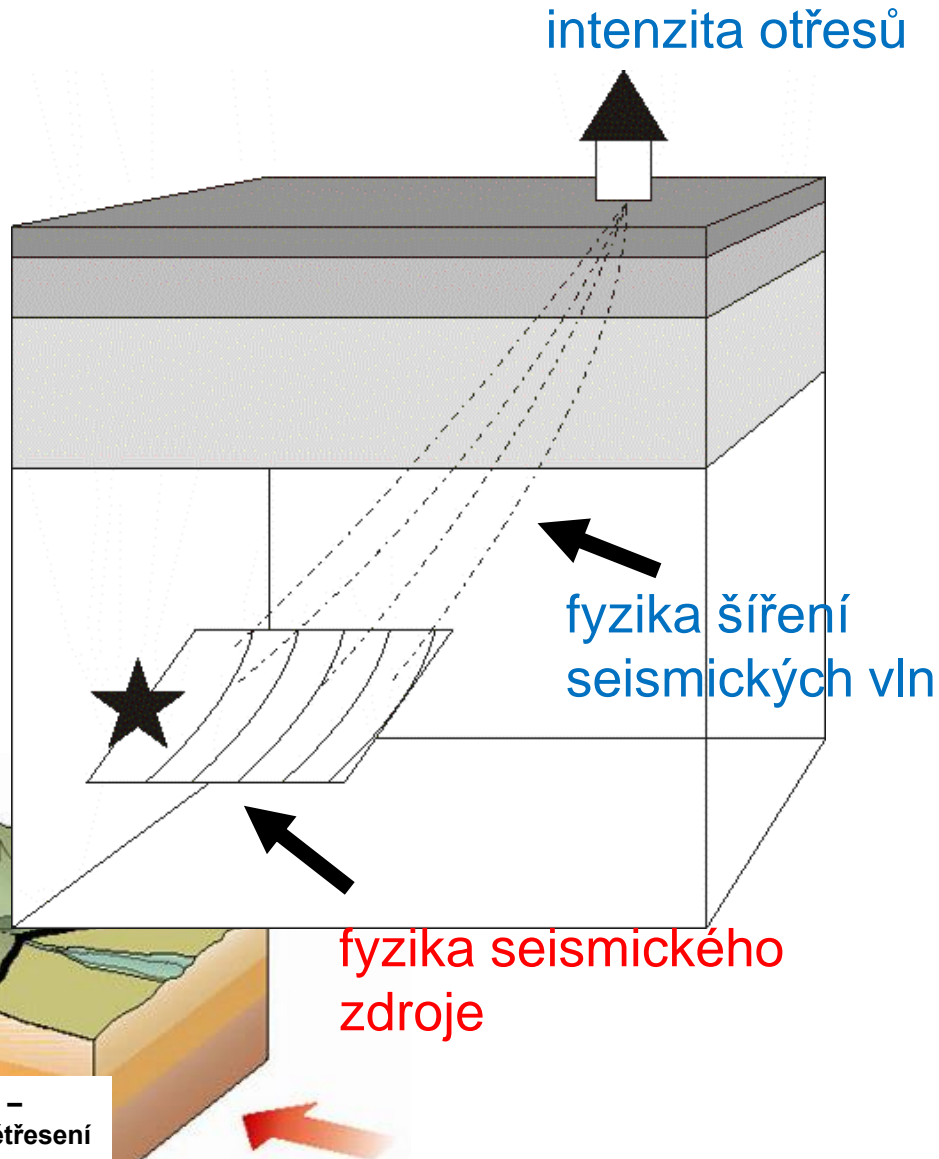
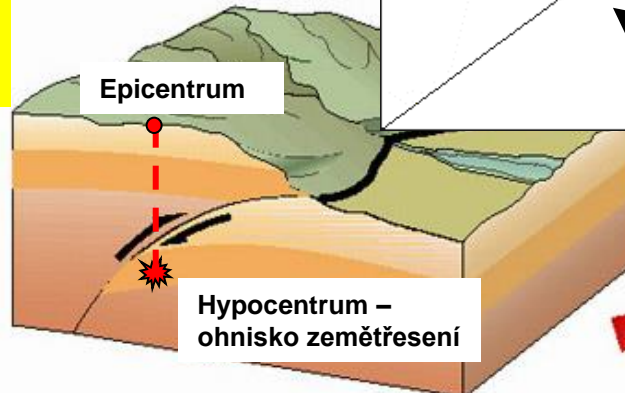
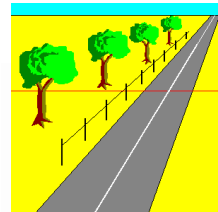
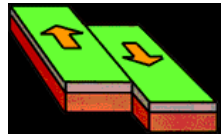
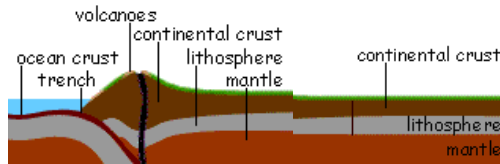


Seismologie – fyzika seismického zdroje

Zemětřesení:

náhlé uvolnění akumulované elastické energie
pohybem po zlomu



Seismologie – fyzika seismického zdroje

Zemětřesení:

Jednoduchá aproximace vztahu mezi seismickým pohybem a parametry zdroje:

$$\mathbf{u} = \mathbf{G}\mathbf{m}$$

\mathbf{u} ... seismický pohyb na stanici

\mathbf{G} ... Greenova funkce (konfigurace zdroj-stanice, parametry prostředí)

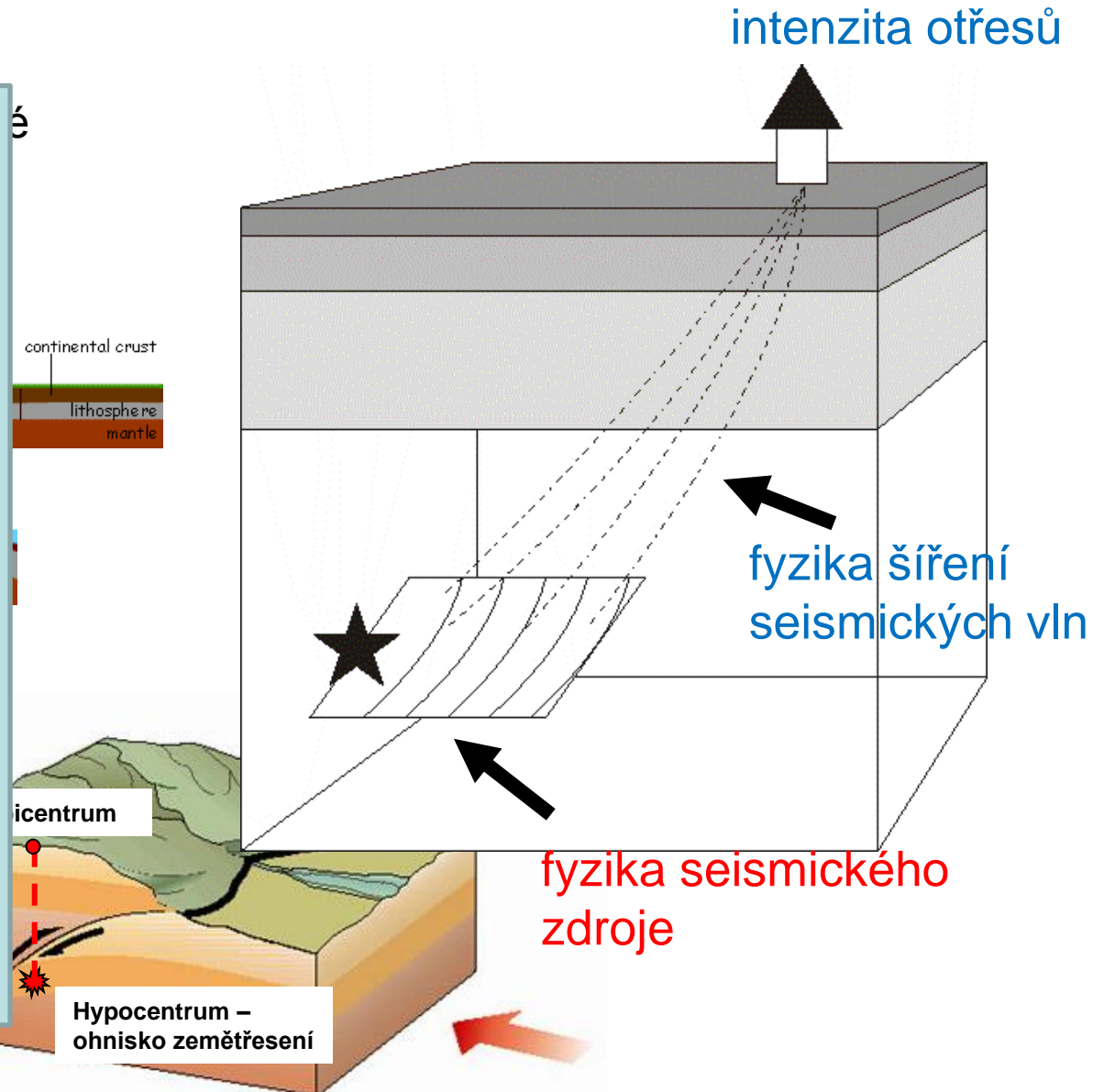
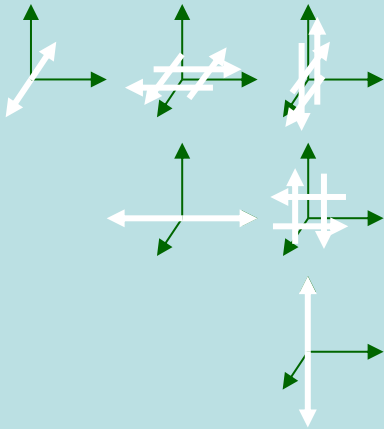
\mathbf{m} ... popis zdroje

Obrácená úloha:

$$\mathbf{m} = \mathbf{G}^{-1}\mathbf{u}$$

$\mathbf{m} \rightarrow \mathbf{M}$... tenzor seismického momentu

\mathbf{M} : symetrický 3x3



Relativní určování tenzorů seismického momentu ve shluku jevů

$$\mathbf{A}^j(t) = \begin{pmatrix} u_{j1}(t) a_{11} & \dots & u_{j1}(t) a_{16} \\ \vdots & & \vdots \\ u_{jm}(t) a_{m1} & \dots & u_{jm}(t) a_{m6} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{S}_i = (m_{i1}, \dots, m_{i6})^T,$$

n jevů pozorovaných na m stanicích:
 → určit n momentových tenzorů \mathbf{S}_i

data: $u_{ij}, j=1, \dots, n; i=1, \dots, m$

geometrie paprsků: $a_{kl}, k=1, \dots, m; l=1, \dots, 6$
 (konfigurace stanic a ohniska, rychlostní model prostředí)

$$\begin{pmatrix} -\mathbf{A}^2(t) & \mathbf{A}^1(t) & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ -\mathbf{A}^3(t) & \mathbf{0} & \mathbf{A}^1(t) & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ -\mathbf{A}^n(t) & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{A}^1(t) \\ \mathbf{0} & -\mathbf{A}^3(t) & \mathbf{A}^2(t) & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & -\mathbf{A}^4(t) & \mathbf{0} & \mathbf{A}^2(t) & \dots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \mathbf{0} & -\mathbf{A}^n(t) & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{A}^2(t) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{A}^n(t) & -\mathbf{A}^{n-1}(t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{S}_1 \\ \mathbf{S}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{S}_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \vdots \\ \mathbf{0} \end{pmatrix}$$

konst. $\neq 0$ $\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^6 m_{ik} \neq 0$

$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^6 |m_{ik}| \neq 0$
 $\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^6 (m_{ik})^2 \neq 0$?

netriviální řešení					
1	1	1	1	1	1

Relativní určování tenzorů seismického momentu ve shluku jevů

lineární soustava
triviální řešení

trik: „netrivializace“ soustavy přidáním
podmínky – vazby mezi elementy M_{ij}

záměr: implementace vazby s fyzikálním
smyslem, např. normy

n jevů pozorovaných na m stanicích:
→ určit n momentových tenzorů S_i

data: $u_{ij}, j=1, \dots, n; i=1, \dots, m$

geometrie paprsků: $a_{kl}, k=1, \dots, m; l=1, \dots, 6$
(konfigurace stanic a ohniska, rychlostní model prostředí)

$$\begin{pmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\mathbf{A}^n(t) & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{A}^1(t) \\ \mathbf{0} & -\mathbf{A}^3(t) & \mathbf{A}^2(t) & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & -\mathbf{A}^4(t) & \mathbf{0} & \mathbf{A}^2(t) & \dots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{0} & -\mathbf{A}^n(t) & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{A}^2(t) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{A}^n(t) & -\mathbf{A}^{n-1}(t) \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \mathbf{S}_1 \\ \mathbf{S}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{S}_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix}$$

konst. $\neq 0$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^6 m_{ik} \neq 0$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^6 |m_{ik}| \neq 0$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^6 (m_{ik})^2 \neq 0$$

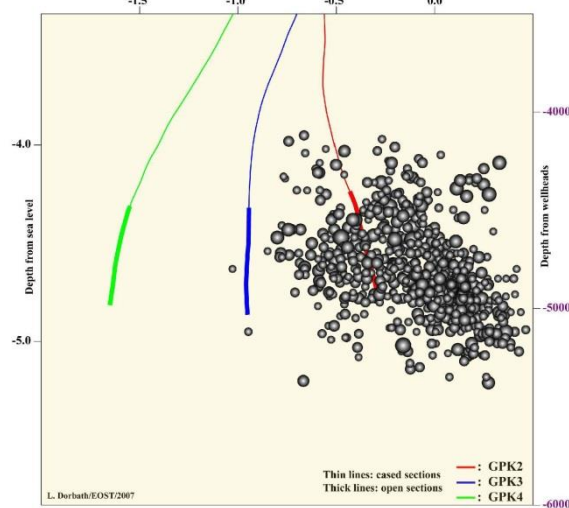
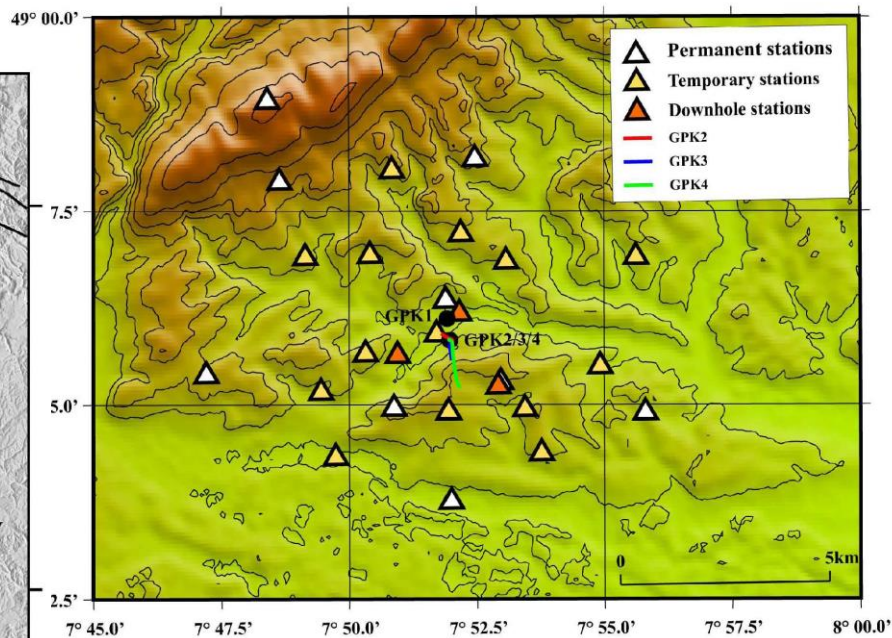
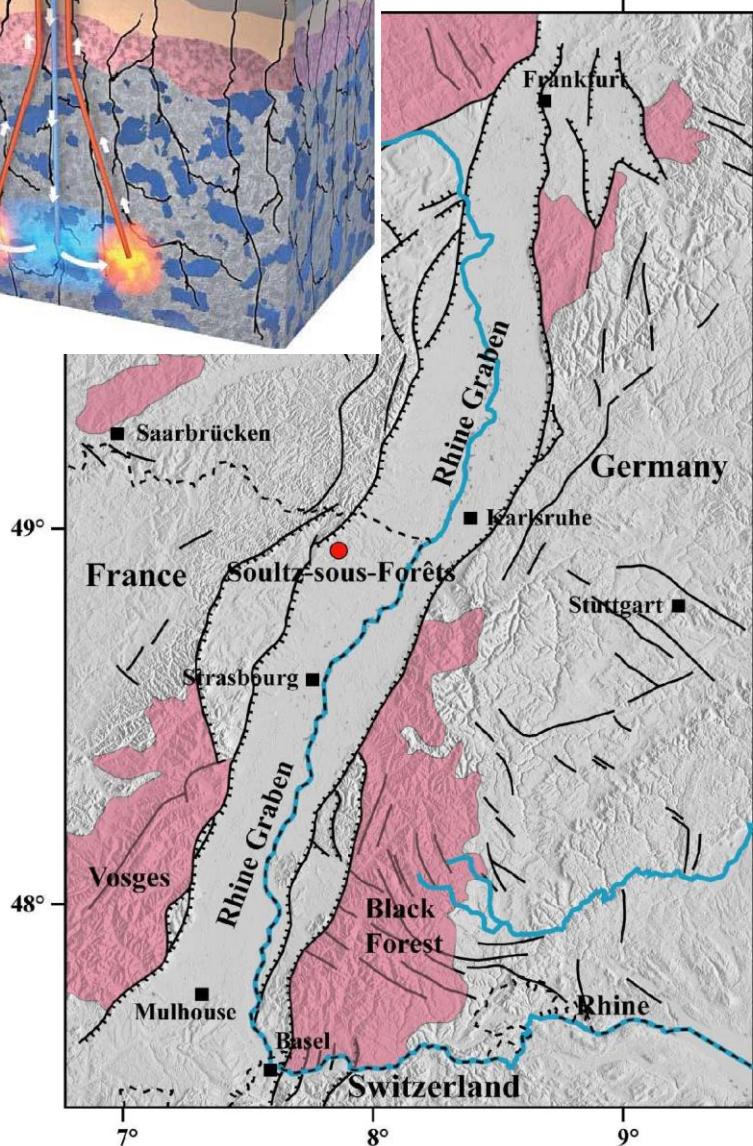
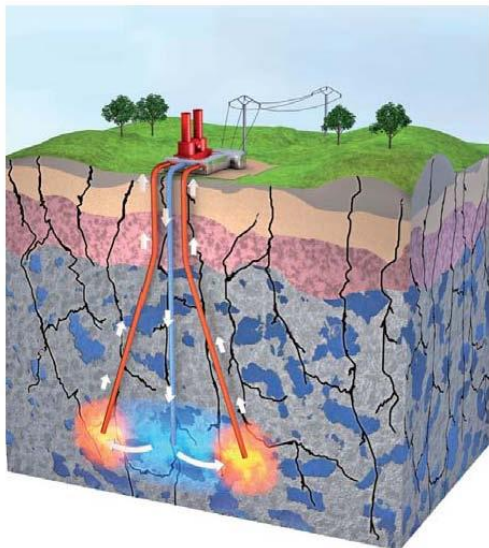
?

netriviální řešení

1 1 1 1 1 1

Geotermální elektrárna Soultz-sous-Forêts

Mechanismy mikro-zemětřesení indukovaných hydrofrakováním vrtů jako nástroj kontroly propustnosti geotermálního výměníku

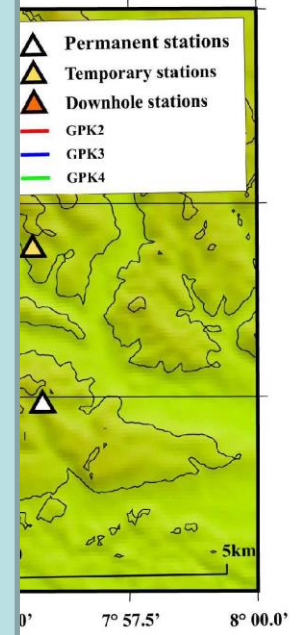
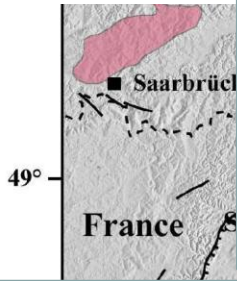
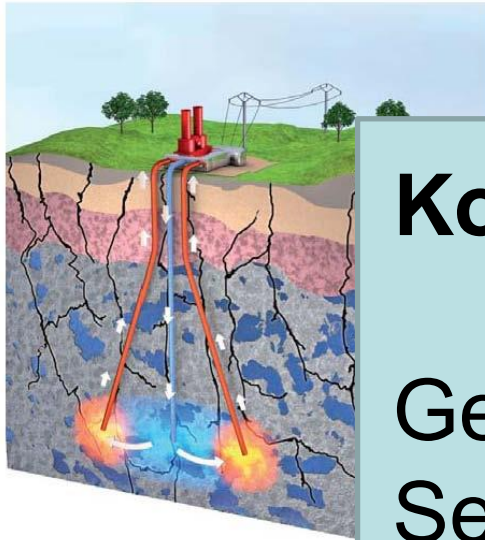


Geotermální elektrárna Soultz-sous-Forets

Mechanismy mikro-zemětřesení indukovaných hydrofrakováním vrtů
jako nástroj kontroly propustnosti geotermálního výměníku

Kontakt:

Geofyzikální ústav AV ČR
Seismické oddělení
Jan Šílený
jsi@ig.cas.cz



Aplikace: zemětřesné roje (např. západní Čechy)
průmyslová seismicita

- důlní otřesy
- mikrozemětřesení vyvolaná tlakovou injektáží do vrtů
 - ropa, zemní plyn
 - geotermální energie

