

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ**



**OPTIMALIZACE VÝROBY TECHNICKÉHO
SNĚHU**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE
2018**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektroenergetika

Vedoucí práce: Ing. Miroslav Vítek CSc.

Bc. Tomáš Šidlík

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Sidlík** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **420299**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra elektroenergetiky**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektroenergetika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Optimalizace výroby technického sněhu

Název diplomové práce anglicky:

Optimizing the production of technical snow

Pokyny pro vypracování:

1. Popis principu výroby technického sněhu
2. Shromáždění vstupních dat pro sestavení variant optimalizace
3. Sestavení modelu v tabulkovém procesoru pro vyhodnocování variant
4. Doporučení pro konkrétní lokalitu

Seznam doporučené literatury:

Brealey R.A., Myers S.C., Allen F.: Teorie a praxe firemních financí. Albatros Media, Praha, 2014.
Šolc P. a kol.: Trh s elektřinou. AEM, Praha 2011.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Miroslav Vítek, CSc., 13116

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **15.02.2018** Termín odevzdání diplomové práce: **25.05.2018**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2019**

Ing. Miroslav Vítek, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Anotace

Tato práce se zabývá využitím záporné regulační energie pro výrobu technického sněhu, jako způsobem snížení nákladů na elektrickou energii. Součástí práce je matematický model, který zpracovává data o počasí a data o zobchodované záporné regulační energii. Po nastavení technických parametrů modelu podle konkrétního skiareálu vypočítá model potenciální výšku vyrobeného sněhu a datum a čas dosažení požadované výšky sněhu. V závěru práce je navržena komunikace nutná pro případnou implementaci.

Annotation

This thesis deals with the use of negative regulatory energy for the production of technical snow as a way of reducing the cost of electricity. Part of the thesis is a mathematical model that processes weather data and data on traded negative regulatory energy. After setting the technical parameters of the model according to a particular ski resort, the potential snow height and the date and the time of the required snow height will be calculated. Communication necessary for possible implementation is proposed at the end of the thesis.

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne

podpis

Bc. Tomáš Šidlík

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Miroslavu Vítкови CSc. za trpělivé zodpovídání dotazů během konzultací a věnovaný čas. Dále bych rád poděkoval panu Milanu Vodičkovi, ze skiResortu ČERNÁ HORA - PEC za poskytnutí mnoha praktických informací a panu Jiřímu Čermákovi, ze skiareálu Špindlerův Mlýn za poskytnutá data.

Obsah

Úvod.....	1
Výroba technického sněhu	2
Princip výroby technického sněhu	2
Používané technologie.....	4
Technologické schéma.....	6
Regulační energie.....	7
Vyrovňovací trh s regulační energií.....	7
Záporná regulační energie	9
Shromáždění vstupních dat pro sestavení variant optimalizace	11
Data o RE-.....	11
Data o počasí.....	12
Vytvoření modelu	13
Vstupy uživatele.....	13
Výstupy modelu	16
Fungování modelu	16
Vstupní data	16
Vytvoření teplotního profilu	17
Jádro.....	19
Porovnání zasněžování s využitím RE- s klasickým nákupem el. energie	20
Celkové množství vyrobeného sněhu	20
Doba potřebná k výrobě požadované výšky sněhu	28
Vyčíslení celkových úspor	34
Návrh obchodního modelu	35
Návrh komunikace	37
Závěr	40
Seznam použité literatury.....	41
Zdroje obrázků	42

Úvod

Globální teplota stoupá. Bez ohledu na příčinu se s touto skutečností musí vypořádat lidé v nejrůznějších odvětvích od zemědělství přes dopravu až po turismus. Pro provozovatele většiny horských středisek tvoří zimní sezóna až 80 % celkových příjmů, některá střediska jsou na příjmy ze zimní sezóny zcela odkázána. Úspěšnost zimní sezóny závisí zejména na jejím včasném startu a nepřerušovaném průběhu až do jarních měsíců. V posledních letech se již nedá spoléhat na přírodní sníh a zasněžovací technika se stává nutností pro skiareály všech velikostí. Výše položeným skiareálům dává možnost dřívějšího startu sezóny, u těch níže položených by bez ní nebyl provoz skiareálu mnohdy vůbec možný. V České republice je během zimní lyžařské sezóny zaměstnáno přímo ve skiareálech okolo 35 000 lidí. Dalších více jak 100 000 pracovních míst vytváří navazující odvětví například hotely a restaurace. [1] Existence těchto pracovních míst je případně špatných sněhových podmínek přímo ohrožena.

Zasněžování sebou však přináší vysoké náklady na elektrickou energii, které po personálních nákladech tvoří druhou nejvyšší položku ve výdajích skiareálů. Nabízí se možnost alespoň částečného snížení těchto nákladů využitím záporné regulační energie, kterou na vyrovnávacím trhu nakupuje společnost ČEPS a s jejíž pomocí udržuje elektrizační soustavu v rovnováze.

Tato práce má za cíl vyčíslit potenciál využití záporné regulační energie pro účely výroby technického sněhu a navrhnout konkrétní způsob využití.

Výroba technického sněhu

Princip výroby technického sněhu

Základní princip výroby technického sněhu je shodný pro všechny technologie. Rozstříkáváním vody při nízkých teplotách dochází k její krystalizaci a kapičky vody se mění v krystaly ledu tzv. technický sníh. Pro úspěšnou výrobu technického sněhu neboli zasněžování, jsou rozhodující zejména následující faktory:

- **Teplota vody**

Čím nižší je teplota vody, která do procesu vstupuje, tím nižší jsou technologické požadavky na výrobní zařízení. Ačkoli existují technologie na chlazení vody, v České republice nejsou zpravidla využívány, protože voda je čerpána přímo z toků a má tím pádem nižší teplotu než např. při čerpání z přehradní nádrže. Chlazení vody má význam například v situacích, kdy střediska potřebují zasněžovat na začátku lyžařské sezóny a teploty ještě nejsou dostatečně nízké. Energetická náročnost tohoto postupu a z ní plynoucí náklady však musí být dostatečně kompenzovány, a proto se tohoto postupu využívá spíše v bohatších zemích.

- **Teplota okolního vzduchu**

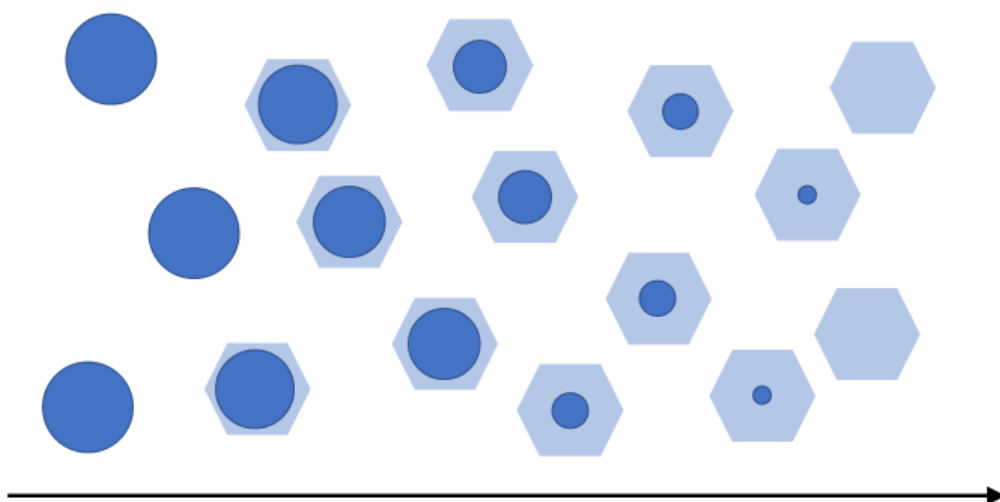
Není důležitá sama o sobě, ale v kombinaci s vlhkostí vzduchu, mluvíme o tzv. **vlhké teplotě**. Nejdůležitější hodnotou je maximální vlhká teplota, při které je zasněžování možné. Není to však jediný údaj. S klesající vlhkou teplotou roste jednak kvalita technického sněhu a jednak potenciální produkované množství. Vzhledem k tomu, že teplota používané vody se pohybuje jen těsně nad 0°C, je u technologií využívajících k rozprašování vody stlačeného vzduchu možné díky poklesu jeho teploty při expanzi, možné zasněžovat i při teplotách nad bodem mrazu. Při 0 % vlhkosti vzduchu je teoreticky možné zasněžovat i při 4°C.

- **Doba krystalizace**

Krystalizace vodních kapiček neprobíhá skokově, ale je pro ní třeba určitého času, který je nepřímě úměrný vlhké teplotě okolního vzduchu a přímo úměrný velikosti kapiček. Zvýšení doby mezi okamžikem, kdy kapička opouští trysku a okamžikem dopadu na povrch země, je možné:

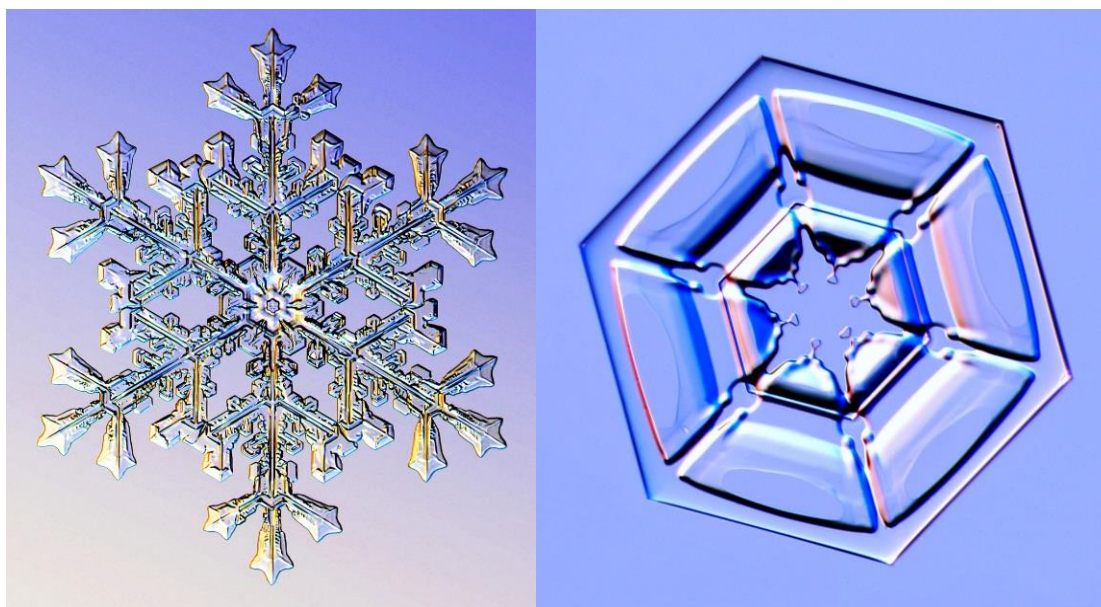
- Použitím vyšší konstrukce zařízení. Tento způsob přináší vyšší riziko „odfuku“ technického sněhu mimo požadovanou oblast.
- Použitím silnějšího ventilátoru u technologií s ventilátorem. Tento způsob přináší vyšší energetickou náročnost.

Průběh krystalizace ukazuje následující obrázek



Obr.1 průběh krystalizace

Krystalizace nemusí zcela proběhnout před dopadem krystalu na zem, je však nutné, aby proběhla do takové míry, že nedojde k rozpadu krystalu a vytečení vody. Výsledné krystaly se od přírodních sněhových vloček značně liší, jak ukazuje následující obrázek.



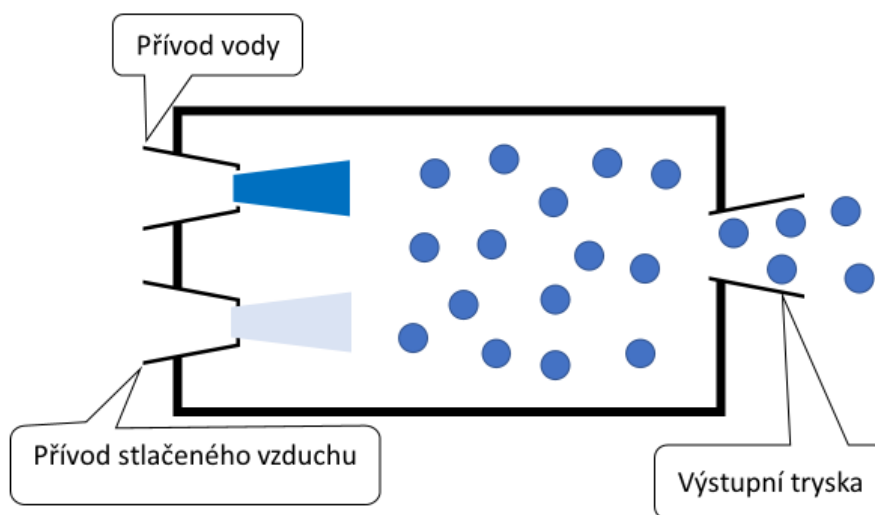
Obr.2 Přírodní vločka (vlevo), ledový krystal (vpravo)

Používané technologie

Z hlediska uživatele je nejdůležitější typ koncového prvku celého systému, tedy samotné výrobní zařízení. Současné technologie se dají rozdělit do dvou základních skupin.

- **Sněžné sprchy** (ang. snow lances)

Tato technologie vyžaduje kromě přísunu vody také přísun stlačeného vzduchu. Regulací obou vstupů lze docílit optimální velikosti kapiček a dosáhnout tak lepší krystalizace. Ke kontaktu obou vstupů může docházet buď vně konstrukce (dnes již zastaralá technologie) nebo uvnitř konstrukce v tzv. nukleátoru. Nevýhodou této technologie je nutnost přísunu stlačeného vzduchu, což přináší zvýšené náklady zejména při stavbě zařízení, neboť je nutné kromě přísunu vody vybudovat i potrubí pro vzduch. Konstrukce sprch je pevně umístěná, není s ní tedy možné prostorově manipulovat. Dostatečná doba krystalizace je zajištěna výškou konstrukce, což sebou přináší výhodu v podobě nižší energetické náročnosti, avšak vyšší riziko zanešení vyrobeného sněhu v případě silnějšího větru.



Obr.3 Schéma nukleátoru

Energetická úspora proti technologiím používajícím ventilátor je hlavním důvodem, proč jsou dnes sněžné sprchy nejčastěji instalovanou technologií. Provozní nedostatky, jako náchylnost na vyšší rychlost větru, lze již dnes řešit velice rychle dálkovým vypnutím, což bylo ještě před několika lety zcela nemyslitelné a zasněžovací technologie vyžadovaly neustálou kontrolu obsluhy.



Obr.4 Sněžná sprcha



Obr.5 Výstupní trysky sněžné sprchy

- **Sněžná děla** (ang. snow guns)

Kromě přísunu vody vyžaduje tato technologie i napájení elektrickou energií. Vodní kapičky jsou po výstupu z trysek rozprašovány ventilátorem o výkonu až 20 kW. Navzdory velké hmotnosti, která může přesáhnout i 750 kg se jedná o mobilní technologii, protože jednotlivá děla lze během sezóny přesouvat pomocí rolby. Jediným omezením je přístup ke zdroji vody a elektrické energie. Tyto zdroje bývají rovnoměrně rozmístěny podél sjezdových

tratí a pomocí hadic a kabelů lze děla používat i desítky metrů od samotného zdroje. Možnost libovolného směřování děla a jeho mobilita však nejsou dostatečnou kompenzací pro vyšší provozní náklady. V současné době je tato technologie na ústupu.



Obr.6 Sněžné dělo

Technologické schéma

Základní prvky systému zasněžování jsou společné pro všechny technologie a jsou to:

- **Systém čerpání vody**

Primární vodní zdroj se v naprosté většině případů nachází níže než výrobní zařízení a je proto nutné vodu čerpat často do značných výšek. Voda může být čerpána buď přímo z vodního toku nebo se využívá akumulární nádrže. Vzhledem ke značnému převýšení, které musí čerpadla překonávat, pracují s vysokými tlaky. Nejvyšším výstupním tlakem v České republice disponují čerpadla ve ski resortu Černá Hora a to 85 bar. Vodu je třeba k výrobním zařízením dopravit s určitým tlakem. U sněžných sprch je min. tlak přibližně 16 bar u sněžných děl je to 8 bar. Jedná se o energeticky zdaleka nejnáročnější část řetězce.

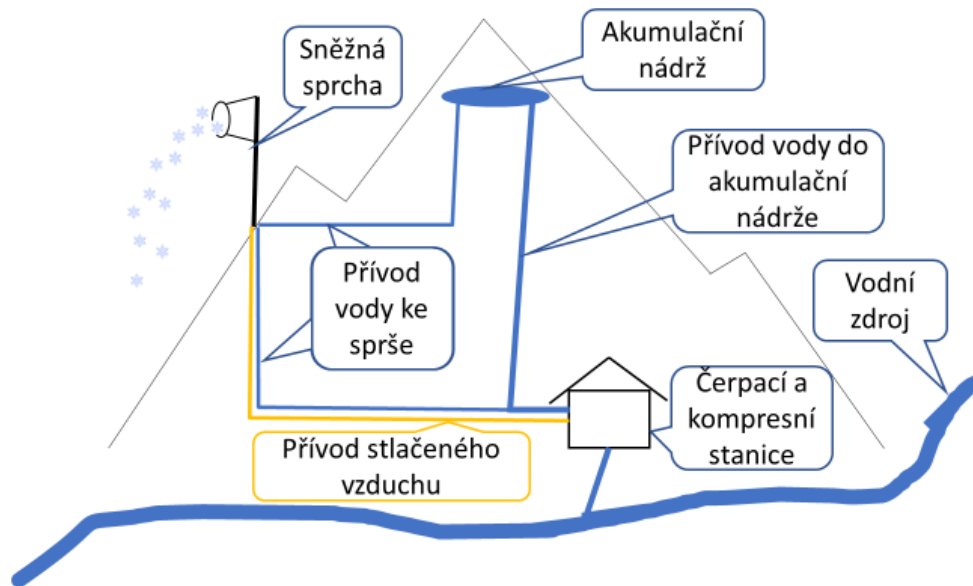
- **Potrubní systém**

Voda se od čerpadel k výrobním zařízením přepravuje pomocí trubek uložených v zemi. V případě použití sněžných děl je možné ji v konečné části dopravovat pomocí hadic na povrchu.

- **Výrobní zařízení**

Sněžné sprchy nebo sněžná děla. Z jednoho m³ vody je v závislosti na podmínkách možno vyrobit přibližně 2,35 m³ technického sněhu.

U systému využívajících sněžné sprchy je dále třeba **systém komprese vzduchu** a na něj navazující potrubí, kterým se stlačený vzduch dostane k jednotlivým sprchám. V případě vhodných geografických podmínek se někdy využívá i **akumulační nádrž** na vodu umístěná výše než výrobní zařízení. Do ní je možné vodu buď zachytávat z vodního toku nebo jako dešťovou vodu, popřípadě jí čerpat z primárního vodního zdroje a následně využívat gravitačního spádu při zásobování jednotlivých sprch nebo děl.



Obr.7 Technologické schéma výrobního systému využívajícího sněžné sprchy

Regulační energie

Vyrovnávací trh s regulační energií

„Vyrovnávací trh s regulační energií (VT) je vnitrodenní hodinový trh organizovaný operátorem trhu. Elektřina na něm se obchoduje po jednotlivých obchodních hodinách vždy na hodinu dopředu; je obchodována od ukončení vnitrodenního trhu s elektřinou, tedy 60 minut před začátkem dané obchodní hodiny a končí 30 minut před jejím začátkem. Elektřinu nabízejí účastníci trhu, kteří mají uzavřenou speciální smlouvu s OTE, jediným kupujícím je ČEPS jako provozovatel přenosové soustavy. Předmětem obchodu je regulační energie. Zobchodovaná energie tedy nemění obchodní pozici účastníka, ale v rámci zúčtování odchylek koriguje skutečnou hodnotu dodávky. Primárně je trh určen pro subjekty zúčtování s vlastní odpovědností za odchylku, ale přístup na něj se souhlasem příslušného subjektu zúčtování mají i účastníci trhu s přenesenou odpovědností. Jejich zodpovědný subjekt zúčtování musí být v každém případě informován a obvykle dostává i průběžná data o zobchodované regulační energii. To je důležité, pokud daný subjekt využívá predikce spotřeby svých

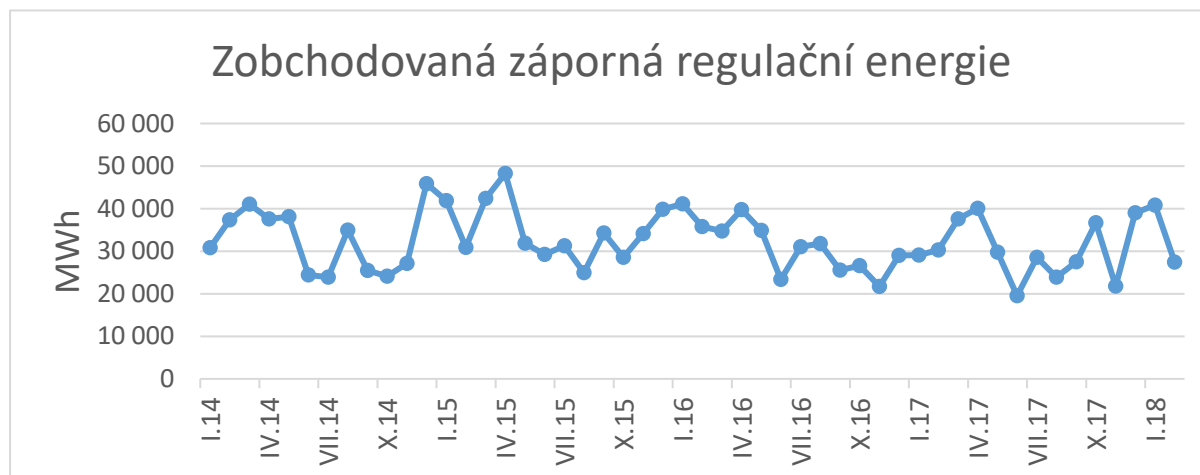
odběratelů a sám optimalizuje odchylky svého portfolia, případně sám obchoduje na VT a aktivita jeho podřízeného subjektu mu v reálu skutečnou dodávku mění.

Uplatněna je regulační energie kladná (zvýšení dodávky nebo snížení spotřeby) i záporná (snížení dodávky či zvýšení spotřeby). Regulační energii mohou tedy nabízet jak výrobci, tak spotřebitelé, protože k jejímu prodeji není třeba žádné speciální zařízení ani měřicí či řídicí systémy (plně stačí standardní obchodní měření). Tento trh je výhodný pro malé výrobce, jejichž zařízení nesplňují technické podmínky poskytování PpS, ale přesto mohou být tímto účastní na regulaci soustavy. Nedostávají sice stálou platbu za rezervovaný výkon (tak jako v případě poskytování PpS), ale nemusí plnit žádné technické podmínky, garantovat výkon atd. Pokud mají volný výkon, mohou jej nabídnout zvláště v jednotlivých hodinách. Regulační energii nakupuje ČEPS, pro který to představuje „bezplatný“ rezervoár dodatečné regulační energie, která může být levnější než regulační energie ze zdrojů PpS. Zejména však umožňuje šetřit výkon PpS na okamžitou regulaci odchylek a dlouhodobější odchylky zajišťovat nákupem regulační energie na VT (a ze zahraničí). Nemůže nahradit výkon PpS potřebný pro okamžité pokrytí výpadku a sekundární regulaci výkonu, ale může určitým způsobem minimalizovat nároky na velikost rezervovaného výkonu v terciární regulaci. Z pohledu ČEPS je nevýhodou, že nabídka není garantovaná, takže v kritickém okamžiku nemusí být k dispozici a je třeba pravděpodobnostních modelů, které umožní predikovat disponibilitu výkonu dopředu. Nákup regulační energie na celou hodinu, a to nejpozději půl hodiny před jejím začátkem, s sebou též nese riziko, že v průběhu hodiny dojde ke změně rovnováhy a k překlopení soustavy do opačné odchylky. Pak může nákup na VT situaci zhoršovat a přináší i vícenáklady na protiregulaci (protože jakmile je zobchodováno, každý subjekt již nezávisle realizuje dodávku dle výsledků). Klíčová je kvalita krátkodobé predikce odchylky prováděná dispečinkem, statistické analýzy určující pravděpodobnosti dalšího vývoje odchylky a zvažování nabídkových cen, disponibility PpS a provozních rizik. Pokud se úspěšnost/správnost nákupu pohybuje k 90 % (což je současný stav), pomáhá nákup regulační energie z VT jak snížit náklady na řízení odchylky, tak zvýšit spolehlivost soustavy díky vyšší disponibilitě PpS.

Narůstající role VT v posledních letech je dána zejména rozvojem proměnlivé výroby z obnovitelných zdrojů, která zvyšuje volatilitu odchylek, zejména v kladném směru (přebytek výkonu v ES). Většina obchodované regulační energie má tedy záporné znaménko a VT znamená vlastně mechanismus, kterým je přebytečná energie z vynucené dodávky OZE efektivně „zmařena“, aniž by vyčerpávala regulační výkon PpS. Pro subjekt s kvalitní krátkodobou predikcí a s možností změny dodávky či spotřeby znamená obchod na VT velmi atraktivní prostor pro spekulaci na odchylku a značné výnosy. Typicky na tento trh mají přístup desítky subjektů s tím, že aktivní jsou v každém momentě maximálně jednotky.“ [2]

Záporná regulační energie

Data o záporné regulační energii, dále jen RE-, jsou dostupná na stránkách ote-cr.cz Při pohledu na měsíční součty zobchodované RE- v období leden 2014 až únor 2018 vidíme, že se v jednotlivých měsících pohybují přibližně mezi 20 000 a 50 000 MWh.



Obr.8 Měsíční sumy zobchodované RE- v období leden 2014 - únor 2018

Pro posouzení potenciálu využití RE- při výrobě technického sněhu však není důležitý celkový zobchodovaný objem energie, nýbrž její dostupnost v jednotlivých hodinách a také její cena. Z pohledu obchodníka s elektřinou budeme u ceny RE- rozlišovat následující 4 případy:

- **Cena je menší než -1 Kč/MWh**

Tato situace nastává v případě, kdy původní vyvolávací cena tedy -1 Kč/MWh není dostatečně motivující pro obchodníky a ČEPS je nucen zvýšit cenu, kterou je ochoten za RE- zaplatit.

- **Cena se rovná -1 Kč/MWh**

Jedná se o nejčastější případ. Poptávka ČEPS je uspokojena v plném rozsahu bez nutnosti cenu navyšovat.

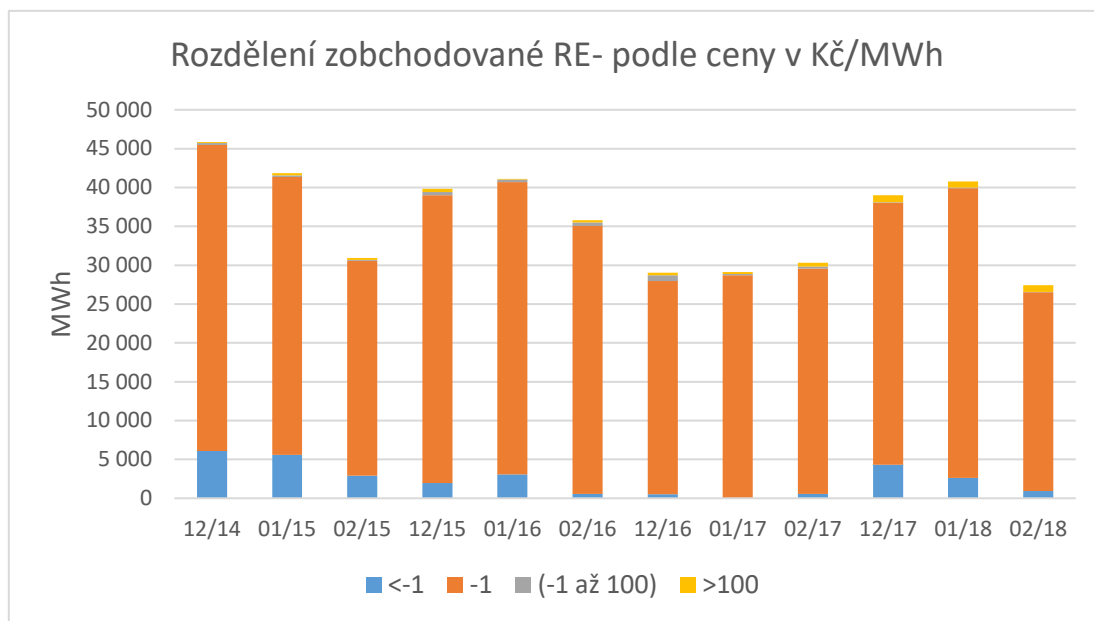
- **Cena je v rozmezí -1 Kč/MWh až 100 Kč/MWh**

V případě, že se o daný objem RE- uchází více obchodníků, cena roste. Tato situace je pro ČEPS výhodná, neboť namísto nákladů jí obchod s RE- přináší zisk. Hranice 100 Kč/MWh je zde zvolena tak, aby se z celkového potenciálu zbytečně nevyloučily obchodní hodiny, kdy cena mírně vzroste, ale aby bylo stále možné náklady na RE- považovat za zanedbatelné.

- **Cena je vyšší než 100 Kč/MWh**

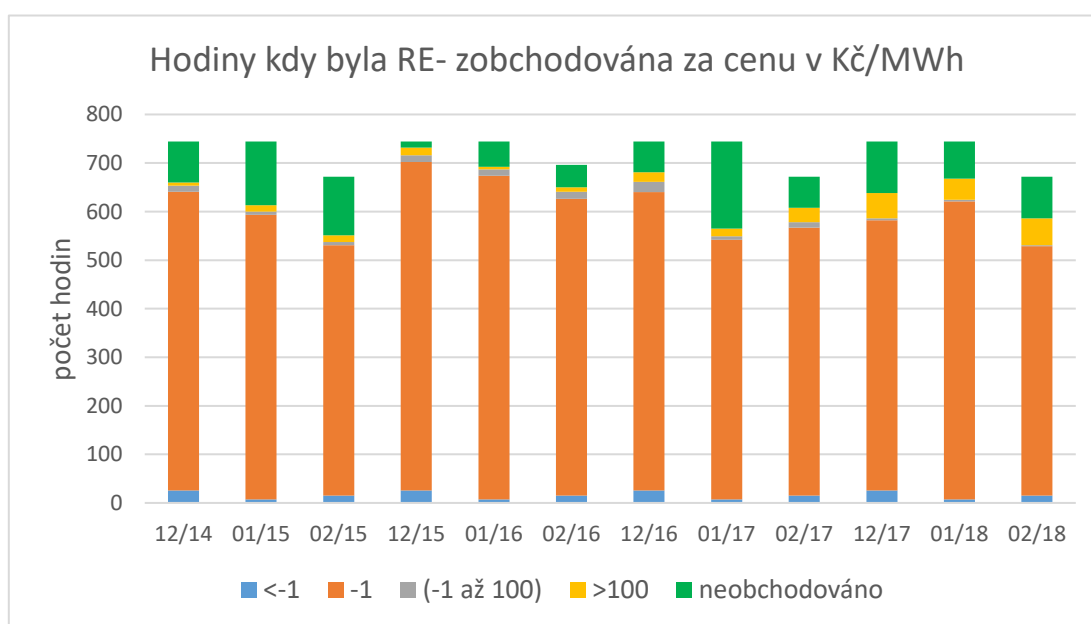
Cena není omezena ani v jednom směru. Ve výjimečných případech může být cena, kterou je obchodník ochoten za RE- zaplatit, výrazně vyšší než obvyklá spotová cena. V období leden 2014 až únor 2018 byla maximální cena 2 751 Kč/MWh a to 15.11.2017.

Celkové zobchodované množství RE- pro období prosinec-únor v letech 14/15 až 17/18 rozdělené do výše uvedených kategorií ukazuje následující graf.



Obr.9 Rozdělení zobchodované RE- podle ceny v Kč/MWh

Důležitějším údajem, než celkové zobchodované množství je však počet hodin v měsíci, kdy se RE- za danou cenu obchoduje a také počet hodin kdy se RE- neobchoduje vůbec. Porovnání stejných období a cenových pásem jako u celkového množství vidíme na následujícím grafu.



Obr.10 Počet hodin, kdy byla RE- zobchodována za cenu v Kč/MWh

Jak je patrné z obou výše uvedených grafů, je v naprosté většině případů RE- obchodována za cenu -1 Kč/MWh nebo dokonce nižší, situace, kdy je cena vyšší jsou výjimečné. Navíc je RE- k dispozici za tuto cenu velice často. Procento hodin z měsíce, kdy byla RE- zobchodována za cenu -1 Kč/MWh nebo nižší ukazuje následující tabulka.

Období	12/14	01/15	02/15	12/15	01/16	02/16	12/16	01/17	02/17	12/17	01/18	02/18
%	86	80	79	94	91	90	86	73	84	78	83	79

Pro vyčíslení potenciálu RE- při výrobě technického sněhu je třeba dát tato data do souvislosti jednak s daty o počasí, které určuje, zda-li je zasněžování v danou hodinu možné a taktéž s provozními a technickými údaji konkrétního skiareálu.

Shromáždění vstupních dat pro sestavení variant optimalizace

Pro vytvoření optimalizačního modelu, dále jen OM, jsou potřebná následující data:

Data o RE-

Data jsou volně dostupná na webu ote-cr.cz. Pro vytvoření OM jsou potřebné následující údaje:

- Obchodní hodina
- Zobchodované množství

Uvádí se se záporným znaménkem, protože se jedná o zápornou regulační energii.

- Celkové náklady

Ty se zde uvádějí z hlediska společnosti ČEPS, tedy s obráceným znaménkem, než je pohled obchodníka.

Data mají následující strukturu:

Den	Hodina	Množství (MWh)	Náklady RE- (Kč)
01.01.2017	1	-11,000	11,00
01.01.2017	2		
01.01.2017	3		
01.01.2017	4	-0,400	0,40
01.01.2017	5	-20,300	20,30
01.01.2017	6	-23,100	23,10

Obr.11 Struktura dat o RE-

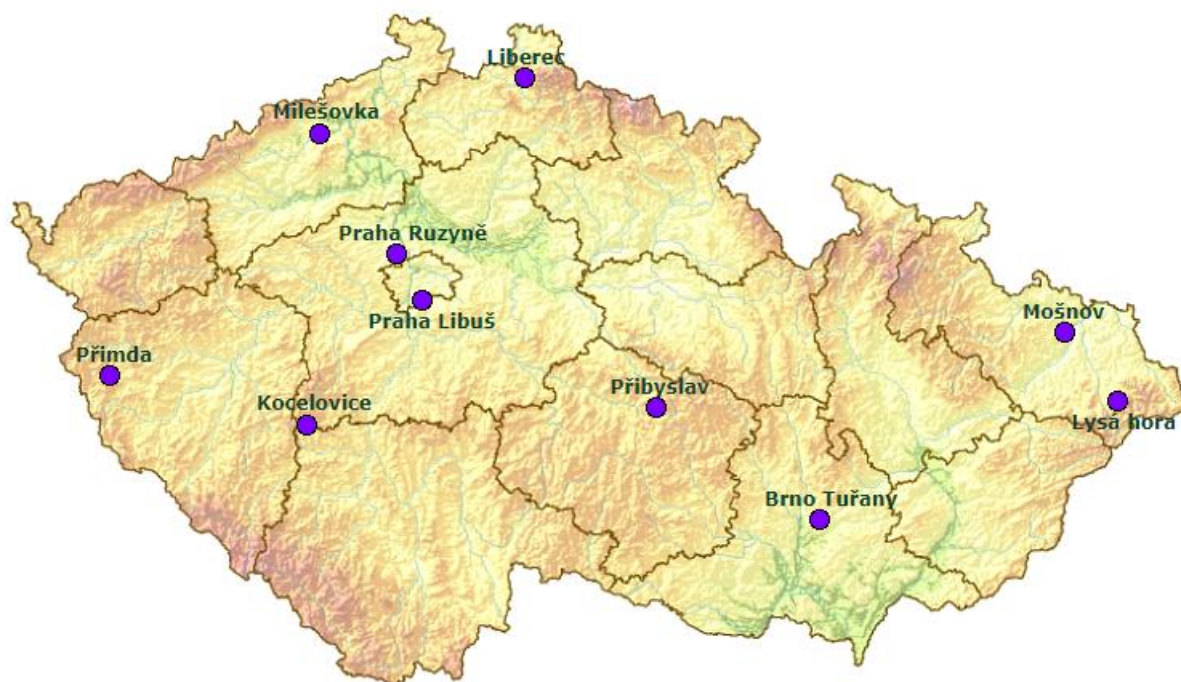
Data o počasí

Pro vytvoření co nejpřesnějšího OM by bylo nejlepší použít hodinová data z dané lokality. Ta je možné získat od jednotlivých krajských poboček ČHMÚ, avšak jsou zpoplatněna a jedná se vždy o data z měřicí stanice, nikoli přímo z místa, kde probíhá zasněžování, jejich použitím bychom se tedy stejně dopustili nepřesností.

ČHMÚ na svých internetových stránkách, <http://portal.chmi.cz>, volně poskytuje historická data o počasí od roku 1961. Jedná se o denní průměrná data a to konkrétně:

- Průměrná, maximální a minimální teplota vzduchu
- Tlak vzduchu
- Relativní vlhkost vzduchu
- Průměrná rychlost větru
- Denní úhrn srážek
- Doba trvání slunečního svitu
- Celková výška sněhové pokrývky [3]

Tato data jsou dostupná pro následující meteorologické stanice:



Obr.12 Meteorologické stanice s volně přístupnými denními daty

Všechna výše uvedená data mají následující strukturu:

Maximální denní teplota vzduchu ve °C							
stanice: U2LIBC01							
rok	měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.
1961	01	0,0	-0,3	1,4	3,4	2,0	1,8
1961	02	3,9	2,2	0,3	2,0	-1,2	-0,7
1961	03	2,8	6,4	4,6	4,4	10,2	12,3

Obr.13 Struktura dat o počasí, zde konkrétně max. denní teplota stanice Liberec

Data mají maticovou strukturu. Rok a měsíc měření jsou uvedeny ve sloupcích vlevo od konkrétního údaje, pořadí dne v měsíci je uvedeno v horním řádku. Vidíme, že například 4. den v únoru 1961 byla naměřena maximální teplota 2°C.

Pro účely vytvoření OM bude využito dat z měřicí stanice Liberec a to konkrétně průměrné, minimální, maximální teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Vzhledem k tomu, že Liberec leží v Jizerských horách, můžeme u jeho počasí předpokládat alespoň částečně horský charakter.

Základní geografie stanice Liberec:

- Zeměpisná šířka: 50°46'11"
- Zeměpisná délka: 015°01'26"
- Nadmořská výška: 397,72 m n.m. [3]

Vytvoření modelu

Model je vytvořen v programu MS Excel, veškerá data a výpočty se nacházejí v jednom sešitu. Cílem modelu je porovnat data o počasí, která určují okamžitou možnost zasněžovat s daty o RE- a určit potenciál RE-, pro výrobu technického sněhu.

Vstupy uživatele

Veškeré vstupy od uživatele se zadávají na listu **final**. Podle způsobu zadávání rozlišujeme vstupy:

- **Definovaný vstup:** Možnosti vstupu jsou předem definované, uživatel z nich vybírá pomocí vysouvacího menu. Jsou označeny zeleně.
- **Libovolný vstup:** Uživatel může zadat libovolnou hodnotu. Jsou označeny modře.

Pro zvýšení přehlednosti jsou vstupy, které jsou určeny pouze pro simulaci systému využívajícího akumulční nádrž na vodu označeny žlutě.

1. den zimy (teplota)	1 den zimy (RE-)	Nadmořská výška [m n.m.]	min. teplota [°C]	Režim
01.12.2014	01.12.2014	700	-7	přímý
průtok do nádrže [l/s]	Výkon přímého systému [MW]	Výkon čerpadla do nádrže [MW]	Objem nádrže [m3]	Počáteční stav nádrže [m3]
100	0,44	2	1 000	1000
Odběr systému [l/s]	Zasněžovaná plocha [m2]	Max cena za RE- [Kč/MWh]	Zasněžování od	Zasněžování do
34	63 000	-1	16:00	16:00
				ok
Požadovaná výška sněhu [cm]				
30				

Obr. 14 Uživatelské vstupy modelu

Jednotlivé vstupy mají následující význam:

- 1. den zimy (teplota) **(B4)**
Vstup určuje období, z něž budou použita data o počasí. Na výběr je vždy 1. prosinec, a to pro roky 1992 až 2016.
- 1. den zimy (RE-) **(C4)**
Vstup určuje období, z něž budou použita data o RE-. Na výběr je vždy 1. prosinec, a to pro roky 2014 až 2017. Další možností vstupu je „Obchodník“, který simuluje možnost nákupu el. energie od obchodníka.
- Nadmořská výška [m n.m.] **(D4)**
Data o počasí pocházejí z měřicí stanice Liberec, která leží v nadmořské výšce 398 m n.m. Aby bylo možné model využívat pro různé případy, resp. oblasti, používá se známé konstanty -0,64°C/100 m výškových. Zadáme-li tedy nadmořskou výšku např. 498 m n.m. bude model pracovat s teplotou o 0,64°C nižší než kdybychom uvažovali nadmořskou výšku měřicí stanice.
- Režim **(E4)**
Model umí rozlišit mezi 2 režimy a to:
 - Přímý: Uvažuje zařízení, které nemá k dispozici akumulční nádrž

- Nádrž: Uvažuje zařízení, které čerpá vodu do akumulární nádrže v momentě, kdy je k dispozici RE- a zasněžuje v případě, kdy jsou k tomu vhodné podmínky. Elektrická energie, která je potřebná k samotnému zasněžování je v tomto případě zanedbána.
- Průtok do nádrže [l/s] **(B8)**
Určuje, kolik litrů vody za sekundu je systém schopen načerpat do akumulární nádrže.
- Výkon přímého systému [MW] **(C8)**
Tento vstup se porovnává s množstvím RE-, dostupným v danou hodinu. Pokud je dostupné množství vyšší než výkon systému a jsou splněny další podmínky, zasněžuje se.
- Výkon čerpadla do nádrže [MW] **(D8)**
Obdoba vstupu (C8)
- Objem nádrže [m³] **(E8)**
Udává objem akumulární nádrže na vodu. Toto je značně limitující faktor pro většinu systémů s akumulární nádrží, protože hodinové odběry vody jsou relativně velké, což klade i vysoké nároky na objem, resp. rozměry akumulární nádrže. Vzhledem k tomu, že nádrž je zpravidla umístěna pod úrovní terénu, její vybudování přináší vysoké finanční náklady a v některých případech není kvůli umístění areálů v přírodních rezervacích její vybudování vůbec možné.
- Počáteční stav nádrže [m³] **(F8)**
Udává stav nádrže na počátku sledovaného období tedy 1. prosince v 0:00.
- Odběr systému [l/s] **(B12)**
Udává, kolik litrů vody je systém schopen za sekundu zpracovat, resp. kolik sněhu je schopen vyrobit. 1 m³ odebrané vody znamená 2,35 m³ vyrobeného technického sněhu.
- Zasněžovaná plocha [m²] **(C12)**
Vstup slouží k přepočtu objemu vyrobeného sněhu na výšku vyrobeného sněhu, což je srozumitelnější i praktičtější údaj.
- Max cena za RE- [Kč/MWh] **(D12)**
Vstup určuje maximální cenu, kterou je obchodník ochoten zaplatit za RE-.
- Zasněžování od, Zasněžování do **(E12, F12)**
Tyto vstupy slouží zejména k možnosti vyloučení doby provozu areálu, většinou 8:00 až 16:00, z doby, kdy je možné zasněžovat. Pokud chceme nastavit neomezené zasněžování, nastavíme oba časy na stejnou hodnotu. Je zde nutná podmínka, aby E12 >= F12. Její dodržení sleduje buňka E13, v případě porušení podmínky na chybu upozorní.
- Požadovaná výška sněhu [cm] **(M3)**

Na základě tohoto vstupu model stanoví datum a čas dosažení požadované výšky vyrobeného sněhu.

Výstupy modelu

Výstupy modelu jsou:

- Vyrobený sníh
 - Celkový objem (**J4 - J6**)
 - Celková výška (**K4 - K6**)
- Datum a čas dosažení požadované výšky sněhu (**I13**)

I	J	K
Vyrobený sníh		
měsíc	objem [m3]	výška [cm]
prosinec	18 720	30
leden	2 304	4
únor	14 400	23
TOTAL	35 424	56
Dosaženo požadované výšky		
6.1. 2:00		

Obr.15 Výstupy modelu

Fungování modelu

Model můžeme rozdělit na jednotlivé části podle jejich funkce a to:

- Vstupní data
- Vytvoření teplotního profilu
- Jádro
- Input, output

Vstupní data

Vstupní data se nacházejí na listech:

- T-min
- T-max

- T-avg.
- vlhkost_vzduchu
- regulacni_energie

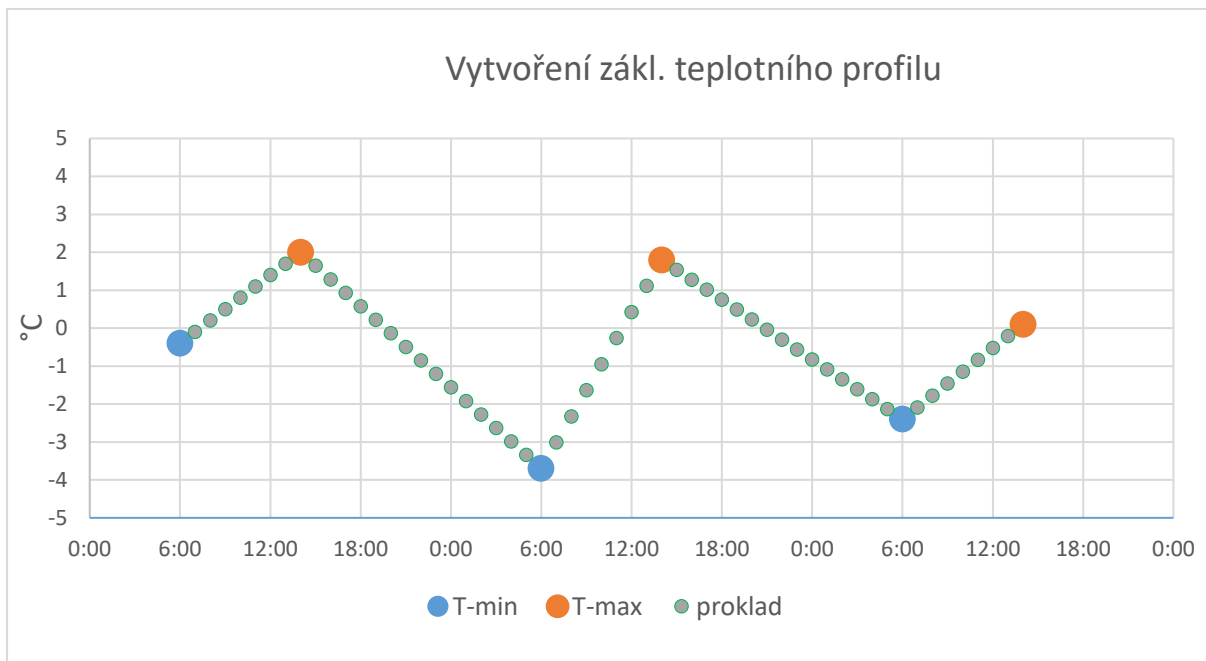
Data o počasí mají denní formu, data o regulační energii (RE-) jsou hodinová a obsahují celkové zobchodované množství a celkové finanční náklady.

Vytvoření teplotního profilu

Vzhledem k tomu, že máme k dispozici pouze denní data, je třeba vytvořit hodinový profil, protože regulační energie se obchoduje po jednotlivých hodinách. Protože u údajů min a max teploty nevíme, v kterou hodinu byly změřeny, je třeba zavést předpoklady:

- Minimální teplota je vždy změřena v 6:00
- Maximální teplota je vždy změřena ve 14:00
- Mezi 6:00 a 14:00 se teplota mění spojitě a lineárně

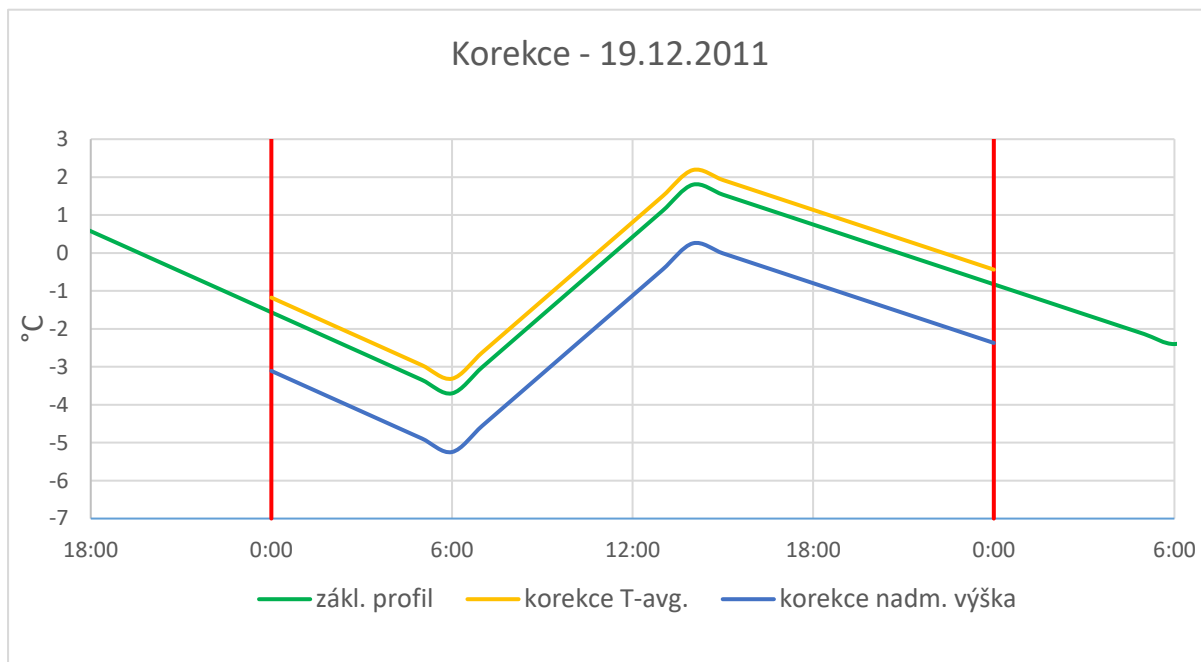
Zavedení výše zmíněných předpokladů názorně popisuje následující obrázek, kde je ukázáno vytvoření základního profilu ve dnech 18.-20.12.2011.



Obr.16 Vytvoření základního teplotního profilu

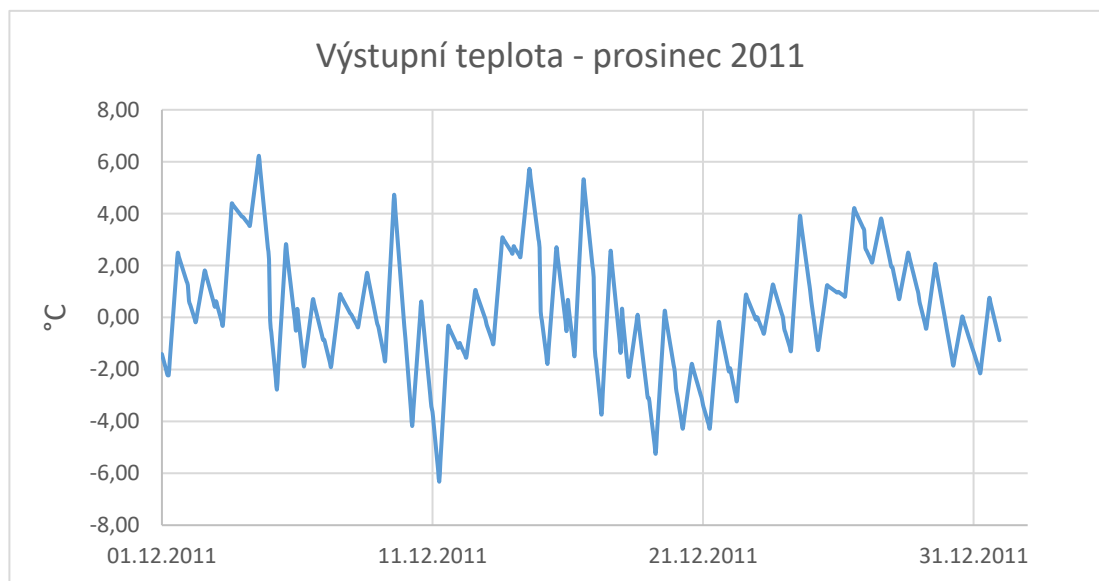
Průměrná denní teplota takto vytvořeného profilu se od naměřené průměrné denní teploty liší, použijeme tedy korekci a ke všem datům v daný den připočteme rozdíl změřené a profilové průměrné teploty. Pro 19.12.2011 vychází korekce 0,39°C.

Na závěr musí ještě proběhnout korekce nadmořské výšky, tedy $-0,64^{\circ}\text{C}$ na každých 100 výškových metrů. V našem teoretickém případě je nadmořská výška nastavena na 700 m n.m., korekce tedy vychází na $-1,93^{\circ}\text{C}$. Jednotlivé kroky znázorňuje následující obrázek.



Obr.17 Korekce základního teplotního profilu

Výsledný teplotní profil pro prosinec 2011 v místě s nadmořskou výškou 700 m ukazuje následující obrázek.



Obr. 18 Výsledný teplotní profil

Jádro

Na listu **jadro** se nejdříve porovnají hodinová data teploty a vlhkost vzduchu, u níž je použita průměrná denní hodnota pro všechny hodiny, s tabulkou vlhké teploty na listu **podmínky**. Teplota se zaokrouhuje na celé stupně celsia, vlhkost vzduchu se zaokrouhuje na násobky čísla 5.

		Vlhkost vzduchu [%]																			
		10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Suchá teplota [°C]	-9	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-9	-9
	-8	-12	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-10	-10	-10	-10	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-8
	-7	-10	-10	-10	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-7	-7
	-6	-10	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-6	-6
	-5	-9	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-5	-5
	-4	-8	-8	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-4	-4
	-3	-7	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-3
	-2	-7	-7	-6	-6	-6	-6	-5	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2
	-1	-6	-6	-5	-5	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1
	0	-5	-5	-4	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-1	0	0
	1	-5	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	0	0	0	1
	2	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	2	2
	3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3
4	-2	-2	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	

Obr. 19 Tabulka vlhké teploty

Jak je patrné z barevného rozlišení, za ideální vlhkou teplotu pro zasněžování považujeme -7°C , avšak zasněžování je v závislosti na použité technologii možné i při vlhké teplotě -3°C . S rostoucí vlhkou teplotou jednak klesá kvalita vyrobeného technického sněhu a vzhledem ke snižujícímu se možnému odběru vody klesá též celkový výkon systému.

Pokud je vlhká teplota v danou hodinu nižší nebo rovna min. nastavené teplotě, dochází ke kontrole dostupnosti a ceny RE-, protože ta může být i kladná, ojediněle i vyšší než obvyklá tržní cena.

Posledním krokem je kontrola času, která slouží k možnému vyloučení provozních hodin skiareálu ze zasněžování.

Pokud jsou všechny výše uvedené podmínky splněny, spočítá model celkový objem vyrobeného technického sněhu v danou hodinu.

Pokud model pracuje v režimu s akumulací nádrží, jsou od sebe kontrola podmínek zasněžování a kontrola dostupnosti a ceny RE- odděleny. V případě že jsou vhodné podmínky pro zasněžování a zároveň je k dispozici voda v nádrži, probíhá zasněžování. Na kontrolu dostupnosti a ceny RE- navazuje ještě kontrola dostatečného volného objemu v nádrži, pokud jsou všechny podmínky splněny, probíhá čerpání do nádrže.

Porovnání zasněžování s využitím RE- s klasickým nákupem el. energie

Celkové množství vyrobeného sněhu

Porovnání bude provedeno na konkrétním příkladu, a to skiareálu Labská, který je součástí skiareálu Špindlerův Mlýn. K zasněžování se využívají sněžné sprchy bez akumulární nádrže. Parametry skiareálu a nastavené parametry modelu jsou následující:

- Nadmořská výška dolní stanice: 707 m n.m.
- Výkon systému: 440 kW
- Odběr vody: 34 l/s
- Zasněžovaná plocha: 63 000 m²
- Maximální vlhká teplota: -7°C
- Období zasněžování: prosinec - únor, 24 h/d
- Max. cena za RE-: -1 Kč

Výsledkem porovnání je matice scénářů, kde jednotlivé řádky reprezentují počáteční rok zimy, ze které jsou použita data o počasí a sloupce reprezentují počáteční rok zimy, ze které jsou použita data o RE-. Poslední sloupec reprezentuje scénář s klasickým nákupem elektřiny od obchodníka.

U scénářů s využitím RE- jsou výsledky barevně odlišeny na základě podílu dosažené hodnoty vzhledem ke scénáři s nákupem elektřiny od obchodníka a to podle následující tabulky:

[%]
>90
80-90
70-80
<70

Pro jednotlivé scénáře s RE- a s el. energií nakoupenou u obchodníka byly dosaženy následující průměrné hodnoty výšky vyrobeného sněhu:

- RE- 2014: 198 cm
- RE- 2015: 220 cm
- RE- 2016: 187 cm
- RE- 2017: 196 cm
- Elektřina od obchodníka: 242 cm

Celková výška vyrobeného sněhu [cm]					
	Zdroj elektřiny (RE-, Obchodník)				
	2014	2015	2016	2017	Obchodník
1992	192	227	186	191	243
1993	98	116	107	107	132
1994	128	144	122	136	164
1995	443	495	410	439	545
1996	298	337	298	307	371
1997	141	150	116	129	159
1998	179	192	156	171	210
1999	155	159	151	145	174
2000	115	114	113	106	132
2001	203	210	192	197	235
2002	353	397	346	355	443
2003	204	221	192	209	251
2004	170	195	165	168	210
2005	272	308	261	256	333
2006	39	51	46	40	54
2007	122	133	124	123	154
2008	202	236	197	209	257
2009	346	389	316	357	427
2010	348	376	324	317	413
2011	188	217	177	191	235
2012	279	291	260	267	327
2013	51	56	45	49	61
2014	58	88	79	73	92
2015	109	106	102	105	132
2016	258	283	203	256	306

Obr.20 Celková výška vyrobeného sněhu při max. vlhké teplotě -7°C

Jak je patrné z výše uvedené tabulky, bylo více jak 90 % vyrobeného sněhu oproti klasickému nákupu elektřiny dosaženo pouze ve scénářích s RE-2015, tedy s využitím RE- z prosince 2015 a ledna a února 2016. Méně než 70 % bylo dosaženo pouze ve 2 případech, a to pro roky 2014 a 2016. Celkové zastoupení scénářů podle výše zmíněných kategorií je následující:

- >90%: 16
- 80 % - 90 %: 52
- 70 % - 80 %: 30
- <70 %: 2

Směrodatná odchylka průměrů scénářů podle zdroje elektřiny, tedy průměrů sloupců tabulky s využitím RE- je 11,9 cm.

Průměrná výška vyrobeného sněhu s využitím RE- je 200 cm. Průměrná výška sněhu vyrobeného pomocí klasicky nakoupené elektřiny je 242 cm. V níže uvedené tabulce jsou scénáře barevně odděleny podle následujících kritérií:

[cm]
>242
200-242
160-200
<160

Celková výška vyrobeného sněhu [cm]					
	Zdroj elektřiny (RE-, Obchodník)				
	2014	2015	2016	2017	Obchodník
1992	192	227	186	191	243
1993	98	116	107	107	132
1994	128	144	122	136	164
1995	443	495	410	439	545
1996	298	337	298	307	371
1997	141	150	116	129	159
1998	179	192	156	171	210
1999	155	159	151	145	174
2000	115	114	113	106	132
2001	203	210	192	197	235
2002	353	397	346	355	443
2003	204	221	192	209	251
2004	170	195	165	168	210
2005	272	308	261	256	333
2006	39	51	46	40	54
2007	122	133	124	123	154
2008	202	236	197	209	257
2009	346	389	316	357	427
2010	348	376	324	317	413
2011	188	217	177	191	235
2012	279	291	260	267	327
2013	51	56	45	49	61
2014	58	88	79	73	92
2015	109	106	102	105	132
2016	258	283	203	256	306

Obr.21 Celková výška vyrobeného sněhu při max. vlhké teplotě -7°C

Jak je patrné z výše uvedené tabulky, závisí celková výška vyrobeného sněhu více na počasí než na dostupnosti RE-. Z celkových 25 sledovaných let bylo s použitím RE- v 7 dosaženo u všech scénářů vyšší výšky vyrobeného sněhu než je průměrná výška sněhu vyrobeného klasicky nakupovanou elektřinou. Celkové rozdělení scénářů, využívajících RE-, podle výše zmíněných kritérií je následující:

- >242 cm: 31
- 200 cm - 242 cm: 11
- 160 cm - 200 cm: 17
- <160 cm: 41

Směrodatná odchylka průměrů řádků, resp. let, pro scénáře využívající RE- je 102,4 cm, z čehož je patrné, že počasí má podstatně vyšší vliv na celkové množství vyrobeného sněhu než dostupnost RE-.

Nejpodstatnějším charakteristikou zasněžovacího systému je maximální vlhká teplota, při které je zasněžování možné. Při zvýšení maximální vlhké teploty v nastavení modelu a současném ponechání dalších předpokladů v původní výši, v podstatě simulujeme robustnější systém, který by při nižší vlhké teplotě byl schopen odebírat více vody, měl tedy vyšší výkon a vyrobil tím pádem více sněhu.

Při nastavení maximální vlhké teploty na -3°C získáme následující průměrné hodnoty výšky vyrobeného sněhu podle zdrojů elektřiny:

- RE- 2014: 447 cm
- RE- 2015: 494 cm
- RE- 2016: 423 cm
- RE- 2017: 436 cm
- Elektřina od obchodníka: 547 cm

S využitím stejného barevného rozlišení scénářů využívajících RE- jako v předchozím příkladu, tedy podle dosaženého podílu vyrobeného sněhu vzhledem ke scénáři využívajícímu nákup elektřiny od obchodníka, získáme následující tabulku:

[%]
>90
80-90
70-80
<70

Celková výška vyrobeného sněhu [cm]					
	Zdroj elektřiny (RE-, Obchodník)				
	2014	2015	2016	2017	Obchodník
1992	466	525	453	445	576
1993	323	371	320	336	416
1994	404	436	370	400	486
1995	690	764	647	668	845
1996	561	624	546	562	692
1997	336	355	296	320	386
1998	501	542	459	478	604
1999	453	491	421	429	542
2000	413	437	384	381	488
2001	441	480	418	421	527
2002	623	680	600	618	762
2003	529	588	492	518	651
2004	501	540	469	472	604
2005	597	671	569	573	735
2006	153	185	161	150	197
2007	303	347	301	313	388
2008	451	516	437	452	571
2009	568	633	530	567	699
2010	580	632	543	556	704
2011	372	408	343	363	451
2012	538	588	522	518	659
2013	265	274	237	242	304
2014	304	369	310	319	403
2015	273	302	267	280	346
2016	534	580	466	511	634

Obr.22 Celková výška vyrobeného sněhu při max. vlhké teplotě -3°C

Stejně jako v předcházejícím případě bylo hodnot vyšších než 90 % dosaženo pouze u scénářů RE- 2015. Žádný scénář nedosáhl hodnoty nižší než 70 %. Celkové zastoupení scénářů podle procentuálních kategorií je následující:

- >90 %: 15
- 80 % - 90 %: 40
- 70 % - 80 %: 45

Průměrná výška vyrobeného sněhu u scénářů využívajících RE- je 450 cm, u scénářů využívajících elektřinu od obchodníka je průměr 547 cm. Stejně jako v předchozím příkladu jsou i zde scénáře barevně odděleny podle kritérií:

[cm]
>547
450-547
350-450
<350

Celková výška vyrobeného sněhu [cm]					
	Zdroj elektřiny (RE-, Obchodník)				
	2014	2015	2016	2017	Obchodník
1992	466	525	453	445	576
1993	323	371	320	336	416
1994	404	436	370	400	486
1995	690	764	647	668	845
1996	561	624	546	562	692
1997	336	355	296	320	386
1998	501	542	459	478	604
1999	453	491	421	429	542
2000	413	437	384	381	488
2001	441	480	418	421	527
2002	623	680	600	618	762
2003	529	588	492	518	651
2004	501	540	469	472	604
2005	597	671	569	573	735
2006	153	185	161	150	197
2007	303	347	301	313	388
2008	451	516	437	452	571
2009	568	633	530	567	699
2010	580	632	543	556	704
2011	372	408	343	363	451
2012	538	588	522	518	659
2013	265	274	237	242	304
2014	304	369	310	319	403
2015	273	302	267	280	346
2016	534	580	466	511	634

Obr.23 Celková výška vyrobeného sněhu při max. vlhké teplotě -3°C

Celkové rozdělení scénářů, využívajících RE-, podle výše zmíněných kritérií je následující:

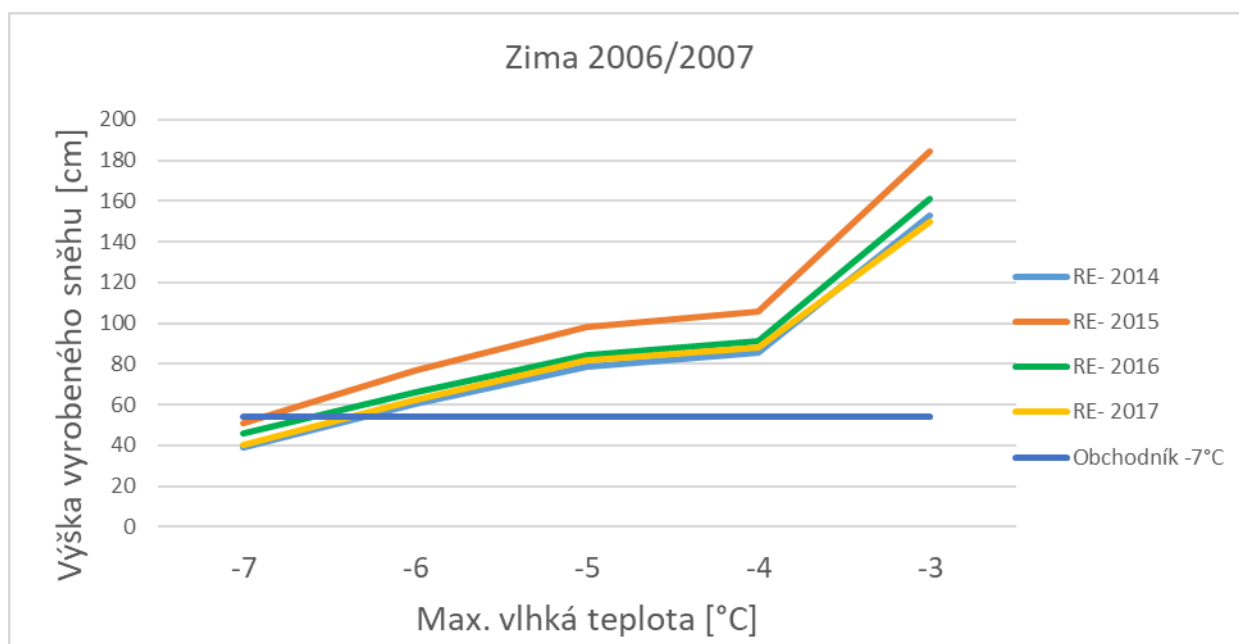
- >547 cm: 24
- 450 cm - 547 cm: 29
- 350 cm - 450 cm: 21
- <350 cm: 26

Směrodatná odchylka průměrů řádků, resp. let u scénářů využívajících RE- je 127,8 cm. Směrodatná odchylka průměrů sloupců, tedy průměrů scénářů využívajících vždy jedno období RE- je 26,7 cm.

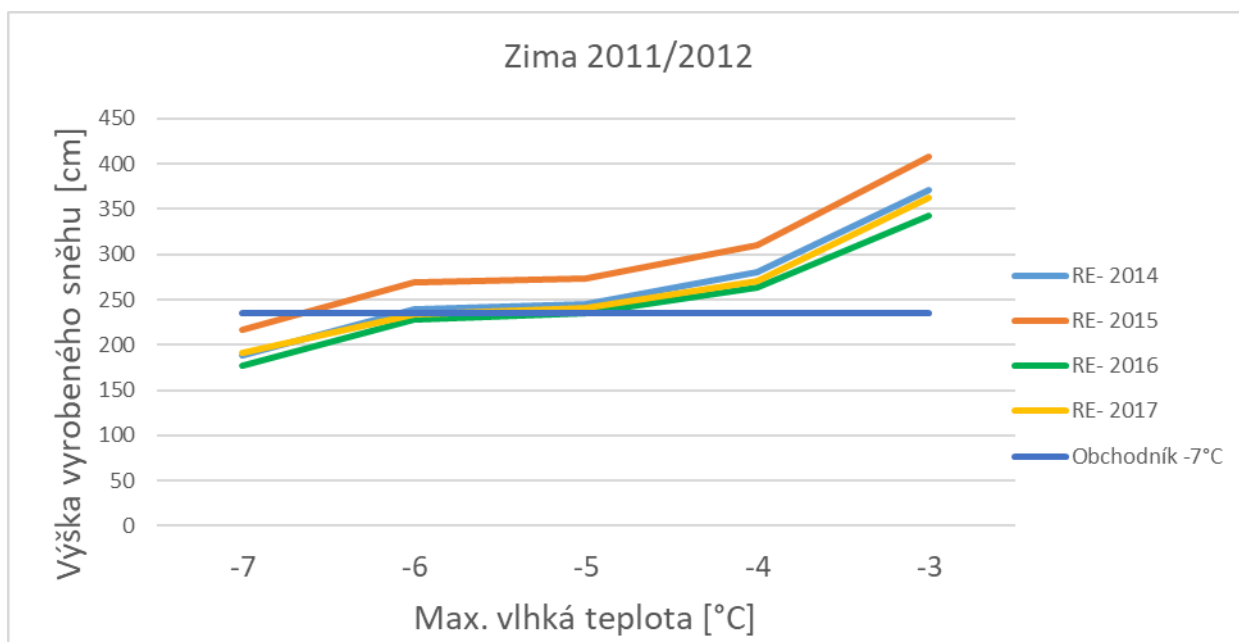
Poměr těchto dvou směrodatných odchylek je 4,8, což je výrazně méně než 8,6, tedy průměr směrodatných odchylek ze scénářů s maximální vlhkou teplotou -7°C. Můžeme tedy tvrdit, že **s rostoucí maximální vlhkou teplotou klesá vliv počasí a roste vliv zdroje elektřiny na celkové množství vyprodukovaného sněhu.**

Jak je patrné z velkého nárůstu výsledných hodnot, změna maximální vlhké teploty má na výsledek zasněžování obrovský vliv. Porovnání systémů s maximální vlhkou teplotou -7°C, který využívá nákup elektřiny od obchodníka a systémů využívajících RE- pro různé maximální vlhké teploty je na následujících grafech. Podle celkové výšky vyrobeného sněhu, v režimu nákupu elektřiny od obchodníka a s maximální vlhkou teplotou -7°C, byly vybrány tyto 3 počáteční roky:

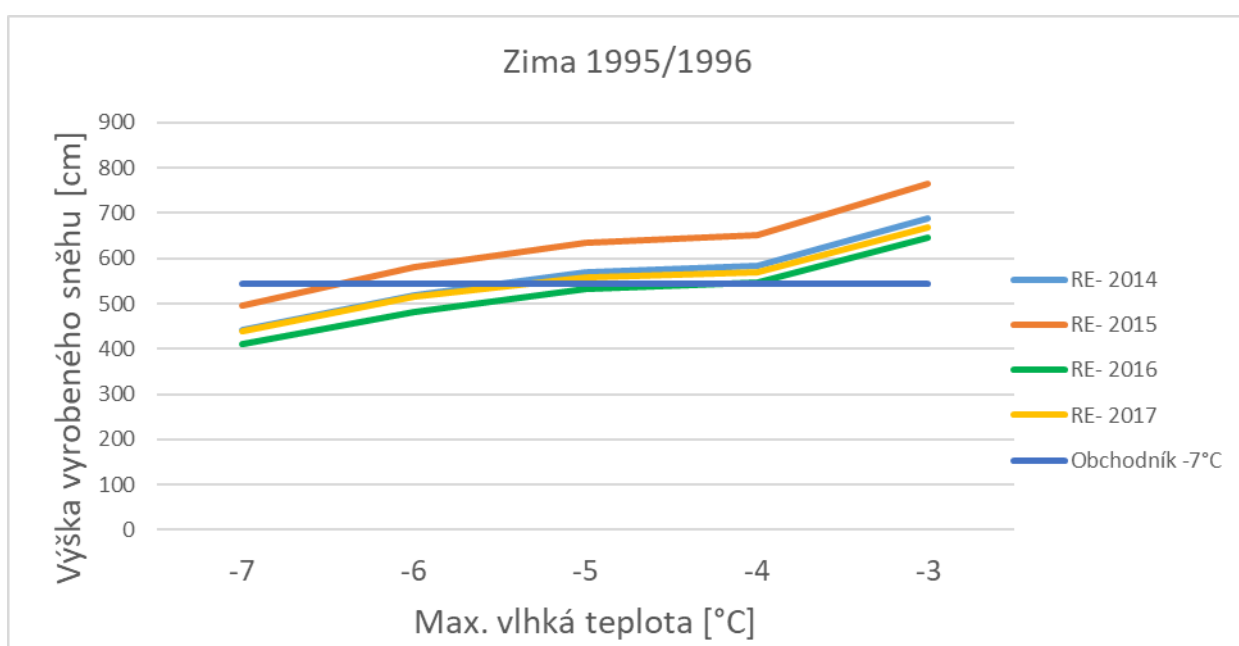
- 2006: Minimální hodnota
- 2011: Mediánová hodnota
- 1995: Maximální hodnota



Obr.24 Vliv změny maximální vlhké teploty v zimě 2006/2007



Obr.25 Vliv změny maximální vlhké teploty v zimě 2011/2012



Obr.26 Vliv změny maximální vlhké teploty v zimě 1995/1996

Zvyšující se maximální vlhká teplota se u scénářů využívajících RE- nejvíce projevuje v zimě s nejhorsími podmínkami pro zasněžování. V tomto scénáři byla dosažena vyšší výška vyrobeného sněhu u všech scénářů využívajících RE-, než u scénáře využívajícího nákup elektriny od obchodníka s maximální vlhkou teplotou -7°C, již při rozdílu maximální vlhké teploty 1°C.

Doba potřebná k výrobě požadované výšky sněhu

Důležitějším ukazatelem, než celková výška vyrobeného sněhu je čas potřebný k výrobě požadované výšky. Zde je třeba poznamenat, že model nebere v úvahu tání sněhu, tedy výška vyrobeného sněhu se nesnižuje v případě, kdy by tomu podmínky odpovídaly.

Porovnání jednotlivých scénářů v tomto případě provedeme na skiareálu Stoh ve Svatém Petru, který je součástí skiareálu Špindlerův Mlýn. Zasněžování probíhá v tomto skiareálu pouze na začátku sezóny, před zahájením provozu. Poté jsou sněžné sprchy, které se nacházejí v ose sjezdovky odstraněny.

Parametry skiareálu a další nastavení modelu jsou následující:

- Nadmořská výška dolní stanice: 783 m n.m.
- Výkon systému: 465 kW
- Odběr vody: 38 l/s
- Zasněžovaná plocha: 72 000 m²
- Maximální vlhká teplota: -7°C
- Období zasněžování: prosinec - únor, 24 h/d
- Max. cena za RE-: -1 Kč
- Požadovaná výška sněhu: 50 cm



Obr.27 Skiareál Stoh, Špindlerův Mlýn

Na základě časového odstupu mezi scénáři využívajícími RE- a scénářem využívajícím nákup elektřiny od obchodníka v daném roce, jsou scénáře využívající RE- barevně označeny podle následující tabulky.

<24 h
24 h - 48 h
48 h - 168 h
> 168 h

Dosažení 50 cm vyrobeného sněhu					
	Zdroj elektřiny (RE-, Obchodník)				
	2014	2015	2016	2017	Obchodník
1992	30.12. 16:00	29.12. 2:00	29.12. 9:00	30.12. 17:00	28.12. 21:00
1993	12.2. 19:00	4.2. 9:00	13.2. 9:00	12.2. 3:00	4.2. 2:00
1994	4.1. 5:00	3.1. 19:00	4.1. 5:00	4.1. 9:00	3.1. 5:00
1995	14.12. 19:00	15.12. 0:00	16.12. 9:00	15.12. 7:00	14.12. 9:00
1996	24.12. 4:00	24.12. 8:00	24.12. 14:00	24.12. 1:00	23.12. 13:00
1997	19.12. 8:00	19.12. 9:00	24.1. 23:00	24.1. 8:00	19.12. 4:00
1998	10.12. 0:00	9.12. 16:00	9.12. 17:00	10.12. 10:00	9.12. 0:00
1999	25.12. 6:00	25.12. 2:00	25.12. 11:00	25.12. 14:00	24.12. 20:00
2000	1.1. 11:00	1.1. 5:00	12.1. 8:00	1.1. 8:00	29.12. 8:00
2001	15.12. 13:00	15.12. 15:00	20.12. 4:00	15.12. 18:00	14.12. 22:00
2002	12.12. 13:00	12.12. 11:00	12.12. 11:00	13.12. 11:00	11.12. 22:00
2003	27.12. 7:00	1.1. 2:00	1.1. 1:00	1.1. 8:00	25.12. 18:00
2004	16.1. 7:00	16.1. 5:00	24.1. 0:00	22.12. 10:00	22.12. 4:00
2005	10.1. 3:00	31.12. 2:00	31.12. 12:00	10.1. 1:00	30.12. 21:00
2006	#	27.1. 22:00	17.2. 7:00	#	27.1. 8:00
2007	21.12. 20:00	22.12. 3:00	22.12. 23:00	22.12. 10:00	21.12. 8:00
2008	3.1. 9:00	1.1. 10:00	2.1. 2:00	3.1. 4:00	1.1. 6:00
2009	18.12. 15:00	19.12. 1:00	19.12. 18:00	19.12. 16:00	18.12. 13:00
2010	9.12. 5:00	6.12. 0:00	10.12. 8:00	10.12. 9:00	5.12. 16:00
2011	30.1. 5:00	29.1. 12:00	31.1. 22:00	30.1. 15:00	29.1. 7:00
2012	10.12. 0:00	9.12. 16:00	10.12. 0:00	11.12. 7:00	9.12. 6:00
2013	28.1. 2:00	26.1. 19:00	27.1. 6:00	28.1. 4:00	26.1. 10:00
2014	4.2. 21:00	31.12. 4:00	6.1. 6:00	31.1. 5:00	30.12. 23:00
2015	17.1. 6:00	17.1. 10:00	17.1. 3:00	17.1. 19:00	16.1. 1:00
2016	30.12. 8:00	29.12. 8:00	31.12. 3:00	31.12. 2:00	22.12. 21:00

Obr.28 Datum a čas dosažení 50 cm vyrobeného sněhu při max. vlhké teplotě -7°C

Zastoupení scénářů podle výše uvedených kategorií je následující:

- Do 24 h: 46
- Od 24 h do 48 h: 20
- Od 48 h do 168 h: 15
- Nad 168 h: 17
- Nedosaženo do konce března: 2

Průměrná doba dosažení 50 cm vyrobeného sněhu u scénářů využívajících nákup elektřiny od obchodníka je 28.12. 23:48. Pohled na rozdělení všech scénářů ukazuje následující tabulka.

< 28.12. 23:48		
28.12. 23:48	-	30.12. 23:48
30.12. 23:48	-	4.1. 23:48
> 4.1. 23:48		

Dosažení 50 cm vyrobeného sněhu					
	Zdroj elektřiny (RE-, Obchodník)				
	2014	2015	2016	2017	Obchodník
1992	30.12. 16:00	31.12. 16:00	1.1. 16:00	2.1. 16:00	3.1. 16:00
1993	12.2. 19:00	4.2. 9:00	13.2. 9:00	12.2. 3:00	4.2. 2:00
1994	4.1. 5:00	3.1. 19:00	4.1. 5:00	4.1. 9:00	3.1. 5:00
1995	14.12. 19:00	15.12. 0:00	16.12. 9:00	15.12. 7:00	14.12. 9:00
1996	24.12. 4:00	24.12. 8:00	24.12. 14:00	24.12. 1:00	23.12. 13:00
1997	19.12. 8:00	19.12. 9:00	24.1. 23:00	24.1. 8:00	19.12. 4:00
1998	10.12. 0:00	9.12. 16:00	9.12. 17:00	10.12. 10:00	9.12. 0:00
1999	25.12. 6:00	25.12. 2:00	25.12. 11:00	25.12. 14:00	24.12. 20:00
2000	1.1. 11:00	1.1. 5:00	12.1. 8:00	1.1. 8:00	29.12. 8:00
2001	15.12. 13:00	15.12. 15:00	20.12. 4:00	15.12. 18:00	14.12. 22:00
2002	12.12. 13:00	12.12. 11:00	12.12. 11:00	13.12. 11:00	11.12. 22:00
2003	27.12. 7:00	1.1. 2:00	1.1. 1:00	1.1. 8:00	25.12. 18:00
2004	16.1. 7:00	16.1. 5:00	24.1. 0:00	22.12. 10:00	22.12. 4:00
2005	10.1. 3:00	31.12. 2:00	31.12. 12:00	10.1. 1:00	30.12. 21:00
2006	#	27.1. 22:00	17.2. 7:00	#	27.1. 8:00
2007	21.12. 20:00	22.12. 3:00	22.12. 23:00	22.12. 10:00	21.12. 8:00
2008	3.1. 9:00	1.1. 10:00	2.1. 2:00	3.1. 4:00	1.1. 6:00
2009	18.12. 15:00	19.12. 1:00	19.12. 18:00	19.12. 16:00	18.12. 13:00
2010	9.12. 5:00	6.12. 0:00	10.12. 8:00	10.12. 9:00	5.12. 16:00
2011	30.1. 5:00	29.1. 12:00	31.1. 22:00	30.1. 15:00	29.1. 7:00
2012	10.12. 0:00	9.12. 16:00	10.12. 0:00	11.12. 7:00	9.12. 6:00
2013	28.1. 2:00	26.1. 19:00	27.1. 6:00	28.1. 4:00	26.1. 10:00
2014	4.2. 21:00	31.12. 4:00	6.1. 6:00	31.1. 5:00	30.12. 23:00
2015	17.1. 6:00	17.1. 10:00	17.1. 3:00	17.1. 19:00	16.1. 1:00
2016	30.12. 8:00	29.12. 8:00	31.12. 3:00	31.12. 2:00	22.12. 21:00

Obr.29 Datum a čas dosažení 50 cm vyrobeného sněhu při max. vlhké teplotě -7°C

Nyní provedeme stejná porovnání pro systém s maximální vlhkou teplotou -3°C. Kritéria rozdělení scénářů jsou stejná jako v předcházejícím příkladu.

<24 h
24 h - 48 h
48 h - 168 h
> 168 h

Dosažení 50 cm vyrobeného sněhu					
	Zdroj elektřiny (RE-, Obchodník)				
	2014	2015	2016	2017	Obchodník
1992	13.12. 6:00	12.12. 4:00	13.12. 10:00	13.12. 10:00	11.12. 21:00
1993	21.12. 7:00	20.12. 9:00	21.12. 6:00	22.12. 1:00	14.12. 8:00
1994	15.12. 15:00	15.12. 2:00	16.12. 4:00	15.12. 16:00	14.12. 9:00
1995	6.12. 16:00	6.12. 4:00	8.12. 3:00	7.12. 11:00	5.12. 22:00
1996	8.12. 10:00	8.12. 5:00	8.12. 16:00	9.12. 6:00	7.12. 17:00
1997	9.12. 3:00	8.12. 7:00	14.12. 0:00	13.12. 7:00	7.12. 19:00
1998	7.12. 2:00	6.12. 12:00	7.12. 15:00	7.12. 15:00	6.12. 4:00
1999	16.12. 22:00	16.12. 21:00	18.12. 6:00	17.12. 11:00	16.12. 16:00
2000	22.12. 18:00	23.12. 2:00	23.12. 7:00	23.12. 7:00	22.12. 6:00
2001	9.12. 1:00	8.12. 10:00	9.12. 8:00	9.12. 18:00	8.12. 2:00
2002	10.12. 18:00	10.12. 17:00	10.12. 23:00	11.12. 21:00	10.12. 4:00
2003	12.12. 20:00	12.12. 20:00	12.12. 22:00	13.12. 4:00	11.12. 23:00
2004	12.12. 15:00	12.12. 7:00	13.12. 7:00	13.12. 16:00	12.12. 0:00
2005	12.12. 2:00	11.12. 6:00	11.12. 18:00	13.12. 2:00	10.12. 21:00
2006	30.12. 11:00	28.12. 11:00	28.12. 16:00	30.12. 17:00	28.12. 7:00
2007	17.12. 22:00	18.12. 4:00	19.12. 0:00	18.12. 3:00	17.12. 14:00
2008	23.12. 4:00	19.12. 7:00	25.12. 1:00	25.12. 13:00	18.12. 6:00
2009	14.12. 0:00	14.12. 1:00	15.12. 14:00	14.12. 22:00	13.12. 13:00
2010	6.12. 13:00	6.12. 0:00	7.12. 6:00	7.12. 6:00	5.12. 16:00
2011	19.12. 23:00	19.12. 20:00	20.12. 8:00	20.12. 19:00	19.12. 5:00
2012	6.12. 18:00	6.12. 5:00	7.12. 9:00	7.12. 10:00	5.12. 21:00
2013	13.12. 10:00	13.12. 10:00	14.12. 15:00	14.12. 13:00	12.12. 7:00
2014	26.12. 1:00	10.12. 22:00	11.12. 4:00	26.12. 10:00	10.12. 13:00
2015	2.1. 0:00	1.1. 8:00	2.1. 0:00	2.1. 8:00	1.1. 2:00
2016	7.12. 17:00	7.12. 20:00	12.12. 7:00	12.12. 6:00	7.12. 10:00

Obr.30 Datum a čas dosažení 50 cm vyrobeného sněhu při max. vlhké teplotě -3°C

Zastoupení scénářů podle výše uvedených kategorií je následující:

- Do 24 h: 47
- Od 24 h do 48 h: 33
- Od 48 h do 168 h: 16

- Nad 168 h: 4

Průměrná doba dosažení 50 cm vyrobeného sněhu u scénářů využívajících nákup elektřiny od obchodníka je 13.12. 05:40, což je o 15 dní a 18 hodin dříve než pro scénáře s maximální vlhkou teplotou -7°C. Pohled na rozdělení všech scénářů ukazuje následující tabulka.

< 13.12. 5:40	
13.12. 5:40	- 15.12. 5:40
15.12. 5:40	- 20.12. 5:40
> 20.12. 5:40	

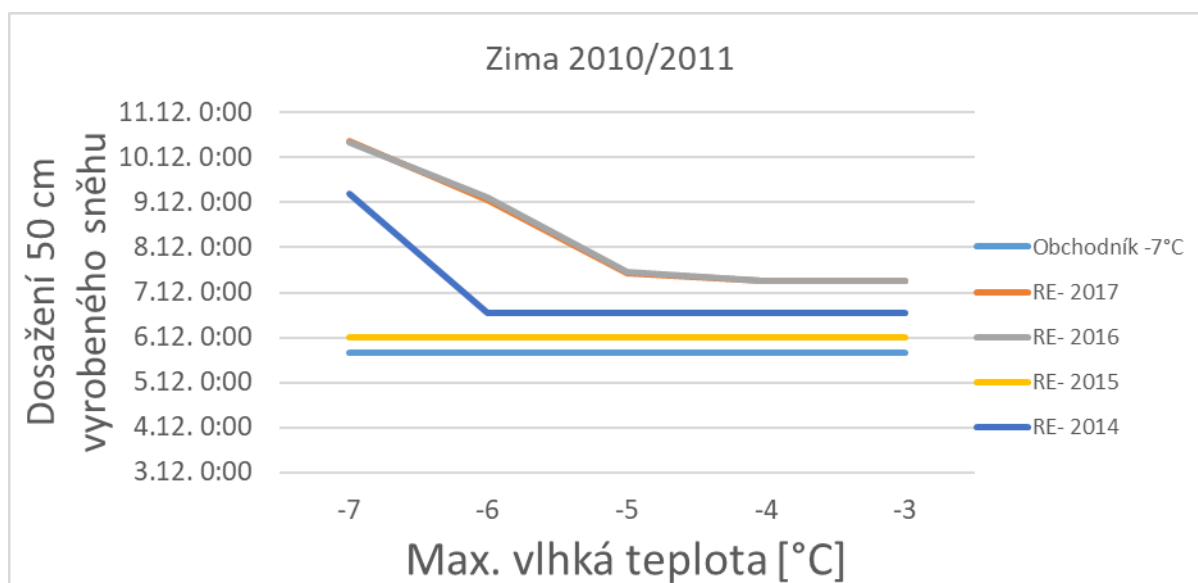
Dosažení 50 cm vyrobeného sněhu					
	Zdroj elektřiny (RE-, Obchodník)				
	2014	2015	2016	2017	Obchodník
1992	13.12. 6:00	12.12. 4:00	13.12. 10:00	13.12. 10:00	11.12. 21:00
1993	21.12. 7:00	20.12. 9:00	21.12. 6:00	22.12. 1:00	14.12. 8:00
1994	15.12. 15:00	15.12. 2:00	16.12. 4:00	15.12. 16:00	14.12. 9:00
1995	6.12. 16:00	6.12. 4:00	8.12. 3:00	7.12. 11:00	5.12. 22:00
1996	8.12. 10:00	8.12. 5:00	8.12. 16:00	9.12. 6:00	7.12. 17:00
1997	9.12. 3:00	8.12. 7:00	14.12. 0:00	13.12. 7:00	7.12. 19:00
1998	7.12. 2:00	6.12. 12:00	7.12. 15:00	7.12. 15:00	6.12. 4:00
1999	16.12. 22:00	16.12. 21:00	18.12. 6:00	17.12. 11:00	16.12. 16:00
2000	22.12. 18:00	23.12. 2:00	23.12. 7:00	23.12. 7:00	22.12. 6:00
2001	9.12. 1:00	8.12. 10:00	9.12. 8:00	9.12. 18:00	8.12. 2:00
2002	10.12. 18:00	10.12. 17:00	10.12. 23:00	11.12. 21:00	10.12. 4:00
2003	12.12. 20:00	12.12. 20:00	12.12. 22:00	13.12. 4:00	11.12. 23:00
2004	12.12. 15:00	12.12. 7:00	13.12. 7:00	13.12. 16:00	12.12. 0:00
2005	12.12. 2:00	11.12. 6:00	11.12. 18:00	13.12. 2:00	10.12. 21:00
2006	30.12. 11:00	28.12. 11:00	28.12. 16:00	30.12. 17:00	28.12. 7:00
2007	17.12. 22:00	18.12. 4:00	19.12. 0:00	18.12. 3:00	17.12. 14:00
2008	23.12. 4:00	19.12. 7:00	25.12. 1:00	25.12. 13:00	18.12. 6:00
2009	14.12. 0:00	14.12. 1:00	15.12. 14:00	14.12. 22:00	13.12. 13:00
2010	6.12. 13:00	6.12. 0:00	7.12. 6:00	7.12. 6:00	5.12. 16:00
2011	19.12. 23:00	19.12. 20:00	20.12. 8:00	20.12. 19:00	19.12. 5:00
2012	6.12. 18:00	6.12. 5:00	7.12. 9:00	7.12. 10:00	5.12. 21:00
2013	13.12. 10:00	13.12. 10:00	14.12. 15:00	14.12. 13:00	12.12. 7:00
2014	26.12. 1:00	10.12. 22:00	11.12. 4:00	26.12. 10:00	10.12. 13:00
2015	2.1. 0:00	1.1. 8:00	2.1. 0:00	2.1. 8:00	1.1. 2:00
2016	7.12. 17:00	7.12. 20:00	12.12. 7:00	12.12. 6:00	7.12. 10:00

Obr.31 Datum a čas dosažení 50 cm vyrobeného sněhu při max. vlhké teplotě -3°C

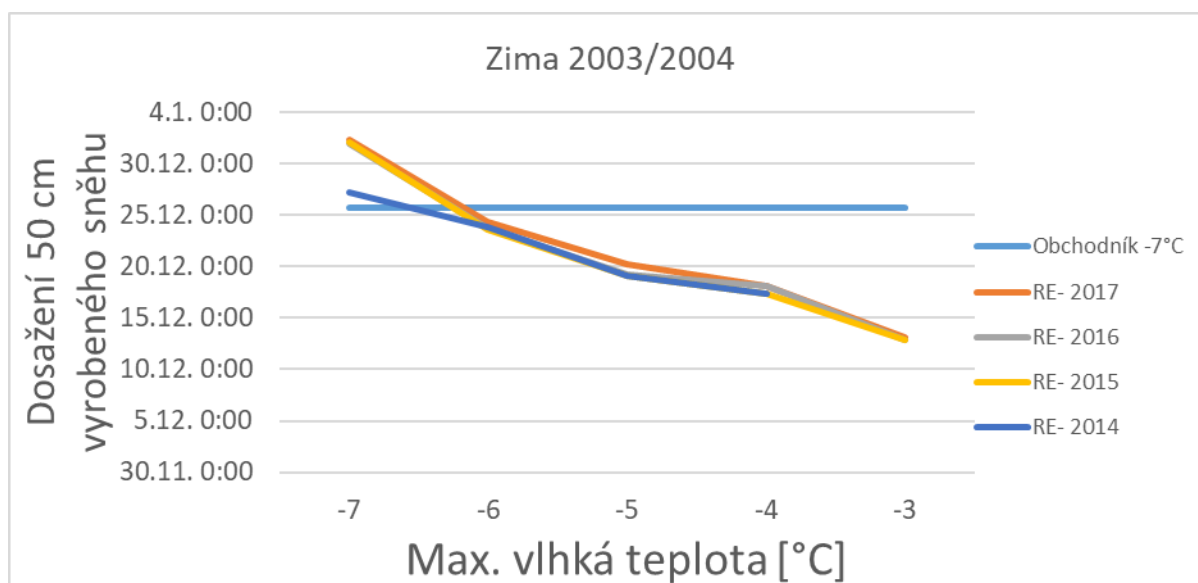
Pro ukázání vlivu maximální vlhké teploty na dobu dosažení výšky sněhu 50 cm jsou podle scénářů s nákupem elektřiny od obchodníka vybrány následující počáteční roky zimy:

- 2010: Minimální hodnota
- 2003: Mediánová hodnota
- 2015: Maximální hodnota

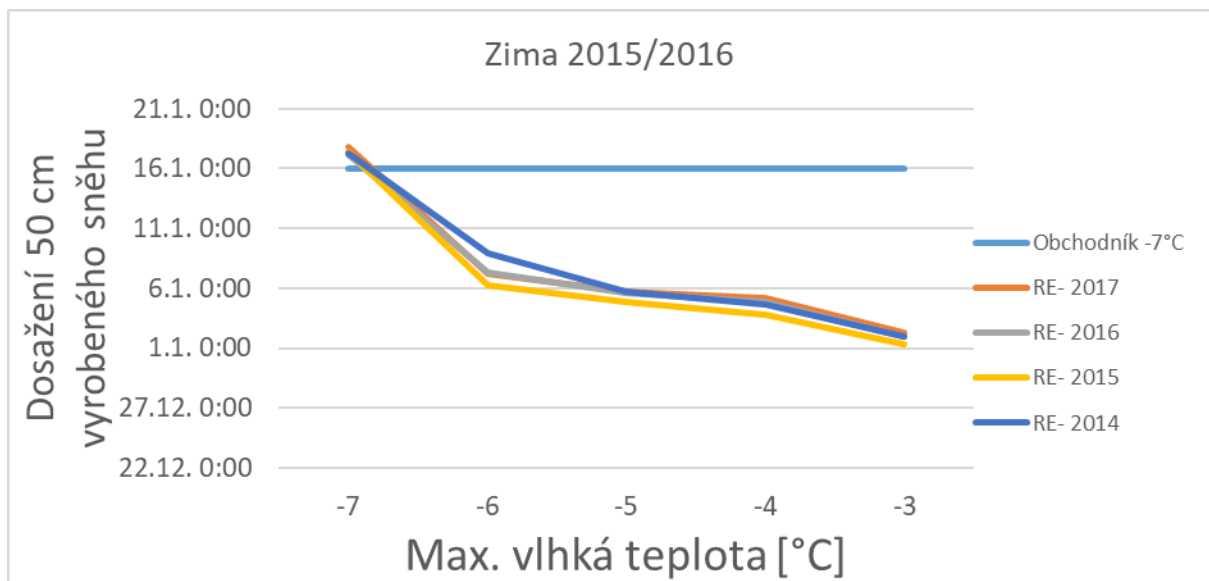
Maximální hodnotou se zde rozumí nejdelší potřebná doba, tedy nejhorší výsledek. Tyto scénáře budou porovnány se scénářem nákupu elektřiny od obchodníka v daný rok se systémem s maximální vlhkou teplotou -7°C.



Obr.32 Vliv změny max. vlhké teploty v zimě 2010/2011



Obr.33 Vliv změny max. vlhké teploty v zimě 2003/2004



Obr.34 Vliv změny max. vlhké teploty v zimě 2003/2004

Pouze v případě nejlepších podmínek pro zasněžování tedy zimy 2010/2011 nebylo u scénářů využívajících RE- dosaženo nižší doby potřebné k výrobě 50 cm technického sněhu. Důvodem je nízká teplota na začátku prosince 2010, která snížila efekt zvýšení maximální vlhké teploty u scénářů využívajících RE-.

Vyčíslení celkových úspor

Přesné vyčíslení nákladů na výrobu technického sněhu je většinou složité kvůli následujícím skutečnostem:

- Trafostanice sloužící k napájení systému slouží často jako zdroj elektrické energie i pro další součásti skiareálu.
- U větších skiareálů je napájení systému rozděleno mezi více trafostanic.

Obě výše uvedené skutečnosti znesnadňují výpočet nákladů například na výrobu 1 m³ technického sněhu, protože kapacitní složku ceny nelze přesně alokovat bez znalosti všech spotřeb daného skiareálu resp. všech spotřeb příslušných k danému transformátoru.

Dalším problémem, který platba za kapacitu přináší je její měnící se podíl na celkové ceně. Při nepříznivých podmínkách např. vysokých teplotách není zasněžování možné nebo je možné pouze v omezené míře a náklady na výrobu 1 m³ mohou být kvůli měsíční platbě za kapacitu mnohonásobně vyšší než v případě vhodných podmínek a maximálního využití systému.

Vzhledem k tomu, že skiareály nemohou dopředu předvídat svou spotřebu elektrické energie spojenou se zasněžováním, nemají s dodavatelem dohodnuté žádné odběrové diagramy. Cena silové elektřiny se u nich tedy pohybuje relativně vysoko a to kolem 1,20 Kč/kWh.

Pokud bychom chtěli využívat k zasněžování RE-, je třeba najít obchodníka, který by byl ochoten dodávku RE- realizovat. Cena za takovouto službu by byla výsledkem dvoustranného jednání mezi obchodníkem a skiareálem. Vzhledem k tomu, že prodej RE- nepřináší obchodníkovi žádné bilanční riziko, je možné považovat 0,20 Kč/kWh za relevantní marži.

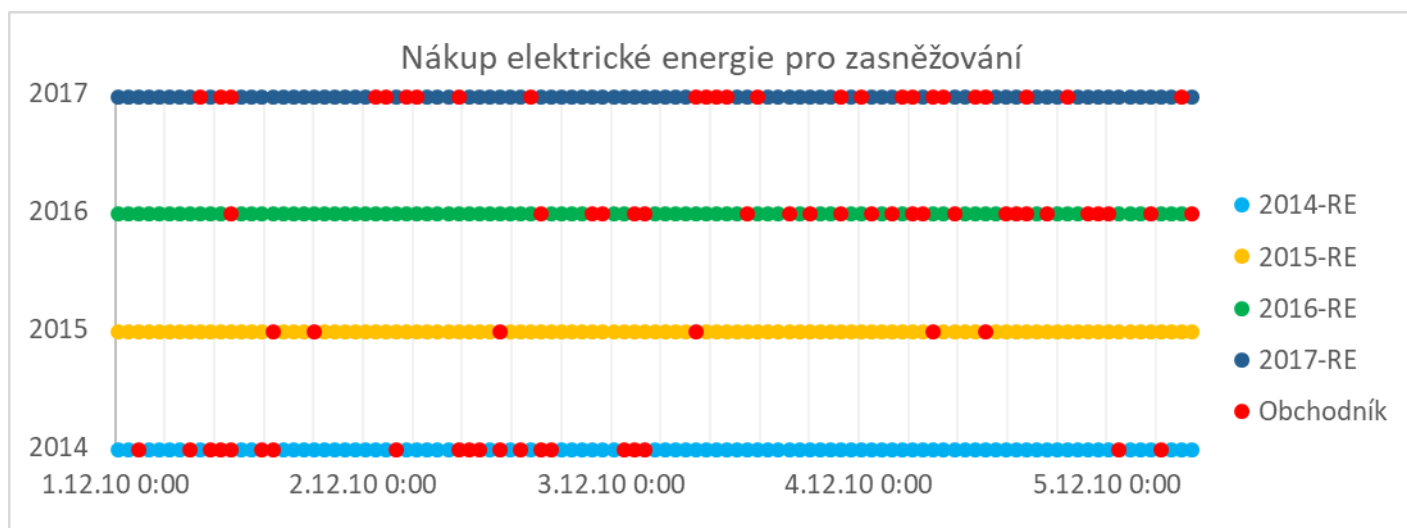
S takto nastavenými předpoklady vychází úspora systému využívajícího RE- proti běžnému nákupu elektřiny 1 Kč/kWh. V případě skiareálu Stoh trvá výroba 50 cm technického sněhu přibližně 112 hodin. Tomu odpovídá odebraná elektrická energie ve výši 52 080 kWh. Vzniklá úspora je tedy 52 800 Kč. Zde je třeba poznamenat, že skiareál Stoh je s plochou 7,2 ha a výkonem zasněžovacího systému 465 kW relativně malý. Výkony systémů větších středisek v České republice se pohybují v jednotkách MW.

Otázkou zůstává, jestli úspora v takovéto výši dostatečně kompenzuje vyšší čas potřebný k zasněžování. V případě nízkých teplot je prodleva minimální, avšak s narůstající teplotou prodleva roste. Dalším negativním faktorem je skutečnost, že ve chvílích, kdy není RE- k dispozici je třeba zařízení vypnout, což není snadná operace, protože se musí vypustit veškerá voda z trubek, která by v případě zamrznutí způsobila škody na systému.

Vzhledem k výše popsaným negativním skutečnostem se zasněžování pouze s využitím RE- nevyplatí.

Návrh obchodního modelu

Neexistence odběrového diagramu dává skiareálům velkou flexibilitu při odběru. Nabízí se možnost využívání RE- v případech, resp. hodinách kdy je to možné. V případě, že jsou vhodné podmínky pro zasněžování a není k dispozici RE-, je možné elektřinu nakoupit klasickým způsobem. Grafické znázornění tohoto postupu aplikovaného na prosinec 2010, kdy bylo možné zasněžovat nepřetržitě ukazuje pro skiareál Stoh následující obrázek:



Obr.35 Struktura nákupu elektrické energie

Jak bylo uvedeno výše, jedna hodina, během které se spotřebovává RE- znamená úsporu 1 Kč na spotřebovanou kWh. V případě skiareálu Stoh tedy odpovídá jedna hodina, během které se spotřebovává RE-, úspoře 465 Kč. Na výrobu 50 cm technického sněhu je třeba 112 hodin zasněžování. Počet hodin, během kterých by se dala využít RE- ukazuje následující tabulka.

>100
90-100
80-90
<80

Počet hodin využívajících RE- (z celk. 112)				
	Zdroj elektřiny RE-			
	2014	2015	2016	2017
1992	83	107	101	94
1993	91	105	83	102
1994	96	103	96	97
1995	104	99	82	91
1996	99	96	89	104
1997	108	107	84	98
1998	91	97	100	88
1999	102	106	100	95
2000	98	99	92	99
2001	99	97	90	92
2002	97	99	100	84
2003	104	102	103	100
2004	105	102	86	106
2005	72	107	97	72
2006	84	108	95	85
2007	107	102	85	93
2008	75	108	98	73
2009	110	102	87	101
2010	91	104	80	85
2011	94	107	88	87
2012	96	102	97	89
2013	92	103	95	91
2014	67	107	96	78
2015	96	94	99	89
2016	97	101	86	95

Obr.36 Počet hodin využívajících RE-

Pro jednotlivé roky získáme průměrnou hodnotu úspor podle následující tabulky:

rok	úspora [Kč]	rok	úspora [Kč]	rok	úspora [Kč]	rok	úspora [Kč]	rok	úspora [Kč]
1992	44 756	1997	46 151	2002	44 175	2007	44 989	2012	44 640
1993	44 291	1998	43 710	2003	47 546	2008	41 153	2013	44 291
1994	45 570	1999	46 849	2004	46 384	2009	46 500	2014	40 455
1995	43 710	2000	45 105	2005	40 455	2010	41 850	2015	43 943
1996	45 105	2001	43 943	2006	43 245	2011	43 710	2016	44 059

Průměrná hodnota úspory činí 44 263 Kč.

Návrh komunikace

V případě využívání RE- musí být mezi skiareálem a obchodníkem nastavená komunikace, protože zobchodovaná RE- musí být skutečně spotřebována. Z pohledu obchodníka je tedy třeba znát hodnotu elektrické energie, kterou je skiareál schopen spotřebovat ještě před samotným obchodováním. Komunikace může být tedy v principu jednosměrná, neboť skiareál může v určitém období zasněžovat nepřetržitě a pouze v situacích, kdy bude na vyrovnávacím trhu k dispozici RE- bude obchodníkem využita k uspokojení poptávky skiareálu.

Jako zpětná kontrola pro skiareál mohou sloužit data ze stránek <http://www.ote-cr.cz/>, díky kterým je možno zpětně porovnat provozní hodiny zasněžovacího systému se zobchodovanou RE-.

Ze strany skiareálu je tedy nutné zasílat obchodníkovi zprávy, ve kterých bude po jednotlivých hodinách uveden výkon, který je zasněžovací systém schopen odebrat. Hodnota výkonu se může v průběhu času měnit a to ze dvou hlavních příčin.

- **Změna vlivem měnící se vlhké teploty**

Jak bylo uvedeno výše, s klesající vlhkou teplotou se zvyšuje potenciální množství vyrobeného technického sněhu. Nižší přesnost předpovědi počasí pro vzdálenější hodiny lze vyřešit častějším zasíláním zpráv např. každou hodinu, kdy pouze poslední uvedený údaj je hodnota závazná, jejíž odebrání skiareál garantuje, další hodnoty jsou pouze předběžné.

- **Změna z provozních důvodů**

V případě, že v určité části skiareálu je již dostatek sněhu a zasněžování dále probíhá pouze v některých částech.

Návrh zprávy odeslané skiareálem dne 16.1.2019 ve 23:00, tedy přesně v čas, kdy se začíná obchodovat RE- s dodávkou na 17.1.2019 0:00 - 1:00 resp. 30 minut před ukončením obchodování ukazuje následující obrázek.

Předběžné hodnoty výkonu skiareálem XY odebraným a společností YX dodaným dne 17.1.2019		
od	do	Výkon systému [kW]
0:00	1:00	460
1:00	2:00	460
2:00	3:00	460
3:00	4:00	480
4:00	5:00	480
5:00	6:00	480
6:00	7:00	480
7:00	8:00	200
8:00	9:00	200
9:00	10:00	180
10:00	11:00	180
11:00	12:00	180
12:00	13:00	180
13:00	14:00	180
14:00	15:00	180
15:00	16:00	180
16:00	17:00	180
17:00	18:00	180
18:00	19:00	180
19:00	20:00	200
20:00	21:00	200
21:00	22:00	200
22:00	23:00	200
23:00	0:00	200

Závazná hodnota

Změna vlivem měnicí se vlhké teploty

Změna z provozních důvodů

Obr.37 Zpráva odesílaná skiareálem obchodníkovi

Skiareály často nakupují elektřinu společně. V případě nákupu elektřiny více skiareály od jednoho obchodníka je možné ponechat komunikaci rozdělenou na úrovni jednotlivých skiareálu nebo ji sjednotit a obchodníkovi zasílat pouze jednu zprávu.

V případě koordinované poptávky více skiareály však roste riziko, že nabízené množství RE- nebude dostatečné pro všechny skiareály. V tomto případě je možné zobchodovaný objem rozdělit poměrově mezi všechny skiareály podle jejich poptávky v danou hodinu. Tento postup dává šanci na využití RE- i menším skiareálům, které by z důvodu menší spotřeby jinak nebyly pro obchodníka jako zákazník atraktivní.

Návrh koordinované zprávy od 5 skiareálu obchodníkovi ukazuje následující obrázek. Jak je vidět, u skiareálu D a E se již předpokládá provoz během dne a zasněžování tedy během provozu nefunguje.

Předběžné hodnoty výkonu dodaného společností YX dne 17.1.2019 [kW]							
od	do	Skiareál A	Skiareál B	Skiareál C	Skiareál D	Skiareál E	Celkem
0:00	1:00	460	860	220	350	1 250	3 140
1:00	2:00	460	860	220	350	1 250	3 140
2:00	3:00	460	860	220	350	1 250	3 140
3:00	4:00	480	860	220	350	1 250	3 160
4:00	5:00	480	860	220	350	1 250	3 160
5:00	6:00	480	860	220	350	1 250	3 160
6:00	7:00	480	860	220	350	1 250	3 160
7:00	8:00	200	860	220	350	1 250	2 880
8:00	9:00	200	860	220	350	1 250	2 880
9:00	10:00	180	840	220	0	0	1 240
10:00	11:00	180	840	220	0	0	1 240
11:00	12:00	180	840	170	0	0	1 190
12:00	13:00	180	820	170	0	0	1 170
13:00	14:00	180	820	170	0	0	1 170
14:00	15:00	180	820	170	0	0	1 170
15:00	16:00	180	820	170	0	0	1 170
16:00	17:00	180	820	170	0	0	1 170
17:00	18:00	180	860	170	350	1 280	2 840
18:00	19:00	180	860	170	350	1 280	2 840
19:00	20:00	200	860	170	350	1 280	2 860
20:00	21:00	200	860	170	350	1 280	2 860
21:00	22:00	200	860	220	350	1 280	2 910
22:00	23:00	200	860	220	350	1 280	2 910
23:00	0:00	200	860	220	350	1 280	2 910

Obr.38 Koordinovaná zpráva 5 skiareálů obchodníkovi

Závěr

Při výrobě technického sněhu čistě s využitím záporné regulační energie dosáhneme sice značné úspory z ceny silové elektřiny, avšak úspora z celkové ceny elektrické energie není dostatečná na to, aby vykompenzovala časové prodlení při výrobě požadované výšky sněhu. Časové prodlení ve výrobě se nejvíce projevuje v obdobích se špatnými podmínkami pro zasněžování, což tento problém ještě více umocňuje.

Využití záporné regulační energie pro výrobu technického sněhu je tedy možné pouze v kombinaci s klasickým nákupem elektřiny. V takovém případě je nutné nastavení komunikace mezi skiareálem a obchodníkem s elektřinou, aby obchodník věděl, kolik energie je v danou hodinu skiareál schopen spotřebovat a mohl toto množství nabízet na vyrovnávacím trhu s elektřinou. Zavedení tohoto postupu tedy závisí jednak na schopnosti skiareálů co nejpřesněji předvídat svůj výkon a včasně o něm informovat obchodníka s elektřinou. Obchodníkovi musí náklady s tímto postupem spojené kompenzovat dostatečnou marží za dodanou zápornou regulační energii. Tuto marži lze zvýšit spojením poptávky více skiareálů do jedné obchodní skupiny.

V případě zavedení využívání záporné regulační energie pro výrobu technického sněhu by došlo jednak ke snížení nákladů skiareálů a zároveň ke zvýšení nabídky záporné regulační energie na vyrovnávacím trhu, což by vedlo ke zvýšení stability celé elektrizační soustavy.

Seznam použité literatury

- [1] www.euro.cz [online]. 2017 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/byznys/skiarealy-cr-lyzovani-investice-1327076>
- [2] ŠOLC, Pavel et al. *Trh s elektřinou: Úvod do liberalizované energetiky*. Vydání druhé, aktualizované. Praha, 2016. ISBN 978-80-260-9212-4.
- [3] DENNÍ DATA. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data>

Zdroje obrázků

Obr.1 Autor

Obr.2 <http://www.snowcrystals.com>

Obr.3 Autor

Obr.4 <http://www.ropeways.net>

Obr.5 <https://www.technoalpin.com>

Obr.6 <https://www.technoalpin.com>

Obr.7 Autor

Obr.8 Data: <http://www.ote-cr.cz/>

Obr.9 Data: <http://www.ote-cr.cz/>

Obr.10 Data: <http://www.ote-cr.cz/>

Obr.11 <http://www.ote-cr.cz/>

Obr.12 <http://www.portal.chmi.cz>

Obr.13 <http://www.portal.chmi.cz>

Obr.14 - Obr.26: Autor

Obr.27 <http://www.ceske-sjezdovky.cz/>

Obr.28 - Obr.38: Autor