



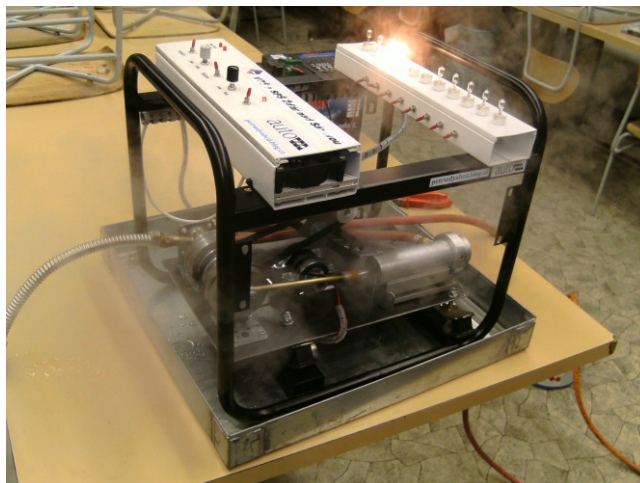
## **Středoškolská technika 2012**

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

# **REZONANCE PŘI „VÝROBĚ“ ENERGIE - MECHANICKÁ REZONANCE PÍSTOVÉHO PARNÍHO MOTORU**

**Miloslav Smutka**

VOŠ a SPŠ Žďár nad Sázavou  
Studentská 1, Žďár nad Sázavou



**Konzultant:      ing. Milan Řehoř**

## **Obsah**

Obsah.....	2
Úvod.....	3
Rezonance .....	3
Termoakustický motor .....	4
Parní elektrocentrála.....	5
Funkce rezonančního kmitání v rezonátoru .....	7
Nevýhody a výhody rezonátoru .....	8
Využití chlazení rezonátoru.....	9
Návrh rezonátoru.....	9
Tabulka přepočtu snížení emisí fosilních paliv na životní prostředí.....	12
Závěr.....	13
Poděkování .....	14
Seznam použité literatury, webových stránek a dalších zdrojů informací.....	14
Obrazová příloha: .....	15

## Mechanická rezonance

### Úvod

Jsem studentem třetího ročníku na VOŠ a SPŠ ve Žďáře nad Sázavou, oboru Elektrotechnika. Už delší dobu se zajímám o ekologii a to, jak se člověk chová k naší planetě.

Když jsem poprvé uviděl projekt parní elektrocentrály, předpokládal jsem, že jde o projekt nadšenců do parních strojů, který však nemůže mít praktické využití. Jaké však bylo moje překvapení, když jsem zjistil, že parní elektrocentrála i v momentální fázi vývoje může sloužit na místech, kam nedorazila civilizace, jako zdroj energie pro nejnnutnější potřebu. Nebyl to, podle mě, ekologický projekt v pravém slova smyslu, ale zaujal mě a já se zajímal dále o jeho vývoj.

Další zlom nastal, když jsem objevil využití rezonance pro parní motor (elektrocentrálu), která celý vývoj posunula do naprosto jiné úrovně. Pozor – využití rezonance u parních motorů může znamenat pro lidstvo velmi významný posun v energetice! V této práci se zabývám právě touto problematikou.

\*

„Co slyším, to zapomenu. Co vidím, si pamatuji. Co si vyzkouším, tomu rozumím.“

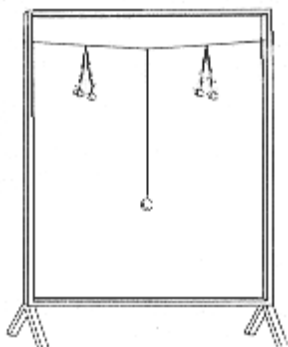
Konfucius

\*

### Rezonance

Když se řekne rezonance, asi si každý představí něco, co kmitá (vibruje, rezonuje) a tím, že rozkmitává i okolní vzduch, vydává zvuk (slyšitelný i neslyšitelný). Pro mojí práci je třeba tento fyzikální jev vysvětlit.

Každé těleso má svoji vlastní rezonanční frekvenci, na které jsou jeho výchylky kmitů maximální. Na jiné frekvenci jsou je ho výchylky menší ne ke kmitání vůbec nedojde. Pro představu uvedu příklad. Máme dvě ladičky o stejné vlastní frekvenci a jednu ladičku o jiné vlastní frekvenci a jednu z dvojice stejných rozkmitáme například klepnutím o stůl. Druhá stejná ladička se po chvíli rozkmitá na stejné frekvenci jako ta první. Třetí, která má své vlastní kmity na jiné frekvenci, zůstane v klidu. Je to způsobeno tím, že má jinou vlastní frekvenci, na které rezonuje.



Abychom se ale nedrželi jen příkladu se zvukovými vibracemi, popíši ještě jeden experiment. Na napnutý provázek zavěsíme tři stejná závaží, tak jak je to naznačeno na obrázku. Nalevo zavěsíme jedno na 20 cm dlouhý provázek, uprostřed druhé na 40 centimetrů dlouhý provázek a na pravý kraj opět jedno na 20 cm dlouhý provázek. Co se stane, rozkýveme-li jedno z krajních závaží? Po chvíli se rozkýve i druhé závaží, které je také na provázku délky 20 cm, takže ani nepoznáme, které bylo rozkýváno naší energií a na které se energie přenesla. Prostřední závaží se však ani nehne. Je to způsobeno tím, že jiná délka provázku změnila jeho rezonanční frekvenci.

Kmitající veličinou nemusí být pouze poloha tělesa, ale např. hustota látky, tlak, pak hovoříme o pulzaci a toto je náš případ. Pulzaci tlaku právě využijeme při pohybu pístu ve válci.

Tak funguje i termoakustický motor, jehož princip vysvětlím dále.

### **Termoakustický motor**

Jedním z možných použití mechanické rezonance je termoakustický motor, proto si dovoluji věnovat mu samostatnou kapitolu.



Jak si můžete všimnout na obrázku, termoakustický motor vypadá velice jednoduše, ale nenechte se mýlit! Jeho výroba je pracná a náročná na přesnost. Vpravo můžeme vidět drátěnku ve zkumavce, která zde slouží jako chladič. Zkumavka je válcem motoru. Píst, který je v levé části zkumavky, je z grafitu, pro ideální těsnost a minimální tření. Mezi pístem a chladičem je zúžení - clona, která je nutná pro to, aby vzduch ve zkumavce mohl kmitat – rezonovat (ve zkumavce nastane stojaté vlnění). Nalevo je pak setrvačnick, který se stará o plynulý chod. Pohon tvoří lihový kahan. Při zapálení kahanu se zahřeje vzduch ve střední části zkumavky. Při pohybu pístu, bude – li mít vzduch dostatečnou teplotu, nastane ve zkumavce rezonanční kmitání (v tomto případě pulzace tlaku). Zahřátý vzduch vlivem vyššího tlaku vytlačí píst, zároveň však předá energii chladiči. Tam se ochladí a díky podtlaku,

který nastane ve válci, vtáhne píst zpět do horní úvratí. Tím se ale opět zahřeje nad kahanem a cyklus se opakuje.

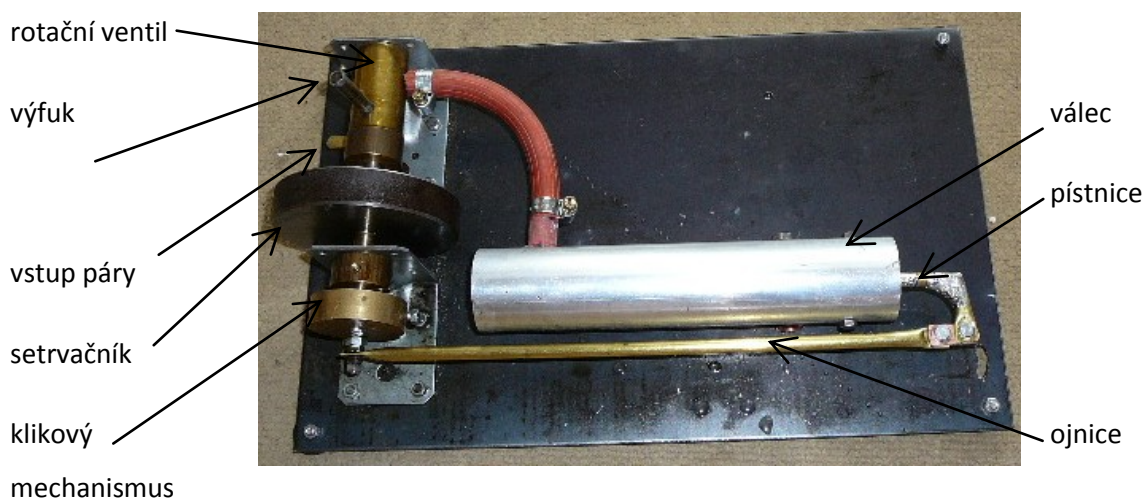
Aby mohl nastat jev rezonance, je nutné přesně najít místo, kde je třeba zkumavku zúžit – umístit clonku. Ve zkumavce se tak vytvoří správná délka prostoru pro stojaté vlnění o příslušné frekvenci. Pokud by byla clonka dál nebo blíže, motor by buď vůbec neběžel nebo by pracoval v jiných otáčkách – ale vždy právě v rezonanci, která odpovídá délce prostoru pro stojaté vlnění ve zkumavce.

### **Parní elektrocentrála**

Už na začátku jsem se zmínil o tom, že jsem se k mechanické rezonanci dostal díky práci na parní elektrocentrále. Abych mohl vysvětlit, jak se zde tento jev uplatní, je nutné vysvětlit, co je vlastně parní motor.

Parní motor (PM) není parní stroj! Náš použitý PM má s parním strojem společné jen to, že je to stroj (motor) s vnějším spalováním a médiem, které působí k pohonu, je vodní pára. PM, který používáme je vysokootáčkový, jednočinný, malých rozměrů, bez šoupátka a hlavně je mazaný jen párou nebo kondenzátem. To všechno jsou jiné parametry a vlastnosti PM oproti parnímu stroji. Dovolím si říct, že je to geniální vynález pana Šedého z Prahy!

Zde na obrázku je vidět samotný PM:



Ano, toto je vše. Jediné, co na obrázku není, je vyvíječ páry nebo parní kotel, který může vypadat různě. Jen pro představu - úplně postačí tlakový hrnec na vaření, tzv. papiňák. Základem celého

motoru je píst a válec, který zabírá nejméně místa. Uvnitř válce, který je vyrobený z hliníkové kalibrované trubky, se nachází píst, ze speciální slitiny, která je klíčem k tomu, že parní motor je zcela ekologický. Tato slitina totiž nepotřebuje k mazání olej! Zcela stačí, když se k pístu přivede pára, která na vnitřní straně válce začne kondenzovat a tím vznikne uvnitř válce film, po kterém může píst bez problémů klouzat.

Pára je přivedena přes rotační ventil, který se nachází na obrázku vlevo nahoře. Ten se stará o časovaný rozvod páry. Tento parní motor je jednočinný (pára je přivedena nad píst během asi poloviny otáčky hřídele). Pára zatlačí píst do dolní úvrati. Tím se ale otočí hřídel (přes klikový mechanismus na obrázku dole) a rotační ventil propojí vnitřek válce buď s atmosférou nebo s kondenzační nádobou a uzavře se přívod tlakové páry. Setrvačnický, který je na obrázku pod rotačním ventilem pak zatlačí píst do horní úvrati a ten vytlačí páru ven z válce. Jakmile píst dosáhne horní úvrati, rotační ventil opět otevře cestu tlakové páry do válce nad píst a tlak páry zatlačí píst do dolní úvrati. Tento děj se cyklicky opakuje.

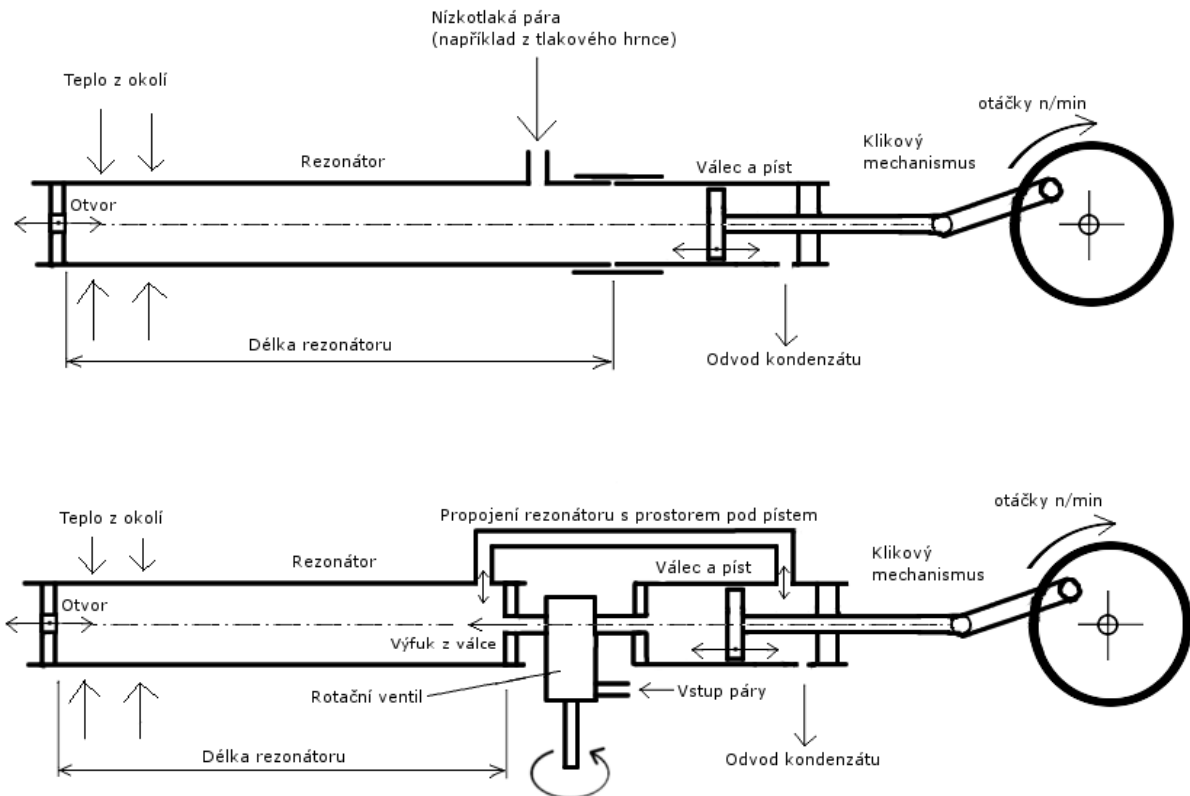
Ještě jedna věc se na obrázku nenachází a to je generátor elektrického proudu. Je vhodné použít například krokový motor, zapojený jako generátor. Krokový motor se jeví jako nejvýhodnější na výkony asi do 300 W.

Není zde žádné šoupátko, které by způsobovalo snížení účinnosti. A jak můžete vidět, celý motor je velice malý.

## Funkce rezonančního kmitání v rezonátoru

Nyní se vracím k původní myšlence této práce. Uvádím řešení, jak zapojit rezonátor k našemu parnímu motoru a co způsobuje. Rezonátor bude tvořit například hliníková trubka o vhodné délce.

Rezonátor je možno připojit několika způsoby, jak je naznačeno na dalším obrázku:



Ač se to zdá nelogické, i první zapojení bude fungovat. Ale pouze při rezonanční frekvenci otáček motoru. Té lze ovšem dosáhnout jednodušeji, než se může na první pohled zdát. Stačí do válce pustit nízký tlak páry, například okolo jednoho baru. Píst se samozřejmě nerozběhne, tlak páry se nemá o co „opřít.“ Co se ale stane, když roztočíme hřídel přidavným motorem právě na frekvenci, kterou vyžaduje rezonátor, aby v něm nastalo stojaté vlnění – kmitání tlaku? Motor překvapivě „drží“ stejné otáčky i po vypnutí hnacího motorku! Jak je to možné? Odpověď zní jednoduše: rezonance! Ano, píst je v rezonanci s vlastním stojatým vlněním trubky – rezonátoru. A tyto otáčky jsou tedy neměnné i když motor začneme zatěžovat (brzdit)! A to všechno při tlaku páry 1 bar i nižším. Důležité je pouze držet parní prostředí, kvůli mazání pístu!

Druhé zapojení rezonátoru je pak již logičtější pro pochopení. Píst, poháněný párou postupně zrychluje, až se dostane do rezonančních otáček, ve kterých se udržuje už sám. Stačí pak stáhnout tlak páry na minimum a pouze udržovat parní prostředí.

Důležité je zjistit, jak dlouhý máme použít rezonátor, abychom dosáhli požadovaných otáček - například z důvodu maximální účinnosti generátoru elektrické energie, který bude parní motor

pohánět. Postup určení délky rezonátoru také dále naznačím. Různá délka rezonátoru znamená různé otáčky, které bude parní motor udržovat. Tlak páry při použití rezonátoru vůbec nehraje roli! Kde tedy bere motor v takovém případě energii k otáčení? Na to se pokusím dále alespoň částečně odpovědět.

### **Nevýhody a výhody rezonátoru**

Při prvních zkouškách rezonátoru se pan Šedý setkal s několika problémy.

**Zaprvé**, rezonátor, jak už jeho název napovídá, vibruje (kmitá) na svojí rezonanční frekvenci. To však může způsobit i nepříjemné pocity u osob v blízkosti rezonátoru. Příznaky mohou být různé, například bolest hlavy, nevolnost, ... . Mohou nastat ale i přesně opačné příznaky – uzdravování organismu. To jsme však již v oblasti medicíny s názvem BIOREZONANCE. Další, co můžeme někdy pozorovat, že v blízkosti rezonátoru mohou praskat skleněné předměty. Dále naznačím, jak tyto projevy lze eliminovat.

**Zadruhé**, což sice není až takový problém, jako spíš překvapení - rezonátor chladne na povrchu na konci až na teploty okolo - 40°C! Jedna z možných variant, jak celý systém funguje tedy je, že rezonátor využívá energii z okolí! Proto jsme neporušili zákon o zachování energie, jak by se mohlo zdát v předchozím popisu. Samozřejmě, teplota by s dalším chodem klesala ještě níž a to by mohlo znamenat například ohrožení obsluhy při nechtěném dotyku. Níže vysvětlím, jak tento jev (chladnutí konce rezonátoru) lze využít.

**Řešení:** abychom se vyhnuli zvláště nepříjemným frekvencím, byl navržen tzv. měkký rezonátor. Místo pevné kovové trubky se tedy použila hadice z plastu (například zahradní hadice) s daleko menším průměrem a větší délkou. Nepříjemné pocity zcela zmizely, naopak tyto frekvence mohou mít, podle různých lékařských zpráv na člověka poměrně pozitivní vliv. I pan Šedý na sobě pozoroval jisté změny k lepšímu.

Další možnost, jak eliminovat nežádoucí účinky vibrací na okolí, je hlukově izolovat rezonátor, kde se dá využít poznatků jednak z akustiky a jednak ze vzduchotechniky (tlumiče hluku). Jako velmi výhodné řešení a také jednoduché řešení (díky experimentům) se ukazuje umístění alespoň části rezonátoru ve vodě, které by rezonátor předával tepelnou energii. Bylo pozorováno, že dokud neměla teplota vody kolem 70 °C, ve které byl rezonátor umístěn jako stočená trubka, nedocházelo ke stojatému vlnění a tudíž PM pracoval v obvyklém režimu. Jakmile bylo dosaženo požadované teploty, bylo možno soustavu PM a rezonátoru uvést do rezonančního režimu, což je velmi žádoucí ke zvýšení účinnosti PM, který pohání například generátor elektrické energie. Teplota vody, ve které je rezonátor



umístěn, se dále již nezvyšuje. Voda přitom dokonale tlumí vibrace rezonátoru, které by jinak působily na okolí.

### **Využití chladnutí rezonátoru**

Při experimentech bylo zjištěno, že konec rezonátoru po chvíli začne obalovat jinovatka a po nějakém čase vycházejí z otvoru sněhové vločky. Při měření teploty konce rezonátoru byly naměřeny teploty - 40 °C a teplota se dále blížila k hodnotě -100 °C ! Ano, je to možná pro někoho neuvěřitelné, ale před výše uvedenými čísly teplot jsou opravdu znaménka „minus“ ! Znamená to, že rezonátor jímá teplo z okolní atmosféry! Pohybujeme se tedy v oblasti fyziky, která se nazývá termoakustika. Další, co můžeme s jistotou tvrdit je, že jsme schopni odebírat teplo z okolí a zařízení tak může být využito i k výrobě chladu! Existuje totiž jeden velmi zajímavý experiment, kdy po nějaké době se v betonové dutině, která byla použita jako rezonátor, objevila ledová tříšť!

A nyní musím čtenáře upozornit, jestli vůbec tuší, že díky rezonátoru jsme schopni využít obrovské množství energie, které je ukryto v páře a které bylo do ní vloženo při její výrobě? Pára tuto energii s sebou nese v podobě kondenzačního tepla a díky tomu, že z rezonátoru vychází po čase sníh, máme důkaz, že toto kondenzační teplo jsme jednak plně využili a dále ještě jímáme další teplo z okolní atmosféry! Rád bych upozornil, že tohle je zařízení, jehož celková účinnost je tak vysoká (vztaženo k energii námi vložené), že se neodvažujeme toto číslo vůbec odhadovat a uvádět bez měření, které nás v nejbližší době čekají. Jediné, co si dovoluji tvrdit je to, že vzhledem k vložené energii, kterou potřebujeme na výrobu páry, bude mít PM v rezonančním režimu na hřídeli energii takovou, že tepelná účinnost zařízení přesáhne účinnost moderního spalovacího motoru! Proč si vůbec dovoluji uvádět tak odvážné tvrzení? Vysvětlení je toto: výkon PM při rezonančním režimu vůbec nezávisí na tlaku páry, která je jen nositelem energie a slouží k mazání samotného PM. Znamená to tedy vytvořit pouze parní prostředí v PM a rezonátoru a dále energie potřebná pro chod PM je odebírána z okolí (rezonátor chladne). Pokud chceme zastavit například brzděním PM při rezonančním chodu, zjistíme, že to jde velmi nesnadno a na hřídeli PM je velký krouticí moment. Znovu připomínám, že nezáleží na tlaku páry (pro její výrobu tedy stačí obyčejný tlakový hrnec – tzv. „papiňák“).

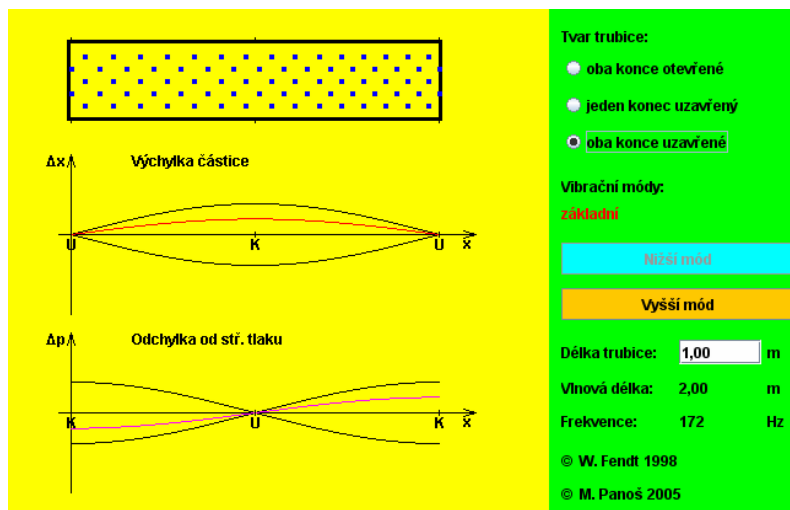
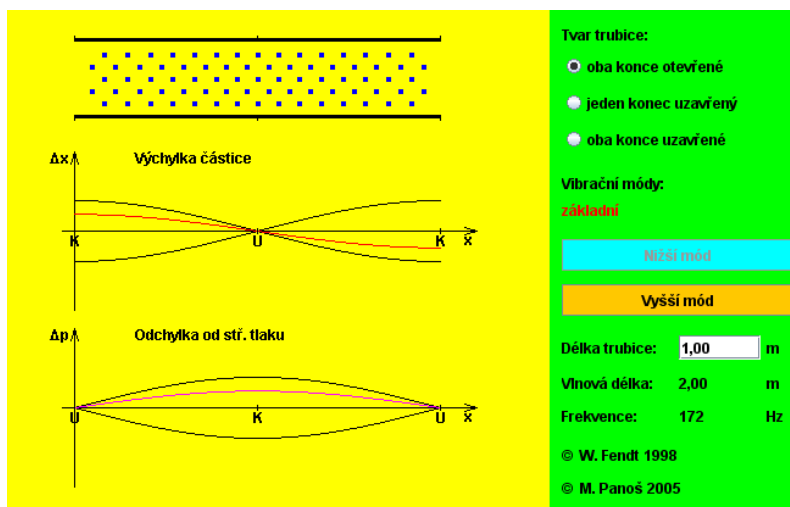
Skutečnosti, které byly právě výše uvedeny, mají velké možnosti v oblasti kogenerace a trigenerace a nejen tam! Daly by se najít další možnosti uplatnění – například v dopravě v elektromobilech a hybridních vozidlech.

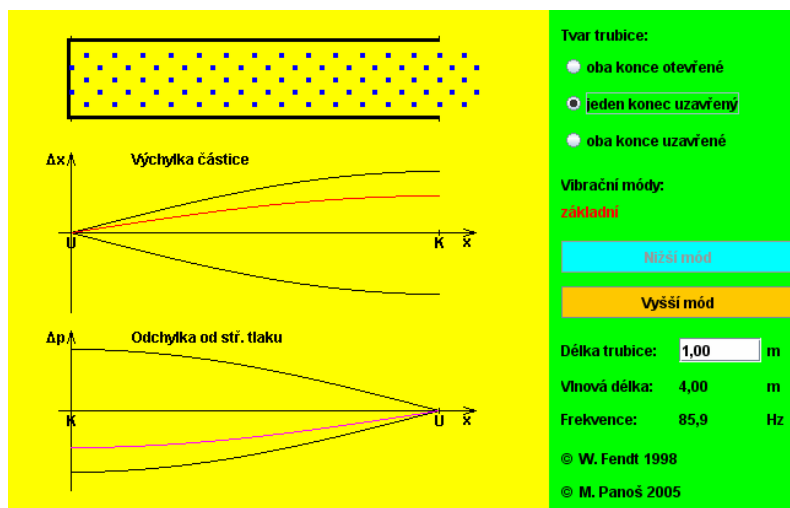
Znamenalo by to pro lidstvo konec nedostatku energie!

### **Návrh rezonátoru**

Metodika návrhu rezonátoru pro první zkoušky a experimenty není nijak složitá i když popis a odvození vlastního fyzikálního děje, pro studenta střední školy, je náročný, řekl bych, že přímo nemožný. Uvědomme si, že se pohybujeme v oblastech fyziky jako je kmitání, termomechanika a termoakustika. K návrhu délky rezonátoru je totiž možné využít fyzikálních java apletů dostupných na internetu. Jde vlastně o to, abychom určili alespoň přibližně potřebnou délku rezonátoru pro námi

zvolené otáčky PM, které mohou vycházet například z požadavku potřebných otáček pro generátor elektrické energie, který může PM pohánět. Jde o stojaté vlnění (kmitání, pulzaci tlaku) v trubce – uzavřeném nebo částečně otevřeném prostoru. Dále je třeba si uvědomit, že java aplet poskytuje výsledky pro vzduch, ve kterém se pohybuje rychlost zvuku kolem hodnot 340 m/s a v našem rezonátoru je parní prostředí, kde se rychlost zvuku pohybuje přes 400 m/s. Je to způsobeno vyšší hustotou páry než vzduchu. Výsledky níže je tedy třeba brát jako přibližné, abychom mohli začít provádět experimenty, kde budeme moci odladit přesně námi požadované parametry. Příklady java apletů pro návrh délky rezonátoru:

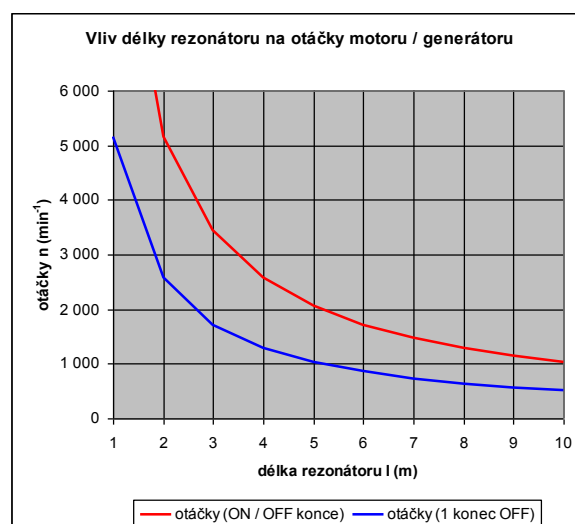




Tabulka - vliv délky rezonátoru na frekvenci  $f$  (resp. otáčky  $n$ )

délka trubice $l$ [m]	oba konce otevřené (ON)			oba konce uzavřené (OFF)			jeden konec uzavřený		
	$\lambda$ [m]	$f$ [Hz]	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$\lambda$ [m]	$f$ [Hz]	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$\lambda$ [m]	$f$ [Hz]	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]
1	2	172	10 320	2	172	10 320	4	85,9	5 154
2	4	85,9	5 154	4	85,9	5 154	8	42,9	2 574
3	6	57,3	3 438	6	57,3	3 438	12	28,6	1 716
4	8	42,9	2 574	8	42,9	2 574	16	21,5	1 290
5	10	34,4	2 064	10	34,4	2 064	20	17,2	1 032
6	12	28,6	1 716	12	28,6	1 716	24	14,3	858
7	14	24,5	1 470	14	24,5	1 470	28	12,3	738
8	16	21,5	1 290	16	21,5	1 290	32	10,7	642
9	18	19,1	1 146	18	19,1	1 146	36	9,54	572
10	20	17,2	1 032	20	17,2	1 032	40	8,59	515

Po vynesení údajů v tabulce do přehledného grafu můžeme provést první návrh délky rezonátoru podle zvolených otáček a provedení rezonátoru (otevřený / uzavřený):



Z výše uvedeného grafu je patrné, že pokud například volíme otáčky PM kolem  $1.000 \text{ min}^{-1}$ , pro uzavřený rezonátor je třeba jeho délka kolem 5 metrů a pro otevřený rezonátor na jednom konci je třeba jeho délka kolem 10 metrů. Znovu uvádím, že toto je pouze přibližný návrh a tyto výsledky by platily pro vzduch a v rezonátoru bude pára.

\*

„I ta nejdelší cesta začíná prvním krokem.“

Konfucius

\*

### **Tabulka přepočtu snížení emisí fosilních paliv na životní prostředí**

Níže uvedená tabulka představuje snížení emisí fosilních paliv na životní prostředí. Pro ilustraci je zde uveden předpokládaný výkon našeho zařízení 1 kW, což při non stop provozu činí za rok 8,76 MWh. Skutečné snížení emisí při použití našeho zařízení samozřejmě závisí na způsobu výroby páry. Například níže uvedený přepočet by platil v případě výroby pomocí sluneční energie nebo využití odpadního tepla.

Zadané parametry:

výkon zařízení ... 1 kW  
 počet hodin provozu za rok ... 8.760 hod (non stop provoz)  
 vyrobené množství energie za rok ... 8.760 kWh = 8,76 MWh

Spotřeba energie	MWh
	8,76

Normové množství znečišťujících látek v kg/MWh						
typ znečišťující látky		kotel ZP	kotel dřevo	elektřina systémová	kotel HU pevný	kotel HU mostecké
tuhé látky	(kg/MWh)	0,002	3,34	0,093	2,54	2,01
SO <sub>2</sub>	(kg/MWh)	0,001	0,267	1,75	4,79	4,30
NO <sub>x</sub>	(kg/MWh)	0,168	0,801	1,48	0,61	0,607
CO	(kg/MWh)	0,034	0,267	0,140	9,16	9,16
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	(kg/MWh)	198,4	0,238	0,139	2,04	1,80
CO <sub>2</sub>	(kg/MWh)	198,4	0	1 161	357	357

Množství znečišťujících látek přepočtené na množství energie kg						
typ znečišťující látky		kotel ZP	kotel dřevo	elektřina systémová	kotel HU pevný	kotel HU mostecké
tuhé látky	kg	0,018	29,25	0,811	22,24	17,61
SO <sub>2</sub>	kg	0,009	2,340	15,31	41,99	37,70
NO <sub>x</sub>	kg	1,472	7,020	13,01	5,35	5,319
CO	kg	0,294	2,340	1,230	80,22	80,22
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	kg	1 738,2	2,083	1,220	17,83	15,80
CO <sub>2</sub>	kg	1 738,2	0	10 168	3 129	3 129

## Závěr

Touto prací jsem chtěl poukázat na to, že v současné fyzice jsou věci, které stále nejsou dostatečně popsány a je i v silách obyčejného studenta je zkoumat. Práce na rezonátoru je zřejmě v začátcích. Kdy bude dokončena, není jisté, jestli vůbec někdy. Je to určitě odkaz dalším studentům, aby jen nepřijímali informace od svých učitelů, ale sami se zajímali o to, jak věci fungují. Možná to budou právě oni, kteří přijdou s něčím průlomovým pro lidstvo!

Zároveň jsem chtěl dát kvalitní a ekologickou alternativu k současným OZE, které se mi zdají dost často velmi nešťastně řešené.

Nejsem zastáncem přehnaných ekologických opatření a ke všem názorům se pokouším stavět kriticky. Proto si myslím, že je třeba podporovat ekologii, ale tak aby nebrzdila přirozený ekonomický a průmyslový růst. Navíc některá ekologická řešení jsou velice krátkozraká. Přesunout výrobu, která obnáší ekologické zatížení prostředí z České republiky do Číny nepomůže ekologii ani zaměstnanosti v naší zemi. Na druhou stranu, příroda není nekonečným odkladištěm odpadu a dřív nebo později se nám naše chování může vymstít.

Při mém pátrání po tom, jak zlepšit životní prostředí, jsem narazil na velké množství řešení, některá jsou použitelnější než jiná. Například Stirlingovy motory se mi zdály jako krok špatným směrem, stejně jako přehnané dotování energie ze slunečních kolektorů. Jako daleko zajímavější alternativa se mi jeví například podpora bioplynových stanic.

Zároveň bych však chtěl svou práci vyzvat, aby se každý zajímal o věci ve svém okolí a našel si svou cestu k ekologii. Jeden člověk nezmůže mnoho, ale i ten největší dav se skládá z jednotlivců. Rád bych, aby bylo co nejvíce lidí seznámeno s dostupnou energií pro každého, což se nemusí některým ziskuchtivým lidem líbit.

## Poděkování

Poděkování patří zejména **ing. Milanu Řehořovi**, který mi otevřel cestu k parní elektrocentrále a celou dobu byl mým průvodcem v tomto zajímavém světě.

Nemenší poděkování pak patří panu **Petru Šedému**, který provedl onen první krok na cestě za rehabilitací páry. A samozřejmě všem, kteří se podíleli na vývoji. Zejména člověku, který vystupuje na blogu pana Šedého pod nickem **Elix**. Jeho popis funkce rezonátoru byl skutečně zásadním pro mou práci. Dále pak celému týmu, který pracoval na elektrocentrále na naší škole. Jmenovitě: **Davidu Kolářovi, Tomáši Hanákovi, Michalu Brücknerovi, Vítu Maštalířskému**, a dalším.

Zároveň bych chtěl i poděkovat našemu sponzorovi **Auto ..., s.r.o.** ze Žďáru nad Sázavou, který nám poskytl automobilový alternátor a autobaterii.

## Seznam použité literatury, webových stránek a dalších zdrojů informací

[1] *Mojmír Hofírek*: Termomechanika

Fragment, 1998

[2] *Jan Täubel*: Vodní pára ve vytápění

Společnost pro techniku prostředí, 2000

[3] Internetové zdroje

<http://petrsedyabcd.blog.cz/>

<http://www.walter-fendt.de/ph14cz/>

<http://www.quido.cz/fyzika/149fyzika.htm>

[http://archiv.otevrena-veda.cz/users/Image/default/C1Kurzy/Fyzika/19\\_20bednarik\\_cervenka.pdf](http://archiv.otevrena-veda.cz/users/Image/default/C1Kurzy/Fyzika/19_20bednarik_cervenka.pdf)

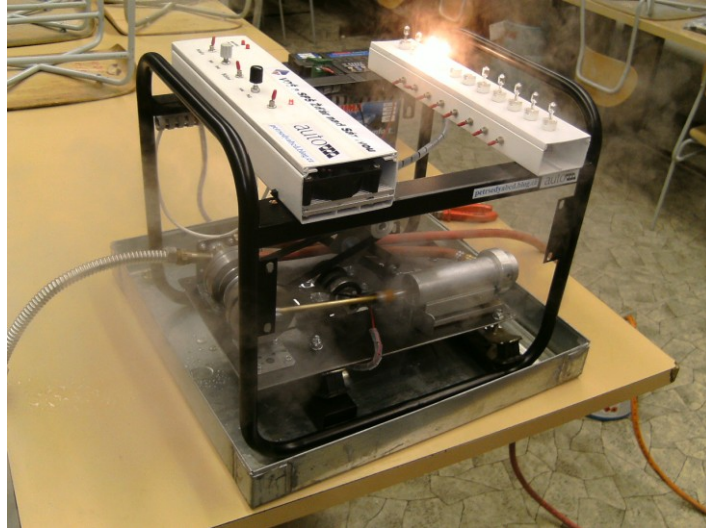
(*Dr. Ing. Michal Bednařík & Ing. Milan Červenka Ph. D.*: Využití intenzivních zvukových polí)

[4] *David Kolář*: Ekologická parní elektrocentrála

Enersol 2011

[5] konzultace s Ing. Pavlem Judou – energetickým auditorem a revizním technikem tlakových nádob

**Obrazová příloha:**



Elektrocentrála v chodu (demonstrace výroby elektrické energie)