

**Zpracování seismických dat**

# **část B: Seismický paprsek**

## **VI. Azimut a inklinace seismického paprsku**

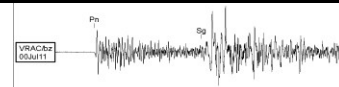
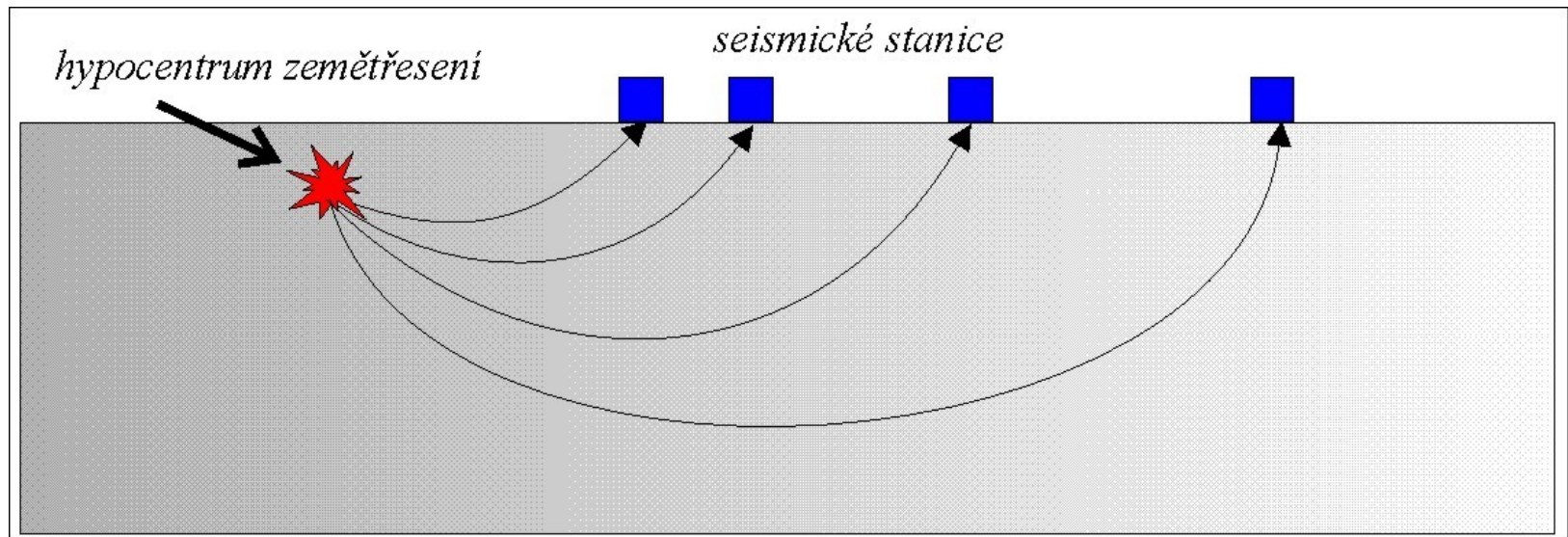
**Josef Havíř**

**havir@ipe.muni.cz**



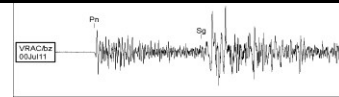
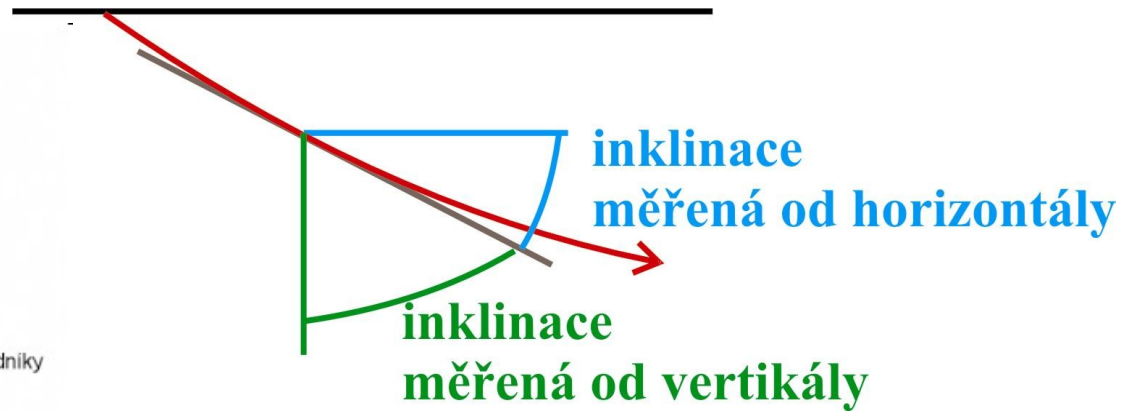
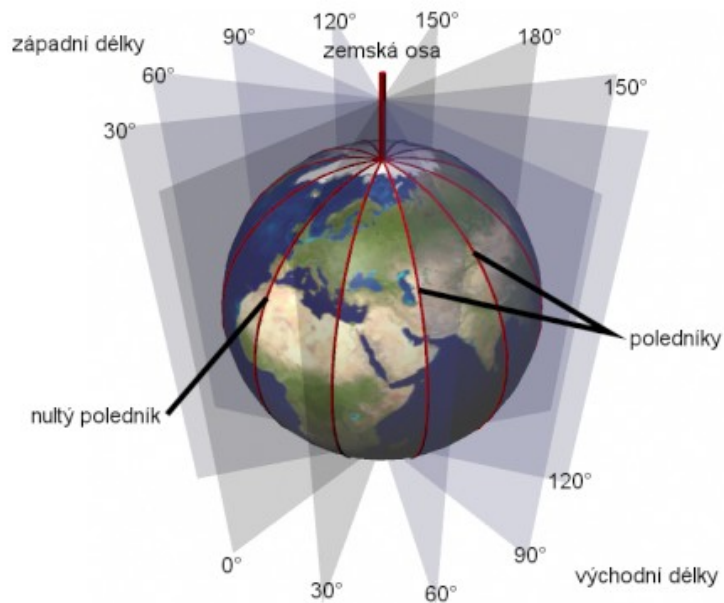
## a) Azimut a inklinace

Seismický signál přichází na stanici z určitého směru, definovaného jeho **azimutem** a **inklinací**.

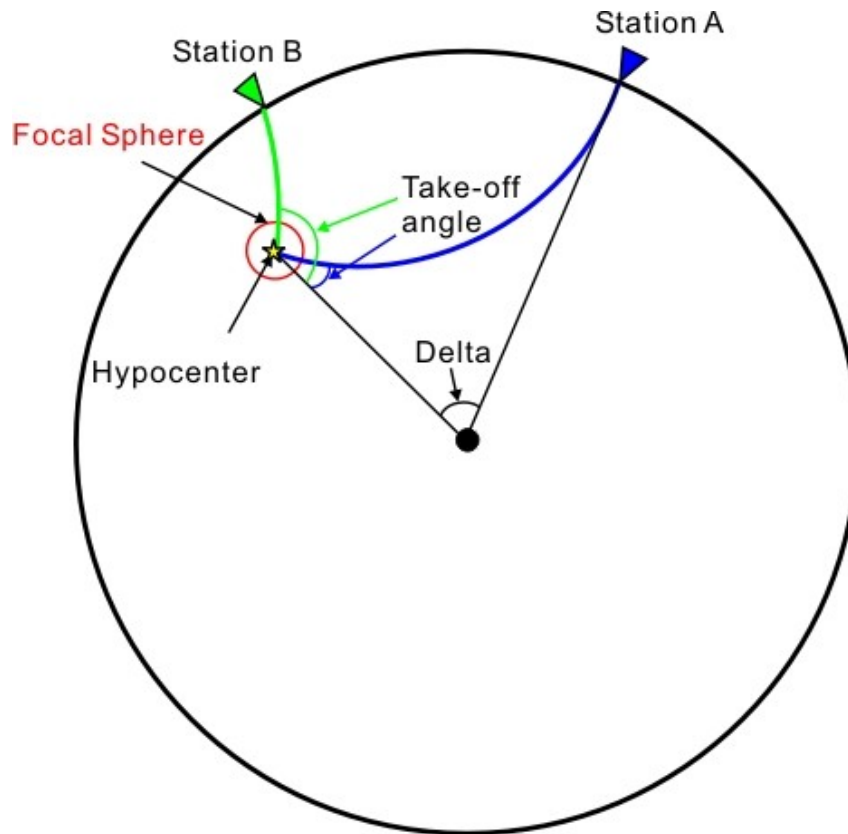


**Azimut** je orientovaný úhel, který svírá daný směr s poledníkem.

**Inklinace** je úhel, který svírá daný vektor s horizontálou (nebo vertikálou).



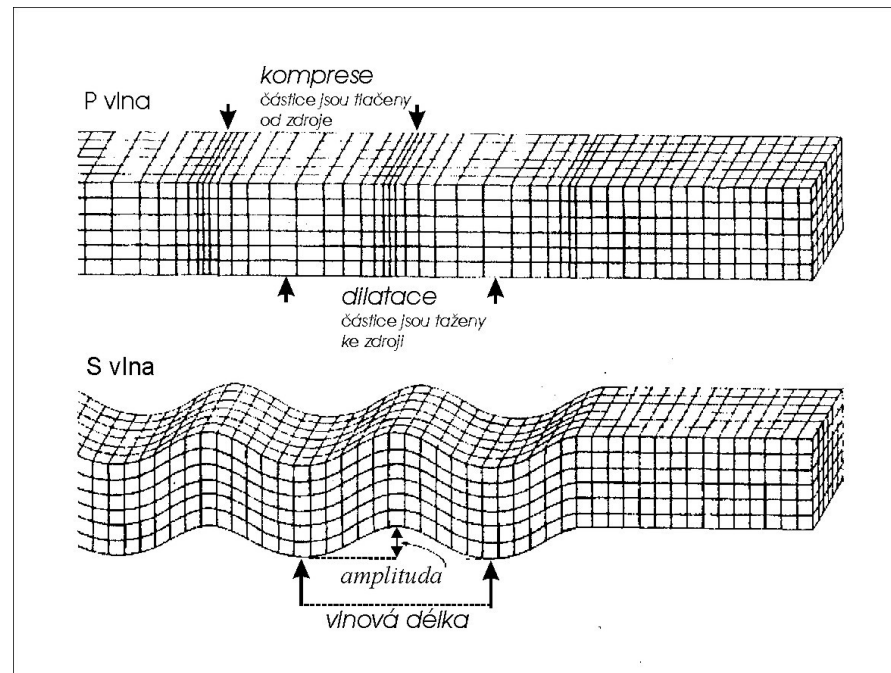
Inklinace seismického paprsku se mění s epicentrální vzdáleností.  
Inklinace měřená od vertikály ve zdroji - **take-off úhel**



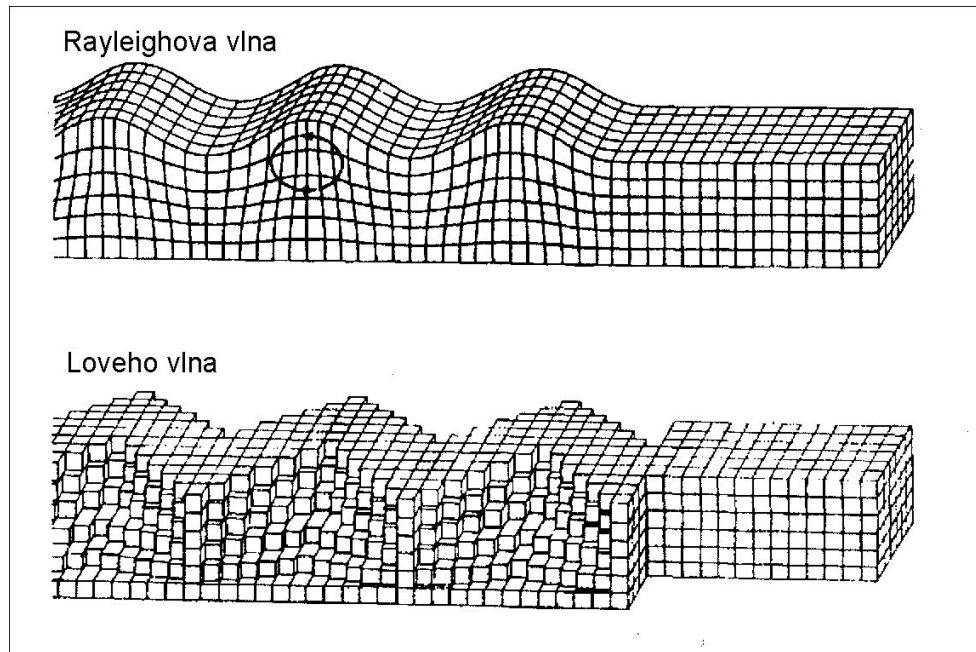
## b) Kmitání částic kontinua a směr seismického paprsku

P vlna je podélnou vlnou - částice kontinua kmitají ve směru šíření paprsku. Toto usměrnění se nenazývá "polarizací" v užším slova smyslu (protože plyne už jen z toho, že jde o podélnou vlnu).

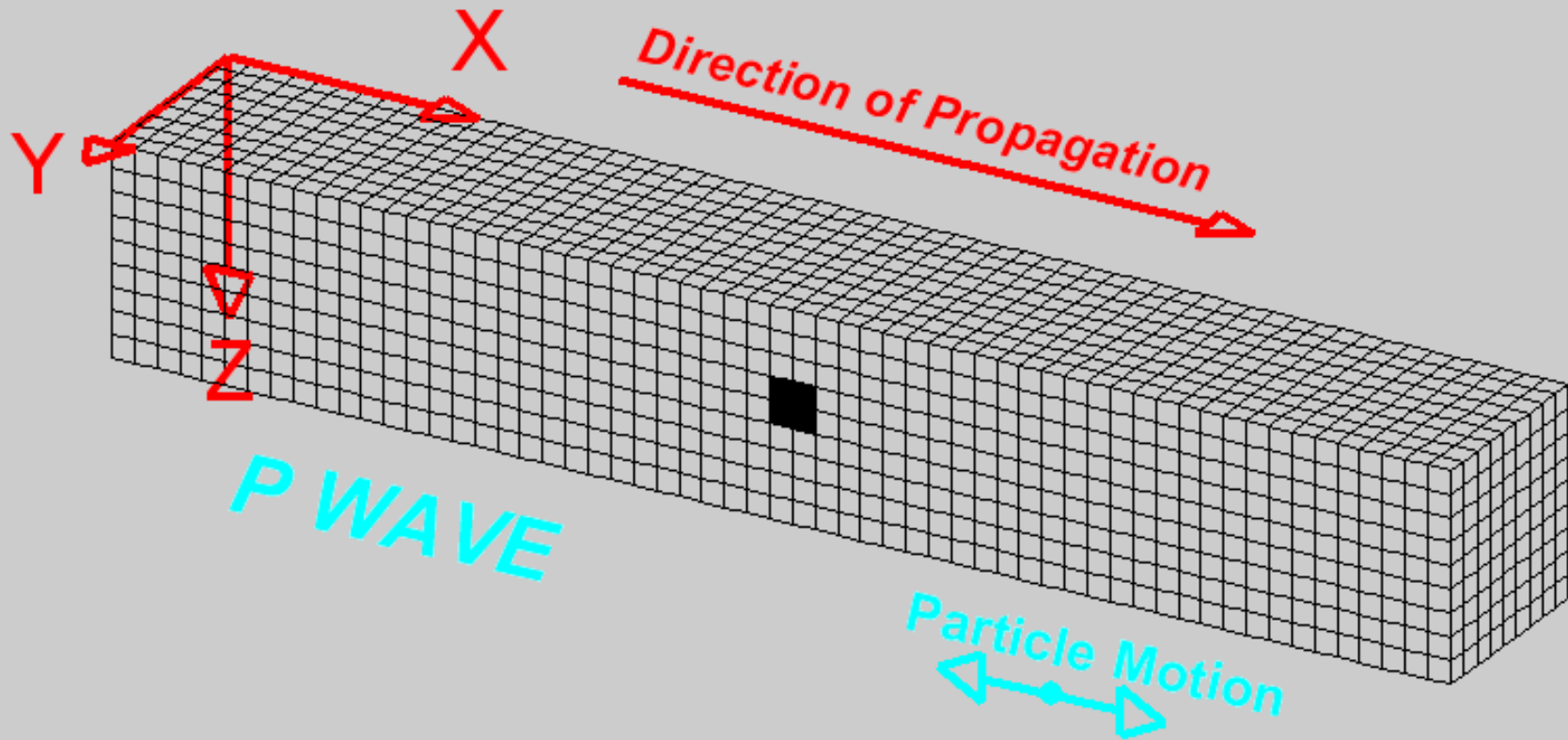
S vlna je vlnou příčnou - částice kontinua kmitají ve směru kolmém na šíření paprsku.



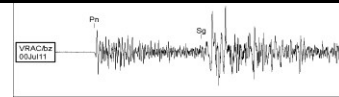
Vlivem interference objemových vln při lomu na volném rozhraní dochází ke generování zvláštních polarizovaných vln, které se pak šíří podél rozhraní (povrchu). Nazývají se proto vlny povrchové.



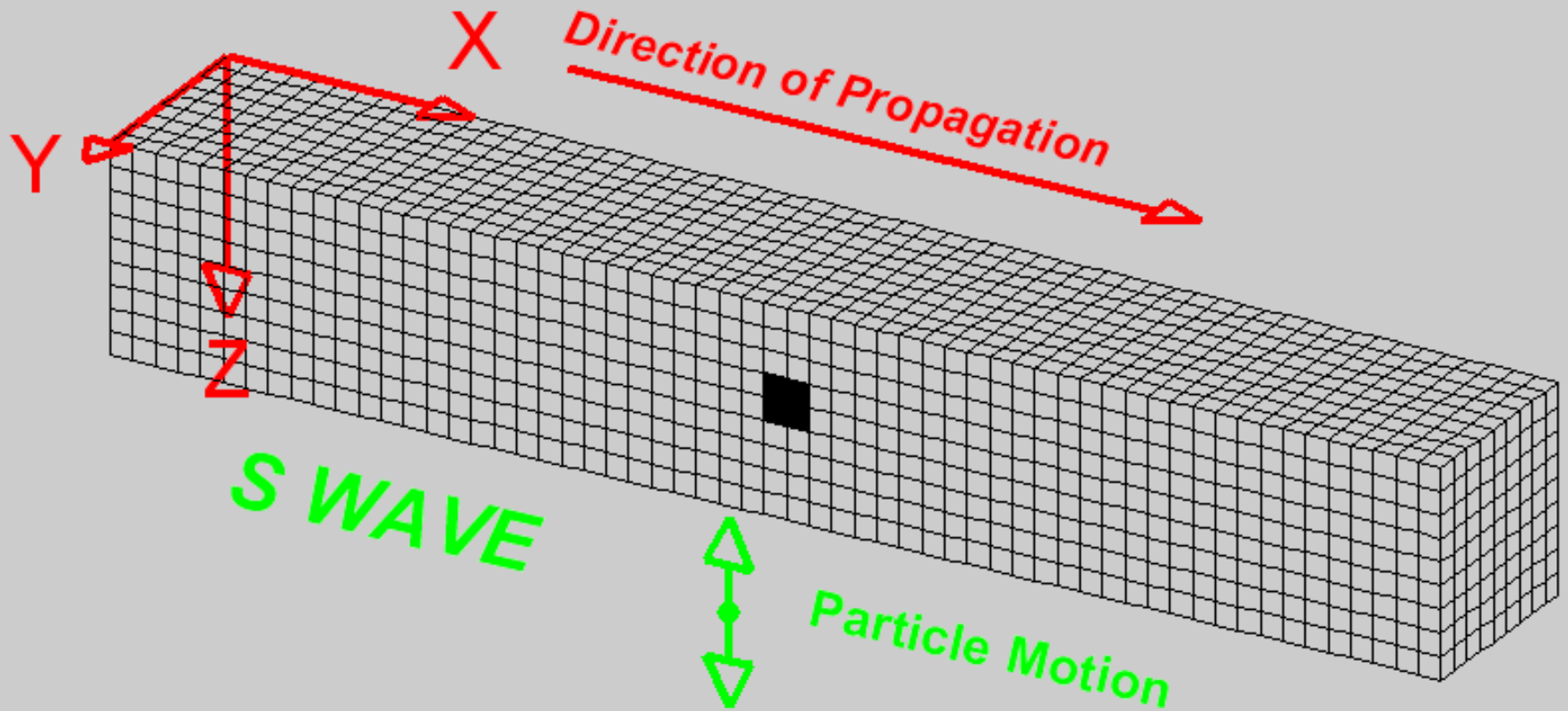
# Compressional Wave (P-Wave) Animation



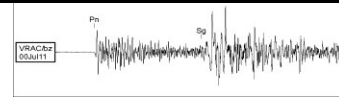
**Převzato z prezentace Braile L., Braile S. (2011): Making Waves: Seismic Waves Activities and Demonstrations**



# Shear Wave (S-Wave) Animation

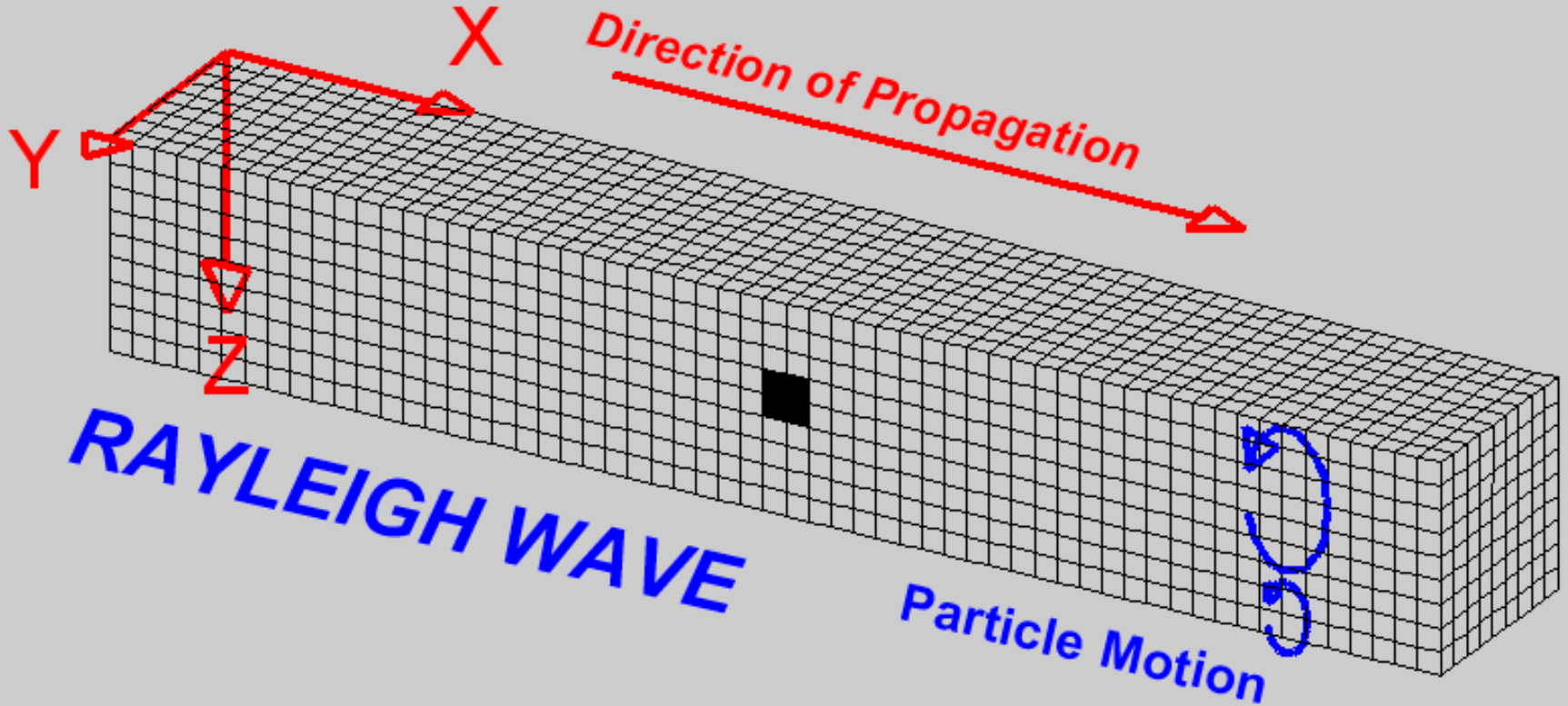


***Převzato z prezentace Braile L., Braile S. (2011): Making Waves: Seismic Waves Activities and Demonstrations***

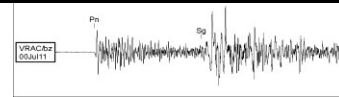




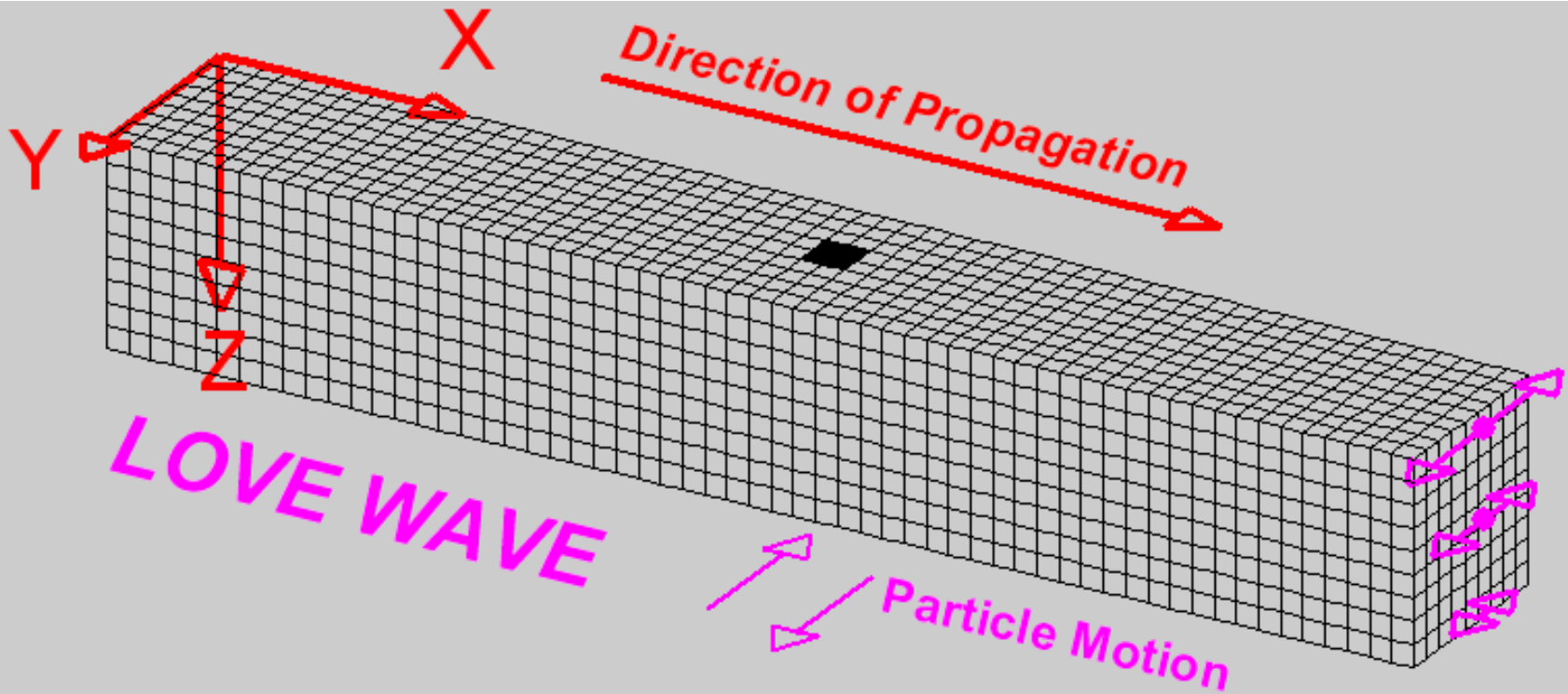
# Rayleigh Wave (R-Wave) Animation



*Převzato z prezentace Braile L., Braile S. (2011): Making Waves: Seismic Waves Activities and Demonstrations*



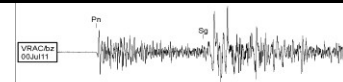
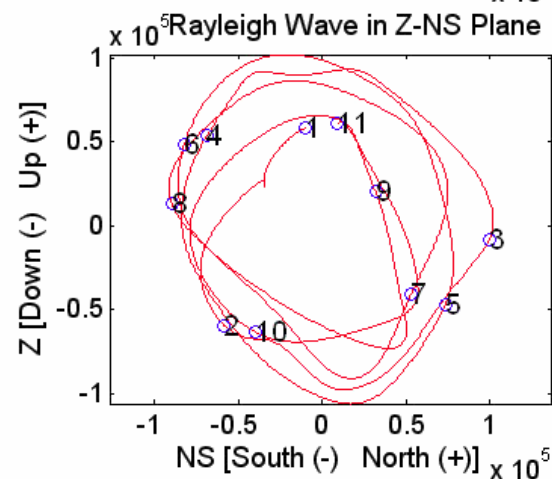
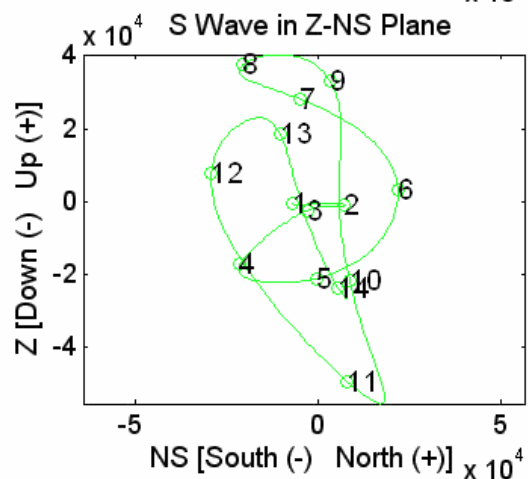
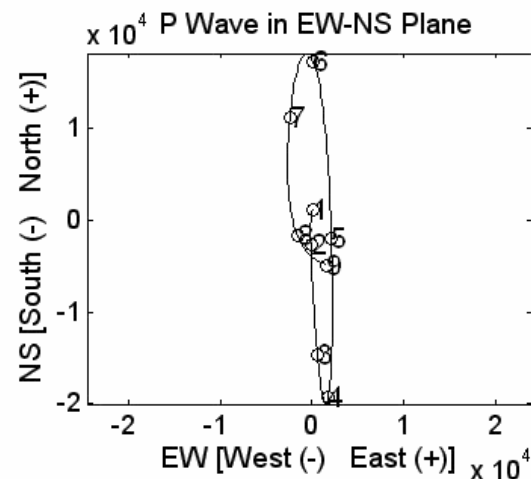
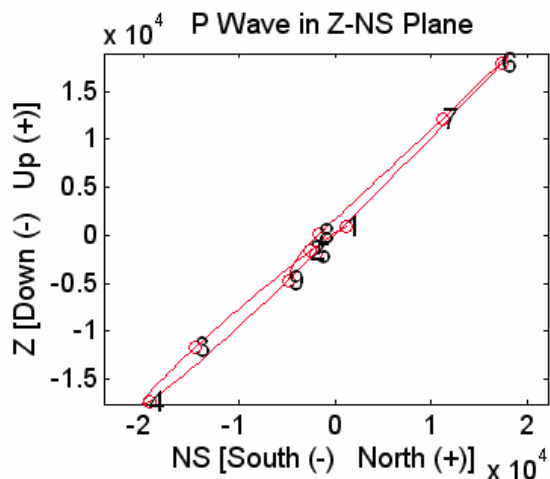
# Love Wave (L-Wave) Animation



**Převzato z prezentace Braile L., Braile S. (2011): Making Waves: Seismic Waves Activities and Demonstrations**

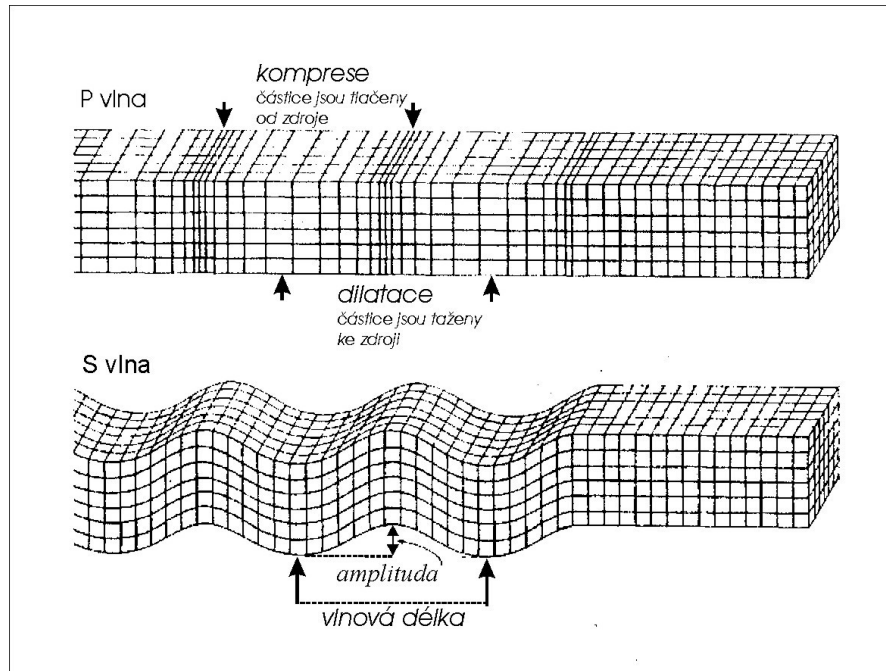


Částice tak ve vhodně orientovaném dvourozměrném řezu vykonávají pohyb charakterizující typ seismické vlny.

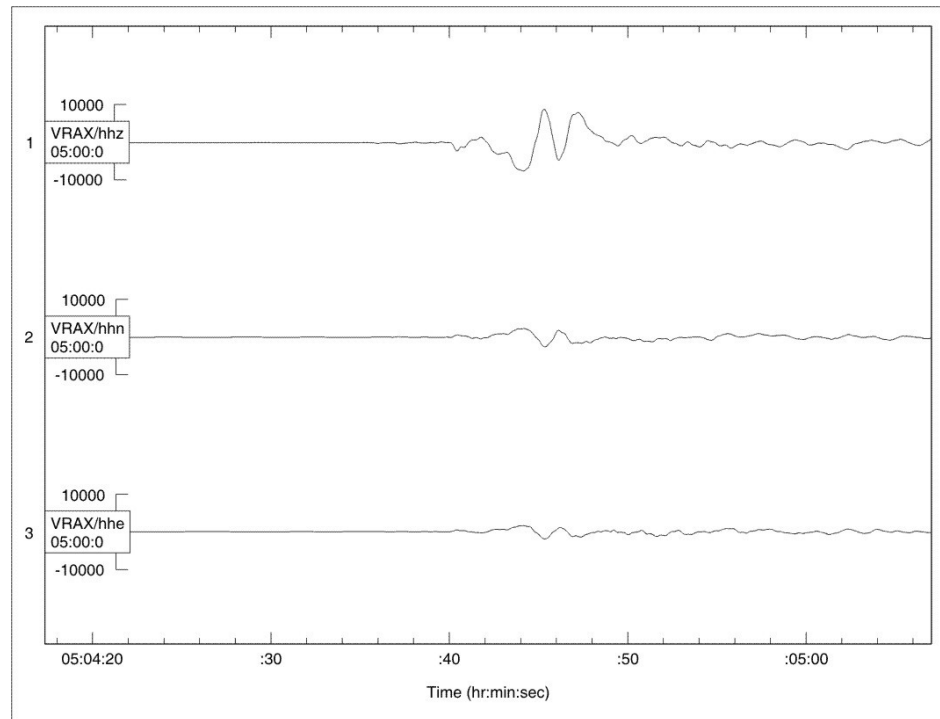


## c) Určení azimutu na základě polarizační analýzy P vlny

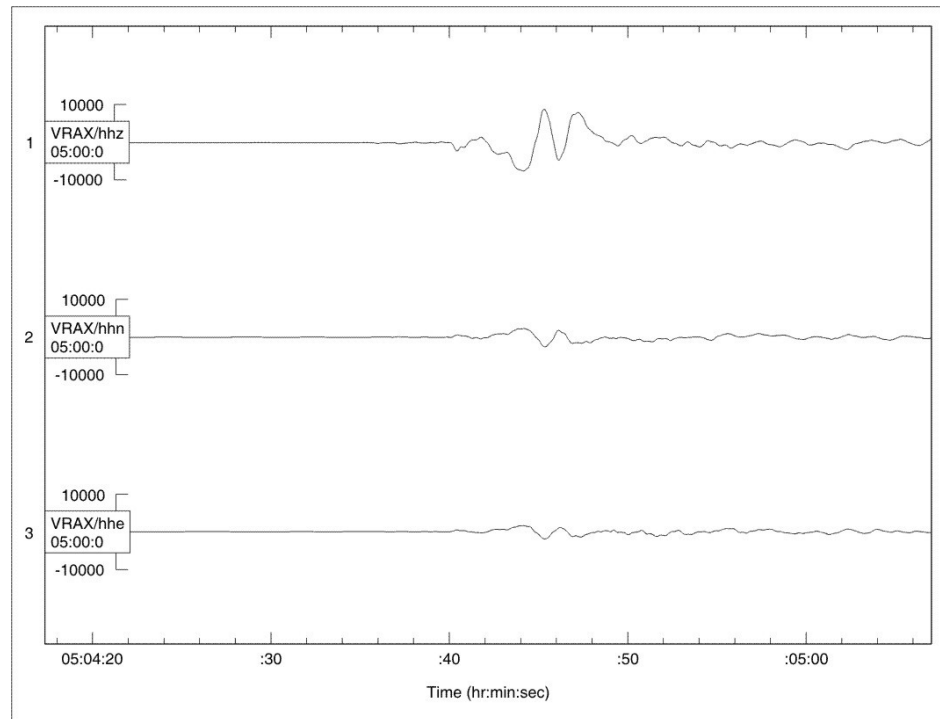
Usměrnění kmitání u podélné vlny lze využít k určení azimutu a inklinace seismického paprsku v místě detekce.



Při znázornění všech tří vzájemně kolmých složek záznamu třísložkové seismologické stanice je patrné, že amplitudy se v různých směrech zřetelně liší. Tato skutečnost je výsledkem usměrnění v jediném směru – do tří vzájemně kolmých sledovaných směrů se pak podélná vlna promítá různou měrou v závislosti na směru polarizace.

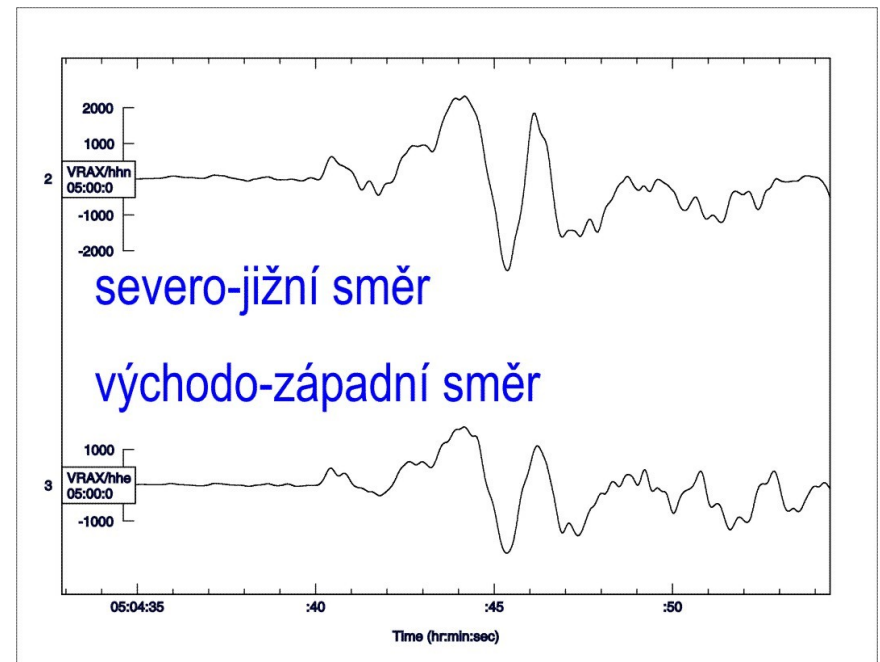


V případě vzdálených zemětřesení je detekován signál s velkými hodnotami inklinace, tedy signál přicházející z hloubky. Usměrnění podélné vlny se pak projevuje tak, že největší amplitudy signálu jsou zjištěny na vertikální složce záznamu, kmitání v horizontálním směru se děje s výrazně menší amplitudou.

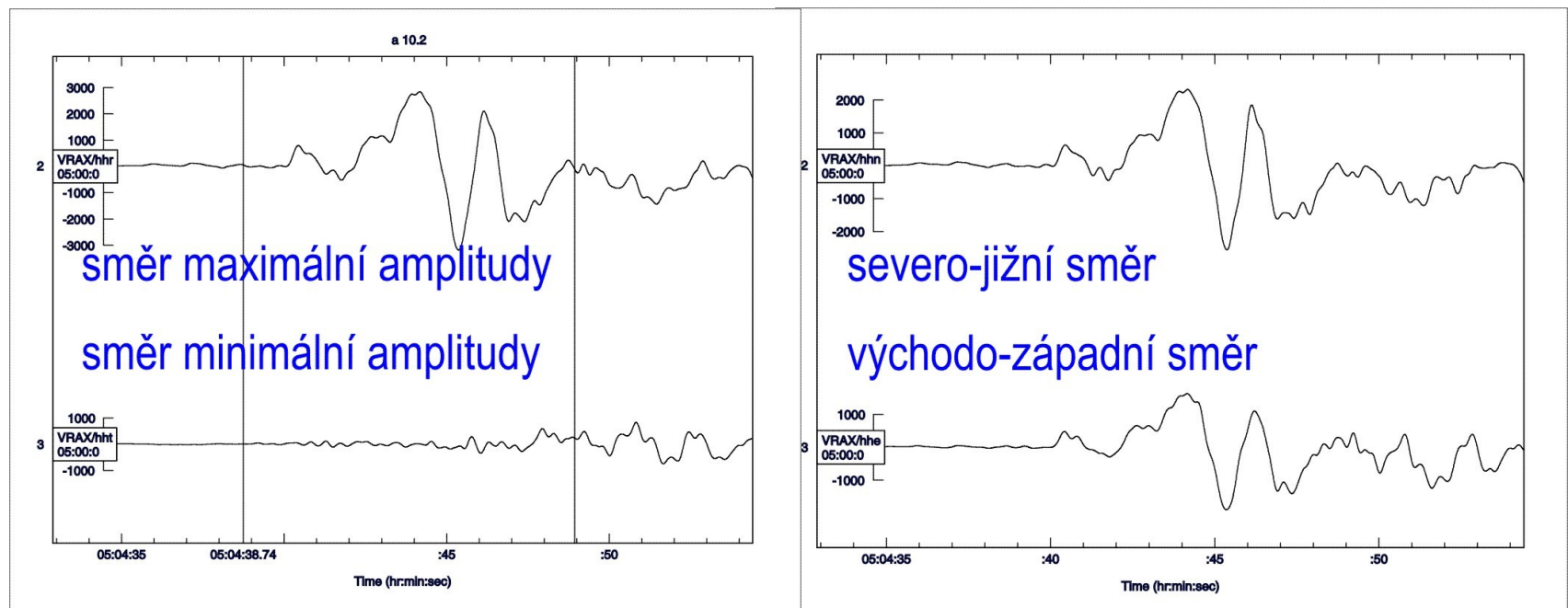


Rozdíl je také v amplitudě kmitání ve směru sever-jih a východ-západ.

Při **polarizační analýze** je využito usměrnění podélné vlny ve směru šíření signálu. Je tedy hledán takový horizontální směr, ve kterém je amplituda vlny maximální – ve směru kolmém na tento směr by naopak měla být amplituda užitečného signálu nulová.

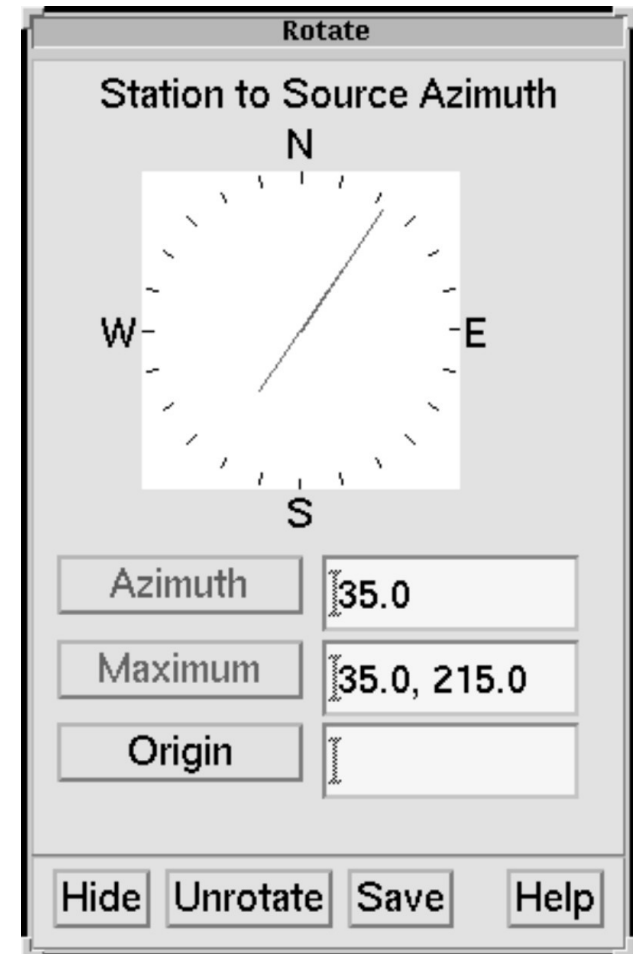
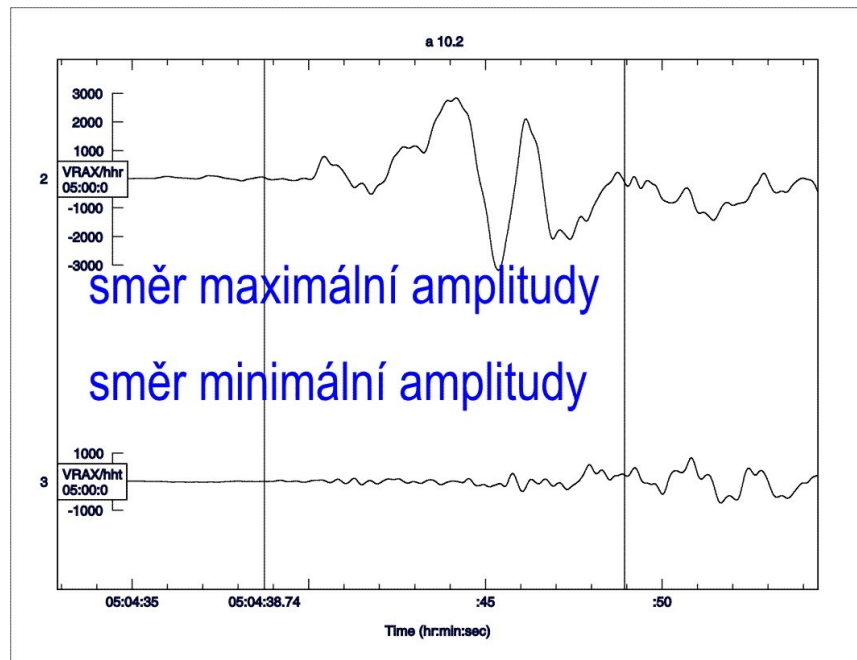


Signál horizontálních složek je v rámci polarizační analýzy přepočítáván tak, že je uměle počítán signál, který by byl zaznamenán na horizontálních složkách potočených vůči zeměpisným souřadnicím o určitý známý úhel. Cílem je nalézt takové potočení, při kterém je signál na jedné složce maximální, zatímco na druhé složce zcela vymizí.

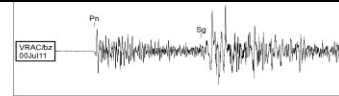
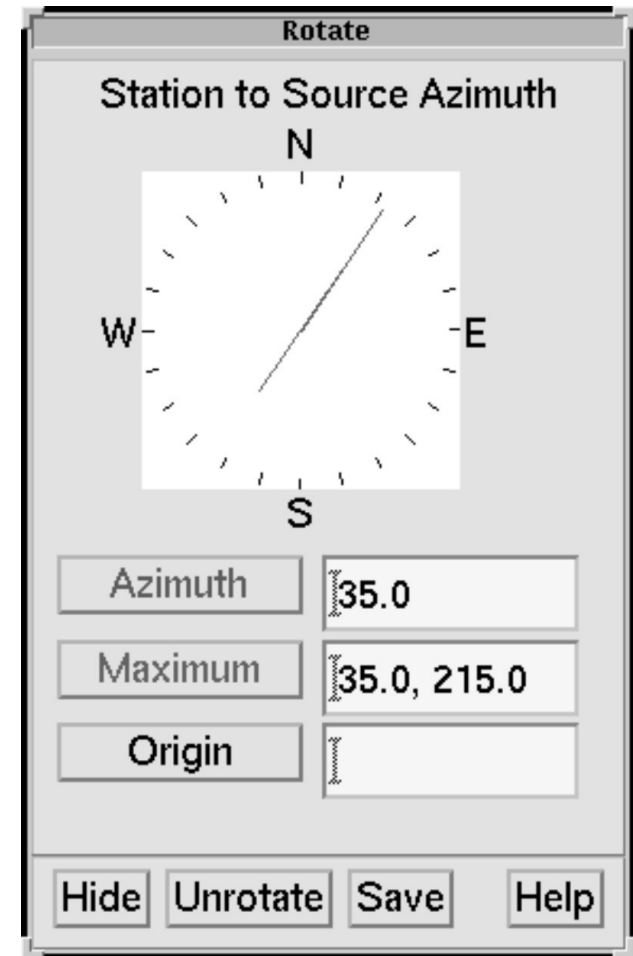
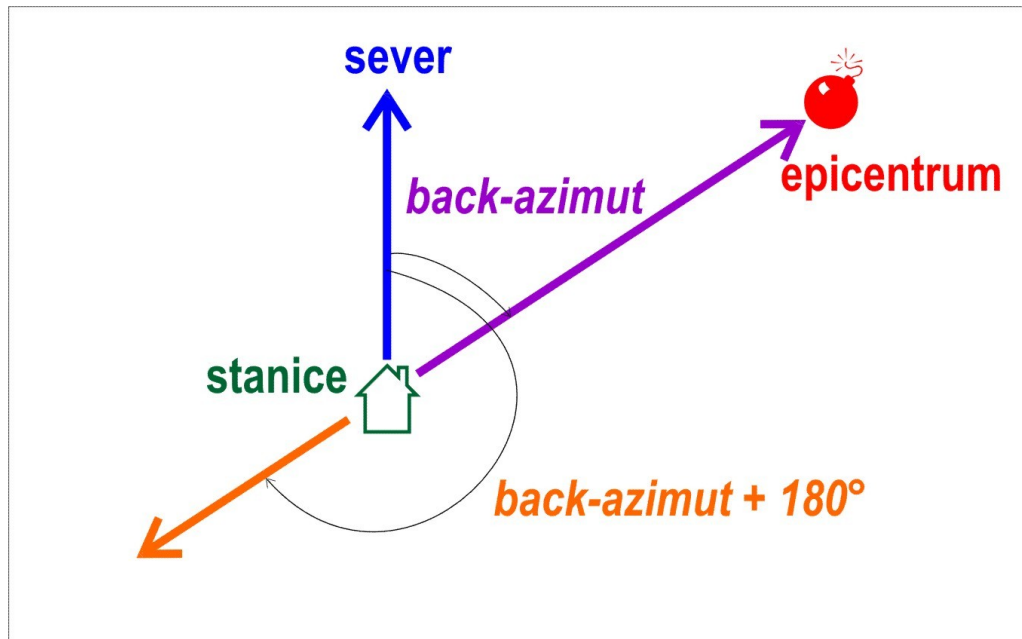




Hledaný směr je popsán dvěma azimuty s rozdílem  $180^\circ$  - oba azimuty tedy popisují jedinou přímku.

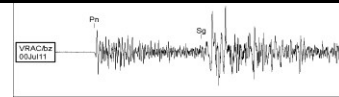
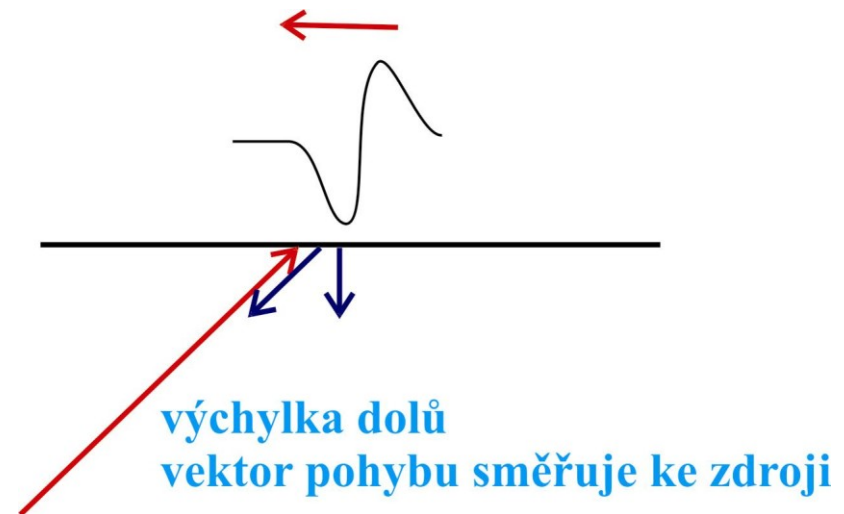
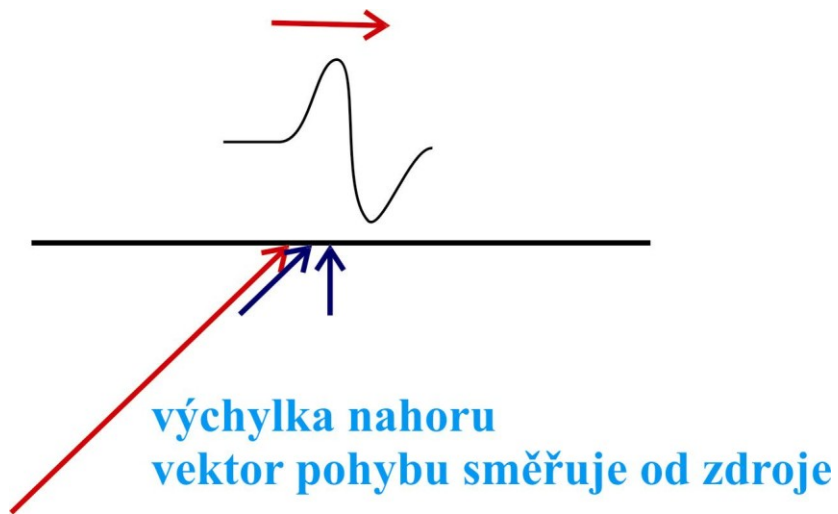


Hledaný směr je popsán dvěma azimuty s rozdílem  $180^\circ$  - azimuty tedy popisují dva opačné směry na jediné přímce. Pouze jeden z azimutů je back-azimut.

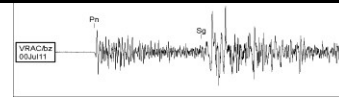
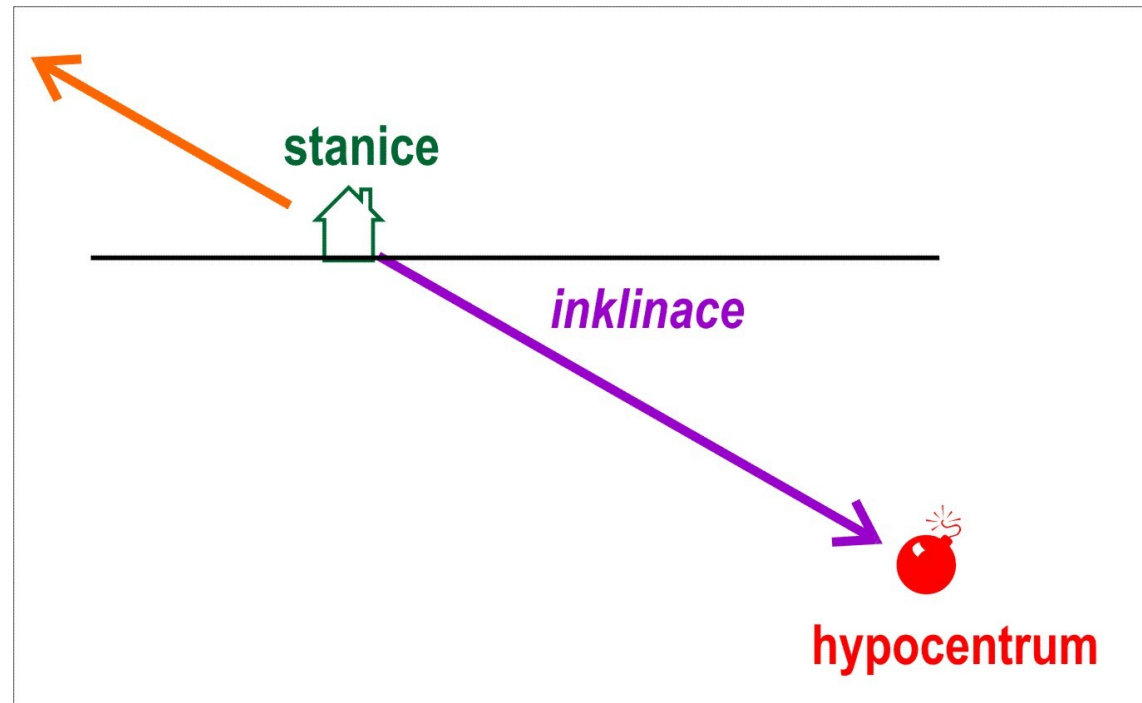


Při polarizační analýze v ploše kolmé k zemskému povrchu a paralelní se směrem maximální horizontální amplitudy lze ale snadno určit inklinaci vektoru pohybu kmitajících částic.

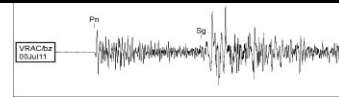
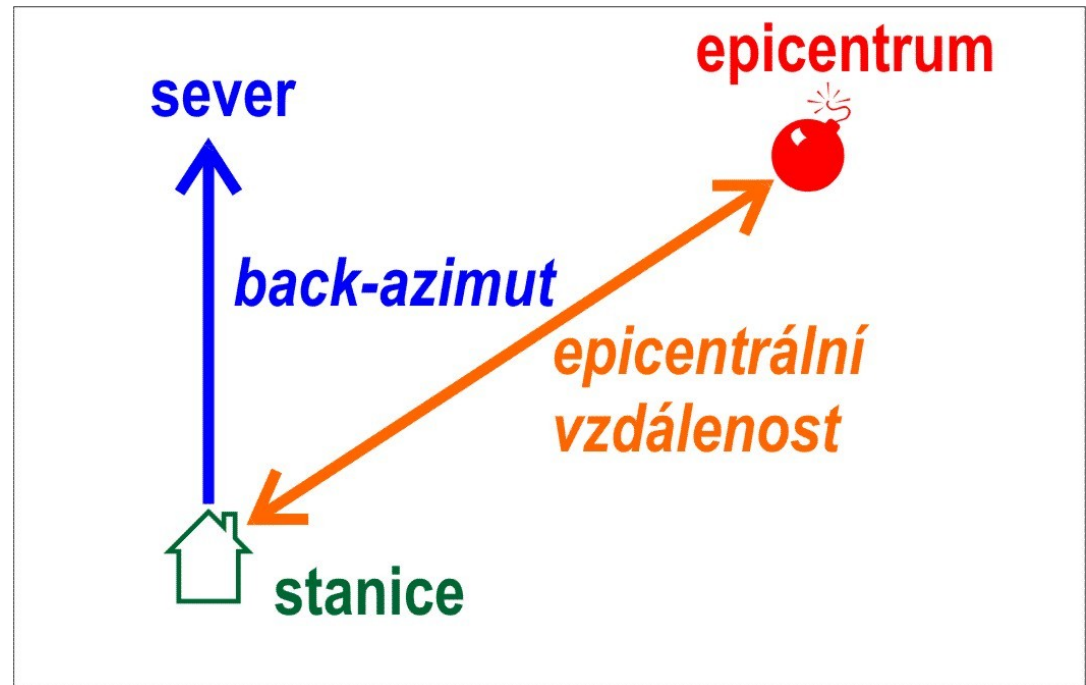
Vertikální složka vektoru může směřovat vzhůru nebo dolů, podle toho zda impuls směřuje od zdroje či ke zdroji.



V případě zemětřesení signál přichází z nitra Země, nikoli z atmosféry, což jasně určuje, který z nalezených azimutů je back-azimut.



Známe-li back-azimut a epicentrální vzdálenost, můžeme určit polohu epicentra otřesu. **Přibližné** určení epicentra zemětřesení je tedy v ideálních případech možné i jen ze záznamu **jedné jediné** seismické stanice. Přesnost tohoto určení však není velká. Přesnost závisí na kvalitě záznamu a na dobré znalosti prostředí, kterým prochází seismický signál.

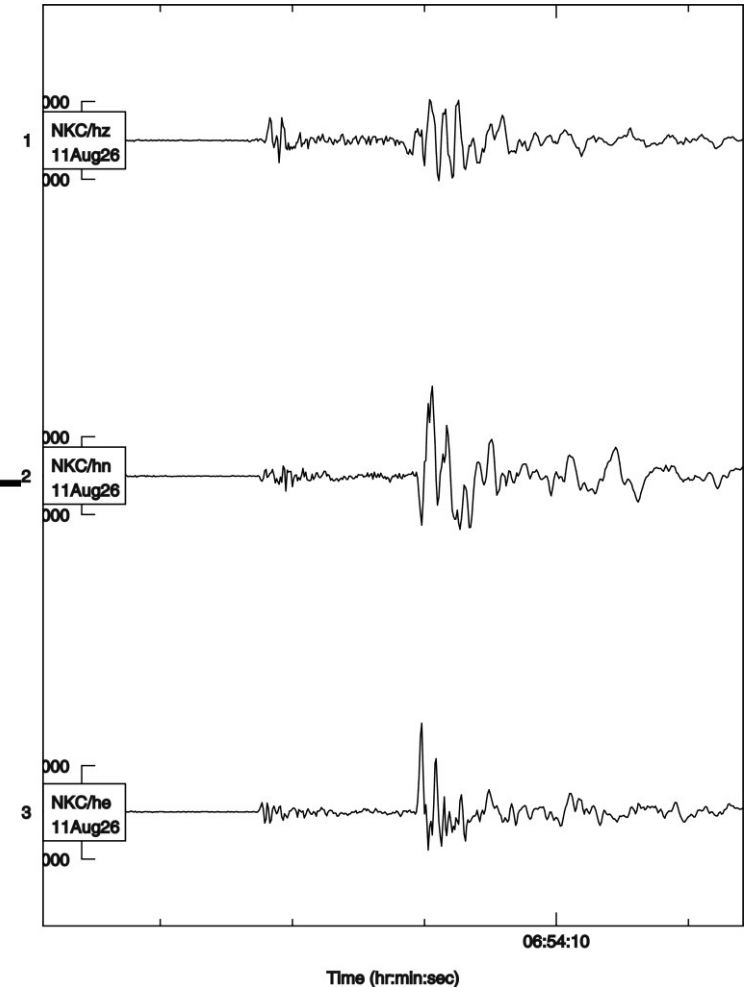
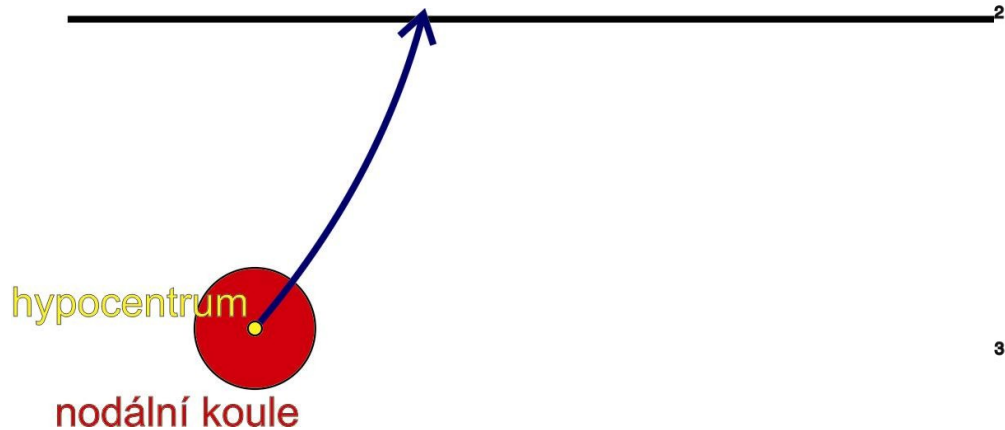


## d) Inklinace seismického paprsku

hloubka  $\gg$  epicentrální vzdálenost

Paprsek protíná nodální kouli v horní hemisféře

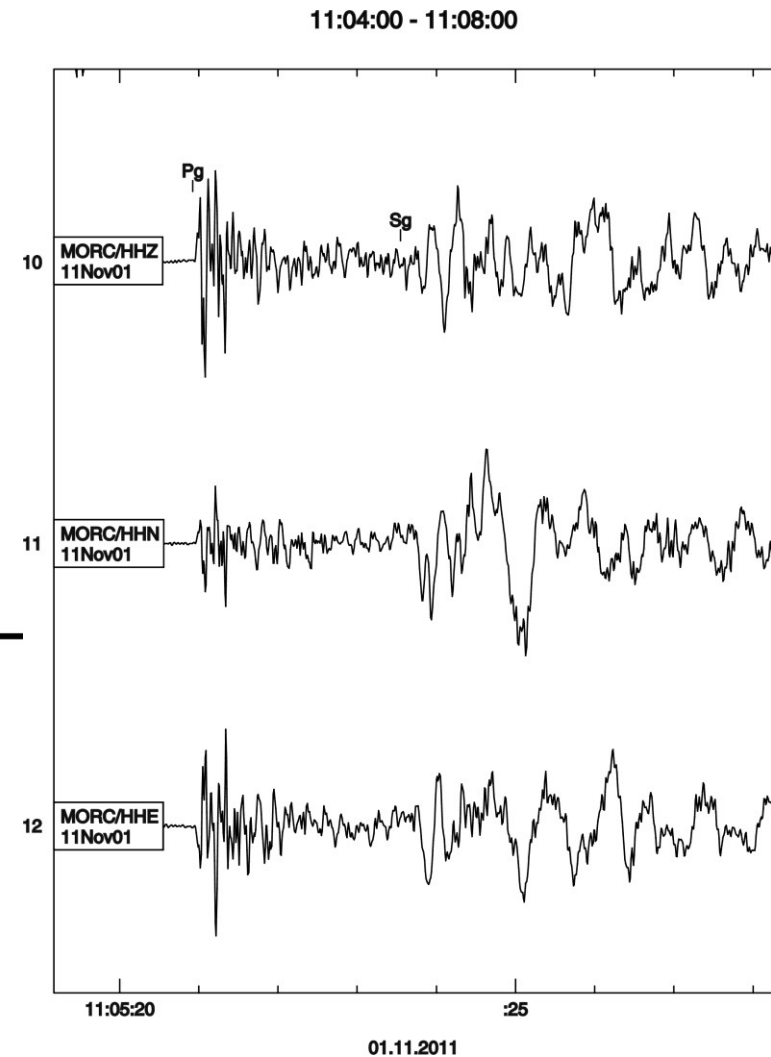
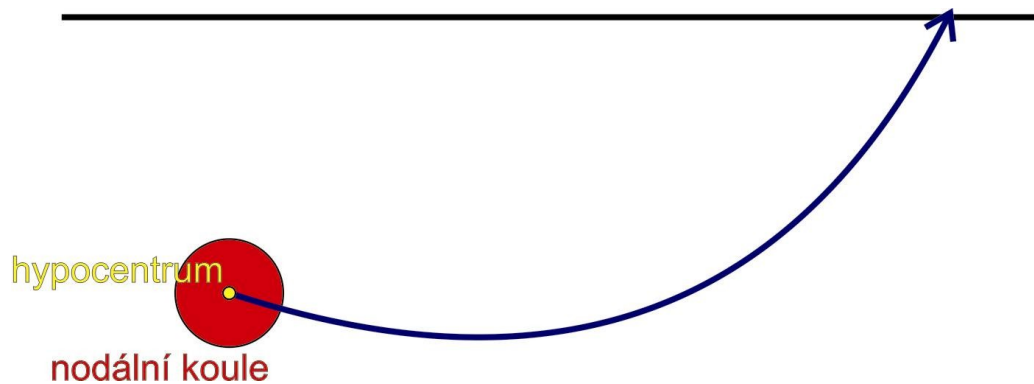
Vysoké hodnoty inklinace



## hloubka $\ll$ epicentrální vzdálenost

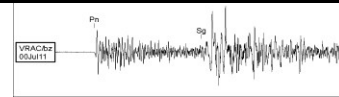
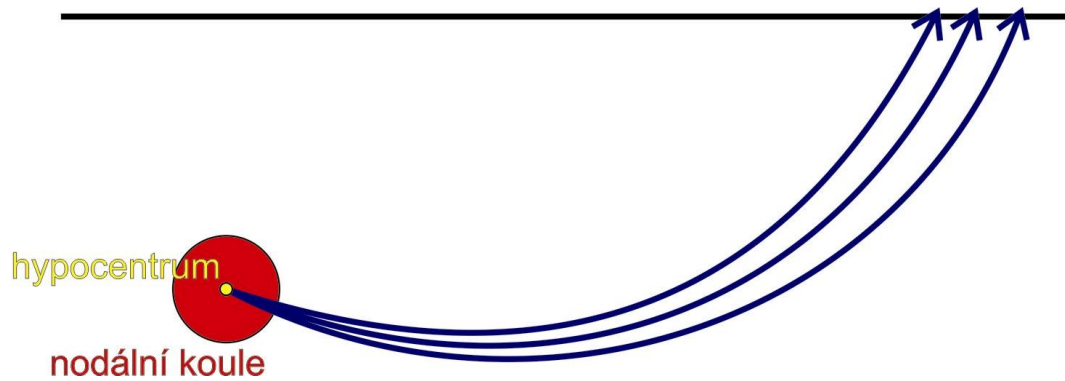
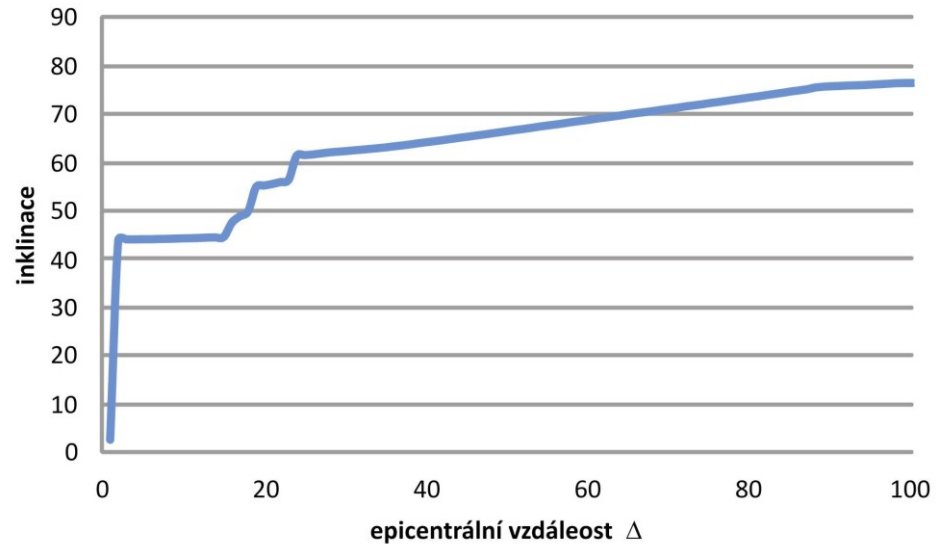
Paprsek protíná nodální kouli v dolní hemisféře.

Pro mělké jevy v některých vzdálenostech mohou být hodnoty inklinace relativně malé



hloubka  $\ll$  epicentrální vzdálenost

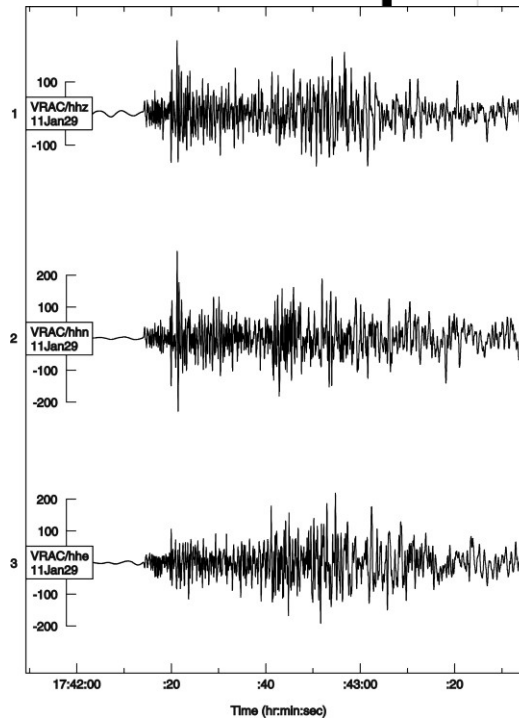
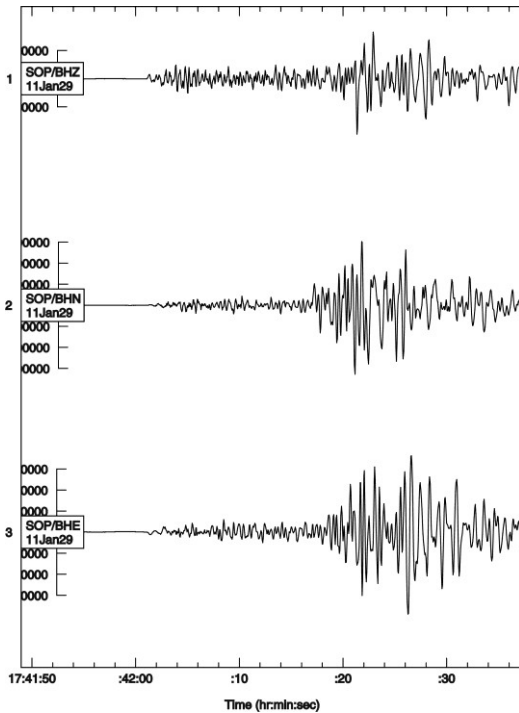
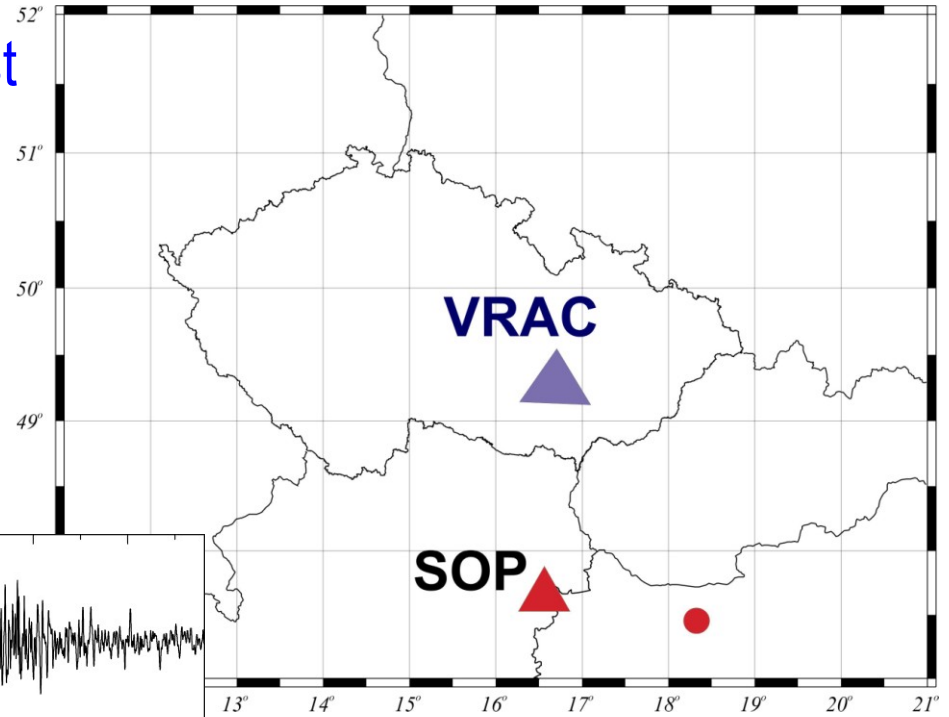
Hodnota inklinace roste  
s epicentrální vzdáleností





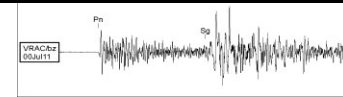
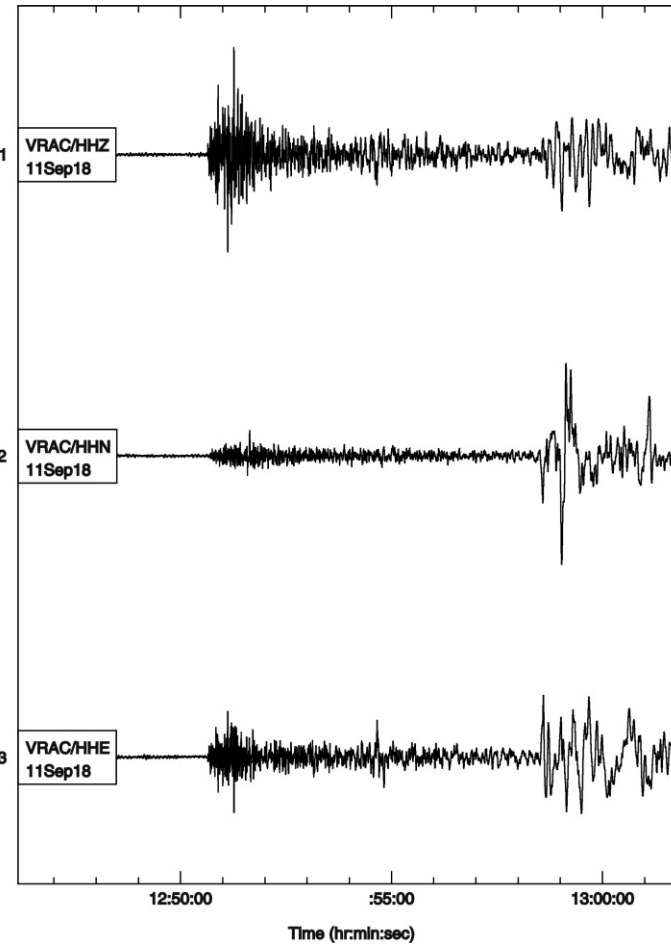
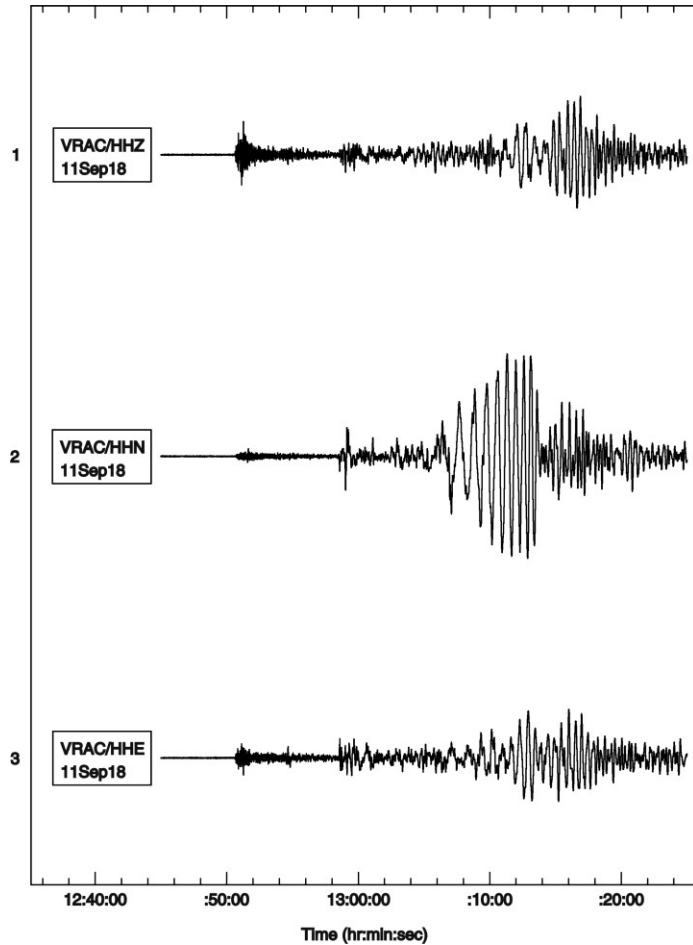
hloubka  $\ll$  epicentrální vzdálenost

Regionální jevy



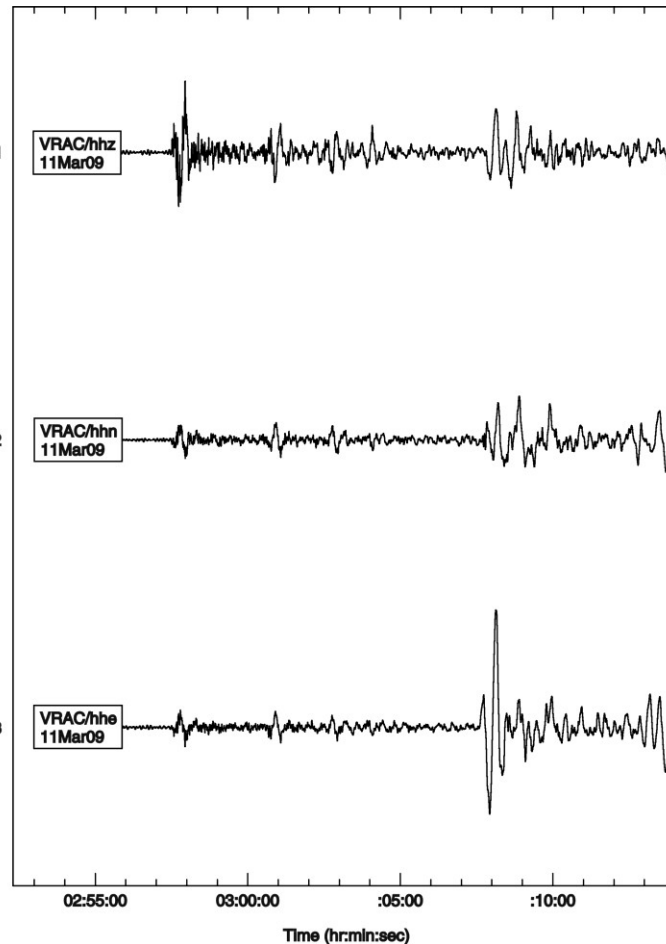
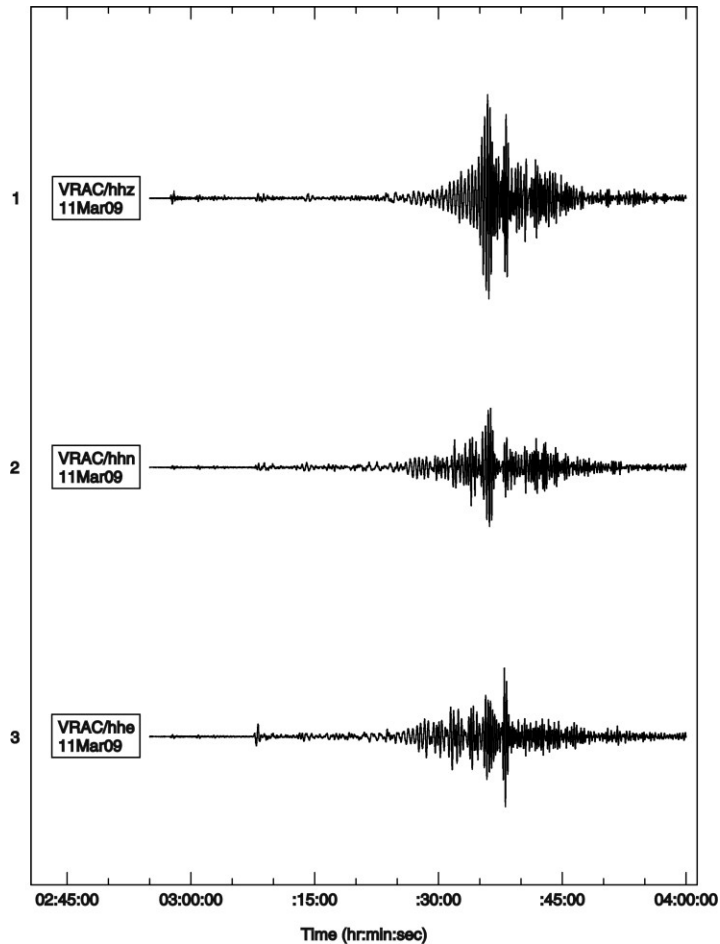
hloubka  $\ll$  epicentrální vzdálenost

## Vzdálené jevy (Indie)



hloubka  $\ll$  epicentrální vzdálenost

## Vzdálené jevy (Japonsko)



11:22:00 - 11:27:00

## efekty povrchových jevů

Zvukové vlny  
(signál přichází z atmosféry)

