

Závěrečné setkání / Abschlussveranstaltung GEORISKS



17. 9. 2021 Litoměřice
Josef Rott



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

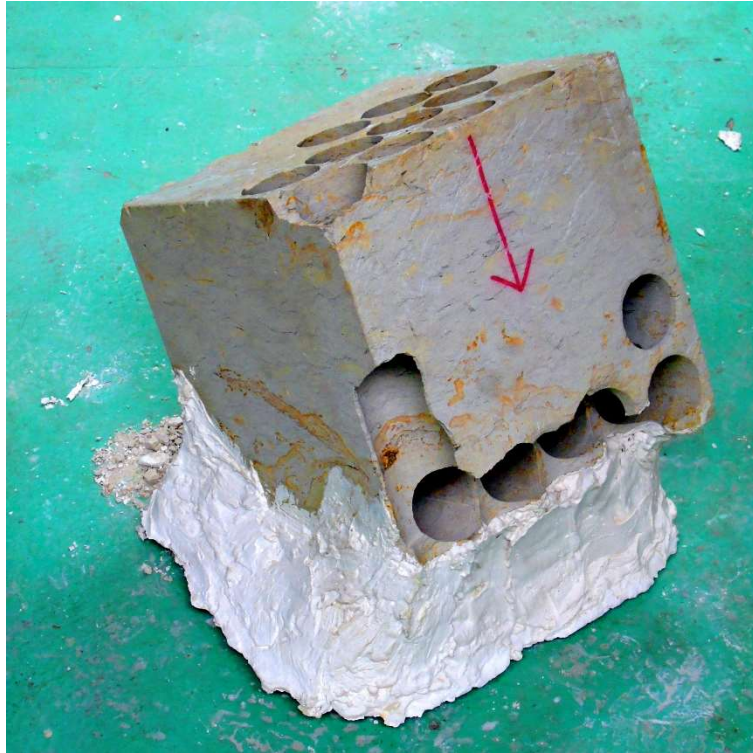
Georisks

Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Sandstone lab tests



- ☐ Sandstone blocks 30 x 30 x 30 cm
- ☐ Lokalita POSTA
- ☐ Triaxial, Brazilian (tension) tests, Uniaxial strength tests
- ☐ Stiffness anisotropy tests
- ☐ Various orientation of the samples (



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

Georisks

Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Sample documentation



- ☐ 29 cylindrical samples
- ☐ 25 disc samples for Brazilian tests
- ☐ 3 spherical samples for the anisotropic stiffness
- ☐ Geological Institute of Academy of Sciences, ČR



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

Georisks

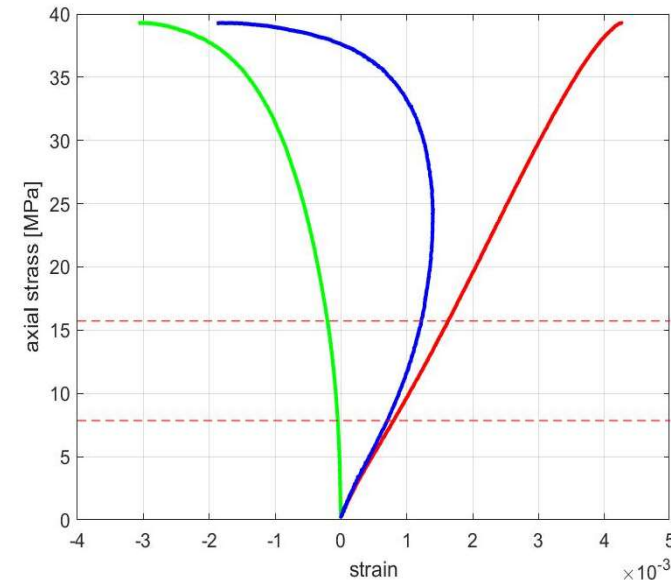
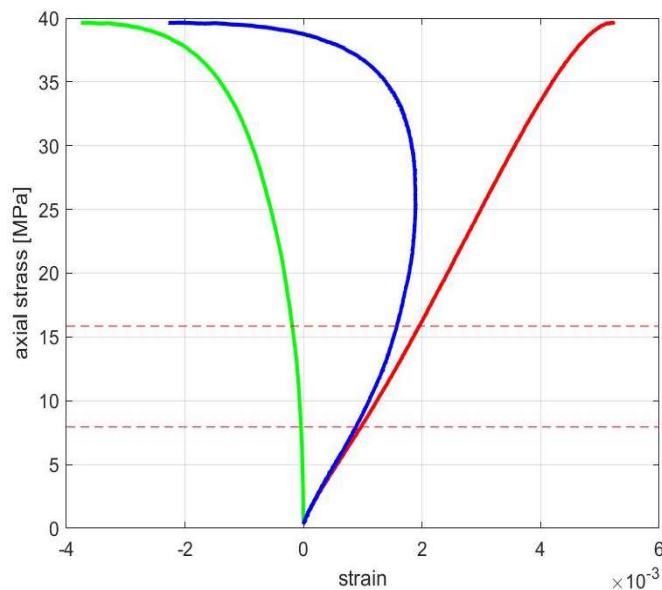
Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Results_uniaxial strength

| zkušební těleso | orientace foliace | E | u | v | K | interval | | UCS |
|-----------------|-------------------|-------|-------|------|-------|----------|-------|-------|
| | | [GPa] | [GPa] | | [GPa] | [MPa] | [MPa] | [MPa] |
| 1 | horizontalni | 8.0 | 3.5 | 0.15 | 3.8 | 7.9 | 15.9 | 39.7 |
| 22 | sikma, 30° | 8.1 | 3.5 | 0.16 | 3.9 | 7.1 | 14.3 | 35.6 |
| 12 | vertikalni | 9.5 | 4.0 | 0.19 | 5.0 | 7.9 | 15.7 | 39.3 |



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

Georisks

Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Brazilian tests



- 3 orientations – vertical, horizontal, 30°

$$BTS = 0.637 * \frac{F_{\max}}{A}$$

$$DTS = 0.9 * BTS$$

Read and Richards
(2015)

- $BTS = 1,9 \pm 0,1 \text{ MPa}$
- $DTS = 1,7 \pm 0,1 \text{ MPa}$



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

Georisks

Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

„Dynamic“ stiffness



$$E_d = \frac{\rho v_S^2 (3v_P^2 - 4v_S^2)}{v_P^2 - v_S^2} \quad v_d = \frac{v_P^2 - 2v_S^2}{2(v_P^2 - v_S^2)}$$

$$\mu_d = \rho v_S^2 \quad K_d = v_P^2 - 4/3 v_S^2$$

- ☐ $E(d) = 16,6 - 17,8 \text{ GPa}$
- ☐ $m(d) = 7,7 - 8,0 \text{ GPa}$
- ☐ $n(d) = 0,06 - 0,15$
- ☐ Anisotropy ratio 1,08 – 1,09 – slight anisotropy



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

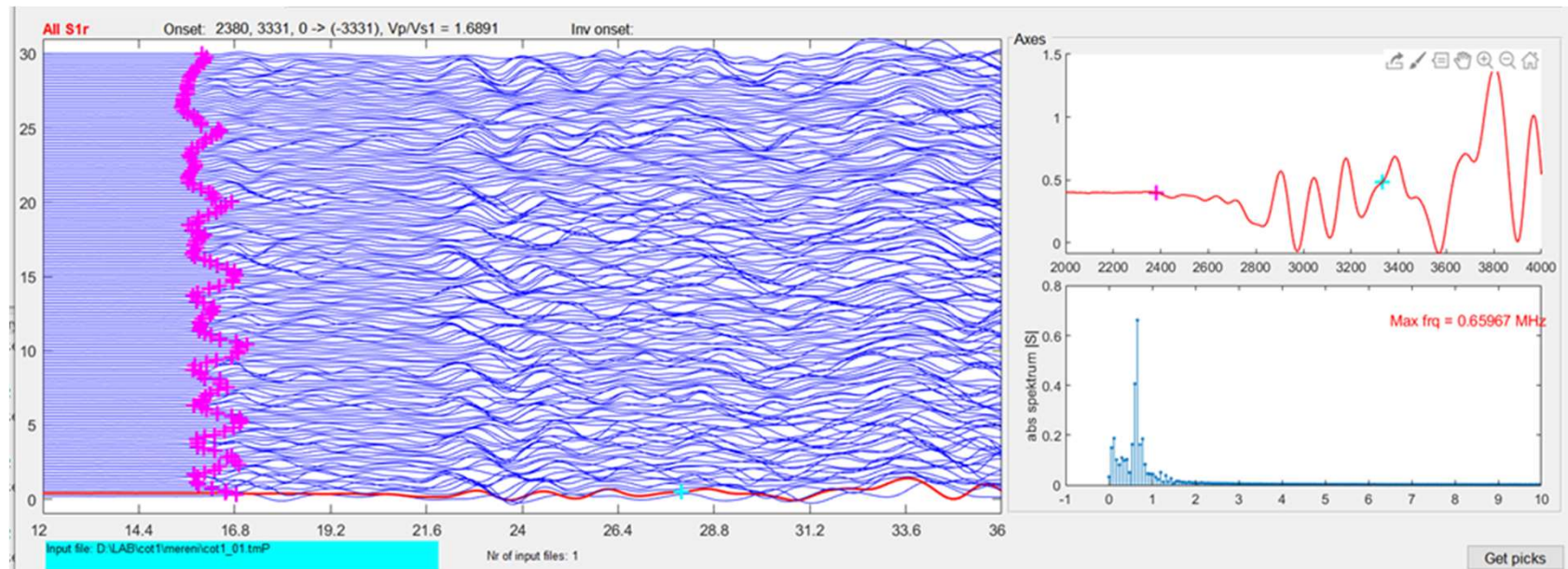
Georisks

Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Spherical samples



- ❑ 132 outputs of seismic waves – sample is rotated by 15° in both polar orientations



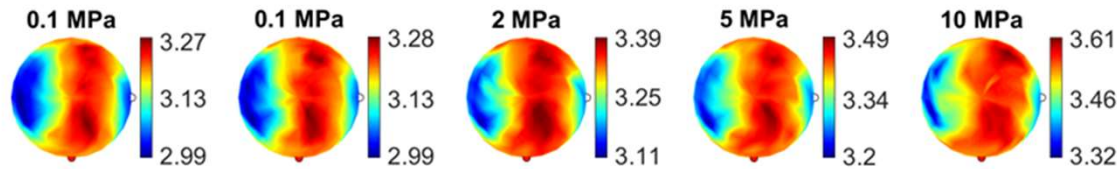
Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

Georisks
Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge

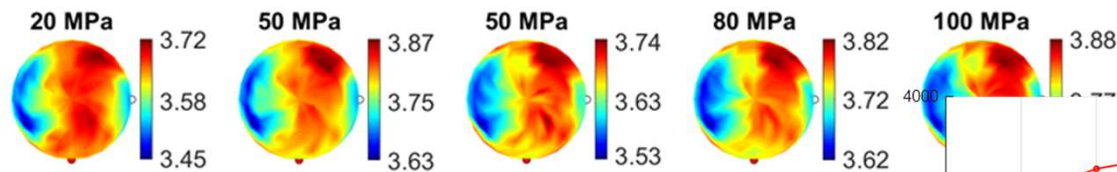


Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

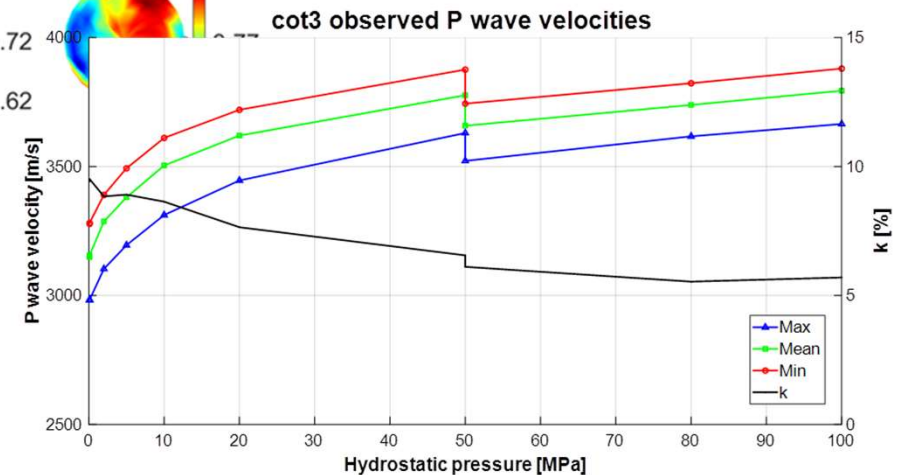
Spherical samples



☐ The influence of hydrostatic pressure



- ☐ Anisotropy in range 0,1 – 100 MPa of the 3rd sample – longitudinal waves
- ☐ Projection on the upper „globe“ surface



Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung. Evropská unie. Evropský fond pro regionální rozvoj.

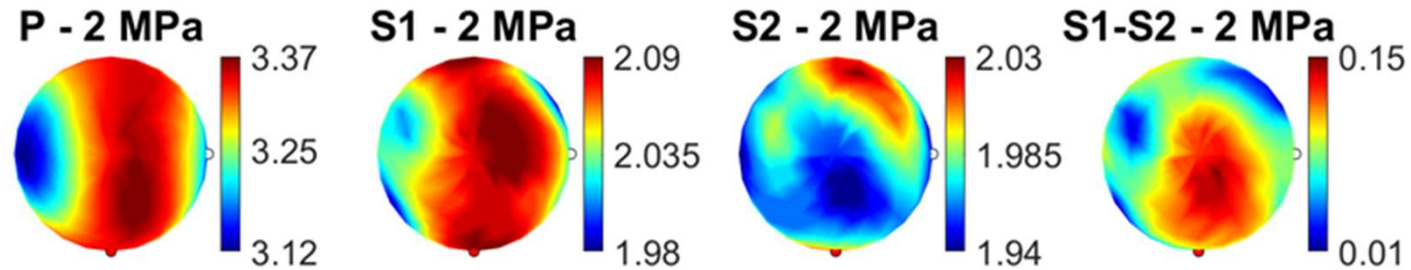
Georisks

Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Spherical samples



$$S_{ij} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_1} & -\frac{\nu_{21}}{E_2} & -\frac{\nu_{31}}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{12}}{E_1} & \frac{1}{E_2} & -\frac{\nu_{32}}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{13}}{E_1} & -\frac{\nu_{23}}{E_2} & \frac{1}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \frac{1}{\mu_{23}} & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{1}{\mu_{31}} & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{1}{\mu_{12}} \end{bmatrix}$$

☐ Shear waves + orthorhombic anisotropy

| 1 | 24.44 | 5.66 | 5.93 | -0.55 | -0.02 | 0.06 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2 | 5.66 | 24.59 | 6.11 | -0.12 | 0.15 | 0.15 |
| 3 | 5.93 | 6.11 | 21.43 | 0.08 | 0.11 | 0.00 |
| 4 | -0.55 | -0.12 | 0.08 | 8.34 | -0.22 | -0.10 |
| 5 | -0.02 | 0.15 | 0.11 | -0.22 | 8.73 | 0.04 |
| 6 | 0.06 | 0.15 | 0.00 | -0.10 | 0.04 | 9.38 |



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

Georisks
Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Spherical samples

| Inženýrské elastické konstanty | | | |
|--------------------------------|---------|-------|-------|
| E [GPa] , G [GPa] | | | |
| hydr. tlak | 0.1 MPa | 2 MPa | 5 MPa |
| E1 | 19.81 | 21.16 | 22.07 |
| E2 | 19.73 | 21.17 | 22.15 |
| E3 | 16.6 | 17.93 | 19.03 |
| v12 | 0.172 | 0.17 | 0.174 |
| v13 | 0.175 | 0.186 | 0.196 |
| v23 | 0.179 | 0.201 | 0.203 |
| G4 | 7.5 | 7.87 | 8.34 |
| G5 | 7.86 | 8.45 | 8.73 |
| G6 | 8.39 | 8.89 | 9.38 |

| Inženýrské elastické konstanty | | | |
|--------------------------------|---------|--------|-------|
| E [GPa] , G [GPa] | | | |
| hydr. tlak | 0.1 MPa | 2 MPa | 5 MPa |
| E1 | 19.77 | 21.165 | 22.11 |
| E3 | 16.6 | 17.93 | 19.03 |
| v12 | 0.172 | 0.17 | 0.174 |
| v13 | 0.177 | 0.194 | 0.200 |
| G4 | 7.68 | 8.16 | 8.535 |

□ Orthorhombic and transversally isotropic elastic values



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

Georisks
Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Acoustic emissions + cracking



□ 50 x 100 mm samples under different orientation (intermediate – 60, 30°)



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

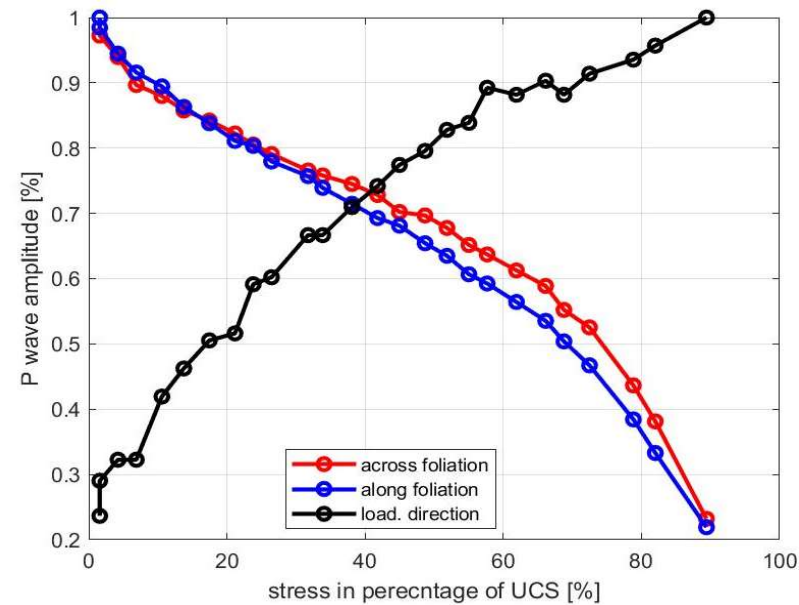
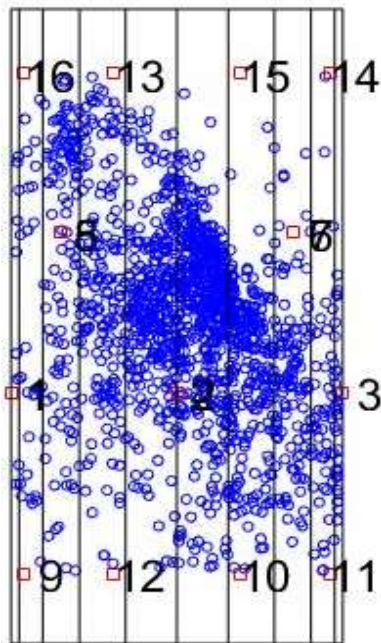
Georisks

Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

Acoustic emissions



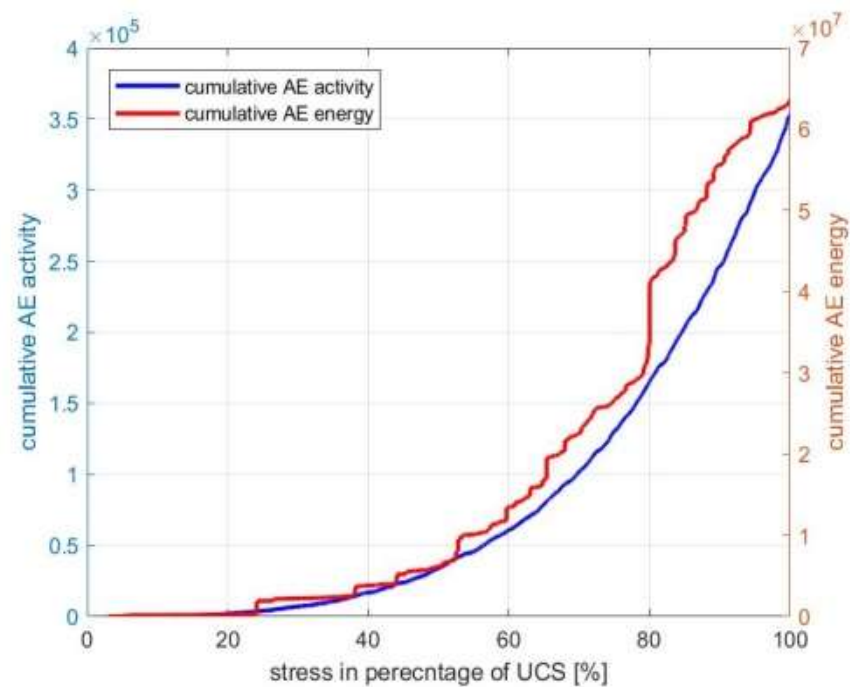
Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

Georisks

Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.

Georisks

Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020

See you in the next step!



**Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.**

Georisks

Přeshraniční expertní systém a systém včasného varování
před geologickými riziky v Labském pískovcovém pohoří
Grenzüberschreitendes Experten- und Frühwarnsystem
für Georisiken im Elbsandsteingebirge



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014 – 2020