

DET TEKNISK – NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

Kontinuasjons eksamen i
PET110 - Geofysikk og brønnlogging
24.02.2016

VARIGHET:
3 Timer

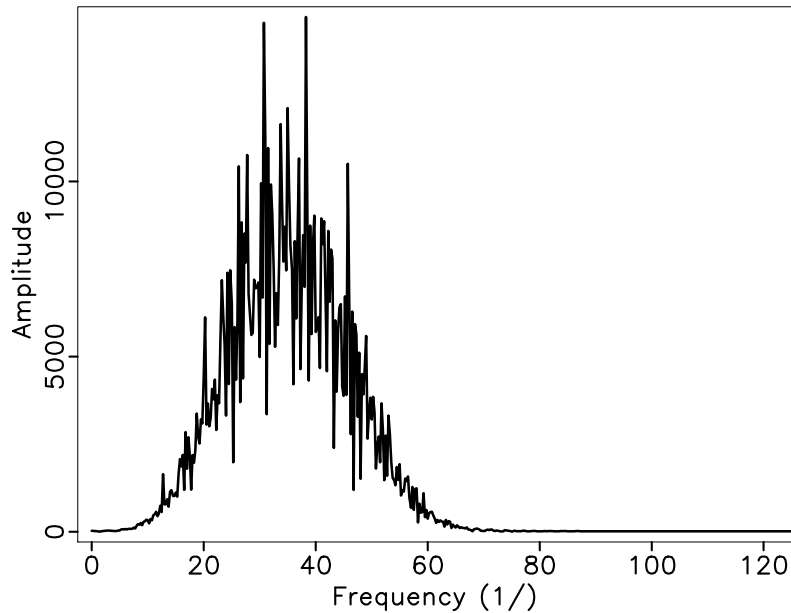
TILLATTE HJELPEMIDDEL:
Alternativ Kalkulator og ordbok.

Dette oppgavesettet er på 6 sider.

FAGANSVARLIG: Wiktor Weibull
TLF.NR. : 40608703

Oppgave 1 :

a) Hva menes med *Nyquistfrekvensen* og hva bestemmer denne?



Figur 1: Oppgave 1b

b) Figur 1 viser effekt-spekteret, dvs. absolutt kvadratet av den Fourier transformerte seismisk trasen. Hvilket er det høyeste samplingsintervallet som kan brukes på denne trasen uten å få aliasing?

c) Anta at seismiske data har vært innsamlet med en samplingsinterval på 2 ms, og du er bedt om å endre samplingsintervallet til 8 ms. Beskriv i detalj hvordan du skal gjøre dette uten å få aliasing.

d) Amplitudespekteret for en fiktiv seismisk kilde er gitt ved følgende likning

$$A_0(f) = 100f - f^2, \quad (1)$$

hvor $f \in [0, 100]$ er frekvensen i Hz.

Beregn frekvensen hvor amplitudespekteret har sitt maksimum (peakfrekvensen).

e) Anta så at på grunn av demping endres amplitudespekteret av den seismiske signalet i henhold til følgende likning

$$A(f) = A_0(f) \exp\left(\frac{-\pi f x}{Qv}\right), \quad (2)$$

hvor x er distansen bølgen har forplantet seg, v er gjennomsnittlig seismisk hastighet, og Q er et mål på dempingsegenskapene til bergartene.

Ved å bruke denne modellen og amplitudespekteret fra oppgave 1d), beregn peakfrekvensen til bølgen etter den har forplantet seg 4000 m i bergarter med en gjennomsnittlig hastighet på 2500 m/s og en Q factor på 100. (Hint: Ved maksimum av en funksjon blir den deriverte av funksjonen lik 0.)

Oppgave 2 :

a) Tegn en figur med to horisontale lag. Anta at vi har en seismisk kilde og mottakere på overflata av det øverste laget, og skisser den refrakterte bølgen som er assosiert med grenseflata mellom de to lagene. Hva er forutsetningene (nevn to) for at vi skal kunne måle denne refrakterte bølgen?

b) Bruk Snells lov ($p = \sin \theta_1/v_1 = \sin \theta_2/v_2$) til å finne et uttrykk for den kritiske vinkel til den refrakterte bølgen, når v_1 og v_2 er hastighetene til de to lagene. Anta at tykkelsen til det øverste laget er h og vis at gangtida til den refrakterte bølgen kan skrives som

$$T(x) = \frac{x}{v_2} + \frac{2h\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}{v_1 v_2}, \quad (3)$$

der x er avstanden mellom kilde og mottaker.

c) Anta at en seismisk bølge blir reflektert fra bunnen av lag 1 i oppgave 2b). Lag en figur som viser strålebanen til den reflekterte bølgen, og vis at gangtiden for den reflekterte bølgen kan skrives som

$$T(x) = \frac{2}{v} \sqrt{h^2 + x^2/4}. \quad (4)$$

d) Anta så at x er liten i forhold til h , og beregn et tilnærmet uttrykk for T der du tar med 2 ledd i rekkeutviklinga. Bruk dette til å forklare hva vi mener med NMO-korreksjonen, og skriv ned et tilnærmet uttrykk for NMO-korreksjonen.

e) Beregn NMO-korreksjonen for mottakere 600, 1200 og 3600 m vekk fra kilden for en refleksjon på $T(0) = 2.358$ s, gitt en hastighet på 2.9 km/s. Hva er dybden h ?

f) Bruk likning 4 for å skisser gangtidskurven for refleksjonen fra oppgave 2e). Bruk x fra 0 til 3600 m i skissen. Skisser også gangtidskurven etter NMO korreksjonen.

Oppgave 3 :

a) P- og S-bølgehastigheten (V_p og V_s) kan skrives som funksjon av to elastiske moduler samt tettheten. Skriv ned likningene og finn en ny formel som beskriver forholdet mellom de to hastighetene. Hvor mye endres V_p/V_s -forholdet dersom tettheten øker med 25 %?

b) Refleksjonskoeffisienten for en seismisk grenseflate kan tilnærmet skrives som

$$R(\theta) = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta V_p}{V_p} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \right) - 2 \frac{V_s^2}{V_p^2} \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} + 2 \frac{\Delta V_s}{V_s} \right) \sin^2 \theta + \frac{\Delta V_p}{2V_p} \tan^2 \theta. \quad (5)$$

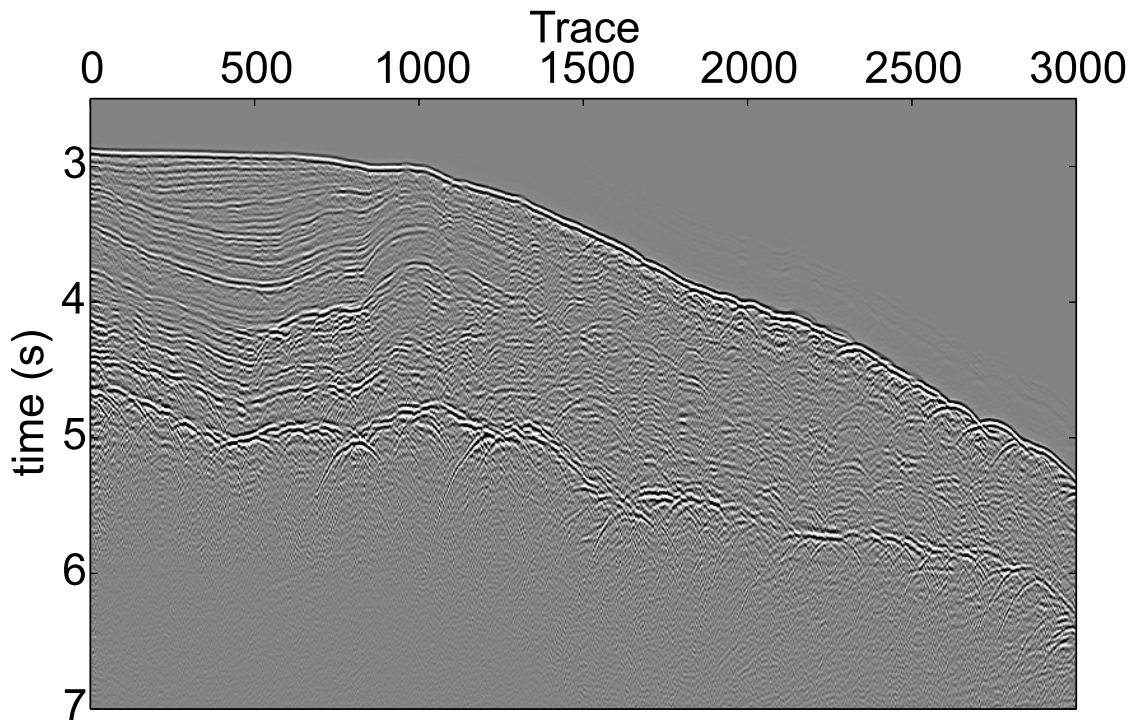
Anta at den relative tetthetskontrasten ($\frac{\Delta \rho}{\rho}$) mellom de to lagene (takbergart og reservoar) er null. Den relative kontrasten i P-bølgehastighet ($\Delta V_p/V_p$) er 0.1, relativ kontrast i S-bølgehastighet ($\Delta V_s/V_s$) er 0.2, og gjennomsnittlig P-bølgehastighet (V_p) er dobbelt så stor som S-bølgehastigheten (V_s). Bestem innfallsvinkel som fører til at $R = 0$.

c) Vis at et estimat av innfallsvinkelen (θ) i bunnen av laget i oppgave 2c kan skrives som

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{x}{T(x)v} \right) \quad (6)$$

d) I en *unigrert* (postacket) seismisk seksjon har man identifisert en plan hellende (dipping) refleksjon og funnet at den tilsynelatende helningsvinkelen var på $\theta = 23^\circ$. Hva var den faktiske helningsvinkelen for reflektoren? Anta at hastigheten over reflektoren er konstant.

e) Hvis den vertikale toveisgangtiden til refleksjonen fra oppgave 3d) før migrasjon var T_1 , hva er den vertikale toveisgangtiden til reflektoren?



Figur 2: Oppgave 3f

f) Figur 2 viser en stacket seismisk seksjon. Er dataen migrert eller ikke? Det kreves her at du gir grunn for ditt svar, da svar uten korrekt begrunnelse ikke vil gi poeng.

Formler som kan være nyttige:

$$\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x - \frac{1}{8}x^2 + \frac{1}{16}x^3 - \frac{5}{128}x^4 + \dots \quad (x \ll 1)$$

$$\frac{1}{1+x} \approx 1 - x + x^2 - x^3 + \dots \quad (x \ll 1)$$

$$(1+x)^n \approx 1 + nx - \frac{n(1-n)}{2!}x^2 + \frac{n(1-n)(2-n)}{3!}x^3 - \dots \quad (x \ll 1)$$

$$f_N = \frac{c}{2z}$$

$$\Delta t_{NMO} \approx \frac{x^2}{2v^2 t_0}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$V_P = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$

$$V_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Kritisk vinkel:

$$\sin \theta_c = \frac{V_1}{V_2}$$

Refleksjonskoeffisient, loddrett innfall:

$$R = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1}$$

Migrasjonslikning:

$$\tan \theta = \sin \alpha$$