

ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

VODNÍ A VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Historie využití energie vody a větru

Milan Bělík

Historie využití vodní energie

Starověk –čerpání vody do závlahových kanálů pomocí vodního kola.

6. století –vodní kola ve Francii

1027 –mlýnský náhon vytesaný ve skále
–získání spádu 40 m.

1750 –Segner sestrojil své S.kolo (teoretický princip odvodil Bernoulli

1730).

1750 až 1754 –3 zásadní práce Eulerao teorii turbín

1827 Claude Burdin uvedl do provozu řešení vodního motoru nazvaného „turbines“ neboli víry tvořící, který se stal skutečným předobrazem současných přetlakových turbín.

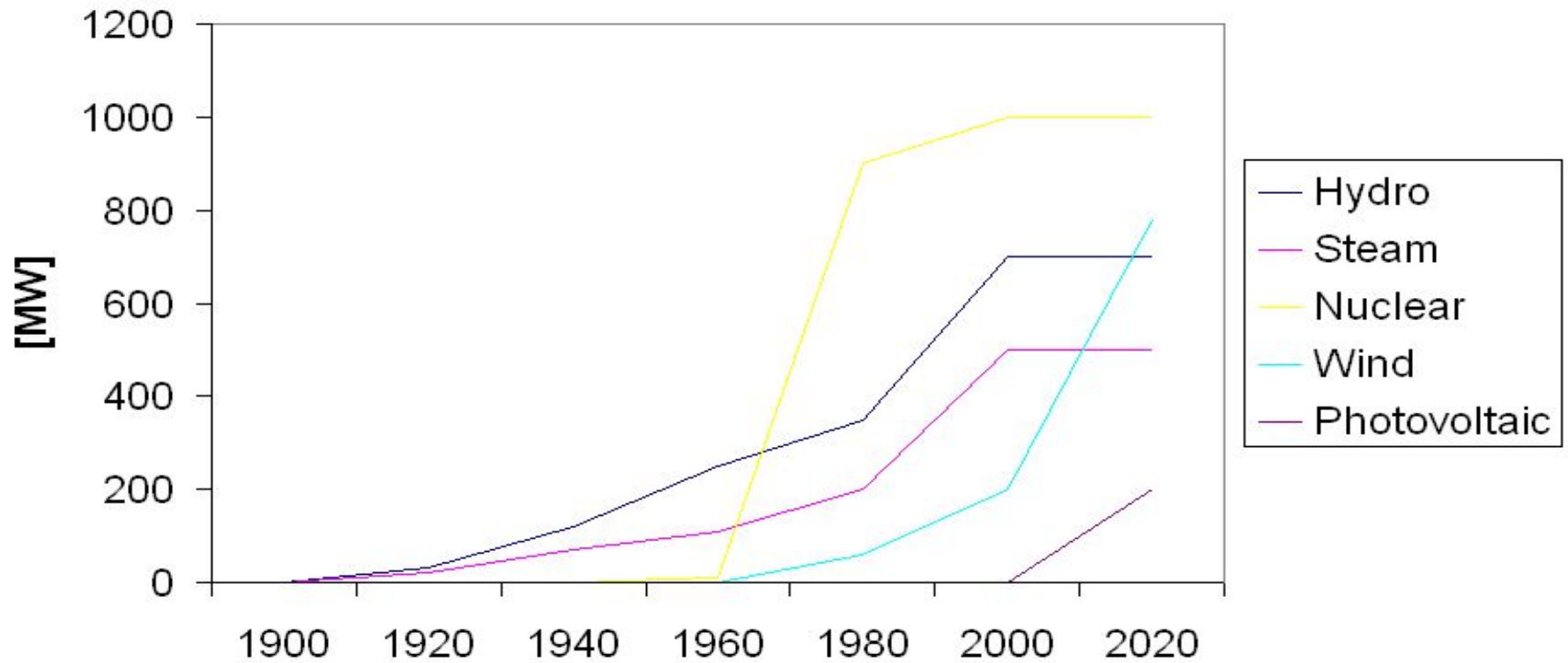
1827 –první Fourneyova turbína

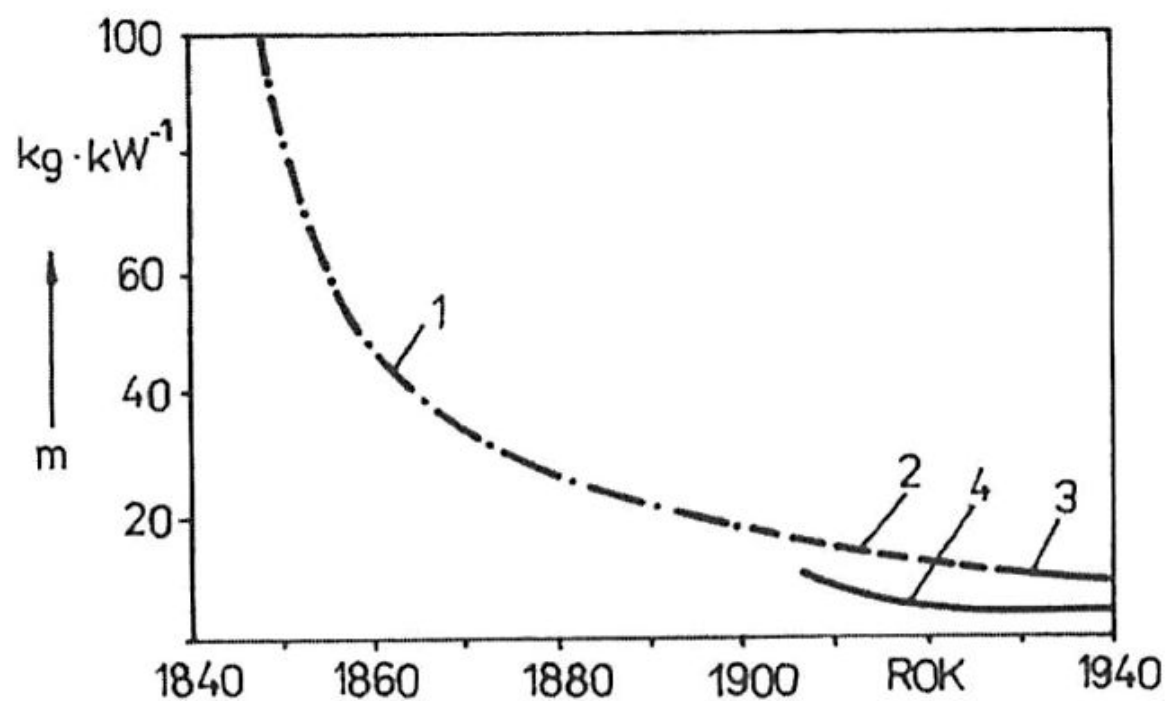
1847 –první Francisova turbína

1880 –první Peltonova turbína

1918 –první Kaplanova turbína (Brno)

Power station size - 1 block





Snižování jednotkové hmotnosti turbín během jejich vývoje

1 – Jonvalova a Girardova turbína; 2 – Francisova turbína nízkotlaká; 3 – Kaplanova turbína; 4 – Francisova turbína vysokotlaká a Peltonova turbína

Vodní elektrárny v oblasti Velkých jezer

Niagara Falls Historic Power Stations (CAN + USA)

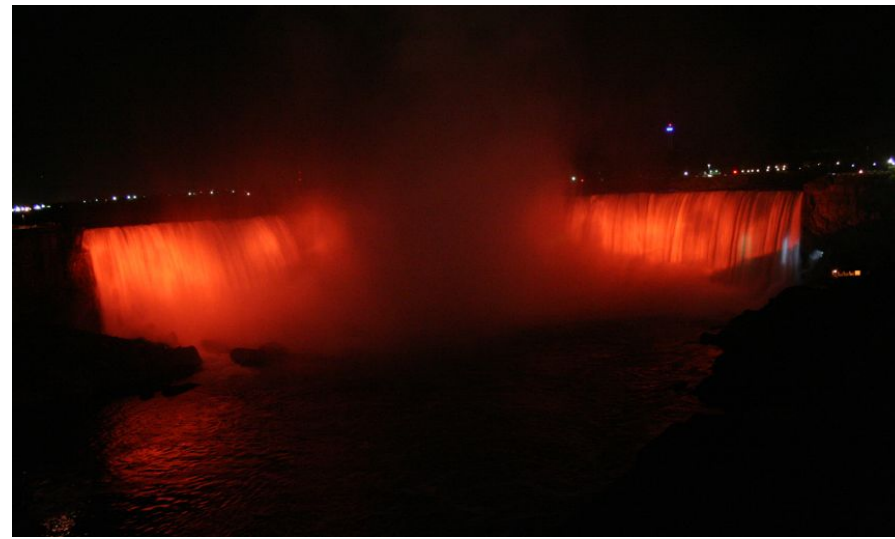
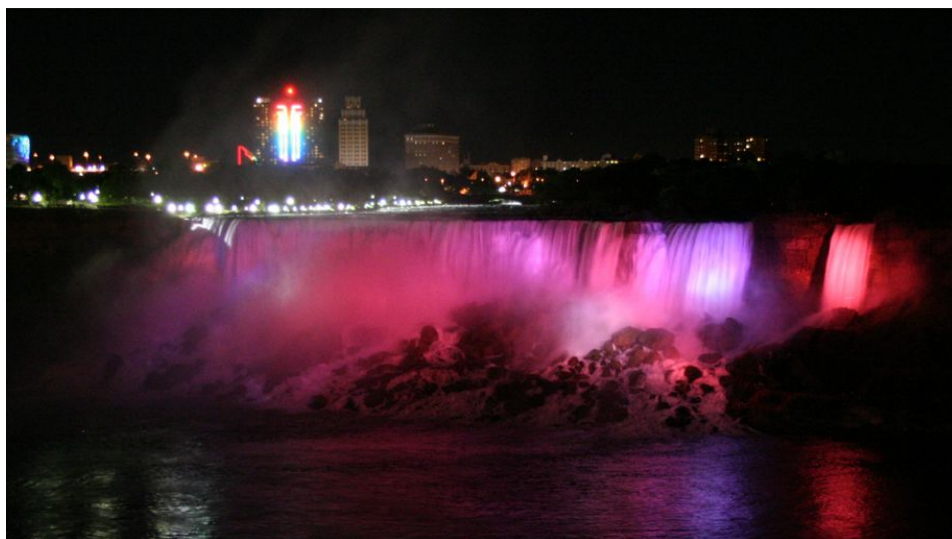
Sir Adam Beck Power Station (CAN) 1600 MW

Robert Moses Niagara Power Plant (USA) 2515 MW









Niagara Falls Historic Power Stations

USA

- **Schoelkopf Power Station - 1881**
- **Niagara Power Station No. 1 (Adams Power Plant) – 1895**

Canada

- **Toronto Power Generating Station – 1906**
- **Ontario Power Company Generating Station – 1905**
- **Rankine Generating Station (CNP) - 1905**



Niagara River

- Lake Erie – Lake Ontario
- průtok: 5796 m³/s
- délka: 58 km (36 mil)
- spád: 99 m
 - ◆ Lake Erie: 174 m.n.m.
 - ◆ Lake Ontario: 75 m.n.m.
- rychlost: 30 – 110 km/h



Niagara Falls

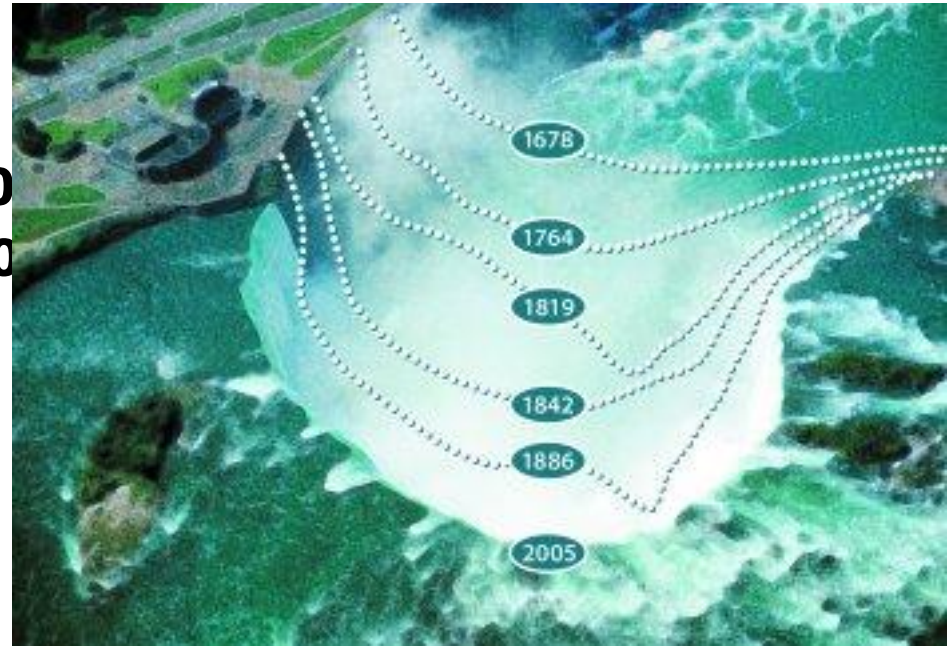


- **výška: 57 m**
- **rychlost: 110 km/h**
- **Horseshoe Falls – 790 m**
- **American Falls – 320 m**
- **Bridalveil Falls – 17 m**
- **1604 – Samuel Champlain**
- **1885 – Niagara Reservation**

Niagara Treaty

- **1950 – Diversion of the Niagara River**
- **výroba elektrické energie**
- **ochrana vodopádů (eroze 1,16 m => 30 cm)**

- **Turistická sezóna:**
 1.4. – 15.9. 8:00 – 22:00
 16.9. – 31.10. 8:00 – 20:00
 2832 m³/s (50%)
- **Ostatní čas:**
 1416 m³/s (25%)



International Control Dam

1,5 km proti proudu u kanadského břehu
šířka: 615 m

1953 – zahájeny práce
US Army Corps of Engineers
Hydro-Electric Power Commission of Ontario

1957 – dokončena Stage 1
456 m
13 stavidel (30,7 m)
1961 – dokončena Stage 2
159 m
5 stavidel



Schoellkopf Power Station

1861 – Hydraulic Canal

- první energetické využití Niagara Falls

1881 – Schoellkopf Power Station No. 1

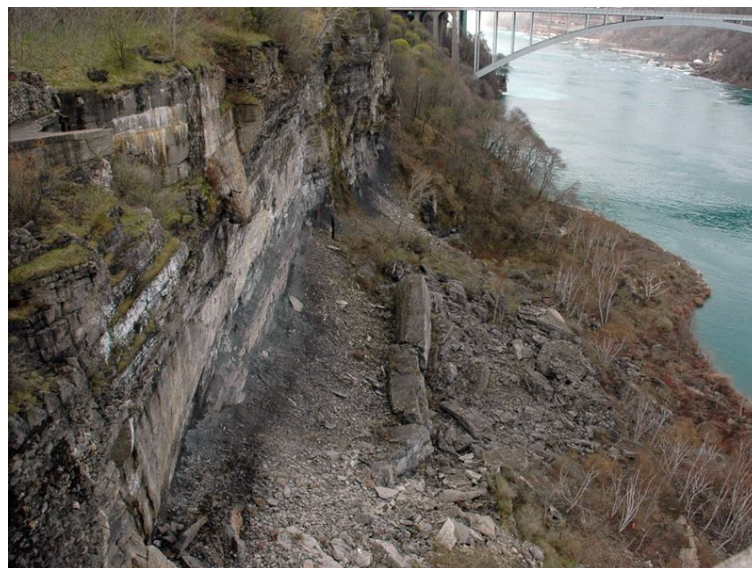
- první komerční elektrárna na Niagara Falls

1898 - Schoellkopf Power Station No. 2

- první využití celého spádu Niagara Falls

1904 – 1924 Schoellkopf Power Station No. 3A, 3B a 3C

1961 – ukončen provoz



Hydraulic Canal

1805 – Augustus a Peter Porter – první plány

1861 – dokončení kanálu (Niagara Falls Hydraulic Power & Manufacturing Company)

1. spotřebitel – Cataract Milling Company (150 HP)

1881 – Brush Electric Light Company – 1. generátor pro 16 lamp

vtok: 1 míle nad vodopády

délka: 0,75 míle

šířka: 12 m

hloubka: 2,5 m

nádrž na hraně Niagara Gorge

vyústění: přepad do soutěsky

využitý spád: cca 10 m



Schoellkopf Power Station No. 1

1877 – Jacob Schoellkopf kupuje Hydraulic Canal

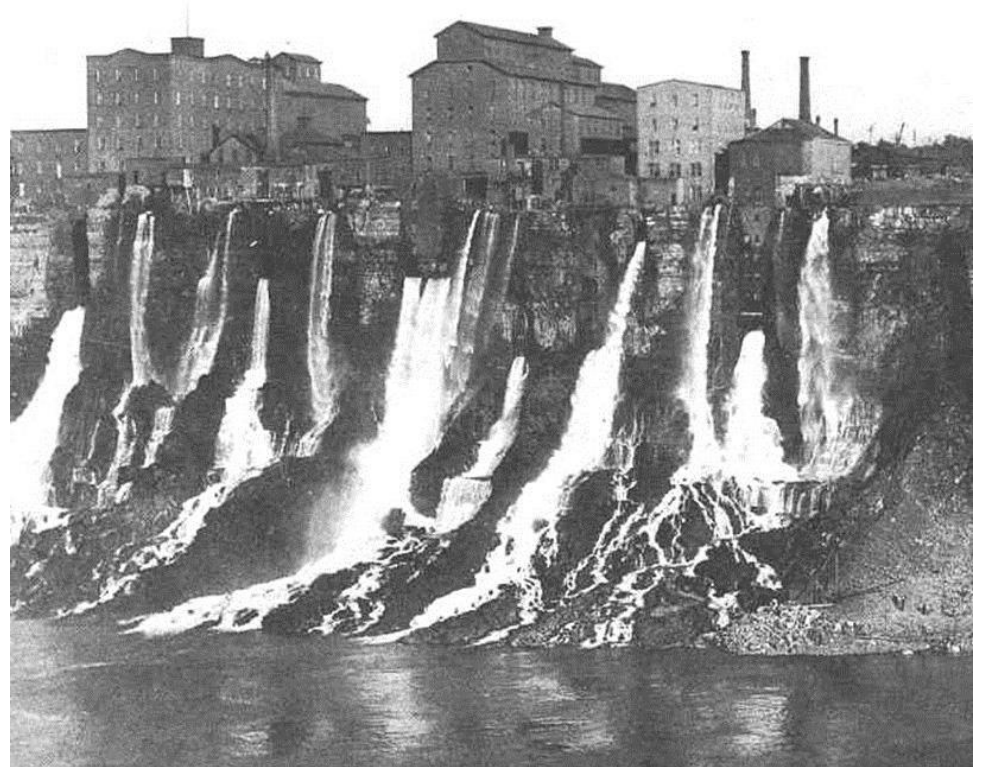
1881 – elektrárna dokončena s instalovaným výkonem 1,3 MW

3 vodní kola na hraně útesu

3 DC generátory 550 V, 600 HP

napájení městské tramvaje a veřejného osvětlení (16 lamp)

1904 – elektrárna odstavena



Schoellkopf Power Station No. 2

1892 – rozšiřování Hydraulic Canal

1898 – elektrárna dokončena s instalovaným výkonem 23 MW

strojovna pod útesem pod No. 1

obezděna skalní stěna – přivaděče a staré přepady za zdí

16 vertikálních Francisových turbín – využitý spád 64 m

31 generátorů (celkem 31 000 HP)

90 % DC, 550 V pro elektrochemické procesy

1F AC 125 Hz pro osvětlování

3F AC 30 Hz pro indukční motory

1904 – pád rampouchu 40 t

- poškození 4 generátorů

1921 – elektrárna odstavena



Schoellkopf Power Station No. 3

1904 – zahájeny práce

1914 - dokončen blok 3A (56 MW)

13 dvojitéch Francisových horizontálních turbín
(300 ot/min, regulace šoupátky)

5 turbín: 2x DC generátor 3,5 MW 550 V (hliníkárný)

7 turbín: AC generátor 7 MW, 25 Hz, 12 kV

1946 - DC generátory nahrazeny AC 60 Hz

1919 – dokončen blok 3B (85 MW)

3 vertikální Francisovy turbíny – 3 AC generátory 25 Hz

1921 – dokončen přívodní tunel

odstavena Adams Power Plant

1924 – dokončen blok 3C (150 MW)

3 vertikální Francisovy turbíny – 3 AC generátory 25 Hz

konečná konfigurace 19 generátorů 330 MW (největší na Niagara Falls)

7.6.1956 – skalní sesuv (3B, 3C zničeno, 3A zkrat - požár)

1961 – elektrárna odstavena

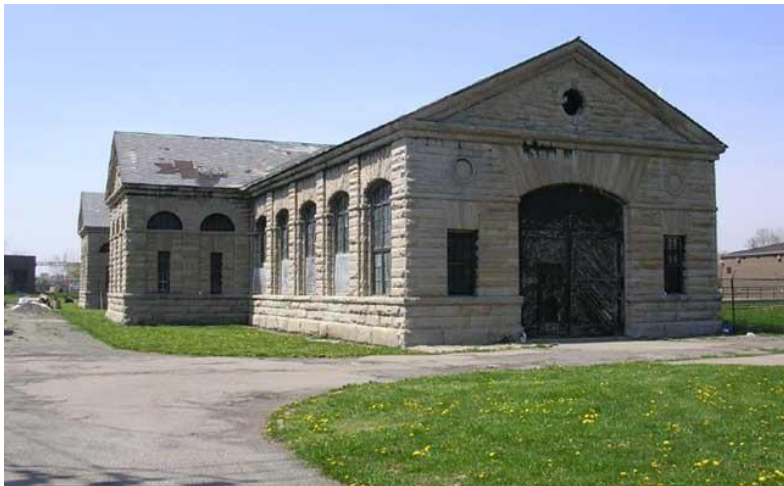






Adams Power Plant

- **1895 - Niagara Power Station No. 1**
 - ◆ největší elektrárna na světě
 - ◆ první velká elektrárna se střídavými generátory (N. Tesla)
- **1905 - Niagara Power Station No. 2**
- **1927 – Adams Power Plant**
 - ◆ Edward Adams – prezident Cataract Construction Company
- **1961 – ukončen provoz**

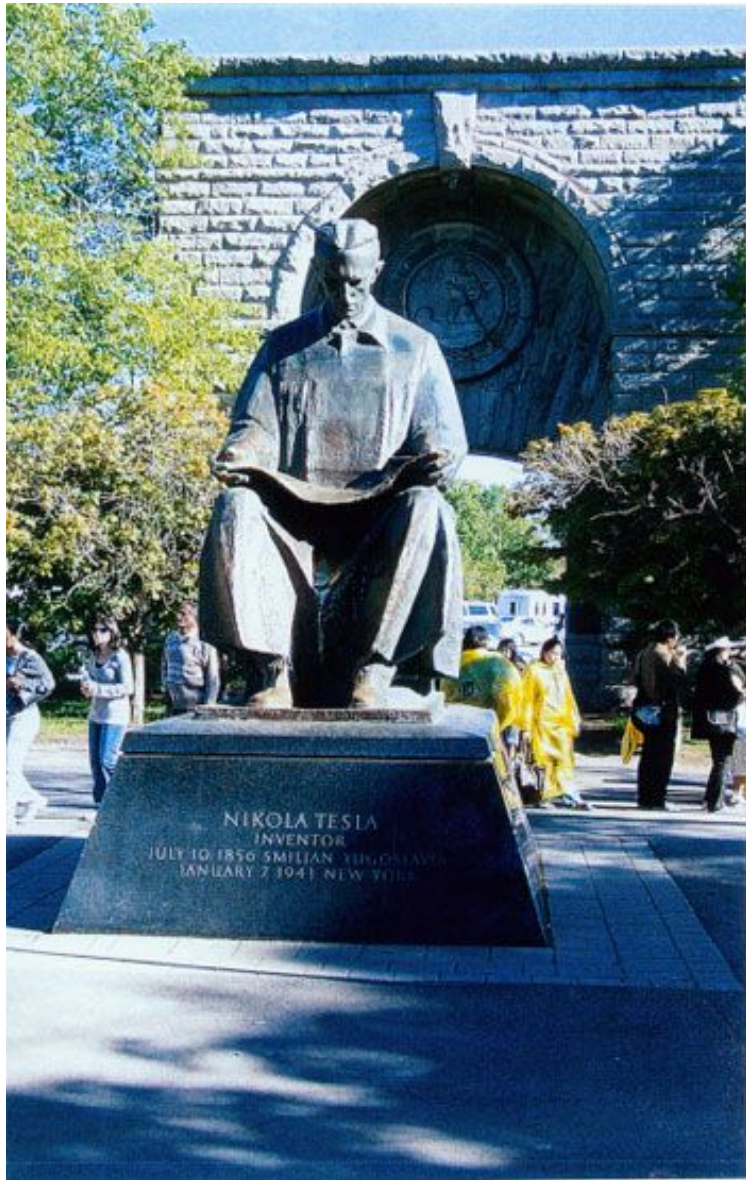


Niagara Power Station No. 1

- **1886 – Niagara River Hydraulic Tunnel Power & Sewer Company**
- **T. Evershed – energetické využití celých vodopádů**
- **stát New York - založení parku na ochranu vodopádů**

- **100 000 USD - prize**

- **1892 – tunel s kašnami – 100 000 hp**
- **1893 – Nikola Tesla – AC – osvětlení Niagara Falls**
- **1895 – transformátory 11 kv (1 250 hp)**
- **1896 – připojení Buffala – 1. komerční AC linka**
- **1961 – odstavena z provozu**



Ontario Power Company Generating Station

1905 – uvedení do provozu (27 MW)

3 dvojité horizontální Francisovy turbíny – 3F AC generátory

1906 - 1919 – postupné rozšiřování na 15 jednotek (25 Hz)

Spád: 60 m

3 přivaděče s vyrovnávací nádrží

ocelový

železobetonový

dřevěný s ocelovými výztuhami

vtok 1 míle na vodopády

1905 – destrukce 1. přivaděče

1909 – zatopení strojovny řekou

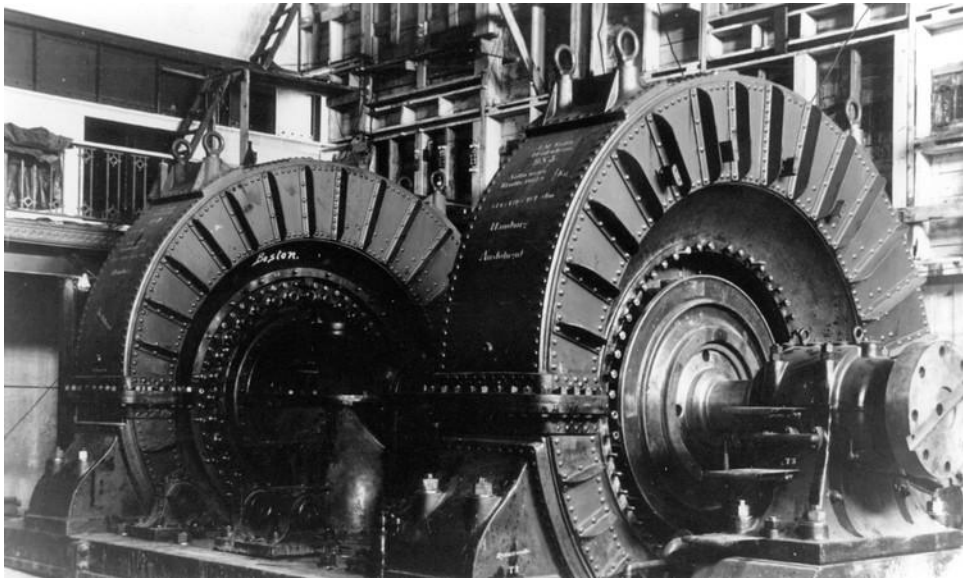
1922 – havárie soustrojí č. 15

1938 – zaplavení strojovny ledem

1999 – odstavení z provozu







Canadian Niagara Power Rankine Generating Station

1892 – Niagara Falls Park & River Railway Power Station
redukční turbíny – 3F DC generátory (1000 HP) 2400 V
efektivní spád 19 m

2

1905 – zahájen provoz Rankine Power Station (2x 8 MW)
dvojitě vertikálním Francisovy turbíny (250 ot/min)
vyrovnávací nádrž se vtokem 1/2 míle nad vodopády
650 m dlouhý odtokový tunel ústí těsně u Horseshoe Falls
regulace šoupátky ventily na vstupu přivaděčů
generátory ve strojovně nad vodopádem
spojení turbína - generátor dlouhými vertikálními

1913 - 1924 – rozšiřování
soustrojí na 11 jednotek (91 MW)
potíže hlavně s ledem
- vlastní malý ledoborec a dynamit

Poslední elektrárna na Niagara Falls
- výroba na 25 Hz
2009 vypršela licence





Toronto Power Generating Station

1906 – uvedení do provozu

11 generátorů s instalovaným výkonem 137 000 hp (100 MW)

dvojitě vertikálním Francisovy turbíny (250 ot/min)

600 m dlouhý odtokový tunel ústí za Horseshoe Falls

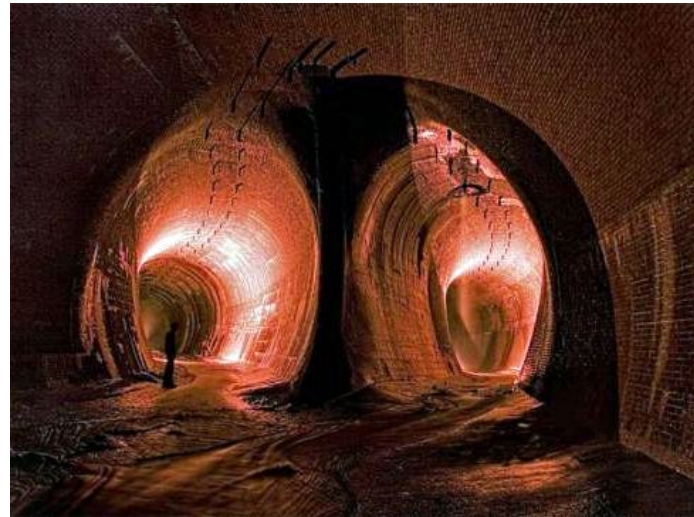
regulace šoupátky ventily na vstupu přivaděčů

generátory ve strojovně nad vodopádem

spojení turbína - generátor dlouhými vertikálními hřídelemi

1973 – odstaven z provozu





Sir Adam Beck Hydroelectric Power Stations

Instalovaný výkon 1600 MW

1922 - Adam Beck 1

10 generátorů 12 kV, 25 Hz

vertikální Francis (187,5 ot/min)

Chippawa Canal

spád 90 m

1950 - Adam Beck 2

16 generátorů 60 Hz

+ 4 soustrojí přečerpávací

Niagara Tunnel Project

8,5 km, 13,5 m průměr





Robert Moses Niagara Power Plant

1958 – katastrofa Schoellkopf Power Plant

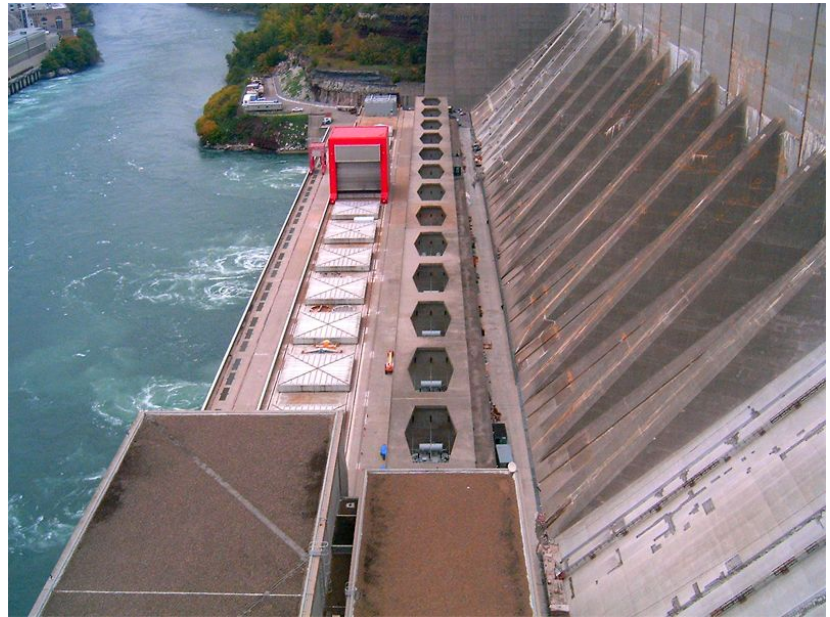
1961 – uvedení do provozu

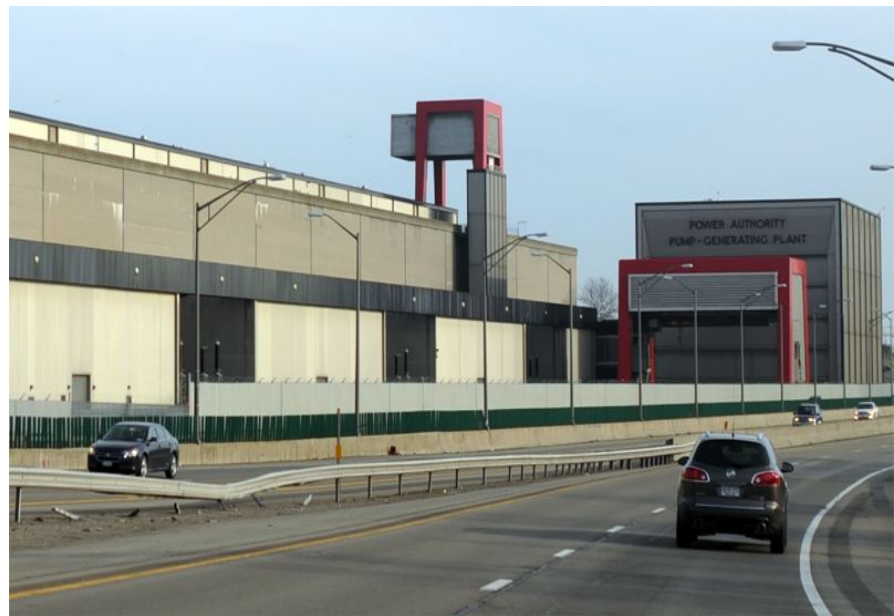
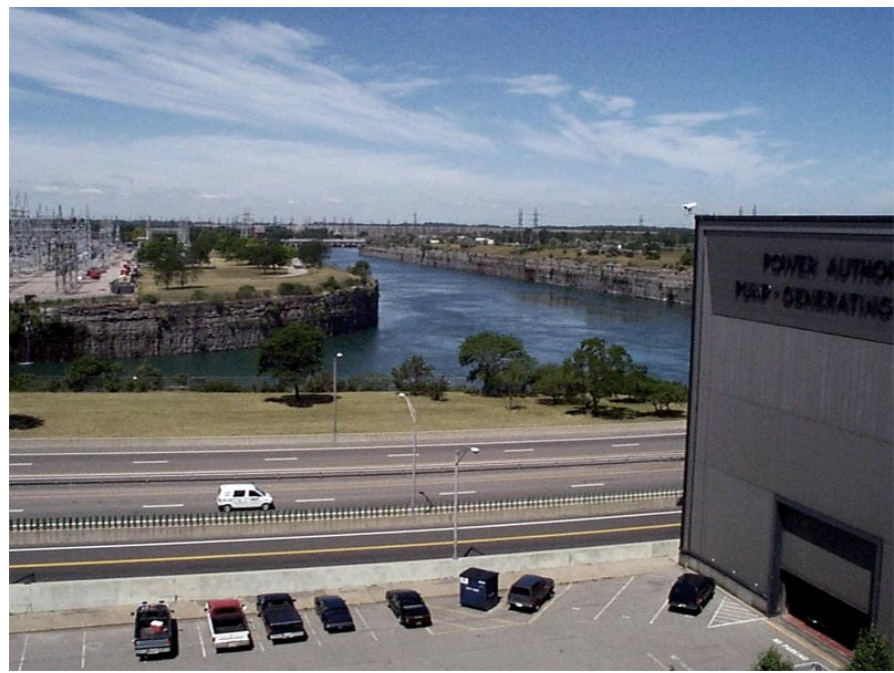
Instalovaný výkon 2515 MW

2 podzemní přivaděče 7 km dlouhí

- vtok 4 km nad vodopády
- průřez 14x25 m
- přečerpávací elektrárna 240 MW
- v noci čerpadlový režim







Historie využití větrné energie

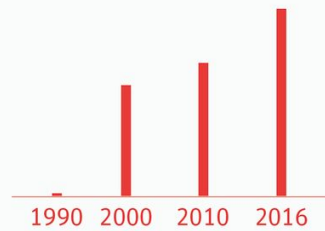
17. – 18. stol. moravskoslezsko – 660 větrných mlýnů

Wind turbines 50 times more powerful today than 20 years ago

Development in size and power of wind turbines, 1990-2016

Source: DEWI

Average rated output



Average size | Max size

