

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Podkonický, L.

Die Sanierung der Wasserkraftwerke Motyčky und Jelenec am Fluß Starohorský potok

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/104112>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Podkonický, L. (1997): Die Sanierung der Wasserkraftwerke Motyčky und Jelenec am Fluß Starohorský potok. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Sanierung und Modernisierung von Wasserbauwerken, aktuelle Beispiele aus Deutschland, Polen, der Slowakei und Tschechien. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 10. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 305-312.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Die Sanierung der Wasserkraftwerke Motyčky und Jelenec am Fluß Starohorský potok

Nach der Entstehung der Tschechoslowakischen Republik im Jahre 1918 wurde bereits im Jahre 1919 das Elektrizierungsgesetz herausgegeben, in dessen Sinne auch über die energetische Ausnutzung des Flusses Starohorský potok durch den Aufbau einer Wasserwerkskaskade entschieden wurde. Diese ist in der Mittelslowakei nahe der Stadt Banská Bystrica gelegen.

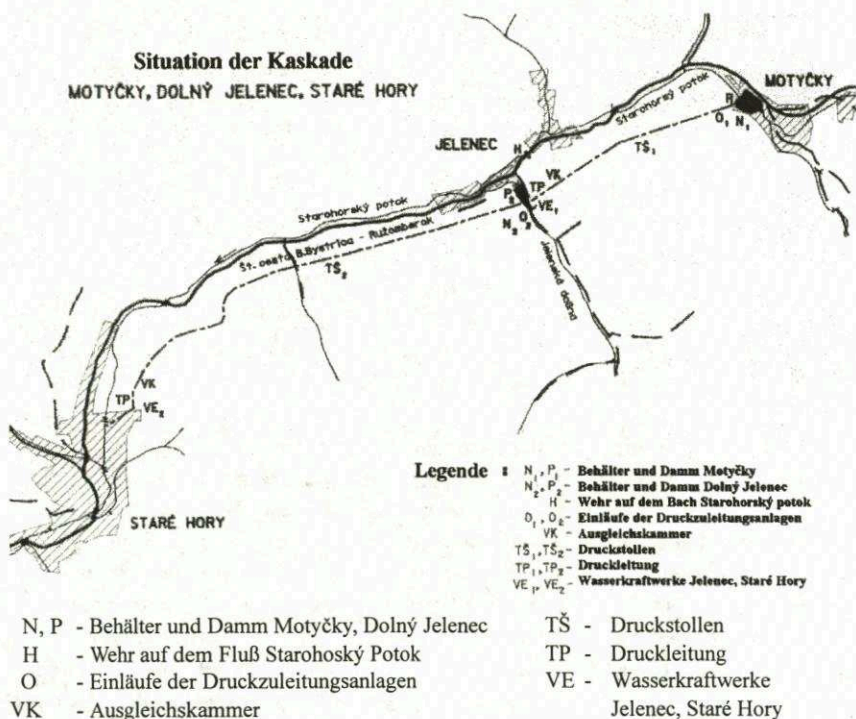


Bild 1: Lageplan der Kaskade Motyčky - Staré Hory

In den Jahren 1921 und 1922 wurden Erkundungs- und Projektierungsarbeiten durchgeführt. Der Aufbau erfolgte in kurzer Zeit in den Jahren 1923 bis 1926. Ursprünglich wurden 3 Stufen projektiert, wovon nur zwei realisiert wurden und bis heute in Betrieb sind.

Die 1. Stufe:- der Damm und der Wasserbehälter Motyčky,

- das Einlaufbauwerk,
- der Druckstollen mit einer Länge von 1233,5 m,
- die Ausgleichskammer,
- die Eisendruckleitung \varnothing 900 mm mit einer Länge von 185 m,
- das Wasserkraftwerk Dolný Jelenec.

Die 2. Stufe:- der Damm und der Wasserbehälter Dolný Jelenec,

- das Wehr im Fluß Starohorský potok,
- das Einlaufbauwerk,
- der Druckstollen mit einer Länge von 3195,5 m,
- die Ausgleichskammer,
- die Eisendruckleitung \varnothing 1000 mm in der Länge von 117,8 m,
- das Wasserkraftwerk Staré Hory,
- der Abflußkanal.

Die aufgebaute Kaskade, die aus unserer Sicht schon ein technisches Funktionsdenkmal ist, stellt ein Musterstück komplexer Bauingenieurstätigkeit und Zielstrebigkeit bei der Flußgebietsausnutzung, der einfühlsamen Einbindung in die Umgebung, der Anwendung von baulicher und maschinell-technologischer Forschung beim Bau und nicht zuletzt auch der Bauökonomie dar.

Das Bauwerk wurde unter außerordentlich schwierigen morphologischen, geographischen, klimatischen und vor allem geologischen Bedingungen realisiert. Die geologischen Bedingungen werden als Karstgebiet in Dolomitenkalkstein charakterisiert. Es ist klar, daß diese Gegebenheit sehr große Probleme bei der Wahl der Dammtypen, deren Gründung, der Sicherung der Sohlenundurchlässigkeit der entstandenen Speicher und Druckstollen, die bergmännisch vorgetrieben wurden, verursachte.

Der Aufbau erfolgte in der Zeit der wirtschaftlichen Krise und alle Entwürfe und Lösungen wurden sehr streng aus ökonomischer Sicht beurteilt. Es wurden fast ausschließlich örtliche Materialien benutzt - zerschlagener Kalkschotter aus den Stollen und in kleinerem Maße - für anspruchsvollere Konstruktionen hinsichtlich der Wasserdichtheit - Quarzschotter aus dem nahegelegenen Steinbruch. Während der Bauzeit und der Probefüllung kam es oft zu Veränderungen und Improvisationen der Konstruktionslösung und, infolge unvorhersehbarer ökonomischer und natürlicher Bedingungen, der technologischen Verfahren.

Vor der Entscheidung für den Bau einer Stahlbetonmauer des Ambursen-Typs wurden andere Varianten wie Schüttdämme, Bruchsteinmauern und verschiedenartige Stahlbetonkonstruktionen untersucht. Von der ursprünglich klassisch betonierten Platte mit glattem Zementputz wurde zu grobem Spritzputz auf den Bewehrungsmatten übergegangen. Die Oberfläche wurde wasserseitig von einem Asphaltanstrich geschützt. Die gesamte Dicke der oberflächlichen Schicht betrug 2 - 2,5 cm. Durch die Entwicklung gingen auch Lösungen der Dilatationsfugen,

die sich bei der Probefüllung als problematisch erwiesen. Sie wurden in Abständen von 10 m angeordnet und mit dem Kitt VISTA abgedichtet. Nachträglich wurden sie mit Teerstrang gedichtet, mit Asphalt ausgefüllt, mit Jute abgedeckt und an der Oberfläche durch Kupferblech geschützt. Am Schluß wurden sie noch injiziert.

HYDROENERGETISCHE SCHEMA MOTYČKY, JELENEC, STARÉ HORY

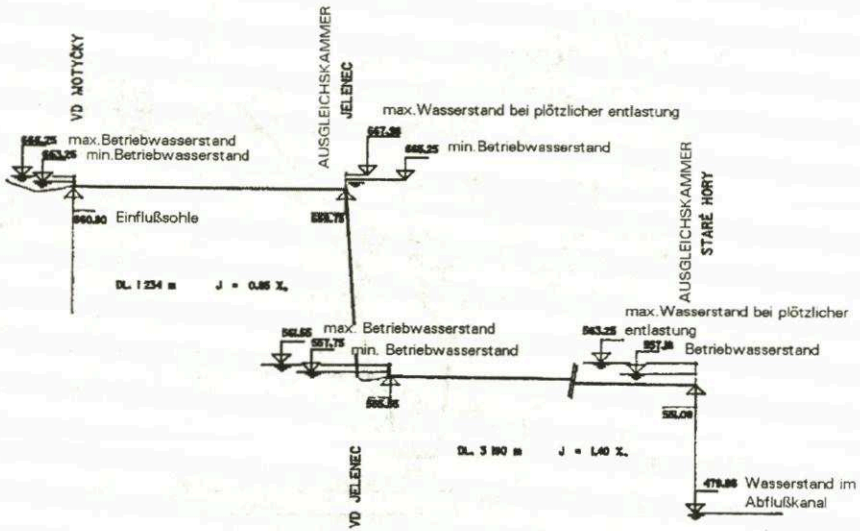


Bild 2: Längsschnitt der Kaskade Motyčky - Staré Hory

Seit dem Beginn der Speicherfüllung gab es Probleme mit der Dichtheit der Sohle. Die Verfüllung der Löcher im Tuff mit Lehm war erfolglos, so daß entschieden wurde, die gesamte Behältersohle abzudichten. Anstelle der geplanten 40 cm dicken Lehmdichtung wurde eine mit Zementmörtel übergossene Kiesschicht (200 kg Zement pro m^3) und als Abschluß eine 2,5 cm dicke Schicht bewehrter Spritzbeton eingebaut. Problematisch waren auch hier die Dilatationsfugen.

Alle Entwürfe und Veränderungen wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Forschungs- und Prüfinstitut für Stoffe und Baukonstruktionen bei der ČVUT (Tschechische technische Hochschule) in Prag unter der Leitung von Prof. Klokner durchgeführt.

Die Kaskade und die mit ihr zusammenhängenden Bauwerke haben folgende Parameter:

⇒ Das Absperrbauwerk des Sammelbeckens Motyčky ist eine gegliederte Plattenmauer des Ambursen-Typs mit gekrümmter Achse. Seine Höhe über der Gründungsfuge beträgt 7,8 m; die Stauhöhe 5,5 m. Die Länge der Krone beträgt 170 m. Die Einbindung in den Untergrund erfolgte durch Anschläge.

Die Stauplatte ist 15 - 20 cm dick. Das Hochwasser wird durch zwei Heber mit einer Kapazität von $2 \times 14 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeleitet. Zwei Grundablässe $\varnothing 700 \text{ mm}$ verfügen über eine Kapazität von $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Das Einlaufbauwerk in die Druckleitung wird durch Tafelschützen geregelt.

DAMMQUERSCHNITT VON MOTYČKY

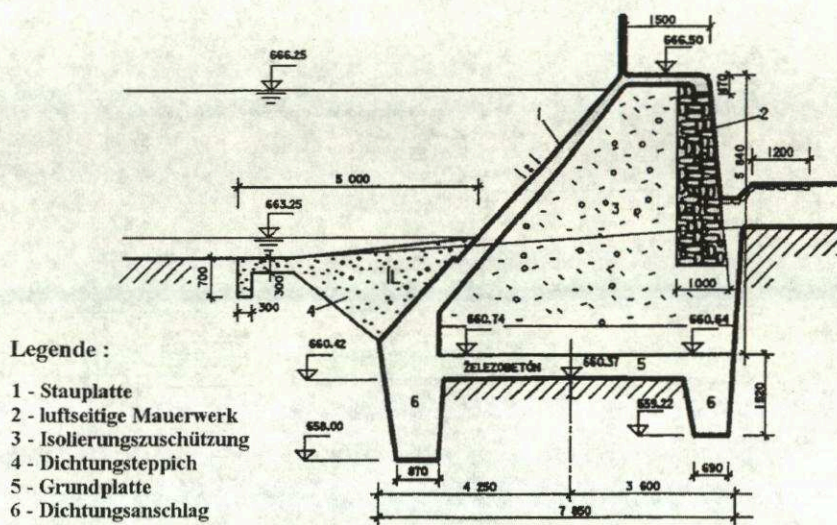


Bild 3: Dammquerschnitt von Motyčky

- ⇒ Der Speicher Motyčky hat ein Einzugsgebiet von $16,7 \text{ km}^2$. Der mittlere Jahreszufluß beträgt $0,43 \text{ m}^3/\text{s}$, der Speichereinhalt $55\,000 \text{ m}^3$.
- ⇒ Der Druckstollen hat einen hufeisenförmigen Querschnitt mit den Abmessungen $1,7/1,5 \text{ m}$. Nahe der Oberfläche ist er mit Stahlbeton ausgekleidet, sonst befindet er sich im Ausbruch.
- ⇒ Das Wasserkraftwerk Dolný Jelenec hat drei Francisturbinen, zwei mit horizontaler Achse und Leistungen von 450 und 680 kW und eine Turbine mit vertikaler Achse und einer installierten Leistung von 820 kW , die ursprünglich für ein reversibles Betriebsregime bestimmt war. Nach einer Panne im Jahre 1949 arbeitet das Aggregat ohne Umpumpen.
- ⇒ Die Sperre des Sammelbeckens Dolný Jelenec wurde am Fluß Jelenecký Potok aufgebaut. Sie besteht aus einer gegliederten Plattenmauer des Ambursen-Typs mit gerader Achse. Ihre Höhe über der Gründungsfuge beträgt $11,65 \text{ m}$; die Stauhöhe beträgt $5,8 \text{ m}$. Die Länge der Krone beträgt $73,85 \text{ m}$. Untergrundanbindung, Plattendicke und Einlaufbauwerk in die Druckleitung sind

wie in Motyčky ausgeführt. Der Überfall mit einer Kapazität von $5,6 \text{ m}^3/\text{s}$ wird durch eine automatische Klappe mit Gegengewicht reguliert. Die Klappenhöhe beträgt 85 cm . Zur Hochwasserabfuhr existieren weiterhin zwei Heber des Gregotti-Typs mit einer Kapazität von $2 \times 4,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Zwei Grundablässe verfügen über eine Kapazität von $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Speicher Dolný Jelenec erfüllt auch die Funktion eines Ausgleichsbehälters. Er speichert das Wasser aus dem Fluß Jelenecký Potok, einem Abfluß aus dem Zwischeneinzugsgebiet des Flusses Starohorský Potok (wo auch das Wehr steht). Das Einzugsgebiet hat eine von 32 km^2 Fläche; der mittlere Jahreszufluß beträgt $0,83 \text{ m}^3/\text{s}$. Das gesamte Speichervolumen beträgt $33\,000 \text{ m}^3$.

DAMMQUERSCHNITT DOLNÝ JELENEC

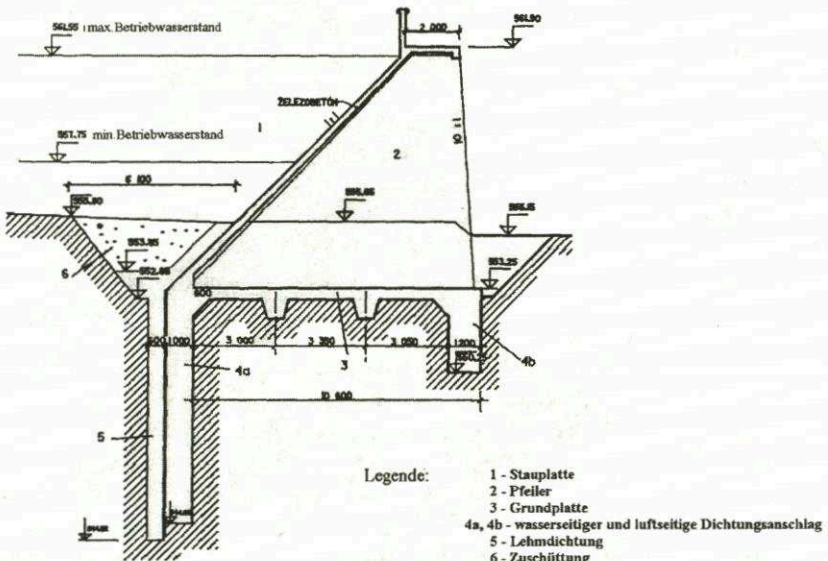


Bild 4: Dammquerschnitt von Dolný Jelenec

- ⇒ Die Druckleitung besteht aus einem vor Ort betonierten und zugeschütteten Stahlbetonrohr $\varnothing 1,3 \text{ m}$ mit einer Länge von $2\,439 \text{ m}$. In kurzen Abschnitten mit passenden geologischen Bedingungen ist sie auch als ausgebrochener Stollen ausgeführt.
- ⇒ Das Wasserkraftwerk Staré Hory hat zwei Francisturbinen mit horizontaler Achse und einer installierten Leistung von $420 - 680 \text{ kW}$. Es nutzt ein Gefälle von $79 - 83 \text{ m}$.

Die beiden Wasserkraftwerke arbeiten als Spitzenlastkraftanlagen, wobei sie im Hinblick auf das kleine Retentionsvolumen der Speicher in beträchtlichem Maße von den momentanen hydrologischen Verhältnissen abhängig sind. Die durchschnittliche Jahresproduktion bewegt sich zwischen 3 600 - 10 800 MWh. Diese sank markant nach der Entscheidung über die Ausnutzung der Quellenkapazitäten mit Ergiebigkeiten von 0,5 m³/s für Wasserwerkszwecke. Gleichzeitig wurde auch die Rentabilität der weiteren Energieerzeugung an der Kaskade bezweifelt und über ihre allmähliche Liquidation entschieden. Außer größeren Instandsetzungen in Jahren 1947 - 48 wurden nur die nötigsten und finanziell nicht anspruchsvollen Instandhaltungen durchgeführt. Im Jahre 1981 kam es zu einer Umbewertung der Kaskade einerseits hinsichtlich der Nutzung auch kleiner Energiequellen, andererseits aus der Betrachtung des Wasserwerks als technisches Denkmal. Nach einigen Diskussionen kam es zur Projektausarbeitung der erforderlichen Sanierungsarbeiten an den Stauanlagen Motyčky und Dolný Jeleneč. In den Jahren 1989 - 93 wurden grundlegende Sanierungsarbeiten an beiden Stauanlagen durchgeführt, in deren Ergebnis der funktionsfähige, sichere und ästhetische Zustand der Stauanlagen wiederhergestellt wurde.

Die Sanierungsarbeiten umfaßten umfangreiche Reparaturen an den Bau- und Maschinenteilen beider Stauanlagen. Die Ablagerungen aus den Speicherbecken wurden beseitigt und alle Konstruktionen gründlich durch Druckwasser gereinigt. Das Steinpflaster auf den Böschungen wurde instandgesetzt und stellenweise ausgetauscht. Der Regelungsmechanismen der Staukonstruktionen wurde überholt.

Die Reparaturen der Stahlbetonkonstruktionen der gegliederten Stauanlage waren aus technologischer Sicht die anspruchvollsten. Die dünnen Platten, die Pfeiler und die Betriebsanlagen waren durch physikalische und chemische Einflüsse bis an die Grenze ihrer statischen Sicherheit beschädigt worden. Die nur 2,0 - 2,5 cm dicke Zementputzschicht konnte den aus ungeeignetem Dolomit-Kalzitkies hergestellten, mittlerweile fast 70-jährigen Beton nur unzureichend vor Witterungseinflüssen schützen. Große Wasserstandsschwankungen, oftmaliges Einfrieren, Temperaturosillation, Wasser- und Eisdruck verursachten umfangreiche Zerstörungen der Betonkonstruktionen.

Der Beton wies in weitem Umfang Mikrorisse und große Flächen mit entblößter Bewehrung auf. An mehreren Stellen traten Undichtheiten auf, es kam zu Sickerungen durch die Konstruktion und die Dilatationsfugen.

Bei diesem Umfang der Beschädigungen mußte die statische Zuverlässigkeit der Staumauern und Bauwerke erneut beurteilt werden. Auf ca. 10 % der wasserseitigen und 5 % der luftseitigen Flächen lag die statische Bewehrung frei. Die Dicke der Platten und der Tragrippen war sichtlich vermindert, was Befürchtungen um die statische Sicherheit der Wasserbauwerke hervorrief. Die Sanierung erforderte die Beseitigung des beschädigten Betons im Bereich der Bewehrung, was mittels Rüttelgerät und Hochdruckwasserstrahlen (mit ca. 15 MPa (Gerät WAPP 6000 PROTI) bzw. mit 7 MPa (WOMA ATUMAT 1502)) erfolgte. Es

wurde dabei die kombinierte Wirkung des Druckwassers und der Kavitation ausgenutzt. Durch die fließende Druckregelung wurde erreicht, daß nur beschädigter Beton beseitigt wurde.

Die auf der Wasserseite teilweise mit Asphaltanstrich geschützten Flächen der Stahlbetonplatte wurden durch Sandstrahlen mit Korngrößen von 1,5 mm und einem Druck von 0,9 Mpa und zusätzlich mit Eisenbürsten bis auf den gesunden Stahl der ursprünglichen Bewehrung gereinigt.

Anschließend erfolgte ein spezieller antikorrosiver Anstrich mit OMBRAM FERROGRUND. Die losen Teile der ursprünglichen Bewehrung wurden beseitigt und durch neue ersetzt. Staub und Schmutz wurden abgesaugt. Es wurde eine saubere, feste und raue Unterlage so vorbereitet, daß die Stahlbetonkonstruktionen nach der Sanierung die geforderte statische, ästhetische und Dichtungsfunktion aufweisen konnten. Es wurde Spritzbeton verwendet. Das Wesen dieses Verfahrens besteht darin, daß die Betonmischung aus der Spritzdüse unter Druck auf die Konstruktion aufgetragen wird, wo sie anklebt. Vor dem Betonspritzen wurden auf die Konstruktion geschweißte Bewehrungsmatten 150 x 150 x 6,3 mm aufgebracht und durch kleine Anker (3 Stück/m²) gehalten.

Für das Spritzen wurde eine Betonmischung aus homogenisiertem Zement, gebrochenem Kalzitstein und Modifikationszuschlägen zur Beeinflussung des Abbindens und der Erhärtung benutzt. Es handelte sich um die von der Firma HIRO EKONOMIX Rohožník hergestellte Mischung ECOCRET STANDART. Sie hat folgende technische Parameter:

- Abbindebeginn 4 min.
- Druckfestigkeit nach 24 St. 16 MPa
nach 28 Tagen min. 33 MPa
- Biegezugfestigkeit nach 24 St. min. 4 MPa
nach 28 Tagen min. 6 MPa
- Geforderte Wasserdichtheit wurde nach 7 Tagen erreicht.
- Die Korngröße des Materials war 8 mm.

Das Mischungswasser wurde zu der trockenen Mischung in der Spritzdüse des Geräts kurz vor dem Auftrag der Mischung auf die bestimmte Stelle zugegeben. Auf 100 kg trockener Mischung wurden 13 - 14 l Wasser verbraucht, womit eine plastische Konsistenz erreicht wurde.

Das eigentliche Spritzen wurde in Schichten durchgeführt. Die Verbindung der Unterlage mit der gespritzten Betonschicht wurde von der Adhäsionsbrücke aus dem Material ECOCRET mit höherem Steingutgehalt sichergestellt. Die Mischung hatte eine feuchte Konsistenz und wurde unter höherem Druck aufgetragen. In die noch nicht abgebundene (frische) Verbindungsschicht wurde die Kernschicht in der erforderlichen Dicke zum Erreichen der ursprünglichen Abmessungen und statischen Kennziffern gespritzt. Die maximale Schichtdicke betrug 5 cm und benötigte 90 - 100 kg trockener Mischung pro m². Zuletzt wurde die Abschlussschicht aufgetragen. Der frische Beton mußte durch Befeuchtung nachbehandelt

werden. Danach wurde der Hydroisolier- bzw. Imprägnieranstrich OBRAN B in zwei Schichten auf die Betonkonstruktionen aufgebracht. Dieser stellt die Wasserdichtheit gegen das Druckwasser sicher. Zuletzt folgte ein Anstrich OBRAN AC FARBEN, der die Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüssen aus Luft und Wasser herstellt und gleichzeitig die Wahl eines Farbtons ermöglichte.

Während der ganzen Betriebszeit der Anlage waren die Dilatationsfugen problematisch. Beim Aufbau und auch bei den vorangegangenen Instandsetzungen war es nicht gelungen, eine langfristige und absolute Dichtheit zu erreichen. Bei der Sanierung wurde folgende technologische Methode gewählt. Die alte Füllung der Dilatationsfugen wurde durch Hochdruckwasserstrahlen im ganzen Umfang beseitigt und eine 20 - 40 mm breite Fuge ausgeschnitten. Der Schmutz wurde abgesaugt. Wasserseitig wurde die Dilatationsfuge mit dem expansiven Mörtel CELLKRET 350 verschlossen. Nach dem Anbohren der Injektionsöffnungen wurden die Fugen mit einem niedrigviskosen modifizierten Dreikomponentengel auf Akrylharzbasis - OMBRAM INJEKTIONSGEL - injiziert. Die Koagulierungs geschwindigkeit wurde durch die Kombination der einzelnen Komponenten von 30 Sekunden bis 20 Minuten bei der Temperatur von 25 °C geregelt. Jedoch wurde auch mit dieser Sanierung keine absolute Dichtheit der Dilatationsfugen erreicht, so daß bis heute Nachinjektionen erfolgen.

Die eigentliche Sanierung der Staumauern und Speicher Motyčky und Jelenec erfüllte ihren Zweck - sie wurden erneut funktionsfähig und sicher.

Literatur:

- [1] Kol.: Sprievodné správy a prokoly z výstavby nádrží Motyčky a Dolný Jelenec, 1922 - 1926
- [2] Výzkumný a zkušební ústav hmot a konstrukcí stavebních při Českém vysokém učení technickém v Praze - prof. Klokner: Vysvědčení o zkoušce cementové omítky stříkané cementovým dělem, 1925
- [3] Povodie Hrona š.p. Banská Bystrica: Projektová dokumentácia opráv vodných diel Motyčky a Dolný Jelenec
- [4] Abaffy, Lukáč: Priehrady a nádrže na Slovensku, 1991
- [5] Chovan, Hiepelová: Sanácia vodného diela Jelenec, 1994
- [6] Povodie Hrona š.p.: Manipulačný poriadok vodného diela Motyčky a Dolný Jelenec, 1986