



*Simulační systémy  
Řídicí systémy  
Zpracování a přenos dat  
Hydroenergetika*

---

---

## ***VE Nechranice***

### *Optimalizace vazby na TG2*

*Technická zpráva*

*TZ 2136/3000*

*květen 2015*

OSC, a.s.  
Staňkova 18a  
612 00 Brno, CZ

tel: +420 541 643 111  
fax: +420 541 643 109  
email: [osc@osc.cz](mailto:osc@osc.cz)





Název : VE Nechranice - optimalizace vazby na TG2

Druh dokumentu : Technická zpráva

Datum vydání : 29. 5. 2015

Číslo zakázky : 33 431 000

Objednatel : Strojírny Brno, a.s.

Autor zprávy : Ing. Petr Ševčík .....

Spolupracovníci : Pavel Kalvoda

Vedoucí úkolu : Ing. Petr Ševčík .....

Vedoucí útvaru : Ing. Miroslav Konečný .....

Ředitel společnosti : Ing. Vlastimír Krček .....

Evidenční označení : TZ 2136/3000

Počet listů : 23 + kalibrační protokoly 9 str.

Rozdělovník zprávy : Strojírny Brno, a.s. 3x  
OSC, a.s. 3x

Číslo výtisku :



## ANOTACE:

Ve zprávě jsou uvedeny výsledky měření relativní účinnosti a návrh optimálního nastavení vazby oběžného kola a rozvaděče na soustrojí TG2 VE Nechranice po provedené opravě stroje. Měření vykonala firma OSC, a.s., v dubnu 2015 při středním spádu cca 43.04 m.

## OBSAH:

<b>1. Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Parametry soustrojí</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Měřicí zařízení a měřené veličiny</b> .....	<b>8</b>
3.1 Indexové měření průtoku .....	9
3.2 Měření ostatních veličin.....	10
<b>4. Průběh měření</b> .....	<b>11</b>
<b>5. Vyhodnocení měření</b> .....	<b>12</b>
5.1 Použité konstanty .....	12
5.2 Hlavní výpočtová tabulka .....	12
5.3 Nejistoty měření.....	14
5.4 Presentace výsledků měření.....	14
5.5 Vyhodnocení kavitačních emisí.....	20
5.6 Vyhodnocení vazby oběžného kola a rozvaděče .....	20
<b>6. Závěr</b> .....	<b>23</b>

## PŘÍLOHY

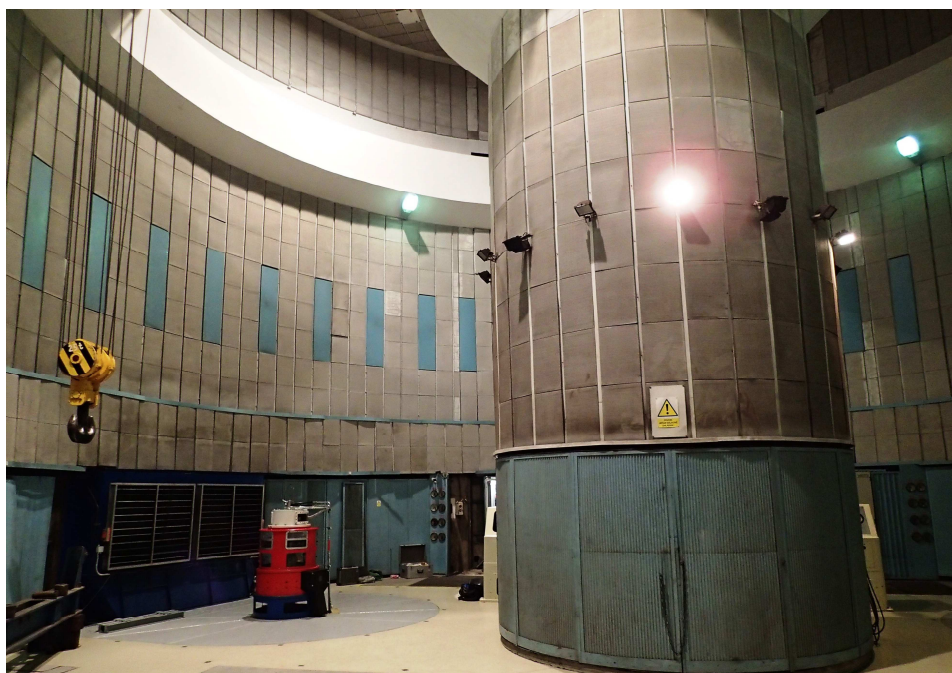
P 1 Kalibrační protokoly

### SYSTÉM ZNAČENÍ A ZKRATEK:

$a_i$	-	i-tá konstanta polynomu
$A_1, A_2$	$m^2$	průřezy vstupního a výstupního vztažného profilu turbíny
č.m.		číslo měření
$dp$	Pa	naměřená tlaková diference na spirále turbíny
$e$	-	koeficient tlakové diference pro indexové měření průtoku vody
$E_K$	V	kavitační emise na savce turbíny
$f$	Hz	frekvence
$g$	$m/s^2$	tíhové zrychlení
$h_2$	m	hladina vody ve vývaru
$h_{v1}, h_{v2}$	m	rychlostní výšky ve vstupním a výstupním vztažném profilu turbíny
$H$	m	čistý spád na turbínu
$H_B$	m	hrubý spád na turbínu
$I$	A	proud na svorkách generátoru
$k$	-	koeficient pro indexové měření průtoku
OK		oběžné kolo
$p_1$	Pa	tlak ve vstupním hrdle spirály
$P_a$	W	činný výkon na svorkách generátoru
$P_{a\ SP}$	W	činný výkon na svorkách generátoru přepočtený na specifikovaný spád
$P_h$	W	hydraulický výkon (na hřídeli turbíny)
$P_Q$	VAr	jalový výkon na svorkách generátoru
$P_{app}$	VA	zdánlivý výkon na svorkách generátoru
$Q_i$	$m^3/s$	průtok vody turbínou měřený indexovou metodou
$Q_{i\ SP}$	$m^3/s$	průtok přepočtený na specifikovaný spád
RK		rozváděcí kolo
ŘS		řídící systém
tp.		třída přesnosti
TA		proudový měřicí transformátor
TG		turbogenerátor
TV		napěťový měřicí transformátor
$U$	V	napětí na svorkách generátoru
$Y_{RK}$	%	otevření rozvaděče (RK)
$Y_{OK}$	%	otevření oběžného kola (OK)
$Z_1$	m n.m.	poloha senzoru $p_1$
$Z_{1B}$	m n.m.	Hladina v horní nádrži
$Z_2$	m n.m.	poloha čidla $h_2$
$\rho$	$kg/m^3$	hustota vody
$\eta_s$	%	účinnost soustrojí

## 1. Úvod

Na TG2 Nechanice bylo provedeno měření relativní účinnosti soustrojí indexovou metodou (Winter-Kenedy) za účelem stanovit optimální vazbu RK-OK po provedené opravě stroje, a to při spádu (cca 43 m) blízkém dosažitelnému maximu. Součástí měření bylo rovněž vyhodnocení kavitačních emisí v celém provozním rozsahu soustrojí. Pro vyhodnocení optimální vazby byly rovněž použity podklady z předchozích měření provedených na tomto soustrojí [2], [3], [4].



Obr. 1 – Pohled do strojovny VE Nechanice

## 2. Parametry soustrojí

Na vodním díle Nechanice jsou instalovány dvě vertikální Kaplanovy turbíny se vzájemně opačným směrem otáčení. Spojení s generátorem je napřímo. Krátké přívodní potrubí je ocelové konstrukce  $\phi$  2600 mm.

<b>Turbína</b>	
Výrobce	Strojírny Brno, a.s.
Typ	vertikální Kaplanova turbína, 6 lopat
Návrhový spád	41.5 m
Návrhový průtok	17.1 m <sup>3</sup> /s
Návrhový výkon na spojce	5.69 MW
Průměr oběžného kola	1460 mm
Jmenovité otáčky	500 ot/min
<b>Generátor</b>	
Výrobce	ČKD Praha
Jmenovitý výkon	6250 kVA
Jmenovité napětí	6.3 KV
cos $\varphi$	0.8

Tab. 1 – Parametry soustrojí TG2 Nechanice

### 3. Měřicí zařízení a měřené veličiny

Měřené veličiny a použítá měřicí zařízení jsou uvedené v následující tabulce.

Veličina		Přístroj	tp.	Poznámka
$y_{OK}$	Otevření oběžného kola	Provozní měření + galvanický oddělovač (GXN 230)	-	Připojení: skříň 35DT2, svorkovnice X71, PLC modul A732, sv. 6 (+) rozsah: $4 \div 20 \text{ mA} \sim 0 \div 100\%$
$y_{RK}$	Otevření rozvaděče	Provozní měření + galvanický oddělovač (GXN 230)	-	Připojení: skříň 35DT2, svorkovnice X71, PLC modul A732, sv. 2 (+) rozsah: $4 \div 20 \text{ mA} \sim 0 \div 100\%$
$h_2$	Hladina vody ve vývaru	Provozní měření + galvanický oddělovač (GXN 230)	-	Připojení: skříň 35DT2, modul A716 sv. 32. Provozní sonda LMP 307, Rozsah: $4 \div 20 \text{ mA} \sim 0 \div 6 \text{ m}$
$p_1$	Tlak ve vstupním hrdle spirály	Provozní snímač + galvanický oddělovač (GXN 230)	0.2	Umístění snímače viz. Obr. 3. Rozsah: $4 \div 20 \text{ mA} \sim 0 \div 1 \text{ MPa}$
$dp$	Tlaková diference na spirále turbíny	Rosemount 3051 Sn. 8549951	0.07 5	Připojení tlakových odběrů pro snímač viz. Obr. 2. Rozsah: $4 \div 20 \text{ mA} \sim 0 \div 62.8 \text{ kPa}$
$P_a$	činný výkon na svorkách generátoru	Analyzátor sítě EGÚ M3P v.č. 2008-08-0005	0.2 $tp_{TV} = 0.5$ $tp_{TA} = 0.5$	Připojení: skříň v rozvodně 6 kV, paralelní připojení k provozním elektroměrům PK G1. Měřicí transformátory napětí a proudu na svorkách generátoru, Aronovo zapojení. TV: 6 kV / 100 V TA: 600 A / 5 A
$P_Q$	jalový výkon na svorkách generátoru			
$P_{app}$	zdánlivý výkon na svorkách generátoru			
$\cos \varphi$	účinník			
$f$	frekvence			
$U$	napětí na svorkách generátoru			
$I$	proud na svorkách generátoru			
$E_K$	Kavitační emise na savce turbíny	Diagnost D400 + galvanická oddělovač GO UNI	-	Piezeelektrický kontaktní mikrofon umístěn na pancíři průlezu do savky – viz Obr. 5. Výstup kavitoměru připojen přes galvanický oddělovač – viz Obr. 4.

**Tab. 2 - Přehled měřených veličin**

- Měřicí ústředna BMC ADI6f**, rozlišení 16 bit, 16 kanálů, tp. 0.05 pro měření neelektrických veličin. Vstup napěťový nebo proudový – s bočníky  $500 \Omega$  pro proudové smyčky. Vzorkovací frekvence byla při měření nastavena na 65 Hz s redukcí dat 1:10.
- Analyzátor EGÚ M3P**, tp. 0.2, pro měření elektrických veličin (proudy, napětí, činný výkon, jalový výkon, zdánlivý výkon, účinník, frekvence). Analyzátor umožňuje ukládat a zobrazovat všechny měřené veličiny sítě na obrazovce počítače připojeného přes sériovou linku. Frekvence ukládání dat byla nastavena na 3 Hz.
- Kavitoměr Diagnost D400**, demoduluje z širokopásmového ultrazvukového signálu složku rážů vznikajících praskáním kavitačních mikrobublinek.



### 3.1 Indexové měření průtoku

Průtok byl měřen relativně (metodou Winter-Kennedy) snímáním tlakové diference na spirále, přičemž pro stanovení průtoku se vychází z následující rovnice:

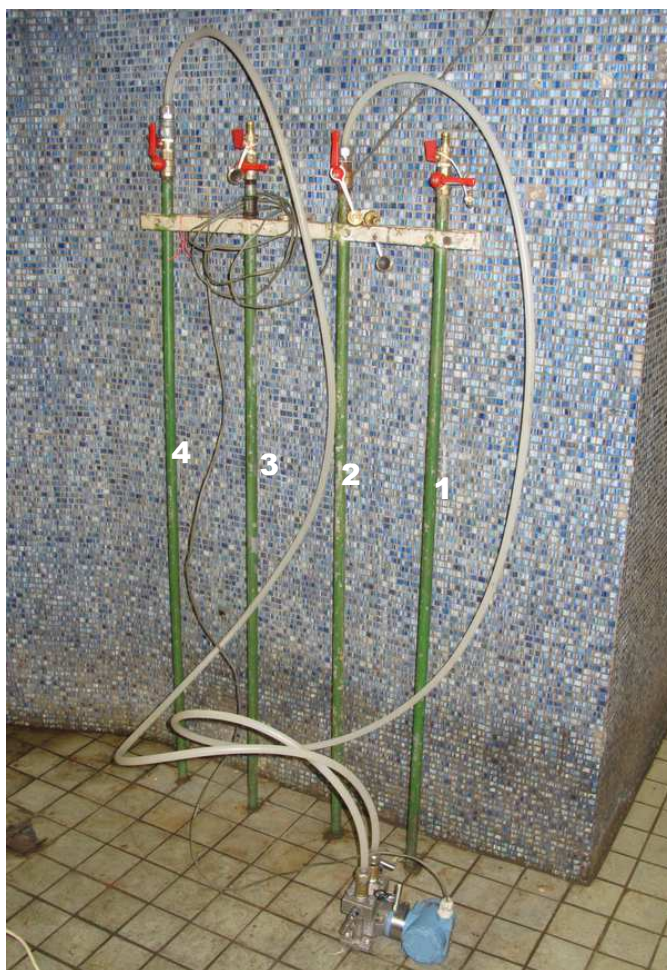
$$Q_i = k \cdot dp^e \quad (1)$$

Při určování průtoku indexovou metodou byly konstanty  $k$  a  $e$  stanoveny na základě předchozích měření viz. [2] ÷ [4] v souladu s reálně očekávanými hodnotami účinnosti. Hodnoty těchto konstant jsou uvedeny v Tab. 3.

Stroj	Koeficienty	
	$k$	$e$
	$[m^3 s^{-1}/kPa^{0.5}]$	$[-]$
TG2	3.016	0.5

Tab. 3 – Koeficienty pro výpočet průtoku indexovou metodou

Pro měření tlakové diference byl instalován snímač tlakové diference Rosemount 3051 CD2, který byl připojen na tlakové odběry č. 4 a č. 2. (Obr. 2). Odběry byly z důvodů přesnosti vybrány tak, aby bylo dosaženo co největší tlakové diference. Před začátkem měření byla nastavena provozní nula snímače a během měření bylo pravidelně kontrolováno odvzdušnění všech tlakových odběrů.



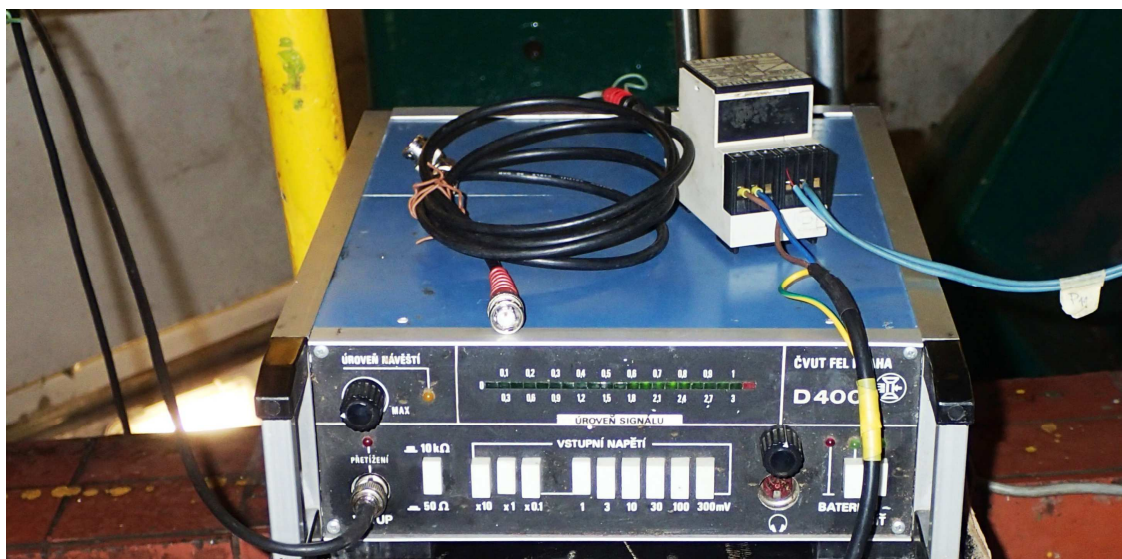
Obr. 2 - Měření tlakové diference

### 3.2 Měření ostatních veličin

Pro vyhodnocení spádu byl použit signál provozního měření hladiny  $h_2$  ve vývaru v kombinaci s měřením tlaku ve vstupním hrdle spirály  $p_1$ . Tlak  $p_1$  byl měřen provozním snímačem tlaku - viz Obr. 3. Na TG2 nejsou zřízeny další odběry, které by umožňovaly získat středné hodnoty tlaku jako je tomu u TG1.



Obr. 3 - Připojení snímače tlaku  $p_1$  do sběrače tlaku



Obr. 4 - Elektrické zpracování signálu z kontaktního mikrofону



**Obr. 5** - Upevnění kontaktního ultrazvukového mikrofону na víku savky

## 4. Průběh měření

Měření probíhalo v souladu s metodikou měření podle požadavků popsaných v normě [1], aplikovaných v reálných podmínkách při horní hladině v jezeře  $Z_{1B} = 269.06$  m n.m. v rozmezí spádů  $H = 42.52 \div 43.44$  m v následujících krocích:

- Instalace měřicí aparatury, nastavení a ověření funkčnosti čidel a měřicích řetězců.
- Kalibrace obou krajních poloh OK na stojícím stroji, stejně jako minimální polohy RK. Maximální poloha RK byla kalibrována za provozu stroje na maximálním dosažitelném výkonu.
- Zaznamenání stávající vazby na stroji při daném spádu, na jejímž základě byly rozvrženy jednotlivé body měření. Během záznamu se postupně měnil výkon měřeného stroje v krocích po cca 0.5 MW v celém jeho pracovním rozsahu (tzn. cca 1.5 ÷ 6 MW). Záznam stávajícího nastavení vazby s rozvržením měřicích bodů je zobrazen v podobě funkční závislosti  $y_{OK} = f(y_{RK})$  viz Obr. 12.
- Z průběhu stávajícího nastavení vazby bylo zvoleno cca 7 otevření OK a každému z těchto otevření bylo přiřazeno 7 ÷ 10 otevření RK. V těchto bodech byla turbína proměřena.

## 5. Vyhodnocení měření

### 5.1 Použité konstanty

Konstanty použité pro výpočty jsou uvedeny v tabulce Tab. 4.

<b>Tíhové zrychlení</b>	<b><math>g</math></b>	<b><math>[m/s^2]</math></b>	9.81	dle Přílohy EI normy [1]
<b>Teplota vody</b>	<b><math>t_w</math></b>	<b><math>[^{\circ}C]</math></b>	7	
<b>Hustota vody</b>	<b><math>\rho</math></b>	<b><math>[kg/m^3]</math></b>	999.9	určeno z přílohy E II normy [1] na základě změřené teploty vody
<b>Vstupní profil turbíny</b>	<b><math>A_1</math></b>	<b><math>[m^2]</math></b>	4.52	
<b>Výstupní profil turbíny</b>	<b><math>A_2</math></b>	<b><math>[m^2]</math></b>	5.87	
<b>Poloha snímače <math>p_1</math></b>	<b><math>z_1</math></b>	<b><math>[m \text{ n.m.}]</math></b>	225.55	
<b>Poloha snímanímače <math>h_2</math></b>	<b><math>z_2</math></b>	<b><math>[m \text{ n.m.}]</math></b>	225.66	

Tab. 4 – Konstanty použité pro měření na VE Nechranice TG2

### 5.2 Hlavní výpočtová tabulka

Střední hodnoty měřených veličin z jednotlivých měřených bodů a následné numerické vyhodnocení je uvedeno ve výpočtové tabulce Tab. 6.

Význam jednotlivých sloupců výpočtové tabulky je následující:

č.m.	[-]	Číslo měřicího bodu
$y_{RK}$	[%]	Otevření rozváděcího kola
$y_{OK}$	[%]	Otevření oběžného kola
$p_1$	[Pa]	Tlak ve vstupním hrdle spirály
$h_2$	[m]	Hladina vody ve vývaru
$dp$	[Pa]	Tlaková diference na spirále turbíny (pro stanovení průtoku indexovou metodou)
$dp_{cor}$	[Pa]	Tlaková diference na spirále turbíny korigovaná do hladké křivky $dp_{cor} = f(y_{RK})y_{OK} = const$
$E_K$	[V]	Kavitační emise na savce turbíny
$U$	[V]	Napětí na svorkách generátoru
$I$	[A]	Proud na svorkách generátoru
$\cos \varphi$	[-]	Účinník
$f$	[Hz]	Frekvence sítě
$P_w$	[W]	Činný výkon na svorkách generátoru
$P_q$	[VAr]	Jalový výkon na svorkách generátoru
$P_{app}$	[VA]	Zdánlivý výkon na svorkách generátoru

$Q_i$  [m<sup>3</sup>/s] Průtok vody turbínou měřený indexovou metodou:

$$Q_i = k \cdot dp^e \quad (2)$$

kde koeficienty „k“ a „e“ viz. Tab. 3.

$h_{v1}$  [m] Rychlostní výška ve vstupním profilu  $A_1$ :

$$h_{v1} = \frac{\left(\frac{Q_i}{A_1}\right)^2}{2 \cdot g} \quad (3)$$

$h_{v2}$  [m] Rychlostní výška v koncovém profilu savky  $A_2$ :

$$h_{v2} = \frac{\left(\frac{Q_i}{A_2}\right)^2}{2 \cdot g} \quad (4)$$

$H$  [m] Čistý spád:

$$H = \left(\frac{p_1}{\rho \cdot g} + z_1 + h_{v1}\right) - (z_2 + h_2 + h_{v2}) \quad (5)$$

$P_h$  [W] Hydraulický výkon na hřídeli turbíny:

$$P_h = H \cdot \rho \cdot g \cdot Q_i \quad (6)$$

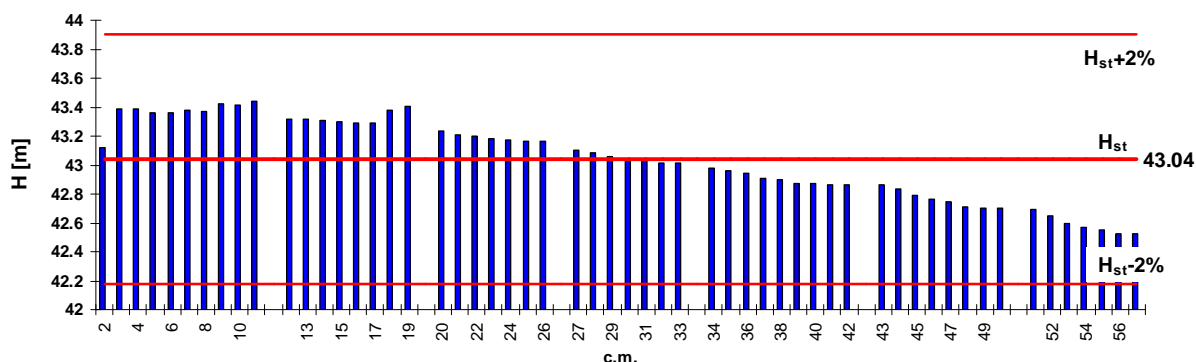
$\eta_s$  [%] Účinnost soustrojí:

$$\eta_s = \frac{P_a}{P_h} \quad (7)$$

Z rozložení spádu v průběhu měření (viz. Obr. 6) vyplývá, že rozptyl spádu nepřesáhl normou [1] stanovené meze  $\pm 2\%$   $H_{sp}$ . Proto mohl být průtok přepočten pomocí vzorce (8) na specifický spád. Specifický spád  $H_{sp}$  je definován jako průměrná hodnota spádu ze všech měřících bodů  $15 \div 54$ .

$Q_{i\ sp}$  [m<sup>3</sup>/s] Průtok přepočtený na specifikovaný spád:

$$Q_{i\ sp} = Q_i \cdot (H_{sp} / H)^{0.5} \quad (8)$$



Obr. 6 – Rozložení spádu v průběhu indexového měření

## 5.3 Nejistoty měření

V následující tabulce jsou uvedeny nejistoty měření hlavních veličin. Relativní nejistoty spádu a výkonu byly vyčísleny standardním způsobem podle normy [1]. Nejistota průtoku je stanovena podle vztahu:

$$f_Q = \sqrt{f_\eta^2 + f_H^2 + f_P^2} \quad (9)$$

<b>Druh nejistoty</b>	<b>Označení</b>	<b>Hodnota [%]</b>
<b>Odhad nejistoty účinnost v optimu</b>	$f_\eta$	2.1
<b>Nejistota měření spádu</b>	$f_H$	0.2
<b>Nejistota měření výkonu</b>	$f_P$	0.7
<b>Nejistota indexového průtoku</b>	$f_{Qi}$	2.2

Tab. 5 – Souhrnná tabulka nejistot měření

## 5.4 Prezentace výsledků měření

Výsledky měření na soustrojí VE Nechranice TG2 uvedené v hlavní výpočtové tabulce Tab. 6 jsou vyneseny do následujících grafických závislostí:

Obr. 7 - Účinnost soustrojí a otevření rozvaděče jako funkce průtoku. Je zřejmé, že nová optimální vazba přináší pro malé průtoky (pod cca 10m<sup>3</sup>/s) nárůst účinnosti až 4%.

Obr. 8 - Účinnost soustrojí a úroveň kavitační emise jako funkce průtoku

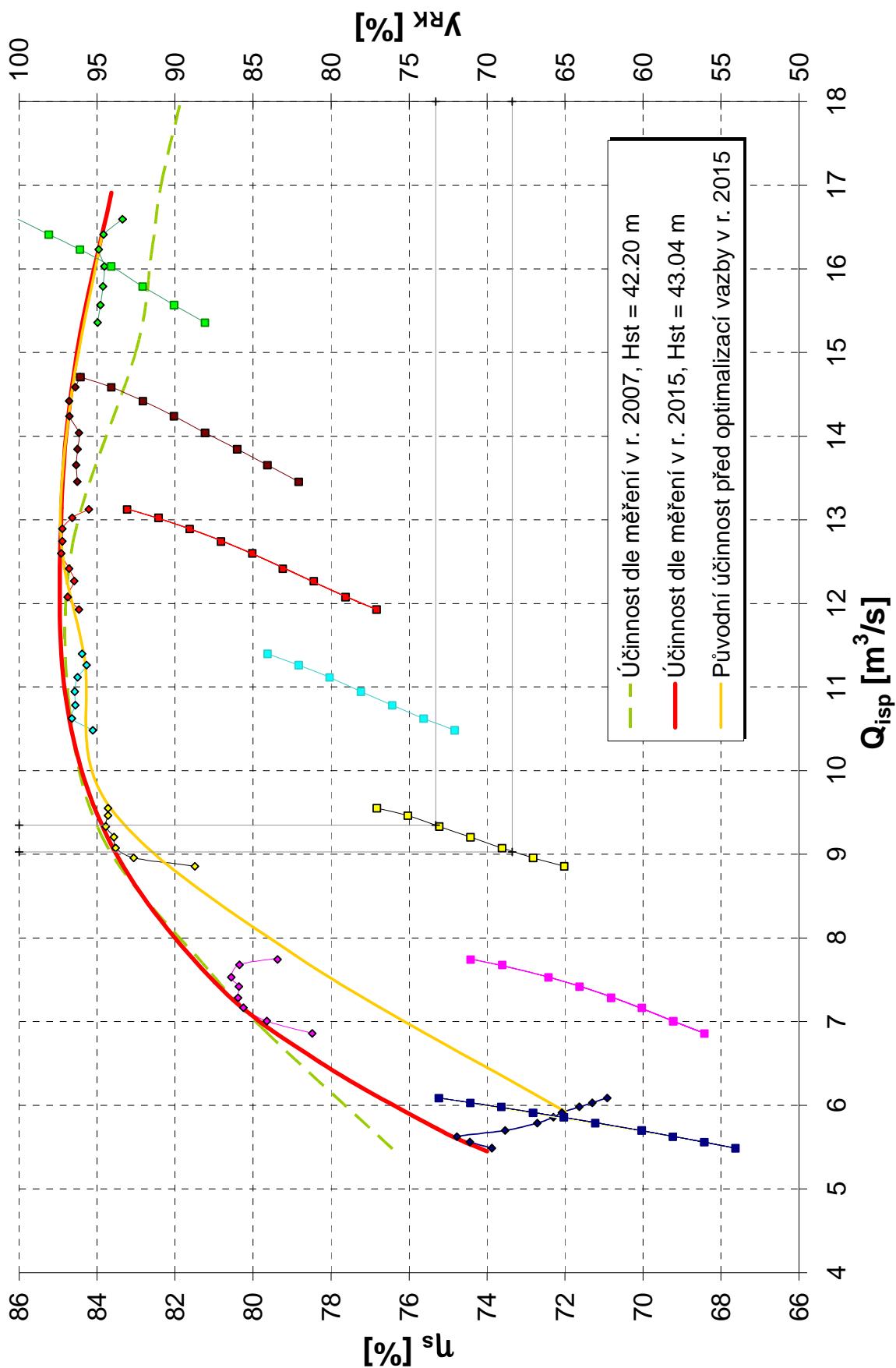
Obr. 9 – Průtok turbínou v závislosti na svorkovém výkonu při horní hladině Z1B = 269.06 m n.m.

Obr. 10 – Závislost tlakové diference na otevření rozvaděče

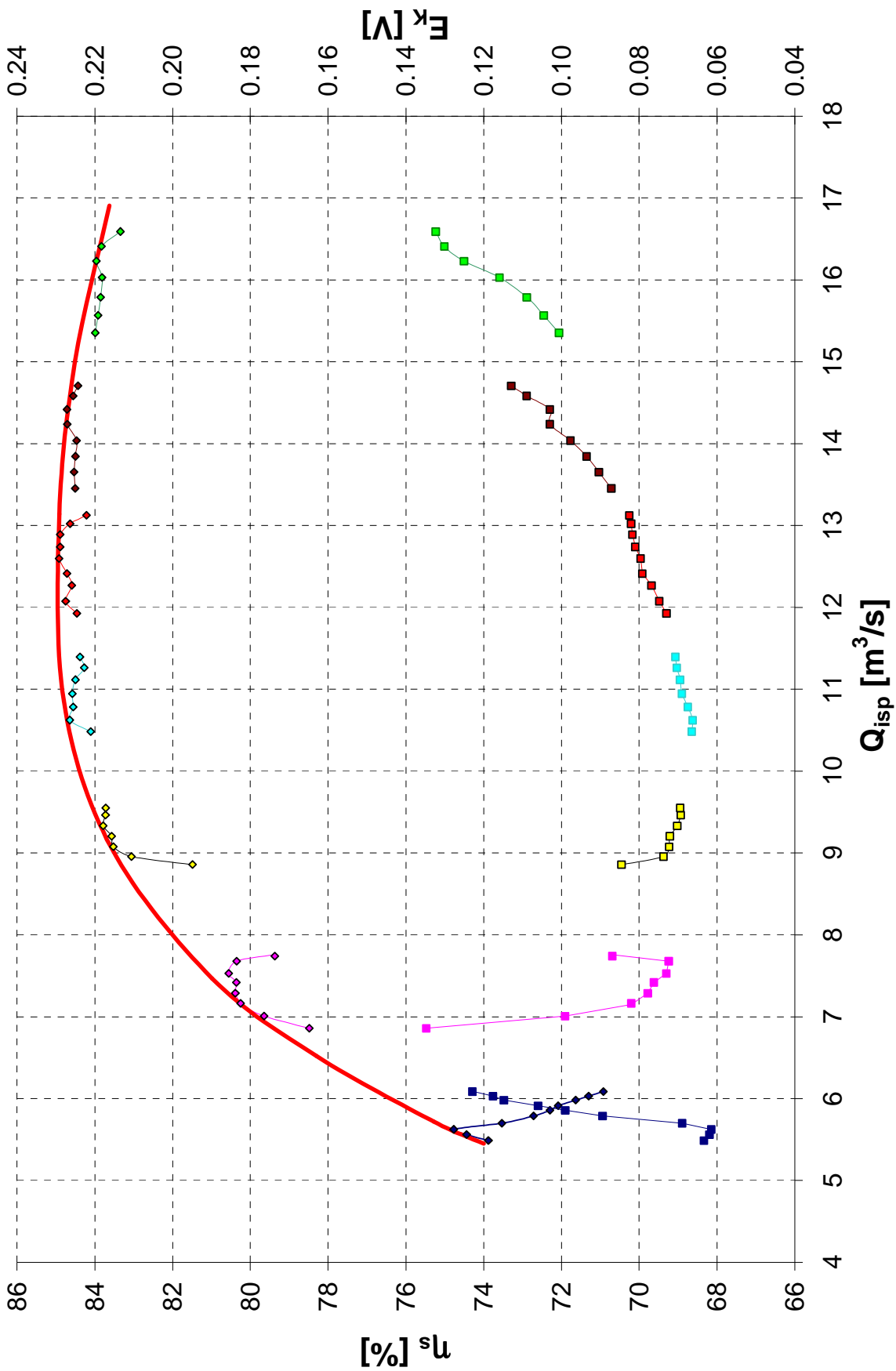




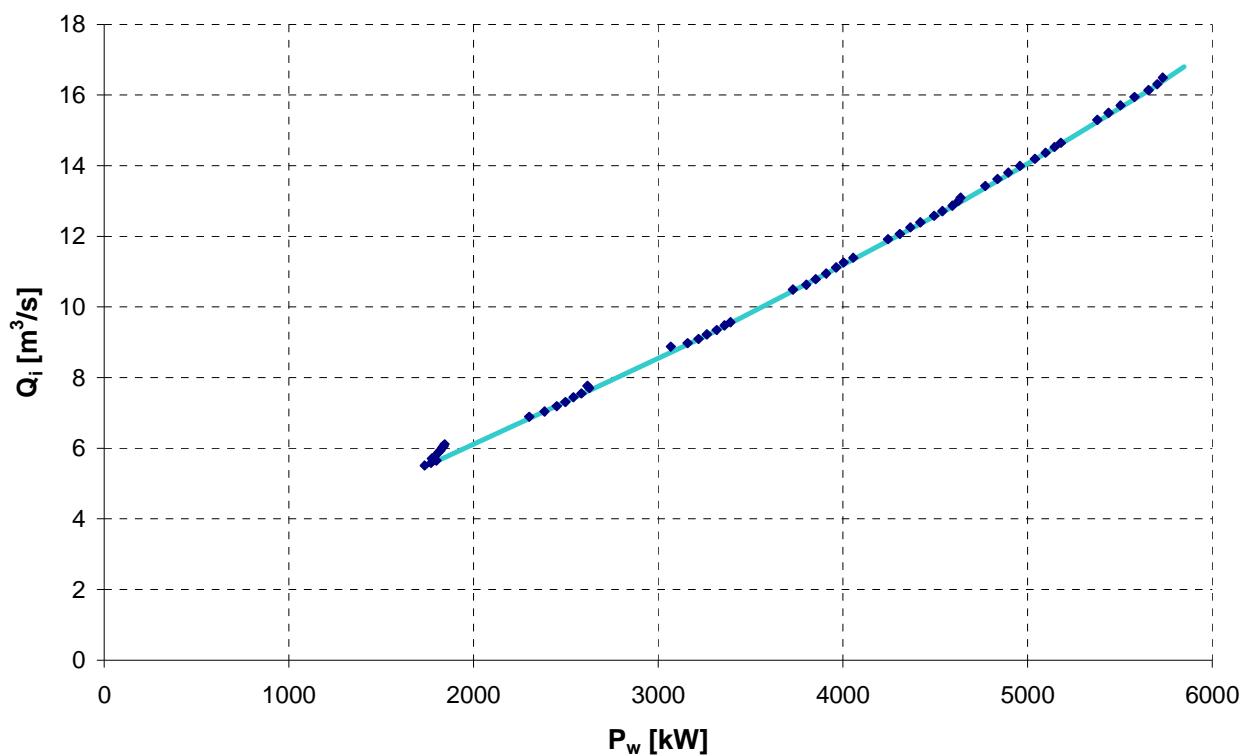




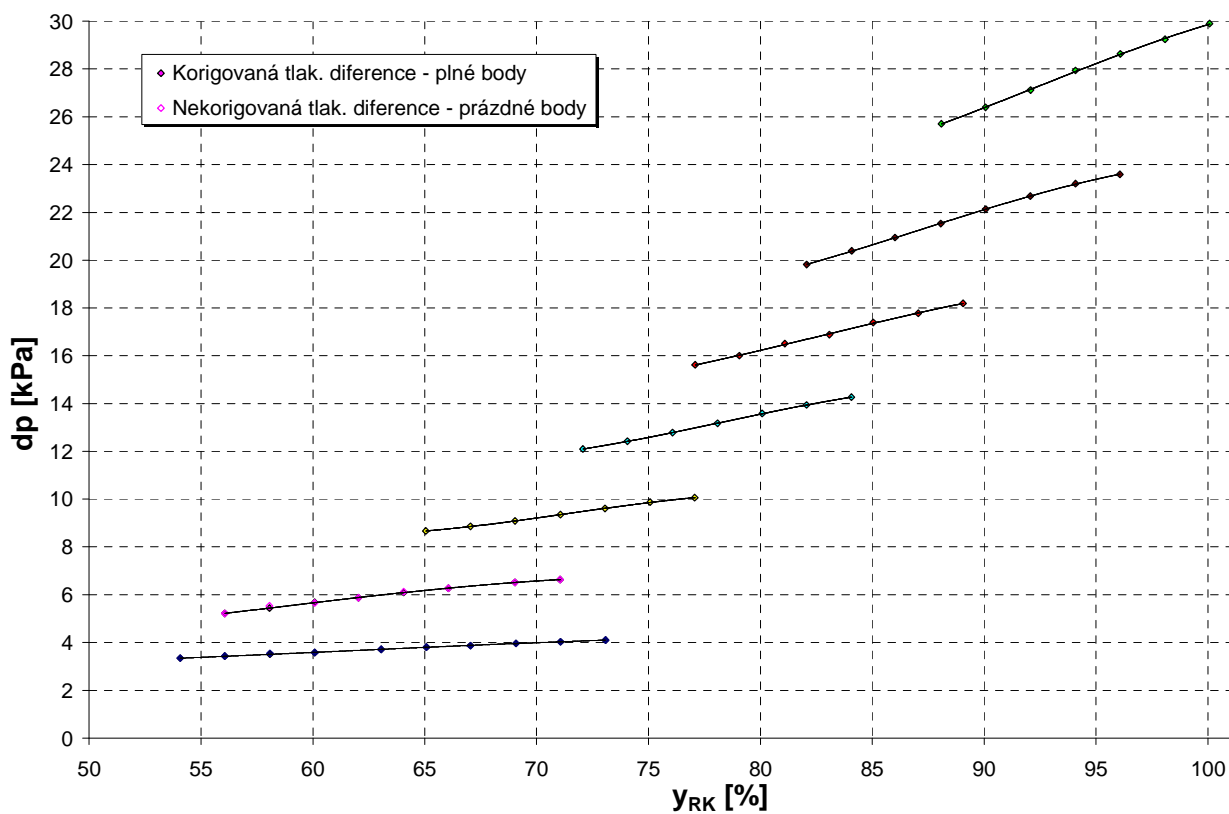
Obr. 7 - Účinnost soustrojí a otevření rozvaděče jako funkce průtoku



Obr. 8 - Účinnost soustrojí a úroveň kavitacejní emise jako funkce průtoku



Obr. 9 – Průtok turbínou v závislosti na svorkovém výkonu při horní hladině  $Z_{1B} = 269.06$  m n.m.



Obr. 10 – Závislost tlakové diference na otevření rozvaděče

## 5.5 Vyhodnocení kavitačních emisí

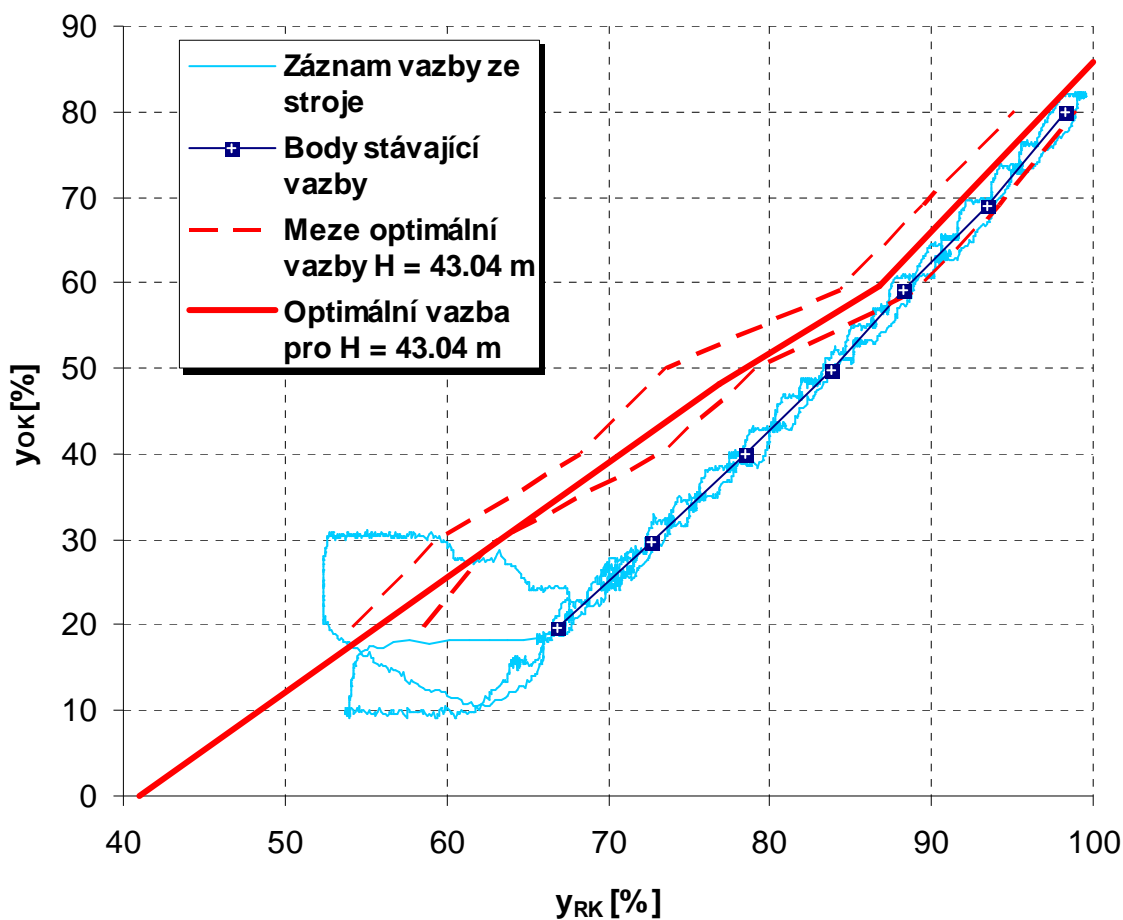
Snímač (kontaktní ultrazvukový mikrofon) byl umístěn na víko průlezu na kuželi savky viz Obr. 5. Jak je patrné z Obr. 8, zejména pro menší průtoky koreluje optimum účinnosti velmi přesně s minimem kavitační emise. K tomuto faktu bylo přihlédnuto při konstrukci optimální vazby RK – OK.

## 5.6 Vyhodnocení vazby oběžného kola a rozvaděče

Optimální vazba  $y_{RK} - y_{OK}$  byla konstruována jako pásmo, pro jehož hraniční křivky platí, že účinnost v propeleru poklesla maximálně o cca 0.2 % oproti účinnosti v dotykovém bodě obalové křivky a křivky daného propeleru. Hodnoty  $y_{RK}$  a  $y_{OK}$  lomových bodů optimální vazby jsou uvedeny v Tab. 7 a vazba je vynesena na Obr. 11.

$y_{RK}$	$y_{OK}$
%	%
41.0	0.0
76.9	48.2
86.8	59.7
100.0	85.8

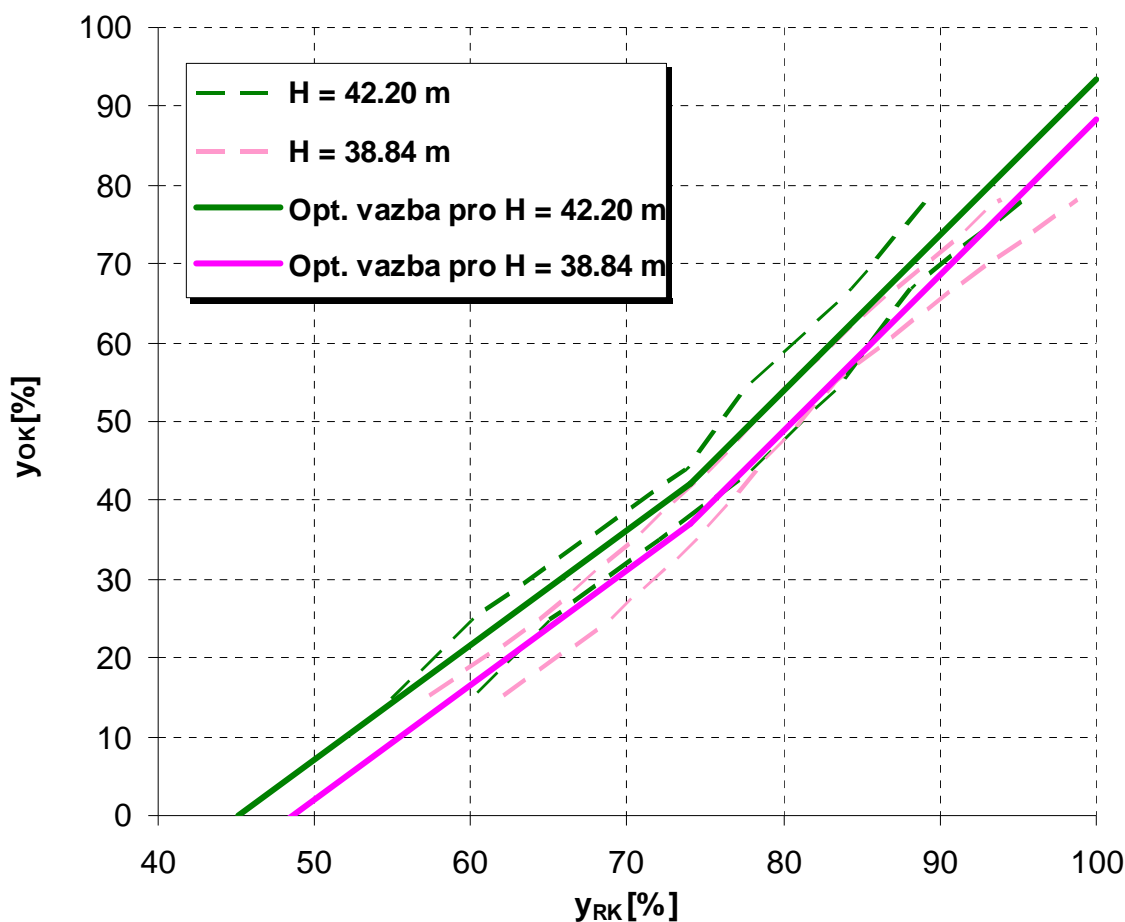
Tab. 7 – Hodnoty optimální vazby pro spád  $H = 43.04$  m



Obr. 11 – Stávající vazba na TG2 a optimalizovaná vazba pro  $H = 43.04$  m

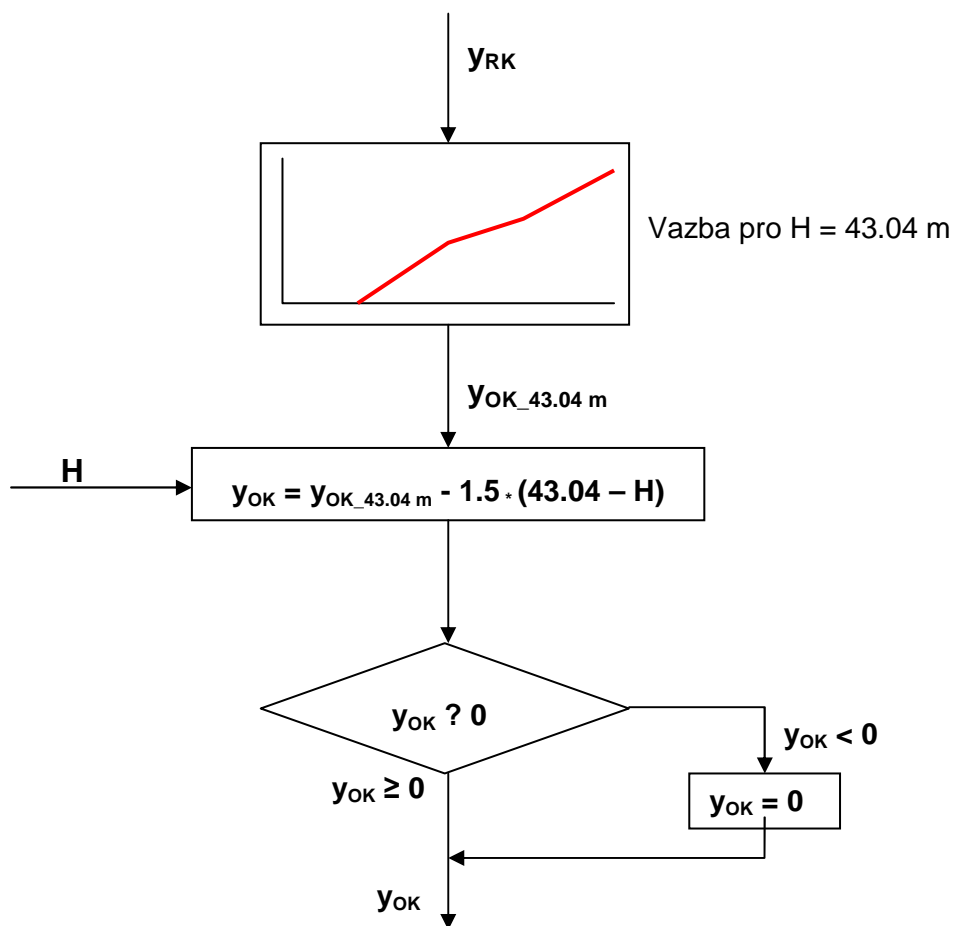
Z měření realizovaných v r. 2006 a 2007 (viz [3] a [4]) vyplývá, že vazba pro různé spády se mírně liší. Vzhledem ke skutečnosti, že tehdy se s odstupem 1 roku uskutečnilo měření při spádech blízkých běžné minimální a maximální provozní hladině, bylo možno nalézt univerzální vazbu vhodnou pro celý běžný rozsah spádů v průniku tolerančních pásem měření při obou spádech – viz. Obr. 12.

Jak je zřejmé z grafů na Obr. 7, Obr. 8 a Obr. 11 došlo při poslední opravě strojů k určitým změnám, které se projeví na tvaru optimální vazby. Vzhledem ke skutečnosti, že není k dispozici měření vazby pro malé spády, doporučujeme přistoupit ke spádově závislé vazbě, která zohledňuje vliv spádu na hydraulické vlastnosti stroje. Spádovou závislost získanou z měření uvedených v [3] a [4] aplikujeme na nový tvar vazby získaný po opravě stroje při spádu 43.04 m.

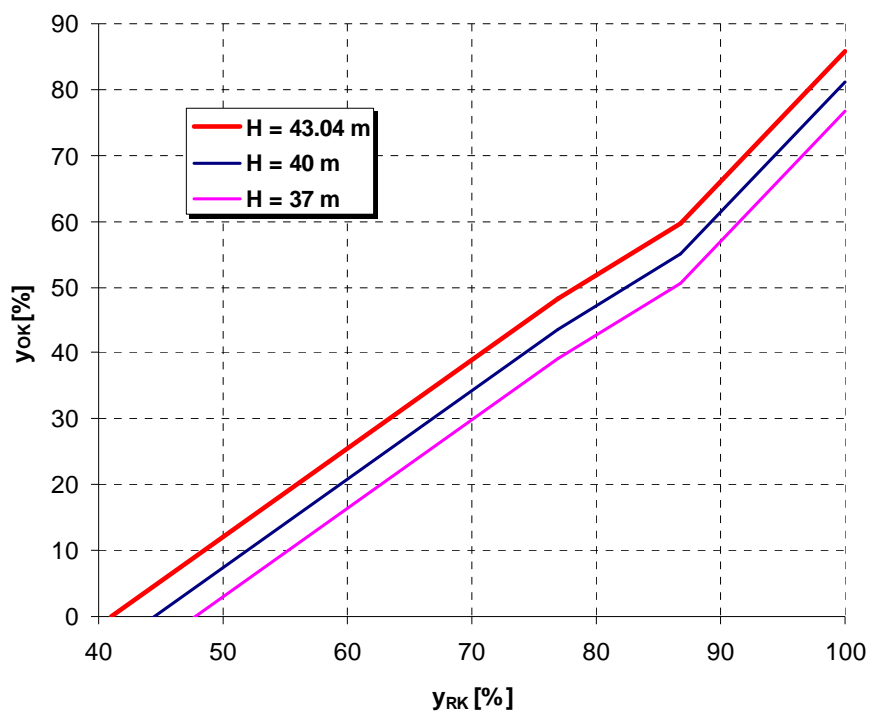


Obr. 12 – Optimální vazby pro TG2 při spádech 38.84 a 42.20 m stanovené v r. 2007

Spádově závislá vazba se stanoví podle jednoduchého algoritmu na Obr. 13. Výsledné vazby pro 43.04, 40 a 37 m jsou uvedeny na Obr. 14. Takto optimalizovaná vazba by měla přinést poněkud í chod a mírně lepší účinnost i pro spády výrazně nižší, než byl spád 43.04 m, při kterém proběhlo měření. Takto optimalizovaná vazba odpovídá lépe teoretickým předpokladům. Pokud by provozovatel chtěl mít jistotu správnosti vazby pro nižší spády, doporučujeme provést optimalizační měření pro spád kolem 37 m, jak tomu bylo v r. 2006 a 2007.



Obr. 13 – Algoritmus stanovení polohy oběžného kola pro spádově závislou vazbu



Obr. 14 – Vazby RK – OK pro různé spády stanovené dle algoritmu na Obr. 13

## 6. Závěr

Indexové měření pro stanovení optimální vazby na TG2 VE Nechranice proběhlo ve dnech 15. a 16. dubna 2015 v souladu s požadavky normy [1]. Střední spád při měření byl 43.04 m. Výsledky měření lze shrnout následovně:

1. Účinnostní křivka soustrojí je téměř totožná se stavem před opravou stroje.
2. Při opravě stroje došlo k blíže nespecifikovaným změnám, které měly vliv na průběh optimální vazby v oblasti menších průtoků do cca 10 m<sup>3</sup>/s.
3. Nová optimální vazba zlepšuje účinnost v oblasti průtoků pod 10 m<sup>3</sup>/s až o 4 % .
4. Doporučujeme aplikovat jednoduchou výše uvedenou spádovou závislost vazby – viz kap. 5.6. Tím by se měla zvýšit jistota provozu se správnou vazbou i při nižších spádech.
5. Doporučujeme zvážit ekonomii provozu stroje s průtoky většími než 15 m<sup>3</sup>/s, neboť v této oblasti již výrazně narůstá kavitace s dopadem na životnost stroje (zkrácení se intervalu mezi opravami).

### LITERATURA:

- [1] ČSN EN 60041: „Přejímací zkoušky na díle pro určení hydraulických charakteristik vodních turbín, akumulčních čerpadel a čerpadlových turbín“, vydal ČSNI, rok 1995
- [2] Ševčík P: „VE Nechranice, Optimalizace kulis Kaplanových turbín – Měření účinnosti TG2“; zpráva TS HYDRO, s.r.o., rok 1999
- [3] Bischof R, Ševčík P: „Vazba na TG1 a TG2 HC Nechranice, optimalizace při minimálním spádu“; zpráva OSC, TZ 1680/3000, rok 2006
- [4] Bischof R, Polák P: „HC Nechranice, optimalizace vazby na TG1 a TG2“; technická zpráva OSC, TZ 1736/3000, rok 2007