# INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ PRŮZKUM PRO PŘEHRADY

*aneb „co nás také poučilo"*

**Otto Horský** **Pavel Bláha**

**„HODNÁ PŘEHRADA"**
**voda pro 15 milionů lidí**
**Angat, Filipíny**

# Inženýrskogeologický průzkum pro přehrady

*aneb „co nás také poučilo"*

Otto Horský Pavel Bláha

**Otto Horský, Pavel Bláha**

**INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ PRŮZKUM PRO PŘEHRADY**
**aneb „co nás také poučilo“**

Text © Ing. Otto Horský, CSc., Doc. RNDr. Pavel Bláha, DrSc.
Lektoři: Ing. Jan Fousek, Prof. Ing. Karel Müller, DrSc., Ing. Radomír Muzikář, CSc.
Grafická úprava. Doc. RNDr. Pavel Bláha, DrSc.
Obrázky: © autoři
Fotografie © Otto Horský www.horsky.estranky.cz, © Pavel Bláha, www.google.com
Tištěno: Jan Sojnek, reklamní produkce
Fotografie na přebalu: Orlík – Česká republika (foto Pavel Bláha – 2013)
Fotografie na předsádce, přední: Angat – Filipíny (foto Pavel Bláha 2006), zadní: Vajont – Itálie (foto Pavel Bláha – 2007)
Fotografie na první straně: Lipno – Česká republika (foto Pavel Bláha – 2013)
Druhé doplněné a rozšířené vydání
1. vydání jako e-kniha © Lukáš Vik, 2015
ISBN PDF formátu: 978-80-87749-68-5 (PDF)
Konverze do elektronických formátů:
Webdesignér a webový konzultant Lukáš Vik
www.lukasvik.cz

## Poděkování

Pracovat na této knize by nebylo možno, kdyby Geotest, a.s., nevytvořil ideální podmínky pro pracovní schůzky obou autorů, přístup do archivu závěrečných zpráv, vstřícnost při reprodukci ucelených částí knihy pro účely recenzí a úprav textu. Nelze opomenout, a je třeba poděkovat vedoucím pracovníkům Geotestu a zejména jeho řediteli RNDr. Lubomíru Procházkovi za trvalou podporu tohoto projektu. Poděkování ale nepatří jen vedoucím pracovníkům, ale všem spolupracovníkům Geotestu a spolupracujících podniků a organizací, vysokých škol a akademických pracovišť. Bez jejich vysoce odborné spoluúčasti při realizaci terénních a polních prací, bez jejich spolupráce na výzkumných úkolech a bez jejich poradenské činnosti při řešení závažných úkolů průzkumné praxe by těžko bylo dosaženo tak dobrých odborných výsledků.

Velmi milou povinností obou autorů je poděkování odborným lektorům této knihy, a to Ing. Janu Fouskovi, Prof. Ing. Karlu Müllerovi, DrSc., a Ing. Radomíru Muzikářovi, CSc. Dále děkujeme Ing. Jiřímu Pavlíkovi, CSc., za cenné připomínky ke kapitole 8 a RNDr. Milanu Čáslavskému, PhD. za jeho podněty k problematice EIA. Další poděkování patří Ing. Haně Doležalové, která velkoryse obětovala svůj drahocenný čas, aby přečetla celou práci a poskytla nám řadu připomínek k formálnímu uspořádání knihy, PhDr. Viole Horské za užitečné náměty a doporučení k úpravám vybraných částí knihy a PhDr. Martině Kurtyové a RNDr. Petru Bláhovi za cenné připomínky k cizím překladům. Děkujeme rovněž Ing. George Newmanovi, M. A., RNDr. Martě Hoenig-Gregorové, Ing. Jaroslavu Putnovi, Nicole G. Putnové B.A. a T. Olejnikovové za přeložení úvodního slova do angličtiny a ruštiny, Ognjen Grebo, Wenlei Song, Cheng Xu, M. Ali Peshawa, Dr., PhD., Ing. George Takla, Ing. Shavkat Abdullaev, CSc. do bosenštiny, čínštiny, arabštiny a uzbečtiny a Ing. Raúl García Morenovi za revizi překladu do španělštiny. Poděkování také patří emeritnímu profesorovi Angel García Yagüemu z Madridu za cenné připomínky zejména k uvedeným přehradám ve Španělsku.

Poslední, avšak o to nejvřelejší, poděkování chceme vyslovit svým manželkám Marii a Oldřišce za pochopení a vytváření skvělých podmínek pro práci na této knize a za pomoc s odstraňováním formálních chyb v textu knihy.

Autoři publikace budou čtenářům vděčni za všechny připomínky ke knize, ať již odborného nebo formálního charakteru. Připomínky je nám možné posílat na elektronické adresy: horsky@horsky.org nebo babel@email.cz.

**Ing. Otto Horský, CSc. (1938, Prostějov)**

Otto Horský absolovoval v roce 1961 studium geologie na Vysoké škole báňské v Ostravě. Roku 1978 obhájil na téže škole kandidátskou práci. Od roku 1960 začal pracovat v Geologickém průzkumu Brno (od 1968 Geotest Brno). Mezi jeho stěžejní odborné práce lze zařadit inženýrskogeologický průzkum pro přehradu a přečerpávací elektrárnu v Dalešicích a později na Kubě a průzkum pro více než dvacet dalších přehrad.

V letech 1974 – 1976 pracoval v Peru jako vedoucí technické kanceláře, která spolupracovala s peruánskými institucemi zejména v oblasti projekce vodních staveb. Uzavřel a spolu s československými projekčními organizacemi realizoval mimo jiné geotechnický průzkum pro podzemní hydrocentrálu Mantaro – Restitución. Upozornil na skalní sesuv v místě již vybudované přehrady Tablachaca na řece Mantaro. Na tomto základě vypracovali českoslovenští experti projekt sanace sesuvu a tato byla následně realizována. Jako expert se zúčastnil prací při geotechnickém průzkumu pro rozšíření hydroenergetického potenciálu vodní elektrárny Machu Picchu. Od roku 1978 do1982 působil na Kubě jako hlavní poradce ministerstva stavebnictví pro inženýrskou geologii, v letech 1984 až 1988 pak vedl inženýrskogeologický průzkum pro přečerpávací elektrárnu na Kubě v pohoří Escambray a současně koordinoval práce další československé expedice v provincii Oriente. V letech 1991až 1994 působil ve Španělsku jako generální ředitel česko-španělské akciové společnosti působící v geologii a ekologii. Od roku 1994 podniká v oblasti provádění, projektování a vyhodnocování geologických prací. V rámci těchto aktivit navštívil Mexiko, Chile, Brazílii a Kubu a s Geotestem a. s., realizoval další práce ve Španělsku a na Kanárských ostrovech. Od roku 1971 externě přednášel na Vysokém učení technickém v Brně. Jeden rok externě přednášel inženýrskou geologii na Vysoké škole báňské v Ostravě (1985). Přednášková činnost a výchova odborníků byly rovněž součástí jeho práce na Ministerstvu stavebnictví Kuby. Několik přednášek měl i na univerzitách ve Španělsku, v Mexiku a v Peru. Zveřejnil více než 150 odborných publikací, z toho více než sto v Československu a České republice, zbývající v zahraničí (Španělsko, Brazílie, Peru, Rusko, Nizozemsko, Austrálie, Portugalsko, Řecko, Thajsko, Etiopie a Kuba). Během své geologické kariéry zpracoval více než 200 průzkumných zpráv a výzkumných úkolů, zejména pro vodní stavby, a to jak v bývalém Československu, tak v Peru, ve Španělsku a zejména na Kubě. Pracuje jako recenzent pro některé odborné časopisy, například pro EGRSE Journal, nebo pro Environmental Geology (International Journal of Geosciences), například recenze publikace „Water leakage from the power tunel of Gezende Dam, southern Turkey – a case study“. V letech 2010 až 2012 spolupracoval jako expert koordinátor s Geotestem, a.s. a se společností CREA na projektu přehrady Bawanur v Severním Iráku, v Kurdistánu.

**Doc. RNDr. Pavel Bláha, DrSc. (1944, Protivín)**

Pavel Bláha absolvoval v roce 1966 studium užité geofyziky na Přírodovědecké fakultě UK v Praze (1966). V roce 1969 absolvoval rigorózní řízení na téma „Modelová měření vrtné varianty vyzvané polarizace“. V roce 1990 obhájil kandidátskou práci na téma „Geoakustická metoda při studiu svahových deformací“. V roce 1992 se habilitoval na Hornicko-geologické fakultě VŠB v Ostravě prací „Geofyzikální metody při průzkumu a výzkumu svahových deformací“ a přednáškou na téma „Seizmická tomografie v mělké geologii“. V roce 1998 obhájil velký doktorát na téma: „Inženýrská geofyzika svahových deformací v hornické a stavební geotechnice".

Po krátké pedagogické kariéře na HGF v letech 1966 až 1971 nastoupil jako geofyzik do Geotestu v Brně, kde pracuje dosud. Postupně pracoval na pozici vedoucího geofyzikální skupiny, vedoucího ostravské pobočky Geotestu, od roku 2006 jako oborový manažer a nyní jako konzultant. Ve své profesní kariéře se zaměřil na použití geofyzikálních metod při průzkumu přehradních míst a přečerpacích vodních elektráren a na aplikaci geofyzikálních měření při výzkumu svahových deformací. V České republice pracoval například při průzkumu vodních děl Dalešice a Josefův Důl a přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé Stráně. Účastnil se i průzkumu atomové elektrárny Dalešice, dálnice do Ostravy a na dalších velkých stavbách. Velkou část své odborné pozornosti věnoval průzkumu a výzkumu svahových deformací, zejména v Karpatské soustavě a zkoumání vlivu poddolování na aktivitu sesuvů. Během své geologické kariéry zpracoval cca 455 průzkumných zpráv a více než 80 výzkumných zpráv, které prošly oponentním řízením. Během své pedagogické kariéry přednášel na universitách v Ostravě, Brně, Praze, Bratislavě a v Taškentu. Za více než 48 let odborné kariéry pracoval ve 20 zemích světa, z nichž za nejvýznamnější lze pokládat působení ve Střední Asii, Španělsku, Albánii, Kubě, Mongolsku a Filipínách. Za léta profesní činnosti publikoval v odborných časopisech a na profesních konferencích více než 200 odborných článků z toho více než 70 v zahraničí (Albánie, Bosna a Hercegovina, Bulharsko, Etiopie, Francie, Itálie, Kyrgyzstán, Malajsie, Německo, Nizozemí, Norsko, Polsko, Rakousko, Rumunsko, Rusko, Řecko, Skotsko, Slovensko, Španělsko, Tádžikistán, Thajsko a Uzbekistán). Články autora byly citovány ve více než 250 odborných statích. Publikoval sedm monografií jako autor nebo jako spoluautor. Je recenzentem vědeckých časopisů v Česku, Slovensku, Polsku a Uzbekistánu. Je předsedou redakční rady časopisu „EGRSE“ – časopisu České asociace geofyziků a členem rady asociace českých geofyziků, členem České geologické asociace, členem „Sboru expertů ČAAG“ a členem redakční rady časopisů Krystalinikum a Geotechnika. Je školitelem doktorandů na fakultách HGF a FAST VŠB – Technické university v Ostravě (geofyzika a GIS). Na Hornicko-geologické fakultě VŠB – TU je i členem oborové rady pro geologii. Při MŽP působí jako člen komise pro udělování „odborné způsobilosti“. Byl členem vědeckých komisí mezinárodních konferencí „9th European meeting of EEGS“ a „HYDRO 2011”.

## *About the Book*
## *The Application of Engineering Geology to Dam Construction,*
## *or "What Experience Has Taught Us"*

The present publication is intended for those interested in the procedures used and the problems encountered in carrying out engineering-geological surveys for the design and construction of dams. The intention is to provide a basis for technical dialogue between engineering geologists, geophysicists, hydrogeologists, geotechnicians and other specialists on one hand, and investors, planners and designers on the other. The book should also be of use to those involved in the operation and management of dams and reservoirs. The book has been designed so that it can be used as a text in colleges and universities. It summarizes the results of work carried out by the authors, one an engineering geologist and the other a geophysicist, at different dam sites in the Czech Republic and abroad. Both authors have had a long career serving as experts or consultants in engineering-geology, and have visited many dam projects in other countries. This book is the outcome of their combined theoretical and practical experience.

The book consists of an introduction, a conclusion, and eight technical chapters. In all of them, the authors have placed special emphasis on practical examples, since the scope of the tasks involved in carrying out and interpreting the results of engineering-geological surveys can best be understood by using case studies to illustrate the techniques used and the problems encountered. An effort has been made not to become too deeply involved in the theoretical background to the subject. Rather than dictating rigorous rules and standards, an attempt has been made to illustrate scenarios that might be encountered within the planning of a project and the operation of a dam. The authors have especially drawn attention to circumstances, the neglect of which can lead to significant increases in the costs of dam construction and that, in some cases, may make the operation of a dam impossible.

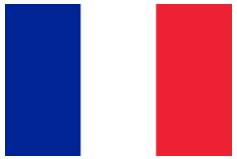
In the introductory chapters the basic criteria for the choice of dam design are discussed in relationship to the characteristics of the selected site. The roles of geology, geomorphology, climate, ecology, and other features that affect the selection of the site for a dam are discussed. The basic principles and tasks of engineering-geological surveys for dam sites are described. Importance is placed on the division of the survey into stages corresponding to the design stages, as well as on the requirement that the survey must take account of all factors that affect safety during dam construction. Great attention is paid to the strategy of the survey, including a detailed list of the separate tasks involved. An important task of the book has been to draw systematic attention to the technical specifications and the planning of survey work, in which the investor, the designer, or simply the client who contracted the survey formulates the basic requirements that the survey should meet. The procedures used for engineering-geological mapping of the area of a hydro-engineering structure are described in detail paying special attention to the dam site itself. The method used to compile special-purpose engineering-geological maps is also explained. The scope of both preliminary and detailed hydrogeological surveys is described together with the methods used to check the condition and correct function of hydrogeological boreholes using geophysical techniques, TV cameras, etc.

In the second part of the book, the applications of geophysical measurements at various stages of a survey are explained. The use of particular geophysical methods to solve specific problems is illustrated by case studies. Emphasis is placed on the importance of collaboration between the engineering geologist and the geophysicist in defining the problems to be solved, and planning and carrying out the tasks required by the survey. A description of the scope of direct survey work follows, paying special attention to the study of the site directly affected by the construction of the dam itself and to the delineation of the area to be covered by the preliminary and detailed surveys. The methodology used for comprehensive documentation of exploratory workings is assessed in great detail. The authors also pay particular attention to the general principles governing a geotechnical survey, and the methods used to carry it out. The main types of field and laboratory geotechnical tests are described. An important sub-chapter deals with the systematic correlations and the empirical relationships between the mechanical and physical properties of rocks.

In the last section of the book, the procedures used for engineering-geological surveys of the backwater areas of dams are described. Special attention is given to the modification of the banks of water reservoirs by processes of abrasion, suffosion and landslides. The methods used to map and monitor these effects are described and examples of remedial procedures used to counteract these geodynamic processes are given.

In this book the authors have done their best to describe the procedures used for the engineering-geological and geotechnical surveys of dam sites and backwater areas, drawing attention to the problems that can be encountered in the design and construction of dams. The recommended working procedures have been described systematically. All the problems analysed in this book and the methods used to solve them are illustrated by practical examples. The authors trust that their experience of engineering geology and its applications gained over many years and described in this book will be of interest not only to experts, but also to students and the wider public interested in the global management of water resources.

the Authors



## A propos du livre

### *Prospection d'ingénierie géologique pour les barrages,*

### *ou 'Ce qui nous a aussi instruit'*

Le présent ouvrage a été élaboré avec l'intention d'informer les personnes intéressées par la problématique de la prospection lors de la conception et de la construction des barrages. Il peut utilement servir à la compréhension mutuelle entre les investisseurs et les concepteurs d'une part et les ingénieurs géologues, géophysiciens, hydrogéologues, géotechniciens et autres spécialistes du sujet, d'autre part. Un autre groupe auquel nous nous adressons également sont les employés des organismes qui gèrent l'exploitation des barrages. L'ouvrage peut aussi être utilisé dans l'enseignement universitaire. Ce livre est le résultat de l'expérience et de travaux accomplis d'un ingénieur géologue et d'un

géophysicien sur différents barrages en Republique Tchèque et sur de nombreux barrages à l'étranger. Les deux auteurs y ont travaillé en tant qu'experts, consultants ou y étaient présents comme visiteurs et observateurs.

L'ouvrage comporte une introduction, une conclusion ainsi que huit chapitres techniques. Dans chacun d'eux, nous avons mis l'accent particulier sur des exemples pratiques et sur des solutions de cas concrets, considérant que c'est la meilleure façon de rendre cette large problématique la plus compréhensible. Pour la même raison, nous nous sommes efforcés d'éviter les analyses théoriques, les thèses et les normes. En revanche, nous mettons en avant des situations concrètes, rencontrées lors de la préparation des projets et de l'exploitation des barrages. Notre objectif était également de mettre en évidence les cas spécifiques dont la négligence pourrait mener à une augmentation du prix de la construction du barrage ou à l'impossibilité de son exploitation dans le sens initialement désiré.

Les premiers chapitres résument les critères de base concernant la conception des barrages en relation avec les facteurs qui déterminent le choix de l'emplacement et du type de barrage. Nous évaluons les caractéristiques géologique, morphologique, climatique, écologique ainsi que d'autres facteurs qui peuvent influencer le choix de l'emplacement. Nous définissons ensuite les tâches spécifiques à traiter ainsi que les principes de la prospection des barrages en ingénierie géologique. On traite ici également la répartition de la prospection en étapes qui devraient coïncider avec les autres étapes du projet, tout en maintenant l'efficacité de la prospection et les impératifs de sécurité de la construction. Une attention particulière est apportée à la stratégie de la réalisation de la prospection ainsi qu'à l'élaboration d'une liste détaillée des tâches individuelles. Les caractéristiques des spécifications techniques et du projet des travaux de prospection sont des points importants où l'investisseur, le concepteur ou le client formulent les exigences de base qui devraient être traitées par la prospection. On définit les tâches de l'ingénierie géologique concernant la cartographie de la région et tout particulièrement de l'endroit où sera placé le barrage. On décrit ensuite la méthode pour élaborer une carte spécifique d'ingénierie géologique. On montre également l'utilité de la prospection hydrogéologique (préliminaire et détaillée) ainsi que les possibilités des contrôles de justesse et de fonctionnalité des forages hydrogéologiques par des méthodes géophysiques, des caméras TV etc.

La seconde partie du livre présente l'utilisation des méthodes géophysiques dans les différentes étapes de la prospection. Nous y évaluons les possibilités d'application des méthodes individuelles de géophysique face aux problèmes spécifiques. Nous attirons l'attention sur la nécessité d'une collaboration entre l'ingénieur géologue et le géophysicien pour définir les tâches à résoudre lors de la prospection et de l'interprétation. On aborde ensuite l'évaluation de l'étendue des travaux de prospection en tenant compte de l'étude de l'emplacement concerné par la construction du barrage, de la délimitation du domaine et de l'étendue de la prospection préliminaire et détaillée.

La méthodologie d'élaboration d'une documentation complexe des travaux de prospection est traitée dans le moindre détail. Une très grande attention est apportée à l'évaluation des critères généraux de la prospection géotechnique ainsi qu'à ses types et ses méthodes de base. Nous avons également introduit les différents types de tests géotechniques, aussi bien de terrain que de laboratoire. Un important sous-chapitre est consacré aux corrélations et aux rapports entre les propriétés mécaniques et physique des roches.

Dans la dernière partie nous décrivons la prospection par ingénierie géologique des zones inondables d'un barrage. Une attention particulière est apportée aux modifications des berges par abrasion et affaissement. Sur base de nos connaissances, nous proposons des solutions méthodologiques et le monitoring du développement des processus géodynamiques en jeu.

Dans cet ouvrage nous avons tenté d'aborder certains problèmes associés à la prospection lors de la conception et de la construction des barrages et de proposer des solutions possibles et des procédés de travail adaptés. Chacun des problèmes décrits est documenté et illustré par des cas réels, rencontrés en pratique. Nous espérons que ce recueil basé sur notre longue expérience sera une contribution utile non seulement pour les spécialistes, mais également d'une lecture agréable pour un plus large public qui s'intéresse à la problématique traitée ici.

Les auteurs

## Prólogo

### *La aplicación de la ingeniería geológica a la construcción de presas*

### *o "Lo qué hemos aprendido también"*

El libro es fruto de los trabajos realizados por un ingeniero-geólogo y un geofísico en varias presas en la antigua Checoslovaquia y muchas más en otros países, en las que actuaron como responsables de las investigaciones o como asesores.

El libro está destinado a los interesados en la problemática de las investigaciones a efectuar durante el proyecto, construcción y explotación de presas y embalses. Puede ser útil para la comprensión y entendimiento entre las entidades que los promueven y los proyectistas, y entre los ingenieros, geólogos, geofísicos, hidrogeólogos, geotécnicos y otros especialistas. Será igualmente útil a cuantos técnicos intervienen en el mantenimiento de presas y en la explotación de embalses. También puede servir como texto en centros de enseñanza superior.

El libro consta de la introducción, conclusiones y ocho capítulos. En todos los capítulos se exponen casos reales, considerando que la mejor forma para comprender la amplia problemática de las investigaciones es la explicación de casos concretos. Se ha pretendido reducir la parte teórica y presentar casos concretos, que hemos encontrado en las fases de proyecto, construcción y explotación, antes que exponer las normativas y las teorías. Objetivo principal es incidir en casos, en los que errores en las investigaciones originaron sobrecostes en la construcción de la presas, problemas durante la explotación, e incluso siniestros y daños catastróficos.

En los primeros capítulos se exponen los criterios básicos para el diseño de la presa, los factores que determinan la selección de su ubicación y su tipología. Se analizan los aspectos geológicos y tectónicos, morfológicos, climatológicos, ecológicos y cuantos tienen importancia para la selección de la cerrada. Continúan con la metodología para las investigaciones de Ingeniería Geológica. Se considera muy importante que las fases de las exploraciones estén de acuerdo con las fases de del proyecto, para mejorar la efectividad de los trabajos y cumpliendo con todos los aspectos relacionados con la seguridad de la obra. Se presta especial atención a la técnica de las exploraciones de Ingeniería Geológica, definiendo con detalle todas las tareas fundamentales a realizar. Es de gran importancia definir las características

técnicas del proyecto, de acuerdo la entidad promotora de la presa y embalse, el proyectista y el geólogo ingeniero, que en definitiva establecen los objetivos de las investigaciones y las posibles soluciones. Se continúa con un capítulo en el que se describe con detalle el levantamiento a efectuar sobre el área de interés y en especial sobre la cerrada, ubicación de la presa. Se describe minuciosamente el proceso de cartografía y metodología para presentar todos los datos geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos. Se describe el modo y número de investigaciones hidrogeológicas necesarias, incluido el control de sondeos y pozos hidrogeológicos por métodos geofísicos, cámaras de TV, etc.

En la segunda parte del libro, se exponen los estudios geofísicos básicos en las diferentes fases de las investigaciones. Se definen las posibilidades de los diferentes métodos de prospección geofísica para resolver problemas concretos. Se considera muy importante la estrecha colaboración entre el ingeniero geólogo y el geofísico durante todas las fases de la investigación: definición de los trabajos, realización y presentación de los resultados. Se continúa con el análisis del número e intensidad de exploraciones directas a efectuar. Especial atención se dedica al estudio del emplazamiento de la presa y del área afectada por las obras. Se define la extensión del área a estudiar en cada etapa de las investigaciones. En un capítulo se exponen los métodos de presentación de la documentación de todos los trabajos de exploración de Ingeniería Geológica y Geotecnia. Se presta mucha atención a la descripción de los criterios y procedimientos básicos en las investigaciones geotécnicas. Se reseñan los ensayos de campo y de laboratorio necesarios para definir los parámetros geotécnicos que se precisan para el proyecto de la presa. Se califican con detalle las correlaciones y enlaces entre los parámetros mecánicos y físicos de las rocas.

En la última parte del libro se describen las investigaciones de Ingeniería Geológica a realizar en el vaso del embalse para prever los procesos morfológicos de erosiones e inestabilidades de ladera. Se proponen modos de solucionar los posibles problemas y monitorizar su desarrollo.

En nuestro libro se intenta hacer un esbozo de los problemas relacionados con las investigaciones de ingeniería geológica durante el proyecto y construcción de presas y proponer soluciones y procedimientos de los trabajos. Todos los capítulos se documentan con casos concretos. Consideramos que el resumen de nuestra experiencia práctica de muchos años puede ser una ayuda e información no sólo para los profesionales, sino también para el público interesado por estas estructuras y su problemática.

Los autores

## Über das Buch

### *Ingenieurgeologische Erkundung für Staudämme*

### *oder „Was uns auch belehrte“.*

Vorliegende Publikation ist allen bestimmt, die sich für die Erkundungproblematik bei Entwurf und Bau von Staudämmen interessieren. Sie kann dem gegenseitigen Verständnis von Investoren und Projektleitung dienen und dieses auch zwischen Ingenieurgeologen, Geophysikern, Hydrogeologen, Geotechnikern und weiteren Spezialisten fördern. Eine weitere Gruppe, die wir ansprechen wollen, sind Mitarbeiter der staudammbetreibenden Organisationen. Dieses Buch kann gleichwohl als Lehrtext beim Hochschulstudium dienen. Es ist das Resultat der Arbeit und der Erfahrungen eines Ingenieurgeologen und eines Geophysikers beim Bau verschiedener Staudämme im Inland sowie zahlreicher Staudämme im Ausland, wo beide Autoren entweder als Problemlöser oder als Berater wirkten oder diese Bauten besuchten.

Diese Abhandlung besteht aus einer Einführung, acht Fachkapiteln und einer Zusammenfassung. Wir legen besonderen Wert auf Praxisbeispiele, da man an konkret gelösten Aufgaben am besten die ganze Bandbreite der Problematik aufzeigen kann. Mehr noch als auf theoretische Analysen, Normen und Richtlinien verweisen wir auf die Umstände, denen man während der Durchführung eines Projektes respektive während der Bauphase begegnen kann. Unser Ziel ist besonders der Verweis auf solche Gegebenheiten, deren Nichtbeachtung entweder zu höheren Baukosten führen oder die ursprünglich beabsichtigte Art der Nutzung unmöglich macht.

Die ersten Kapitel behandeln die Grundkriterien der Projektarbeit in Zusammenhang mit bestimmenden Faktoren für die Wahl des Ortes und des Typs der Staumauer. Bewertet sind geologische, morphologische, klimatische und ökologische Aspekte, sowie weitere – den Standort beeinflussenden – Faktoren. Weiterhin werden Grundaufgaben und Prinzipien der ingenieurgeologischen Erkundung für den Bau von Staudämmen definiert. Als wichtig betrachten wir das Aufteilen dieser Erkundung in Etappen, die auch den Etappen der Projektarbeit entsprechen. Weiterhin legen wir Wert auf die Effektivität der Erkundung hinsichtlich der Einhaltung von Sicherheitskriterien; große Aufmerksamkeit widmen wir der Erkundungstrategie mit detaillierter Auflistung einzelner Aufgaben. Ein wichtiger Bestandteil ist die Beschaffenheit der technischen Erörterung und der Erkundungsarbeiten, bei der der Investor, die Projektleiter bezeihungsweise Auftraggeber ihre Anforderungen hinsichtlich der Problemlösungen definieren. Es folgt eine definierte Aufgabe der ingenieurgeologischen Kartierung des Interessengebietes und eine detaillierte Beschreibung des Staudammstandortes. Des Weiteren wird die Zusammenstellung zweckgebundener ingenieurgeologischer Karten beschrieben sowie der erforderliche Umfang der hydrogeologischen Erkundung (vorläufiger und detaillierter). Weiterhin werden Möglichkeiten aufgezeigt, hydrogeologische Bohrungen hinsichtlich Richtigkeit und Funktionsfähigkeit mittels geophysikalischer Methoden, Fernsehkamera oder ähnlichem zu kontrollieren.

Im zweiten Teil des Buches werden die Aufgaben geophysikalischer Messung in verschiedenen Etappen der Erkundung aufgeführt. Dabei werden Möglichkeiten einzelner geophysikalischer Methoden zur Lösung konkreter Probleme analysiert, wobei Wert auf die Zusammenarbeit des Ingenieurgeologen und des Geophysikers bei der Aufgabendefinition, die zur Problemlösung führt und der

anschließenden Projektarbeit gelegt wird. Weiter wird der Umfang der direkten Erkundungsarbeiten analysiert; an dieser Stelle beschäftigen wir uns insbesondere mit dem Studium des Bauortes der Staumauer und mit der Festlegung von Bereich und Umfang der vorläufigen und detaillierten Erkundung. Hier werten wir ausführlich die Methodik der komplexen Erkundungsdokumentation aus. Wir widmen der Bewertung allgemeiner Grundsätze, Grundtypen und Methoden geotechnischer Erkundung große Aufmerksamkeit. Ebenfalls aufgeführt sind die Grundtypen der geotechnischen Feld- und Laborproben. Ein wichtiges Unterkapitel bilden die korrelativen Beziehungen und Bindungen zwischen mechanischen und physikalischen Gesteineigenschaften.

Im letzten Teil beschreiben wir die ingenieurgeologische Erkundung des Staudammflutungsgebietes. Wir behandeln ausführlich die Umformung der Ufer durch Abrasion und Abgleiten; es folgen Erkenntnisse, Lösungsarten und Beobachtungen zusammenhängender geodynamischer Prozesse.

In diesem Buch versuchen wir, einige – mit der Erkundung bei Entwurf und Bau der Staudämme zusammenhängende - Probleme aufzuzeigen und mögliche Lösungen und Arbeitsvorgänge vorzuschlagen. Alle analysierten Probleme sind durch konkrete Praxisbeispiele dokumentiert. Wir glauben, dass diese Zusammenfassung unserer langjährigen Erfahrungen nicht nur zu einem positiven Beitrag für Fachleute, sondern auch zur lesenswerten Lektüre für eine – an diesem Thema interessierte - breitere Öffentlichkeit wird.

Die Autoren

**Что найдете в книге**
***Инженерно-геологическая разведка плотин***
***или „Что нам преподнесло урок“***

Предлагаемая публикация предназначена всем интересующимся проблематикой разведки при проектировке и строительстве плотин. Она может помочь взаимной коммуникации и взаимопониманию между инвесторами и проектировщиками с одной стороны и инженерами-геологами, геофизиками, гидрогеологами, геотехниками и другими специалистами с другой стороны. Следующей группой, к которой мы хотим обратиться, являеется персонал организаций, обслуживающих плотины. Публикацию можно также использовать в качестве учебного пособия для студентов вузов. Книга является результатом работы и опыта инженера-геолога и геофизика на различных плотинах как в Чешской республике, так и на многих плотинах за границей, где мы работали в качестве исполнителей или консультантов или просто эти стройки посетили.

Книга состоит из введения и заключения и остальных восьми специализированных глав. Во всех особое внимание уделяем практическим примерам, потому что весь объем проблематики можно лучше всего понять на конкретных рассматриваемых заданиях. Мы пытались избежать в книге теоретических разборов, чтобы она принесла прежде всего не правила и нормы,

а примеры, которые можно встретить в рамках проектной подготовки и работы сооружения. Нашей целью было прежде всего обратить внимание на факты, пренебрежение которыми ведет к удорожанию строительства плотин или к невозможности ее использования с первоначально запланированной целью.

Первые главы обобщают основные критерии проектировки плотин по отношению к определяющим факторам выбора места и типа дамбы. Оцениваются точки зрения геологические, морфологические, климатические, экологические и остальные факторы, влияющие на выбор места. Далее определяются основные задачи и принципы инженерно-геологических изысканий для плотин. Мы считаем важным разделение разведки на этапы, совпадающие с этапами проектирования, а также эффективность разведки при сохранении требований к безопасности строительства. Большое внимание уделяется стратегии проведения разведки с подробным перечнем отдельных действий. Важной частью является характеристика технического задания и проекта разведочных работ, при которых инвестор, проектировщик или просто заказчик разведки формулирует основные требования, которые необходимо решить при разведке.

Далее описывается определение заданий инженерно-геологической съемки интересующей нас территории гидросооружения и с подробными деталями прежде всего створ плотины. Указан рабочий метод составления целевой инженерно-геологической карты. Описан необходимый объем гидрогеологической разведки (предварительной и подробной). Указаны и возможности контроля правильности и функциональности гидрогеологических скважин с помощью геофизических методов, телекамеры и т.п.

Во второй части книги указаны задачи геофизического измерения на различных этапах разведки. Анализируются возможности отдельных геофизических методов для конкретных проблем. Подчеркивается взаимодействие инженера-геолога и геофизика при определении задач для решения, при их проектировании и анализе. Следует анализ объема прямых разведочных работ. Особое внимание уделяется изучению места, затронутого строительством самой дамбы, и ограничивается размер области и объема разведки для предварительной и подробной разведки. Отдельная подглава подробно рассматривает оценочную методику комплексной документации разведочных сооружений. Большое внимание уделено оценке общих принципов, основных типов и методов геотехнической разведки. Указаны основные типы геотехнических испытаний, как полевых, так и лабораторных, для определения параметров, необходимых для проектирования. Важной подглавой являются корреляционные связи и связи между механическими и физическими свойствами горных пород.

В последней части описывается инженерно-геологические изыскания охранной области плотины. Мы занимаемся прежде всего деформацией берегов водохранилищ под действием абразии и сползания. Предлагаем сведения, способы решения и мониторинга развития связанных с этим геодинамических процессов.

Мы попытались наметить в книге некоторые проблемы, связанные с разведкой при проектировании и строительстве плотин, и предложить возможные решения и рабочие методы. Все главы содержат примеры. Мы верим, что обобщение нашего

многолетнего опыта будет полезно не только для специалистов, но и станет интересным чтением для широкого круга читателей, интересующихся данной проблематикой.

Афтори

**“Тугонларнинг инженер-геологик разведкаси”**

**Китобида нималарни топиш мумкин**

**ёки “Биз учун нима дарс булди”**

Ушбу таклиф этилаётган нашр барча тугонларни лойихалаштириш ва куриш ишларида разведка масалалари билан кизикувчилар учун мулжалланган. У бир томондан инвесторлар ва лойихачилар уртасида, иккинчи томондан эса инженер-геологлар, геофизиклар, гидрогеологлар, геотехниклар ва бошқа мутахассислар уртасида узаро муносабатларни урнатиш ва узаро англашувга эришишда ёрдам килади. Биз яна мурожаат этмокчи булган кейинги гурух бу тугонларда хизмат килувчи ташкилотларнинг ходимларидир. Бу нашр, шунингдек, олий укув юртлари талабалари учун укув кулланмаси булиб хизмат килиши мумкин. Китоб инженер-геолог ва геофизик Чех Республикасидаги турли тугонларда хамда чет элдаги куплаб бошқа тугонларда олиб борган ишлари ва тажрибаси натижаси булиб, биз хам у ерда бажарувчилар ёки маслахатчилар сифатида ишлаганмиз ёки бу курилишларни бориб курганмиз.

Китоб кириш ва хулоса кисмларидан хамда саккизта махсус боблардан иборат. Уларнинг хаммасида асосий ахамият амалий мисолларга берилган чунки барча мавжуд масалаларни конкрет олинган топшириклар мисолида яхширок тушуниш мумкин. Китоб аввало коида ва нормаларни эмас, балки лойихани тайёрлаш ва иншоотнинг ишлаши жараёнида учратиш мумкин булган мисолларни акс эттириши учун биз унда назарий бахслардан нарирок булишга интилдик. Максадимиз авваламбор эътиборни шундай фактларга каратиш эдики, уларга эътиборсизлик тугонлар қурилишининг кимматлашиб кетишига ёки улардан дастлаб қўйилган максадларда фойдаланиш мумкин булмай колишига олиб келади.

Биринчи боблар тугонларни лойихалаштиришнинг дамбанинг жойи ва турини танлашга оид хал килувчи омилларга тааллукли асосий мезонларини умумлаштиради. Жой танлашга таъсир этувчи геологик, морфологик, иклимий, экологик мулохазалар ва бошка омиллар бахоланади. Кейин тугонлар буйича инженер-геологик изланишларнинг асосий максад ва принциплари белгиланади. Биз разведкани лойихалаштириш боскичлари билан мос келадиган боскичларга булишни хамда курилиш хавфсизлиги талаблари сакланган холда разведка ишларининг самарадорлигига эришишни мухим деб биламиз. Алохида ишларнинг батафсил руйхатини тузиш билан разведка ишларини олиб бориш стратегияси катта ахамият касб этади. Мухим

кисмлардан бири техник топширик ва разведка ишлари лойихасининг характеристикаси булиб, бунда инвестор, лойихачи ёки разведка буюртмачиси разведка ишлари жараёнида бажарилиши лозим булган талабларни ифодалаб беради.

Кейин бизни кизиктирган гидроиншоот худудида олиб бориладиган инженер-геологик съемка топшириклари ифодаланади, айникса тугоннинг урнашиш жойи батафсил ёритилади. Максадли инженер-геологик карта тузишнинг иш услуби курсатилган. Гидрогеологик разведканинг (дастлабки ва батафсил) керакли хажми келтирилган. Геофизик усуллар, телекамера ва бошкалар ёрдамида гидрогеологик бурги кудукларининг тугрилиги ва фаоллиги устидан назорат олиб бориш мумкинлиги курсатилган.

Китобнинг иккинчи кисмида разведканинг турли боскичларида геофизик улчовларнинг максадлари келтирилган. Конкрет масалалар учун алохида геофизик усуллардан фойдаланиш мумкинлиги тахлил килинади. Ечилиши зарур масалаларни аниклашда, уларни лойихалаштириш ва тахлил килишда инженер-геологлар ва геофизикларнинг узаро хамкорлиги таъкидланади. Кейин тугридан-тугри разведка ишларининг хажми тахлил килинади. Асосий эътибор дамба курилиши учун ажратилган жойни урганишга каратилади ва дастлабки ва батафсил разведка утказиш учун разведка худуди ва хажми белгиланади. Алохида булим разведка иншоотларини комплекс хужжатлаштиришни бахолаш услубига багишланган. Геотехник разведканинг умумий принципларини, асосий турлари ва усулларини бахолашга катта ахамият берилган. Лойихалаштириш учун мухим параметрларни аниклаш максадида дала шароитида ва лабораторияда утказиладиган геотехник тажрибаларнинг асосий турлари курсатилган. Алохида булимда тог жинсларининг корреляцион муносабатлари ва уларнинг механик ва физик хоссалари уртасидаги муносабатлар ифодаланган.

Китобнинг охирги кисмида тугоннинг куриклаш зонасида инженер-геологик изланишлар ифодаланган. Биз энг аввало абразия ва сирганиш таъсирида сув омборлари киргокларининг деформацияси билан шугулланамиз. Шу билан боглик геодинамик жараёнларнинг ривожланиши, уларни хал этиш усуллари ва мониторинги тугрисида маълумотларни таклиф этамиз.

Ушбу китобда тугонларни лойихалаштириш ва куришда разведка ишлари билан боглик айрим муаммоларни белгилашга харакат килдик ва мумкин булган ечимлар ва иш усулларини такдим этдик. Барча бобларда мисоллар келтирилган. Ишонамизки, куп йиллик тажрибамизни умумлаштириш нафакат мутахассислар учун, балки берилган масалалар билан кизикувчи кенг омма учун хам фойдали булади.

## O knjizi
## *Inženjersko-geološka istraživanja za brane, odnosno „Šta smo još naučili“*

Ova publikacija je namijenjena ljudima koji su zainteresovani za problematiku istraživanja pri projektovanju i izgradnji brana. Knjiga može dobro poslužiti pri zajedničkom radu i postizanju dogovora između investitora i projektanata na jednoj strani i inženjerskih geologa, geofizičara, hidrogeologa, geotehničara i ostalih stručnjaka na drugoj strani. Također želimo zainteresovati lica koja su zaposlena u organizacijama za upravljanje branama. Publikacija može poslužiti i kao udžbenik ili dopunska literatura na fakultetima. Knjiga je rezultat rada i iskustva inženjerskog geologa i geofizičara pri radu na branama u Češkoj Republici i na nizu brana u inostranstvu na kojima su oba autora radili kao odgovorna lica ili konsultanti, ili su samo posjetili ove objekte.

Knjiga sadrži uvod, zaključak i osam stručnih poglavlja. U svim poglavljima naročito potenciramo primjere iz prakse, jer kroz konkretne zadatke i primjere je moguće najbolje shvatiti širinu ove oblasti. Trudili smo se da izbjegnemo teorijske analize i da umjesto normi i teorema ponudimo primjere sa kojima se srećemo u pripremnoj fazi projekta i pri funkcionisanju objekta. Naš cilj je bio da prije svega upozorimo na činjenice, koje ne smiju biti zanemarene ukoliko želimo da izbjegnemo povećanje troškova izgradnje i osiguramo funkciju brane u punom kapacitetu i u skladu sa planiranom namjenom.

Početna poglavlja predstavljaju sažetak osnovnih kriterija pri projektovanju brana u odnosu na ključne faktore za izbor mjesta i tipa brane. Evaluirano je više aspekata: geološki, morfološki, utjecaj klime, ekološki i drugi koji imaju utjecaj prilikom izbora mjesta za izgradnju brane. Definisani su osnovni radni zadaci i principi inženjersko-geološkog istraživanja za brane. Smatramo da je važno podijeliti istraživanja na pojedine etape koje odgovaraju etapama projektovanja i vršiti efektivna istraživanja uz poštovanje zahtjeva za sigurnost tokom izgradnje objekta. Velika pažnja je posvećena strategiji realizacije istraživanja zajedno sa detaljnim spiskom radnih zadataka. Važan dio je i karakteristika projektnog zadatka i programa istražnih radova u kojim investitor, projektant ili jednostavno naručilac formuliše osnovne zadatke, koji bi trebali biti riješeni istraživanjem. Definisan je zadatak inženjersko-geološkog kartiranja interesne oblasti, sa detaljnijim kartiranjem u oblasti mjesta brane. Naveden je proces radova pri sastavljanju inženjersko-geološke karte. Opisan je potrebni raspon hidrogeoloških istraživanja (preliminarnih i detaljnih). Navedene su i mogućnosti kontrole ispravnosti i funkcionalnosti hidrogeoloških bušotina uz pomoć geofizičkih metoda, kamere i sl.

U drugom dijelu knjige su navedeni zadaci geofizičkog mjerenja u raznim etapama istraživanja. Analizirane su mogućnosti aplikacije pojedinih geofizičkih metoda na rješavanju konkretnih problema. Naglasak je stavljen na saradnju inženjerskog geologa i geofizičara pri definisanju zadataka koji trebaju biti riješeni prilikom projektovanja i obrade. Nakon toga slijedi analiza obima direktnih istražnih radova u kojoj se prije svega fokusiramo na istraživanje područja na koje je vršen utjecaj prilikom izgradnje brane i na određivanje područja i obima radova za preliminarna i detaljna istraživanja. Detaljno je analizirana metodika kompleksne dokumentacije istražnih radova. Velika pažnja je posvećena procjeni općih principa, osnovnih tipova i metoda geotehničkog istraživanja. Navedeni su osnovni tipovi geotehničkih

in situ i laboratorijskih opita. Jedan od važnijih dijelova knjige je posvećen predstavljanju korelacijskih odnosa između mehaničkih i fizičkih svojstava stijena.

Posljednji dio knjige je posvećen opisu inženjersko-geološkog istraživanja buduće akumulacijske oblasti brane. Uglavnom smo posvetili pažnju izmjenama obala akumulacije utjecajem abrazije i klizanja. Navodimo iskustva, načine rješavanja i monitoringa razvoja odgovarajućih geodinamičkih procesa.

U knjizi smo nastojali da skiciramo neke od problema koji su povezani sa istraživanjem prilikom projektovanja i izgradnje brana i da predložimo moguća rješenja i radne procedure. Svi navedeni problemi su ilustrovani pomoću konkretnih primjera iz prakse. Vjerujemo da će sažetak naših višegodišnjih iskustava biti od koristi ne samo stručnjacima, nego da će predstavljati zanimljivo štivo i za širu javnost koja se interesuje za ovu oblast.

Autori

## 关于本书
## 大坝的工程地质调查

—“经验与教训”

本书旨在对大坝设计和建造中的调查工作感兴趣的人们作这方面的阐述。一方面，它为投资者和设计工程师们提供了可以相互了解的平台；另一方面，它也很好的促进了工程地质专家、地球物理专家、水文地质专家、地质技师以及其他专家之间的沟通协调。还有需要我们重视的群体就是大坝的建筑工人。同时本书可以作为学院及大学相关专业教学的教材。本书凝聚了一位工程地质专家和一位地球物理专家在国内不同大坝参与工作以及在国外所访问的多个大坝建设中作为专家和顾问的经验。

本书由引言，结束语和八章技术类正文组成。总体来说我们特别重视实例的分析，因为使用在实践中处理过的真实案例能够让读者在全局上更好的理解相关问题。我们试图给予读者真实的案例，这些案例在设计或建造大坝期间可能都会遇到，同时尽量避免过多的理论分析和设置新的规则和标准。我们的目标主要是指出由于疏忽导致在大坝施工过程中使成本增加或使得工程不能按照原来设计建造的诸多问题。

第一章总结了大坝设计的基本标准，如关于决定选择大坝位置和类型的因素。我们评价了在大坝位置选择过程中有关地质、形态、气候、生态及其它可能对选址造成重大影响的观点。进一步定义了大坝的工程地质调查的基本任务和原则。我们认为重要的是如同维持建筑安全要求一样，将调查与设计阶段同步分为几个阶段，并且更加重视致力于研究包括单个任务的详细列表的调查策略。

本书的重点部分就是其所特有的技术规范和调查工作的设计，使得投资者、设计工程师或者一般员工都能够符合调查执行的规范明确地表达他们的要求。我们进一步叙述和定义了对存在问题的水文工程结构地区，尤其具体到大坝本身所在位置的绘图工程地质任务的过程。这一部分介绍了可以精确绘制有特殊用途的工程地质图的技术，同时阐述了初步和详细的水文地质调查的必需范围。我们展示了运用地球物理方法、电视摄影机等手段的优势检验水文地质测井的正确性和功能性的可能性。

本书的第二部分介绍了在不同调查阶段地球物理测量的任务。我们分析了用单一的地球物理方法解决具体问题的可能性，我们把重点放在工程地质专家和地球物理专家在定义任务被解决，其中包括设计执行的合作上。通过对既定目标调查工作范围的分析，我们特别注意研究了由大坝自身建筑直接影响到的地方，这决定了初步和详细调查的尺度和范围。

我们详细地评估了调查工作细致复杂的成文方法论，同时很注重对基本原理、准则和进行地质技术性调查的类型及方法的评价。我们引入了包括野外和实验室的地质技术性测试的基本类型为决策获取必要的参数。

岩石的机械和物理性质之间的相互关系也是很重要的一个分章。在最后一部分我们将探讨大坝洪水区的工程地质调查。特别是我们通过改造堤岸的由磨损和滑动造成的水文工程结构来解决此类问题，同时提出了控制和监测与之相关的地球动力学的过程的认识和方法。

总而言之，在本书中，我们试图概述一些关于大坝在设计和修建中调查决策的问题，并且给出可能的解决方案和工作流程。所有章节都以实例说明问题，相信通过我们长期的经验总结不仅会对专业人士提供建议，而且也会对感兴趣的读者有所裨益。

作者

**حول الكتاب**

المسح الجيولوجي الهندسي الخاص بإنشاء السدود

او "الخبرات التي علمتنا"

يخاطب هذا الكتاب المهتمين بالمسح الجيولوجي الهندسي الخاص بتصميم وبناء السدود. ويمكن الاستفادة منه في خدمة التفاهم المتبادل بين الممولين والمستثمرين والمصممين من ناحية وبين المختصين بالجيولوجيا الهندسية والجيوفيزياء والهيدرولوجية والجيوتكنيك وغيرها من ناحية أخرى. كما أردنا ان نخاطب العاملين في المؤسسات التي تستثمر وتشغل السدود.

يمكن كذلك استعمال الكتاب كمنهج للتدريس في المراحل الدراسية في الكليات والمعاهد الخاصة بهندسة السدود.

قد تم في هذا الكتاب تدوين معلومات وخبرات وتجارب مكثفة حصل عليها خبير مختص في مجال الجيولوجيا الهندسية وآخر في مجال الجيوفيزياء أثناء إنشاء سدود مختلفة في الجمهورية التشيكية وفي مناطق أخرى على مستوى المعمورة حيث عمل المؤلفان كخبيرين أو كمستشارين أو فقط قاما بزيارة هذه السدود.

يحتوي الكتاب على مدخل و استنتاج وخلاصة الابحاث و ثمانية فصول. وفي كل فصل من الفصول تم الاعتماد على أدلة وبراهين عملية وخلاصة الابحاث والدراسات التي قد تم تطبيقها في الميدان العملي. اذ أن توضيح الامثلة والنماذج الميدانية تؤدي الى شرح مفصل للأسس العملية لكي يستسيغها الدارس لهذا العلم.

حاولنا قدر الامكان ان نبتعد عن التحاليل والنظريات المملة ولكننا في الوقت ذاته حاولنا بدلا من ذكر القواعد والأسس أن نقدم أمثلة يمكن لقاءها في مجال التخطيط وجريان المراحل المختلفة لإنشاء السدود. اننا نهدف خاصة الى توضيح الوقائع التي تكاد ان تكون ثابتة في تنفيذ المشاريع ومن المفيد جدا الاعتماد عليها ويمكن عدم أخذها بعين الاعتبار أن يؤدي الى ارتفاع نفقات بناء السدود او عرقلة تشغيلها كما كان يُتوقع من تصميمها.

يتحدث الفصل الاول عن الاسس والنظم الهندسية التي تستخدم في اختيار الموقع الذي يتناسب مع نوعية السد. كما نتحدث عن وجهات النظر الجيولوجية والتضاريس والطوبوغرافيا والمناخ والبيئة والعوامل الاخرى التي يجب اتخاذها بنظر الاعتبار في اختيار الموقع المناسب لإنشاء السدود.

كما تحدثنا عن اهمية المسح الجيولوجي الخاص بإنشاء السدود، ما نعتبره أساسيًا هي توزيع المراحل المختلفة للمسح الجيولوجي الهندسي التي يتم تنفيذها بشكل متناسق مع مراحل تصميم المشروع وحتى نهايته مع المحافظة على متطلبات سلامة العمل. لقد حظيت استراتيجية عملية المسح باهتمام بالغ كونها تحتوي على عدة فعاليات فردية ومهام حساسة في تنفيذ المشاريع.

ويحتوي الكتاب على معلومات قيمة حول المواصفات التقنية الهندسية حول التصميم وأهمية المسح الجيولوجي الهندسي لتنفيذ المشاريع التي يقوم المستثمر أو المهندس أو المصمم وباختصار من يطلب المسح بتحديد متطلباته الأساسية التي يجب الاجابة عليها عن طريق المسح هذا من ناحية ومن ناحية أخرى كي يتم تنفيذ المشروع بالكيفية الضرورية للغرض المنشود له .

كما حاولنا ان نتعرف على كافة النشاطات المتعلقة بالجيولوجيا الهندسية، والمهام المتعلقة، وفقرة الخرائط الجغرافية للمنطقة المعنية والمختارة لإنشاء السد .

لقد تم توضيح الاسس الخاصة بالجيولوجيا الهندسية والهيدرولوجية التي تتعلق بمراحل تنفيذ المشروع (كلتا الحالتين البدائية والمفصلة). وكذلك ذكرنا امكانيات التأكد من صحة ووظيفة الآبار الهيدروجيولوجية باستعمال الطرق الجيوفيزيائية والكاميرات التليفزيونية وما الى ذلك من ادوات خاصة بتنفيذ هذا النوع من المهام.

يتحدث الشطر الثاني من الكتاب عن المهام الجيوفيزيائية وكيفية الاستفادة منها . كما تم شرح بعض الطرق الخاصة بحل العوائق التي تواجه المشروع من ناحية المهام الجيوفيزيائية.

وتم التركيز أيضًا على كيفية وضع آليات وأسس من أجل التنسيق والتعاون في انجاز المهام بين المهندس الجيولوجي والمهندس الجيوفيزيائي.

ومن أجل الاختيار الأفضل للموقع وتحديد نوعية السدود للحصول على أفضل النتائج تم القاء الضوء على كيفية البناء ومراحل الإنشاء، مع أخذ الحجم والأطر والتصاميم البدائية والتفصيلية بعين الاعتبار.

وكذلك تمت دراسة كيفية توضيح وتحليل البيانات في مستندات وملفات البناء ومراحل إنشاء السد. كما قمنا بشرح كيفية تخمين وتقييم المبادئ والقواعد المتبعة والمراجع الاساسية في المسح الجيولوجي في مراحل إنشاء السد.

كذلك قمنا بشرح القواعد الاساسية لانجاز مهام المختبرات والفحوصات الضرورية من اجل تحديد الفقرات الرئيسية للتصاميم وللاعتماد عليها لاحقا في عملية البناء.

كما تمت دراسة العلاقة بين مواصفات الصخور من الناحية الميكانيكية والفيزيائية.

وفي الفصل النهائي تم توضيح مجرى المياه في السدود وكيفية السيطرة على الفيضانات والمكامن الخطرة.

تمت دراسة قضيةِ تَشكيل مجرى الضفاف والتيارات المائية وكيفية تنظيمها من وجهة نظر الجيولوجيا الهندسية. كما تم تقديم معلومات حول طرق تإقان ومراقبة تطور العملياتِ الجيوديناميكيةذات العلاقةِ بمراحل الانشاء.

كما تم القاء الضوء على بعض النقاط الرئيسية التي تتعلق بالمسح الجيولوجي خلال مرحلة التصميم والبناء وكيفية وضع الحلول الرئيسية للمشاكل التي تواجه إجراءات تنفيذ المشروع.

تم شرح كافة النقاط الرئيسية من خلال النماذج والأمثلة الميدانية. ونتمنى بان الجهود التي تم بذلها في جمع المعلومات في طيات هذا الكتاب ستكون مفيدة جدًا، ليس للمختصين في مجال بناء وإنشاء السدود فقط ولكن كي تكون بداية لآفاق جديدة ودراسة علمية وهندسية تفصيلية تكون في متناول يد العامة.

## O čom je kniha

### *Inžiniersko-geologický prieskum pre priehrady,*

### *alebo „Čo nás aj poučilo“*

Predkladaná publikácia je určená záujemcom o problematiku prieskumu pri projektovaní a výstavbe priehrad. Môže tiež dobre poslúžiť na vzájomné pochopenie a porozumenie projektantov na jednej strane a inžinierskych geológov, geofyzikov, hydrogeológov, geotechnikov a iných na strane druhej. Ďalšou skupinou, ktorú sme chceli osloviť sú pracovníci organizácií zabezpečujúcich prevádzku priehrady. Rovnako tak môže poslúžiť ako učebný text pre štúdium na vysokých školách. Kniha je výsledkom prác a skúseností inžinierskeho geológa a geofyzika na rôznych priehradách v Českej republike a na viacerých priehradách v zahraničí, kde obaja autori pracovali ako riešitelia či konzultanti, alebo tieto stavby len navštívili

Kniha obsahuje úvod a záver a ďalších osem odborných kapitol. Vo všetkých kladieme zvláštny dôraz na príklady z praxe, lebo celá šírka problematiky sa najlepšie dá pochopiť z konkrétnych riešených úloh. Snažili sme sa, aby sa kniha vyhla teoretickým rozborom a aby skôr ako poučky a normy priniesla ukážky, s ktorými je možné sa stretnúť v rámci projektovej prípravy a pri prevádzke diela. Naším cieľom bolo predovšetkým zvýrazniť skutočnosti, ktorých zanedbanie vedie k predraženiu výstavby priehrady, alebo nemožnosti ju prevádzkovať tak, ako sa pôvodne uvažovalo.

Prvé kapitoly sumarizujú základné kritériá projektovania priehrad vo vzťahu k určujúcim faktorom pre výber miesta a typ hrádze. Hodnotené sú hľadiská geologické, morfologické, klimatické, ekologické a ďalšie vplyvy, ktoré majú význam pri výbere umiestnenia priehrady. Definované sú základné úlohy a princípy inžiniersko-geologického prieskumu pre priehrady. Za dôležité považujeme rozdelenie prieskumu na etapy zhodné s etapami projektovania a na efektivitu prieskumu pri zachovaní požiadaviek na bezpečnosť stavby. Veľká pozornosť je venovaná stratégii realizácie prieskumu s podrobným vymenovaním jednotlivých úloh. Dôležitou súčasťou je charakteristika technického zadania a projektu prieskumných prác, pričom investor, projektant, alebo objednávateľ prieskumu formulujú základné požiadavky, ktoré by mali byť prieskumom riešené. Definovaná je úloha inžiniersko-geologického mapovania záujmového územia vodného diela a podrobnejšie popísaná úloha prieskumu na mieste pre priehradu. Uvedený je pracovný postup na zostavenie účelovej inžiniersko-geologickej mapy. Popísaný je potrebný rozsah hydrogeologického prieskumu (predbežný i podrobný). Uvedené sú aj možnosti kontroly správnosti a funkčnosti hydrogeologických vrtov geofyzikálnymi metódami, televíznou kamerou a pod.

V druhej časti knihy sú uvedené úlohy geofyzikálneho merania v rôznych etapách prieskumu. Preberané sú možnosti jednotlivých geofyzikálnych metód pri riešení konkrétnych typov problémov. Pritom je kladený dôraz na spoluprácu inžinierskeho geológa a geofyzika pri definovaní úloh ktoré sa majú riešiť, pri ich projektovaní a spracovaní. Nasleduje rozbor priamych prieskumných prác, v ktorom sa zameriavame hlavne na štúdium miesta dotknutého výstavbou vlastnej hrádze a na vymedzení oblasti a rozsahu prieskumu pre predbežný a podrobný prieskum. Podrobne je zhodnotená metodika komplexnej dokumentácie prieskumných diel. Veľká pozornosť je věnovaná hodnoteniu všeobecných zásad, základných typov a metód geotechnického prieskumu. Uvedené sú základné typy geotechnických skúšok, či už poľných alebo laboratórnych. Dôležitou kapitolou sú korelačné vzťahy a väzby medzi mechanickými a fyzikálnymi vlastnosťami hornín.

V poslednej časti popisujeme inžiniersko-geologický prieskum zátopnej oblasti priehrady. Zvlášť sa zaoberáme pretváraním brehov vodných nádrží abráziou a zosúvaním. Predkladáme poznatky, spôsoby riešenia a monitorovanie rozvoja súvisiacich geodynamických procesov.

V knihe sme sa pokúsili načrtnúť niektoré problémy spojené s prieskumom pri projektovaní a výstavbe priehrad a navrhnúť možné riešenia a pracovné postupy. Všetky rozoberané problémy sú dokumentované konkrétnymi príkladmi z praxe. Veríme, že súhrn našich mnohoročných skúseností bude prínosom nie iba pre odborníkov, ale aj zaujímavým čítaním pre širšiu verejnosť, ktorú zaujíma preberaná problematika.

Autori

## O čem je kniha
## *Inženýrskogeologický průzkum pro přehrady, aneb „Co nás také poučilo“*

Předkládaná publikace je určena zájemcům o problematiku průzkumu při projektování a výstavbě přehrad. Může dobře sloužit ke vzájemnému pochopení a dorozumění mezi investory a projektanty na jedné straně, na druhé straně mezi inženýrskými geology, geofyziky, hydrogeology, geotechniky a dalšími specialisty. Další skupinou, kterou jsme chtěli oslovit, jsou pracovníci organizací provozujících přehrady. Stejně tak může posloužit jako učební text pro studium na vysokých školách. Kniha je výsledkem prací a zkušeností inženýrského geologa a geofyzika na různých přehradách v České republice a na mnoha přehradách v zahraničí, kde oba autoři pracovali jako řešitelé či konzultanti nebo tyto stavby jen navštívili.

Kniha zahrnuje úvod a závěr a dalších osm odborných kapitol. Ve všech klademe zvláštní důraz na příklady z praxe, neboť nejlépe lze pochopit celou šíři problematiky z konkrétních řešených úkolů. Snažili jsme se, aby se kniha vyhnula teoretickým rozborům a aby spíše než poučky a normy přinášela ukázky, se kterými se lze setkat v rámci projektové přípravy i provozu díla. Naším cílem bylo zejména poukázat na skutečnosti, jejichž zanedbání vede ke zdražení výstavby přehrady, nebo nemožnosti ji provozovat v původně uvažovaném záměru.

První kapitoly shrnují základní kritéria projekce přehrad ve vztahu k určujícím faktorům pro výběr místa a typu hráze. Hodnocena jsou hlediska geologická, morfologická, klimatogenní, ekologická a další vlivy mající význam při výběru místa. Jsou definovány základní úkoly a principy inženýrskogeologického průzkumu pro přehrady. Za důležité považujeme rozdělení průzkumu na etapy shodné s etapami projektování a na efektivitu průzkumu při zachování požadavku na bezpečnost stavby. Velká pozornost je věnována strategii provádění průzkumu s podrobným výčtem jednotlivých úkolů. Důležitou součástí je charakteristika technického zadání a projektu průzkumných prací, kde investor, projektant nebo prostě objednatel průzkumu formulují základní požadavky, které by měly být průzkumem řešeny. Je definován úkol inženýrskogeologického mapování zájmového území vodního díla a v podrobnějším detailu zejména přehradního místa. Je uveden pracovní postup na sestavení účelové inženýrskogeologické mapy. Je popsán potřebný rozsah hydrogeologického průzkumu (předběžného i podrobného). Jsou uvedeny i možnosti kontroly správnosti a funkčnosti hydrogeologických vrtů geofyzikálními metodami, televizní kamerou ap.

Ve druhé části knihy jsou uvedeny úkoly geofyzikálního měření v různých etapách průzkumu. Jsou rozebírány možnosti jednotlivých geofyzikálních metod pro konkrétní problémy. Důraz je kladen na spolupráci inženýrského geologa a geofyzika při definování úkolů k řešení, při jejich projektování a zpracování. Následuje rozbor rozsahu přímých průzkumných prací, v němž se zaměřujeme zejména na studium místa dotčeného výstavbou vlastní hráze a na vymezení oblasti a rozsahu průzkumu pro předběžný a podrobný průzkum. Podrobně je zhodnocena metodika komplexní dokumentace průzkumných děl. Velká pozornost je věnována hodnocení obecných zásad, základních

typů a metod geotechnického průzkumu. Jsou uvedeny základní typy geotechnických zkoušek, ať již polních či laboratorních. Důležitou podkapitolou jsou korelační vztahy a vazby mezi mechanickými a fyzikálními vlastnostmi hornin.
V poslední části popisujeme inženýrskogeologický průzkum zátopné oblasti přehrady. Zabýváme se zejména přetvářením břehů vodních nádrží abrazí a sesouváním. Předkládáme poznatky, způsoby řešení a monitorování rozvoje souvisejících geodynamických procesů.

V knize jsme se pokusili nastínit některé problémy spojené s průzkumem při projektování a výstavbě přehrad a navrhnout možná řešení a pracovní postupy. Všechny rozebírané problémy jsou dokumentovány konkrétními příklady z praxe. Věříme, že shrnutí našich mnohaletých zkušeností bude přínosem nejen pro odborníky, ale i zajímavým čtením pro širší veřejnost zajímající se o danou problematiku.

Autoři

## Předmluva ke druhému vydání:

Kniha „Inženýrskogeogický průzkum pro přehrady, aneb „co nás také poučilo“, se v krátké době stala nepostradatelnou pracovní pomůckou při průzkumu pro přehrady a v určitém přiblížení i pro průzkum jiných velkých staveb. Její význam nesporně ocení i následující generace odborníků. Vzhledem ke komplexnímu pojetí dané problematiky se stala vhodným textem i jako vysokoškolská učebnice.

Velmi brzy po vydání knihy v českém jazyce byla vyžadována i v zemích, kde je český jazyk díky bývalým zahraničním studentům v povědomí (Mongolsko, bývalá Jugoslávie, některé státy někdejšího SSSR) a i v dalších zemích. Proto se autoři rozhodli k publikování knihy i v anglickém jazyce. Ta byla vydána nakladatelstvím Repronis u příležitosti mezinárodního kongresu „Hydro 2011“ v říjnu 2011 v Praze, kde byla i slavnostně pokřtěna.

V odborné veřejnosti si získala kniha svojí hodnotou určitou popularitu, která se odrazila navržením knihy na udělení Literární ceny Josefa Hlávky pro nejlepší publikaci v oblasti vědecké literatury za rok 2009. Jeden z navrhovatelů na udělení ceny nadace „Nadání Josefa, Marie a Zdeňka Hlávkových“, prof. Ing. Vítězslav Zamarský, CSc., prorektor Vysoké školy podnikání, a. s., Ostrava, ve svém návrhu mimo jiné uvádí:

- *Autoři pojali velmi citlivě vztah antropogenní činností k velmi proměnlivým přírodním systémům, vztah člověka k přírodě, dlouhodobě a mnohdy kontroverzně diskutovaný. Autoři jej reflektovali do definice jedinečnosti každého přehradního díla a podle toho volili adekvátní metodologický a interpretační postup.*
- *Komentovaná kniha je sestavena z bohaté řady „příkladů dobré praxe“, podané čtenáři srozumitelně s relevantní odbornou dokumentací. Jde o moderní přístup transferu informací a zkušeností z problematiky složité, charakteristický pro „znalostní společnost“, ve které znalosti převedeny do dovednosti a odborného servisu jsou klíčovým prvkem úspěchu.*
- *Zvolený styl a struktura publikace evokuje nutnost nejen metodologických, ale i procesních inovací v každém oboru lidské činnosti a přispívá tak i k minimalizaci rizik. Publikace tak získává široký problémový záběr.*
- *Autorům se podařilo a na příkladech objasnit nutnost komplexního pohledu na výstavbu díla a na integraci moderních průzkumných a instrumentálních metod, včetně metod výpočetní techniky.*
- *Kniha je shrnutím zkušeností z posledních padesáti let v dané problematice a poskytuje informační bázi pro přehradní stavitelství pro léta následující. Je vydána v době, kdy se u nás staví málo přehrad a hrozí proto ztráta získaných zkušeností pro příští generace. Navíc české „know-how“ v tomto oboru je v zahraničí dobře známo i patřičně oceňováno. A navíc je si nutno uvědomit, že voda se již dnes stala strategickou surovinou a bude nutno s ní – doma i ve světě – náležitě zacházet. Umění prozkoumat a vybudovat vodní díla proto představuje nepřehlédnutelný komerční potenciál.*

Vysokého ocenění se knize dostalo od prezidenta republiky Václava Klause. Ve svém dopise ze dne 8. února 2012 sděluje, že jsme napsali velmi kvalitní odbornou publikaci, v níž jsme dokázali spojit základní a tzv. aplikovaný výzkum, což je již řadu let předmětem vládních strategií, grantů a nově vznikajících agentur. Vyjádřil přesvědčení, že spíše než vládní strategie a nové agentury vede v tomto ohledu k úspěchu důraz na kvalitní vědu, tradiční a smysluplné obory, mezi které bezesporu patří i ten náš.

I když kniha v papírové podobě byla vydána v nákladu 1000 výtisků, dnes se dá říci, že je v podstatě rozebrána. Něco obdobného platí i o anglické verzi, kde je již rozebráno něco přes 700 výtisků a kniha se již nachází v 54 státech světa. Proto se oba autoři rozhodli zpracovat druhá, rozšířená a doplněná vydání, a to v obou jazycích. Upřednostnili její vydání v elektronické podobě, neboť takto se kniha stane ekonomicky dostupnou i studentům vysokých škol, případně i běžnému zájemci o vodní stavby. Oproti původnímu vydání jsou v elektronické knize všechny doplňky z „papírové“ anglické verze a dále byla nová vydání rozšířena o tři kapitoly, a to: 2.4 Přehrada Itaipu, 9.3 Přehrady speciálního využití a 9.4 Zanášení vodních nádrží. Anglická verze knihy na CD nosiči byla vydána Univerzitou Komenského v Bratislavě v květnu 2014. Česká verze vychází pod patronací Vysoké školy báňské – Technické univerzity v Ostravě. S touto Alma mater je svázán život obou autorů, a to buď jako studenta a aspiranta, nebo jako pedagoga.

Ke konci ještě jedna technická poznámka. Publikace byla sestavována tak, že se předpokládalo čtení na počítačích s monitorem o úhlopříčce minimálně čtrnáct palců. Důvodem byla práce s obrázky. Velká část grafů a map je tak vyplněna grafickými podklady, že použití většího písma než Tahoma 8 v jejich popisech, by bylo na úkor přehlednosti grafického řešení. Jsme si vědomi, že tento postup v dnešní době tabletů může některým čtenářům zkomplikovat studium knihy, ale snad každý má možnost se na vybrané části publikace podívat na počítači s dostatečnou velikostí monitoru a jeho rozlišením.

Autoři knihy děkují prof. Ing. Vladimíru Slivkovi, CSc, dr. h. c., bývalému děkanovi HGF a prof. Ing. Darje Skulinové – Kubečkové, PhD., bývalé děkance SF za pomoc při získání patronátu VŠB nad naší knihou a doc. Ing. Radku Grygarovi, CSc. za pomoc při vyřizování formalit spojených s vydáním této knihy.

Autoři

# 1 Úvod

Složitostí své konstrukce představují přehrady technicky velmi náročná díla. Ve srovnání s jinými typy staveb se zde nejvíce uplatňuje přímý vztah stavební konstrukce a horninového masivu v daném přírodním prostředí. To je i jeden z důvodů, proč mnohdy riskantně či nevhodně postavené přehrady měly v první polovině minulého století za následek katastrofy, jindy zase z přílišné opatrnosti byla postavena díla svým vzhledem konzervativní a ekonomicky nákladná. Vývoj průzkumných a projekčních metod byl v přehradním stavitelství ve srovnání s jinými typy staveb pomalejší, v posledních desetiletích se však velmi zrychlil. Rozvoj výpočetní techniky umožnil vývoj nových výpočetních postupů a nových principů v konstrukci přístrojů používaných v geologickém průzkumu.

V minulosti byly přehrady stavěny převážně ve výhodných geologických a morfologických podmínkách. K jejich projekci a stavbě se ve velké míře využívalo prakticky jen získaných zkušeností z jiných přehradních staveb a mnohdy podle nich byla volena i výška a typ hráze. Geologicky a morfologicky výhodná místa byla rychle využita a bylo nutno stavět ve stále komplikovanějších geologických a morfologických podmínkách, kde se ještě více uplatňoval vzájemný vztah stavební konstrukce a horniny. Vzhledem ke zvyšujícím se nárokům na vodu jako surovinu, včetně jejího energetického využití, bylo také nutno stavět stále vyšší hráze. Rostoucí požadavky na kvalitu lidského života měly za následek nutnost snížení rizik katastrof a možných negativních ekologických dopadů na minimum. To všechno byly důvody, které vyvolaly potřebu podstatného zlepšení metodiky projekčních metod a stavebních postupů a v přímé vazbě na to i metodiky inženýrskogeologického a geotechnického průzkumu.

Prudký rozvoj mechaniky zemin a hornin, užité geofyziky a techniky průzkumu v posledních desetiletích, analýza stavu napjatosti a možnost využití moderních metod matematického a reálného modelování vzájemného vztahu stavební konstrukce a horninového masivu se staly významnými mezníky pro možnost aplikace vysoce progresivních a bezpečných projekčních metod a stavebních postupů. Velkého rozvoje současně dosáhly metody kontroly a studia chování mnohdy prototypních stavebních konstrukcí. Přehrady se takto staly reálnými modely ve skutečné velikosti, u nichž srovnání jejich chování s původními předpoklady poskytlo nesmírně cenná data pro uplatnění obdobných konstrukcí v analogických přírodních podmínkách. Další rozvoj průzkumných a projekčních metod je charakterizován potřebou stálé konfrontace mezi předpokládaným a skutečným chováním stavby v daném přírodním prostředí. Jedině to je zárukou možnosti výstavby stále větších a technicky náročnějších vodních staveb v různých geologických podmínkách s ekonomicky přijatelnými parametry, s eliminací negativních vlivů na životní prostředí a s minimální mírou rizika.

Moderní výpočetní metody interakce stavební konstrukce a horninového masivu vyžadují co nejpřesnější data o struktuře a chování horninového masivu, zejména o jeho deformabilitě, pevnosti a propustnosti. Tato úloha je tím obtížnější, že horninový masiv nelze považovat za homogenní, izotropní a elastický, i když určitá schematizace je pro stavbu matematického modelu nutná. Z toho pak vyplývá jeden ze základních úkolů inženýrského geologa, jímž je rozdělení horninového masivu na kvazihomogenní bloky a jejich charakteristika geotechnickými daty potřebnými pro exaktní výpočet systému přehrada – horninový masiv. Tento úkol by byl velmi obtížně řešitelný bez široké aplikace metod inženýrské geofyziky, na jejíž užití klademe v knize zvláštní důraz.

Rozsah a objem prací pro inženýrskogeologický průzkum přehradního místa je většinou určován bez využití základních standardních postupů pro ten který typ hráze. Do značné míry je závislý na teoretických znalostech a praktických zkušenostech řešitele. I když každá stavba je zasazena do odlišných přírodních podmínek, a má tedy z tohoto pohledu individuální charakter, určité standardní pracovní postupy by měly být respektovány. Tato publikace si proto klade za cíl napomoci k odstranění tohoto nedostatku a na základě dlouholetých zkušeností, získaných v České republice i v zahraničí, stanovuje návody k provádění a vyhodnocování inženýrskogeologického průzkumu pro základní typy přehrad. Kniha je především určena pro odborníky – inženýrské geology zabývající se průzkumnou činností pro přehrady. I když rozvoj přehradního stavitelství u nás prožívá v současné době určitou stagnaci, mohou být shrnuté zkušenosti základem, na němž budou moci stavět další generace mladých odborníků.

Voda jako surovina nezbytná pro existenci lidského druhu nabývá čím dál tím více na významu. Rostoucí počet obyvatel Země a jejich zvýšené požadavky na množství i kvalitu vody z ní činí stále žádanější surovinu. Vzhledem ke globálním změnám klimatu se očekává, že dešťové srážky budou v nejbližší budoucnosti nerovnoměrné, a to jak z hlediska času, tak i prostoru. Takže se dá předpokládat, že význam přehrad bude stoupat zejména proto, že přehradní jezera budou tvořit významnou zásobárnu této nesmírně cenné suroviny.

# 2 Základní kritéria projekce přehrad

Přehrada uvedená do provozu je velmi složitý systém, jehož prvky jsou navzájem propojeny a vzájemně se ovlivňují. Projekt přehrady musí být proto pojat jako celek s podrobným vyjasněním vzájemných vazeb mezi jednotlivými prvky. Koncepce každého projektu přehrady vychází ze zásady výběru nejvhodnějšího přehradního místa. Přitom se předpokládá co nejmenší rozsah speciálních základových prací, minimum rizik porušení konstrukce během výstavby i provozu a co nejnižší finanční náklady. Takto pojatá koncepce však může být někdy v rozporu s vodohospodářskými, energetickými, ekologickými či jinými zájmy, které se pak mohou stát pro umístění přehradní hráze a nádrže převládajícími faktory.

Projekt každé přehrady sestává z určení všech podmínek týkajících se zejména jejího umístění v daných přírodních podmínkách. To znamená především určení typu a prostorového řešení hráze (její rozměry a umístění základních objektů), určení typu a požadovaných kubatur přirozených stavebních materiálů pro hráz a přidružené objekty a poskytnutí základních údajů o technologii výstavby, tj. zejména o sypání či betonáži, převedení vody během výstavby, odvodnění či utěsnění stavebních jam, koncepce zakládání objektů a souvisejících stavebních konstrukcí. Důležitou součástí projektu je i vyjasnění střetu zájmů vyvolaných investicí a studie vlivu vodní nádrže na životní prostředí. Jeho samozřejmou dílčí statí je také podrobný rozpočet nákladů na stavbu a vyvolané investice a harmonogram prací.

## 2.1 Funkce přehrady

Vodní nádrže se dnes budují většinou pro víceúčelové využití. To s sebou přináší zvýšené nároky na řešení rozporu mezi víceúčelovostí stavby a rozporuplností nároků na hlavní funkci přehrady. Přehrada v tomto komplexním pojetí je zdůvodnitelná, pokud jsou vodohospodářské, energetické, ekologické, případně i další účely uspokojovány ekonomicky výhodněji než dílem jednoúčelovým.

Funkce přehrady je jedním z nejdůležitějších faktorů při stanovení zejména velikosti přehrady a všech souvisejících objektů. Promítá se i do požadavků potřebné kvality základů, zejména ve vztahu k propustnosti. Rozdílný bude požadavek na kvalitu těsnicí clony tam, kde projekt povoluje ztráty vody průsakem, ovšem při zachování kritéria bezpečnosti přehrady ve vztahu k působícím vztlakům. Některé přehrady jsou stavěny s požadavkem pouhého zadržení velkých vod a nepočítá se s trvalým nadržením vody. Jiné přehrady zase mohou sloužit k zadržení vody, která pak infiltrací zvyšuje zásoby podzemních vod (např. Paso Seco na Kubě).

U přečerpávacích vodních elektráren, kde dochází k rychlému kolísání hladiny, je otázkou mimořádné důležitosti zajištění stability svahů přilehlých k hrázi. Podružnější vliv na volbu typu hráze mají nutná opatření na převedení velkých vod během výstavby a při provozu vodního díla včetně možnosti převedení komunikace po koruně hráze. V neposlední řadě rozhodují o typu hráze i vojenské důvody a protiteroristická ochrana, zejména z pohledu její odolnosti proti destruktivním účinkům.

## 2.2 Výběr místa pro výstavbu přehrady

Problém výběru místa pro výstavbu přehrady je ovlivněn nejen faktory rázu technického, ale i netechnického. Neexistují dvě stejná povodí, u nichž by základní faktory pro kritéria výběru nejvhodnější alternativy byly totožné. Liší se mezi sebou navzájem nejen z hlediska

geologických a morfologických podmínek výstavby, ale i z hledisek vývoje kulturního, sociálního a finančního. V poslední době nabývají na významu otázky spojené s ochranou původních biotopů. Nelze opomíjet ani zájmy politické, regionální, národní a někdy i mezinárodní, zájmy ochrany přírody či ochrany nerostných surovin a další aspekty. To vše má za následek, že při výběru vhodné alternativy přehradního místa je třeba zvažovat nejen rozdílnosti vyplývající z fyzických charakteristik vybraného místa, ale i z odlišných podmínek sociálních, ekonomických, politických, ekologických a právních. Všechny tyto aspekty musí být řádně zvažovány a jejich základní vazby nesmí být negativně narušeny.

*Obr. 2.2.1 Geologové a projektanti při rekognoskaci možného přehradního místa na řece Eroo (foto P. Bláha - 2009)*

Z hlediska inženýrskogeologického průzkumu nás zajímají především faktory technického rázu, jejichž podíl je většinou rozhodující pro výběr přehradního místa a vodní nádrže. Do skupiny těchto faktorů můžeme v zásadě zařadit:

- možnosti založení přehrady v daných geologických a morfologických podmínkách s minimalizací rizika jakýchkoli poruch či závad;
- možnosti založení přehrady za přijatelných ekonomických podmínek;
- podmínky propustnosti v přehradním místě a v zátopném území nádrže a možnosti zamezení průsaků ve finančně příznivých relacích;
- kvantifikace vedlejších účinků nádrže na břehy a přilehlé svahy;
- kvantifikace změn v životním prostřední v blízkém i vzdálenějším okolí;
- vyjasnění vztahu mezi vybudovanou vodní nádrží a případným negativním důsledkem v území pod nádrží, kde z důvodů řízeného vodního hospodářství dojde ke změně průtokového režimu;
- možnosti využití místních materiálů pro výstavbu přehrady;
- přístupnost staveniště a možnosti využití stávající a vybudování doplňující komunikační sítě a infrastruktury;
- srovnání vybraného přehradního místa s jinými alternativami umístění přehrady a zhodnocení použitelnosti a výhodnosti alternativ ve vztahu ke zvažovaným faktorům.

Je třeba zdůraznit, že rozhodnutí o umístění přehrady v navržených technických parametrech a řešeních se většinou vztahuje k časově vymezenému úseku dokončení projektu. Pokud se projekt nerealizuje, dojde většinou ke změně v nazírání na zamýšlenou stavbu. Změny jsou pak nejen odrazem technického pokroku v inženýrskogeologickém průzkumu, projektování a stavitelství, ale mohou být

způsobeny i okolnostmi netechnického charakteru. Tak například první vydání Státního vodohospodářského plánu koncipovalo vodohospodářskou politiku v bývalém Československu v období, kdy se teprve prosazovala nutnost přechodu od izolovaných, převážně jednoúčelových vodohospodářských děl ke stavbám s několikerým účelem. Druhé vydání plánu již bylo charakterizováno přechodem k výstavbě víceúčelových soustav. Prognózy po roce 2000 se již zabývaly podmínkami komplexních vodohospodářských řešení celých povodí nebo území a po vstupu České republiky do Evropské unie se berou v potaz i mezinárodní aspekty.

Tento pokrok v nazírání a všestranného využívání vodních zdrojů klade zvýšené nároky na kvalitu a podrobnost inženýrskogeologického a ekologického průzkumu. Je nezbytné realizovat na vysoce kvalifikované úrovni komplexní přehodnocení průzkumů a projektů uskutečněných v předchozích desetiletích.

## 2.3 Určující faktory pro výběr místa a typu přehradní hráze

Při budování vodních děl má rozhodující význam nejen správný výběr přehradního místa a výšky hráze, ale i volba nejvhodnějšího typu přehradní konstrukce. V zásadě rozdělujeme přehrady podle druhu stavební hmoty a podle typu konstrukce na přehrady z nesoudržného materiálu (sypané přehrady zemní a kamenité, smíšené typy zeminokamenitých hrází, naplavované přehrady) a přehrady ze soudržného materiálu, které podle statického účinku dělíme na tři hlavní skupiny: gravitační přehradní zdi (tížné), klenbové přehradní zdi a členěné přehradní zdi. Hlavní stavební hmotou pro posledně jmenované typy staveb je beton. Kromě uvedených základních typů existuje mezi nimi řada přechodných typů, např. smíšené zemní a gravitační betonové přehrady, kde betonový objekt plní funkci převádění velkých vod přehradou, a dále přehrady zvláštní, např. z prefabrikovaných prvků, kovové, komorové ap. Je samozřejmé, že je možné volit i jiná hlediska dělení přehrad. Časté je členění podle statického působení, tj. podle principu odolávání tlaku vody. V tomto případě bychom hovořili nejčastěji o přehradách gravitačních a klenbových.

Pro výběr nejvhodnějšího typu přehradní hráze jsou určujícími faktory především přírodní podmínky zájmového prostoru, a to:

- geologické a morfologické poměry přehradního místa a jeho základové poměry;
- geologické a seizmologické poměry ve výstavbou dotčeného regionu;
- možnosti využití místních stavebních materiálů, jejich množství, kvalita a přístupnost;
- klimatické podmínky;
- potřebný časový limit pro realizaci stavební konstrukce.

Kromě uvedených základních přírodních podmínek je celá řada dalších nepřímých faktorů, které mohou ovlivnit typ přehrady. Mezi ně patří například požadovaná funkce přehrady, její význam, možnosti nasazení mechanismů či ruční práce, možnosti současných projekčních metod a stavebních postupů atd. Tyto nepřímé faktory přímo souvisí s ekonomickými, sociálními a politickými aspekty země. Všechny uvedené faktory se vzájemně prolínají a definitivní řešení vyžaduje proto úzkou spolupráci týmu odborníků, jejichž cílovým řešením by mělo být zachování harmonie mezi bezpečně a ekonomicky vybudovanou přehradou a zachováním příznivých podmínek životního prostředí.

### 2.3.1 Geologické faktory výběru přehradního místa

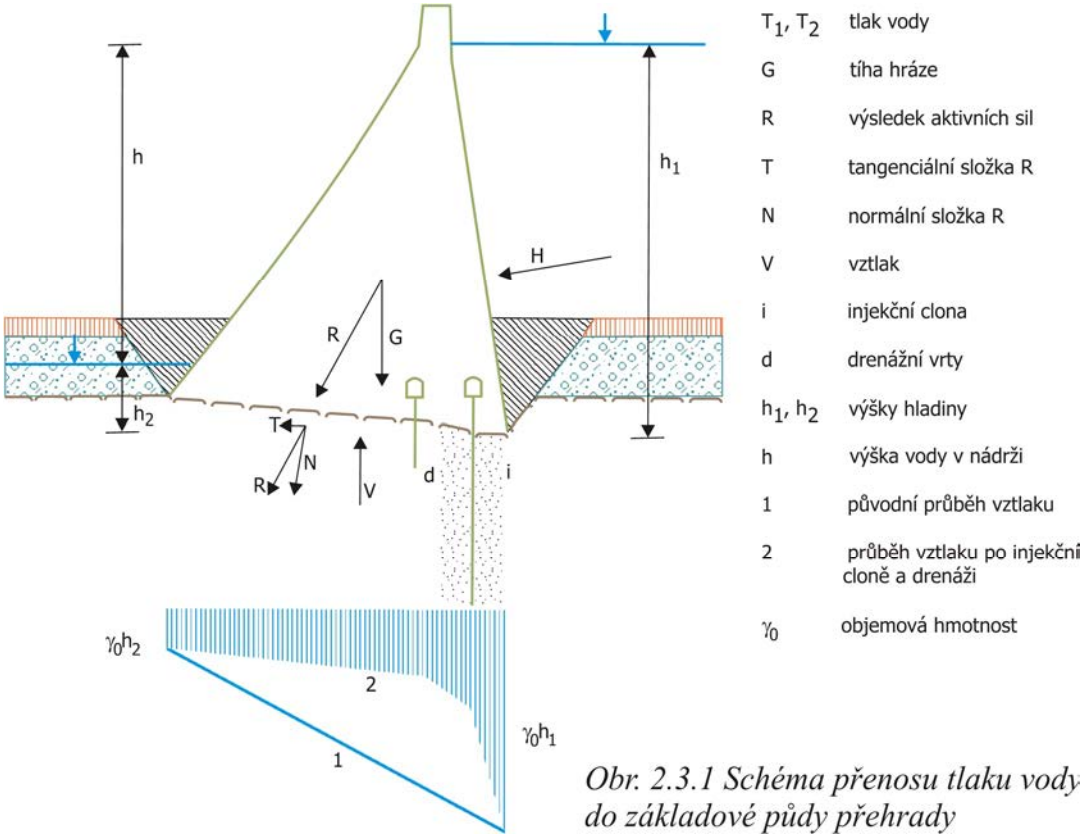
Geologické a tektonické poměry jsou jedním z nejvýznamnějších faktorů při výběru přehradního místa a typu přehradní hráze. Na nich závisí možnost bezpečného a hospodárného založení přehrady. Kvalitní skalní podloží obecně vyhovuje všem typům hrází libovolné výšky za předpokladu, že není nepříznivě zvrstveno a nemá možnost pohybu po diskontinuitách. Skalní základy v úzkých či nepříliš širokých údolích jsou vhodné pro všechny typy gravitačních přehradních zdí, kdežto neskalní základy s různou stlačitelností a se širokým údolím a s mírně stoupajícími svahy vyžadují některý z typů zemních či kamenitých hrází. Geologické podklady mají pro projektanty a stavitele přehrad rozhodující význam rovněž z pohledu nejvhodnějšího zasazení vodního díla do daného přírodního prostředí a zásadním způsobem ovlivňují jeho celkovou koncepci.

Gravitační betonová hráz přenáší tlak vody do horninového masivu v podloží přehrady díky účinku vlastní tíhy (obr. 2.3.1). Tangenciální složka T výsledné síly R nesmí zvětšovat působení vodního vztlaku V, protože by to snižovalo gravitační účinek. Proto se velikost vztlaku (čára 1) zmenšuje pomocí injekční clony „i“ a drenážních vrtů „d“ (čára 2). Od vhodného staveniště gravitační hráze proto žádáme, aby přehradu bylo možno založit do dostatečně únosných hornin, které jsou v odpovídající hloubce ve dně i na svazích údolí.

Základním úkolem inženýrsko-geologického průzkumu je proto zjištění hloubky dostatečně pevného skalního podloží, stanovení jeho deformačních charakteristik a prognóza sedání jednotlivých částí stavby. Při nestejnorodém podzákladí je třeba zejména dbát na to, aby tektonické poruchy či stykové plochy hornin mající rozdílnou pevnost a deformabilitu neprobíhaly ve směru hlavních napětí v tlaku.

Při výběru vhodného přehradního místa pro betonovou gravitační hráz je třeba zohlednit směr a sklon podložních vrstev, neboť ty budou mít rozhodující vliv na stabilitu hráze a velikost propustnosti pod hrází. Z tohoto pohledu lze uvést několik klasických případů možného založení (obr 2.3.2).

V případě obrázku A byla hráz založena do hornin s příznivým sklonem vrstev, které jdou napříč údolím a zapadají strmě proti vodě. I u možnosti B se dá hovořit o příznivém založení, neboť hráz byla umístěna do křídla antiklinály ukloněného proti vodě. Při mírném sklonu vrstev proti vodě, a to jak u typu B, tak v případě C, však může dojít k usmýknutí hráze ve směru po vodě podél vrstevních ploch. U možnosti D jde o nevhodné umístění hráze na křídle synklinály ukloněném po vodě. Varianta E má




*Obr. 2.3.1 Schéma přenosu tlaku vody do základové půdy přehrady*