

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

**Eksamen i: GEO4620 – Seismiske bølger og seismologi**

**Eksamensdag: 11. desember 2006**

**Tid for eksamen: 15.30 – 18.30**

**Oppgavesettet er på 2 side(r)**

**Vedlegg: Ingen**

**Tillatte hjelpemidler: Alle trykte og skrevne, kalkulator**

*Kontroller at oppgavesettet er komplett  
før du begynner å besvare spørsmålene.*

**NB! Oppgave 1 og 2 teller hver 35% og oppgave 3 teller 30%.**

### Oppgave 1.

Denne oppgaven dreier seg om plane, harmoniske bølger som forplanter seg i en enkel struktur bestående av et vannlag over et skorpelag. La  $\alpha_w$  betegne P-bølgehastigheten i vannet, og  $\alpha_c$  og  $\beta_c$  hhv. P- og S- bølgehastigheten i skorpa, med  $\alpha_w < \alpha_c$ . Anta at bølgene forplanter seg i  $(x,z)$ -planet, med  $z$ -aksen positiv nedover, og at havbunnen ved  $z = 0$  er horisontal.

- Hvilke grenseflatebetingelser gjelder ved havbunnen?
- Hvilke bølger kan bli generert i de to lagene når en oppadgående SV-bølge i skorpa treffer havbunnen?  
Skriv opp potensialene for den innkommende SV-bølgen og bølgene som blir generert.
- Uttrykk grenseflatebetingelsene ved potensialene.
- Kan det bli generert inhomogene bølger når en oppadgående SV-bølge i skorpa treffer havbunnen? Svaret skal begrunnes.
- Når bølgekilden er plassert i vann - slik det er vanlig i marin seismikk - er det da mulig å få en SV-bølge som treffer havbunnen nedenfra? Svaret skal begrunnes.

### Oppgave 2.

- Hva vil det si at en struktur er transvers isotrop? Gi eksempler på transvers isotropi.
- For en transvers isotrop struktur med vertikal symmetriakse (dvs. i  $x_3$ -retningen) er matrisen med de elastiske koeffisientene gitt ved

$$C_{mn} = \begin{pmatrix} A & A-2N & F & 0 & 0 & 0 \\ A-2N & A & F & 0 & 0 & 0 \\ F & F & C & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & L & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N \end{pmatrix}$$

Beregn Christoffel-matrisen for bølger som forplanter seg i  $x_3$ -retningen.

c) Beregn polarisasjonsretningene (dvs. retningene til partikkelbevegelsen) og de tilhørende forplantningshastighetene til bølgene i pkt. b).

### Oppgave 3.

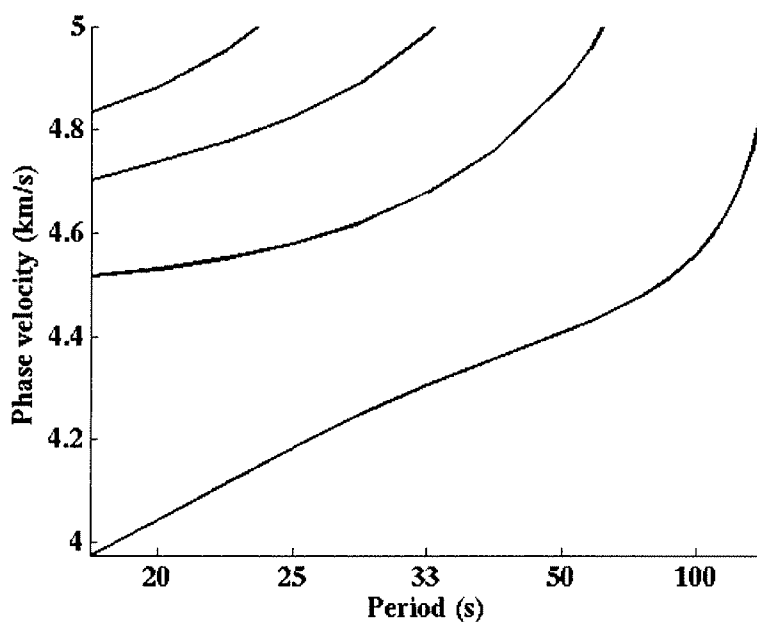
a) Hva vil det si at overflatebølger er dispersive?

b) Anta at et homogent lag med tykkelse 35 km og S-hastighet  $\beta_1 = 3.7$  km/s ligger over et homogent halvrom med S-hastighet  $\beta_2 = 4.4$  km/s.

Hva er "cutoff"-vinkelfrekvensen  $\omega_{c2}$  til den 2. overtonen til Love-bølgen i denne strukturen? Og hva er dens fasehastighet på denne frekvensen?

c) Hvor mange overtoner er det på 8 s periode i strukturen beskrevet i pkt. b)?

d) Figuren under viser dispersjonskurvene til fasehastigheten for fundamentalmoden og de tre første overtonene til Love-bølgen i en global, kulesymmetrisk hastighetsmodell. Hva forteller de om hastighetsendringen som funksjon av dyp i modellen?



# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

**Exam in: GEO4620 - Seismic waves and seismology**

**Day of exam: December 11<sup>th</sup> 2006**

**Exam hours: 3.30pm – 6.30pm**

**This examination paper consists of 2 page(s).**

**Appendices: None**

**Permitted materials: All printed and written, calculator.**

*Make sure that your copy of this examination paper is complete before answering.*

**NB! Exercise 1 and 2 count 35% each and exercise 3 counts 30%.**

### Exercise 1.

In this exercise we will consider plane, harmonic waves propagating in a simple structure consisting of an oceanic layer above a crustal layer. Let  $\alpha_w$  denote the P-wave velocity of the water, and  $\alpha_c$  and  $\beta_c$  the P- and S-wave velocity, respectively, of the crust, with  $\alpha_w < \alpha_c$ . Assume that the waves propagate in the  $(x,z)$ -plane, the  $z$ -axis being positive downwards, and that the ocean bottom at  $z = 0$  is horizontal.

- What are the boundary conditions at the ocean bottom?
- In the case of a SV wave incident on the ocean bottom from below, which waves can be generated in the two layers?  
Write the potentials for the incident SV wave and the waves that are generated.
- Express the boundary conditions in terms of the potentials.
- Can inhomogeneous waves be generated by a SV wave incident on the ocean bottom from below? State the reason for your answer.
- When the source is deployed in water (which is common in marine seismic prospecting), is it then possible to have SV waves incident on the ocean bottom from below? State the reason for your answer.

### Exercise 2.

- What does it mean that a structure is transversely isotropic? Give examples of transverse isotropy.
- For a transversely isotropic structure with vertical axis of symmetry (i.e. in the  $x_3$

direction), the elastic coefficient matrix is

$$C_{mn} = \begin{pmatrix} A & A-2N & F & 0 & 0 & 0 \\ A-2N & A & F & 0 & 0 & 0 \\ F & F & C & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & L & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N \end{pmatrix}$$

Compute the Christoffel-matrix for waves propagating in the  $x_3$  direction.

c) Compute the polarization directions (i.e. directions of particle displacement) and the associated propagation velocities for the waves in b).

### Exercise 3.

a) What does it mean that surface waves are dispersive?

b) Assume that a homogeneous layer of thickness 35 km and with S velocity  $\beta_1 = 3.7$  km/s overlies a homogeneous halfspace with S velocity  $\beta_2 = 4.4$  km/s.

What is the cutoff angular frequency  $\omega_{c2}$  of the 2<sup>nd</sup> Love wave overtone in this structure? And what is its phase velocity at that frequency?

c) In the structure described in b), how many overtones are there at 8 s period?

d) The figure below shows the phase velocity dispersion curves for the fundamental mode and the first three overtones of the Love wave in a global, spherically symmetric velocity model. What do they tell about the change in velocity as a function of depth in the model?

