

50 let vodního díla Lipno

Ing. Jiří Kohutka, redakce Elektro

(zpracováno podle vlastních podkladů a podkladů ČEZ)

Vodní dílo Lipno leží v Jihočeském kraji, v idylickém regionu Pošumaví. Bylo postaveno v letech 1951 až 1959 a je tvořeno dvěma vodními nádržemi s elektrárnami Lipno I a Lipno II.

Lipno I, jako hlavní z obou elektráren, je akumulační špičková vodní elektrárna, Lipno II, položená 12 km níže po toku Vltavy, slouží k vyrovnaní kolísání jejího odtoku.

Obě stavby probíhaly současně a právě před padesáti lety – v červenci roku 1959 – bylo do zkušebního provozu uvedeno první turbínové soustrojí TG2 s výkonem 60 MW elektrárny Lipno I. Druhé soustrojí TG1 o téměř výkonu bylo spuštěno počátkem prosince 1959. Do plného provozu byly elektrárny Lipno I a II uvedeny rok po dostavbě.

Originální technické řešení vodního díla Lipno s elektrárnou instalovanou v podzemní kaverně v hloubce 160 m (!) pod povrchem přinášelo v průběhu stavby celou řadu nezvyklých problémů. Nedostatek odborných profesí, různorodá směsice lidí a personálu v poválečných letech, vysilující práce v kesonech^{*)}, nebezpečné výlomy kaverny v žulovém masivu (který byl zvláště nad kavernou strojovny často narušován kaolínovými vrstvami), výlom 220 m dlouhého tunelu pod úhlem 45° a odpadního tunelu do Vyššího Brodu, dlouhého 3,6 km – to všechno a mnoho dalších problémů se řešilo během stavby.

Zvěsti o 34 mrtvých během stavby, z nich o několika zalitých přímo v betonové hrázi, však nejsou oficiálně doloženy. Zato politické procesy spojené se stavbou doloženy jsou – „protistátní skupina Zenáhlík“ – v dubnu 1954 MUDr. Josef Zenáhlík odsouzen ke čtrnácti letům vězení, hlavní inženýr stavby Lipna, díla II. pětiletky, Ing. Antonín Behemský pro „ohrožení státního tajemství“ odsouzen na dva roky do vězení.

Hlavním cílem stavby vodního díla Lipno bylo energetické využití spádu 160 m toku Vltavy v této oblasti k výrobě špičkové elektrické energie, zajištění minimálního průtoku 6 m³·s⁻¹ korytem Vltavy, a tím ochrana před do té doby pravidelnými povodněmi.

Historie stavby přehrady Lipno

Území náhorní šumavské roviny nad původní soutěskou u Lipna se již dávno jako by samo nabízelo k využití toku Vltavy pro vodohospodářské účely. Z geologického průzkumu vyplynulo, že v dávných dobách zde řeku Vltavu soutěska uzavírala mezi Čertovou stěnou a horou Luč v jezero. Když došlo vlivem geologických změn k prolomení soutěsky, vyhloubila proudící voda v údolí v blízkosti dnešní Čertovy stěny členité koryto. Vznikly zde mohutné, mezi Lipnem a Vyš-



foto Daniel Selucký (www.selucky.cz)

ším Brodem až 12 km dlouhé peřeje s klesáním 160 m. V minulosti jimi přicházela s roční pravidelností velká voda, která svou silou, nabytou v peřejovitém údolí, páchala značné škody. Jsou o nich četné záznamy v kronikách obcí mezi Frymburkem a Vyším Brodem. O jedné z nejničivějších povodní je záznam z roku 1740.

Prvním krokem k využití energie vodního toku Vltavy v této oblasti bylo plave-

Tehdejší návrh podle brožury inženýra Daniela předpokládal stavbu záchytných nádrží u Frymburku a u Želnavy. Touto myšlenkou se zabýval sněm království Českého i v dalším období a stavební rada Jan Jirsík v roce 1899 též navrhl výstavbu několika přehrad. Došlo již i k projednávání tohoto projektu, ale zemědělci v uvažované oblasti nebyli ochotni prodat své pozemky.

V roce 1920 dochází k další velké povodni, a tak znovu ožívá myšlenka vybudování přehrad či přehrad, která by zadržela vody z jarního tání na Šumavě. V roce 1930 umísťují inženýři Zemského úřadu ve svých projektech stavbu přehrad poprvé na Lipno, přibližně do prostoru dnešních hrází. Ale ani tentokrát se nepodařilo vykoupit uvažovanou zátopovou plochu. Studie a projekt přehrady na Lipně s elektrárenskou turbínou vznikly až po druhé světové válce, zejména po odsunu Němců a znárodnění loučovické papírny.

Studie vycházela ze skutečnosti, že nad Lipnem tekla Vltava jen s nepatrným spádem, umožňujícím dosažení velké nádrže malým vzduším. Tato okolnost a příznivé složení základové půdy ze žuly a ruly (jak se později ukázalo, příznivé pouze zdánlivě – kaolínové vrstvy) byly pak jedním z předpokladů vybudování vodního díla. Proto se studie



Obr. 1. Zařizováním staveniště v roce 1951 byla započata vlastní stavba vodního díla Lipno

ní dřeva. Druhým způsobem využití horní Vltavy byly mlýny a hamry, kterých bylo mezi Frymburkem a Vyším Brodem více než dvacet.

První myšlenky na postavení záchytných přehrad jsou doloženy již z počátku 19. století a první vážná studie pochází z roku 1892, po další velké povodni v roce 1890.

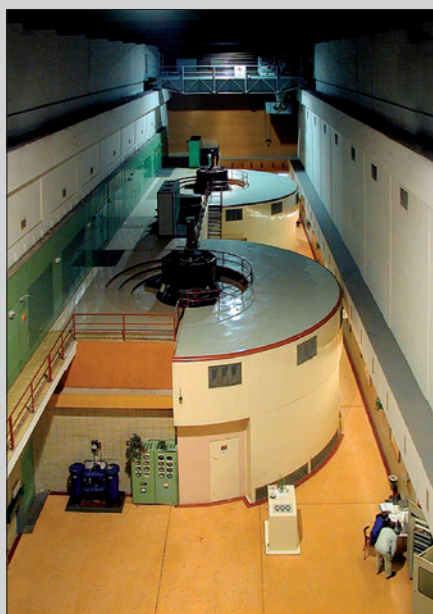
*) Pozn. redakce – keson – v případě vodního díla mohutná betonová stěna zabraňující pronikání vody pod tělesem hráze. Keson bylo zařízení z ocelových plátů ve tvaru ohromné krabice o hmotnosti 60 t. Kesonáři v otročských podmínkách uvolňovali v kesonu kamení a zeminu, které se odtud vyvážely, přičemž se keson podhrabával, až se usadil v žádoucí hloubce. Nakonec se pracovní komora kesonu zalila betonem. Zaplněný keson pak vážil 230 t.

dále zdokonalovala, aby pak byl v roce 1951 vypracován generální projekt výstavby vodního díla Lipno.

Avšak stavba přehrady, resp. pozemní práce, byly zahájeny již v roce 1950: to mistr Bublba se se svými pěti minéry nastěhoval do hostince Anny Houfkové v Lipně a jejich dynamitové nálože denně trhaly balvanů žuly a valy ze země pářezy se spleť kořenů. Nyní se zdá neskutečné, že: „...studenti svazáci“ po příchodu na stavbu každodenně před začátkem práce připevnili na skálu sva-



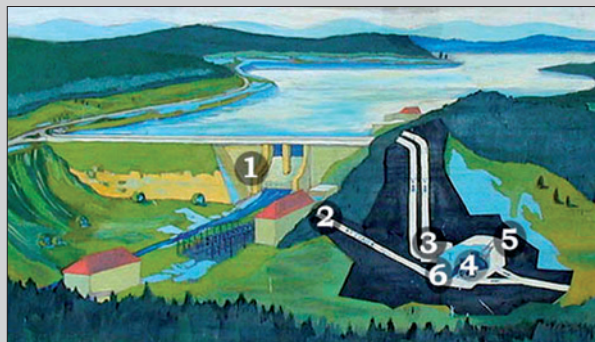
Obr. 2a. Výlom kaverny pro podzemní hydrocentrálu ve skále 160 m pod povrchem v roce 1957...



Obr. 2b. ... a podzemní hydrocentrála dnes – generátory 2x 60 MW.

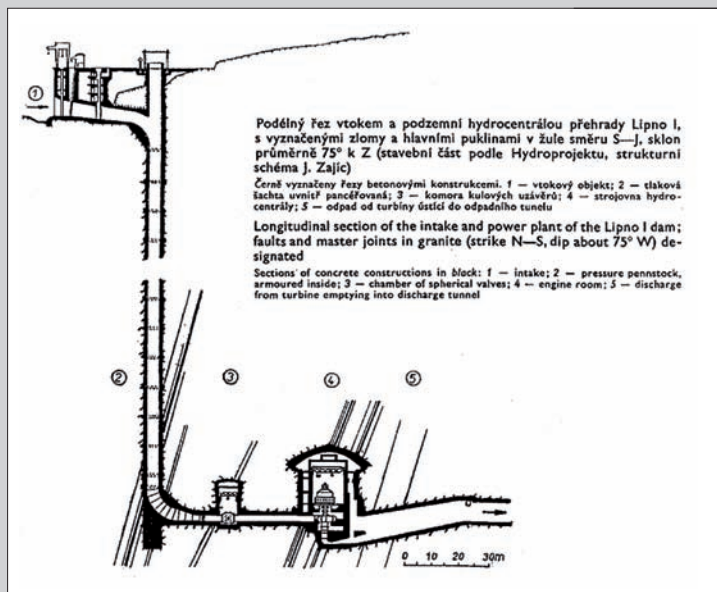
zácký prapor; zazpívali Hymnu demokratické mládeže...“, a pak začali krumpáči, lopatami a dřevěnými kolečky odstraňovat skálu pro budoucí silnici z Lipna do Frymburka.

Pokračoval potřebný geologický průzkum, v roce 1951 byly zahájeny přeložky silnic a zařízením staveniště započata vlastní stavba (obr. 1). Ta byla rozdělena na několik částí: Lipno I – hráz, hydrocentrála, vodo-

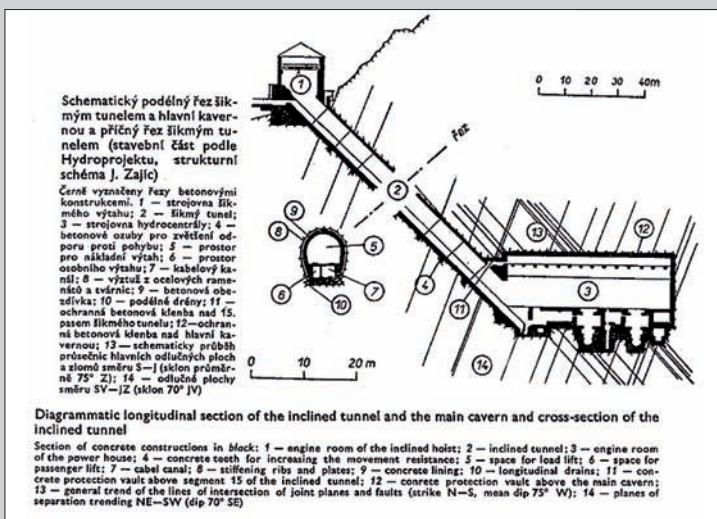


Obr. 3a. Senzitivní mapa Lipenské elektrárny – dispoziční uspořádání elektrárny:

1. Hráz Lipenské přehrady, pohled od rozvodny R 110 kV
2. Tunel šikmého nákladního výtahu
3. Komora kulových uzávěrů
4. Podzemní kaverna – hydrocentrála
5. Čelní stěna podzemní kaverny, skalní masiv
6. Dva generátory o výkonu 2x 60 MW



Obr. 3b. Podélný řez vtokem a podzemní hydrocentrálou přehrady Lipno I s vyznačenými zlomy a hlavními puklinami v žule podle původní dokumentace



Obr. 3c. Schematický řez šikmým tunelem a hlavní kavernou a příčný řez šikmým tunelem podle původní dokumentace

Několik zajímavých tech. údajů

Parametr	Lipno I	Lipno II
průměrný přítok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	14,04	14,5
stoletá voda ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	339	350
pětisetletá voda ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	540	-
tisícelatá voda ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	650	-
typ turbíny	Francis	Kaplan
spád na turbínu (m)	161,65 – 149,35	10,0 – 4,0
otáčky (min^{-1})	375	166,7

komunikace a sídliště. Stavbu hydrocentrály tvořily vtokový objekt s česly, odpadní tunel, podzemí se šikmou šachtou pro nákladní výtah a rozvodna s příslušenstvím. Současně probíhající stavba Lipno II tvořila hráz a hydrocentrála.

1952 – započata stavba přehradní hráže, **1954** – výlom první šachty, zahájena ražba štol v podzemí. **1955** – po prvních letech starostí a dřiny první význačný úspěch: o půl třetí hodině noční 30. prosince 1955 budovatelé Lipna převedli Vltavu do nového koryta. Voda opustila své staré koryto a začala protékat základovými výpustěmi betonového gravitačního bloku hráže zbudovaného na podzim roku 1954.

1956 – dokončen výlom komory kulových uzávěrů v podzemí a započata stavba nadzemní rozvodny 110 kV.

V polovině ledna **1957** byl zahájen výlom jádra v podzemní hydrocentrále, po jehož dokončení přišla na řadu betonáž a vlastní montáž turbín. V nejtěžších pracovních podmínkách tu byly vylámány a vyvezeny tisíce kubických metrů skály. Vylámaná prostora byla vybetonována a upevněna několika sty kotev, které vyloučily možnost nepředvídaného poskození díla a ohrožení lidských životů pohybem vrstev a zasypaním prostoru budoucí elektrárny – obr. 2a, b.

S kotvením, které projektant předepsal, neměli pracovníci při stavbě Lipna dosud žádné zkušenosti a muselo se vyzkoušet několik způsobů, jak dostat beton do konce úzkého dlouhého vrtu. Při zkoušce nebylo možné kotvy ze skály vytáhnout ani tahem 26 000 kg. V témže roce byla dokončena sypaná hráz.

1958 – montáž prvního soustrojí – nejprve byly spuštěny výtahem v šikmém tunelu do podzemí čtyři části ocelové spirály, potom i jednotlivé části generátoru a pod jeho podlahu turbíny. Ve druhé polovině září byly všechny čtyři díly spirály svařeny v jediný třicetitunový celek. Následovalo částečné napouštění jezera. **1959** – dokončení montáže technologie, nutné zkoušky a měření, dne **15. července 1959** v 17.55 hodin se uskutečnila první zkouška energetického soustrojí TG2. Lopatky turbíny se poprvé roztočily a turbosoustrojí začalo dodávat do sítě první kilowatty elektrické energie, **7. prosince 1959** – zahájilo provoz i druhé soustrojí TG1, pokračovaly dokončovací práce.

Lipenská vodní nádrž

Vodní elektrárny na horním toku Vltavy reprezentují skvělé počátky české elektroenergetiky, kterými byly v této oblasti nejprve malé vodní elektrárny na Šumavě – Čenckova Pila, Černé jezero a Vydra ... a další. K jejich následovníkům – k elektrárnám Lipno I a II – nyní patří i moderní vltavské elektrárny Kořensko a Hněvkovice, uvedené do provozu v roce 1992.



Obr. 4. Přívodní komory kulových uzávěrů o světlosti 2,5 m

Lipenská nádrž je s rozlohou 44 km² (4 870 ha) největší umělé jezero v ČR. Leží v nadmořské výšce 726 m n. m., její obsah je 306 mil. m³. Délka vzdutí je 48 km, v nejširším místě je 14 km široká.



Obr. 5a. Za komorou s uzavíracími kulovými čepý jsou umístěny dvě Francisovy turbíny, každá o výkonu 60 MW



Obr. 5b. Vysloužilá Francisova turbína v areálu elektrárny Lipno

Lipno I

Vodní elektrárna Lipno I se nachází v podzemní kaverně (dutině, v tomto případě uměle vylámané) o rozměrech 65 × 22 m a výšce 38 m, vylámané ve skalním masivu v hloubce 160 m(!) pod terémem v blízkosti hráže – obr. 3a, b, c.

Do této hlubiny je voda vedena přes vtokový objekt s česlicovými poli dvěma oceli vypaňčovanými tlačnými šachtami o průměru 4,5 m a délce 160 m, přes komoru kulových uzávěrů o světlosti 2,5 m (obr. 4) na dvě plně automatizovaná soustrojí s Francisovými turbínami (obr. 5a, b). Každá z obou turbín je pevně spojena s generátorem, který dosahuje při maximálním průtoku 46 m³·s⁻¹ vody přes turbínu výkonu 60 MW.

Po odevzdání energie turbínám je voda odváděna 3,6 km dlouhým podzemním tunelem o průměru 7,5 m (obr. 6) do vyrovnávací nádrže Lipno II ve Vyšším Brodě.

Generátorové soustrojí – každá ze dvou Francisových turbín má hltnost 46 m³·s⁻¹, 24 rozváděcích, 17 oběžných lopatek.

Elektrická energie o napětí 15 kV je z generátorů vyváděna pomocí kabelů šachtou k transformátorům a do nadzemní rozvodny 110 kV. V nadzemním areálu je také rozvodna 22 kV, která zásobuje elektrickou energií široké okolí.

Hráz elektrárny Lipno I slouží k zadržování vodní masy. Ze stavebního hlediska je kombinovaná – na pravobřežní straně je ze dvou třetin zemní – sypaná, zbývající část je gravitační betonová se dvěma bloky, kde jsou základové výpustě a přeličovací pole. Celkem zde bylo uloženo 70 000 m³ betonu, 600 t ocele a 300 t strojního zařízení. Hráz leží na říčním km 329,543, je dlouhá 296 m, její výška je 26 m.

Akumulační špičková vodní elektrárna Lipno I je provozována bezobslužně, s dohledem pouze jednoho pracovníka na směně. Najetí obou soustrojí na plný výkon je možné provést do 226 s, a umožňuje tak reagovat na potřeby energetické soustavy.

Lipno II

K vyrovnání kolísání odtoku z hlavní elektrárny Lipno I slouží v současné době již plně automatizovaná, dálkově ovládaná, bezobslužná malá průtočná vodní elektrárna Lipno II ve Vyšším Brodě.

Generátorové soustrojí – průtočná elektrárna Lipno II má jedno

soustrojí s Kaplanovou turbínou o maximální hltnosti $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a generátorem o výkonu 1,5 MW. Umožňuje řídit odtok i v případě, že je soustrojí vodní elektrárny Lipno I v opravě.

Hráz elektrárny Lipno II je kombinovaná, zemní a betonová. V betonové části hráze jsou umístěny dva přelivy, šterková propust a tři násosková pole. Hráz leží na říčním km 319,108, je 224 m dlouhá, 11,5 m vysoká.

Nádrž elektrárny má obsah 1,6 mil. m^3 , rozlohu 12,4 ha a leží ve výšce 558 m n. m.

Vodní dílo Lipno II bylo stavěno současně s Lipnem I. V době, kdy toto dílo vznikalo, bylo ojedinělým technickým řešením, umís-



Obr. 6. Po odevzdání energie turbínám je voda odváděna 3,6 km dlouhým podzemním tunelem o průměru 7,5 m do vyrovnávací nádrže Lipno II ve Vyšším Brodě.

těným do mimořádných přírodních podmínek a nahradilo některá stávající i starší technická elektrárnská díla ležící mezi Lipnem a Vyšším Brodem (např. též geniálně postavenou elektrárnu firmy Ignác Spiro & Söhne u Vyššího Brodu (stavba 1894 až 1903).

Rízení a regulace

Všechny technologické pochody v obou elektrárnách jsou nyní již plně automatizovány. Najíždění, odstavování a regulace výkonu jsou řízeny dálkovým ovládním z centrálního dispečinku vodních elektráren ve Štěchovicích u Prahy. Kontrolní činnost v nepřetržitém provozu zajišťuje jeden pracovník ve směně. Rychlost najetí na plný výkon do ca tří minut umožňuje vodní elektrárně Lipno ovlivňovat výkonovou bilanci elektrizační soustavy celé ČR.

Vyrobená elektrická energie se z podzemí od generátorů (obr. 7) vyvádí kabely přes blokové transformátory 15/110 kV do rozvodny R110 kV. Odtud je energie přenášena čtyřmi linkami do rozvodny Dasný, na transformaci 110/400 kV.

Z rozvodny 110 kV je ještě napájena rozvodna R22 kV, kterou je zajištěna vlastní spotřeba pro elektrárnu, a odkud se rozvádí osm linek pro celou oblast Lipenska. Rozvodny R110 kV a R22 kV jsou ovládány z dispečinku v Českých Budějovicích.



Obr. 7. Štítek s technickými parametry generátoru



Obr. 8. Přístup do podzemní části elektrárny je šikmým tunelem o délce 210 m a sklonu 45° pomocí výtahu

Přístup do podzemní části elektrárny je šikmým tunelem o délce 210 m a sklonu 45° pomocí výtahu (obr. 8), jehož nosnost je 80 t. Doprava jiné technologie je dále zajištěna šesti jeřáby. Nejtěžším dopravním dílem v podzemí byl rotor generátoru o hmotnosti ca 20 t. Rotor generátoru o hmotnosti 20 t se do podzemí dopravoval po částech a pak sestavil. Transformátory o hmotnosti ca 100 t byly do nadzemní rozvodny dopravovány po železnici.

Rekreace

Lipenská přehrada slouží nejen jako zdroj ekologicky čisté energie, ale také

jako turistické, rekreační a sportovní středisko.

Původně dřevařská osada Lipno je nyní centrem turistického ruchu, a to jak v létě, tak v zimě. V katastru obce je přístaviště lodní dopravy, lyžařský areál Kramolín a turistické centrum Marina. Obec Lipno leží v blízkosti přírodního parku Vyšebrodsko a národní přírodní rezervace Čertova stěna a Luč, s unikátním žulovým masivem, se zbytky přirozeného lesa, reliktního boru a suťového lesa.

Skupina ČEZ

Energetická společnost ČEZ je největším výrobcem elektřiny v České republice. Provozuje v ČR třicet pět vodních, jedenáct uhelných, dvě jaderné a jednu sluneční elektrárnu.

Rozvíjí i výrobu elektřiny z větrných elektráren a z biomasy. Kromě toho se skupina ČEZ zabývá těžbou surovin a prodejem elektřiny jak v tuzemsku, tak do zahraničí.

Skupina ČEZ se stala největším investorem do životního prostředí, když v devadesátých letech minulého století investovala ca 46 mld. Kč do snížení emisí z uhelných elektráren na desetinu původního stavu.

Skupina ČEZ, posílená v roce 2003 o regionální energetické společnosti, se řadí mezi deset největších energetických subjektů v Evropě a je nejvýznamnějším uskupením na trhu s elektřinou ve střední Evropě.

Závěr

Od uvedení vodního díla Lipno do provozu byly všechny povodňové vlny transformovány tak, že již nedošlo k ohrožení okolí Vltavy pod Lipnem. Přes vodní dílo protékalo v maximu provozně $92 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což je hltnost obou turbín a současně maximální propustnost koryta řeky. Maximální přítok byl za dobu provozu $400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Od zahájení provozu zpracovávala elektrárna Lipno I veškerou vodu z nádrže. Po revizi manipulačního řádu je od června 1996 vypouštěn do původního koryta Vltavy mezi Lipnem I a Lipnem II sanační přítok $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.*)

☒

*) Povodeň 2002

V srpnu 2002 byly v krátké době za sebou dvě velké povodně. První se podařilo akumulovat, druhá však již svým rozsahem překročila možnosti akumulace a bylo nutno odpouštět vodu bez energetického využití. Přes hrázové uzavěry Lipna I bylo odpouštěno $220 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a pod Vyšším Brodem odtékalo ca $330 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (běžně odtéká 6 až $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Tento odtok trval 38 h. Během povodně byl maximální jednohodinový přítok do jezera $838 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a průměrný 24hodinový pak $359 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Svým rozsahem byla povodeň výjimečná a přesáhla v hodnocení tisíciletou vodu.

www.odbornecasopisy.cz

**nové webové stránky
s vylepšeným vyhledávačem
a možností stahovat články v PDF**