

# **D – TECHNICKÁ ZPRÁVA**

## **139210008 - VD PARDUBICE, OPRAVA GALLOVÝCH ŘETĚZŮ JEZU**

**Technické podmínky vymezující předmět veřejné zakázky  
formou požadavků na výkon a funkci**



### **Investor:**

Povodí Labe, státní podnik  
Víta Nejedlého 951/8  
Slezské Předměstí  
500 03 Hradec Králové

### **Vypracoval:**

Ing. Pavel Hačecký  
Pod Krocínkou 467/6  
190 00 Praha 9

duben 2022

## Obsah:

1	Identifikační údaje.....	3
1.1	Údaje o stavbě.....	3
1.2	Údaje o stavebníkovi .....	3
1.3	Údaje o zpracovateli projektové dokumentace.....	3
2	Členění stavby na provozní soubory .....	3
3	Dokumentace opravy.....	3
4	Základní charakteristika opravy .....	3
4.1	Dispoziční řešení jezu.....	3
4.2	Porucha pohybovacího mechanismu .....	4
4.3	Předpokládaný rozsah opravy .....	4
5	Pohybovací mechanismus .....	4
5.1	Dispoziční řešení mechanismu .....	4
5.2	Princip funkce pohybovacího mechanismu .....	6
5.3	Zatížení pohybovacího mechanismu .....	6
6	Pevnostní kontrola původního Gallova řetězu.....	7
6.1	Zatížení Gallova řetězu.....	7
6.2	Výsledky pevnostní kontroly .....	7
7	Možnosti zvýšení únosnosti Gallova řetězu .....	7
7.1	Zvětšení počtu destiček u stávající hnací řetězky .....	7
7.2	Použití třířadé hnací řetězky .....	7
7.3	Zvětšení průřezu destiček a průměrů čepů .....	7
8	Navržený Gallův řetěz .....	8
9	Pevnostní analýza .....	8
10	Mechanismus ovládání koncových spínačů .....	13
11	Principiální technologický postup opravy .....	14
11.1	Provizorní hrazení.....	15
11.2	Pomocné konstrukce a přípravky, výroba nových dílů .....	16
11.3	Výroba nových dílů .....	16
11.4	Protikorozní ochrana.....	16
12	Požadavky na použité materiály .....	16
13	Kontrola jakosti provádění prací.....	16
13.1	Výrobní kontrola .....	17
13.1.1	Kontrola při výrobě.....	17
13.1.2	Kontrola při montáži.....	17
13.1.3	Kontrola provedení protikorozní ochrany .....	17
13.2	Komplexní zkoušky.....	17
13.2.1	Suché zkoušky .....	17
13.2.2	Mokrý zkoušky.....	17
13.2.3	Dokumentace kontroly .....	17

## 1 Identifikační údaje

### 1.1 Údaje o stavbě

Název stavby	VD Pardubice, oprava Gallových řetězů jezu
Číslo akce	139210008
Katastrální území	Pardubice [717657]
Obec	Pardubice [555134]
Místo stavby	VD Pardubice, ř. km 967,423
Název DM	Labe, Pardubice - jez
Číslo DM	9051003313
Identifikátor ISYPO	400038902

### 1.2 Údaje o stavebníkovi

Název (obchodní firma):	Povodí Labe, státní podnik
IČ:	70890005
DIČ:	CZ70890005
Adresa sídla:	Víta Nejedlého 951/8 Slezské Předměstí, 500 03 Hradec Králové
Zastoupen:	Ing. Mariánem Šebestou, generálním ředitelem

### 1.3 Údaje o zpracovateli projektové dokumentace

Název (obchodní firma):	Ing. Pavel Hačecký
IČ:	44842643
DIČ	CZ6306230568
adresa sídla:	Pod Krocínkou 467/6, 190 00 Praha 9

## 2 Členění stavby na provozní soubory

Stavba není členěna na jednotlivé provozní soubory v souladu se Záměrem opravy ze dne 28.1.2021 (zápis 1/2021). Oprava Gallových řetězů bude probíhat v souběhu s akcí „VD Pardubice, oprava hradících konstrukcí (nátěry, boční štíty)“.

## 3 Dokumentace opravy

Zhotovitel před zahájením opravy předloží investorovi zpracovaný plán BOZP, plán kontrol a zkoušek, technologický postup prací, firemní materiály a reference (zvláště o způsobilosti zhotovitele k provádění montážních prací na strojně – technologických zařízeních na VD a k provádění protikorozi ochrany). Po dokončení opravy bude zhotovitelem zpracována dokumentace skutečného provedení pro každé jezové pole.

## 4 Základní charakteristika opravy

### 4.1 Dispoziční řešení jezu

Pohyblivý jez VD Pardubice na Labi (ř. km 967,423) je umístěn kolmo k toku a je složen ze tří polí o světlosti 18 m. Každé pole je hrazeno ocelovým zdvižným stavidlem s nasazenou dutou klapkou pro jemnou regulaci průtoku. Celková hrazená výška je 4,1m (z toho stavidlo 2,8 m a klapka 1,3 m). Tento pohyblivý jezový uzávěr dosedá na spodní stavbu ve tvaru Jamborova prahu.

Ovládání každého uzávěru je zajištěno jedním společným elektromotorem a oboustrannými mechanickými pohybovacími mechanismy s Gallovými řetězy. Pohybovací mechanismy jsou umístěny ve strojovnách v pilířích jezového pole. Přenos kroutícího momentu z mechanismu s elektromotorem na mechanismus téhož pole bez elektromotoru pole je řešen mechanickou transmisí, uložené na spojovací lávce mezi pilíři jezu. Oba mechanismy pomocí Gallových a navazujících článkových řetězů tak v daném poli společně ovládají jak pohyb nesené klapky, tak i zdvihání celého uzávěru jako celku.

#### **4.2 Porucha pohybovacího mechanismu**

V listopadu 2020 byla zkouškou potvrzena porucha v ovládání jezového uzávěru středního pole, předtím ohlášená obsluhou jezu. Bylo zjištěno, že Gallův řetěz, ovládající jezový uzávěr, během pohybu nezabíral správně do hnacího řetězového pastorku. Zatížený řetěz svými čepy při pohybu několikrát najel na hranu hlavy zubu pastorku a až poté zapadl do správné polohy v patě zubů. Tento jev byl doprovázen značným rázem a „poskočením“ řetězu i celé konstrukce uzávěru. Bylo konstatováno, že Gallovy řetězy jsou zatuhlé a jednotlivé články mají pravděpodobně vlivem opotřebení prodlouženou rozteč.

Dále byly zjištěny poruchy v mechanismu ovládajícím koncové spínače, který nelze jednoznačně a přesně nastavit.

Gallovy řetězy jsou dle závěrů prohlídky v havarijním stavu a s jezovým uzávěrem nelze bezpečně manipulovat.

Kromě toho na středním poli došlo k přetržení článkového řetězu nesené klapky. V rámci provedené havarijní opravy byly samostatně článkové řetězy v tomto poli vyměněny. V krajních polích budou článkové řetězy vyměněny společně s výměnou Gallových řetězů.

#### **4.3 Předpokládaný rozsah opravy**

Požadavky investora na rozsah opravy jsou:

- statické posouzení pevnosti Gallových řetězů podle ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.13
- výměna stávajících Gallových řetězů z konstrukční oceli za nerezové provedení
- výroba mezikusu (koncového dílu s čepem  $\varnothing 60$  mm) Gallova řetězu
- rozšíření ukladače pro nový Gallův řetěz
- výměna článkových řetězů ovládání nesené klapky (bude provedena pouze v obou krajních polích, ve středním poli byla výměna článkových řetězů provedena již dříve v rámci havarijní opravy)
- repase mechanismu koncových spínačů
- výměna olejových náplní převodovek pohybovacích mechanismů a promazání ložisek transmise

Provedená oprava v plném rozsahu obnoví provozuschopnost jezových polí, zvýší bezpečnost i provozní spolehlivost jezového pole a prodlouží životnost pohybovacího mechanismu.

### **5 Pohybovací mechanismus**

#### **5.1 Dispoziční řešení mechanismu**

Pohybovací mechanismy jednoho pole jsou z hlediska pohonu dvou typů:

- mechanismus s elektromotorem (hnací mechanismus), který je sestaven z elektromotoru, čelní převodovky se společným výstupem na úhlovou převodovku transmise a na kombinovanou šnekovou převodovku pohonu hnací řetězky. Hnací mechanismus je vybaven skříní koncových spínačů s jejich pohyblivou ovládací kulisou
- mechanismus bez elektromotoru (hnaný mechanismus), který je sestaven z úhlové převodovky transmise spojené hřídelem se vstupem do kombinované šnekové převodovky

Přenos kroutícího momentu z hnacího mechanismu, umístěného v jednom pilíři, na hnaný mechanismus, umístěný v protějším pilíři, zajišťuje transmise umístěná na mezpilířové lávce.

### **Elektromotor hnacího mechanismu**

Původní třífázový elektromotor o výkonu 3,0 kW / 945 1/min byl v nedávné minulosti nahrazen elektromotorem o výkonu 5,5 kW / 950 1/min. Tento elektromotor má však vyšší jmenovitý moment 55,3 Nm proti elektromotoru původnímu 30,3 Nm. S ohledem na zachování životnosti mechanických převodů je pravděpodobně vyšší jmenovitý moment nového elektromotoru omezen ochranou v obvodu napájení. Instalace této ochrany však není potvrzena.

### **Čelní převodovka**

otáčky elektromotoru jsou redukovány jednostupňovou čelní převodovkou s převodovým poměrem  $i_1 = 3$ . Spojovací hřídel mezi elektromotorem a touto převodovkou je osazen pevnou spojkou a ložiskem. Výstupní hřídel čelní převodovky má oboustranný vývod (na kombinovanou šnekovou převodovku a na úhlovou převodovku transmise).

### **Úhlová převodovka transmise**

Transmise, přenášející kroutící moment z hnacího mechanismu na mechanismus hnáný, je osazena dvojicí úhlových převodovek. Jejich náhon je z výstupního hřídele čelní převodovky hnacího mechanismu.

### **Šneková převodovka**

Základní komponentem pohybovacího mechanismu je mohutná šneková převodovka s primárním planetovým převodem na vstupu. Celkový převodový poměr této kombinované převodovky je  $i_2 = 1000$ .

### **Spojovací hřídele**

Jednotlivé součásti pohonného řetězce jsou propojeny spojovacími hřídeli. Jsou vybaveny pevnými spojkami, hřídel mezi čelní převodovkou a šnekovou převodovkou má samostatné ložisko.

### **Hnací řetězka**

Na výstupním hřídeli šnekové převodovky nasazena hnací řetězka pro ovládací Gallův řetěz jezového uzávěru s nasazenou klapkou. Jednořadá řetězka s 9 zuby má roztečný průměr

$$D = t / \sin(180/z) = 120 / \sin(180/9) = 350,86 \text{ mm}$$

Vzhledem k značnému radiálnímu zatížení je výstupní hřídel šnekové převodovky podepřen za řetězkou samostatným ložiskem. Úhel opásání řetězky činí cca 180°, proti vyskočení řetězu ze záběru je instalován pevný kryt se středním zabezpečovacím žebrem pro stabilizaci středů čepů řetězu.

Přesné rozměry výstupního hřídele s nasazenou řetězkou, ložiska a způsob upevnění řetězky na hřídeli bude možno stanovit po rozebrání tohoto uzlu a demontáži řetězky. Archivní dokumentaci tohoto uzlu se nepodařilo nalézt.

### **Volná dolní řetězka**

Stavidlo je ve své spodní části na obou bocích opatřeno shodnou volně otočnou řetězkou, takže celý mechanismus pro zvedání jezového uzávěru má vlastnosti kladkostroje s jednou pohyblivou kladkou.

Přesné rozměry volné řetězky a způsob jejího uložení v tělese stavidla bude možno stanovit po zpřístupnění a rozebrání tohoto uzlu. a demontáži řetězky. Archivní dokumentaci tohoto uzlu se nepodařilo nalézt.

### **Gallův řetěz s ukladačem**

Netypický ovládací Gallův řetěz s roztečí  $t = 120 \text{ mm}$  se 4 destičkami profilu  $=80 \times 10$  má průměr čepu v destičkách  $d_1 = 38 \text{ mm}$  a v místě záběru  $d_2 = 42 \text{ mm}$ . Větší část řetězu je vyrobena z konstrukční oceli, v minulosti byla spodní část řetězu v „mokrém“ zóně nahrazena řetězem stejných rozměrů z korozi-vzdorné oceli.

Dle dostupné dokumentace je Gallův řetěz dlouhý 20 160 mm (168 článků po 120 mm, 163 čepů a 6 prodloužených čepů). Pevný konec řetězu je upevněn v závěsu na základu pohonného mechanismu. Z tohoto bodu je řetěz veden dolů a přes volnou řetězku na tělese stavidla zpět nahoru na hnací řetězku mechanismu. Zde se opět otáčí dolů a končí na regulačním napínáku, kterým je napojen na článkový řetěz ovládání nesené klapky stavidla. Stávající Gallův řetěz je zobrazen v příloze D.1.1.

### **Článkový řetěz**

Pro ovládání nesené klapky stavidla slouží dlouhočlánkový řetěz průměru  $d = 40$  mm. Vnitřní rozměr článku je  $p = 140$  mm. Řetěz je dlouhý od napojení na prodlužovací nástavec na Gallově řetězu po upevnění na klapce 5 880 mm (42 článků po 140 mm). Materiálem článkového řetězu je konstrukční ocel.

Toto platí pouze pro obě krajní pole, ve středním poli byl již článkový řetěz nahrazen novým (odlišným) v rámci dříve provedené havarijní opravy.

### **Základový rám**

Základový rám výšky 280 mm je svařenec z ocelových válcovaných profilů. Na rámu jsou ustaveny základy elektromotoru, čelní i kombinované šnekové převodovky a základ vnějšího ložiska hřídele s hnací řetězkou. Na povodní straně základového rámu je upevněn ukladač Gallova řetězu.

## **5.2 Princip funkce pohybovacího mechanismu**

Pohybovací mechanismus plní dvě funkce:

### **Ovládání nesené klapky stavidla**

Pomocí článkového řetězu, napojeného na Gallův řetěz, lze pohybem hnací řetězky v obou směrech regulovat sklon nesené klapky stavidla. Nezátížená větev Gallova řetězu volně klesá směrem ke stavidlu, které při manipulaci s klapkou leží na dolní prahu, a vytváří volnou smyčku. Tato smyčka je největší při plně zdvižené klapce, při plně sklopené klapce smyčka Gallova řetězu zmizí a řetěz se mezi hnací a volnou řetězkou napne a větev ke klapce se uvolní.

### **Ovládání stavidla jako celku**

Při napnutém Gallově řetězu je nesená klapka plně sklopena a pohybem hnací řetězky je možno zvedat stavidlo jako jeden celek. Smyčka řetězů na větví ke klapce se zvětšuje úměrně zvedání stavidla.

## **5.3 Zatížení pohybovacího mechanismu**

### **Celková zvedací síla**

Při stanovení zatížení mechanismu se vychází z hmotnosti hradící konstrukce, z účinku hydrostatického tlaku a z jízdních odporů vznikajících při pohybu zatížené tabule ve vedení. Je použito hodnot z dostupné archivní dokumentaci (Výpočet hradidlové tabule pro jez Pardubice – 4 OCK 9901 - 487, ČKD Blansko 1966).

Celková hmotnost hradící konstrukce	30 000	kg	-	<b>G</b>
Tření v bočním těsnění	3 300	N	}	<b>Q</b>
Valivé tření pojezdových kol	4 000	N		
Čepové tření pojezdových kol	84 000	N		
Maximální svislá hydrostatická síla	170 000	N		
Nepředvídané přetížení	38 700	N		
Celková potřebná zvedací síla <b>Z</b> obou pohybovacích mechanismů	<b>600 000</b>	N		

## 6 Pevnostní kontrola původního Gallova řetězu

V souladu s požadavkem zadavatele byla provedena pevnostní kontrola destiček i čepů Gallova řetězu. Výpočet je jako Příloha součástí této TP.

### 6.1 Zatížení Gallova řetězu

Zatížení Gallova řetězu vzhledem k uspořádání (kladkostroj s jednou volnou kladkou) činí

$$Z_G' = Z / n = 600 / 4 = 150 \text{ kN}$$

$n = 4$  počet nosných pramenů obou Gallových řetězů

V souladu s archivní dokumentací se bude dále uvažovat zatížení Gallova řetězu

$$Z_G = 160 \text{ kN}$$

### 6.2 Výsledky pevnostní kontroly

Provedená pevnostní kontrola zjistila, že u původního řetězu při zatížení maximální silou  $Z_G = 160 \text{ kN}$  došlo k překročení dovoleného napětí jak v čepích, tak i v destičkách.

Maximální napětí v čepu 431 MPa

Maximální napětí v destičce 173 MPa

Kontaktní tlak mezi destičkou a čepem 105 MPa

Pevnostní kontrola prokázala nutnost použití Gallova řetězu vyšší únosnosti, aby se v budoucnosti předešlo obdobným poruchám jaké, se projeví u řetězu současného.

## 7 Možnosti zvýšení únosnosti Gallova řetězu

Pro zvýšení únosnosti byly zvažovány 3 možnosti konstrukčního řešení s těmito omezujícími podmínkami:

- zachování stávající rozteče řetězu  $t = 120 \text{ mm}$ , aby nedošlo ke zvětšení roztečného průměru řetězek
- zástavbové rozměry nemohou být výrazně překročeny ve vztahu k okolním konstrukcím

Zvažovány byly 3 možnosti konstrukčního řešení.

### 7.1 Zvětšení počtu destiček u stávající hnací řetězky

U stávající jednořadé řetězky zvětšení počtu destiček na 6 při stávajících průměrech čepů nepřineslo pozitivní výsledek: napětí a měrné tlaky v destičkách sice poklesly, ohybové napětí v čepích se však zvýšilo vlivem nárůstu ramene zatěžovacích sil působících na čep.

### 7.2 Použití třířadé hnací řetězky

Použití třířadé hnací řetězky spolu se zvýšením počtu destiček na 6 při stávajících průměrech čepů přineslo pozitivní výsledek: napětí a měrné tlaky v destičkách poklesly, ohybové napětí v čepích se snížilo vlivem podepření konce čepu. Zástavbové rozměry (šířka) se však zvýšily.

### 7.3 Zvětšení průřezu destiček a průměrů čepů

Nově navržený řetěz má 4 destičky průřezu  $90 \times 12 \text{ mm}$  a čepy mají průměry zvětšeny na  $50 \text{ mm}$  (v záběru) a na  $45 \text{ mm}$  (v destičkách). Zástavbová šířka řetězu se zvětšila o  $8 \text{ mm}$  na  $196 \text{ mm}$ , zástavbový průměr řetězky se zvětšil o  $7 \text{ mm}$  na  $458 \text{ mm}$ . Tím se dosáhlo nižších hodnot napětí a kontaktních tlaků a nově navržený řetěz vyhovuje:

Maximální napětí v čepu 286 MPa

Maximální napětí v destičce 132 MPa

Kontaktní tlak mezi destičkou a čepem 74 MPa

## 8 Nově navržený Gallův řetěz

Pro obnovení provozuschopnosti jezových polí v plném rozsahu a zároveň pro zvýšení bezpečnosti i provozní spolehlivosti je v návaznosti na provedenou pevnostní kontrolu navržen Gallův řetěz se 4 destičkami s těmito základními parametry:

Rozteč	<b>t</b>	120	mm
Průměr čepu v záběru	<b>d<sub>2</sub></b>	50	mm
Průměr čepu v destičkách	<b>d<sub>1</sub></b>	45	mm
Počet destiček	<b>x</b>	4	
Průřez destiček		90x12	mm
Délka běžného čepu vč. koncových kroužků	<b>l</b>	196	mm
Délka prodlouženého čepu	<b>l<sub>p</sub></b>	232	mm
Počet článků	<b>n</b>	167	ks
Počet běžných čepů	<b>n<sub>č</sub></b>	162	ks
Počet prodloužených čepů	<b>n<sub>pč</sub></b>	6	ks
Délka řetězu	<b>L</b>	20 040	mm
Počet kusů pro jedno pole		2	ks

Nový Gallův řetěz je zobrazen v příloze D.1.2.

Mezi destičky řetězu jsou vloženy bronzové vložky tloušťky 1 mm. Nerezové provedení řetězu vyžaduje již při montáži použití maziva proti zadírání s odolností proti vymývání vodou např. Loctite LB8023.

Výrobce řetězu musí zvolit takové konstrukční i materiálové provedení, aby podle svých výrobních možností naplnil uvedené podmínky nosnosti řetězu.

Příkladem materiálu s těmito vlastnostmi může být nerezová ocel Wr.N. 1.4021 (AISI 420, X20Cr13, ČSN 17 022.6), zušlechťená na pevnost:

$$f_u = \sim 800 \text{ MPa}$$

Tvrdost čepu musí být s ohledem na zadírání min. o 30 HB vyšší, než je tvrdost destičky.

## 9 Pevnostní analýza Gallova řetězu

Provedená podrobná pevnostní analýza poskytuje srovnání dosahovaných napětí v prvcích řetězu původního i řetězu nově navrženého. Pro zatížení je zvolena jmenovitá hodnota síly v řetězu **Z<sub>G</sub> = 160 kN**

V souladu s metodikou Eurokódů jsou dílčí součinitele stanoveny takto:

součinitel materiálu  **$\gamma_{M0} = 1,0$**

součinitele zatížení  $\gamma_G/30t = 1,35$ ,  $\gamma_Q/30t = 1,5 \rightarrow$  výsledný součinitel  **$\gamma_{GQ}/60t = 1,425$**

Materiálové hodnoty prvků řetězu

Čep původní (11 700)  $f_{y1} = 539 \text{ MPa}$ , Deska řetězu původní (11 523)  $f_{y2} = 355 \text{ MPa}$

Čep nový (17 021.6)  $f_{y3} = 455 \text{ MPa}$ , Deska řetězu nová (1.4016)  $f_{y4} = 260 \text{ MPa}$

Metodika posuzování čepových spojů dle Eurokódu 1993-1-8, kap.3.13 je určena např. pro těsné vidlicové spoje táhel stavidlových uzávěrů, ale nepostihuje namáhání prvků Gallova řetězu s více bočními deskami. Stejně tak nepostihuje rozdíl v namáhání čepu ve volné části zatíženého řetězu a čepu v záběru na řetězce.

Výsledky podrobné pevnostní analýzy provedené metodou konečných prvků jsou pro názornost prezentovány na následujících listech v grafické podobě.



### A) Kontrola čepu – provedení a uspořádání původní dle v.č. D.1.1

Měrný tlak mezi čepem a deskami článku

$$p = 1/4 * 160 \cdot 10^3 : (10 * 38) = 105,3 \text{ MPa}$$

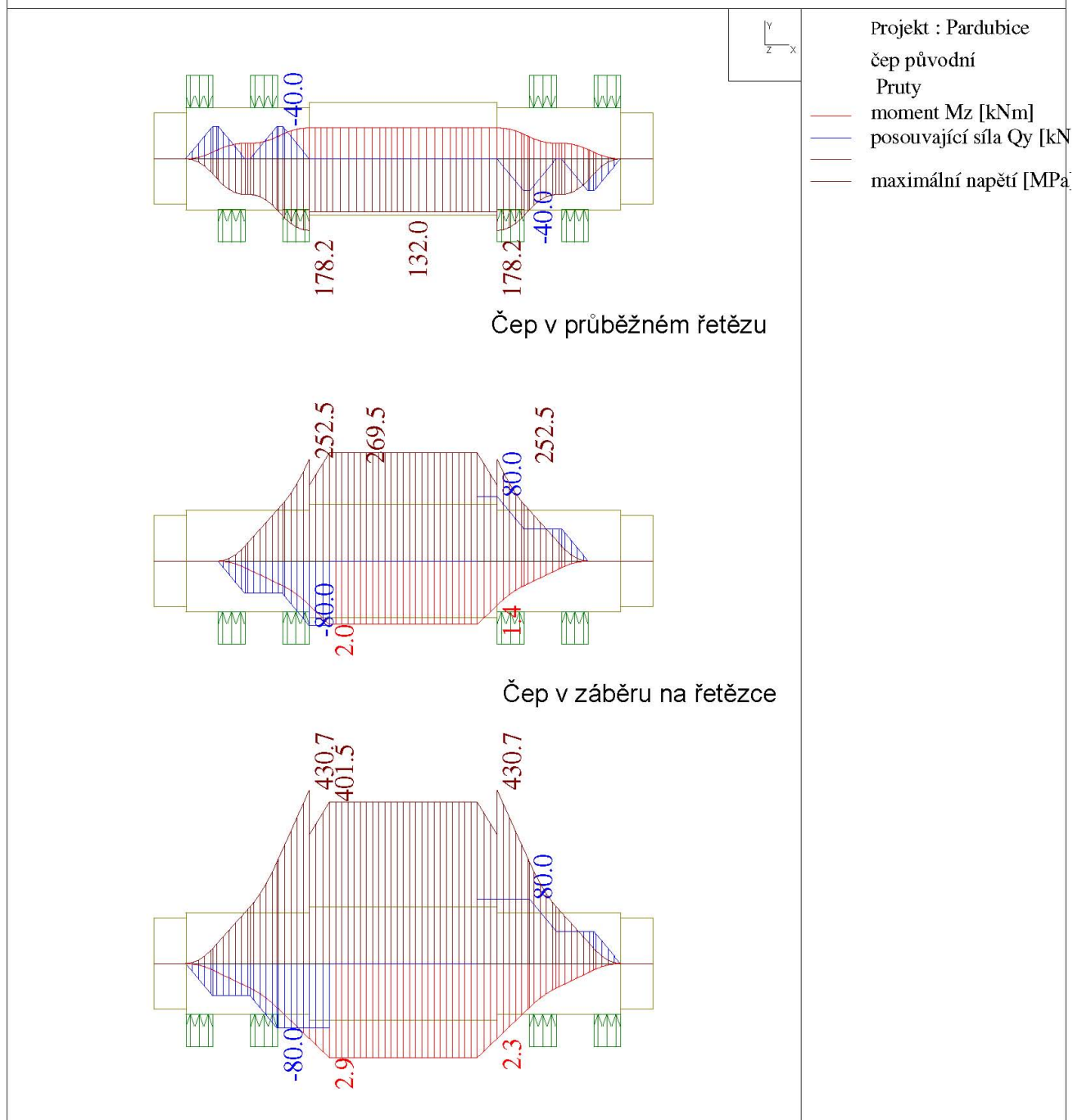
$$\text{Max. napětí čepu } 430,7 \text{ MPa} > f_{y1} \times \gamma_{M0} / \gamma_{GQ} = 539 \times 1,0 / 1,425 = 378$$

**Nevyhovuje**

Průběh smykové síly, ohybového momentu a ohybového napětí na čepu řetězu.

Provedení původní, uspořádání vystřídané.

Zat. stav : 160 kN



## B) Kontrola čepu – provedení nové, uspořádání vystřídání dle v.č. D.1.2

Měrný tlak mezi čepem a deskami článku

$$p = 1/4 * 160.10^3 : (12 * 45) = 74,1 \text{ MPa}$$

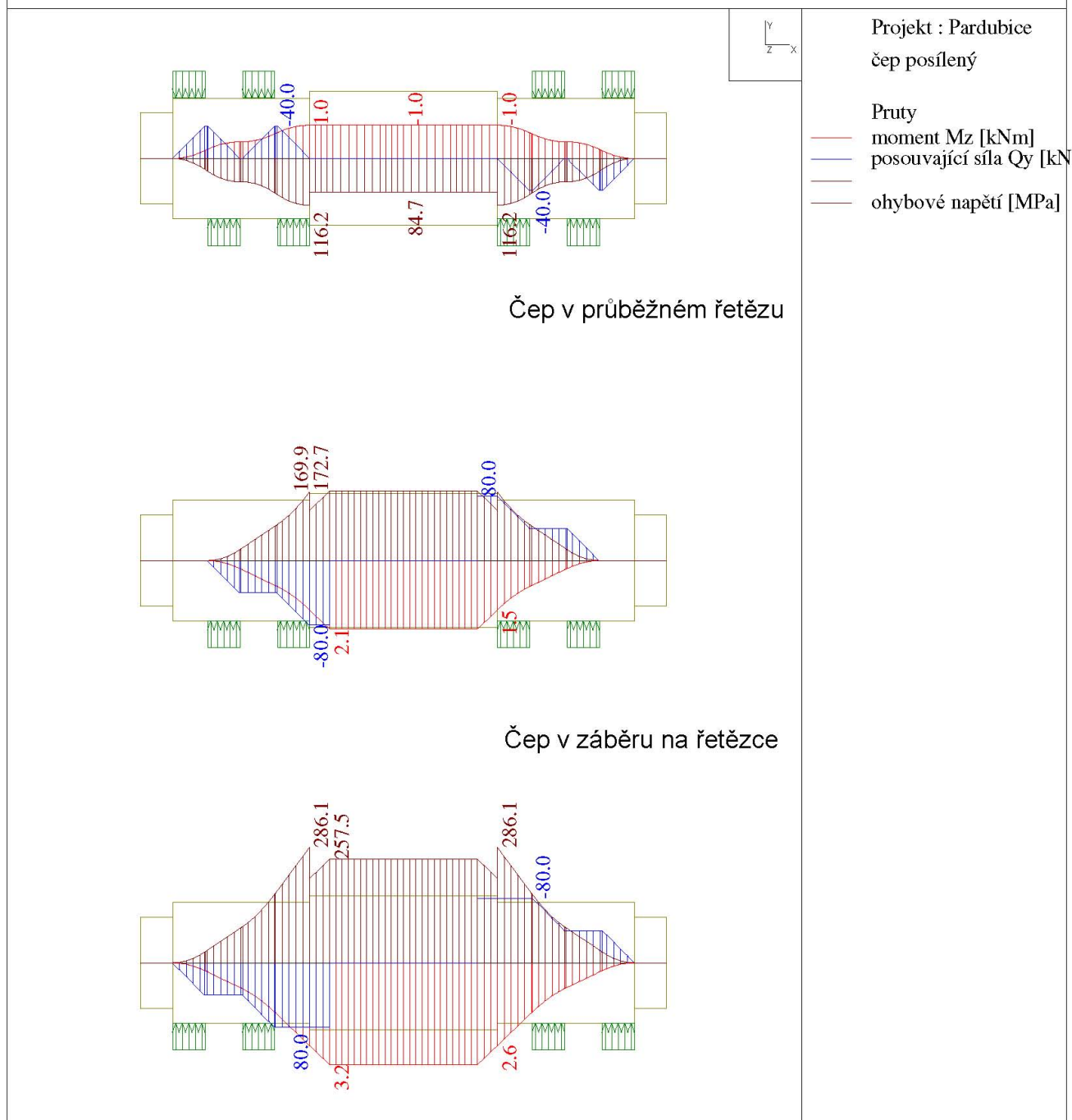
$$\text{Max. napětí čepu } 286,1 \text{ MPa} < f_{y3} \times \gamma_{M0} / \gamma_{GQ} = 455 \times 1,0 / 1,425 = 319$$

**Vyhovuje**

Průběh smykové síly, ohybového momentu a ohybového napětí na čepu řetězu.

Provedení nové, uspořádání vystřídání.

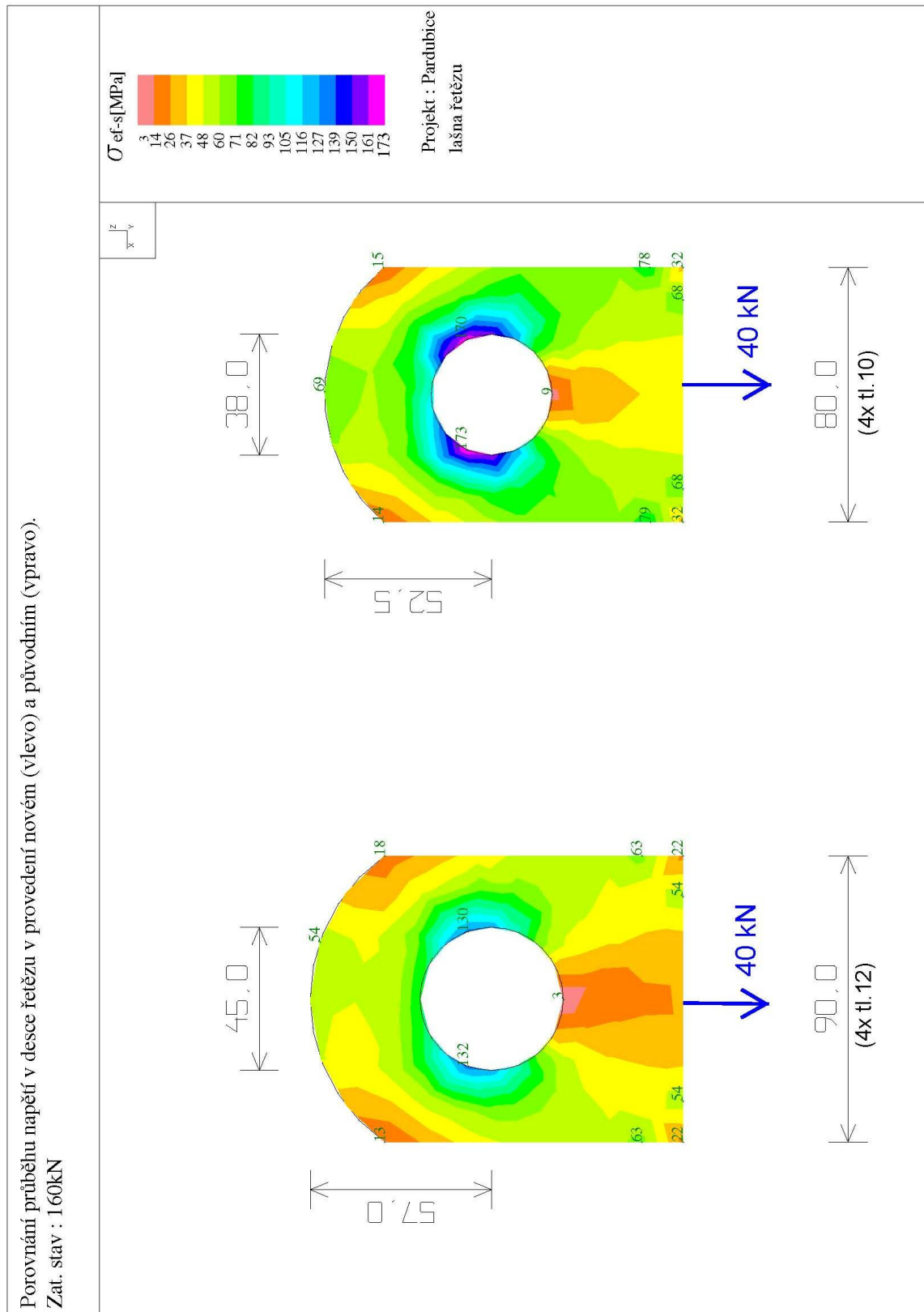
Zat. stav : 160 kN



### C) Kontrola bočních desek řetězů dle v.č. D.1.12 a D.1.2

Max. napětí původní desky  $173 \text{ MPa} < f_{y2} \times \gamma_{M0} / \gamma_{GQ} = 355 \times 1,0 / 1,425 = 249$  **Vyhovuje**

Max. napětí původní desky  $132 \text{ MPa} < f_{y4} \times \gamma_{M0} / \gamma_{GQ} = 260 \times 1,0 / 1,425 = 182$  **Vyhovuje**



## 10 Řetězka Gallova řetězu

Pro zvýšení bezpečnosti a provozní spolehlivosti při manipulaci s hradíci konstrukcemi budou vyrobeny nové řetězky z korozivzdorné oceli, s původními úložnými rozměry a s těmito základními parametry

Počet zubů	<b>z</b>	9
Průměr čepu Gallova řetězu	<b>d</b>	50 mm
Průměr roztečné kružnice	<b>D</b>	350,86 mm
Průměr hlavové kružnice	<b>D<sub>h</sub></b>	400,00 mm
Průměr patní kružnice	<b>D<sub>p</sub></b>	300,86 mm
Síla v Gallově řetězu	<b>F</b>	160 kN
Úhel opásání	<b>β</b>	170°
Počet kusů pro jedno jezové pole		2 hnací +2 volné

Základní parametry nové řetězky jsou uvedeny v příloze D.1.3.

## 11 Článekový řetěz

Pro zvýšení bezpečnosti a provozní spolehlivosti při manipulaci s hradíci konstrukcemi je navržen nový článekový řetěz se dvěma koncovými oky, který má následující základní parametry:

Rozteč článků	<b>p</b>	96 mm
Průměr článků	<b>d</b>	32 mm
Průměr koncového oka	<b>d<sub>1</sub></b>	40 mm
Vnitřní rozměry koncového oka		80 x170 mm
Nosnost řetězu		315 kN
Výrobní zkušební síla		804 kN
Galvanické zinkování		min. 6 μm
Počet článků vč. koncových	<b>n</b>	1 + 63 +1 ks
Stavební délka řetězu (oko oko)	<b>L</b>	6388 mm
Počet kusů pro střední jezové pole		2 ks

Nový článekový řetěz je zobrazen v příloze D.1.4.

### **Poznámka:**

Článekové řetězy se vyměňují pouze v obou krajních polích, ve středním poli byl článekový řetěz vyměněn za nový již dříve při havarijní opravě.

### **Silové účinky na klapku**

Při stanovení zatížení článekového řetězu klapky se vychází údajů v původní projektové dokumentaci ČKD Blansko, kde v části 4 OCK 9901-487 „Výpočet hradidlové tabule pro jez Pardubice“ je na straně 3 uvedena Tabulka zatížení, vycházející ze statického výpočtu Hydroprojektu (4-11260-1718 str.11). Hladina horní vody je uvažována po přelivnou hranu klapky ve výšce 1,30 m nad osou otáčení klapky.

V tabulce jsou uvedeny velikosti výsledných statických momentů sil působících na klapku vzhledem k její ose otáčení. Hodnoty momentů jsou v tabulce uvedeny pro několik poloh otevření klapky a jsou vztaženy na 1 m délky klapky.

Poloha klapky	$\Sigma M$ [ kNm / m ]	
0	9,30	klapka plně vztýčená
1	9,80	
2	<b>12,40</b>	
3	9,90	
4	8,90	klapka plně sklopená
5	6,40	

Při délce klapky (šířka jezového pole)  $L = 18$  m činí maximální celkový statický moment  $M_k$  k ose klapky

$$M_k = 18 \times 12,40 = \mathbf{223,20 \text{ tm}}$$

### **Zatížení článkových řetězů**

Tento moment  $M_k$  je zachycován dvojicí článkových řetězů. Síly  $R_t$  v řetězech působí na klapku rameni  $r = 0,87$  m k ose klapky.

Teoretická síla v jednom řetězu tedy činí

$$R_t = (M_k / r) / 2 = (223,20 : 0,87) / 2 = \mathbf{128,30 \text{ kN}}$$

Z důvodů bezpečnosti bude skutečná jmenovitá síla  $R$  v jednom řetězu dále uvažována o velikosti

$$\mathbf{R = 150 \text{ kN}}$$

Tato síla se blíží hodnotě uvažovaného zatížení jednoho z Gallových řetězů pohybovacího mechanismu jezového uzávěru, jak je uvedeno v původní projektové dokumentaci (4 OCK 9901-487)

## **12 Mechanismus ovládání koncových spínačů**

Koncové spínače jsou ovládány mechanicky pomocí pohyblivé kulisy. Kulisa s vytvořeným profilem, po kterém pojíždí kladky koncových spínačů, se pohybuje ve vodorovném vedení pomocí pohybového šroubu a matice. Pohyb šroubu kulisy šroubu je odvozen od otáčení hřídele hnací řetězky. Řetízkovým převodem je otáčení hřídele řetězky přenášeno na primární hřídel pomocného kuželového soukolí, jehož sekundární hřídel je již přímo spojen s vodorovným pohybovým šroubem. Koncové spínače jsou ustaveny svisle a kladky jejich táhel pojíždí po profilu kulisy.

Vyčnívající palec matice kulisy zapadá do drážky v otočném rameni ukazatele a pomocí ručičky ukazuje na stupnici polohu nesené klapky stavidla.

Kulisa s pohonem, ukazatel i koncové spínače jsou umístěny ve skříní na stěně strojovny.

Seřizování koncových spínačů se provádí posunem celého spínače po základové desce. Podle vyjádření obsluhy je však problém v nedostatečné citlivosti nastavování. Podle archivní dokumentace se systém skládá ze 5 ks koncových spínačů. Všechny spínače jsou mechanické s kladkou na ovládacím táhle.

Pro opravu bude nutno celý systém rozebrat a vyčistit. Vůle přenosového mechanismu mezi hřídelem hnací řetězky a kulisou musí být minimální, jinak se bude poloha bodu sepnutí měnit podle směru pohybu hnací řetězky.

Náhrada mechanických spínačů spínačem jiného typu je možná, bylo by však nutno upravit tvar kulisy a rozmístění jejích aktivních částí podle konkrétního typu spínače.

Pro všechny zásahy do systému ovládání je nutno zpracovat podrobnou kombinovanou prováděcí dokumentaci (elektro a následnou strojní), kterou zhotovitel předá ke schválení investorovi před započítím prací. Je třeba se vyhnout jakýmkoliv změnám interní logiky ovládání jezového uzávěru, které by znamenaly nutnost provedení zásadních změn v celém systému řízení jezu.

### 13 Principiální technologický postup opravy

Veškeré práce budou prováděny v souladu s obecnými normami i předpisy platnými v místě opravy i na pracovišti zhotovitele. Zhotovitel i jeho případní subdodavatelé musí doložit oprávnění provádět odborné práce na VD a zároveň musí prokázat dostatečný počet vyškolených pracovníků pro tyto práce.

Oprava Gallových řetězů pohybovacího mechanismu jezových uzávěrů bude prováděna přímo na staveništi v zahrazeném jezovém poli. Technologický postup opravy je ve všech jezových polích principiálně shodný.

Oprava Gallových řetězů v jednom poli bude probíhat v následujících krocích:

#### **Přípravné práce**

- zřízení pracoviště zhotovitele na VD
- zahrazení jezového pole z HV a DV (bude provedeno v rámci souběžně probíhající akce „VD Pardubice, oprava hradicích konstrukcí (nátěry, boční štíty)“)
- odstavení jezového pole ze systému řízení jezu, ponechání možnosti místního ovládání soustrojí
- spuštění stavidla i nesené klapky stavidla do dolní polohy
- průběžné odčerpávání případných průsaků (bude provedeno v rámci souběžně probíhající akce „VD Pardubice, oprava hradicích konstrukcí (nátěry, boční štíty)“)
- instalace lešení pro přístup k oběma volným řetězkám stavidla (2x)
- očištění pracoviště, stavidla a klapky v okolí řetězek tlakovou vodou
- vyvázání plovoucího nosiče s jeřábem na horní vodě

#### **Demontážní práce**

- demontáž čepu i spodní řetězky (2x)
- odpojení prodlužovacího táhla a článkového řetězu klapky (2x)
- naložení dolních řetězek a článkových řetězů klapky jeřábem na palubu pomocného pontonu a připravení k odvozu
- výroba a sestavení pomocné plošiny v pilíři pro odložení řetězu hmotnosti 1,6 t (2x)
- demontáž ochranných sítí, krytů kolem soustrojí a krytu hnací řetězky ve strojovně (2x)
- výroba (1x) a osazení (3x) konstrukce pomocného zdvihadla nad soustrojím ve strojovně s kočkou o nosnosti 5,0 t (z inventáře zhotovitele)
- odpojení pevného závěsu Gallova řetězu, spuštění na pomocnou plošinu v pilíři (2x)
- zavěšení volného konce Gallova řetězu na hák pomocného zdvihadla a spuštění řetězu na pomocnou plošinu v pilíři (2x)
- naložení Gallových řetězů jeřábem na palubu pomocného pontonu a připravení k odvozu
- demontáž spojovací hřídele mezi čelní a šnekovou převodovkou (2x)
- demontáž kotevních šroubů šnekové převodovky a ložiska výstupního hřídele (2x)
- nadzdvihnutí šnekové převodovky a její odsun stranou (možno též převodovku naklonit směrem do strojovny - cílem je získat místo pro demontáž hnací řetězky) (2x)
- demontáž a odvoz hnací řetězky (2x)
- odpojení, demontáž a odvoz mechanismu koncových spínačů (1x)

### ***Díleňské práce, výroba nových dílů, subdodávky***

- výroba krytu hnací řetězky (2x)
- výroba Gallova řetězu vč koncových dílů dle specifikace (2x subdodávka)
- výroba hnací řetězky (2x subdodávka)
- výroba dolní volné řetězky (2x subdodávka)
- repase a úprava regulačního napínáku článkového řetězu pro montáž na vnitřní koncový článek (hrušku) nového Gallova řetězu
- výroba článkového řetězu vč koncových článků dle specifikace (2x subdodávka) – platí pouze pro obě krajní pole
- díleňská repase mechanismů koncových spínačů (1x)

### ***Montážní práce***

- rozšíření ukladače pro nový Gallův řetěz (2x)
- montáž hnací řetězky a ložiska na hřídel šnekové převodovky (2x)
- zpětné ustavení šnekové převodovky na základ (2x)
- zpětná montáž spojovacího hřídele šnekové převodovky (2x)
- vyzdvižení volného konce řetězu do strojovny ze strany horní vody, přehození přes pohonnou řetězku (2x)
- motorické navíjení řetězu a vyzdvižení a upevnění jeho pevného konce do závěsu ve strojovně (2x)
- následným zpětným odvíjením vytvořit průvės a vložení dolní volné řetězky a jejího čepu (2x)
- připojení volného konce Gallova řetězu pomocí regulačního napínáku a článkového řetězu na závěs na nesené klapce (2x)
- montáž krytu řetězky (2x)
- vyrovnání délek řetězů pro rovnoměrné zvedání stavidla i klapky
- osazení repasovaného mechanismu koncových spínačů, seřízení spínačů (1x)
- výměna oleje v převodovkách, promazání transmise

### ***Dokončovací práce***

- nátěry nových dílů a oprava poškozených nátěrů pohybovacího mechanismu
- konzervace článkových řetězů
- funkční suché zkoušky pohybu stavidla a nesené klapky v celém rozsahu pohybu
- funkční mokré zkoušky
- vyhrazení jezového pole (bude provedeno v rámci souběžně probíhající akce „VD Pardubice, oprava hradících konstrukcí (nátěry, boční štíty)“

## **13.1 Provizorní hrazení**

Před zahájením opravy bude jezové pole provozovatelem vodního díla zahrazeno provizorním hrazením na straně horní a dolní vody. Takto bude staveniště předáno zhotoviteli. Asistence potápěčů při zahrazení, případně vyhrazení, jakož i čerpání vody z jezového pole (průsaky, srážková voda) bude zajištěno a hrazeno v rámci souběžně probíhající akce „VD Pardubice, oprava hradících konstrukcí (nátěry, boční štíty)“. Vyhrazení provizorního hrazení provádí provozovatel vodního díla.

### ***Poznámka:***

Vzhledem k tomu, že potápěčské práce budou probíhat v letních měsících a do max. hloubky 5m, nejsou potápěčské práce omezeny žádným časovým limitem (viz dekompresní tabulky), ani není potřeba zvláštních opatření.

Potápěčské práce mohou provádět pouze odborně způsobilé osoby s kvalifikací "Potápěč pracovní 69-014-H"

### 13.2 Pomocné konstrukce a přípravky, výroba nových dílů

Pro demontáž i montáž Gallových řetězů bude nutno použití pomocných konstrukcí a přípravků.

#### **Lešení**

Gallový a článkové řetězy, jejich dolní řetězky a napojení na závěsy článkového řetězu i závěsy nesené klapky budou pro demontážní a montážní práce zpřístupněny lešením přístupným z dolní plošiny jezových pilířů.

#### **Pomocné zdvihací zařízení**

Strojovny v jezových pilířích nejsou uzpůsobeny pro manipulace s těžkými břemeny (Gallový řetěz, řetězky, šneková převodovka, ...): stěny jsou vybaveny pevnými okny, střecha není jednoduše demontovatelná, ocelové prvky konstrukce strojoven nejsou dimenzovány pro přenos sil při manipulaci s těžkými břemeny.

Do každé strojovny tedy bude nutno nainstalovat dočasné pomocné zdvihací zařízení, skládající se z rozebíratelné ocelové konstrukce a z kladkostroje s nosností 5 t a zdvihem cca 13 m. Návrh zařízení vč. výpočtu a technické dokumentace je součástí dodávky zhotovitele a předkládá se zadavateli ke schválení použití na VD.

#### **Plovoucí nosič jeřábové techniky**

Vzhledem k tomu, že jezové pole není přímo dosažitelné mobilní jeřábovou technikou pro malou únosnost spojovací lávky mezi pilíři, bude nutné použití pomocného plovoucího nosiče s autojeřábem na palubě. Nosičem může být samostatný ponton, sestava spojených menších pontonů a podobně. Použití nosiče s instalovaným jeřábem je podmíněno platnými dokumenty SPS samotného nosiče a kontrolním výpočtem plovatelnosti a stability pro použití nosiče s konkrétní uvažovaným mobilním jeřábem. Výpočet bude schválen inspekční organizací (např. CS Lloyd).

### 13.3 Výroba nových dílů

Základními novými díly jsou Gallový řetěz vč. koncových článků a mezikusu, článkové řetězy (jen v krajních polích) a hnací i dolní řetězky. Tyto díly jsou subdodávky z korozivzdorné oceli. Ostatními novými díly jsou kryty řetězek a nové díly mechanismu koncových spínačů.

### 13.4 Protikorozní ochrana

S celkovou obnovou protikorozní ochrany celého stavidla s nesenou klapkou se neuvažuje. Bude provedena oprava poškozených nátěrů ve strojovnách a na případně poškozených místech stavidla a klapky. Gallový řetěz budou opatřeny mazivem z výroby (viz. bod 8), článkové řetězy ovládání klapky budou očištěny a konzervovány ekologickým přípravkem (např. FluidFilm). Článkové řetězy jsou galvanicky zinkovány, doporučujeme je též konzervovat ekologicky vhodným přípravkem. Nové díly (kryty řetězek, mechanismus koncových spínačů) budou opatřeny kompletní protikorozní ochranou.

Konkrétní volba nátěrového stému a příprava povrchu musí být v souladu s metodickým pokynem investora. Stupeň agresivity prostředí a z něho vyplývající vhodný nátěrový systém bude volen následovně:

- dle ČSN EN ISO 12944-2 korozní třída C4 – atmosféra agresivita vysoká
- dle ČSN EN ISO 12944-1 životnost H – vysoká nad 15 let

## 14 Požadavky na použité materiály

Pro veškeré materiály použité při opravě musí mít zhotovitel k dispozici příslušné certifikáty a osvědčení o zkouškách pro použití ve výstavbě.

## 15 Kontrola jakosti provádění prací

Všechny díly dodávky a kvalita montáže budou průběžně sledovány a zkoušeny ve všech fázích výroby i montáže. Všechny kontrolní zkoušky jsou součástí dodávky. O provedení



každé zkoušky bude proveden zápis, všechny zápisy budou dokladovány. Kontrola jakosti prováděných prací se zaměřuje na dodržování schválených technologických postupů, na dodržení rozměrů a požadovaných vlastností použitých materiálů a na kvalitu povrchové ochrany.

## **15.1 Výrobní kontrola**

### **15.1.1 Kontrola při výrobě**

Všechny nově vyráběné díly podléhají výstupní kontrole ve výrobě. Kontroluje se jakost materiálu a rozměrová přesnost provedení.

### **15.1.2 Kontrola při montáži**

Při montáži dílů se kontroluje kompletnost montáže, vizuálně kvalita svarů, dotažení šroubových spojů, případně poloha, pohyblivost a funkce některých dílů.

### **15.1.3 Kontrola provedení protikoroze ochrany**

Během provádění protikoroze ochrany se průběžně kontroluje kvalita přípravy povrchu a dodržování technologických postupů. Po dokončení se kontroluje tloušťka nátěru včetně případné kontroly jednotlivých vrstev.

## **15.2 Komplexní zkoušky**

Komplexní zkoušky probíhají ve dvou fázích v koordinaci se souběžně probíhající akcí „VD Pardubice, oprava hradicích konstrukcí (nátěry, boční štíty)“..

### **15.2.1 Suché zkoušky**

Seřídí se a kontroluje správnost a plynulost záběru řetězek a Gallových i článkových řetězů v celém rozsahu pohybu stavidla a klapky. Kontroluje se plynulost a rovnoměrnost záběru. Seřídí se koncové spínače a jednoznačnost bodů sepnutí (rozepnutí).

Pro ochranu před suchým třením se pryžová těsnění zvlhčí vodou s přídavkem mýdla. Po zkouškách se provede oprava případně při montáži poškozené PKO.

### **15.2.2 Mokrý zkoušky**

Rozsah zkoušky mechanismů je obdobný jako u suchých zkoušek. Po zaplavení prostoru mezi PHr se kontroluje případné porušení těsnosti všech těsnění způsobené poškozením při opravě.

### **15.2.3 Dokumentace kontroly**

Všechny uskutečněné kontroly jakosti provedených prací musí být písemně dokumentovány. Stejně musí být dokumentována provedená nápravná opatření k odstranění kontrolou zjištěných závad a následná kontrola účinnosti těchto opatření.

Dokumentace provedených kontrol a nápravných opatření se vede v rámci stavebního deníku, obvykle jako jeho samostatná část nebo příloha. Podrobné požadavky na způsob a rozsah dokumentace kontroly se určí v rámci technologického předpisu.

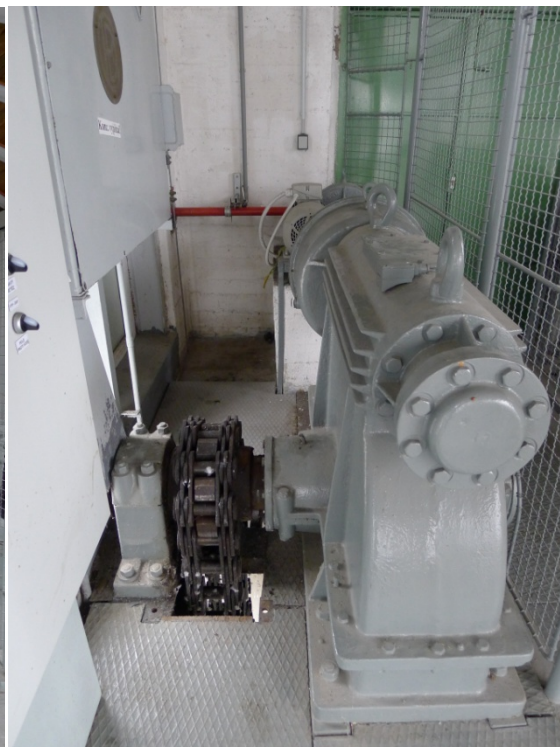
Z dokumentace kontroly musí být zřejmé, jaké kontrolní zkoušky byly provedeny, v jakém rozsahu a dále v kterých místech konstrukce a v které době byly provedeny. Pro každou zkoušku musí být v dokumentaci uvedeny jejich výsledky a zhodnocení těchto výsledků.

V případě, že zkouška nevyhoví předepsaným kritériím, zaznamená se do dokumentace požadavek na nápravná opatření a poté údaje o jejich realizaci s následným jejich zhodnocením.

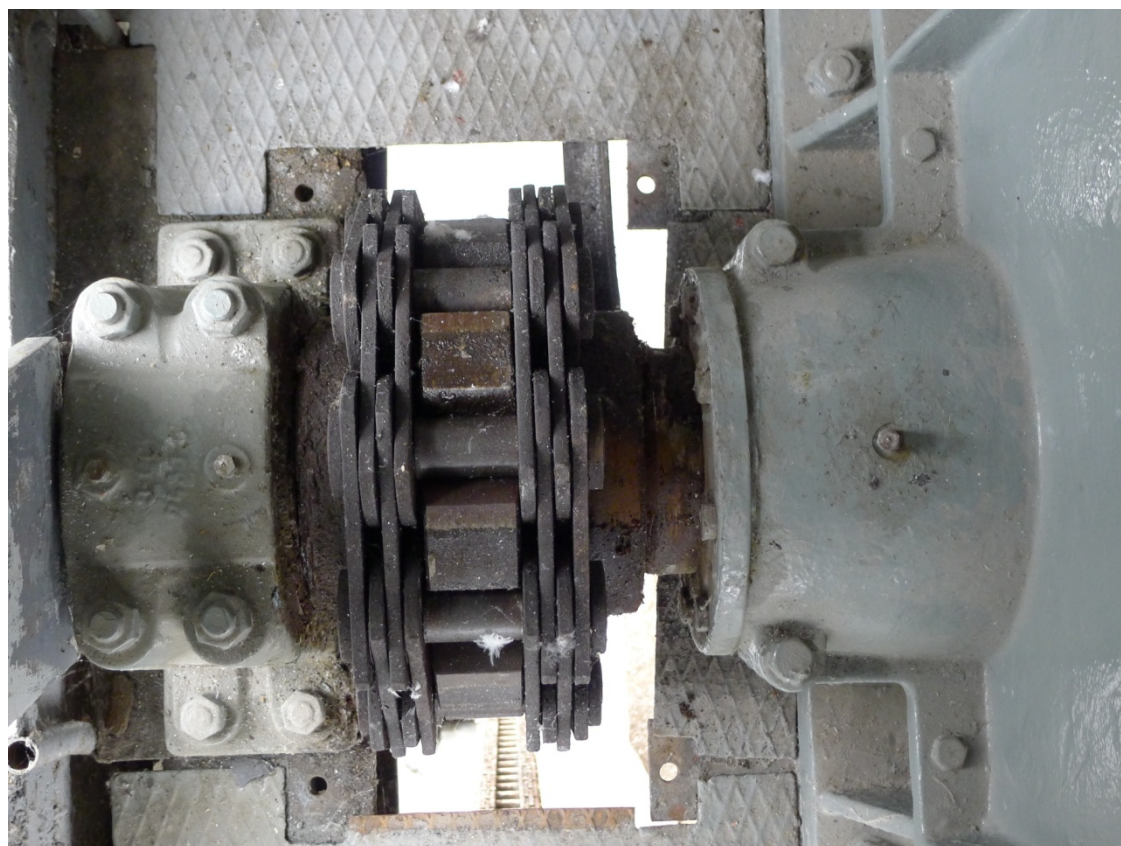
V dokumentaci kontroly musí být obsažena i zjištění vizuálních kontrol se všemi identifikačními údaji v obdobném rozsahu a s fotodokumentací.



Strojovna s hnacím mechanismem



Hnací mechanismus





Hnací řetězka (bez krytu) na výstupním hřídeli šnekové převodovky



Vstup šnekové převodovky

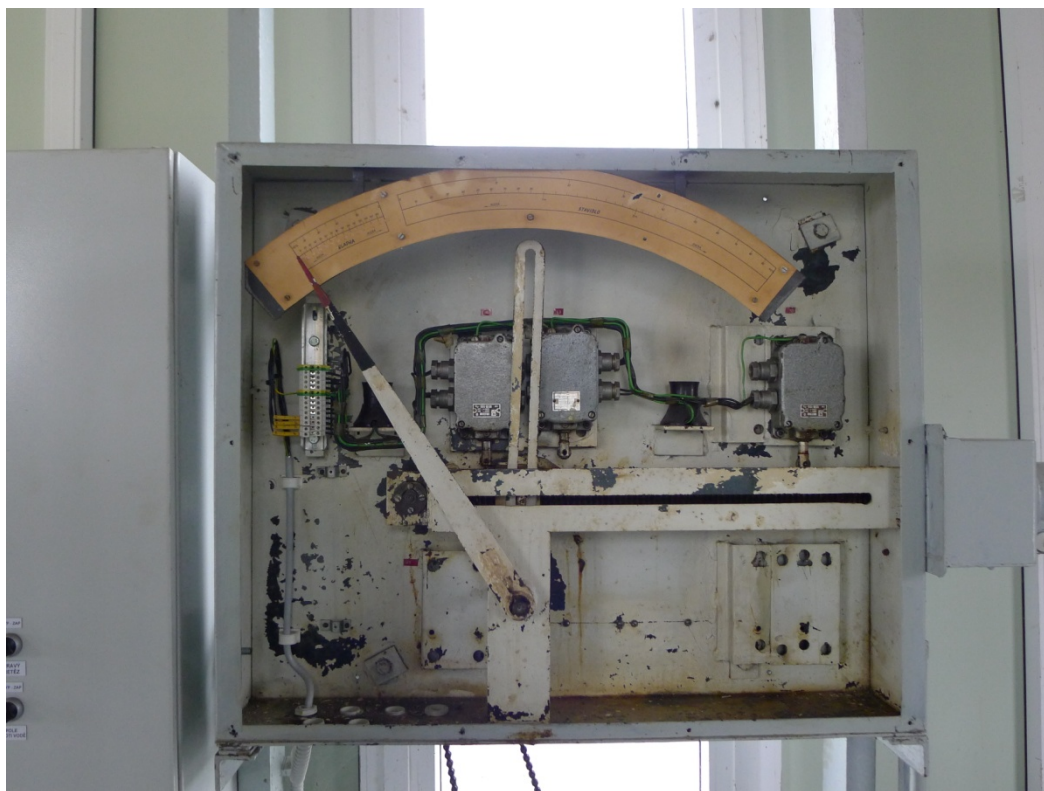


Čelní převodovka s elektromotorem





Dolní řetězka stavidla



Mechanismus koncových spínačů





Regulační napínák horního závěsu článkového řetězu



Dolní závěs článkového řetězu – přetržené koncové oko