

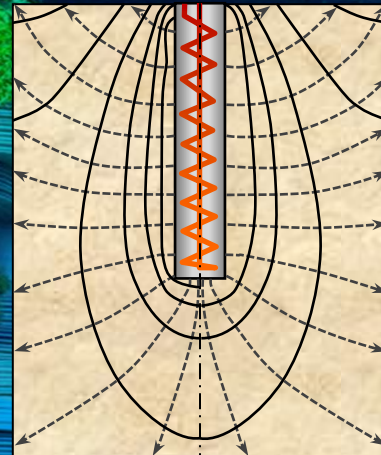
Optimalizace energopilot pro využití energie země

Epilot

Vysoké učení technické v Brně, FAST

Subtech s.r.o.

Geotest a.s.



cameb

CENTRE FOR ADVANCED MATERIALS
AND EFFICIENT BUILDINGS



Cíle a výstupy projektu

Cíle

- **Energetické** – Optimalizace využívání tepla a chladu země základovými konstrukcemi.
- **Statické** – Vyhodnotit vliv tepelné aktivace základových konstrukcí na jejich únosnost.

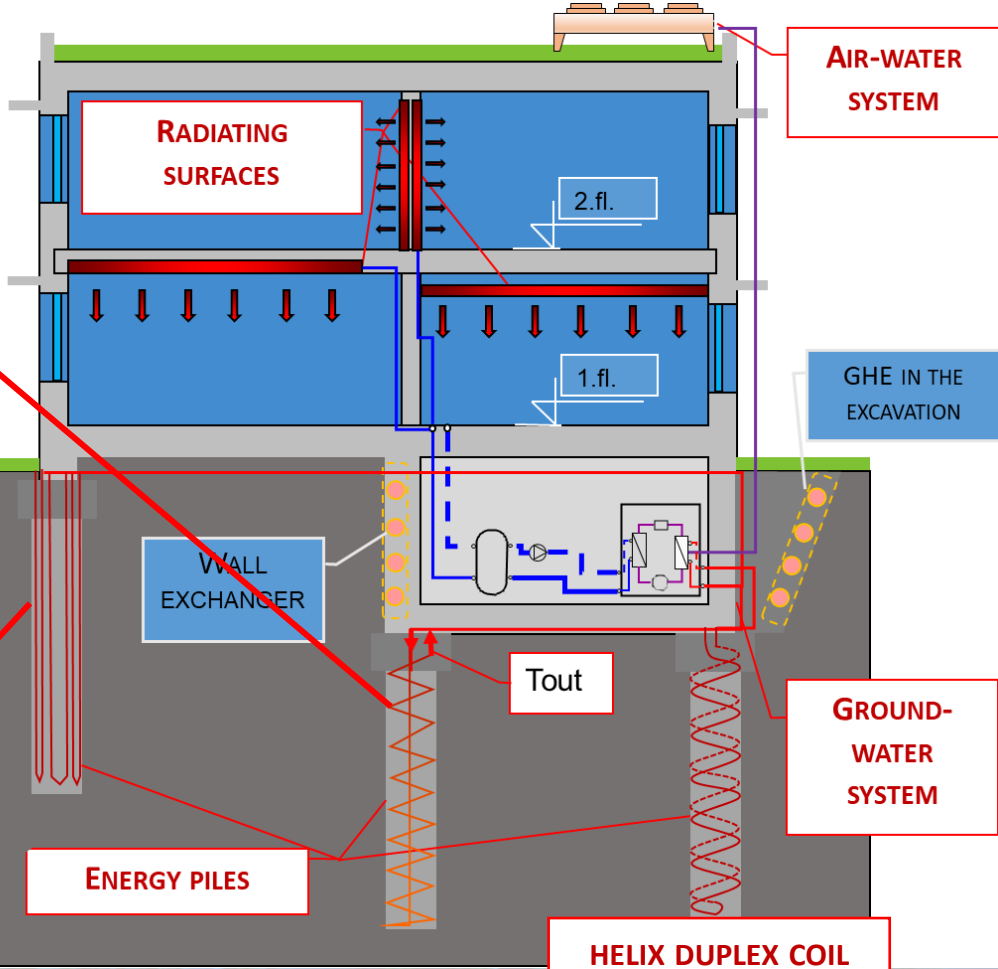
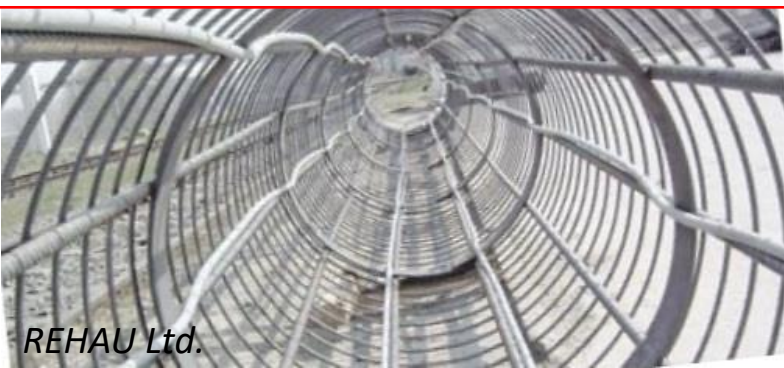
Výstupy

- Software pro tepelné modelování energopilot – pro návrh a optimalizaci tepelné výkonnosti energopilot – **Epile**.
- Software pro stavebně-mechanické posouzení tepelně zatížených pilot – **EpMPF**.
- **ZFMEpilota 1.0** - měřicí sestava pro experimentální výzkum stavebně-mechanické vlastnosti piloty při jejím kombinovaném statickém a teplotním zatížení

HELIX SIMPLE COIL



U-TUBES



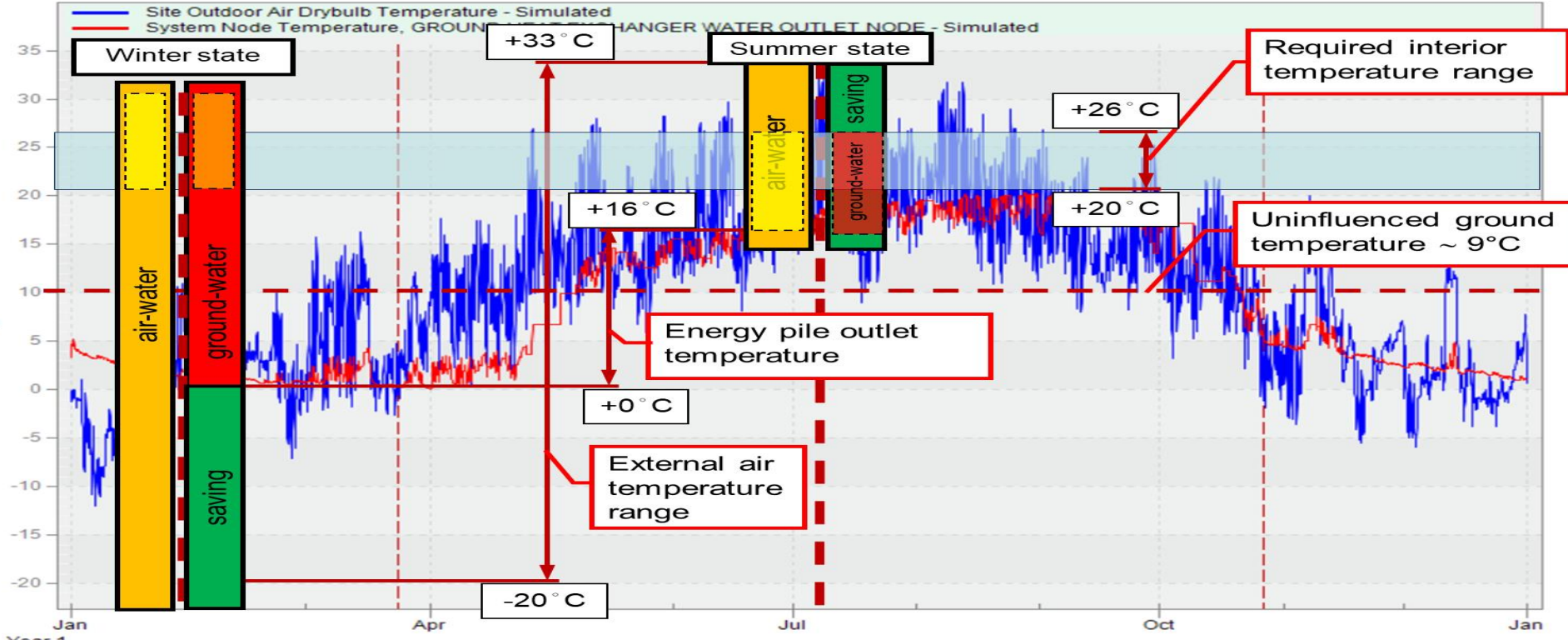


Hourly Frequency

1 leden, Year 1 [1:00] - 1 leden, Year 2 [0:00]

DST Start

DST End





Energetické optimalizace – software Epile

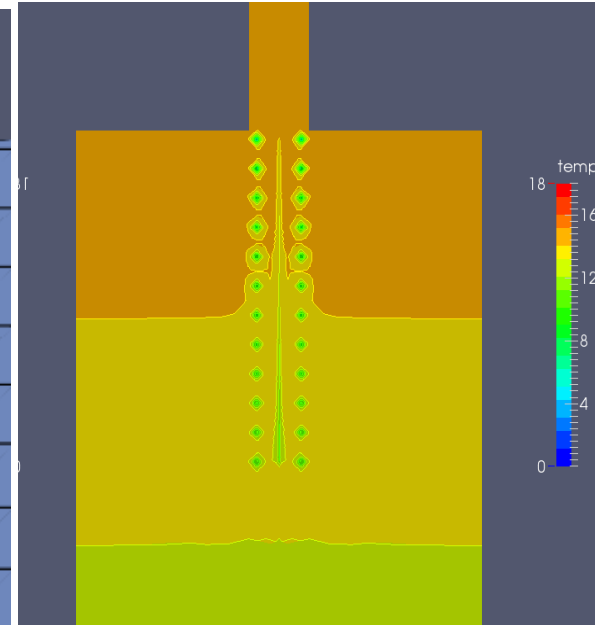
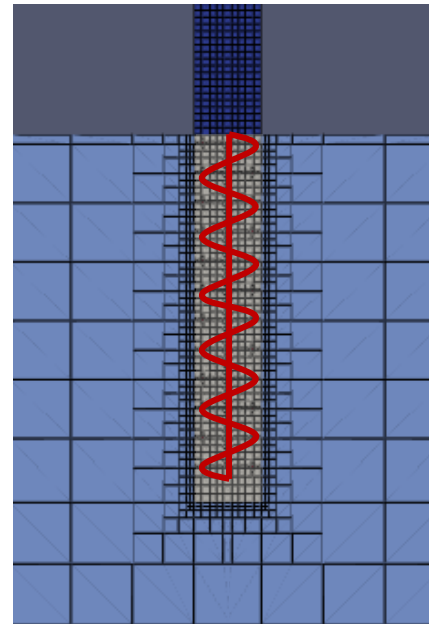
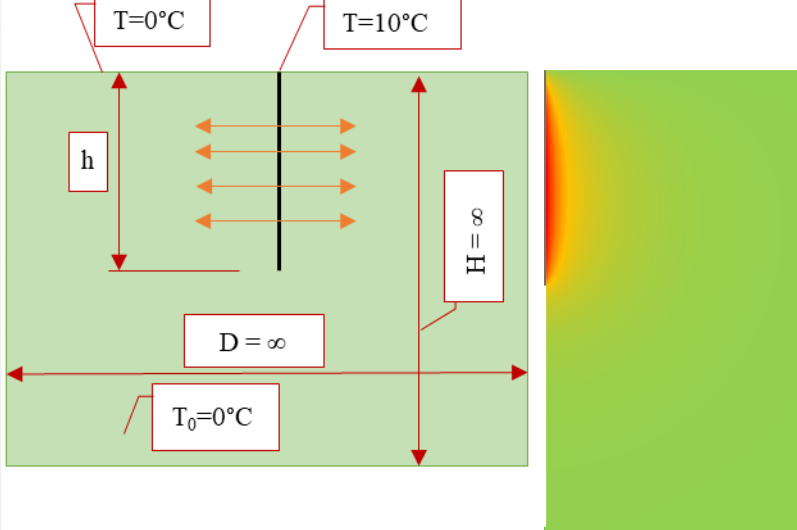


Metody – energetické modelování

Analytické

Numerické 2D RS

Finite line source model



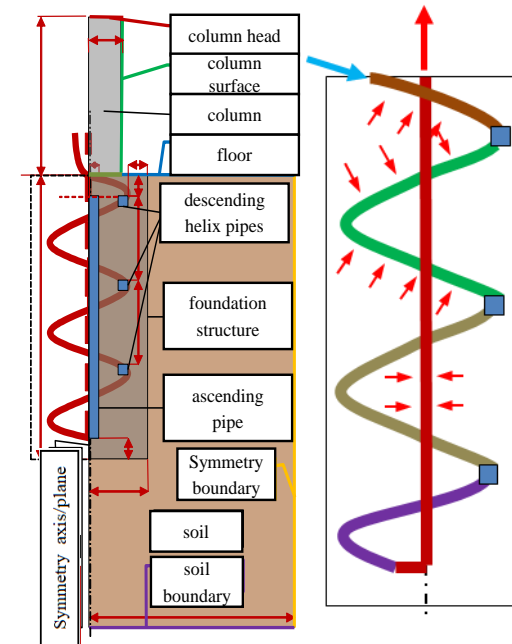
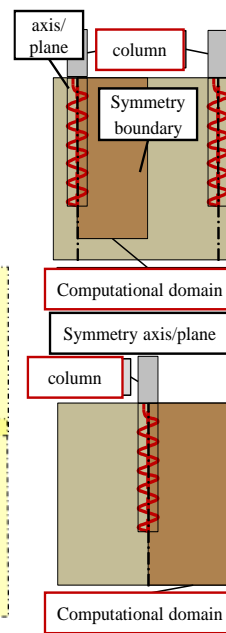
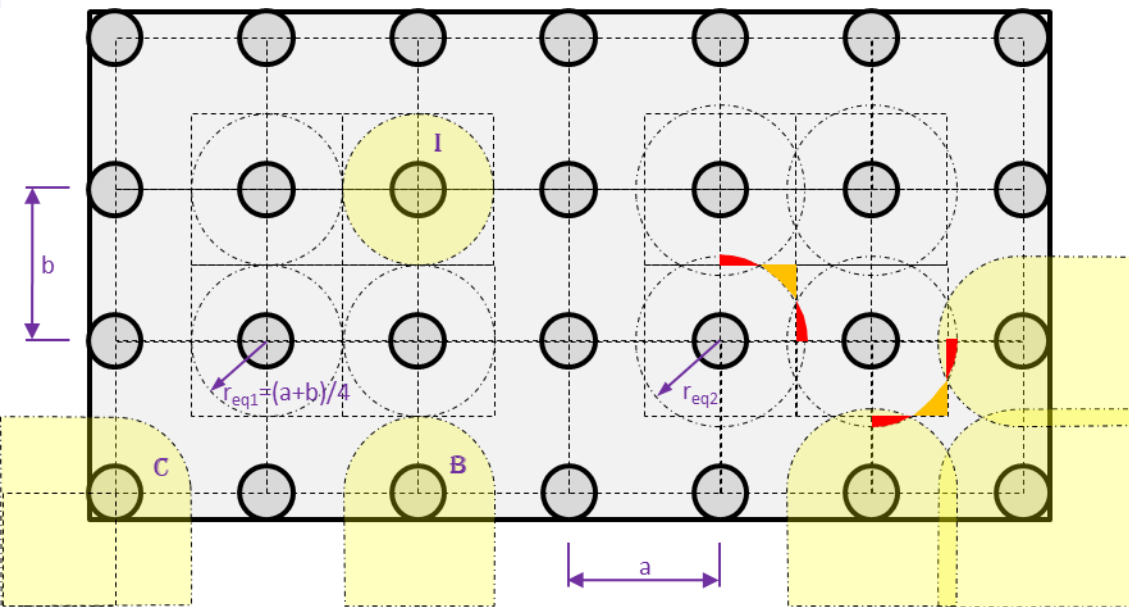


Metody – energetické modelování

Pole pilot

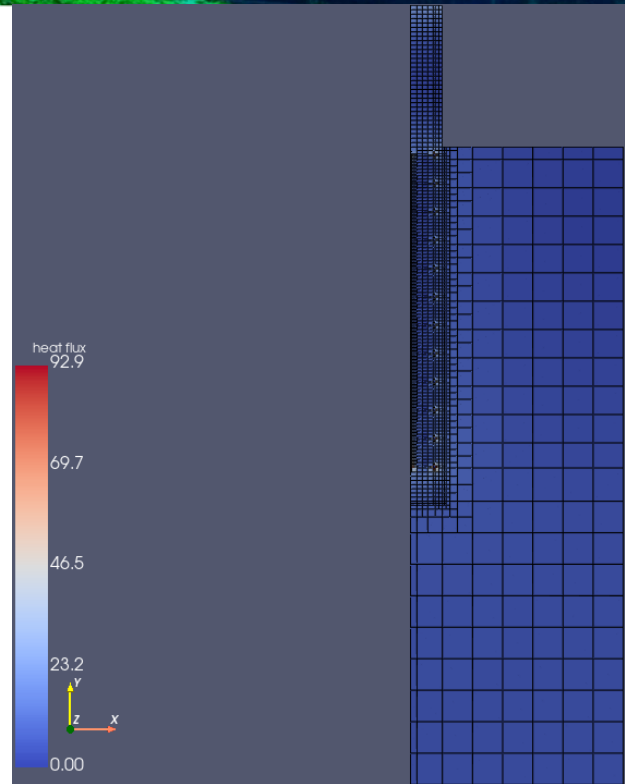
3D → 2DRS

Charakteristická pilota 2D RS





Nezávislost řešení na výpočetní síti





Uživatelské rozhraní Epile

PileMeshGenerator 1.0

Dimensions

Calculation domain

Rd computational domain radius: 3
Ld computational domain length: 0.4

Coil properties

simple coil duplex coil

column radius: 0.2
column length: 1.0
pipe thickness: 0.002

s slope per loop: 0.25
d pipe diameter: 0.02

ou offset upper: 0.2
os offset side: 0.1
ol offset lower: 0.2
rc coil radius: 0.25

n number of pipe loops: 2.4
ll loop length: 1.85511972
lc coil length: 4.477229734
flow: 5
inlet Temp: 5

Coil properties

simple coil duplex coil

column radius: 0.2
column length: 1.0
pipe thickness: 0.002

s slope per loop: 0.25
d pipe diameter: 0.02

ou offset upper: 0.2
os offset side: 0.1
ol offset lower: 0.2
rc coil radius: 0.25

n number of pipe loops: 2.4
ll loop length: 1.85511972
lc coil length: 4.477229734
flow: 5
inlet Temp: 5

Calculation domain

Rd computational domain radius: 3
Ld computational domain length: 0.4

rp pile radius: 0.4
lp pile length: 1

name: testNX

conductivity: 1.5
heat capacity: 2396800

pile: 2.0
soil: 2.0
column: 2.0

Growth Rate Areas

x	y	dx
0	-3	3
0	-2	1.26666666
0	-1.5	0.83333333
0	-1.25	0.61666666
0	-1.125	0.50833333

Boundary conditions

Top boundary

type: Robin

temperature: 20 C
flux: 0 W/m2
surface coef.: 8 W/m2/K
floor coef.: 5 W/m2/K

name: proces
05.11.2020 8:29:34 generating pile geometry
05.11.2020 8:29:34 merge horizontal...
05.11.2020 8:29:34 merge horizontal...
<

Menu Solve Transient Parametric Optimization Options Help

Domain Exchanger... Column Mesh Numerics

2 Domain type
3.00 Domain width [m]

Equivalent width
15.00 Domain height [m]

1 Coil type
Reversed flow
Pipe model

1 Column

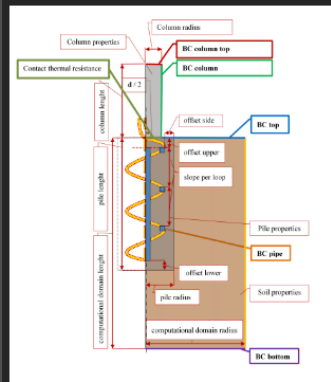
Materials

2.30 Soil conductivity [W/mK]
1000.00 Soil capacity [J/kgK]
1700.00 Soil density [kg/m3]

Top Right Bottom

2 BC top type
20.00 BC top temp [C]
5.00 BC top coefficient [W/m2]
1.00 BC top resistance [m2K/W]

Pile configuration loaded from C:\Users\PC\De



Transient calculation

Transient

2

Functions

Value	Offset	Multiply
8640	0	seconds
3600	0.00	seconds
345600	0.00	seconds

Materials

Time	Value
1000.00	
4200.00	

Boundary condi

Time	Value
10.00	

Parametric calculation

Offset upper [m]: 0.050 - + first 2.000
BC column resistance [m2K/0.000] - + first 0.000

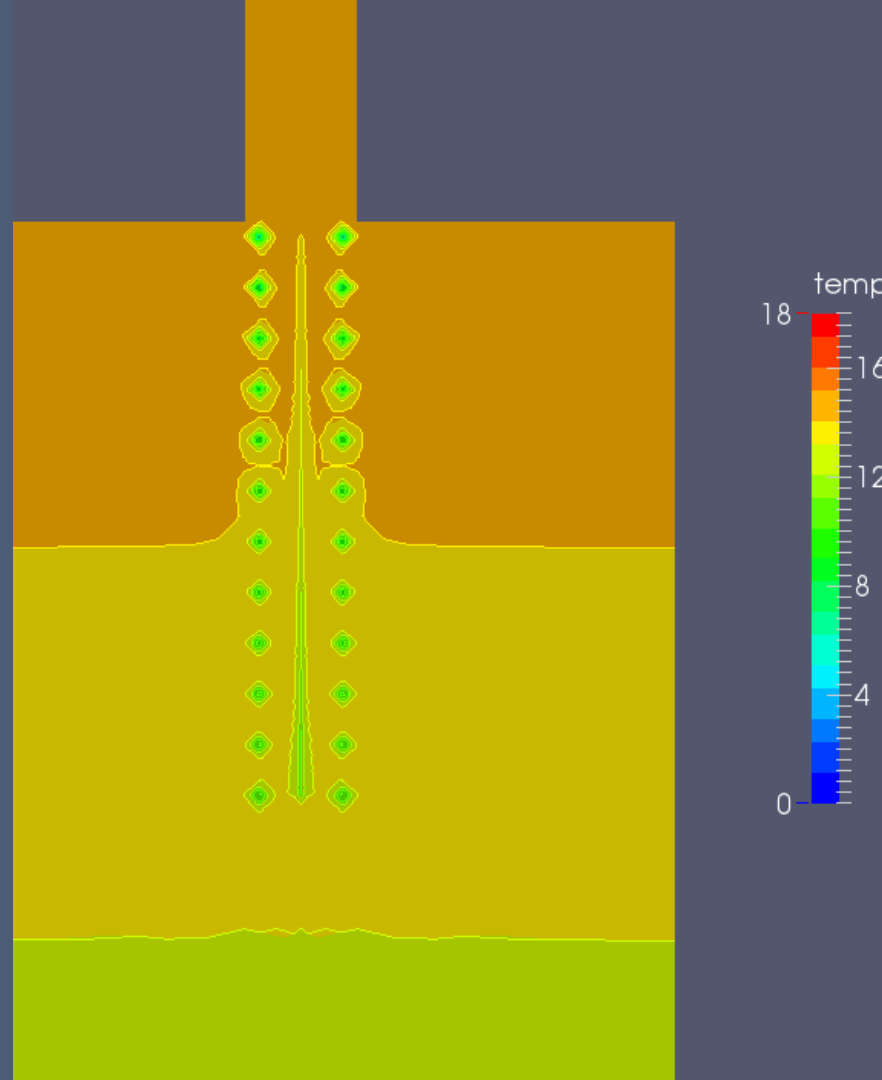
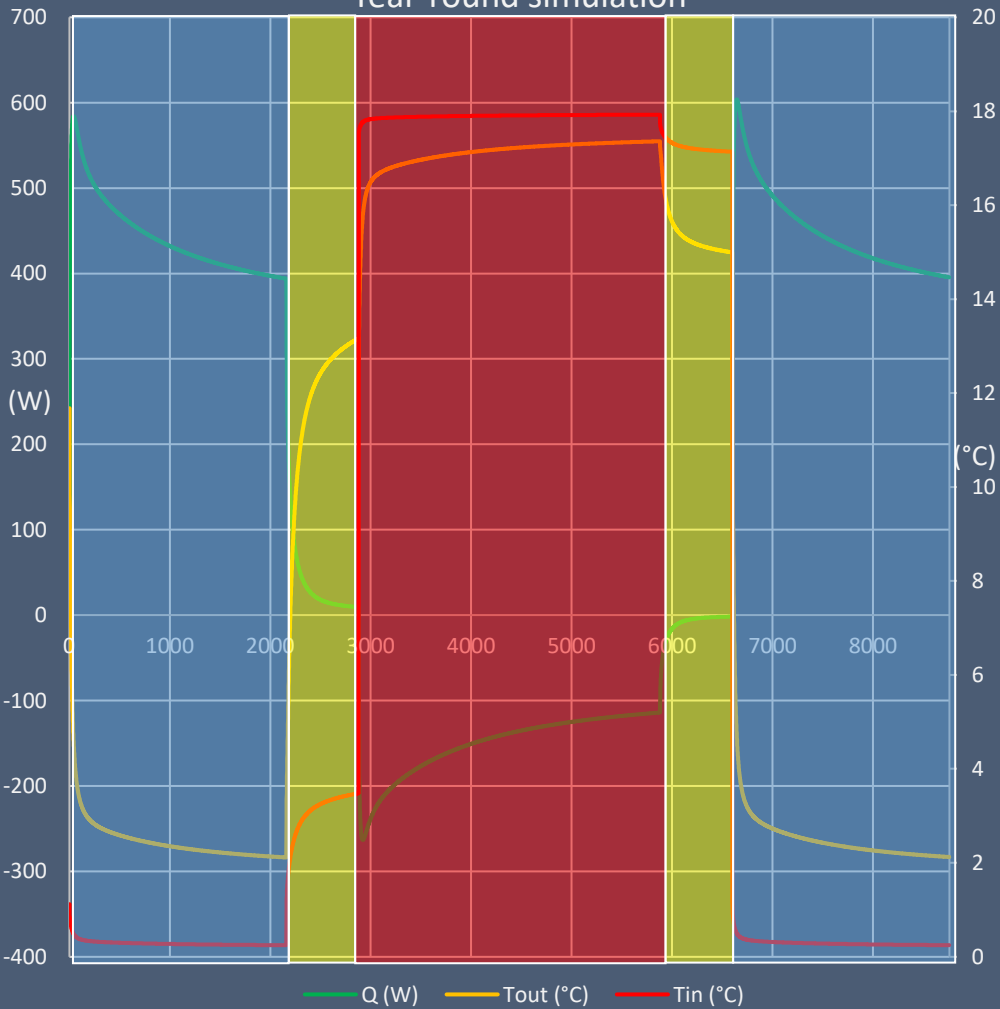
Body width [m]

Water flow velocity [m/s] [0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8]
Slope per loop [m] [0.2, 0.4, 0.6]
Body width [m] [0.2, 0.5667, 0.9333, 0.7, 0.8667, 1.0333, 1.2]
Soil conductivity [W/mk] [0.1, 0.3333, 0.5667, 0.8, 1.0333, 1.2]
Body conductivity [W/mk] [0.1, 0.3333, 0.5667, 0.8, 1.0333, 1.2]
Offset upper [m] [0.05, 0.375, 0.7, 1.025, 1.35, 1.675, 2.0]

water velocity Set Delete
inlet temperature 4 0 15552000 15552001 31104000 26.0 26.0 0.0 0.0
heating/cooling 4 0 15552000 15552001 31104000 -1.0 -1.0 1.0 1.0

1 - + Cores
Parametric calculation

Year-round simulation





Optimalizace

- Parametrické simulace
- Multikriteriální optimalizace 40+ parametrů
 - Bayesian optimization
 - Evoluční algoritmy

Rotational Symmetry (RS)

water inlet = Water 0:
 $T_{w,in}$ temperature = 0 °C; $<-\infty; \infty>$;
 m_w water mass flow = 0,5 m/s; $<0; \infty>$

length of helix pipe upper: $l_{hpu} = (o_u^2 + (2\pi r_c)^2)^{0.5}$

Conductive heat transfer
 $Q_{c,i} = \pi * d * l_{i,i} * h_u * (T_{w,1} - T_{w,in})$ [W]

length of helix pipe upper back: $l_{hpub} = ((o_u + s/2)^2 + (2\pi r_c)^2)^{0.5}$

Water 2:
 $T_{w,2} = T_{w,1} + Q_{c,i} / (\pi * d^2 / 4 * v_w * \rho_w * c_w)$
 $v_{w,2} = v_{w,1}$

length of helix back pipe lower: $l_{hpl} = l_{hpl}$

length of helix pipe lower: $l_{hpl} = (s_l^2 + (2\pi r_c)^2)^{0.5}$

length of vertical back pipe: $l_b = s/2$

o_l offset lower

water outlet = Water n:
 $T_{w,out}$ = dopočítáno,
 $v_{w,out} = v_{w,in}$

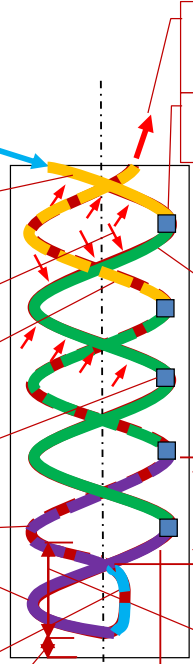
Water 1:
 $T_{w,1}$ water temperature

o_u offset upper
 s slope per loop
 l_1 loop length

s_l slope lower

slope lower: $s_l = l_p - n * s - o_u - o_l$

r_c coil radius





Stavebně-mechanické posouzení – software EpMPF



Software EpMPF 2.0

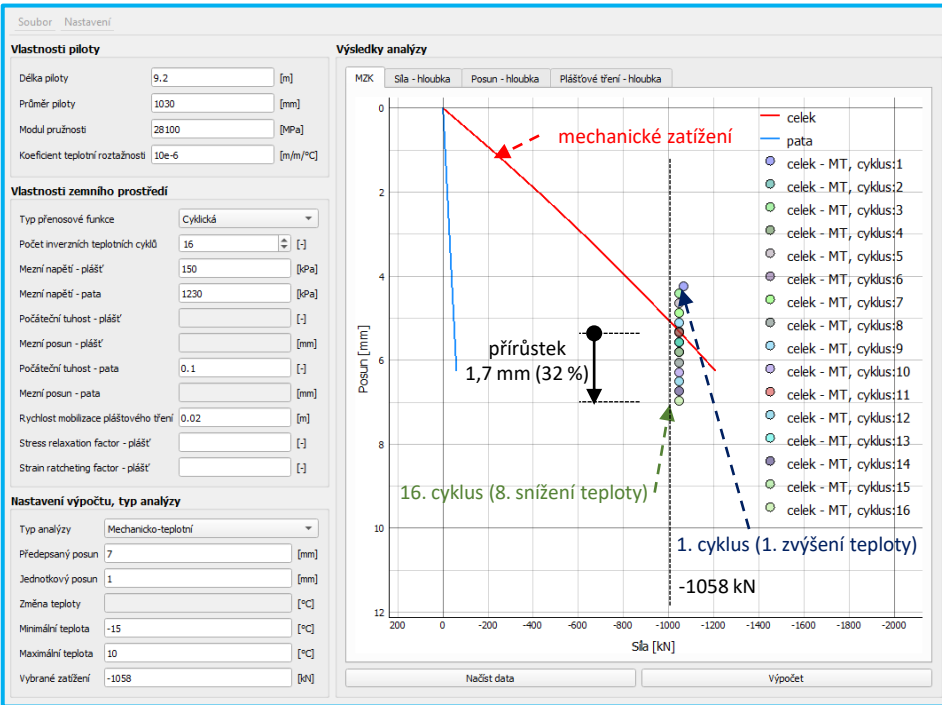
Software pro analýzu tepelně zatížených energopilot (EP) založený na metodě přenosových funkcí (pro stanovení deformačních a silových účinků v EP od teplotního zatížení)

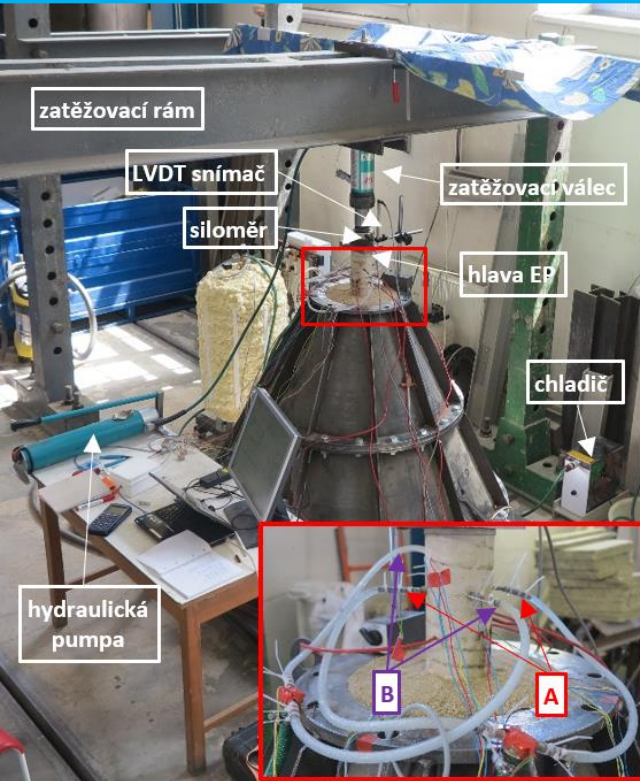
Implementované typy analýz (moduly):

- mechanicko-teplotní (MTA)
 - cyklické zvyšování a snižování teploty EP
 - monotónní zvýšení nebo snížení teploty EP
- případně lze odděleně provést teplotní (TA) a mechanickou analýzu (MA)

Při cyklické změně teploty narůstá posun hlavy EP, přičemž s rostoucím počtem cyklů se postupně ustaluje.

pracovní prostředí programu s pracovním diagramem EP (svislý posun hlavy EP vs. tlaková osová síla v hlavě EP) - výsledek MTA pro 16 tep. cyklů při osově síle v hlavě EP 1058 kN





Funkční vzorek ZFM Epilota 1.0



schéma zatěžovacího kuželu s energopilotou

fotografie z průběhu zatěžovací zkoušky energopiloty;

Unikátní laboratorní zařízení, které umožňuje realizovat fyzikální modely energopilot (EP) za 1g podmínek

Náhrada reálných zatěžovacích zkoušek EP

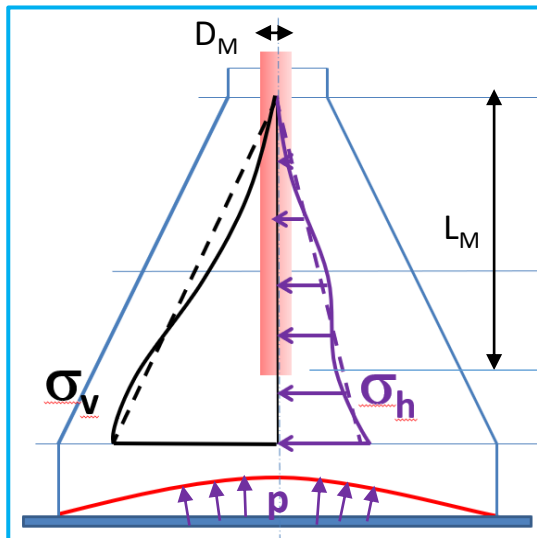
Zhodnocení vlivu teplotních změn v EP a jejím okolí na statickou funkci EP + verifikace softwaru EpMPF 2.0

Zatěžovací módy:

- sdružené mechanické a teplotní zatěžování
 - monotónní zvýšení nebo snížení teploty EP
 - cyklické zvyšování a snižování teploty EP
- případně lze odděleně provádět teplotní nebo mechanické zatěžování



Funkční vzorek ZFMEpilota 1.0



řez zatěžovacím kuželem s EP s vyznačením působícího svislého (σ_v) a vodorovného σ_h napětí

Základní části zařízení:

- zatěžovací kužel
- tlaková soustava (generování napětí uvnitř kuželu)
- teplotní soustava (ohřev/chlazení modelu, teplotní rozsah +5 až +40°C)

*tlaková sestava
s ohřivačem*

Rozměry:

- Celková výška kuželu 1,3 m
- Průměr spodní podstavy kuželu 1,3 m
- Průměr horní podstavy kuželu 0,3 m

Napjatost v okolí generována tlakovou vodou (p) pod membránou ve spodní podstavě kuželu

Napjatost modelu = napjatost prototypu (in situ)



chladič





Dosud publikované dílčí výsledky

ŠIKULA, O.; SLÁVIK, R.; ELIÁŠ, J.; ORAVEC, J.; KAŠPAR, A. Vývoj softwaru pro modelování tepelného chování Energo-pilot. **Vytápění, větrání, instalace**, 2021, roč. 30, č. 4, s. 210-214. ISSN: 1210-1389.

ŠIKULA, O.; NOVÁKOVÁ, I.; ČURPEK, J.; ČEKON, M.; ADAM, P. Simulace potenciálu využívání energie země energo-pilotami v softwaru DesignBuilder. **Vytápění, větrání, instalace**, 2021, roč. 30, č. 4, s. 190-193. ISSN: 1210-1389.

ORAVEC, J.; ŠIKULA, O.; NOVÁKOVÁ, I. An Evaluation of the Mathematical Models of Energy Piles. **Slovak Journal of Civil Engineering**, 2020, roč. 28, č. 1, s. 44-48. ISSN: 1338-3973.

ORAVEC, J.; ŠIKULA, O. COMPUTATIONAL DOMAIN OPTIMIZATION FOR NUMERICAL MODELING OF ENERGY PILES. In *JUNIORSTAV 2020 - Sborník příspěvků*. 2020. ISBN: 978-80-86433-73-8.

KRAJČÍK, M.; ŠIKULA, O. The possibilities and limitations of using radiant wall cooling in new and retrofitted existing buildings. **Applied Thermal Engineering**, 2020, č. 164, s. 1-15. ISSN: 1359-4311.

KRAJČÍK, M.; ŠIKULA, O. Heat storage efficiency and effective thermal output: Indicators of thermal response and output of radiant heating and cooling systems. **ENERGY AND BUILDINGS**, 2020, roč. 229, č. 1, s. 1-14. ISSN: 0378-7788.

KRAJČÍK, M.; ŠIKULA, O. Metóda na hodnotenie tepelnej dynamiky sálavých vykurovacích a chladiacich systémov Účinnosť prenosu tepla. **TZB-info**, 2020, roč. 2020, č. 2, s. 1-4. ISSN: 1801-4399.

ŠIKULA, O.; NOVÁKOVÁ, I.; ORAVEC, J.; ADAM, P. Vliv řízení kombinovaných zdrojů energie na energetickou náročnost budov. In **Vykurovanie 2020 zborník prednášok**. Bratislava: SSTP, 2020. s. 367-372. ISBN: 978-80-89878-58-1.

ŠIKULA, O.; NOVÁKOVÁ, I.; ORAVEC, J. OPTIMIZATION OF THE ENERGY SYSTEM OF OFFICE BUILDINGS - A CASE STUDY. In *EnviBUILD 2019 - Book of abstract*. Bratislava: Vydavateľstvo SPEKTRUM STU, 2019. s. 10-10. ISBN: 978-80-227-4959-6.

KRAJČÍK, M.; ŠIKULA, O. Metóda na hodnotenie tepelnej dynamiky sálavých vykurovacích a chladiacich systémov Účinnosť prenosu tepla. **TZB-info**, 2020, roč. 2020, č. 2, s. 1-4. ISSN: 1801-4399.

SEHNALOVÁ, P.; ŠIKULA, O. A comparison of selected SLAE solvers for Epilot. Simulace budov a techniky prostředí 2020. Sborník 11. konference **IBPSA-CZ**. Brno: IBPSA-CZ, 2020. s. 111-114. ISBN: 978-80-907423-1.

ŠIKULA, O.; SLÁVIK, R.; ELIÁŠ, J.; ORAVEC, J.; KAŠPAR, A. Vývoj softwarů pro modelování tepelného chování energo-pilot. Simulace budov a techniky prostředí 2020. Sborník 11. konference **IBPSA-CZ**. Brno: **IBPSA-CZ**, 2020. s. 1-6. ISBN: 978-80-907423-1.

ŠIKULA, O.; NOVÁKOVÁ, I.; ADAM, P.; ČURPEK, J.; ČEKON, M. Simulace potenciálu využívání energie země - případová studie kancelářské budovy. Simulace budov a techniky prostředí 2020. Sborník 11. konference **IBPSA-CZ**. Brno: **IBPSA-CZ**, 2020. s. 25-30. ISBN: 978-80-907423-1.

ŠIKULA, Ondřej, Richard SLÁVIK, Jan ELIÁŠ, Jakub ORAVEC a Antonín KAŠPAR, 2020/12/25. Energy-Pile Model Verification. Proceedings of the International HVAC&R Congress; (2020): **51st International HVAC&R Congress and Exhibition Proceedings**. DOI: 10.24094/kgkh.020.51.1.153.

ŠIKULA, O.; ORAVEC, J.; NOVÁKOVÁ, I. Zhodnocení vybraných systémů vytápění a chlazení pracujících s klasickým a alternativním spádem otopné a chladičí vody. Vykurovanie 2022 : zborník prednášok z 30. medzinárodnej vedecko-odbornej konferenci. Bratislava: Slovenská spoločnosť pre techniku prostredia, 2022.

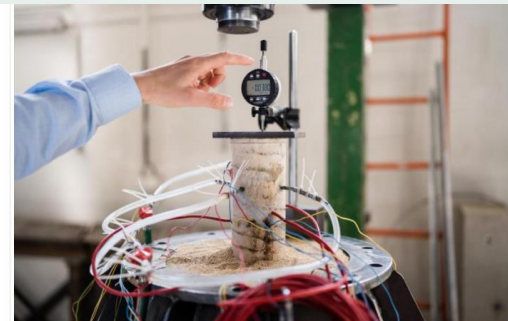


Propagace a diseminace

Zvut.cz

ZPRÁVY ≡ MENU
zvut.cz

ZPRÁVY Z VUT



Na experimentálním zmenšeném modelu energopiloty odborníci testují její napětí při různých teplotách | Autor: Jan Prokopius

„V našich klimatických podmínkách je země chladnější – což má ale výhodu v letních měsících, kdy ji můžeme využít k ochlazení. Zatím máme s využitím energopilot minimální zkušenosti. Přitom je to velmi slibná technologie, která se řadí k obnovitelným zdrojům energie a výrazně snižuje závislost na fosilních palivech či dovozu plynu ze zahraničí, což je teď velmi aktuální,“ dodává Šikula.

Český rozhlas Plus

Plus Odpolední Plus
14:10 – 14:30

Audioarchiv Program Pořady Kamery Rozhovory

17:33 ▶ **Odpolední Plus** (26 minut)

Co všechno slyší kojenci? Vnímají slova jinak než by dospělí? Možná Vás překvapí, že se prý při poslechu nás dospělých nudí. Videokonference mohou urychlit a zefektivnit pracovní porady, ale jen v některých případech. Pokud je potřeba vymýšlet nová řešení a nápady, je podle vědců virtuální spojení spíše na škodu - brzdí kreativitu. Výzkumníci Univerzity Karlovy vyvinuli novou metodu, která dokáže už v prvním trimestru těhotenství s vysokou úspěšností **předpovědět možné vážné komplikace.** A Brněnští odborníci testují novou technologii vytápění: Energie země může sloužit jako obnovitelný zdroj tepla i chladu. Moderuje Lucie Vopálenská.

BBC 4Tech

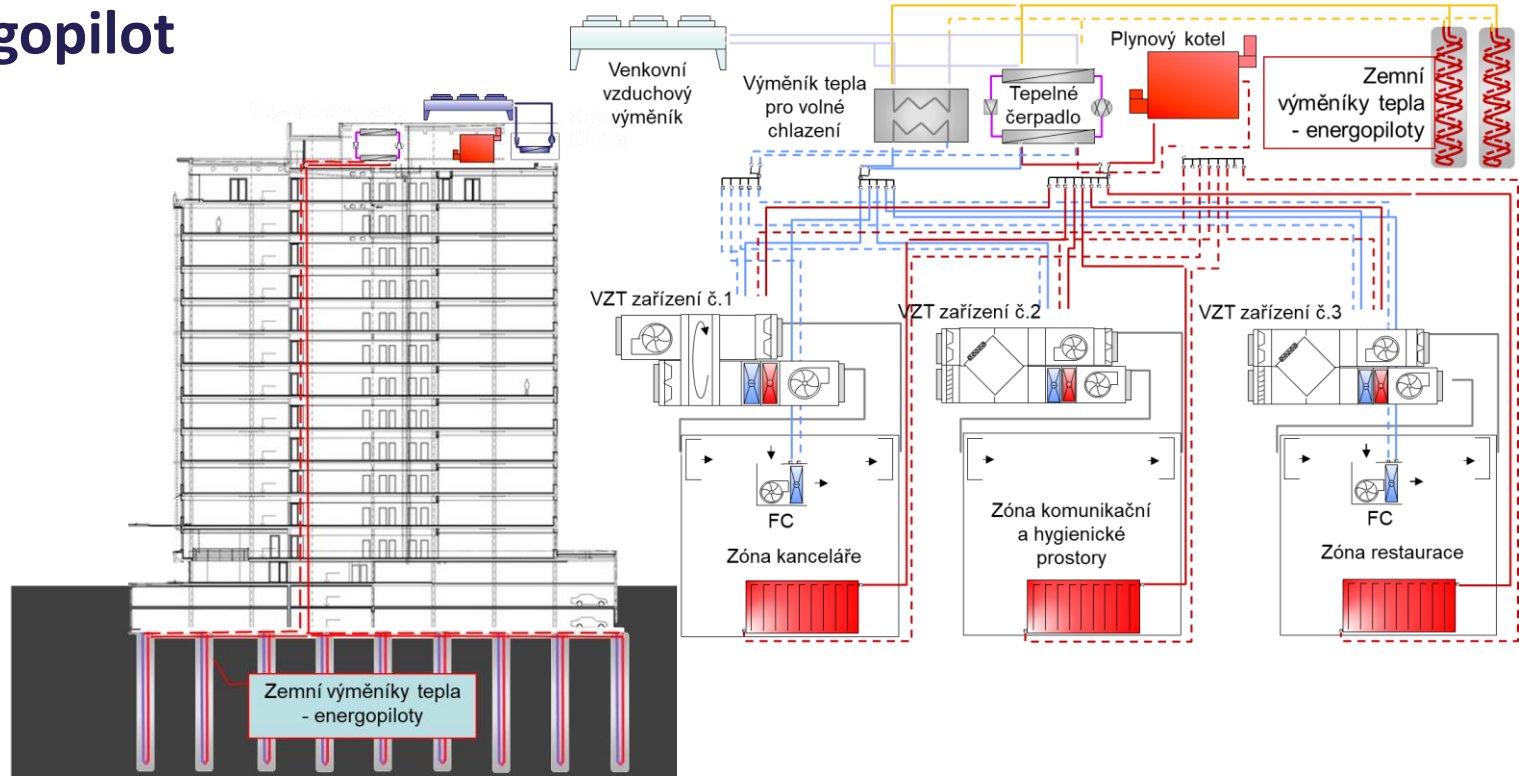
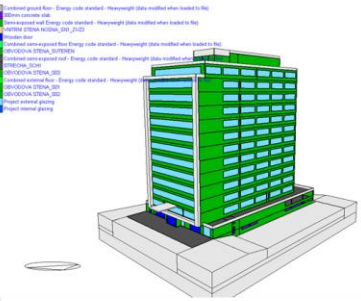
BBC NEWS | عربي

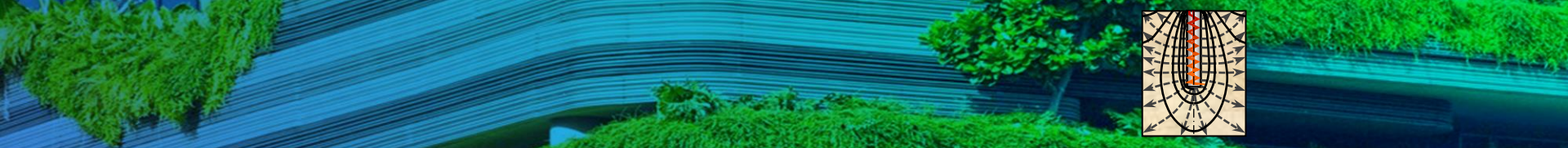
BBC World Service je britská veřejnoprávní vysílací služba.

والثاني يهتم بالبيئة



Applikace energopilot





DĚKUJI ZA POZORNOST
Ondřej Šikula