

# Využití netradičních zdrojů energie v oblasti železniční infrastruktury

Odborná konference: Promatten, Vidly, 26.11.2009

Ing. Zbořil J.

Výzkumný a vývojový pracovník

DT - Výhybkárna a strojárna, a.s., Prostějov

[www.dtv.m.cz](http://www.dtv.m.cz)

# Využití netradičních zdrojů energie v oblasti železniční infrastruktury

---

- Osnova
  1. Úvod
  2. Inovační činnost
  3. Ohřev železničních výhybek
  4. Geotermální ohřev výhybek
  5. Diagnostika pomocí Piezoelektrického jevu
  6. Energetické využití Piezoelektrického jevu
    - 6.1 Využití lidského pohybu
    - 6.2 Využití automobilového provozu
    - 6.3 Využití železničního provozu
  7. Závěr

# 1.Úvod

---

- Současné technologie výroby energie spolu s vývojem nových materiálů a s podporou výpočtových metod umožňují jejich aplikaci i do oborů u nichž se na to ještě před několika lety ani nepomyslelo. Tento příspěvek má za cíl presentovat technologie netradičních zdrojů energie aplikovaných v oblasti železniční infrastruktury.

# 1. Úvod

---

- Existuje rozdíl mezi přírodními zdroji, jejichž charakteristikou je to, že jsou zdroji pouze „**potenciálními**“ a s reálnou ekonomikou samy o sobě žádnou bezprostřední souvislost nemají ( např. ropa nebyla pro egyptské faraóny reálným a použitelným zdrojem ) a skutečnými „**ekonomickými**“ zdroji, které díky existujícím technologiím a cenám mohou, ale nemusejí, být v realitě využívány, vyčerpávány a eventuálně i vyčerpány.
- Z hlediska péče o energetickou efektivnost a úsporná opatření lze konstatovat, že jediná čistá energie, je energie nevyrobená, tzn. ušetřená a výroba v místě spotřeby energie s sebou přináší také podstatné snížení ztrát. Cestou komplexního a soustavného studia oborů lidské činnosti, lze v budoucnu dosáhnout nových zdrojů energie či jejich úspor.

## 2. Inovační činnost

---

- Pojem inženýrství je odvozen od latinského slova „ingenium“, což v této souvislosti znamená „důvtip“ či „tvůrčí duch“. Opakem inovace je zastarávání a rutina a to bývá také často důvod proč se inovace setkávají s množstvím překážek a někdy také i s velkým odporem.
- Kreativita pracovníka zabývajícího se inovační činností by měla vyplývat ze schopnosti nacházet vztahy mezi dříve nespojenými zkušenostmi, idejemi či produkty.

## 2. Inovační činnost

---

- Vedle obecně známé metody „Brainstormingu“ ( systematicky vedená rychlá diskuse mezi experty různého zaměření, s cílem podnítit tvůrčí myšlenky a nová řešení týkající se předem zvoleného problému ) existuje také tzv. technika „SCAMPER“, jež může pracovníka inspirovat při tvorbě nového produktu či výrobní technologie. Výsledný stupeň inovační činnosti takového pracovníka, lze definovat od „převzetí poznatku beze změny od jinud“ až ke „zcela novému poznání“.

## 2. Inovační činnost

<b>S</b> ubstitute	nahradit některé části produktu něčím jiným
<b>C</b> ombine	kombinovat různé produkty či činnosti
<b>A</b> dapt	adaptovat produkt do zcela jiných podmínek
<b>M</b> odify	modifikovat – pozměnit způsob výroby, designu, užití
<b>P</b> ut to another use	použít jinak – jak jinak může produkt sloužit
<b>E</b> limine	vyločit některé součásti či funkce
<b>R</b> everse	obrátit používaný postup

Technika SCAMPER

Stupeň inovace	Význam	Popis
<b>0.</b>	Akceptace	převzetí poznatku beze změny
<b>1.</b>	Imitace	napodobení jinde existujícího řešení se stejnou funkcí
<b>2.</b>	Analogie	převedení poznatku z jiné vědní oblasti
<b>3.</b>	Absolutní invence	zcela nové poznání

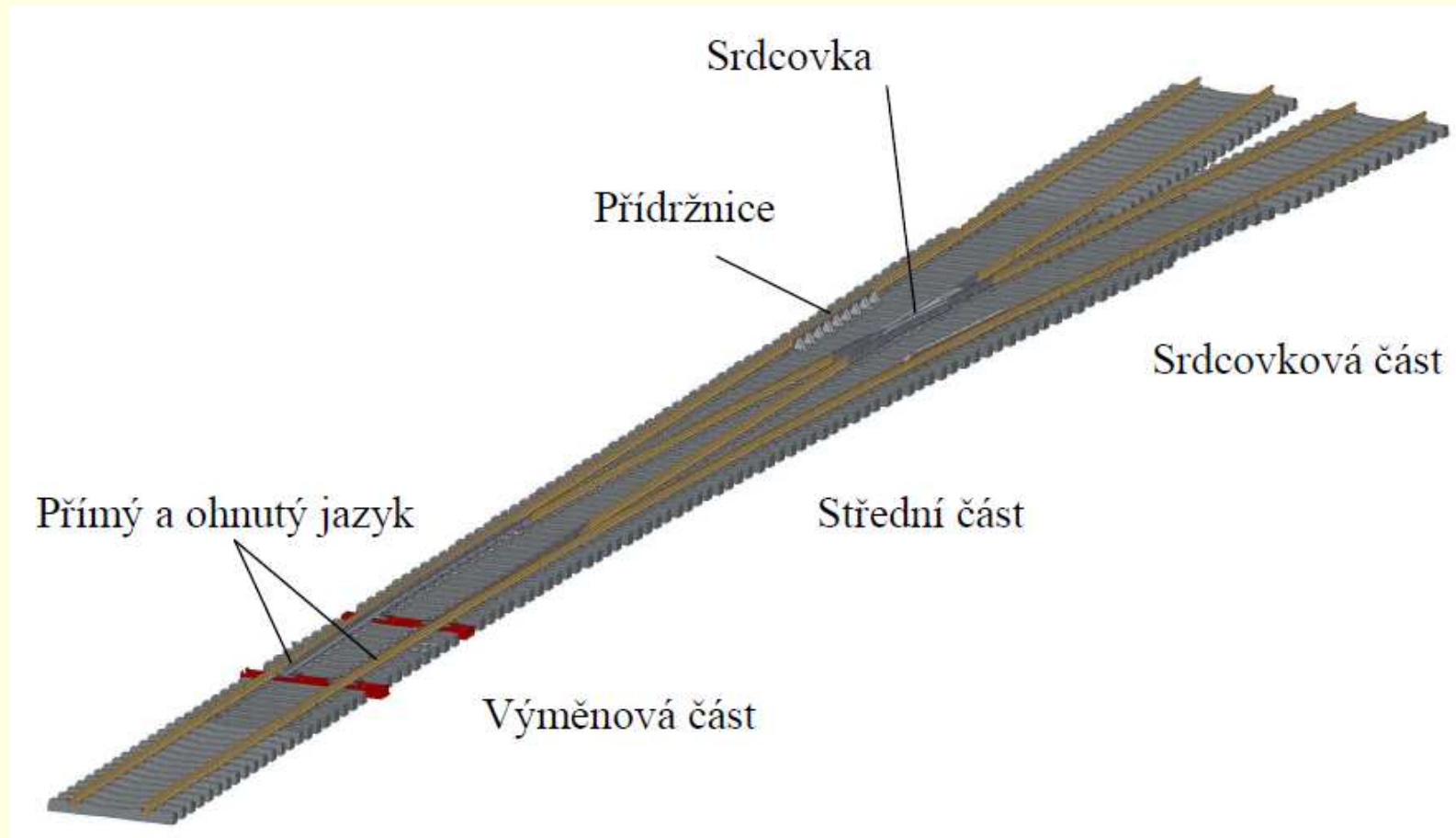
Stupně inovace

## 3. Ohřev železničních výhybek

---

- V současné době se proti vzniku námrazy a sněhové vrstvě na kluzných plochách pro přestavení jazyků výhybek používá tzv. elektrický a plynový ohřev výměn.

# Popis výhybkové konstrukce

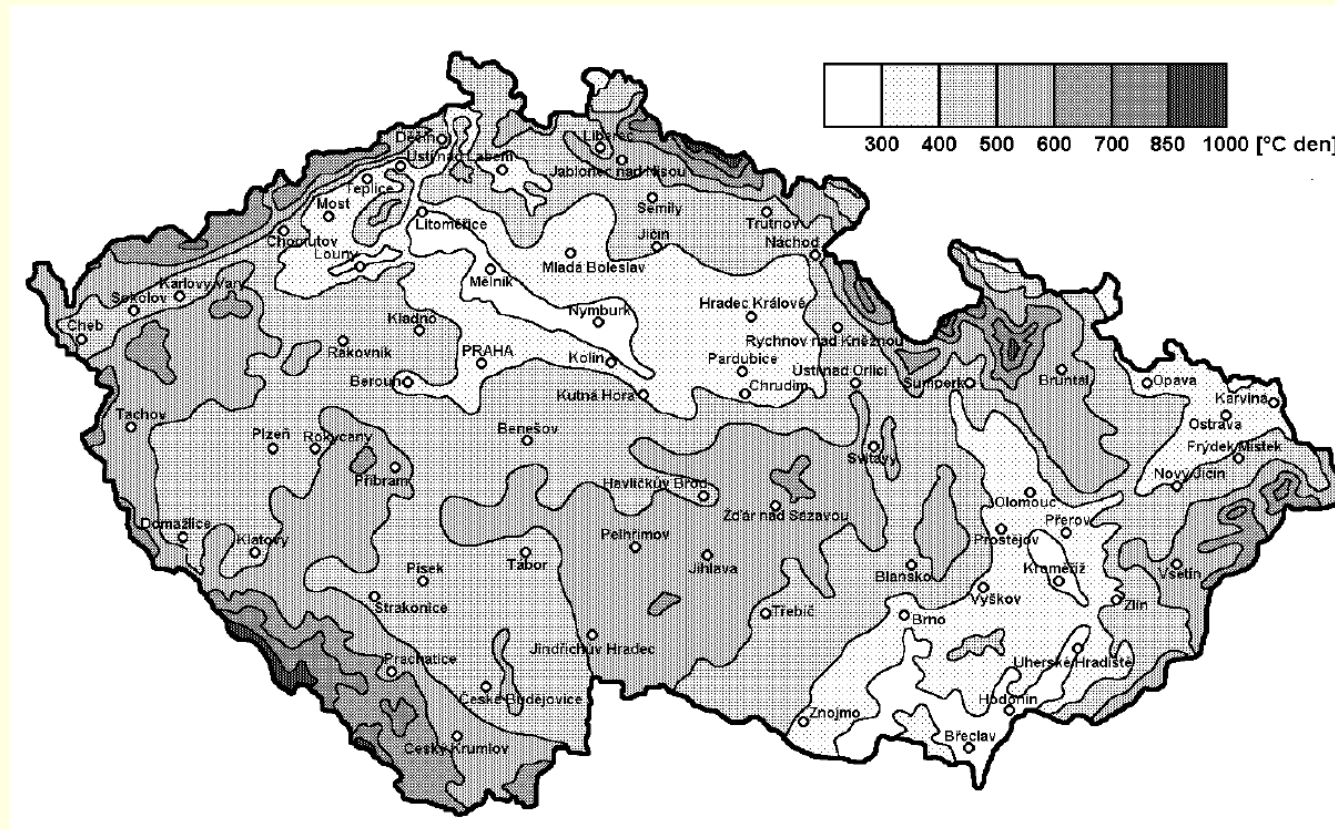


### 3. Ohřev železničních výhybek

---

- Ohřev je v provozu v případě nebezpečí sněžení či námrazy a také když teplota okolí klesne pod 3°C. Z důvodu požadované doby reakce ohřevu na kolejnici, začíná ohřev na 400°C a ustálí se na 40°C. V zimním období lze tato zařízení použít pro ohřívání kluzných stoliček, opornic, závěrů výměn i pohyblivých hrotů srdcovek a přestavníků samovratných výhybek.
- V evropských zemích bývá elektrický ohřev výhybek ( EOV ) nasazován v období říjen až březen ( celkem 4 368 hod. ). Roční provozní doba EOV je proto především závislá na geografickém umístění výhybky a na průběhu teplot v daném zimním období.

### 3. Ohřev železničních výhybek



### 3. Ohřev železničních výhybek

#### Příkladový výpočet roční spotřeby elektrické energie železniční výhybky

- Pro příklad výpočtu roční spotřeby jedné výhybky s instalovaným výkonem odporových topných tyčí ( topnic ) cca 5kW, byla z naměřených hodinových teplot, v období srpen 2008 až červen 2009, ve vybraném místě Chlumci nad Cidlinou, jež byly menší než 3°C, zjištěna nutná provozní doba EOv v délce 1 782 hodin a z ní plynoucí spotřeba 8,91MWh/rok.
- Dle tab. lze vyčíslit cenu za roční spotřebu trakční elektrické energie v roce 2008 EOv příkladové výhybky na 19 513Kč.

Rok	Kč/kWh	meziroční nárůst ceny v %
2005	1,45	-
2006	1,59	9,7
2007	1,8	13,2
2008	2,19	21,7

Vývoj cen trakční energie v ČR

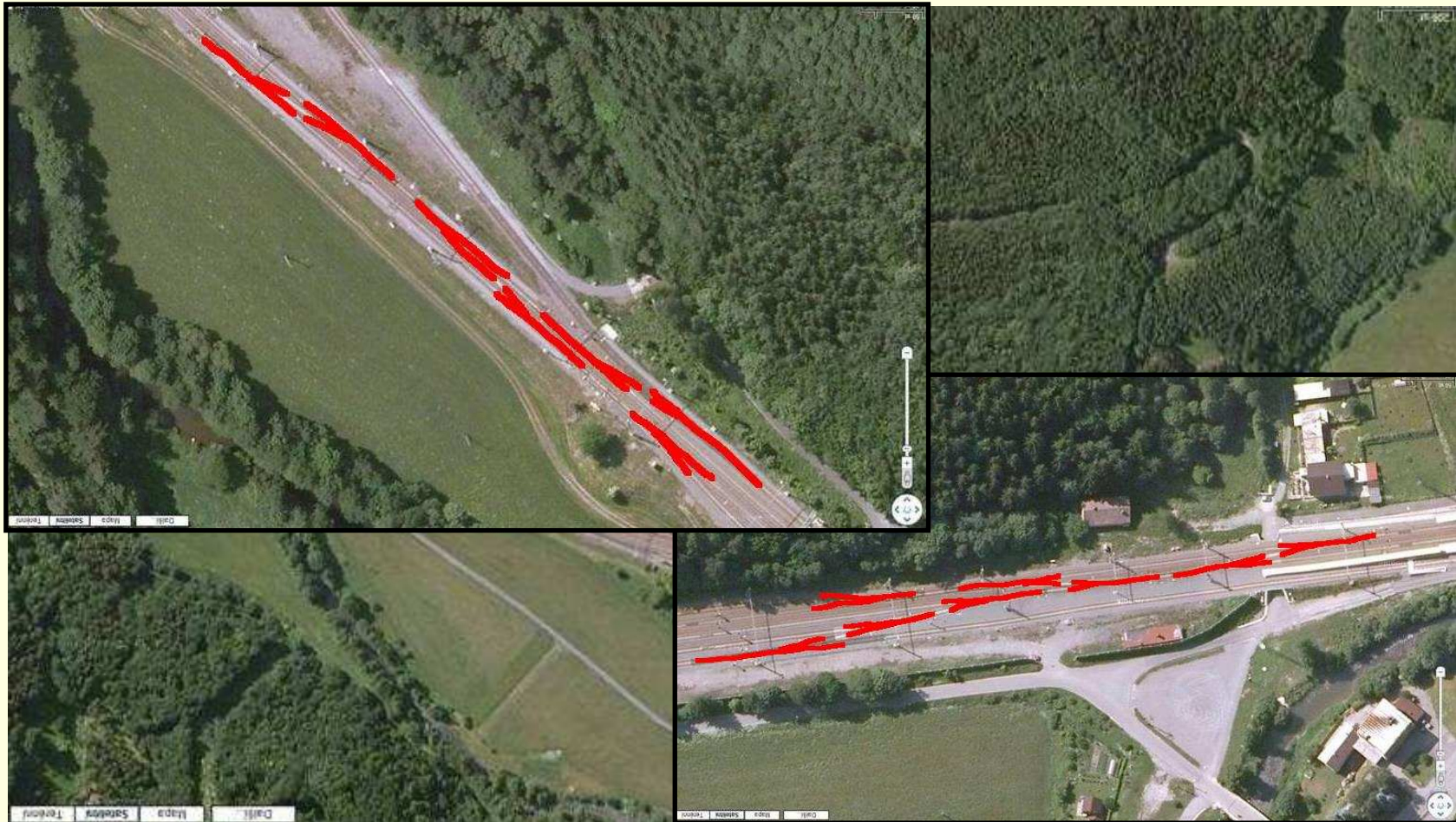


# ŽST Hoštejn - EOV



Promatten, Vidly, 26.11.2009

# ŽST Hoštejn - EOV



Promatten, Vidly, 26.11.2009

### 3. Ohřev železničních výhybek

- Definování předpokládané roční spotřeby elektrické energie EOV na železniční trati v ČR
- Z důvodu probíhající modernizace železniční infrastruktury a výstavby koridorových tratí v ČR, jejichž dokončení se předpokládá v roce 2016, není tato spotřeba elektrické energie EOV na celém území ČR zatím zcela přesně u všech výhybek statisticky sledována.

	Délka žel. sítě [km]	Délka el. žel. sítě [km]	Spotřeba EOV [GWh/rok]
Německo	34 218	19 350	200-300 [4]
ČR	9 491	3 037	<b>31,4 – 47,1</b>
Násobek	3,6	6,37	předpoklad 6,37

*Určení roční spotřeby elektrické energie EOV z předpokladu stejného počtu EOV na délce elektrifikované železniční sítě v Německu a ČR.*

### 3. Ohřev železničních výhybek

- Při předpokladu použití EOV pro výhybky 1. a 2. koleje tranzitních koridorů lze dle dřívějšího statistického vyhodnocování [8] odhadovat jejich počet na cca 4 000ks, tzn. že spotřeba elektrické energie, dle příkladového výpočtu, je v ČR přibližně **35,6GWh/rok**, což s přihlédnutím k předchozím podmínkám provozu EOV odpovídá také odhadu dle tabulky srovnání ČR – SRN.
- Nicméně je nutné zdůraznit, že byl proveden velice zjednodušený výpočet, jež má za cíl určit především řádové hodnoty této spotřeby elektrické energie.

	Délka žel. sítě [km]	Délka el. žel. sítě [km]	Spotřeba EOV [GWh/rok]
Německo	34 218	19 350	200-300 [4]
ČR	9 491	3 037	<b>31,4 – 47,1</b>
Násobek	3,6	6,37	předpoklad 6,37

*Určení roční spotřeby elektrické energie EOV z předpokladu stejného počtu EOV na délce elektrifikované železniční sítě v Německu a ČR.*

### 3. Ohřev železničních výhybek

---

- České dráhy jsou největší odběratel elektřiny v ČR a odebrané množství elektřiny je cca 1,4 TWh, tzn. že EOv z ní, dle předchozího výpočtu, spotřebuje přibližně 2,2 – 3,3%. Toto množství odebrané elektrické energie odpovídá finančním nákladům cca 68 až 103 milionům Kč v roce 2008.
- Pro doplnění přehledu o významu této spotřeby a nákladech je vhodné doplnit, že výroba elektrické energie v ČR byla v roce 2008 cca 83,5TWh a její spotřeba dosahovala přibližně 60,9TWh.

## 4. Geotermální ohřev výhybek

---

- V současné době je na území Německa ( žst. Holzminden ) a Nizozemí ( žst. Lelystad ) v provozu několik zkušebních úseků s netradičním ohřevem výhybek.
- Tyto systémy geotermálního ohřevu výhybek využívají zemního tepla, jež je získáváno z trubkového systému uloženého v zemi.
- V případě ohřevu výměn železničních výhybek je požadován malý průřez trubky a to vyžaduje vysokou průtokovou rychlost média.
- Nejdříve byly využívány systémy s oběhovým čerpadlem, ale lepších výsledků se očekává od novějších systémů bez motoricky pohaněného čerpadla.

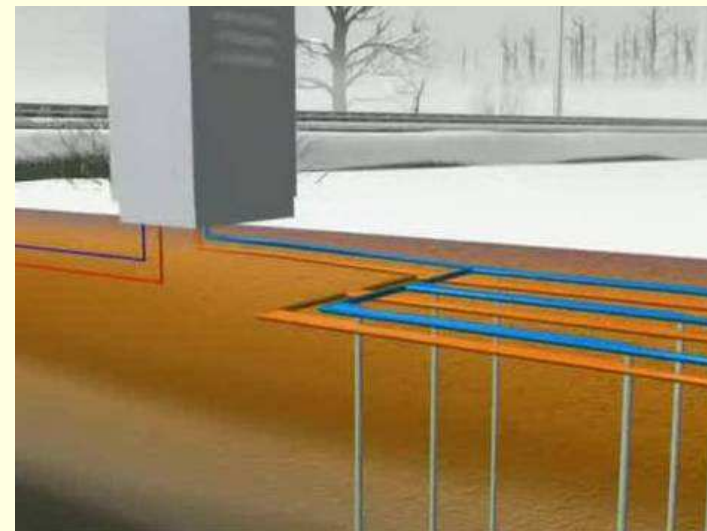
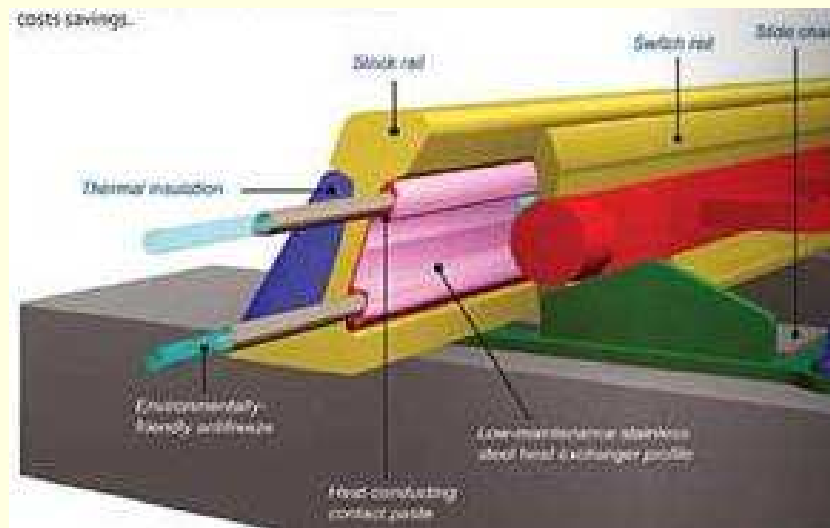
## 4. Geotermální ohřev výhybek

---

- Toto nové provedení je projektováno z vakuově uzavřené trubky, jež je naplněna plynným médiem (  $\text{CO}_2$  ) pod tlakem 40 barů.
- Zdrojem tepla je zemní teplo o hodnotě přibližně  $10^\circ\text{C}$ , jež se získává z hloubky cca 100m.
- Průměrně se získává cca 50W na jeden metr vyvrtané hloubky.
- Aby nedocházelo k tepelným ztrátám v povrchové vrstvě zeminy je horních 10m těchto trubek tepelně izolováno.
- Systémy jsou projektovány jako jedno či více okruhové a celkově lepších výsledků bývá dosahováno v systému bez výměníku.

## 4. Geotermální ohřev výhybek

- Výhoda tohoto systému spočívá v tom, že teplota kolejnic je bez řízení trvale udržována nad bodem mrazu. Součásti vyžadují pro ohřev nízkou teplotu při malých tepelných ztrátách. Jako další výhoda je udávána celková bezpečnost takto neřízeného provozu a snížené náklady na údržbu. Tento systém lze použít i tam, kde není dostatečná infrastruktura.

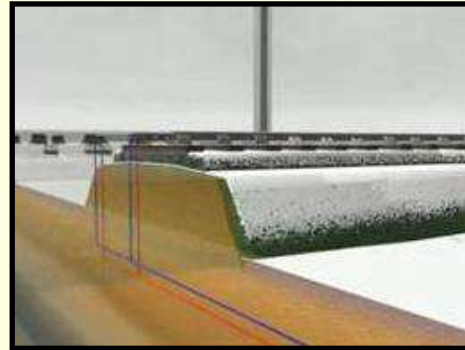


## 4. Geotermální ohřev výhybek

- Tento způsob ohřevu lze také aplikovat pro železniční nástupiště, přejezdy a přechody a z toho důvodu také nahradit současné používání písku, drobného štěrku či soli.



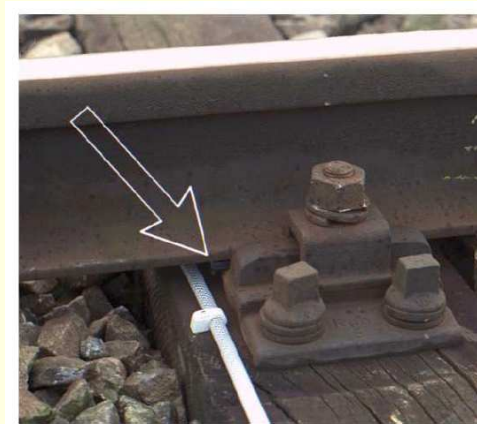
## 4. Geotermální ohřev výhybek



Promatten, Vidly, 26.11.2009

## 5. Diagnostika pomocí piezoelektric. jevu

- Piezoelektrické ( podle řeckého slova „piedzó“ - tlačit ) snímače tlaku, síly nebo zrychlení jsou založeny na tzv. Piezoelektrickém jevu.
- Při působení mechanických deformací dochází u některých druhů krystalů ( např.  $\text{SiO}_2$  či  $\text{BaTiO}_3$  ) ke vzniku elektrického náboje.
- V oblasti železničního svršku a spodku lze tyto piezoelektrické snímače použít např. ke zjištění průjezdu vlaku.



## 6. Energetické využití piezoelektric. jevu

---

- Bývá nazýváno jako „Piezoelectric energy harvesting“, „Vibration Harvesting“ či „Movement Harvesting“.
- Jde o získávání elektrické energie z energie kinetické.
- Pro využití v oblasti železniční infrastruktury lze navázat na zkušební projekty, jež byly použity pro transformaci energie:
  - z lidského pohybu ( umístěním piezoelektrických generátorů v podlaze )
  - z automobilové dopravy ( umístěním piezoel. gen. v asfaltové vrstvě silnice )

## 6.1 Využití lidského pohybu

- Piezoelektrické V současné době probíhá zkušební provoz zařízení postavené společností East Japan Railway Company ( JR East ) v japonském metru. Jde o část podlahy, jež generuje elektřinu pomocí kinetické energie z lidského pohybu a získaná energie je využívána pro vstupní lístkový turniket do podzemní části metra a informační display.



## 6.1 Využití lidského pohybu

- Po provedení ročního vyhodnocení systému bylo zjištěno, že při zahájení systém generoval, pro průchod jedné osoby turniketem, cca 1W/s a po sedmi týdnech se ustálil na 0,66W/s.



## 6.1 Využití lidského pohybu

- Předpokládá se rozšíření systému na plochu 25m<sup>2</sup> generujícím 1 400kW/den ( tzn. 16W/s ) zásobujícím energií všechna potřebná zařízení pro obsluhu cestujících.



Promatten, Vidly, 26.11.2009

## 6.2 Využití automobilového provozu

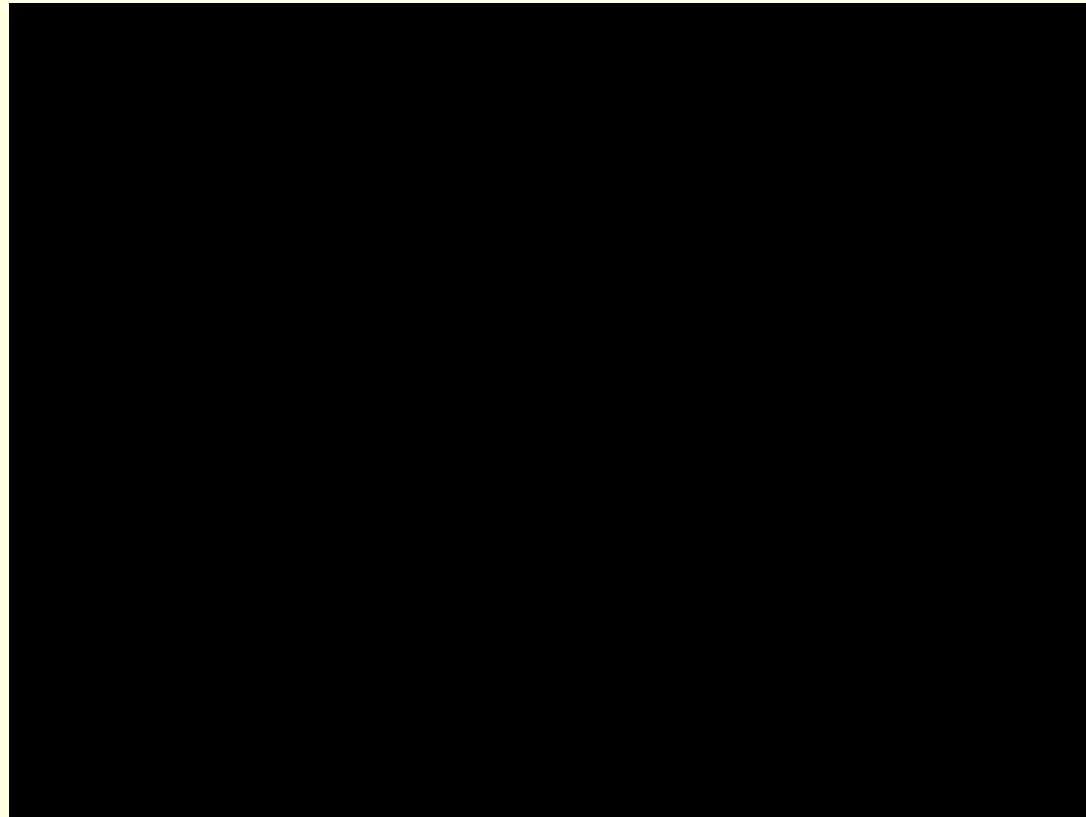
- V únoru 2009 proběhl na izraelské Technion, I.I.T. ( Israel Institut of Technology ) v Haifě experiment, kdy byla elektrická energie vyráběna na zřízeném zkušebním úseku, jež se skládal ze dvou speciálních, rovnoběžných, 10-ti metrových, asfaltových pásů, v nichž byly umístěny každých 300mm piezoelektrické generátory IPEG ( Innowatech Piezoelectric Electric Generators ), v hloubce 60mm pod povrchem vozovky.



## 6.2 Využití automobilového provozu

---

- Zkušební úsek byl pojížděn 17ti tunovým, čtyř nápravovým vozidlem. Po vyhodnocení výsledků bylo definováno, že k výrobě 1 kWh by bylo třeba, aby projelo 1000 vozidel za hodinu, průměrnou rychlostí 72km/h.



Využití netradičních zdrojů energie v oblasti železniční infrastruktury

	Wind	Solar	Geothermal	Hydro power	Coal	Oil & Gas	Energy harvesting from roads, railways & runways via IPEG™ <b>INNOWATTECH</b> ENERGY HARVESTING SYSTEMS
Cost, c per kWh	3 – 10	10 – 20	2 – 10	2 – 10	8 – 10	8 – 16	3 – 10**
Payback, years***	12 – 30	20 – 30	10 – 20	12 – 15	15 – 20	10 – 13****	6 – 12**
Reliable	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Clean	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓
Mature Technology	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Deployment Availability	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓
Implementation in urban areas	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
Low maintenance cost	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Successfully operates in Northern areas	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Preserves environment in original state	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Energy production cycle coincides with consumption peak cycle	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓

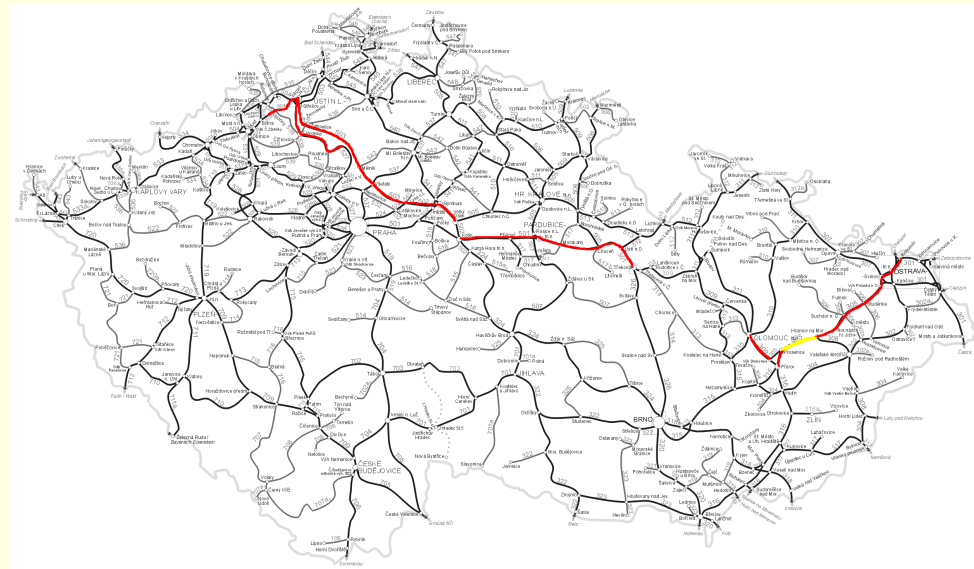
## 6.3 Využití železničního provozu

---

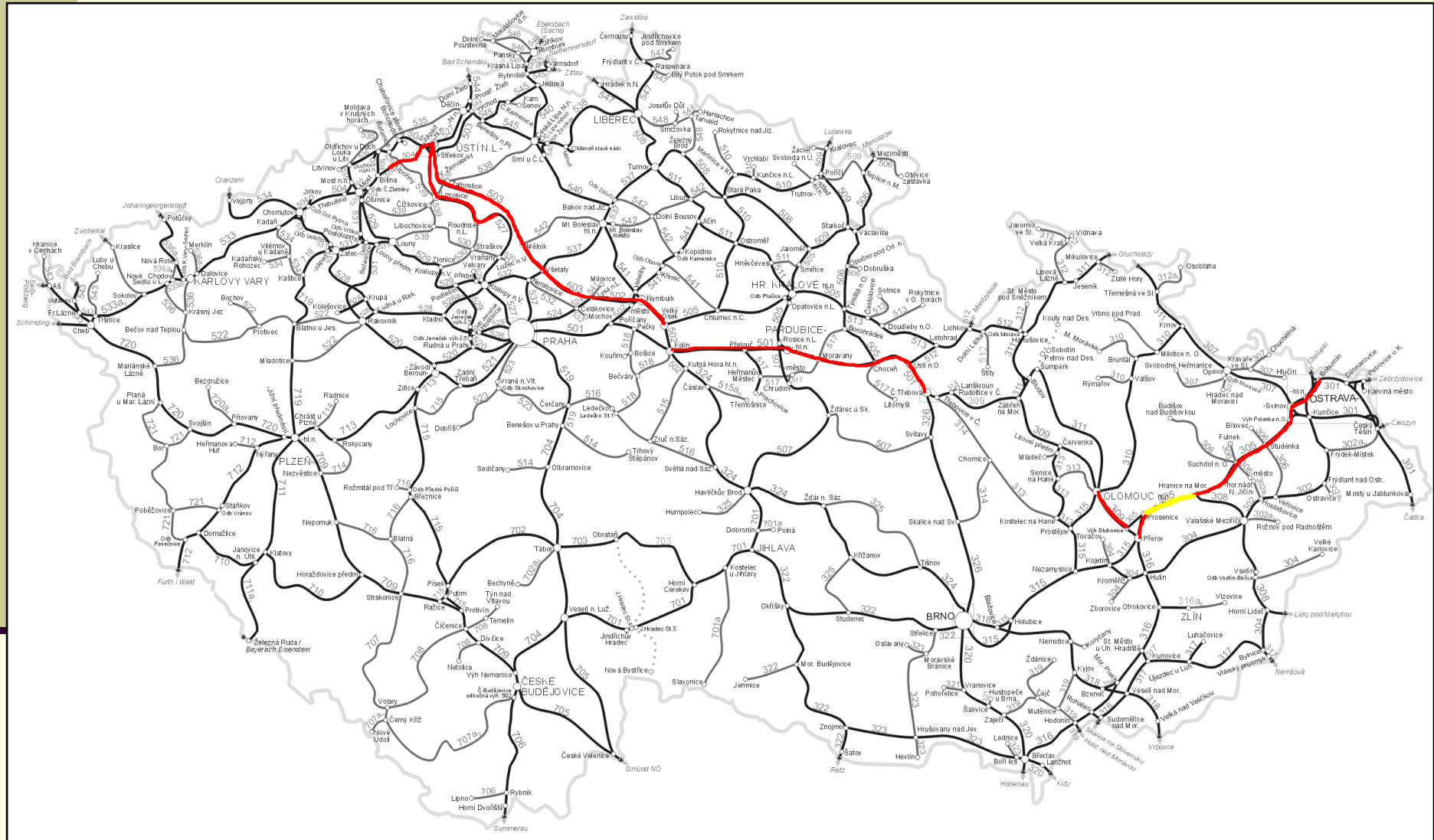
- Ze zkušeností ze získávání elektrické energie využitím automobilového provozu je odhadovaný výkon z železniční trati za hodinu, po níž průměrně projede 15 vlaků a každý o 15ti vagónech ( 900 náprav za hodinu, tzn. zátěž cca 178 mil. t. za rok ), cca 150kW.

## 6.3 Využití železničního provozu

- Provozní zatížení na železniční trati v ČR se rozděluje do 6-ti řádů. Nejvíce zatížená, tzn. prvního řádu, je kolej se zatížením nad 47,5 mil. hrt. ( tzv. hrubá tuna vzniká přepočtem od osobní a nákladní dopravy a se zahrnutím vlivu rychlosti ) a druhého řádu, kde provozní zatížení dosahuje 29,2 – 47,5 mil. hrt.
- Nejvhodnější umístění v ČR je na přibližně 20km úseku mezi Prosenicemi a Hranicemi, kde je možný výkon cca 40kWh.



# Využití netradičních zdrojů energie v oblasti železniční infrastruktury



Promatten, Vidly, 26.11.2009

## 7. Závěr

---

- Z hlediska snižování závislosti **na fosilních palivech** bude budoucnost v energetice spočívat ve stále se zvyšující výrobě energie z různých **netradičních zdrojů energie**.
- Těchto netradičních či úplně nových zdrojů, popř. úspor energie, může být efektivně dosaženo cestou komplexního a soustavného studia oborů lidské činnosti a **podporou inovační činnosti** pracovníků nejen v energetickém průmyslu.
- Tento příspěvek prezentoval možnosti aplikace **netradičních zdrojů energie** do **oblasti železniční infrastruktury**. Informoval o různých zkušebních úsecích, jež se touto problematikou ve světě v posledních dvou letech zabývají a definoval **možný potenciál** těchto projektů **na železniční trati v ČR**.



## Přesah do společenských věd...

### Citáty:

- *Zásoba zdrojů se zvětšuje spolu s naší zásobou vědomostí. ( P.H. Aranson )*
- *Zdroj je vždy funkcí ceny a technologie. (Simon, J.)*
- *Potenciální zdroje jsou přeměňovány ve zdroje ekonomické právě a jedině jeho „konečným zdrojem“, kterým není nikdo jiný než člověk, jeho invence a jeho úsilí. (Simon, J.)*
- *Tento „lidský zdroj“ však pro svou seberealizaci musí mít svobodu být sám sebou. Svobodu i, nebo především, od environmentalistů. ( Klaus, V. )*

---

Děkuji za pozornost

Ing. Zbořil Josef

Výzkumný a vývojový pracovník

DT - Výhybkárna a strojírna a.s., Prostějov

Promatten, Vidly, 26.11.2009