

Ing. Petr KOTEK, Ph.D.¹⁾
 Ing. Jan ANTONÍN, Ph.D.¹⁾
 Ing. Petr ŠRUTKA
 Ing. Jakub URBAN

¹⁾EnergySim s.r.o.

Energetický koncept většího urbanistického celku na břehu řeky Vltavy

Energy Concept of Larger Urban Area on the Riverside of Vltava

Recenzent
 Ing. Miloš LAIN, Ph.D.

Trendem současné doby je stavět energeticky úsporné domy, pasivní domy a v blízké budoucnosti nás čeká výstavba budov s téměř nulovou spotřebou energie. Tomuto trendu se přizpůsobují investoři a developéři a mají již od počátku zadání projektu přísné požadavky na architekty, stavaře, jednotlivé profese a energetické specialisty. Splnit toto zadání z pohledu obálky budovy není složité. Tepelně technická norma ČSN 730540-2:2011 definuje požadavky na obvodové konstrukce až po pasivní standard. V otázce volby zdroje tepla však jasná odpověď není a existuje celá řada alternativ, které jsou více či méně ekonomicky návratné. Příspěvek tedy pojednává především o volbě zdrojů tepla/chlady z pohledu technického a ekonomického pro větší urbanistický celek na břehu Vltavy v Praze.

Klíčová slova: tepelné čerpadlo, Vltava, bytové domy, počítačová simulace

It is current trend to build energy-efficient and passive houses, while in the near future we can expect development of buildings with nearly zero energy consumption. Investors and developers are adapting to this trend and setting strict requirements on architects, builders, involved professionals and energy specialists since the beginning of projects. It is not difficult to fulfill these assignments from the perspective of the building envelope. Technical standard ČSN 730540-2:2011 defines requirements on the building envelope up to the passive standard. However, the selection of a heat source is not so clear. There is a number of alternatives that are more or less economically recoverable. Therefore, the paper deals primarily with the choice of sources of heat/cold for larger urban complex on the riverside of Vltava in Prague from the technical and economical point of view.

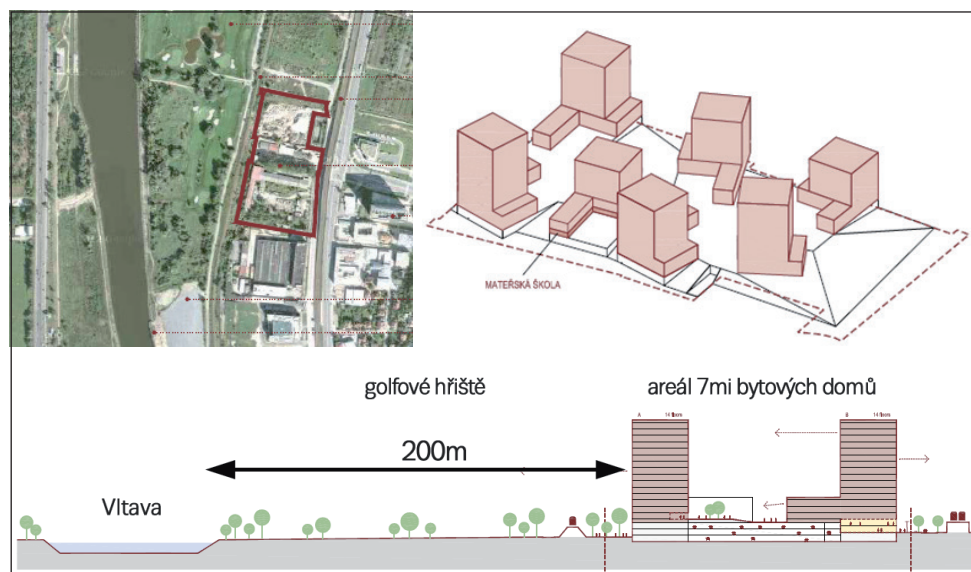
Keywords: heat pump, Vltava, apartment buildings, computer simulation

ÚVOD

Existující administrativní budova Main Point Karlin, Národní divadlo v Praze či plánovaný nový pavilon Amazonie ZOO v Praze – Troji mají jedno společné. Všechny tyto stavby jsou umístěny nedaleko břehu řeky Vltavy a již využívají nebo mají v plánu využít vltavskou vodu jako energetický „zdroj“ energie. Obecně každý velký vodní tok má jistý energetický potenciál a nabízí se otázka využití tepelných čerpadel voda/voda na vytápění, v létě na chlazení, či v přechodném období na „freecooling“ (dále jen UT/CH/FC). Jak je však tato alternativa výhod-

ná ke konvenčnímu způsobu vytápění např. plynovými kotli a strojnímu chlazení z pohledu vstupních investic a provozních nákladů?

Otázkou návratnosti alternativních systému UT/CH/FC se zabývá čím dál tím více investorů. Nelze však paušalizovat odpověď na jasně „výhodné“ nebo „nevýhodné“ pro dílčí alternativy. Každá budova má svá specifika. Bytový dům má jiné potřeby energie na vytápění, přípravu teplé vody (TV) či případné chlazení než administrativní budova s kvalitním obvodovým pláštěm. Není výjimkou, že potřeba energie na přípravu teplé vody či chlazení je u některých budov větší než samotná potřeba tepla na vytápění.

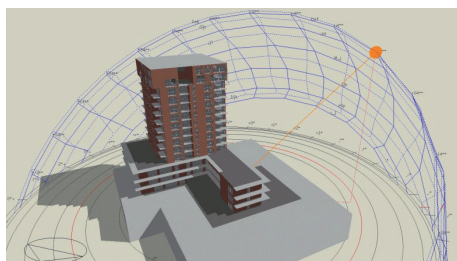


Obr. 1 Zastavěné území včetně 3D modelu a řezu zastavěného území
 Fig. 1 Built-up area including 3D model and cross section of the area

Návratnost alternativních systémů se také mění v průběhu let. Pořizovací cena technologií se mění a cena nakupovaných komodit (plyn, elektřina aj.) také v průměru o 3 % ročně. Co je dnes nevýhodné, může být „zítra“ nejlepší ekonomickou variantou z pohledu pořizovací ceny a provozních nákladů.

POPIS DEVELOPERSKÉHO PROJEKTU

Zadáním byly novostavby sedmi bytových domů pro cca 2000 osob o celkové užitné ploše cca 55 000 m² + cca 16 000 m² komerčních prostor, garáží aj. v městské části Praha – Modřany. U bytů ve vyšším standardu byl stanoven požadavek na chlazení a u luxusní



Obr. 2 Vizualizace jednoho z modelů ze sedmi posuzovaných budov (Design Builder 4.3)



Fig. 2 Visualization of a model of one of the seven assessed buildings (Design Builder 4.3)

varianty také na větrání jednotkami se zpětným získáváním tepla. Ilustrativně je na obr. 1 naznačena poloha zastavěného území vůči přilehlé Vltavě, naznačen 3D model území a řez zastavěného území. Vzdušnou čarou je Vltava vzdálena 200 m. Převýšení od řeky je takřka nulové. Mezi Vltavou a budovami je rozsáhlé golfové hřiště a vlaková trať.

Tab. 1 Souhrn variant zadání od investora z pohledu obálky budovy a systémů UT/CH

Tab. 1 Summary of the investor's variant assignment from the point of view of the building envelope and UT/CH systems

Varianta	PENB	Vytápění / teplá voda	Větrání	Chlazení [kW]
1c	C	plynové kotelny	podtlakové bez ZZT	multisplit
2b	B	TČ voda/voda rekuperace šedé odpadní vody	nucené se ZZT	TČ voda / voda (freecooling)
3b	B	TČ země/voda rekuperace šedé odpadní vody	nucené se ZZT	TČ země / voda (freecooling)

Investor energetickým specialistům předložil několik variant, které chtěl posoudit. Souhrn variant je uveden v tab. 1.

První variantou jsou budovy v „klasickém“ provedení, tak aby prošly stavebním povolením po stránce zákona č. 406/2000 Sb., tedy kategorie „C“ v hodnocení průkazu energetické náročnosti (dále PENB), vytápění bude řešeno plynovými kotelnami, chlazení multisplitovými jednotkami pro každý byt a větrání bude podtlakové bez zpětného získávání tepla (ZZT).

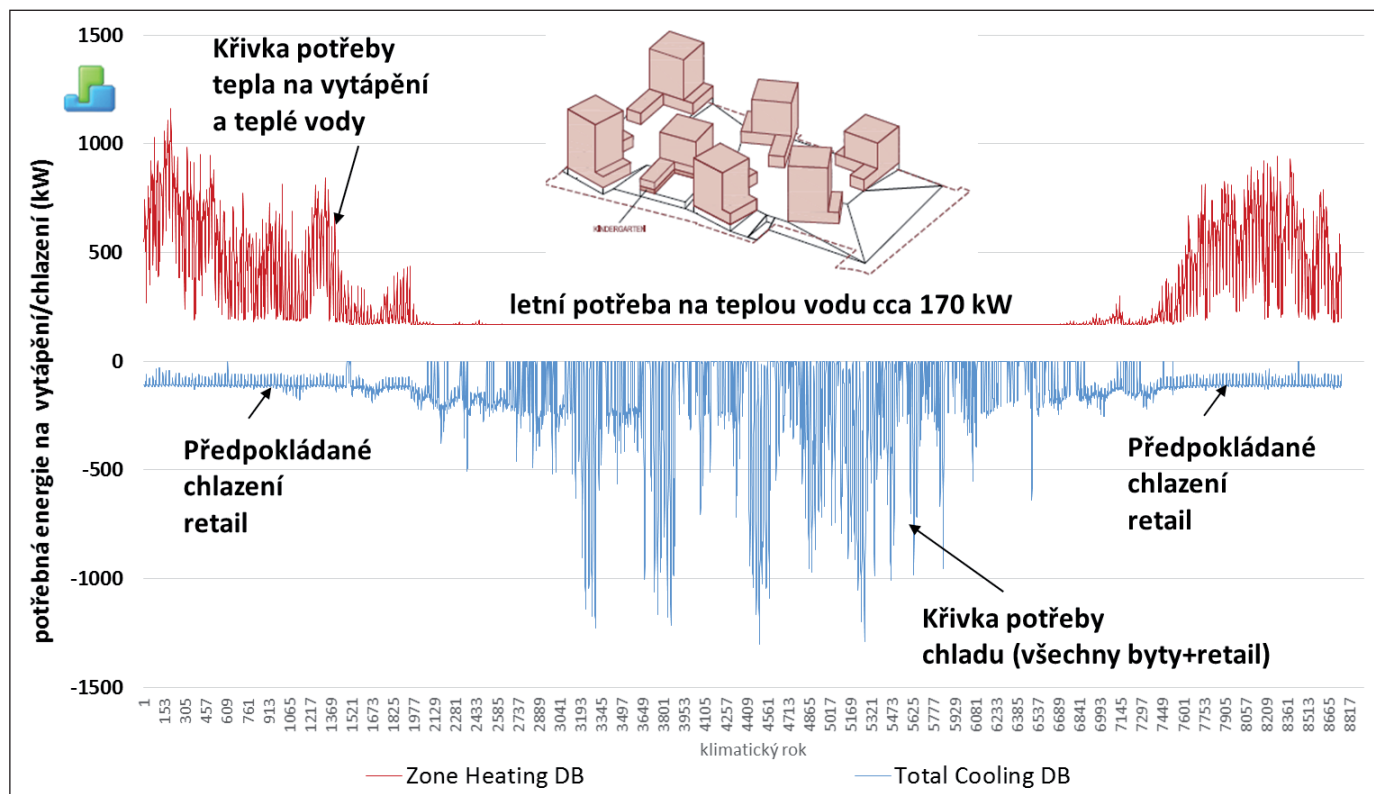
V dalších variantách bylo posuzováno zlepšení budovy do kategorie „B“ v PENB a vytápění tepelnými čerpadly buď z vltavské vody, nebo z vrtů. Takřka nutnou podmínkou pro tyto varianty bylo větrání se ZZT. Zároveň bylo posuzováno zpětné získávání tepla z odpadní šedé vody tepelnými čerpadly.

DYNAMICKÁ ENERGETICKÁ SIMULACE

Pro stanovení energetické náročnosti na UT/CH byla provedena dynamická energetická simulace chování objektů po dobu jednoho roku s hodinovým krokem výpočtu. Využit byl dynamický simulační software Design Builder 3.4.

Výsledky simulace byly rovněž konfrontovány se SW Energie 2014, jehož výstupem byl PENB. Hodinová simulace sloužila především pro hlubší analýzu UT/CH/FC. Hodinové potřeby dílčích energií (var. PENB „B“) jsou znázorněny na následujícím grafu (obr. 3).

Nyní je tedy otázkou, jak tyto potřeby energie pokrýt energetickými zdroji. U varianty 1c je technické řešení nejjednodušší. Přivede se přípojka plynu do areálu za cca 400 000 Kč a elektřina ke zdroji chladu. Technické provedení variant 2b, 3b obnášelo hlubší analýzu.



Obr. 3 Hodinové potřeby energie na vytápění a chlazení pro celý areál (PENB „B“)

Fig. 3 Hourly energy demands for heating and cooling of the entire complex (PENB „B“)

Tab. 2 Výsledky potřeb energie UT/TV/CH všech sedmi posuzovaných budov (celého areálu)

Tab. 2 Results of the energy demands for UT/TV/CH of all seven assessed buildings (of the entire complex)

Varianta	Tepelný výkon [kW]	Max. chladič výkon [kW]	Roční potřeba na UT a TV [MWh/rok]	Roční potřeba na CH [MWh/rok]
1c	1218	1420	3 390	1957
2b	997	1290	2 440	1305
3b	997	1290	2 440	1305

ANALÝZA VYUŽITÍ VODNÍHO TOKU JAKO PRIMÁRNÍHO ZDROJE ENERGIE

Hydrogeologická zpráva včetně negativní sací zkoušky bohužel potvrdila nereálnost sít podzemní vltavskou vodu ze studní na pozemku. V úvahu přicházela tedy pouze varianta sít vltavskou vodu napřímo. Díky golfovému hřišti nešlo instalovat potrubí „vzdušnou čarou“ a z původního 200 m dlouhého potrubí vzniklo potrubí o délce 800 m. Větším problémem však je teplota samotné řeky (viz obr. 4).

Zjednodušeně řečeno: hlubší analýzou dat z ČHMÚ bylo zjištěno, že teplota Vltavy je po většinu topné sezóny pod 5 °C, tedy příliš studená a jako primární zdroj pro TČ na vytápění nevhodná (zamrzání výparníků). V období, kdy má Vltava pod 5 °C, musí sepnout bivalentní zdroj. Pro freecooling je naopak v období potřeby chladu příliš teplá nad využitelných 10 °C.

Jinými slovy, v době největší potřeby energie na vytápění je TČ voda/voda nevyužitelná a musí sepnout např. plynový kotel, který bude nadimenzovaný na maximální potřebu ÚT/TV. Výpočtem byla stanovena cena

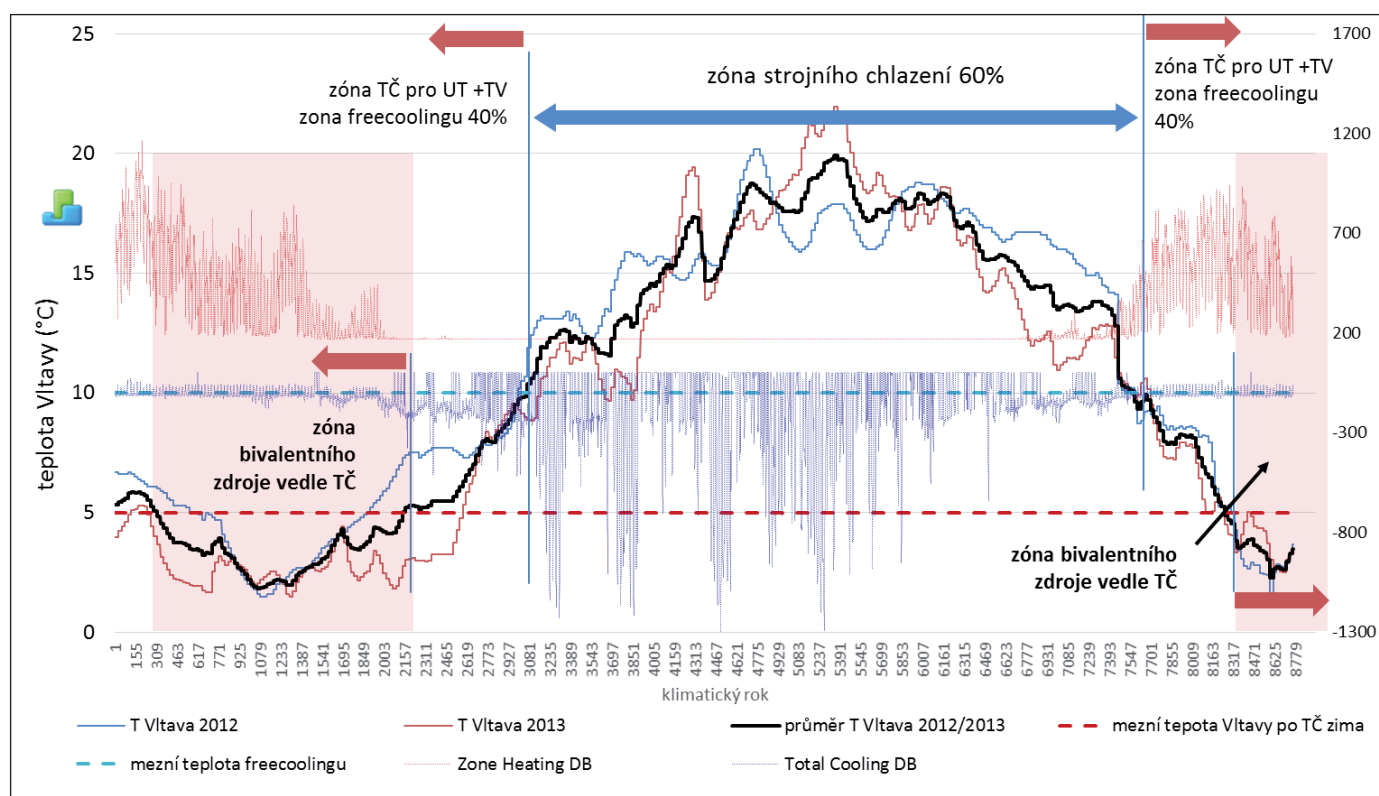
přípojky vltavské vody do strojoven UT/CH na cca 6 mil. Kč + cca 6 mil. Kč investice do TČ a výměníků. Při roční úspoře na vytápění 160 tis. Kč (rozdíl mezi energií z TČ voda/voda a energií ze zemního plynu) je návratnost cca 75 let. Jako smysluplnější se pak jeví nadimenzovat TČ pouze na přípravu teplé užitkové vody za cca 2 mil. Kč, která je celoroční. Celková roční potřeba energie na ohřev teplé vody je cca 1 500 MWh/rok, z toho cca 1 000 MWh/rok lze pokrýt TČ s COP 3,5 a více. Roční úspora tepla by pak činila cca 700 tis. Kč, ale po odečtu provozních nákladů na pohon sacích čerpadel, čištění výměníků či revize (opravy česlí aj.) nasávacího objektu ve Vltavě by návratnost byla nad 30 let.

V případě freecoolingu (FC) je pro samotnou bytovou část velmi malé procento využití „teplé“ vltavské vody (cca 11 %). V případě, že v komerčních prostorách budou provozy, které se budou chladit celoročně (vysoké vnitřní tepelné zisky), tak lze FC využít v obdobích, kdy má vltavská voda méně než 10 °C. Je však výhodnější využít FC na straně vzduchu u větracích jednotek, které budou v komerčních prostorách v každém případě instalovány, či FC na kondenzátorech strojního chlazení.

Vltavská voda je tedy pro tento konkrétní developerský projekt ekonomicky nevýhodná a nebyla dále analyzována. V případě, že by byl areál projektován ve stejné lokalitě jako Maint Point Karlin a Vltava by tekla pod objektem, byla by tato varianta ekonomicky výhodnější.

VÝSLEDKY EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ

Ekonomicky proveditelnou variantou je tedy pouze varianta 1c jako referenční a varianta 3b s TČ země/voda. V případě TČ země/voda je zapotřebí podle geologického průzkumu cca 12 km vrtů, tedy cca 85 vrtů. V této variantě je zaručeno celoroční vytápění a chlazení z vrtů s minimální potřebou spínat bivalentní zdroje. Variantu 3b však ekonomicky



Obr. 4 Denní průměry teploty Vltavy v letech 2012, 2013 cca 1,5 m pod hladinou (ČHMÚ) a vyznačená zóna efektivního využití hlavního zdroje TČ Vltava/voda a bivalentního zdroje

Fig. 4 Daily average temperatures of Vltava in the years 2012, 2013 approx. 1.5 m below the water level (ČHMÚ) and the marked zone of the efficient use of main source HP Vltava/water and the bivalent source

znevýhodňuje několik faktorů. Vícenáklady do stavebních konstrukcí (rozdíl mezi PENB „C“ a PENB „B“) jsou cca 13 mil. Kč, větrání se ZZT pak navyšuje původní variantu o dalších 55 mil. Kč, zpětné získávání tepla z šedé odpadní vody projekt navýší o cca 8 mil. Kč. Ostatní rozdílové náklady uvedené v tab. 3 jsou do vrtů a samotných TČ země/voda. Provozní náklady jsou pak vyčísleny pro všechny dílčí energie hodnocené v PENB včetně započtení výhodnějších tarifů pro provoz TČ.

Tab. 3 Souhrn variant zadání od investora z pohledu obálky budovy a systémů UT/CH/F

Tab. 3 Summary of the investor's variant assignment from the point of view of the building envelope and UT/CH/F systems

Varianta	Cena celkem [Kč]	Provozní náklady celkem [Kč]	Úspora provozních nákladů [Kč]	Prostá návratnost [let]	Diskontovaná návratnost [let]
1c	54 mil.	14,4 mil.	reference	-	-
2b	Technicky neproveditelné díky studené vltavské vodě. Dále neanalyzováno.				
3b	137 mil.	9,5 mil.	4,9 mil.	17	24

Výše uvedená diskontovaná návratnost byla počítána pro 3% růst cen energií a 3% diskont investora. Z výše uvedené analýzy vyplývá, že po 24 letech bude celý areál díky alternativním zdrojům energie spořit 4,9 mil. Kč/rok. Při 5% růstu cen energie by pak byla diskontovaná návratnost 18 let a roční úspora 6 mil. Kč.

ZÁVĚR

Závěry v příspěvku jsou uvažovány pro konkrétní developerský projekt, který je vzdálen cca 200 m od Vltavy (800 m dlouhý přívod vody), energie je brána z poměrně „studené“ Vltavy a budova má velké nároky na přípravu teplé vody. Stejným postupem se dá dojít k pozitivnějším výsledkům například u administrativní budovy na břehu řeky Labe, která je obecně teplejší než Vltava, či bytového domu projektovaného na samotném břehu řeky bez delších přívodních potrubí.

V příspěvku bylo poukázáno také na smysluplnost využití dynamických simulačních metod. Díky hodinovému kroku byl analyzován souběh mezi potřebou energie na vytápění, přípravu teplé vody, potřebou chlazení a teplotou vody říčního toku. V případě postupu přes měsíční bilance by byl závěr pravděpodobně odlišný.

Kontakt na autora: petr.kotek@energysim.cz

Dezinfekce vody technologií NABAS

Start-up společnost NebuClear LLC z Charlestonu v Jižní Karolině je exkluzivním distributorem technologie NABAS (akronym pro **N**ano-**M**icro **A**ir **B**ubble **A**eration **S**ystem) v USA. Původcem technologie je společnost Nabas Group z Rockville v Marylandu.

NABAS je patentovaná technologie se schopností přidávat do vody kyslík a ozón ve formě rozptýleného kyslíku ve formě nanobublin velikosti 0,1 až 5 µm s vysokým podílem volných radikálů H-O-O – pro dezinfekci vody s odstraněním pevných biokontaminantů, bakterií, virů, řas a hub bez použití chemikálií, uplatněná v cca 200 osvědčených instalacích v rybích farmách, zemědělství, zdravotnictví, vodních parcích, plaveckých bazénech, úpravě pitné vody a sterilizaci vody po celém světě.

Pramen: www.nabas.us

(AB)

Příbřežní větrné elektrárny s enormními lopatkami

K lepšímu využití příbřežních větrných elektráren v USA by mohlo vést nové řešení rotoru (Segmented Ultralight Morphing Rotor – SUMR), umožňující využít až sto metrů dlouhé lopatky. Design těchto nových větrných elektráren s průměrem až 200 metrů a výkonem až 50 MW byl odvozen z chování palem při hurikánech. Při vysokých rychlostech větru se lopatky nastavují do praporové polohy s nízkým rizikem poškození a segmenty lopatek jsou schopny se zalomit do menšího průměru rotoru. Při nízkých rychlostech se napřimují pro maximální výkon a snížení špičkových napětí a únavy lopatek.

Výzkum je financován ministerstvem energetiky DOE v programu ARPA-E. Vedoucím výzkumným pracovištěm je univerzita Virginie a výzkumný tým je složen z pracovišť Sandia National Laboratory, univerzit Illinois a Colorado, Colorado School of Mines, National Renewable Energy Laboratory a Dominion Resources. Realizační tým se skládá z firem General Electric, Siemens a Vestas.

Pramen: Sandia National Laboratory, 21. 1. 2016

(AB)

Udržitelné baterie z biologického odpadu

Dva německé výzkumné ústavy, Helmholtz-Institut Ulm (HIU) z Ulmu a Karlsruhe Institut für Technologie (KIT) z Karlsruhe, vyvinuly udržitelnou baterii (akumulátor) z biologického odpadu. Katodou je vrstvený uhlíkatý materiál z odpadu jablečných slupek a anodou vrstvené materiály na bázi oxidů, především oxidu (hydroxidu) sodného. Elektrochemické vlastnosti článku jsou výrazně lepší než u olověných akumulátorů, nikl-metalhydridových baterií a překvapivě i u lithium-iontových baterií, proti nimž jsou i cenově výhodné. Výrazně ekonomičtější jsou zvláště tím, že proti ostatním lithiovým bateriím neobsahují drahý a životnímu prostředí škodlivý kobalt. Snášejí více než 1 000 nabíjecích a vybíjecích cyklů. O úspěchu informovaly odborné časopisy: ChemElectroChem a Advanced Energy Materials.

Pramen: CCI 02/2016, s. 4 a tisková informace KIT 007/2016

(AB)

Zkušební věž pro výtahy v Číně

Rostoucí počet výškových staveb v Číně a na Středním východě vyvolal potřebu finské firmy Kone Corp., významného dodavatele výtahů, eskalátorů a automatizovaných dveří s obratem 7,3 mld. €, postavit v Číně zkušební věž pro zkoušky výtahů. V prosinci 2015 uvedl do provozu věž v Kunšanu v provincii Čangšu poblíž Šanghaje. Nová věž je 236 m vysoká a má 12 zkušebních výťahových šachet s rychlostí výtahů až 15 m/s. Pro návštěvníky a personál je k dispozici výťah k vyhlídkové plošině o rychlosti 10 m/s. Konkurenční ThyssenKrupp má pro stejný účel výťahovou věž ve württemberském Rottweilu o výšce 246 m a s rychlostí 18 m/s. Kone rovněž postavil 306 m hlubokou šachtu s rychlostí výtahů 17 m/s ve finském Tytyri.

Pramen: CCI 2/2016, s. 4

(AB)

„Zeměloď“

V únoru 2016 byla Earthship, „Zeměloď“, co nepluje, připravena k provozu. Stavba pasivního solárního domu se 150 m² obytné plochy s obývací místností, kuchyní, sprchou a toaletou pro 25 nájemníků podle projektu Earthship Biotechture amerického architekta Michaela Reynoldse z Taosu v Novém Mexiku byla zčásti postavena z odpadu. Více než 1 000 pneumatik naplněných zeminou spolu s jílovou omítkou vytvořilo stěny, střešní solární panely zdroj proudu. Budova v Hohenlohe v Baden-Württembersku je energeticky soběstačná, jak to jen německé předpisy dovolují. Voda je využita na 4 způsoby: dešťová voda je užita k mytí nádobí a ve sprchách, šedá voda se používá ke splachování toalet a v pračkách, část dešťové vody se upravuje na pitnou vodu. 25 obyvatel spí v připojených jurtách, teplo je dodáváno přípojkou. Získání stavebního povolení a cena stavby v Německu se pohybuje kolem 300 000 €. „Zeměloď“ jako zcela soběstačná budova se stala populární i v ČR, kde ekologičtí aktivisté již na několika místech zahájili stavbu.

Pramen: CCI 02/2016, s. 4 a www.Earthship/CzechRepublic

(AB)