

Česká vědecká stanice v Antarktidě – využití obnovitelných zdrojů energie

Czech scientific station in Antarctic – utilisation of renewable sources of energy

Doc. Ing. Karel BROŽ, CSc.
ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav
techniky prostředí

V článku jsou informace o stavbě české vědecké stanice v Antarktidě, o spotřebě energie a o řešení zásobování energií tohoto odlehleho objektu především z alternativních zdrojů. Stanice by měla sloužit v sezónním (letním) provozu pro pracovní pobyt až 15 vědeckých pracovníků. Měla být postavena v antarktickém létě 2003, jednoroční zpoždění výstavby je v článku zdůvodněno.

Klíčová slova: Antarktida, klimatické poměry, tepelné ztráty, alternativní zdroje energie, solární kolektor kapalinový a teplovzdušný, fotovoltaický článek, vznětový motor s generátorem

Recenzent
Ing. Stanislav Toman

The article presents information about the construction execution of the Czech scientific station in Antarctic, about energy consumption, and the solution of energy supply of this distant building site, first of all from alternative sources. The station should be operated during seasonal (summer) operation and serves for working stay of up to 15 scientists. The station should have been constructed in Antarctic summer 2003, the reasons for the one-year delay of the construction are given in the article.

Key words: Antarctic, climatic conditions, heat losses, alternative energy sources, solar liquid and hot-air collector, photo-voltaic element, compression ignition engine with generator.

V posledních letech se zvýšil zájem o průzkum Antarktidy – posledního neobydleného světadílu. Je známo, že v historii Země zaujímala Antarktida jiné, "teplejší" zeměpisné polohy než dnes. Během antarktického léta rozmrzá pruh pobřeží severní části antarktického poloostrova blízkého souostroví Jižní Shetlandy a nabízí tak neobvyklou průzkumnou a vědeckou činnost biologům, geografům a geologům. Na antarktickém poloostrově bylo již dříve objeveno černé uhlí a přírodovědci nacházejí v těchto místech neobvyklé formy života, které vnášejí nové poznatky do znalostí o vývoji života na Zemi.

Poválečné uspořádání světa v minulém století neumožňovalo vnitrozemským státům, aby se výrazněji podílely na průzkumu Antarktidy. Teprve nová mezinárodní smlouva o Antarktidě (Antarctic Treaty) z konce devadesátých let minulého století stanoví všem státům, které projeví zájem o průzkum Antarktidy, stejná práva. Musí být však dodržena přísná pravidla ochrany přírody, která jsou v ní stanovena.

Tak vznikla i myšlenka vybudovat také první českou vědeckou stanici v Antarktidě. Iniciátorem těchto snah je prof. RNDr. Pavel Prošek, CSc., vedoucí katedry geografie na Masarykově universitě v Brně. O vytvoření projektu a pořízení a vybavení stanice se rozhodující měrou zasloužilo Ministerstvo školství ČR poskytnutím výrazné hmotné podpory.

ZÁKLADNÍ INFORMACE O ANTARKTIDĚ

Pevnina

- ☐ má zhruba kruhový tvar o průměru přibližně 4 500 km s výrazným severovýchodním výběžkem v okolí 60° západní délky (Antarktický poloostrov);
- ☐ průměrná nadmořská výška je 2 300 m;
- ☐ nejvyšší vrchol je Vinson Massif v Ellesworthových horách, 5 140 m (západní Antarktida);

Ledová pokrývka, pobřežní ledy, ledovce

- ☐ Celkový objem ledu je asi 29,8 mil. km³, led pokrývá 98 % plochy tohoto světadílu a představuje 90 % světové potřeby (zásob) čerstvé vody; z toho je ve východní Antarktidě 26,0 mil. km³, v západní asi 3,8 mil. km³;
- ☐ největší tloušťka ledu: 4100 m;
- ☐ roční změny povrchu ledu (sezónní léto – zima): 16,7 až 32,8 mil. km²;
- ☐ největší ledové pole: Lambert Glacier (délka 400 km včetně 300 km v šelfovém moři, mezní šířka 200 km, celkový povrch 1 mil. km², mezní rychlost pohybu 1 km/r);
- ☐ největší ledovec: Ronne Ice Shelf, půdorysné rozměry zhruba 170 x 60 km.

Klimatické rekordy

Nejnižší dosud naměřené teploty:

- ☐ jižní pól, základna Amundsen – Scott (USA):
–80,6 °C;
- ☐ základna Vostok (Rusko):
–89,2 °C (červenec 1983);
–89,5 °C (červenec 1986).

Místo s největšími větry: Cape Denison (francouzská stanice) 67° s. š., 142° v. d., průměrná roční rychlost větru 75 km/h (20,8 m/s).

VÝBĚR LOKALITY PRO ČESKOU ANTARKTICKOU STANICI

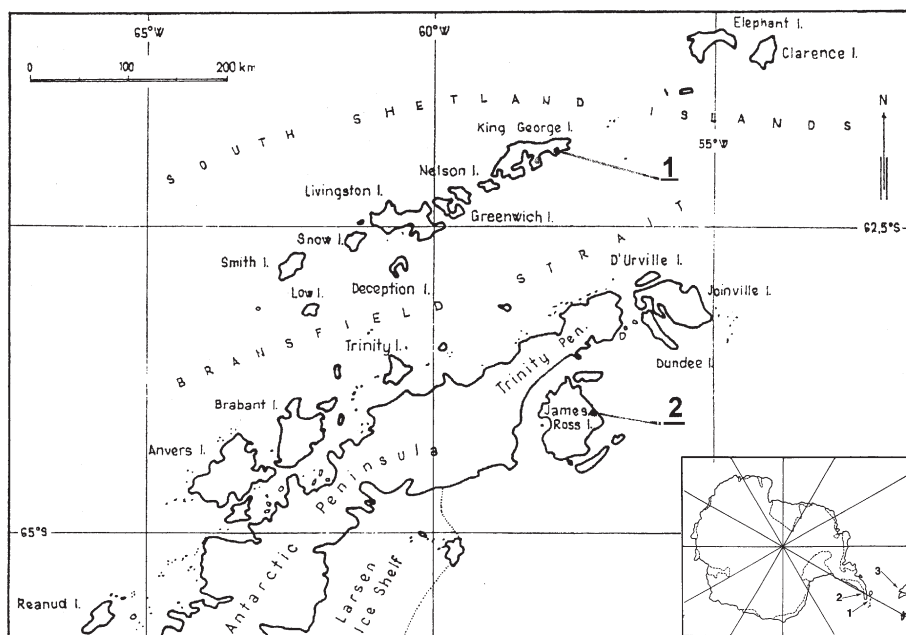
Naši přírodovědci sezónně pracující v Antarktidě bývali často hosty na polské stanici Henryka Arctowského (H), která se nachází na ostrově King George I. v souostroví Jižní Shetlandy (obr. 1, označení ostrova a místa posíci 1). S ohledem na tyto dobré dřívější kontakty bylo zvoleno stavební místo české stanice také na tomto ostrově, ale v odlehle lokalitě asi 18 km vzdálené od polské stanice

na severovýchodním pobřeží ostrova, na okraji zátoky King George přímo naproti malému ostrůvku Penguin I. Přesnější zeměpisná poloha staveniště byla dána souřadnicemi 62°07'55" jižní šířky a 58°09'20" západní délky. Nejbližším kontinentem je Jižní Amerika, vzdálená přibližně 1 000 km. Toto místo je výhodné jak z hlediska zásobování pitnou vodou (gravitačním spádem z výše položeného ledovcového jezírka), tak z hlediska stavebního (mírně svažitá pláž nevyžaduje v podstatě zemní vyrovnávací práce – nelze dopravit stavební mechanizaci a vše se vykonává ručně, žádný díl nesmí vážit více než 150 kg tak, aby ho unesli nejvíce 4 lidé atd.) a také i z hlediska projektování, protože pro návrh zdrojů energie bylo možné využít klimatické údaje z polské stanice Arctowského za posledních 10 roků.

S ohledem na to, že stanice má být využívána (podobně jako velká většina ostatních stanic) jen v průběhu antarktického léta – od listopadu do konce března, mohly připadat při projektování a pozdějším provozu v úvahu všechny druhy obnovitelných zdrojů, na jaké jsme již dnes v Evropě zvyklí:

- ☐ sluneční energie
- ☐ energie větru
- ☐ přečerpávání tepla
- ☐ energie z pyrolýzy spalitelných odpadů.

Při projektování vlastní stavby stanice byly vzaty v úvahu všechny pozitivní i negativní poznatky ze stanic již existujících. Čím starší stanice v Antarktidě existují, tím jsou energeticky náročnější a prakticky jediným zdrojem energie jsou elektrické generátory poháněné spalovacími motory, bez využívání odpadního tepla. Tento způsob byl sice v projektu také použit, ale jen ve funkci záložního zdroje a s využitím odpadního tepla. Tak bude spotřeba fosilních paliv v české antarktické stanici (a tím i emise do prostředí) minimální ze všech srovnatelných stanic. Stav-



Obr. 1 Mapa Antarktického poloostrova se souostrovím Jižní Shetlandy a vyznačením původně vybraného staveniště (1) a staveniště přiděleného mezinárodní komisí (2). Jižní Amerika (3).



Obr. 2 Půdorysný plán budovy stanice. Legenda místností:

Číslo	Název	Plocha (m ²)	Číslo	Název	Plocha (m ²)
101	rampa, hlavní vstup	7,20	117	ložnice	6,45
102	zádveří	4,33	118	dětský pokoj	7,88
103	šatna	7,07	119	jídlna	21,62
104	sušárna	6,53	120	kuchyně	6,45
105	nářadí, dílna	6,53	121	sklad potravin	6,45
106	chodba	21,31	122	chodba	3,95
107	ložnice	8,60	123	pracovna	18,52
108	ložnice	8,60	124	pracovna	13,80
109	ložnice	7,83	125	umývárna	6,05
110	ložnice	8,60	126	předsíň WC	2,64
111	ložnice	6,45	127	WC	0,73
112	ložnice	6,45	128	WC	0,74
113	ložnice	6,45	129	vzorky	1,02
114	ložnice	6,45	130	technické vybavení	34,90
115	ložnice	6,45	131	rampa	1,80
116	ložnice	6,45			

ba stanice je koncipována jako jednopodlažní, s hlavními rozměry 26,5 x 10,5 m (viz obr. 2). Konstrukční výška stavby je 3 m, střecha plochá s velmi mírným sklonem pro svod deště. Stavba bude stát na dřevěném roštu z hmotných prachů, zatížených na zmražené půdě na místech sebranými kameny. Nulová výška podlahy bude zhruba 1 m nad úrovní terénu (obr. 3). Podélná osa stanice bude orientována ve směru východ – západ, takže celá delší strana, obrácená k severu, bude v případě slunečního svitu osluněná a bude vybavena pasivními i aktivními prvky fototerminální přeměny.

PŘEDPOKLÁDANÁ SPOTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ

Stavba je koncipována jako nízkoe energetický dům se součinitelem prostupu tepla obvodovými stěnami maximálně 0,2 W/m²K, střechou a podlahou maximálně 0,18 a okny maximálně 1,1 W/m²K. Konstrukce stavebních prvků je sendvičová, vrstva pěnového polystyrenu je z obou stran opláštěna dřevem. Stavební dílce jsou spojovány způsobem pero – drážka a pojištěny proti pohybu kovovými sponami.

Teplotné ztráty stavby za těchto podmínek, počítané na výpočtovou teplotu -15 °C antarktického léta, budou 8,3 kW při vnitřní teplotě +23 °C. Při průměrné venkovní teplotě za antarktické léto v této oblasti +1,5 °C je průměrná tepelná ztráta objektu 4,7 kW. Vezme-li se v úvahu předepsaná výměna vzduchu buď podle počtu osob (300 m³/h nebo nuceným větráním minimálním násobkem 0,6 objemu stavby za hodinu, tedy 400 m³/h čerstvého vzduchu, bude činit tepelná ztráta větráním (bez rekuperace) průměrně 2,9 kW, maximálně 4,77 kW a celková ztráta maximálně a s přírážkami 13,07 kW. Průměrná tepelná ztráta během léta bez uvažování rekuperace tepla z odváděného vzduchu by pak byla asi 7,6 kW.

Spotřeba energie na vytápění objektu za antarktické léto bude: 120 dnů . 24 hodin/den . 4,7 kW = 13 536 kWh.

Spotřeba energie na větrání objektu s rekuperačním výměníkem o účinnosti 50 %:
120 dnů . 24 hodin/den . (2,9 kW . 0,5) = 4 032 kWh.

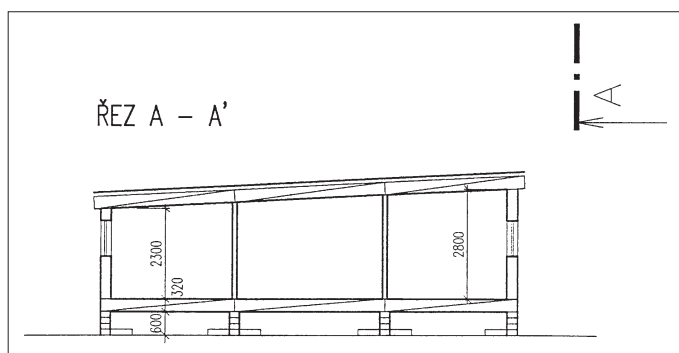
Celkový tepelný příkon na vytápění a větrání:

- výpočtový $Q = 8,3 + 4,77 = 13,07$ kW bez rekuperačního výměníku,
výpočtový s 50 % rekuperační ze vzduchu: $Q = 8,3 + 2,4 = 10,7$ kW;
- průměrný $Q = 4,7 + 2,9 = 7,6$ kW bez rekuperace tepla ze vzduchu,
průměrný $Q = 4,7 + 1,45 = 6,15$ kW s 50 % rekuperační tepla ze vzduchu.

Celková spotřeba tepla na vytápění a větrání za léto bude: 13 536 + 4032 = 17 568 kWh (s běžným 50% využitím rekuperace).

KONCEPCE VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ OBJEKTU

S ohledem na malou akumulační schopnost stavební konstrukce objektu byl původně navržen teplovodní systém vytápění s deskovými otopnými tělesy a při neotevratelných oknech systém nuceného větrání. Na základě poz-



Obr. 3 Svislý řez budovou stanice A - A' z obr. 2. Vyšší stěna obrácena k severu.

Tab. 1 Využitelná energie přímého slunečního záření

Měsíc	Doba přímého záření [h/měs]	Průměrná intenzita záření I [W/m ²]	Využitelná energie z teplovzdušného kolektoru [kWh/měs]
listopad	110	410	810
prosinec	150	480	1 290
leden	139	510	1 280
únor	121	480	1 045
březen	80	410	590
Celkem za antarktické léto			5 015 kWh

dějším diskusí s pracovníky, kteří již pobývali jako hosté na jiných polárních stanicích, bylo doporučeno zvolit jednodušší jednotný systém teplovzdušného vytápění a větrání. To má v daných podmínkách velkou výhodu v tom, že na dobu antarktické zimy není nutno otopnou soustavu vypouštět nebo ji plnit hluboce nemrznoucí kapalinou. Určitou nevýhodou naopak je, že všechny stěny budou chladnější než vzduch, a proto byla zvolena vnitřní výpočtová teplota 23 °C.

Obr. 4 znázorňuje navrhované využití alternativních zdrojů energie pro zásobování objektu včetně záložních motorů na kapalné palivo s generátory. Na obrázku je návrhový stav pro podmínky ostrova King George. Skutečné vybavení stanice je uvedeno v komentáři k jednotlivým zdrojům.

Krytí spotřeby tepla na vytápění a větrání alternativními zdroji

a) *Teplovzdušný kolektor vestavěný do části severní stěny*
Účinná absorpční plocha tohoto kolektoru byla navržena ve velikosti 30 m². V denní době zajišťuje automatická regulace jeho preferenční využití. Tento kolektor dokáže i v podmínkách antarktického léta pracovat s účinností 60 % využití dopadající sluneční energie. Podle vpředu citovaných měření na polské stanici Arctowského jsou tyto průměrné délky trvání přímého slunečního záření v hodinách za měsíc a odpovídající vypočtené intenzity slunečního záření na svislou plochu orientovanou k severu při součiniteli znečištění atmosféry $Z = 2,5$ (podle Linkeho) – viz tab. 1.

Toto množství energie představuje přímý solární příspěvek 38,5 % množství tepla celkem potřebného k vytápění a větrání objektu. V projektové studii nebyly hodnoceny pasivní solární zisky neotevratelnými severními okny. Ve skuteč-

ném provedení antarktické stanice má stěna teplovzdušných kolektorů plochu 36 m², tedy o 20 % větší než bylo v původním návrhu.

b) Tepelné čerpadlo venkovního vzduchu – vzduch jako základní zdroj pro vytápění a větrání

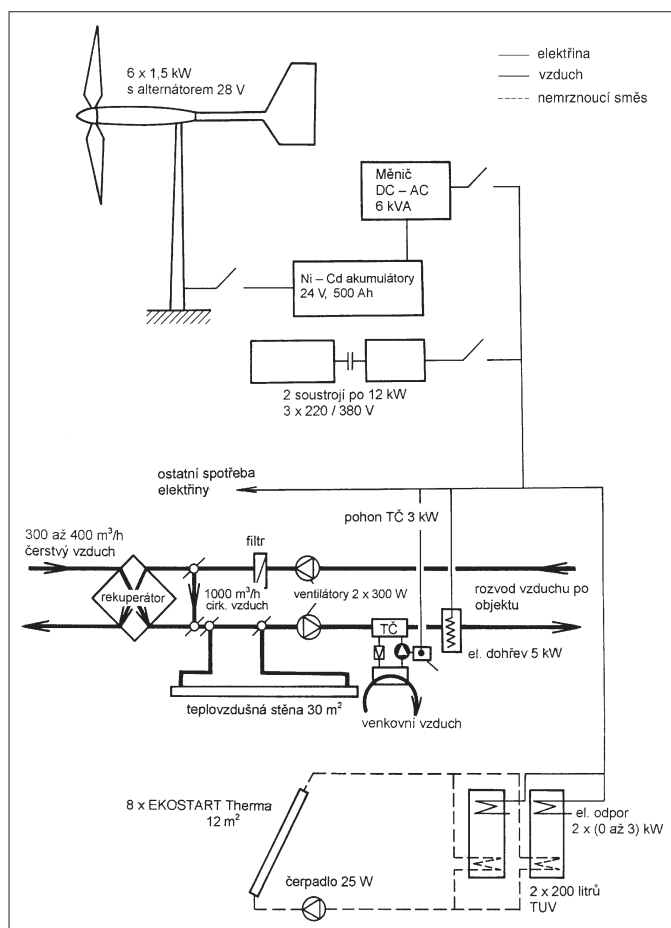
Kondenzátor tohoto TČ (obr. 4) je zařazen do přívodu vzduchu za rekuperátor a teplovzdušnou stěnu. Výparník je v proudě venkovního vzduchu. V bilanci se počítá s průměrným topným faktorem $\varepsilon = 2,5$. Bylo vybráno existující TČ s topným výkonem 8,3 kW při venkovní průměrné teplotě + 1,5 °C; průměrný příkon motoru by byl do 3,3 kW. Potřebný příkon pro vytápění a větrání při této střední teplotě je 6,2 kW. Bivalentní bod se nastaví (pokud by při této teplotě nebyl přímý sluneční svit) na teplotu -2,7 °C, které odpovídá tepelná ztráta objektu 7,1 kW.

Dodávka tepla z tohoto TČ bude o energii dodanou z teplovzdušné stěny nižší:

$17\,568 - 5\,015 = 12\,553$ kWh za antarktické léto. Při průměrném výkonu 8,3 kW to představuje 1 513 hodin chodu TČ za sezónu.

Odpovídající spotřeba elektřiny na pohon TČ bude činit 5 022 kWh za sezónu.

Při účinnosti výroby elektřiny 35 % v soustrojí se zážehovým motorem (z 1 kg paliva se vyrobí 4,035 kWh elektřiny) to dále znamená spotřebu 1 245 kg paliva, pokud by nebyla elektřina ani částečně vyráběna v alternativním zdroji. Při konečném rozhodování o projektu nebyla varianta s tepelným čerpadlem vzata v úvahu pro obavy z komplikovanosti zařízení a pro přítomnost další teplotněsensitive látky v TČ, která se v přírodě nevyskytuje.



Obr. 4 Schéma zdrojů tepla a elektřiny včetně akumulátorů a alternativních zdrojů

c) *Malé TČ vzduch – vzduch v proudě odváděného vzduchu*
Tato možnost není v obr. 4 znázorněna. Tepelné čerpadlo by bylo uvnitř objektu, jeho výparník by byl zařazen za rekuperační výměník do proudě odváděného vzduchu a kondenzátor ve směru proudění také za rekuperační výměník do proudě čerstvého přiváděného vzduchu. Na potřebný průtok vzduchu cca 0,1 m³/s (300 až 400 m³/h) je přímo dimenzováno vyráběné TČ typ TCLV 300 z PZP s. r. o. Semtechne. Jmenovitý topný výkon je 2,5 kW, příkon kompresoru a vlastního ventilátoru je 0,75 kW. Tímto řešením se nepřečerpá teplo z okolí, ale v kombinaci s výměníkem tepla lze odváděný vzduch ochladit na teplotu okolí, případně i pod ni, takže ztráty větráním klesnou na nulu.

Sezónní deficit spotřeby tepla na vytápění a větrání ve spolupráci s teplovzdušnou stěnou by byl:

$17\,568 - 5\,015 - 4\,032 = 8\,521$ kWh.

Tato energie by musela být dodána elektrickými topnými těly (v návrhu výkon 0 až 5 kW) a na její výrobu v soustrojí se spalovacím motorem by se spotřebovalo 2112 kg paliva (o téměř 900 kg více než v předchozím případě). Po projednání této varianty v konečném projektu ani tato možnost nebude na základně zastoupena.

d) *Realizovaná varianta zdroje na vytápění a větrání zahrnuje teplovzdušnou stěnu a rekuperační výměník tepla s elektrickým topným odporem 5 kW*

Hodnotitelé vybrali toto řešení s tím, že je nejjednodušší, obíhá v něm jediná látka (vzduch), která nevyžaduje doplňování a údržbu a je stále dostupná.

Bez hodnocení vnitřních zisků a pasivních solárních zisků severními okny by v tomto případě činil deficit potřeby tepla na vytápění a větrání 12 555 kWh. Na její výrobu pouze v soustrojí se spalovacím motorem by se spotřebovalo 3 112 kg paliva, tedy o 1 867 kg více než v původně navrženém řešení.

SPOTŘEBA TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY A POKRYTÍ POTŘEBNÉ ENERGIE ALTERNATIVNÍMI ZDROJI

Na základě předchozích pobytů vědeckých pracovníků v Antarktidě bylo zjištěno, že v tamním velmi čistém prostředí je spotřeba TUV relativně malá. Pro daný objekt a průměrné stálé obsazení 8 až 12 pracovníky mají postačit zásobníkové ohřívače 2 x 200 litrů se solárním předehřevem a elektrickým dohřevem, regulovaným v rozmezí 0 až 3 kW. Každodenní spotřeba 400 kg vody ohřáté z 0 na 45 °C představuje 75,348 MJ/den, tedy 20,93 kWh/d. Za antarktické léto (120 dnů) je **celková sezónní spotřeba 2 512 kWh**.

K předehřevu TUV jsou navrženy kapalinové kolektory EKOSTART Therma (8 kusů) od českého výrobce Ekosolaris a.s. o celkové apertuře 12 m². Podle výše uvedených dob přímého slunečního záření v jednotlivých měsících lze za antarktické léto získat z 1 m² apertury 130 kWh, tedy celkem 1 570 kWh tepelné energie (62,5 % potřeby). Zbylých 37,5 %, 942 kWh, by muselo být kryto elektrickým dohřevem a na to by se spotřebovalo 234 kg paliva, pokud by nebyla elektřina vyráběna též v alternativním zdroji.

Toto řešení bylo při konečném schvalování projektu přijato a bylo zrealizováno v navrženém rozsahu. Kolektory budou skloněny pod úhlem 65° k vodorovné rovině a orientovány k severu. Jejich nosná konstrukce bude kotvena ke kontejneru, obsahujícím zásobníky TUV (obr. 5).

OSVĚTLENÍ – SPOTŘEBA ELEKTŘINY NA OSVĚTLENÍ

V objektu bude 29 vnitřních světelných zdrojů a každá ze dvou vstupních ramp bude mít také osvětlení. Celkem 31 zdrojů bude tvořeno úspornými zářivkami o příkonech 7, 11 a 13 W. Celkový instalovaný příkon osvětlení je 300 W.

Pro pokrytí většího (nebo celého) dílu spotřeby elektřiny na osvětlení byly původně navrženy fotovoltaické panely RADIX 72-116 tuzemské výroby o celkové ploše 7 m² se špičkovým výkonem 928 W při intenzitě ozáření 950 W/m². V podmínkách antarktického léta bylo možno počítat s průměrným ozářením polovičním a výrobou (v denní době dodávanou do akumulátorů) zhruba 250 kWh za léto.

Odhadovaná spotřeba elektřiny na osvětlení je založena na předpokladu, že využití všech osvětlovacích zdrojů může být asi 5 hodin za den, tedy 0,3 · 5 · 120 = **180 kWh za léto**.

Výrobce udává rozpětí pracovních teplot těchto panelů –35 až +85 °C. Při konečném hodnocení projektu byl foto-



Obr. 5 Pohled na kapalinové solární kolektory zakotvené ke kontejneru se zásobníky TUV

voltaický zdroj vypuštěn jednak pro vysokou cenu vzhledem k energetickému zisku a také proto, že není možné zaručit stálé teploty vyšší než –35 °C během antarktické zimy na zvoleném místě (na ostrově King George bylo měřeno i pod –45 °C).

Spotřeba elektřiny na temperování jímky odpadních vod Odhadovaný příkon 300 W vyvolá spotřebu **864 kWh za léto**.

Spotřeba elektřiny na vaření

Odhadovaná spotřeba je 4 kWh za den, tj. **480 kWh za léto**. Jídla budou připravována většinou z polotovarů a konzerv.

Ostatní spotřeba elektřiny

Tato složka bude nejvíce záležet na činnosti pracovníků. Největším spotřebičem je např. sušička vzorků zeminy (příkon až 7 kW), ale její použití bude řídké a nárazové. Nezanedbatelnou část spotřeby mohou také tvořit počítače, videopřehrávače a podobně. Také tuto spotřebu lze odhadnout jen předběžně podle činnosti a obsazení na **800 kWh za léto**.

Celková spotřeba elektřiny (ve variantě bez využití tepelných čerpadel) je tedy:
12 535 + 942 + 180 + 864 + 480 + 800 = **15 821 kWh za léto**.

Pokud by elektřina nebyla vyráběna též v alternativním zdroji, byla by předpokládaná spotřeba paliva 3 921 kg.

VYUŽITÍ ENERGIE VĚTRU – VĚTRNÉ MOTORY

Větrné motory mohou pokrýt významný podíl této odhadované spotřeby. Pokud by byly v místě stavby podobné podmínky jako na polské stanici Arctowského, je



Obr. 6 Větrné motory o jmenovitém výkonu 1,5 kW při 10 m/s kotvené ke kontejnerům

možné během antarktického léta očekávat četnostní výskyt větru (viz tab. 2). Celkem využitelná časová část léta je 59,8 % a jedno větrné soustrojí může za tu dobu vyrobit 1 393 kWh elektřiny.

Rychlosti větru byly měřeny na stanici Arctowského v synoptických termínech 24:00 hodin, 6:00 hodin, 12:00 hodin a 18:00 hodin. Větrné motory se uvádějí do chodu při prahové rychlosti větru 3,5 m/s a byly navrženy na jmenovitou rychlost větru 10 m/s, při níž je využitelný výkon motoru 1,5 kW, výška stožáru k ose třilísté vrtule 10 m a průměr vrtule 2,9 m. Původně bylo navrženo 6 kusů těchto vztlačkových větrných motorů, které budou kotveny bočně k přepravním kontejnerům (obr. 6). Nad úroveň střechy kontejneru má stožár rotoru kloubit, kolem něhož se horní část stožáru sklopí na kontejner do vodorovné polohy a před opuštěním stanice na zimu zakonzervuje. Černá barva listů, gondoly a směrovky má napomoci k odtávání námrazy. V projektovém návrhu se počítá se stálou funkcí 6 těchto větrných motorů. Českou firmou bylo však vyrobeno a dodáno 8 kusů větrných motorů a navíc ještě důležité náhradní díly.



Obr. 7 Pohled na soustrojí HONDA pro výrobu elektřiny

Tab. 2 Četnostní výskyt větru a výroba elektřiny ve větrném motoru

Interval rychlosti [m/s]	Časová četnost [%]	Výkon soustrojí při střední rychlosti v intervalu [kW]		Výroba v soustrojí o jmenovitém výkonu 1,5 kW [při 10 m/s]
4,1 až 6,0	18,1	5,0 m/s	0,2 kW	104 kWh
6,1 až 8,0	18,5	7,0	0,52	277
8,1 až 10,0	12,5	9,0	1,1	396
10,1 až 12,0	6,5	11,0	1,7	374
12,1 až 14,0	4,2	13,0	1,7	242

Předpokládaná čistá výroba z jednoho motoru, po odečtení ztrát při transformacích a akumulaci elektřiny je 1 200 kWh za léto. Při trvale fungujících 6 motorech to představuje **7 200 kWh** za léto celkem, což je 45,5 % předpokládané spotřeby. **Potřebná výroba** v soustrojích se spalovacími motory by tedy měla činit jen **8 620 kWh**. To představuje spotřebu **pouze 2 110 kg paliva**.

Kdyby ve stanici nebyly využívány alternativní zdroje, činila by celková spotřeba elektřiny včetně využití rekuperace tepla **22 404 kWh (5 553 kg paliva)**. **Alternativní zdroje tedy snižují spotřebu paliva o 61,5 %**. Pokud by byla využita i původní varianta s TČ, která snižuje spotřebu paliva o dalších 1 867 kg, výsledná spotřeba by se omezila pouze na **2 110–1 867 = 247 kg paliva za léto**. To by znamenalo velkou nezávislost na kapalném palivu, které by sloužilo většinou jako záloha.

Stabilní motorová soustrojí pro výrobu elektřiny

Tato soustrojí budou sloužit v případě další potřeby elektřiny při vybíjejících se akumulátorech, nebude-li pro krytí spotřeby elektřiny stačit přísun energie z větrných motorů. Soustrojí budou nainstalována v jednom kontejneru. Jako zdroj s dostatečným stabilním výkonem 12 kW_s bylo vybráno soustrojí HONDA EXT 12,5 (2 kusy, z toho 1 kus jako 100 % záloha do extrémních podmínek, 3 x 230/400 V, s tlumičem hluku, transportním podvozkem a tažným okem, s automatickou regulací a dálkovým ovládáním (i startováním). Celková hmotnost je 380 kg. Soustrojí je běžně dodáváno s nádrží na 38 litrů paliva, které stačí na 12 hodin provozu při plném výkonu. Doplňování paliva ze sudů se děje ruční pumpou.

Na 120 dnů plného a nepřetržitého provozu by stačila zásoba 9 120 kg paliva, při využití alternativních zdrojů by byla spotřeba 2 110 kg a při použití TČ venkovní vzduch – vzduch jen 247 kg. Zapojení soustrojí do ostrovní elektrické sítě je schematicky (a jednou čarou) zakresleno v obr. 4.

Kromě stabilních soustrojí je navrženo ještě přenosné soustrojí (opět ve zdvojeném provedení) HONDA EXT 9,0 o výkonu až 9 kW, které může buď být převezeno do terénu jako mobilní zdroj nebo opět posloužit jako další násobná záloha, která v případě potřeby zajistí dostatek energie pro plný provoz objektu. Tato soustrojí se ovládají ručně na místě.

Pohled na rozmístění všech čtyř jednotek v kontejneru s číslem 05 je na obr. 7. Prostor kontejneru bude na základě zkušeností z již realizovaných stanic využíván jako su-

šárna oděvů a prádla, čímž se částečně využije odpadní teplo bez jinak nutných rozvodů.

Akumulátory elektřiny

Akumulátory vyrovnávají rozdíly mezi výrobou a spotřebou elektřiny při běžném provozu stanice. Při stavu vážné poruchy v dodávce elektřiny, kdy momentálně nejsou v provozu ani větrné motory, ani motorová soustrojí (například v provozní nádrži nebylo doplněno palivo) by měly akumulátory pokrýt zhruba dvouhodinový až 2,5 hodinový průměrný odběr elektřiny, tedy 10 až 12 kWh. Doba 2 hodin je považována za dostatečnou k odstranění běžné závady, doplnění paliva do nádrže nebo k uvedení dalšího zdroje do chodu.

Vzhledem ke svým vlastnostem byly navrženy akumulátory typu Ni-Cd o jmenovitém napětí 24 V. Tyto akumulátory patří mezi alkalické, mají dlouhou životnost, vyjádřenou ve stovkách plných nabíjecích a vybíjecích cyklů a velmi dobře odolávají nízkým teplotám okolí (byly již v Antarktidě odzkoušeny se ztrátou 4 % kapacity za 10 roků).

Vpředu uvedeným požadavkům odpovídá návrhová kapacita akumulátorů 420 až 500 Ah. Schematické zapojení akumulátorů do elektrické sítě přes měniče AC – DC – AC je uvedeno v obr. 4. Návrh akumulátorů byl při schvalování projektu odsouhlasen a ve výsledné dodávce stanice se objevují ve zdvojeném provedení, s kapacitou 2 x 500 Ah s ohledem na význam. Akumulátory jsou umístěny v kontejneru, který obsahuje též elektrické rozvaděče.

Energie ze spalitelných odpadů

S touto složkou získatelné energie nebylo v projektu dopředu počítáno, protože nebyly podklady ke zjištění jejího množství. Spalitelných odpadů bude za období 120 dnů léta poměrně málo, půjde zejména o papírové nebo polyetylenové obaly potravin a nápojů. Hliníkové obaly od piva a nápojů se komprimují a recyklují. Předběžně se uvažuje, že spalovací zařízení na odpady bude v provozu 1 x za 3 týdny, tedy asi 6 x za léto.

Pro ekologicky vyhovující spalování těchto odpadů bylo dodáno zařízení již několik let fungující na norských rybářských lodích o výkonu jen několik málo kW. S využitím tohoto tepla se uvažuje opět pouze k nárazovému sušení oděvů, popřípadě i vzorků hornin a zemin. Po získaných zkušenostech bude možné připravit potřebné změny.

Nouzový energetický stav stanice

V podmínkách naprosté odlehlosti, které mohou v dané oblasti nastat, tedy když například nefunguje ani rádiové

spojení, musí řešení obsahovat i podmínky přežití osob v této extrémní situaci. Pokud by nefungovaly větrné motory ani soustrojí na kapalném palivu, nesvítilo slunce a došla by zásoba kapalného paliva pro soustrojí, bude k dispozici železná zásoba kapalného paliva (například petroleje v několika kanystrech), která umožní základní osvětlení v noci lampami, uvaření potravin na vařících a nouzové vytápění zářiči a vařiči. Přívod vzduchu při tom musí být zajištěn pootevřenými dveřmi (okna jsou všechna neotevratelná).

MĚŘENÍ A REGULACE

Systém měření a regulace je vzhledem k ostrovnímu charakteru zcela izolovaného zařízení postaven na těchto základních zásadách:

- ❑ měření spotřeby paliva ve stabilních i přenosných agregátech je v podstatě ruční, se záznamem do trvalých dokladů,
- ❑ měření spotřeby elektřiny odebrané ze zdrojů do systému odběru – elektroměrem,
- ❑ měření dodávky alternativních energií:
 - elektřiny dodané větrnými motory – elektroměrem,
 - tepla z kapalinových kolektorů – měřidlem tepla kapalinovým,
 - tepla z teplovzdušných kolektorů – měřičem tepla vzduchovým;
- ❑ tepelné čerpadlo (pokud by bylo na základně použito) – měření doby chodu spínacími hodinami, měření spotřeby elektřiny podružným elektroměrem.

Regulace a preference zdrojů a odběrů

- a) regulace vytápění objektu podle teploty v referenční místnosti při vyregulovaném systému (vypínací teplota cca 25 °C, spínací 22 až 23 °C, všechny hodnoty nastavitelné);
- b) preference zdrojů pro vytápění:
 1. teplovzdušné kolektory,
 2. tepelné čerpadlo (pokud by bylo použito),
 3. dodatkový (elektrický odporový) zdroj;
- c) preference zdrojů pro TUV:
 1. kapalinové kolektory,
 2. dodatkový (elektrický odporový) zdroj.

Ovládání akumulátorů

1. preference nabíjení akumulátorů i přímého odběru elektřiny z větrných agregátů,
2. startování soustrojí na kapalném palivu,
3. nouzové vybíjení baterií po dobu odstraňování poruch.

NOVÉ UMÍSTĚNÍ ČESKÉ VĚDECKÉ ANTARKTICKÉ STANICE

Po posouzení výše uvedeného návrhu projektu dospěla mezinárodní komise k názoru, že takto vybavená stanice, která by za vhodných podmínek mohla dosáhnout až nulové spotřeby energie z fosilních paliv v původně uvažované poloze, může být situována i v klimaticky nepříznivějších podmínkách. To také s ohledem na to, že ostrov King George I. je již poměrně prozkoumán. Nachází se tam již 9 vědeckých polárních stanic (argentinská, brazilská, chilská, čínská, korejská, peruánská, polská, ruská, uruguay-ská). Poměrně neznámou oblastí je podle názoru komise

ostrov James Ross I. (obr. 1, posice 2), který není dosud obydlen ani po část léta.

Až do r. 1997 byl tento ostrov spojen s antarktickým poloostrovem (přes průliv široký asi 15 km) šelfovým ledovcem, takže bylo možno z pevniny (Trinity Peninsula) přejít na ostrov suchou nohou. V posledních letech vlivem lokální změny proudění vody se šelfový ledovec rozpadl, takže průliv je vyplněn ledovou tříští. Tento ostrov leží zhruba o 300 km jižněji než King George, takže se zde dá předpokládat nižší teplota vzduchu, nižší rychlosti větru vzhledem k úplavě za hřbetem Trinity Peninsula a také horší dopravní dostupnost s ohledem na déle trvající zalednění. Také není prozkoumán stavební pozemek (zda vůbec pobřeží ostrova někde v létě rozmrzá natolik, aby se tam dal objekt vybudovat) ani zdroj a příprava pitné vody (pravděpodobně bude nutné roztávat led i v létě). Tím se vybudování české antarktické stanice, která je již připravena k přepravě v areálu Pozemních staveb, a.s. ve Zlíně, nejméně o 1 rok prodlouží. Bude nutno vykonat další průzkumnou cestu na nové staveniště.

Jak bylo v předchozím naznačeno, cesty české přírodovědy do dříve vzniklého společenství přímořských států nejsou snadné.

Ale díky tomu, že naše stanice bude mít dosud nejnižší energetické nároky na svůj sezónní provoz, bude také sloužit jako příklad ekologicky šetrného řešení podobných objektů a možná pomůže navázat mezinárodní spolupráci i v technických disciplínách.

Použité zdroje:

- [1] BROŽ, K. *A Multiple Energy Source for Heating*. Proceedings of Regional Consultations for „RIO + 5“ World Congress on Sustainable Development. Tallinn, Estonia, January 25–27, 1997. 9 ps.
- [2] PROŠEK, P. a JANOUCH, M. *České meteorologické a klimatologické aktivity v Antarktidě po 25 letech. Část II – Prozatímní výsledky*. Meteorologické zprávy č. 2/1997. ■

Poznámka recenzenta:

Mnozí čtenáři VVI jistě zaregistrovali, že Česká republika připravuje vybudování první vlastní vědecko-výzkumné polární stanice v Antarktidě. Redakce časopisu považovala za zajímavé seznámit čtenáře se zamýšleným projektem, zejména s jeho energetickým systémem, se způsobem vytápění, větrání, přípravy teplé užitkové vody a s dalším technickým zařízením.

Autor článku se v předchozích letech aktivně podílel na tvorbě koncepce a na hlavních výpočtech energetického systému stanice.

Z nabídky všech, v úvahu připadajících možností alternativních zdrojů energií byly nakonec vybrány ty, o nichž se předpokládá, že vydrží extrémní arktické podmínky, vyžadují minimální provozní nároky na obsluhu a údržbu a současně disponují maximálním energetickým efektem. Jedná se o teplovzdušný kolektor a rekuperační výměník tepla určený pro teplovzdušné vytápění a větrání stanice, dále o solární kapalinové kolektory pro přípravu TUV a konečně o větrné motory vyrábějící elektrickou energii.

V článku jsou uvedeny výsledky energetických bilancí, které je možno bez nadsázky kvalifikovat jako pozoruhodné. V současné době je polární stanice zrealizována a připravena k expedici.

Příznivé energetické a ekologické parametry vedly dokonce mezinárodní hodnotící komisi k rozhodnutí, že základna může být nasazena v drsnějších podmínkách o 300 km blíže k pólu. Tento lichotivý posudek je bohužel vykoupen nutností odložit misi o jeden rok, aby mohl být proveden výběr a průzkum nového stanoviště.