

Øvelse – Jordskælv

- Bestemmelse af epicenter.

Formål:

Denne øvelse har til formål at bestemme epicenteret til jordskælvet i Skåne d. 16/12 2008 samt at bestemme starttidspunktet for jordskælvet.

Programmer:

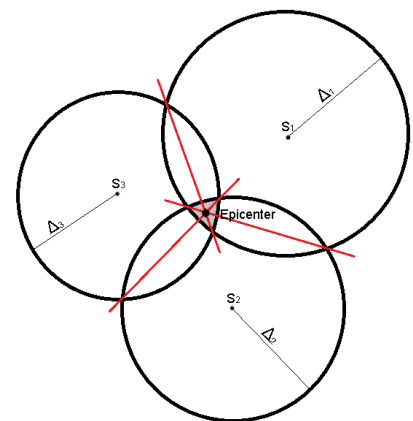
I øvelsen bruges "Google Earth", "Excel" samt en internet browser.

Teori:

Et jordskælvs epicenter er defineret som det punkt på jordens overflade, der ligger lige over det sted i jorden hvor jordskælvet starter (hypocenteret). Epicenteret kan altså beskrives med punktets geografiske koordinater (breddegrad, længdegrad).

Når man skal bestemme koordinaterne til epicenteret, udnytter man, at P-bølger udbrederes hurtigere end S-bølger og at disse hastigheder er kendt (i hvert fald tæt på). Når man således registrerer et jordskælv ved en seismisk målestation, kan man ud fra tidsintervallet mellem P- og S-bølgen beregne afstanden til epicenteret.

Hvis man har data fra mindst 3 stationer, kan man på et kort tegne en cirkel med centrum i hver enkelt målestation og med afstanden til epicenteret som radius. Ideelt set vil de 3 cirkler skære hinanden i et punkt, netop jordskælvet epicenter. Data er dog aldrig perfekte, så cirklerne vil som regel overlappe hinanden. Det mest sandsynlige sted for epicenteret er altså midt i det område hvor cirklerne overlapper.



Afstanden fra et jordskælvs epicenter til en målestation udregnes på følgende måde:

Når et jordskælv registreres på en seismisk station, kan jordskælvet starttidspunkt, t_0 kan udregnes ved:

$$t_0 = t_P - \frac{D}{v_P}$$

Hvor t_P er tidspunktet hvor P-bølgen registreres, D er afstanden fra stationen til epicenteret og v_P er P-bølgens udbredelseshastighed. I denne formel kendes hverken D eller t_0 , men en tilsvarende formel kan skrives op for S-bølgen:

$$t_0 = t_S - \frac{D}{v_S}$$

Her er t_S altså tidspunktet hvor S-bølgen registreres og v_S er S-bølgens udbredelseshastighed.

Ovenstående har vi altså to ligninger med to ubekendte. Hvis man udnytter at S-bølgens udbredelseshastighed kan tilnærmes til $v_S = \frac{v_P}{\sqrt{3}}$, kan man ved at kombinere de to ovenstående formler opskrive en formel for afstanden fra målestationen til epicenteret:

$$D = \frac{v_P \cdot (t_S - t_P)}{(\sqrt{3} - 1)}$$

Hvis vi altså har kendskab til P-bølgens udbredelseshastighed (v_P), samt tidsintervallet ($t_S - t_P$) mellem ankomsten af P- og S-bølgen, kan vi altså udregne afstanden (D) fra målestationen til epicenteret.

Data:

I Excel arket findes data fra 4 seismiske målestationer i Danmark. Hver enkelt målestation måler rystelserne i 3 forskellige retninger, Z (op-ned), N (Nord-syd) og E (Øst-vest (E for "east")). For stationerne Bornholm (BSD), Mønsted (MUD) og København (COP) er det et interval på 0,01 sekund mellem hver måling. For Gilleleje (GID) er der kun 0,02 sekund mellem hver måling.

På de følgende faner/sider af Excel-arket er seismogrammerne for Bornholm stationen (BSD) plottet. Ligesom der er lavet faner til seismogrammerne til stationerne Mønsted (MUD), København (COP) og Gilleleje (GID).

Dette skal I gøre:

I skal skrive en rapport, hvor I ud fra aflæsninger på seismogrammerne og Google Earth bestemmer placeringen af epicenteret ved jordskælvet i Skåne.

Det første der skal gøres er, at I skal plote de resterende seismogrammer i Excel. Kopier evt. seismogrammerne for Bornholm og vælg data fra de andre stationer. *Vær opmærksom på, at GID har en anden tidsskala end de resterende!*

Herefter skal I aflæse tidspunkterne til ankomsterne af P- og S-bølgerne. Når tidspunktet af P-bølgen skal bestemmes, aflæses denne bedst på Z-komponenten. Tilsvarende kan ankomsten af S-bølgen bedst aflæses på N- og/eller E-komponenten. Sørg for at zoome meget ind på akserne, så tidspunktet kan aflæses så nøjagtigt som muligt. På den 1. fane er der til højre for alle data lavet et lille skema, hvor aflæsningerne kan sættes ind.

Under skemaet for aflæsninger er et skema for udregninger. Her skal I udregne intervallet mellem P- og S-bølgen, og bruge denne sammen med formlen i teorien til at udregne afstanden fra hver enkelt station til epicenteret. Hastigheden af P-bølgen (v_P) står i det grå felt lige over skemaet.

Når I har alle afstandene fra epicenteret til stationerne, skal I tegne cirkler i Google Earth. Dette gøres på følgende hjemmeside: <http://www.freemaptools.com/radius-around-point.htm>.

Under kortet kan man i *options* indtaste en radius og i (3) indtaste koordinaterne til stationen. Stationskoordinaterne står i Excel-arket under navnet på hver station Latitude (Breddegrad) står først og derefter longitude (Længdegrad).

Når I ud for (3) trykker *draw radius*, vil cirklen blive tegnet på kortet ovenfor. Længere nede på siden, under *output*, kan man trykke på en knap der hedder *generate KML*. Efter et øjeblik kan man så trykke *download*

KML. Når man så åbner den downloadede KML-fil, vil cirklen blive tegnet ind i Google Earth. Proceduren gentages herefter for de resterende stationer.

Når alle cirklerne er tegnet ind i Google Earth, vil de nu i større eller mindre grad overlappe hinanden i et lille område. Giv nu en vurdering af det mest sandsynlige sted for epicenterets placering og sæt en markør (knappenål) i det punkt. Hvis I højre klikker på markøren, kan I aflæse koordinaterne!

Starttidspunktet til jordskælv, kan bestemmes ud fra den første formel i teorien. Dette skal gøres for alle stationer. I skal starte med (med lineal værktøjet) at måle afstanden i Google Earth fra hver enkelt station til det epicenter, I har bestemt. Denne afstand skal I bruge i formelen, hvor I så udregner starttiden for jordskælv. Bemærk at I får et antal sekunder efter starttidspunktet for målingerne, som står øverst til venstre i dokumentet.

Når der er udregnet starttiden for hver station, bruges gennemsnittet som den endelige starttid for jordskælv. Læg denne starttid oven i starttidspunktet for målingerne for at få jordskælvets starttidspunkt.

Sammenlign det fundne epicenter (sæt en markør i Google Earth og kald det for "EMSC epicenter"), med det som det officielle epicenter fra EMSC (European-Mediterranean Seismological Center), som I kan finde koordinater til her: <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/earthquake.php?id=113007>

Mål afstanden fra jeres epicenter til EMSC's. Sammenlign også de to starttidspunkter.

Diskuter hvorfor der evt. er forskel på de to epicentre.

Nyttige links:

Download Google Earth: <http://www.google.com/earth/download/ge/agree.html>