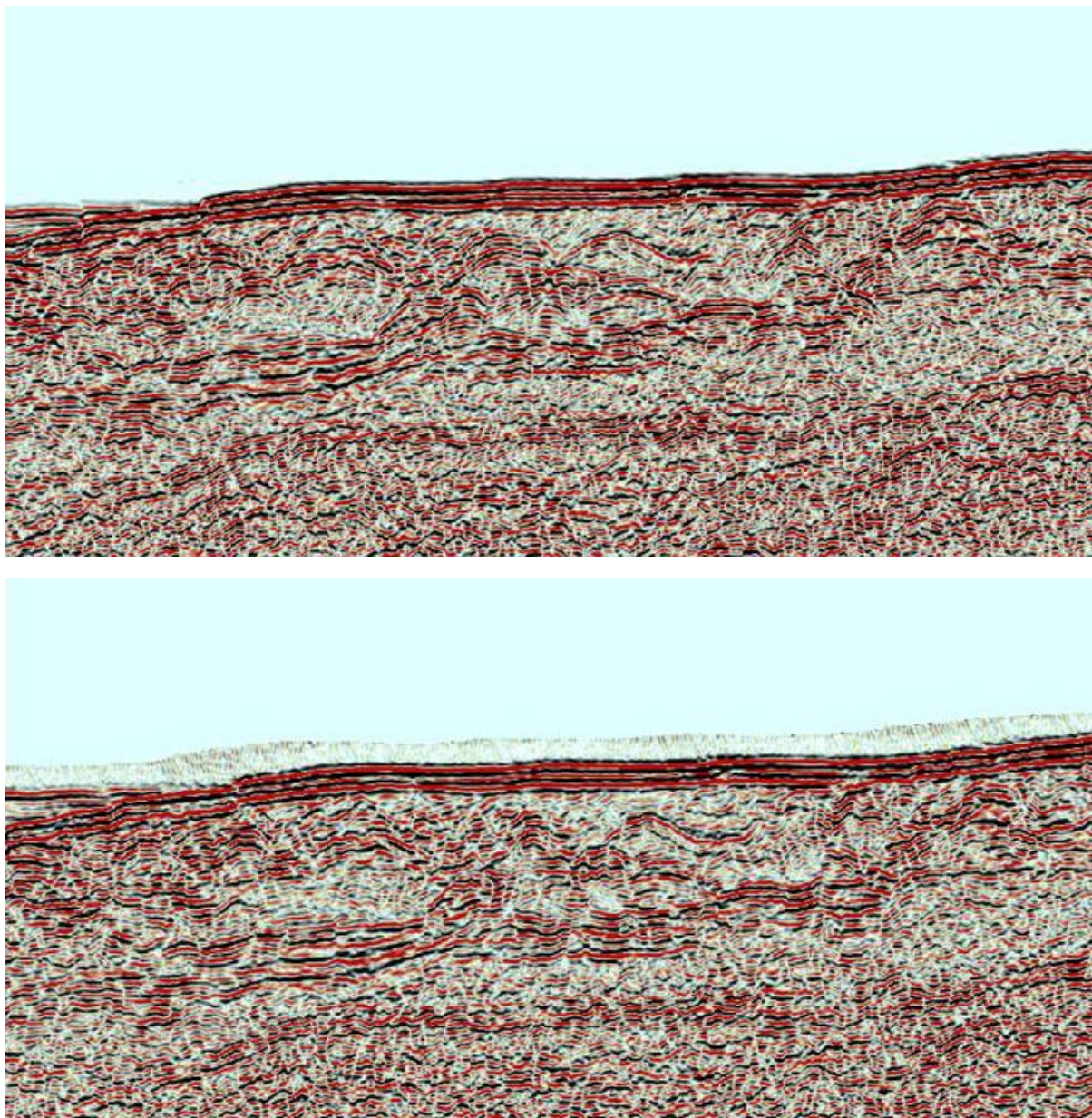


Fig. 5. Eksempel på migration af data. Øverst: stackede data. Nederst: Stackede data med migration.

Trace mix og AGC

Før output er der påført endnu en trace mix for at fremhæve refleksionerne. Endelig er der foretaget top mute, - mest for at fjerne støj fra vandsøjlen, som ellers ville have været meget synlig efter Automatic Gain Control (AGC).

Output af data

De stackede data er udskrevet i Seg-Y i format i to stack versioner, en uden og en med migration. Data der er blevet migreret har fået tilføjet "_mig" til filnavnet.

CDP-kordinaterne er skrevet til Seg-Y trace header med cdp_x i byte: 73-76, cdp_y i byte: 77-80. En kopi af koordinaterne er ligeledes udskrevet til de to efterfølgende felter i trace header. Under læsning af data anbefales det at byte 21-24 (CDP nummer) anvendes som SP nummer, som det ofte benævnes i tolkningsprogrammerne.

Processeringssekvens

Seg-D input

Geometry definition

Polarity change (channel 1-8)

Low-cut bandpass filter

Pick Water Bottom

Amplitude recovery

Noise burst edit

FK filtering

Velocity analysis

NMO

Trim statics

CPD stack

Trace mix

Prædiktiv deconvolution

Trace Equalization

Trace mix i afdæmpet form

Seg-Y output

Migration

Seg-Y output