

V. INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ KONGRES 1. - 4. ZÁŘÍ 2026 PARDUBICE

POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU STANOVENÉ NA TĚLESECH HORNIN A BODOVÉ PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU NA ÚLOMCÍCH HORNIN

Mgr. Pavlína Frýbová, Ph.D.

Mgr. Ludmila Knížková

VZORKY HORNIN

➤ *jádrové vrtání*

- **vrtání bezvýplachové s tvrdokovovou korunkou** - běžně používáno v zeminách a zvětralinách → bodová pevnost v prostém tlaku na úlomcích hornin
- **vrtání s výplachem s diamantovou korunkou** - používají ve skalních horninách, kde musí být zachovány prvotní znaky horniny a musí být maximální výnos jádra → v prostém tlaku na tělesech hornin

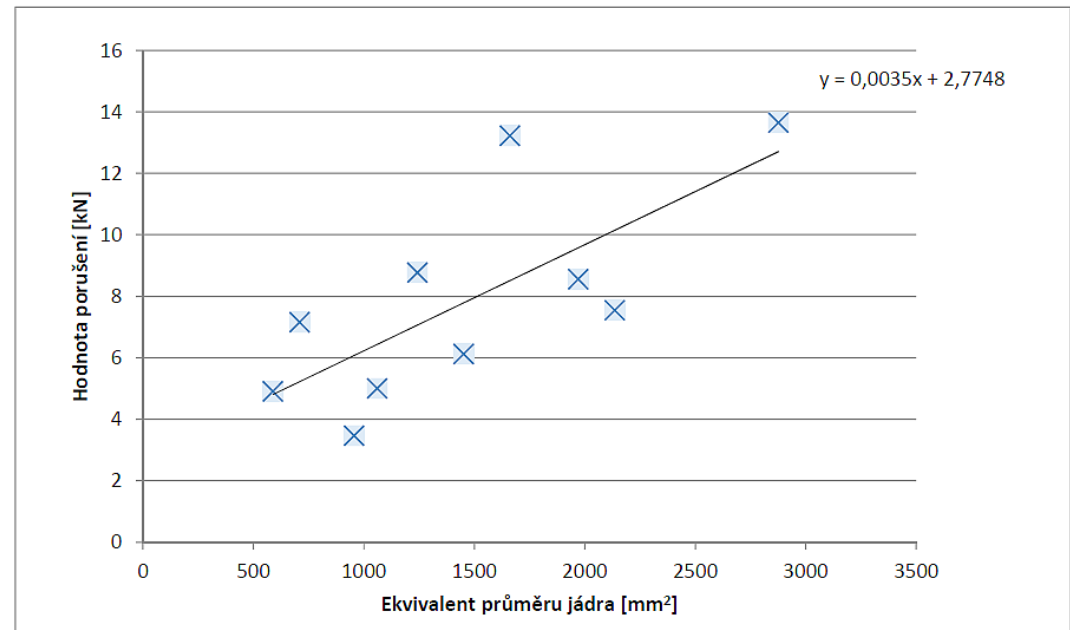


BODOVÁ PEVNOST V PROSTÉM TLAKU – METODA PLT

- prováděno dle ASTM-D5731-16 metodou PLT (Point Load Test)
- norma ASTM prakticky vychází z článku Franklin, J. A. (1985)
- korelační koeficient vychází z Durmeková et al. (2014)

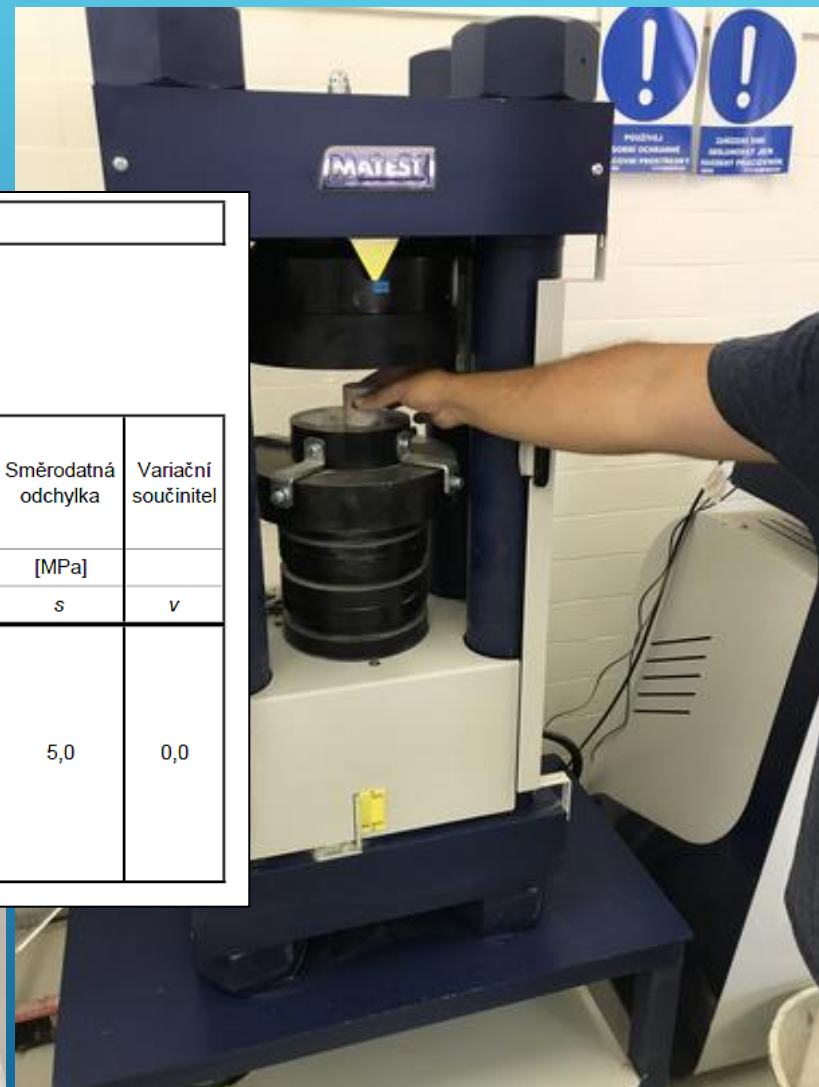


VÝSLEDKY LABORATORNÍCH ZKOUŠEK			
Vlhkost	w	1,4	[%]
Objemová hmotnost přirozená	ρ_n	2,44	[Mg/m ³]
Objemová hmotnost suchá	ρ_d	2,41	[Mg/m ³]
Index pevnosti I_{s50}	I_{s50}	4,56	[MPa]
Použitý korelační koeficient K	K	18	[-]
Pevnost v prostém tlaku stanovená při bodovém zatížení (PLT)	σ_c	82,15	[MPa]



PEVNOST V PROSTÉM TLAKU NA TĚLESECH HORNIN

- prováděno dle ČSN EN 1926 pomocí lisu
- průměr těles odpovídá průměru vrtané sondy a použitého vrtného nářadí



VÝSLEDKY LABORATORNÍCH ZKOUŠEK

Vlhkost	[%]	w	0,5
Objemová hmotnost přirozená	[Mg/m ³]	ρ	2,61
Objemová hmotnost suchá	[Mg/m ³]	ρ_d	2,59

Označení zkušebního tělesa	Štíhlostní poměr	Druh tělesa	Ø plocha průřezu	Ø výška tělesa	Ø průměr vzorku	Zatížení při porušení	Pevnost v prostém tlaku	Průměrná pevnost v prostém tlaku	Směrodatná odchylka	Variační součinitel
			[mm ²]	[mm]	[mm]	[N]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
			A	h	d	F	R	R	s	v
1	1:1	válec	2961	62,5	61,4	334500	112,97	111	5,0	0,0
2	1:1	válec	2961	62,2	61,4	341200	115,23			
3	1:1	válec	2961	61,8	61,4	312800	105,64			
4										
5										
6										

KLASIFIKACE POLOSKALNÍCH A SKALNÍCH HORNIN

- Zatřídění skalních hornin dle ČSN 73 6133 a ČSN 73 1004
- Zatřídění dle pevnosti do tříd R1 až R6

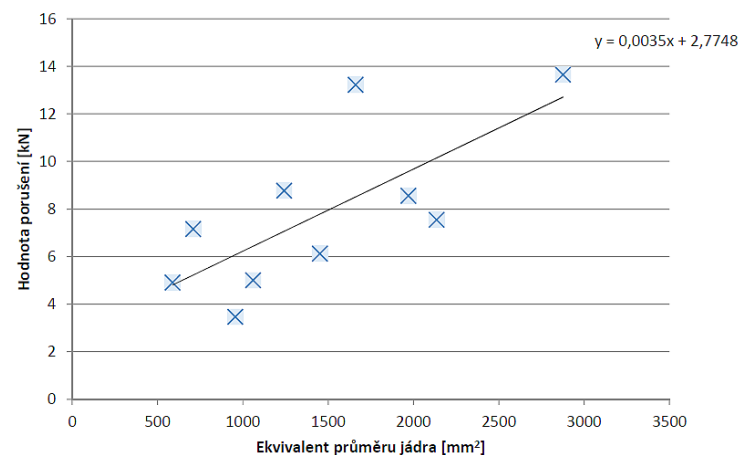
Označení zkušební tělesa	Střihlostní poměr	Druh tělesa	ø plocha průřezu [mm ²] A	ø výška tělesa [mm] h	ø průměr vzorku [mm] d	Zatížení při porušení [N] F	Pevnost v prostém tlaku [MPa] R	Průměrná pevnost v prostém tlaku [MPa] R	Směrodatná odchylka [MPa] s	Variační součinitel v
1	1:1	válec	2961	62,5	61,4	334500	112,97	111	5,0	0,0
2	1:1	válec	2961	62,2	61,4	341200	115,23			
3	1:1	válec	2961	61,8	61,4	312800	105,64			
4										
5										
6										

ČSN 73 1004

Tabulka A.4 – Hodnoty tabulkové návrhové únosnosti q_{dt} pro skalní horniny

Zatřídění skalních hornin podle pevnosti			Tabulková návrhová únosnost	
Třída	Prostá tlaková pevnost σ_c [MPa]	Označení pevnosti	Střední hustota disku	
			velmi malá až malá	střední až vysoká
			> 600	60
R1	> 150	velmi vysoká	8	
R2	50 až 150	vysoká	4	
R3	15 až 50	střední	1,6	
R4	5 až 15	nízká	0,8	
R5	1,5 až 5	velmi nízká	0,6	
R6	0,5 až 1,5	extrémně nízká	0,4	

VÝSLEDKY LABORATORNÍCH ZKOUŠEK			
Vlhkost	w	1,4	[%]
Objemová hmotnost přirozená	ρ_n	2,44	[Mg/m ³]
Objemová hmotnost suchá	ρ_d	2,41	[Mg/m ³]
Index pevnosti I_{s50}	I_{s50}	4,56	[MPa]
Použitý korelační koeficient K	K	18	[-]
Pevnost v prostém tlaku stanovená při bodovém zatížení (PLT)	σ_c	82,15	[MPa]



POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ PEVNOSTI NA TĚLESECH A ÚLOMCÍCH HORNIN

- porovnání provedeno na **2 typech hornin**:
 - homogenní, kompaktní (např. prachovec)
 - všesměrně zrnité až porfyrické (např. granit)
- na vzorcích provedeno stanovení pevnosti v prostém tlaku:
 - na tělesech hornin dle ČSN EN 1926 pomocí lisu
 - na úlomcích dle ASTM-D5731-16 metodou PLT (Point Load Test)



VÝSLEDKY PEVNOSTI V PROSTÉM TLAKU STANOVENÉ NA TĚLESECH A ÚLOMCÍCH HORNIN

- **Prachovec** - rozdíl mezi výslednými hodnotami je 0,7 MPa
- **Granit** - rozdíl mezi výslednými hodnotami je 8,2 až 8,3 MPa
- **Vápenec** - rozdíl mezi výslednými hodnotami je 12,5 MPa
- **Rula** - rozdíl mezi výslednými hodnotami je 0,1 MPa
- **Kvarcit** - rozdíl mezi výslednými hodnotami je 12,3 MPa

Druh horniny	Číslo vzorku	Poměr tělesa (v:ø)	Index pevnosti při bodovém zatížení	Korelační koeficient	Pevnost při bodovém zatížení (PLT)	Průměrná pevnost v prostém tlaku	Zatřídění sklaních hornin dle ČSN 73 1004	Směrodatná odchylka	Variační součinitel	Rozdíl mezi R a σ_c
			I_{s50} [MPa]	K [-]	σ_c [MPa]	R [MPa]		[MPa] s	[-] v	--- [MPa]
prachovec	4425	1:1	---	---	---	21,9	R3	0,5	0,02	0,70
	4425	---	1,12	19	21,2	---	R3			
granit	4435	1:1	---	---	-	118,2	R2	5,9	0,05	8,30
	4435	---	5,00	22	109,9	---	R2			
granit	4432	1:1	---	---	---	136,1	R2	5,8	0,04	8,20
	4432	---	5,81	22	127,9	---	R2			
vápenec	26415	1:1	---	---	---	44,9	R3	8,8	0,23	12,50
	26415	---	1,90	17	32,4	---	R3			
rula	26285	1:1	---	---	---	102,1	R2	0,1	0,00	0,10
	26285	---	5,67	18	102,0	---	R2			
kvarcit	22082	1:1	---	---	---	167,9	R1	8,7	0,05	12,30
	22082	---	7,78	20	155,6	---	R1			

SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ PEVNOSTÍ V PROSTÉM TLAKU

Pevnost v prostém tlaku na tělesech a úlomcích x tělesa jednoho zkušební vzorku:

➤ **prachovce**

- srovnání pevnosti v prostém tlaku na tělesech a úlomcích – 0,7 MPa
- jednolitvá zkušební tělesa jednoho vzorku mezi sebou – 1,1 MPa

➤ **granity**

- srovnání pevnosti v prostém tlaku na tělesech a úlomcích – 8,2 až 8,3 MPa
- jednolitvá zkušební tělesa jednoho vzorku mezi sebou – 12,4 až 22,1 MPa

➤ **vápenec**

- srovnání pevnosti v prostém tlaku na tělesech a úlomcích – 12,5 MPa
- jednolitvá zkušební tělesa jednoho vzorku mezi sebou – 7,0 MPa

➤ **rula**

- srovnání pevnosti v prostém tlaku na tělesech a úlomcích – 0,1 MPa
- jednolitvá zkušební tělesa jednoho vzorku mezi sebou – 16,4 MPa

➤ **kvarcit**

- srovnání pevnosti v prostém tlaku na tělesech a úlomcích – 12,3 MPa
- jednolitvá zkušební tělesa jednoho vzorku mezi sebou – 2,9 MPa

SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ PEVNOSTÍ V PROSTÉM TLAKU

Pevnost v prostém tlaku na tělesech a úlomcích x tělesa jednoho zkušebního vzorku

Tělesa x úlomky:

Druh horniny	Číslo vzorku	Pevnost při bodovém zatížení (PLT)	Průměrná pevnost v prostém tlaku	Rozdíl mezi R a σ_c
		σ_c	R	---
		[MPa]	[MPa]	[MPa]
prachovec	4425	---	21,9	0,70
	4425	21,2	---	
granit	4435	-	118,2	8,30
	4435	109,9	---	
granit	4432	---	136,1	8,20
	4432	127,9	---	
vápenec	26415	---	44,9	12,50
	26415	32,4	---	
rula	26285	---	102,1	0,10
	26285	102,0	---	
kvarcit	22082	---	167,9	12,30
	22082	155,6	---	

Jednotlivá zkušební tělesa jednoho vzorku:

Druh horniny	Číslo vzorku	Pevnost v prostém tlaku	Rozdíly R mezi jednotlivými tělesy	Průměrná hodnota R rozdílu
		R	---	---
		[MPa]	[MPa]	[MPa]
prachovec	4425	22,4	1,1	1,1
		21,3		
granit	4435	100,1	21,4	22,1
		121,5	11,7	
		133,2	33,1	
granit	4432	130,9	7,1	12,4
		123,8	24,0	
		147,8	6,1	
		141,7	10,8	
vápenec	26415	48,5	0,4	7,0
		48,1	10,1	
		38,0	10,5	
rula	26285	110,3	16,4	16,4
		93,9		
kvarcit	22082	169,3	2,90	2,9
		166,4		

SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ SMĚRODATNÝCH ODCHYLEK

Pevnost v prostém tlaku na tělesech a úlomcích x vzorky stejného horninového materiálu:

➤ prachovce

- srovnání pevnosti v prostém tlaku na tělesech a úlomcích – 0,5 MPa
- vzorky stejného materiálu mezi sebou – 1,7 MPa

➤ granity

- srovnání pevnosti v prostém tlaku na tělesech a úlomcích – 5,8 až 5,9 MPa
- vzorky stejného materiálu mezi sebou – 10,9 MPa

Druh horniny	Číslo vzorku	Pevnost při bodovém zatížení (PLT)	Průměrná pevnost v prostém tlaku	Směrodatná odchylka
		σ_c [MPa]	R [MPa]	[MPa] s
prachovec	4425	---	21,9	0,5
	4425	21,2	---	
granit	4435	-	118,2	5,9
	4435	109,9	---	
granit	4432	---	136,1	5,8
	4432	127,9	---	

Pevnost v prostém tlaku na tělesech – prachovce:

Počet vzorků	Číslo vzorku	Hodnoty směrodat. odchylek*	Ø hodnot směrodat. odchylek
		[MPa]	[MPa]
		s	s
1	4423	0,9	1,7
2	4424	2,5	
3	4425	0,8	
4	4420	2,7	

Pevnost v prostém tlaku na tělesech – granity:

Počet vzorků	Číslo vzorku	Hodnoty směrodat. odchylek*	Ø hodnot směrodat. odchylek
		[MPa]	[MPa]
		s	s
1	4026	10,9	10,9
2	4399	4,4	
3	4030	13,9	
4	4397	8,3	
5	4025	10,6	
6	4398	13,8	
7	4028	5,1	
8	4396	7,9	
9	4394	14,3	
10	4393	12,7	
11	4029	13,9	
12	4395	17,1	
13	4439	2,5	
14	4435	16,8	
15	4432	10,7	

* pro každý vzorek je uvedena průměrná hodnota vypočtená z hodnot jednotlivých zkušebních tělísek

SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ VARIAČNÍCH SOUČINITELŮ

Pevnost v prostém tlaku na tělesech a úlomcích x vzorky stejného horninového materiálu:

➤ prachovce

- srovnání pevnosti v prostém tlaku na tělesech a úlomcích – 0,02 MPa
- vzorky stejného materiálu mezi sebou – 0,06 MPa

➤ granity

- srovnání pevnosti v prostém tlaku na tělesech a úlomcích – 0,04 až 0,05 MPa
- vzorky stejného materiálu mezi sebou – 0,08 MPa

Druh horniny	Číslo vzorku	Pevnost při bodovém zatížení (PLT)	Průměrná pevnost v prostém tlaku	Variační součinitel
		σ_c	R	[-]
		[MPa]	[MPa]	v
prachovec	4425	---	21,9	0,02
	4425	21,2	---	
granit	4435	-	118,2	0,05
	4435	109,9	---	
granit	4432	---	136,1	0,04
	4432	127,9	---	

Pevnost v prostém tlaku na tělesech – prachovce:

Počet vzorků	Číslo vzorku	Hodnoty variačních součinitelů*	Ø Hodnot variačních součinitelů
		[-]	
		v	
1	4423	0,04	0,06
2	4424	0,06	
3	4425	0,04	
4	4420	0,08	

Pevnost v prostém tlaku na tělesech – granity:

Počet vzorků	Číslo vzorku	Hodnoty variačních součinitelů*	Ø Hodnot variačních součinitelů
		[-]	[-]
		v	v
1	4026	0,05	0,08
2	4399	0,04	
3	4030	0,08	
4	4397	0,08	
5	4025	0,07	
6	4398	0,1	
7	4028	0,05	
8	4396	0,05	
9	4394	0,11	
10	4393	0,08	
11	4029	0,13	
12	4395	0,14	
13	4439	0,04	
14	4435	0,14	
15	4432	0,08	

* pro každý vzorek je uvedena průměrná hodnota vypočtená z hodnot jednotlivých zkušebních tělísek

ZÁVĚR

- **Směrodatné odchylky a variační součinitelé** vypočtené z hodnot pevnosti obou metod (PLT, tělesa) jsou zpravidla **nižší než** hodnoty **stanovené na jednotlivých tělesech jednoho vzorku** stejného typu horniny
- **Homogenní a kompaktní typy hornin** (např. prachovce, jílovce..) vykazují **velmi malé rozdíly** výsledných hodnot
- **Nehomogenní až porfyrické typy hornin** (např. granitoidy) vykazují **znatelnější rozdíly** výsledných hodnot
- Zpravidla **nejsou rozdíly větší než rozdíly** mezi hodnotami stanovenými **na jednotlivých vzorcích jednoho typu horniny**
- **Rozdíly** mezi výslednou **pevností v prostém tlaku na tělesech hornin a bodovou pevností stanovenou metodou PLT nejsou větší než rozdíly** mezi hodnotami stanovenými **na jednotlivých tělesech jednoho zkušební vzorku**

DĚKUJI ZA POZORNOST !