



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

K L O K N E R Ů V Ú S T A V
Šolínova 7, 166 08 Praha 6 - Dejvice

**Expertní zpráva č.
2000 J 170**

Datum vydání zprávy
2. června 2020

Oddělení KÚ
Experimentální
tel. +420 224 353 537

Objednatel: VODNÍ DÍLA – TBD a.s.
Ing. Karel Wimmer
Hybernská 1617/40
110 00 Praha 1

Expertní zpráva:

**Stanovení charakteristik materiálů odebraných v rámci akce:
„Ottův jez, dělicí pilíř“**

Vypracoval:

Ing. Tomáš Mandlík

Spolupráce:

Ing. Karel Hurtig
Pavel Borodáč
Ruslan Matyas

Odpovědný řešitel:

Ing. Tomáš Mandlík

Vedoucí oddělení:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Ředitel KÚ:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Výtisk číslo:

1 2 3 4

Rozdělovník:

Objednatel: 3x
Archiv KÚ: 1x

Zpráva může být reprodukována pouze jako celek. Části zprávy mohou být reprodukovány, publikovány nebo jinak použity pouze na základě písemného souhlasu ředitele Kloknerova ústavu.

ANOTACE

Zpráva uvádí výsledky stanovení charakteristik materiálů z jádrových vývrtů odebraných v rámci akce: „**Ottův jez, dělicí pilíř**“.

Zprávu zpracovali pracovníci ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, který je zapsán v seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost dle ustanovení §21 odst. 3, zákona č. 36/1967 Sb. a vyhlášky č. 37/1967 Sb., ve znění pozdějších předpisů, uveřejněném v Ústředním věstníku ČR, ročník 2004, částka 2, ze dne 14. 10. 2004, přílohy ke sdělení Ministerstva spravedlnosti ze dne 13.7.2004, č.j. 228/203–Zn.

Klíčová slova: vývrt, objemová hmotnost, pevnost v tlaku, nasákavost

OBSAH:

1. ÚVOD	3
2. PODKLADY	3
3. POSTUP PRACÍ A VÝSLEDKY	3
3.1 POPIS ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ	3
3.2 DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY BETONU V TLAKU	9
3.3 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI A NASÁKAVOSTI.....	11

1. ÚVOD

Na základě objednávky společnosti VODNÍ DÍLA – TBD a.s. provedli pracovníci Kloknerova ústavu ČVUT Praha na dodaných jádrových vývrtech fyzikálně-mechanické zkoušky materiálů. Vývrty byly odebrány objednatelem v rámci akce „**Ottův jez, dělicí pilíř**“.

V rámci zkoušek bylo provedeno:

- vizuální prohlídka a popis vývrtů,
- stanovení objemové hmotnosti betonu,
- stanovení pevnosti betonu v tlaku,
- stanovení nasákavosti betonu.

Účelem zkoušek bylo získat obraz o mechanicko-fyzikálních vlastnostech materiálů a poskytnout tak podklad pro případný návrh opravy či posouzení konstrukce. Zkoušky proběhly v laboratořích Kloknerova ústavu v květnu a počátkem června 2020.

2. PODKLADY

- [1] ČSN EN 12504-1 – Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku;
- [2] ČSN EN 12390-3 – Zkoušení ztvrdlého betonu. Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles;
- [3] Dohnálek, J. – Kontrola pevnosti betonu ve stavební konstrukci. Úspora cementu při výstavbě betonových konstrukcí – studijní texty, ČSVTS, Praha 1983;
- [4] ČSN EN 13791 – Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a prefabrikovaných betonových dílcích;
- [5] ČSN EN 12390-7 – Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu;
- [6] ČSN 73 1316 – Stanovení vlhkosti, nasákavosti a vztlakovosti betonu (norma zrušena);
- [7] ČSN EN 13369, Příloha G - Společná ustanovení pro betonové prefabrikáty (Příloha G).

3. POSTUP PRACÍ A VÝSLEDKY

3.1 POPIS ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ

Pro zkoušky byly do KÚ objednatelem dne 22. 5. 2020 dodány vývrty odebrané z tělesa dělicího pilíře Ottova jezu. Jedná se o menší střední pilíř, který odděluje pevné jezové pole od šterkové propusti. Těleso pilíře je tvořeno kamennou vyzdívkou s vnitřní betonovou výplní. Temeno pilíře je také obloženo kamennými bloky. Podloží jezového pilíře dosaženo nebylo. Vodní dílo Ottova jezu se nachází na vodním toku Ohře ve městě Cheb.

Do pilíře byly provedeny dva svislé jádrové vrty s označením N – návodní a P – povodní. Délka návodního vrtu byla 2,9 m, povodního pak 2,7 m. Z odebraných vzorků je patrná skladba konstrukce tělesa pilíře. Z vrtů bylo odebráno poměrně malé množství kompaktního a homogenního materiálu. Větší část vzorků byla tvořena úlomky a volným kamenivem.

Vybrané vzorky, předané pro laboratorní zkoušky tvoří nejlepší zastíženou část konstrukce pilíře. Předané vzorky byly označeny písmenem P, N a číslem, které určuje pořadí vzorku ve vrtu směrem od povrchu konstrukce. Číselně byly označeny pouze kompaktní části vrtu.

Výsledky vizuální prohlídky vývrtů jsou zaznamenány v Tabulce 1.

Tabulka 1: Popis vývrtů

Označení vývrtu	Délka /průměr [mm]	Popis struktury vývrtu
N4	200-240/ Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HK. Max. velikost zrna HTK je až 70 mm, max. velikost zrna HDK (granitoid) je až 75 mm. Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 6 mm. Povrch vývrtu je hladký. Ve vývrtu byly zachyceny části cihel velikosti až 80 mm. Na zlomu vývrtu byla zaznamenána část horniny Ø 100 mm (přes celý průřez vývrtu).
N6	385/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je až 90 mm. Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 7 mm, ojediněle byly zaznamenány větší póry a dutiny velikosti až 30 mm. Povrch vývrtu je hladký, místy byly zaznamenány oblasti s drsným povrchem. V hl. 90 mm byla zaznamenána část dřeva dl. 20 mm. Ve vývrtu byly zachyceny části cihel velikosti až 80 mm (v hl. 250-315 mm). Od hl. vývrtu 330 mm byla zaznamenána část horniny (granitoid) Ø 100 mm (téměř přes celý průřez vývrtu).
N9	315/Ø100	Ve vývrtu převažuje podíl HTK nad DTK. Max. velikost zrna HTK je 60 mm. Beton je hutný až mírně pórovitý, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 6 mm. Povrch vývrtu je hladký. Na zlomu vývrtu byly zachyceny bílé výluhy.
P2	180/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je až 70 mm. Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm, místy byly zaznamenány větší póry a dutiny velikosti až 25 mm. Povrch vývrtu je hladký, místy byly zaznamenány oblasti s drsným povrchem. V hl. 50 mm byla zaznamenána příčná trhlina š. až 0,5 mm po celém obvodu vývrtu. V hl. 50 mm byla zaznamenána část cihly velikosti 50 mm. V hl. 70-120 mm bylo zachyceno zrno HTK dl. 100 mm. Od hl. 135 mm byla zaznamenána část kamene (granitoid) Ø 100 mm (téměř po celém průřezu vývrtu). Na zlomu vývrtu a v některých pórech byly zachyceny bílé výluhy.
P3	140/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 45 mm. Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 7 mm, místy byly zaznamenány větší póry a dutiny velikosti až 12 mm. Povrch vývrtu je hladký. Ve vývrtu byly zachyceny části cihel velikosti až 37 mm. V hl. 35-80 mm bylo zachyceno zrno pórovitého kameniva. Na zlomu bylo zachyceno zrno HDK (granitoid) dl. 55 mm. Na zlomu mezi částmi P3 a P4 byla zachycena část cihelného výrobku téměř po celém průřezu vývrtu. V některých pórech na plášti vývrtu byly zachyceny bílé výluhy.

Pokračování na straně 5

Tabulka 1: Popis vývrtů – pokračování ze strany 4

Označení vývrtu	Délka /průměr [mm]	Popis struktury vývrtu
P4	210/ Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HK. Max. velikost zrna HTK je 55 mm, max. velikost zrna HDK (granitoid) je 65 mm. Beton je hutný až pórovitý, místy mezerovitý. Na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 6 mm, v mezerovitých oblastech byly zaznamenány dutiny velikosti až 35 mm. Povrch vývrtu je hladký, místy byly zaznamenány oblasti s drsným povrchem. Ve vývrtu byly zachyceny části cihel velikosti až 42 mm. V hl. 55-115 mm bylo zachyceno zrno kameniva dl. 95 mm. V některých pórech na plášti vývrtu byly zachyceny bílé výluhy.
P8	145/ Ø100	Ve vývrtu převažuje podíl HK nad DTK. Max. velikost zrna HTK je 55 mm, max. velikost zrna HDK (granitoid) je až 90 mm. Beton je hutný až pórovitý. Na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 6 mm, místy byly zaznamenány větší póry a dutiny velikosti až 20 mm. Povrch vývrtu je hladký, místy byly zaznamenány oblasti s drsným povrchem. Na zlomu vývrtu a v některých pórech na jeho plášti byly zachyceny bílé výluhy.

Zkratky: DTK – drobné těžené kamenivo, HK – hrubé kamenivo, HTK – hrubé těžené kamenivo, HDK – hrubé drcené kamenivo

**Foto 1:** Pohled na vzorky N4, N6 a N9



Foto 2: Pohled na vzorky N4, N6 a N9 (druhá strana)



Foto 3: Celkový pohled na vzorky P2, P3 a P4



Foto 4: Celkový pohled na vzorky P2, P3 a P4 (druhá strana)

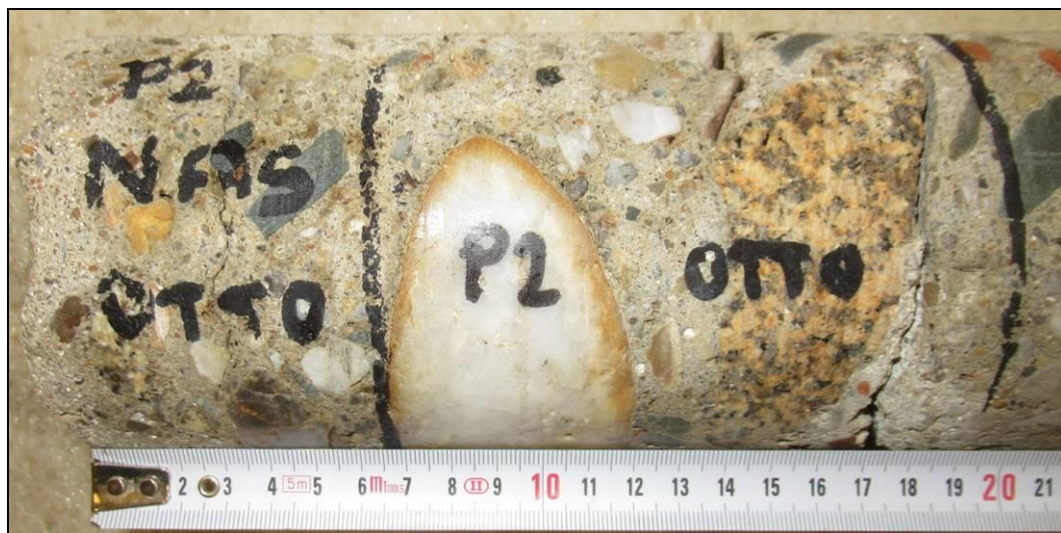


Foto 5: Bližší pohled na vzorek P2



Foto 6: Bližší pohled na vzorek P2 (druhá strana)

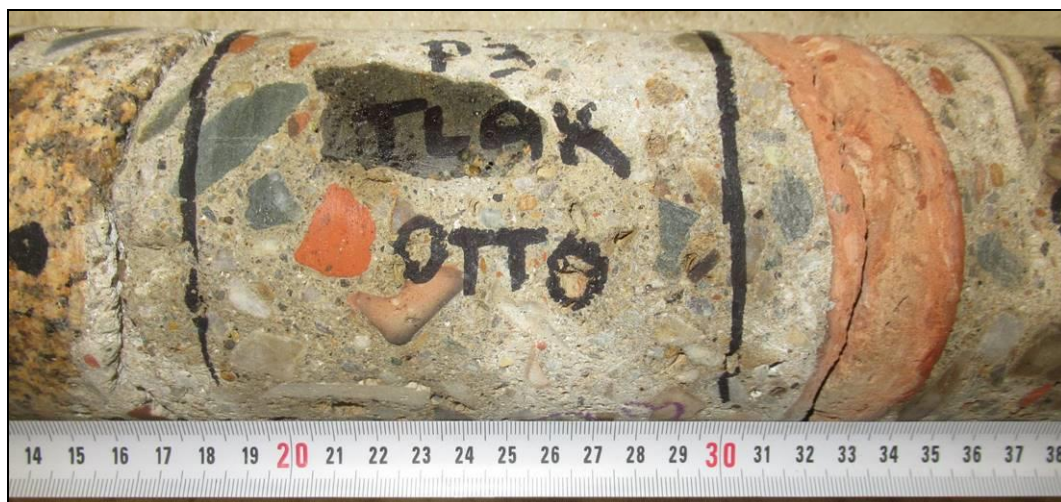


Foto 7: Bližší pohled na vzorek P3



Foto 8: Bližší pohled na vzorek P3 (druhá strana)



Foto 9: Bližší pohled na vzorek P4

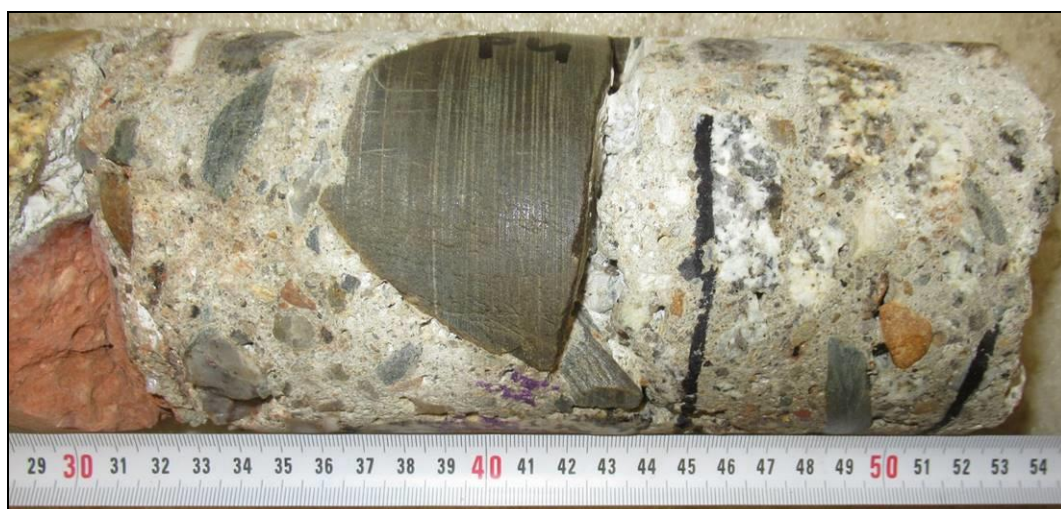


Foto 10: Bližší pohled na vzorek P4 (druhá strana)



Foto 11: Bližší pohled na vzorek P8



Foto 12: Bližší pohled na vzorek P8 (druhá strana)

3.2 DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY BETONU V TLAKU

Provedení zkoušky	:	26. 5. 2020
Značení vzorků	:	viz Tabulka 1 a 2
Identifikace vzorků	:	zkoušeny byly vývrty o \varnothing cca 100 mm, výsledky zkoušek jsou uvedeny v Tabulce 2
Úprava vzorků	:	zaříznuty diamantovým kotoučem a zabroušeny na brusce
Zatěžovací stroj	:	WPM 1000 kN, metrologické číslo S 12 012 M
Prostředí zkoušky	:	teplota 18 °C, vlhkost 50 %
Provedl	:	Pavel Borodáč

Pro účely destruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku byly odebrány jádrové vývrty \varnothing cca 100 mm. V laboratoři byly vývrty zaříznuty a tlačné plochy zabroušeny na brusce. Před zkouškou byly vývrty změřeny a zváženy, aby bylo možno stanovit objemovou hmotnost

betonu. Takto připravené vzorky byly zkoušeny v zatěžovacím stroji WPM 1000 kN, metrologické číslo S 12 012 M. Odběry jádrových vývrtů a zkoušky vzorků byly provedeny dle ČSN EN 12504-1 [1].

Válcové pevnosti betonu $f_{c, core}$ zjištěné na vývrtech je nutné převést na krychelné pevnosti $f_{c, cube}$, které odpovídají pevnostem na krychli základních rozměrů, tj. krychli s délkou hrany 150 mm. Převod se provede dle ČSN EN 12390-3, změna Z1, příloha NA [2].

Nejprve se provede převod na vývrtech zjištěných válcových pevností betonu $f_{c, core}$ na válcové pevnosti betonu $f_{c, cyl}$, které odpovídají pevnostem betonu na válcích základních rozměrů, tj. na válcích o průměru 150 mm a výšce 300 mm, dle vztahu:

$$f_{c, cyl} = K_{c, cyl} \cdot K_{d, cyl} \cdot f_{c, core}$$

$K_{c, cyl}$ je opravný součinitel štíhlosti dle ČSN EN 12390-3 [2] v závislosti na štíhlostním poměru $\lambda = h / d$ (kde h je výška vývrtu a d je průměr vývrtu); pro $1 \leq \lambda < 2$,

$K_{d, cyl}$ je experimentálně stanovený převodní součinitel v závislosti na průměru vývrtu dle diagramu vypracovaného v KÚ ČVUT [3].

Válcové pevnosti betonu $f_{c, cyl}$, které odpovídají pevnostem betonu na válcích základních rozměrů, se následně převedou na krychelné pevnosti $f_{c, cube}$, které odpovídají pevnostem betonu na krychlích základních rozměrů dle vztahu:

$$f_{c, cube} = K_{cyl, cube} \cdot f_{c, cyl}$$

$K_{cyl, cube}$ je převodní součinitel pevností betonu na válcích základních rozměrů na krychelné pevnosti betonu na krychlích základních rozměrů dle ČSN EN 12390-3 [2].

Při provádění zkoušek vývrtů je nutné sledovat i způsob porušení vzorků, tj. aby skutečně došlo k porušení tlakem a nikoli smykem či příčným tahem. Nesprávně porušená tělesa vykazují obvykle velmi nízké pevnosti a takové výsledky se vyřazují z vyhodnocení.

Tabulka 2: Výsledky zkoušky pevnosti v tlaku na vývrtech

Vývrt	Ozn. zk. vzorku	Průměr vzorku	Výška vzorku	Hmotnost	Objem. hmot.	Max. tlak. síla F	Pevnost betonu na vývrtu $f_{c, core}$	Štíhl. poměr λ	Opravný součinitel (štíhlost) $K_{c, cyl}$	Převodní součinitel (průměr) $K_{d, cyl}$	Válcová pevnost betonu $f_{c, cyl}$	Převodní součinitel (cyl-cube) $K_{cyl, cube}$	Krychelná pevnost betonu $f_{c, cube}$
		[mm]	[mm]	[g]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[-]	[MPa]
DĚLÍČÍ PILÍŘ OTTOVA JEZU													
P3	P3	99,6	103,1	1708	2130	125,0	16,0	1,035	0,862	0,950	13,1	1,252	16,4
P8	P8	98,7	99,9	1744	2290	156,0	20,4	1,012	0,854	0,949	16,5	1,252	20,7
N6	N6-B	99,3	99,3	1624	2120	108,0	13,9	1,000	0,850	0,949	11,3	1,252	14,1
N9	N9-B	99,2	100,7	1829	2360	253,0	32,7	1,015	0,855	0,949	26,6	1,248	33,2

Vysvětlivky k tabulce:

Zkušební vzorek nesplňuje požadavek ČSN EN 12504-1 na poměr velikosti max. zna kameniva k průměru vývrtu (max. 1 : 3).

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření pevnosti v tlaku je 2,0 MPa.

Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³.

Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření $k=2$, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95 %.

3.3 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI A NASÁKAVOSTI

Datum zkoušky	:	25. 5. 2020 - 2. 6. 2020
Zkoušku provedl	:	Ing. Tomáš Mandlík, Ing. Karel Hurtig
Zkušební vzorky	:	odřezky jádrových vývrtu o Ø cca 100 mm
Prostředí zkoušky	:	teplota 20 °C, vlhkost 52 %
Zatěžovací stroj	:	Sušárna HS 202, metrologické číslo P 10 017 T Váhy KERN 101 kg, metrologické číslo P 04 008 M

Výpočet nasákavosti byl proveden dle vztahu:

$$N_i = \frac{m_n - m_s}{m_s} * 100 \quad [\%]$$

kde: m_n je hmotnost vzorku nasáklého vodou do ustálené hmotnosti v g,
 m_s je hmotnost vysušeného vzorku v g.

Tabulka 3: Stanovení objemové hmotnosti a nasákavosti betonu

Označení vzorku	Hmotnost nasyceného vzorku	Hmotnost hydrostaticky váženého vzorku	Hmotnost vysušeného vzorku	Objemová hmotnost z hydrostatického vážení	Nasákavost
	[g]	[g]	[g]	[kg.m ⁻³]	[%]
DĚLÍČÍ PILÍŘ OTTOVA JEZU					
P2	1185	640	1070	2170	10,7
P4	992	551	924	2240	7,3
N6-A	2046	1140	1934	2250	5,8
N9-A	2643	1538	2535	2390	4,3

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření nasákavosti je 1,0 %.

Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³.

Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření k=2, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95 %.

Závěry uvedené v této zprávě byly formulovány na základě výsledků analýz vzorků odebraných objednatelem a jím dodaných do laboratoří KÚ ČVUT.

Zpracovatel si vyhrazuje právo na korekce a doplnění závěrů, pokud budou zjištěny další podstatné skutečnosti, které nebyly při zpracování této zprávy známy nebo k dispozici.