

# Naziemna produkcja sztucznego śniegu

---

Sylwester Arabas

Seminarium Studenckie Fizyki Atmosfery, Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki UW



6 czerwca 2007 r.



# Plan Prezentacji

- 1 Fizyka procesu produkcji**
  - Proces krok po kroku
  - Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem
- 2 Sztuczny śnieg w praktyce**
  - Skala produkcji
  - Źródła wody i energii
  - Poprawianie wydajności produkcji
- 3 Wpływ na środowisko naturalne**
  - Kontekst atmosferyczno-hydrologiczny
  - Pozostałe oddziaływania
- 4 Aktualia**
  - Wielka debata EGU
  - Projekt SEASALT



# Inspiracja

We must curtail  
the use of artificial snow  
Wielka debata EGU (Wiedeń, kwiecień 2007)



# Plan Prezentacji

- 1 Fizyka procesu produkcji**
  - Proces krok po kroku
  - Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem
- 2 Sztuczny śnieg w praktyce
  - Skala produkcji
  - Źródła wody i energii
  - Poprawianie wydajności produkcji
- 3 Wpływ na środowisko naturalne
  - Kontekst atmosferyczno-hydrologiczny
  - Pozostałe oddziaływania
- 4 Aktualia
  - Wielka debata EGU
  - Projekt SEASALT



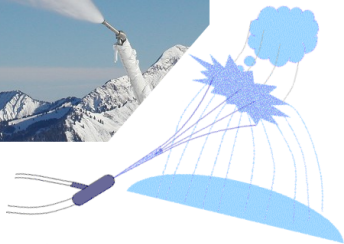


# Proces krok po kroku



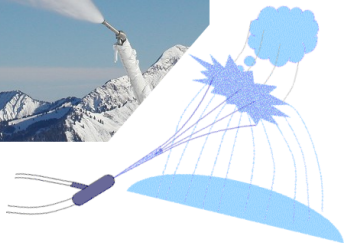
- rozpylanie wody ciekłej strugą sprężonego powietrza
- obniżenie temperatury gazu:
  - podwyższenie temperatury wody
  - zwiększenie objętości
  - powstanie kropelek wody
- krystalizacja na jądrach krystalizacji → oddanie ciepła krystalizacji
  - wydłużenie czasu trwania
  - podwyższenie temperatury
  - zmniejszenie objętości
- wypadanie kryształków

# Proces krok po kroku



- rozpylanie wody ciekłej strugą sprężonego powietrza
- obniżenie temperatury gazu:
  - podwyższenie powierzchni pola powierzchni dyfuzji
  - powstanie kropelek wody
  - podwyższenie temperatury powietrza
- krystalizacja na jądrach krystalizacji → oddanie ciepła krystalizacji
  - wydzielenie ciepła krystalizacji
  - podwyższenie temperatury powietrza
  - podwyższenie temperatury powietrza
  - podwyższenie temperatury powietrza
- wypadanie kryształków

# Proces krok po kroku



- rozpylanie wody ciekłej strugą sprężonego powietrza
- obniżenie temperatury gazu:
  - gwałtowne rozprężanie gazu po opuszczeniu dyszy
  - parowanie kropelek wody  
→ pobranie ciepła parowania
- krystalizacja na jądrach krystalizacji  
→ oddanie ciepła krystalizacji
  - wysokotemperaturowe ICN: np. białka pochodzenia bakteryjnego
  - niskotemperaturowe ICN: minerały i muł z wody górskiej, pyły
- wypadanie kryształków

# Proces krok po kroku

- rozpylanie wody ciekłej strugą **sprężonego powietrza**
- obniżenie temperatury gazu:
  - gwałtowne rozprężanie gazu po opuszczeniu dyszy
  - parowanie kropelek wody  
→ pobranie ciepła parowania
- krystalizacja na jądrach krystalizacji  
→ oddanie ciepła krystalizacji
  - wysokotemperaturowe ICN: np. białka pochodzenia bakteryjnego
  - niskotemperaturowe ICN: minerały i muł z wody górskiej, pyły
- wypadanie kryształków



# Proces krok po kroku

- rozpylanie wody ciekłej strugą **sprężonego powietrza**
- obniżenie temperatury gazu:
  - gwałtowne rozprężanie gazu po opuszczeniu dyszy
  - parowanie kropelek wody  
↪ **pobranie ciepła parowania**
- krystalizacja na jądrach krystalizacji  
↪ **oddanie ciepła krystalizacji**
  - wysokotemperaturowe ICN: np. białka pochodzenia bakteryjnego
  - niskotemperaturowe ICN: minerały i muł z wody górskiej, pyły
- wypadanie kryształków



# Proces krok po kroku

- rozpylanie wody ciekłej strugą **sprężonego powietrza**
- obniżenie temperatury gazu:
  - gwałtowne rozprężanie gazu po opuszczeniu dyszy
  - parowanie kropelek wody  
↪ **pobranie ciepła parowania**
- krystalizacja na jądrach krystalizacji  
↪ **oddanie ciepła krystalizacji**
  - wysokotemperaturowe ICN: np. białka pochodzenia bakteryjnego
  - niskotemperaturowe ICN: minerały i muł z wody górskiej, pyły
- wypadanie kryształków



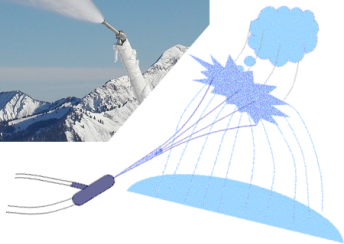
# Proces krok po kroku



- rozpylanie wody ciekłej strugą **sprężonego powietrza**
- obniżenie temperatury gazu:
  - gwałtowne rozprężanie gazu po opuszczeniu dyszy
  - parowanie kropelek wody  
↪ **pobranie ciepła parowania**
- krystalizacja na jądrach krystalizacji  
↪ **oddanie ciepła krystalizacji**
  - wysokotemperaturowe ICN: np. białka pochodzenia bakteryjnego
  - niskotemperaturowe ICN: minerały i muł z wody górskiej, pyły
- wypadanie kryształków



# Proces krok po kroku



- rozpylanie wody ciekłej strugą **sprężonego powietrza**
- obniżenie temperatury gazu:
  - gwałtowne rozprężanie gazu po opuszczeniu dyszy
  - parowanie kropelek wody  
↪ **pobranie ciepła parowania**
- krystalizacja na jądrach krystalizacji  
↪ **oddanie ciepła krystalizacji**
  - wysokotemperaturowe ICN: np. białka pochodzenia bakteryjnego
  - niskotemperaturowe ICN: minerały i muł z wody górskiej, pyły
- wypadanie kryształków



# Proces krok po kroku



- rozpylanie wody ciekłej strugą **sprężonego powietrza**
- obniżenie temperatury gazu:
  - gwałtowne rozprężanie gazu po opuszczeniu dyszy
  - parowanie kropelek wody  
↪ **pobranie ciepła parowania**
- krystalizacja na jądrach krystalizacji  
↪ **oddanie ciepła krystalizacji**
  - wysokotemperaturowe ICN: np. białka pochodzenia bakteryjnego
  - niskotemperaturowe ICN: minerały i muł z wody górskiej, pyły
- wypadanie kryształków

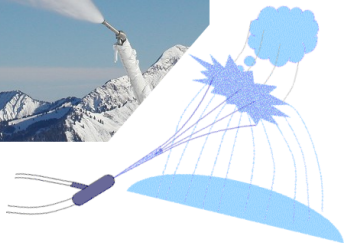


# Proces krok po kroku



- rozpylanie wody ciekłej strugą **sprężonego powietrza**
- obniżenie temperatury gazu:
  - gwałtowne rozprężanie gazu po opuszczeniu dyszy
  - parowanie kropelek wody  
↪ **pobranie ciepła parowania**
- krystalizacja na jądrach krystalizacji  
↪ **oddanie ciepła krystalizacji**
  - wysokotemperaturowe ICN: np. białka pochodzenia bakteryjnego
  - niskotemperaturowe ICN: minerały i muł z wody górskiej, pyły
- wypadanie kryształków

# Proces krok po kroku

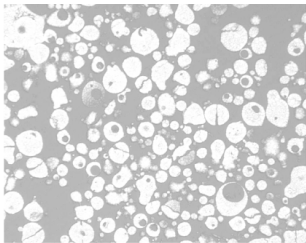


- rozpylanie wody ciekłej strugą **sprężonego powietrza**
- obniżenie temperatury gazu:
  - gwałtowne rozprężanie gazu po opuszczeniu dyszy
  - parowanie kropelek wody  
↪ **pobranie ciepła parowania**
- krystalizacja na jądrach krystalizacji  
↪ **oddanie ciepła krystalizacji**
  - wysokotemperaturowe ICN: np. białka pochodzenia bakteryjnego
  - niskotemperaturowe ICN: minerały i muł z wody górskiej, pyły
- wypadanie kryształków

# Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem

## Jednorodność form krystalizacji

W przeciwieństwie do naturalnego śniegu, śnieg sztuczny nie przyjmuje różnorodnych form, opada w postaci **kulistych ziaren**.

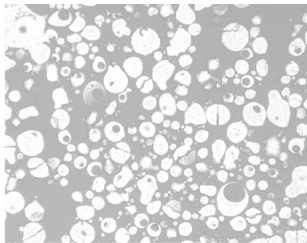


# Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem

## Jednorodność form krystalizacji

W przeciwieństwie do naturalnego śniegu, śnieg sztuczny nie przyjmuje różnorodnych form, opada w postaci **kulistych ziaren**.

0,03mm x 2mm x 2mm



źródło: Fauve et al. 2002

## Skład chemiczny

Skład chemiczny

Skład chemiczny

Skład chemiczny

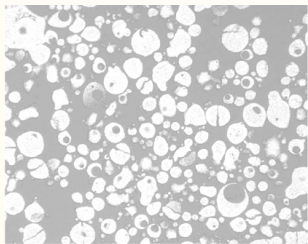


# Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem

## Jednorodność form krystalizacji

W przeciwieństwie do naturalnego śniegu, śnieg sztuczny nie przyjmuje różnorodnych form, opada w postaci **kulistych ziaren**.

0.03mm x 2mm x 2mm



źródło: Fauve et al. 2002

## Skład chemiczny

Woda  
Kwas azotowy  
Kwas siarkowy

Chlorki sodu  
Chlorki wapnia  
Chlorki magnezu

Chlorki potasu  
Chlorki amonu  
Chlorki miedzi

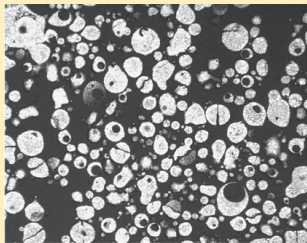


# Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem

## Jednorodność form krystalizacji

W przeciwieństwie do naturalnego śniegu, śnieg sztuczny nie przyjmuje różnorodnych form, opada w postaci **kulistych ziaren**.

0.03mm x 2mm x 2mm



źródło: Fauve et al. 2002

## Skład chemiczny

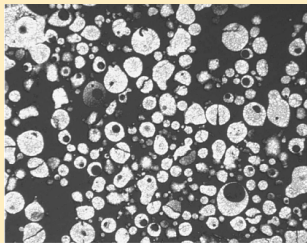


# Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem

## Jednorodność form krystalizacji

W przeciwieństwie do naturalnego śniegu, śnieg sztuczny nie przyjmuje różnorodnych form, opada w postaci **kulistych ziaren**.

0.03mm x 2mm x 2mm



źródło: Fauve et al. 2002

## Skład chemiczny

- woda pobierana ze strumieni i jezior górskich
- bogata w składniki mineralne i np. muł.
- sztuczne dodatki bogate w jądra krystalizacji



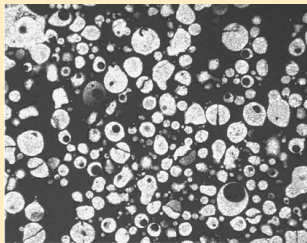


# Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem

## Jednorodność form krystalizacji

W przeciwieństwie do naturalnego śniegu, śnieg sztuczny nie przyjmuje różnorodnych form, opada w postaci **kulistych ziaren**.

0.03mm x 2mm x 2mm



źródło: Fauve et al. 2002

## Skład chemiczny

- woda pobierana ze strumieni i jezior górskich
- bogata w składniki mineralne i np. muł.
- sztuczne dodatki bogate w jądra krystalizacji

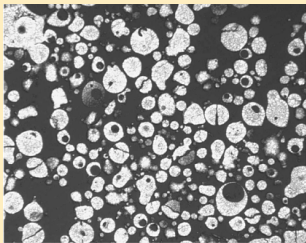


# Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem

## Jednorodność form krystalizacji

W przeciwieństwie do naturalnego śniegu, śnieg sztuczny nie przyjmuje różnorodnych form, opada w postaci **kulistych ziaren**.

0.03mm x 2mm x 2mm



źródło: Fauve et al. 2002

## Skład chemiczny

- woda pobierana ze strumieni i jezior górskich
- bogata w składniki mineralne i np. muł.
- sztuczne dodatki bogate w jądra krystalizacji

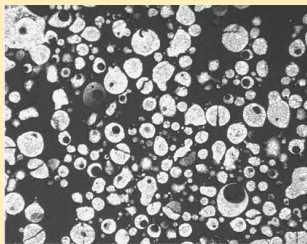


# Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem

## Jednorodność form krystalizacji

W przeciwieństwie do naturalnego śniegu, śnieg sztuczny nie przyjmuje różnorodnych form, opada w postaci **kulistych ziaren**.

0.03mm x 2mm x 2mm



źródło: Fauve et al. 2002

## Skład chemiczny

- woda pobierana ze strumieni i jezior górskich
- bogata w składniki mineralne i np. muł.
- sztuczne dodatki bogate w jądra krystalizacji

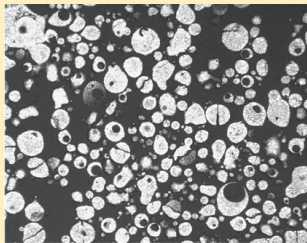


# Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem

## Jednorodność form krystalizacji

W przeciwieństwie do naturalnego śniegu, śnieg sztuczny nie przyjmuje różnorodnych form, opada w postaci **kulistych ziaren**.

0.03mm x 2mm x 2mm



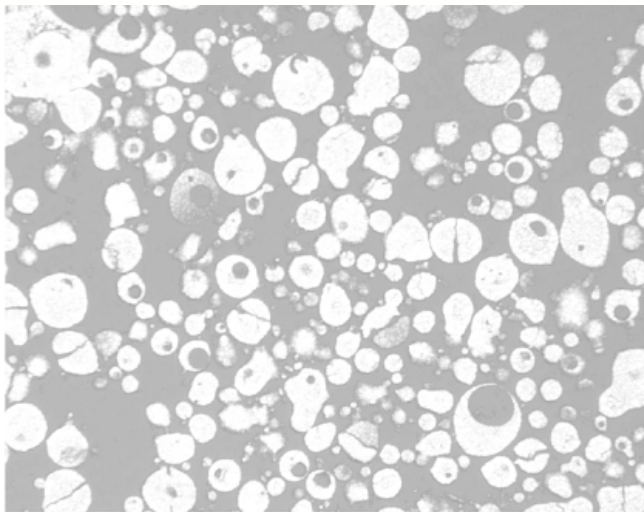
źródło: Fauve et al. 2002

## Skład chemiczny

- woda pobierana ze strumieni i jezior górskich
- bogata w składniki mineralne i np. muł.
- sztuczne dodatki bogate w jądra krystalizacji



0.03mm x 2mm x 2mm



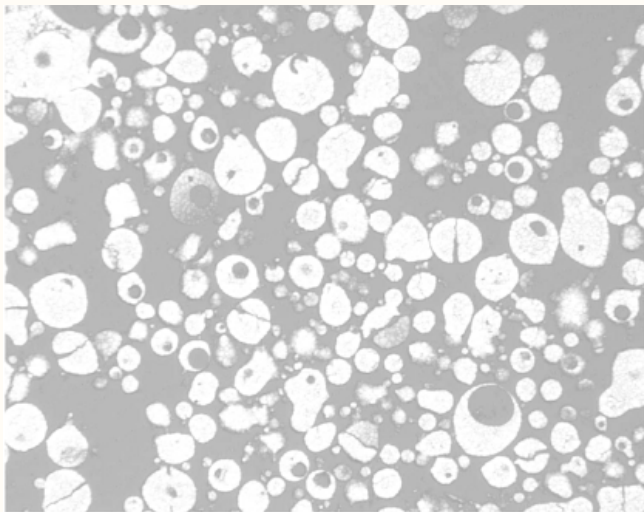
pęknięcia w  
ziarnach  
(zmiany  
ciśnienia  
podczas  
zamarzania)

ciepła woda  
wewnątrz  
ziaren

źródło: Fauve et al. 2002



0.03mm x 2mm x 2mm



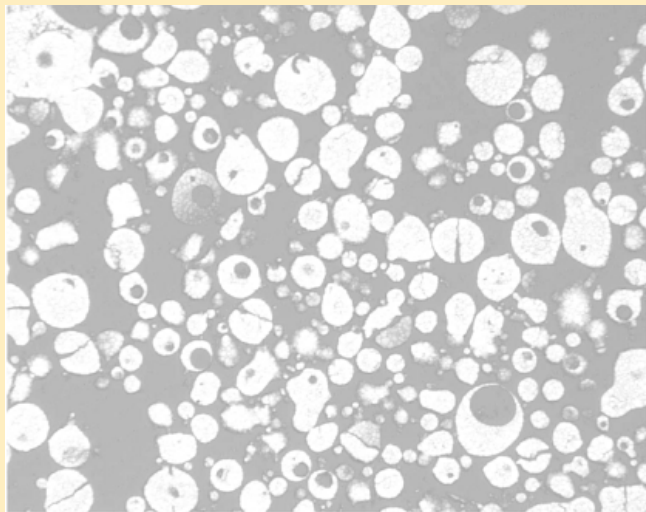
źródło: Fauve et al. 2002

pęknięcia w  
ziarnach  
(zmiany  
ciśnienia  
podczas  
zamarzania)

ciepła woda  
wewnątrz  
ziaren



*0.03mm x 2mm x 2mm*



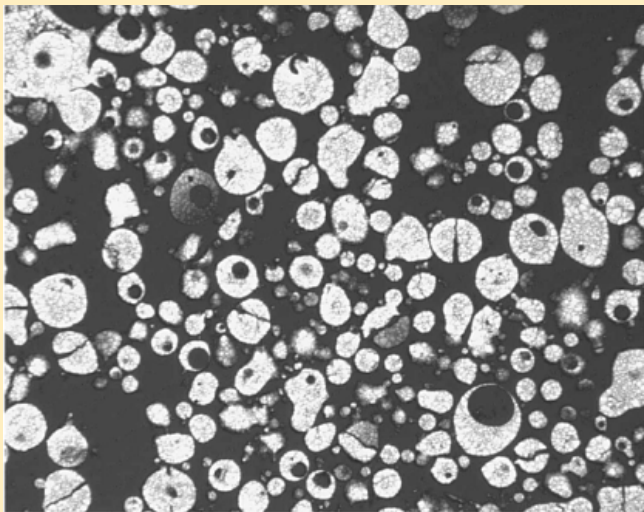
źródło: Fauve et al. 2002

pęknięcia w  
ziarnach  
(zmiany  
ciśnienia  
podczas  
zamarzania)

ciepła woda  
wewnątrz  
ziaren



0.03mm x 2mm x 2mm



źródło: Fauve et al. 2002

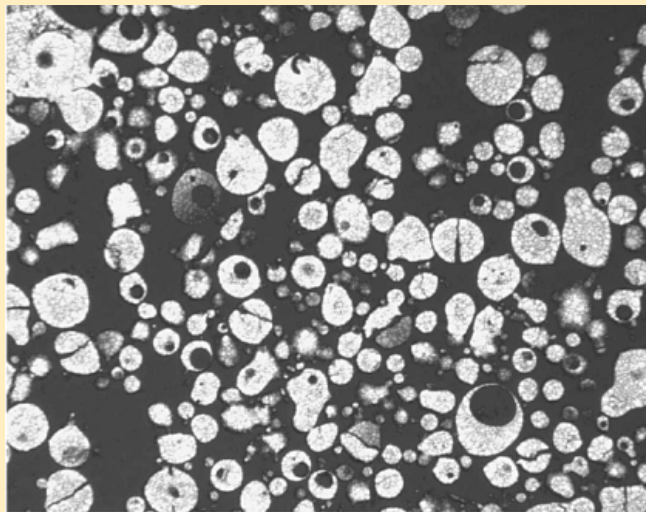
pęknięcia w ziarnach (zmiany ciśnienia podczas zamarzania)

ciepła woda wewnątrz ziaren





0.03mm x 2mm x 2mm



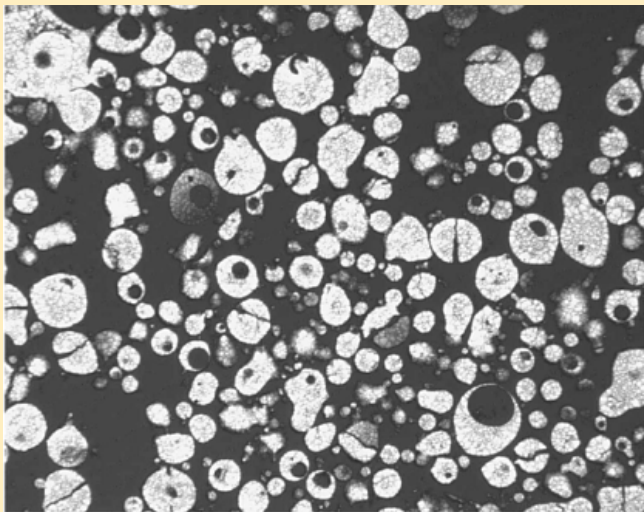
źródło: Fauve et al. 2002

pęknięcia w  
ziarnach  
(zmiany  
ciśnienia  
podczas  
zamarzania)

ciepła woda  
wewnątrz  
ziaren



0.03mm x 2mm x 2mm



pęknięcia w ziarnach (zmiany ciśnienia podczas zamarzania)

ciepła woda wewnątrz ziaren

źródło: Fauve et al. 2002



## Różnice w składzie chemicznym

	Artificial snow	Natural snow
Electrical conductivity ( $\mu\text{S}$ )	$61 \pm 30$	$15 \pm 7$
$\text{Ca}^{2-}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	$5.34 \pm 3.12$	$0.71 \pm 0.51$
$\text{K}^{-}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	$0.75 \pm 0.43$	$0.75 \pm 0.28$
$\text{Mg}^{2-}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	$1.28 \pm 1.32$	$0.09 \pm 0.06$
$\text{Na}^{-}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	$2.18 \pm 2.23$	$1.03 \pm 0.46$
$\text{Cl}^{-}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	$3.12 \pm 4.31$	$1.18 \pm 0.69$
$\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	$6.38 \pm 5.84$	$0.47 \pm 0.20$
$\text{NO}_3^{-}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	$0.64 \pm 0.26$	$0.53 \pm 0.21$
$\text{NH}_4^{+}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	$0.01 \pm 0.06$	$0.14 \pm 0.06$

Na podstawie pomiarów wody wytopionej z próbek śniegu z 10 szwajcarskich kurortów narciarskich.

źródło: Rixen et al. 2003



# Plan Prezentacji

- 1 Fizyka procesu produkcji
  - Proces krok po kroku
  - Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem
- 2 **Sztuczny śnieg w praktyce**
  - Skala produkcji
  - Źródła wody i energii
  - Poprawianie wydajności produkcji
- 3 Wpływ na środowisko naturalne
  - Kontekst atmosferyczno-hydrologiczny
  - Pozostałe oddziaływania
- 4 Aktualia
  - Wielka debata EGU
  - Projekt SEASALT



# Skala produkcji

Europa: 240 km<sup>2</sup> naśnieżanych stoków, przykłady (ilość armatek śnieżnych):

- La Tignes Valais (Włochy)
- Alpe d'Huez (Francja)
- Pando (La Plagne/Les Arches) (Francja)
- Cortina (Włochy)
- Chamrousse (Francja)
- Engelberg (Szwajcaria)

USA: 90% kurortów posiada instalacje naśnieżające (Rixen et al. 2003)



Pireneje, 1 grudnia 2006;

źródło: [www.cctv.com](http://www.cctv.com)



źródło: [www.all-mountain.com](http://www.all-mountain.com)

Naziemna produkcja sztucznego śniegu



# Skala produkcji

Europa: 240 km<sup>2</sup> naśnieżanych stoków, przykłady (ilość armatek śnieżnych):

- Les Trois Vallées: 1900 (Wikipedia)
- Alpe d'Huez: 790 (ski-france.com)
- Paradiski (La Plagne/Les Arcs): 550 (paradiski.com)
- Chamonix: 400 (ski-france.com)
- l'Espace Killy (Tignes/Val d'Isère): 330 (ski-france.com)

USA: 90% kurortów posiada instalacje naśnieżające (Rixen et al. 2003)



Pireneje, 1 grudnia 2006;

źródło: [www.cctv.com](http://www.cctv.com)



źródło: [www.all-mountain.com](http://www.all-mountain.com)



# Skala produkcji

Europa: 240  $km^2$  naśnieżanych stoków, przykłady (ilość armatek śnieżnych):

- Les Trois Vallées: 1900 (Wikipedia)
- Alpe d'Huez: 790 (ski-france.com)
- Paradiski (La Plagne/Les Arcs): 560 (paradiski.com)
- Chamonix: 400 (ski-france.com)
- l'Espace Killy (Tignes/Val d'Isère): 330 (ski-france.com)

USA: 90% kurortów posiada instalacje naśnieżające (Rixen et al. 2003)



Pireneje, 1 grudnia 2006;

źródło: [www.cctv.com](http://www.cctv.com)



źródło: [www.all-mountain.com](http://www.all-mountain.com)



# Skala produkcji

Europa: 240  $km^2$  naśnieżanych stoków, przykłady (ilość armatek śnieżnych):

- Les Trois Vallées: **1900** (Wikipedia)
- Alpe d'Huez: **790** (ski-france.com)
- Paradiski (La Plagne/Les Arcs): **560** (paradiski.com)
- Chamonix: **400** (ski-france.com)
- l'Espace Killy (Tignes/Val d'Isère): **330** (ski-france.com)

USA: 90% kurortów posiada instalacje naśnieżające (Rixen et al. 2003)



Pireneje, 1 grudnia 2006;

źródło: [www.cctv.com](http://www.cctv.com)



źródło: [www.all-mountain.com](http://www.all-mountain.com)





# Skala produkcji

Europa: 240 km<sup>2</sup> naśnieżanych stoków, przykłady (ilość armatek śnieżnych):

- Les Trois Vallées: **1900** (Wikipedia)
- Alpe d'Huez: **790** (ski-france.com)
- Paradiski (La Plagne/Les Arcs): **560** (paradiski.com)
- Chamonix: **400** (ski-france.com)
- l'Espace Killy (Tignes/Val d'Isère): **330** (ski-france.com)

USA: 90% kurortów posiada instalacje naśnieżające (Rixen et al. 2003)



Pireneje, 1 grudnia 2006;

źródło: [www.cctv.com](http://www.cctv.com)



źródło: [www.all-mountain.com](http://www.all-mountain.com)



# Skala produkcji

Europa: 240  $km^2$  naśnieżanych stoków, przykłady (ilość armatek śnieżnych):

- Les Trois Vallées: **1900** (Wikipedia)
- Alpe d'Huez: **790** (ski-france.com)
- Paradiski (La Plagne/Les Arcs): **560** (paradiski.com)
- Chamonix: **400** (ski-france.com)
- l'Espace Killy (Tignes/Val d'Isère): **330** (ski-france.com)

USA: 90% kurortów posiada instalacje naśnieżające (Rixen et al. 2003)



Pireneje, 1 grudnia 2006,

źródło: [www.cctv.com](http://www.cctv.com)



źródło: [www.all-mountain.com](http://www.all-mountain.com)



# Skala produkcji

Europa: 240  $km^2$  naśnieżanych stoków, przykłady (ilość armatek śnieżnych):

- Les Trois Vallées: **1900** (Wikipedia)
- Alpe d'Huez: **790** (ski-france.com)
- Paradiski (La Plagne/Les Arcs): **560** (paradiski.com)
- Chamonix: **400** (ski-france.com)
- l'Espace Killy (Tignes/Val d'Isère): **330** (ski-france.com)

USA: 90% kurortów posiada instalacje naśnieżające (Rixen et al. 2003)



Pireneje, 1 grudnia 2006,

źródło: [www.cctv.com](http://www.cctv.com)



źródło: [www.all-mountain.com](http://www.all-mountain.com)

Naziemna produkcja sztucznego śniegu



## Skala produkcji

Europa: 240  $km^2$  naśnieżanych stoków, przykłady (ilość armatek śnieżnych):

- Les Trois Vallées: **1900** (Wikipedia)
- Alpe d'Huez: **790** (ski-france.com)
- Paradiski (La Plagne/Les Arcs): **560** (paradiski.com)
- Chamonix: **400** (ski-france.com)
- l'Espace Killy (Tignes/Val d'Isère): **330** (ski-france.com)

USA: 90% kurortów posiada instalacje naśnieżające (Rixen et al. 2003)



Pireneje, 1 grudnia 2006.

źródło: [www.cctv.com](http://www.cctv.com)



źródło: [www.all-mountain.com](http://www.all-mountain.com)

Naziemna produkcja sztucznego śniegu



# Skala produkcji

Europa: 240  $km^2$  naśnieżanych stoków, przykłady (ilość armatek śnieżnych):

- Les Trois Vallées: **1900** (Wikipedia)
- Alpe d'Huez: **790** (ski-france.com)
- Paradiski (La Plagne/Les Arcs): **560** (paradiski.com)
- Chamonix: **400** (ski-france.com)
- l'Espace Killy (Tignes/Val d'Isère): **330** (ski-france.com)

USA: 90% kurortów posiada instalacje naśnieżające (Rixen et al. 2003)



Pireneje, 1 grudnia 2006;

źródło: [www.cctv.com](http://www.cctv.com)



źródło: [www.all-mountain.com](http://www.all-mountain.com)



## Skala produkcji

Europa: 240  $km^2$  naśnieżanych stoków, przykłady (ilość armatek śnieżnych):

- Les Trois Vallées: **1900** (Wikipedia)
- Alpe d'Huez: **790** (ski-france.com)
- Paradiski (La Plagne/Les Arcs): **560** (paradiski.com)
- Chamonix: **400** (ski-france.com)
- l'Espace Killy (Tignes/Val d'Isère): **330** (ski-france.com)

USA: 90% kurortów posiada instalacje naśnieżające (Rixen et al. 2003)



Pireneje, 1 grudnia 2006;

źródło: [www.cctv.com](http://www.cctv.com)



źródło: [www.all-mountain.com](http://www.all-mountain.com)



## Skala produkcji

Europa: 240  $km^2$  naśnieżanych stoków, przykłady (ilość armatek śnieżnych):

- Les Trois Vallées: **1900** (Wikipedia)
- Alpe d'Huez: **790** (ski-france.com)
- Paradiski (La Plagne/Les Arcs): **560** (paradiski.com)
- Chamonix: **400** (ski-france.com)
- l'Espace Killy (Tignes/Val d'Isère): **330** (ski-france.com)

USA: 90% kurortów posiada instalacje naśnieżające (Rixen et al. 2003)



Pireneje, 1 grudnia 2006;

źródło: [www.cctv.com](http://www.cctv.com)



źródło: [www.all-mountain.com](http://www.all-mountain.com)



# Źródła wody i energii

## Źródła wody

- celowo budowane zbiorniki górskie
- naturalne strumienie i jeziora
- wodociągi!

## Zużycie energii

kilka *TWh* na sezon w Alpach – rząd wielkości mniej niż roczna produkcja elektrowni atomowej (ekstrapolacja na podstawie danych oecd.org)





# Źródła wody i energii

## Źródła wody

- celowo budowane zbiorniki górskie
- naturalne strumienie i jeziora
- wodociągi!

## Zużycie energii

kilka *TWh* na sezon w Alpach – rząd wielkości mniej niż roczna produkcja elektrowni atomowej (ekstrapolacja na podstawie danych oecd.org)



# Źródła wody i energii

## Źródła wody

- celowo budowane zbiorniki górskie
- naturalne strumienie i jeziora
- wodociągi!

## Zużycie energii

kilka *TWh* na sezon w Alpach – rząd wielkości mniej niż roczna produkcja elektrowni atomowej (ekstrapolacja na podstawie danych oecd.org)



# Źródła wody i energii

## Źródła wody

- celowo budowane zbiorniki górskie
- naturalne strumienie i jeziora
- wodociągi!

## Zużycie energii

kilka *TWh* na sezon w Alpach – rząd wielkości mniej niż roczna produkcja elektrowni atomowej (ekstrapolacja na podstawie danych oecd.org)



# Źródła wody i energii

## Źródła wody

- celowo budowane zbiorniki górskie
- naturalne strumienie i jeziora
- wodociągi!

## Zużycie energii

kilka *TWh* na sezon w Alpach – rząd wielkości mniej niż roczna produkcja elektrowni atomowej (ekstrapolacja na podstawie danych oecd.org)



# Poprawianie wydajności produkcji

## Warunek temperatury minimalnej

Teoretycznie zbliżony do  $T_w < 0^\circ\text{C}$ . Możliwa produkcja przy dodatnich temperaturach!

## Czynniki wpływające na wydajność/możliwość produkcji

- temperatura otoczenia
- wilgotność otoczenia ( $\pm 4^\circ\text{K}$ )
- parametry strugi (temperatura wody, stopień sprężenia)
- rozkład wielkości kropeł ( $\pm 2^\circ\text{K}$ )
- koncentracja i rodzaj jąder krystalizacji ( $\pm 3^\circ\text{K}$ )

W nawiasach podane skale zmienności temperatury minimalnej w pełnym zakresie zmienności parametru



# Poprawianie wydajności produkcji

## Warunek temperatury minimalnej

Teoretycznie zbliżony do  $T_w < 0^\circ\text{C}$ . Możliwa produkcja przy dodatnich temperaturach!

## Czynniki wpływające na wydajność/możliwość produkcji

- temperatura otoczenia
- wilgotność otoczenia ( $\pm 4^\circ\text{K}$ )
- parametry strugi (temperatura wody, stopień sprężenia)
- rozkład wielkości kropeł ( $\pm 2^\circ\text{K}$ )
- koncentracja i rodzaj jąder krystalizacji ( $\pm 3^\circ\text{K}$ )

W nawiasach podane skale zmienności temperatury minimalnej w pełnym zakresie zmienności parametru



# Poprawianie wydajności produkcji

## Warunek temperatury minimalnej

Teoretycznie zbliżony do  $T_w < 0^\circ\text{C}$ . Możliwa produkcja przy dodatnich temperaturach!

## Czynniki wpływające na wydajność/możliwość produkcji

- temperatura otoczenia
- wilgotność otoczenia ( $\pm 4^\circ\text{K}$ )
- parametry strugi (temperatura wody, stopień sprężenia)
- rozkład wielkości kropeł ( $\pm 2^\circ\text{K}$ )
- koncentracja i rodzaj jąder krystalizacji ( $\pm 3^\circ\text{K}$ )

W nawiasach podane skale zmienności temperatury minimalnej w pełnym zakresie zmienności parametru



# Poprawianie wydajności produkcji

## Warunek temperatury minimalnej

Teoretycznie zbliżony do  $T_w < 0^\circ\text{C}$ . Możliwa produkcja przy dodatnich temperaturach!

## Czynniki wpływające na wydajność/możliwość produkcji

- temperatura otoczenia
- wilgotność otoczenia ( $\pm 4^\circ\text{K}$ )
- parametry strugi (temperatura wody, stopień sprężenia)
- rozkład wielkości kropeł ( $\pm 2^\circ\text{K}$ )
- koncentracja i rodzaj jąder krystalizacji ( $\pm 3^\circ\text{K}$ )

W nawiasach podane skale zmienności temperatury minimalnej w pełnym zakresie zmienności parametru





# Poprawianie wydajności produkcji

## Warunek temperatury minimalnej

Teoretycznie zbliżony do  $T_w < 0^\circ\text{C}$ . Możliwa produkcja przy dodatnich temperaturach!

## Czynniki wpływające na wydajność/możliwość produkcji

- temperatura otoczenia
- wilgotność otoczenia ( $\pm 4^\circ\text{K}$ )
- parametry strugi (temperatura wody, stopień sprężenia)
- rozkład wielkości kropeł ( $\pm 2^\circ\text{K}$ )
- koncentracja i rodzaj jąder krystalizacji ( $\pm 3^\circ\text{K}$ )

W nawiasach podane skale zmienności temperatury minimalnej w pełnym zakresie zmienności parametru



# Poprawianie wydajności produkcji

## Warunek temperatury minimalnej

Teoretycznie zbliżony do  $T_w < 0^\circ C$ . Możliwa produkcja przy dodatnich temperaturach!

## Czynniki wpływające na wydajność/możliwość produkcji

- temperatura otoczenia
- wilgotność otoczenia ( $\pm 4^\circ K$ )
- parametry strugi (temperatura wody, stopień sprężenia)
- rozkład wielkości kropeł ( $\pm 2^\circ K$ )
- koncentracja i rodzaj jąder krystalizacji ( $\pm 3^\circ K$ )

W nawiasach podane skale zmienności temperatury minimalnej w pełnym zakresie zmienności parametru



# Poprawianie wydajności produkcji

## Warunek temperatury minimalnej

Teoretycznie zbliżony do  $T_w < 0^\circ\text{C}$ . Możliwa produkcja przy dodatnich temperaturach!

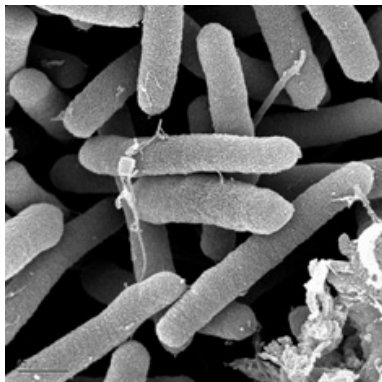
## Czynniki wpływające na wydajność/możliwość produkcji

- temperatura otoczenia
- wilgotność otoczenia ( $\pm 4^\circ\text{K}$ )
- parametry strugi (temperatura wody, stopień sprężenia)
- rozkład wielkości kropeł ( $\pm 2^\circ\text{K}$ )
- koncentracja i rodzaj jąder krystalizacji ( $\pm 3^\circ\text{K}$ )

W nawiasach podane skale zmienności temperatury minimalnej w pełnym zakresie zmienności parametru



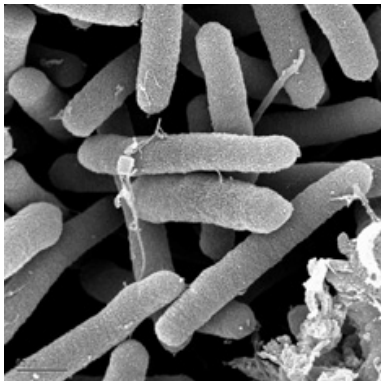
# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>



University of California



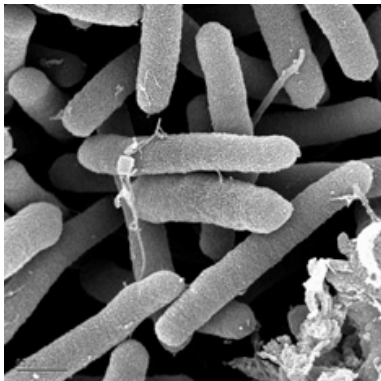
# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>



University of California



# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>



University of California

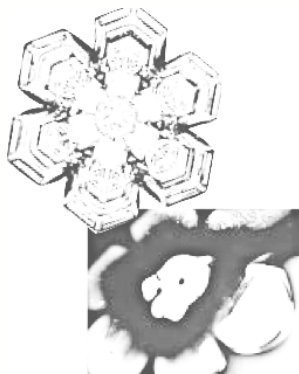


# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>

## Potencjalne zagrożenia

- wyspy lodowe, lodowa ścieżka
- wiatroszczelne okna

Użycie zakazane w Niemczech i we Włoszech, w Szwajcarii i Austrii zależnie od regionu. Masowo używany m.in. we Francji i USA



Krystalizacja na Snomax (czarna plamka w środku)

źródło: Scientific American Jan 07 /

SNOMAX Technologies

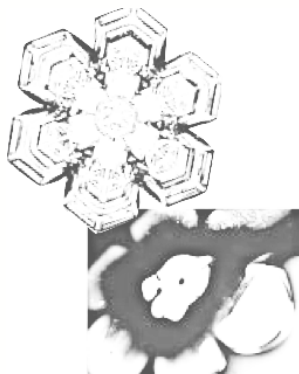


# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>

## Potencjalne zagrożenia

- rozpylana bakteria chorobotwórcza
- nieskuteczna sterylizacja
- toksyny powstałe po sterylizacji
- osiadanie na roślinach → wzmożone zamarzanie

Użycie zakazane w Niemczech i we Włoszech, w Szwajcarii i Austrii zależnie od regionu. Masowo używany m.in. we Francji i USA



Kryształizacja na Snomax (czarna plamka w środku)

źródło: Scientific American Jan 07 /

SNOMAX Technologies



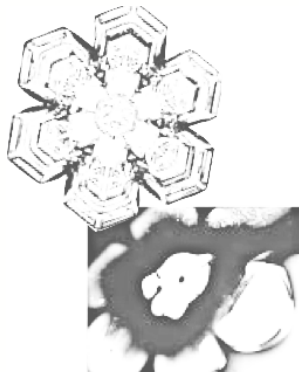


# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>

## Potencjalne zagrożenia

- rozpylana bakteria chorobotwórcza
- nieskuteczna sterylizacja
- toksyny powstałe po sterylizacji
- osiadanie na roślinach ⇔ wzmożone zamarzanie

Użycie zakazane w Niemczech i we Włoszech, w Szwajcarii i Austrii zależnie od regionu. Masowo używany m.in. we Francji i USA



Kryształizacja na Snomax (czarna plamka w środku)

źródło: Scientific American Jan 07 /

SNOMAX Technologies

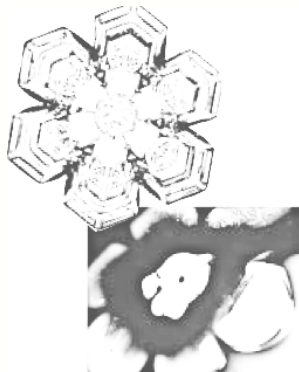


# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>

## Potencjalne zagrożenia

- rozpylana bakteria chorobotwórcza
- nieskuteczna sterylizacja
- toksyny powstałe po sterylizacji
- osiadanie na roślinach ⇨ wzmożone zamarzanie

Użycie zakazane w Niemczech i we Włoszech, w Szwajcarii i Austrii zależnie od regionu. Masowo używany m.in. we Francji i USA



Krystalizacja na Snomax (czarna plamka w środku)

źródło: Scientific American Jan 07 /

SNOMAX Technologies

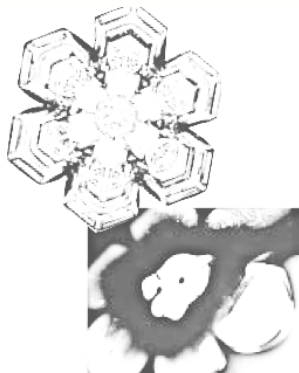


# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>

## Potencjalne zagrożenia

- rozpylana bakteria chorobotwórcza
- nieskuteczna sterylizacja
- toksyny powstałe po sterylizacji
- osiadanie na roślinach ⇨ wzmożone zamarzanie

Użycie zakazane w Niemczech i we Włoszech, w Szwajcarii i Austrii zależnie od regionu. Masowo używany m.in. we Francji i USA



Kryształizacja na Snomax (czarna plamka w środku)

źródło: Scientific American Jan 07 /  
SNOMAX Technologies

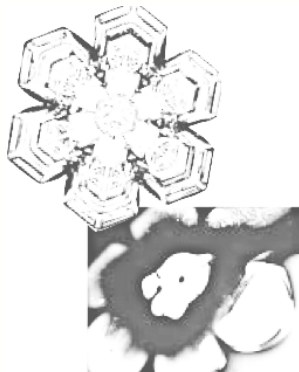


# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>

## Potencjalne zagrożenia

- rozpylana bakteria chorobotwórcza
- nieskuteczna sterylizacja
- toksyny powstałe po sterylizacji
- osiadanie na roślinach ⇨ wzmożone zamarzanie

Użycie zakazane w Niemczech i we Włoszech, w Szwajcarii i Austrii zależnie od regionu. Masowo używany m.in. we Francji i USA



Kryształizacja na Snomax (czarna plamka w środku)

źródło: Scientific American Jan 07 /  
SNOMAX Technologies

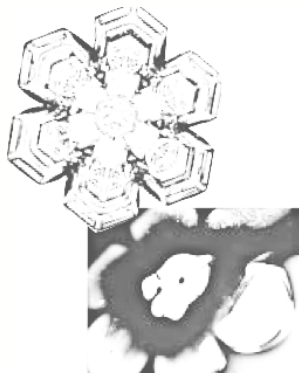


# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>

## Potencjalne zagrożenia

- rozpylana bakteria chorobotwórcza
- nieskuteczna sterylizacja
- toksyny powstałe po sterylizacji
- osiadanie na roślinach ⇔ wzmożone zamarzanie

Użycie zakazane w Niemczech i we Włoszech, w Szwajcarii i Austrii zależnie od regionu. Masowo używany m.in. we Francji i USA



Kryształizacja na Snomax (czarna plamka w środku)

źródło: Scientific American Jan 07 /  
SNOMAX Technologies

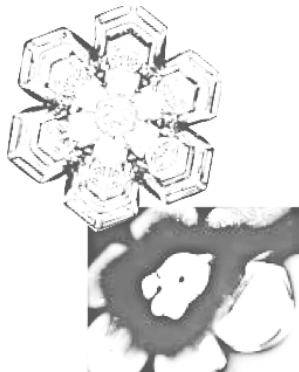


# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>

## Potencjalne zagrożenia

- rozpylana bakteria chorobotwórcza
- nieskuteczna sterylizacja
- toksyny powstałe po sterylizacji
- osiadanie na roślinach ⇔ wzmożone zamarzanie

Użycie zakazane w Niemczech i we Włoszech, w Szwajcarii i Austrii zależnie od regionu. Masowo używany m.in. we Francji i USA



Krystalizacja na Snomax (czarna plamka w środku)

źródło: Scientific American Jan 07 /

SNOMAX Technologies

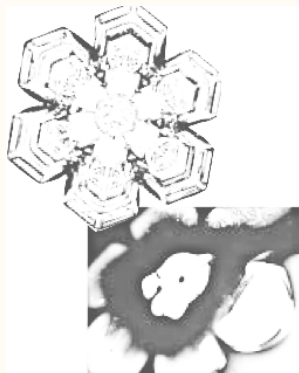


# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>

## Potencjalne zagrożenia

- rozpylana bakteria chorobotwórcza
- nieskuteczna sterylizacja
- toksyny powstałe po sterylizacji
- osiadanie na roślinach ⇔ wzmożone zamarzanie

Użycie zakazane w Niemczech i we Włoszech, w Szwajcarii i Austrii zależnie od regionu. Masowo używany m.in. we Francji i USA



Krystalizacja na Snomax (czarna plamka w środku)

źródło: Scientific American Jan 07 /

SNOMAX Technologies



# Pseudomonas syringae / Snomax<sup>®</sup>

## Potencjalne zagrożenia

- rozpylana bakteria chorobotwórcza
- nieskuteczna sterylizacja
- toksyny powstałe po sterylizacji
- osiadanie na roślinach ⇔ wzmożone zamarzanie

Użycie zakazane w Niemczech i we Włoszech, w Szwajcarii i Austrii zależnie od regionu. Masowo używany m.in. we Francji i USA



Kryształizacja na Snomax (czarna plamka w środku)

źródło: Scientific American Jan 07 /

SNOMAX Technologies





# Plan Prezentacji

- 1 Fizyka procesu produkcji
  - Proces krok po kroku
  - Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem
- 2 Sztuczny śnieg w praktyce
  - Skala produkcji
  - Źródła wody i energii
  - Poprawianie wydajności produkcji
- 3 **Wpływ na środowisko naturalne**
  - Kontekst atmosferyczno-hydrologiczny
  - Pozostałe oddziaływania
- 4 Aktualia
  - Wielka debata EGU
  - Projekt SEASALT



# Kontekst atmosferyczno-hydrologiczny

## Ubytek wody z ekosystemów górskich

- sztuczne naśnieżanie obejmuje aktualnie około  $240\text{km}^2$  powierzchni stoków w Alpach
- zużycie wody:  $10^9$  litrów na sezon w Alpach
- do  $\frac{1}{3}$  z tej wody wyparowuje
- liczby te stale rosną



# Kontekst atmosferyczno-hydrologiczny

## Ubytek wody z ekosystemów górskich

- sztuczne naśnieżanie obejmuje aktualnie około  $240\text{km}^2$  powierzchni stoków w Alpach
- zużycie wody:  $10^9$  litrów na sezon w Alpach
- do  $\frac{1}{3}$  z tej wody wyparowuje
- liczby te stale rosną



# Kontekst atmosferyczno-hydrologiczny

## Ubytek wody z ekosystemów górskich

- sztuczne naśnieżanie obejmuje aktualnie około  $240\text{km}^2$  powierzchni stoków w Alpach
- zużycie wody:  $10^9$  litrów na sezon w Alpach
- do  $\frac{1}{3}$  z tej wody wyparowuje
- liczby te stale rosną



# Kontekst atmosferyczno-hydrologiczny

## Ubytek wody z ekosystemów górskich

- sztuczne naśnieżanie obejmuje aktualnie około  $240\text{km}^2$  powierzchni stoków w Alpach
- zużycie wody:  $10^9$  litrów na sezon w Alpach
- do  $\frac{1}{3}$  z tej wody wyparowuje
- liczby te stale rosną



# Kontekst atmosferyczno-hydrologiczny

## Ubytek wody z ekosystemów górskich

- sztuczne naśnieżanie obejmuje aktualnie około  $240\text{km}^2$  powierzchni stoków w Alpach
- zużycie wody:  $10^9$  litrów na sezon w Alpach
- do  $\frac{1}{3}$  z tej wody wyparowuje
- liczby te stale rosną



# Pozostałe oddziaływania

## Wpływ na florę i glebę górską

- – dłuższe okres utrzymywania się pokrywy śnieżnej (do 4 tygodni)  
~> skrócenie okresu wegetacji
- ± rozpylanie wody bogatej w minerały ~> nawożenie
- + lepsza ochrona stoków górskich przed turystami
- gęstszy śnieg
  - – większa przewodność cieplna ~> słabsza ochrona termincza
  - – mniejsza przepuszczalność gazów ~> brak wentylacji, rozwój pleśni



# Pozostałe oddziaływania

## Wpływ na florę i glebę górską

- – dłuższe okres utrzymywania się pokrywy śnieżnej (do 4 tygodni)  
↪ skrócenie okresu wegetacji
- ± rozpylanie wody bogatej w minerały ↪ nawożenie
- + lepsza ochrona stoków górskich przed turystami
- gęstszy śnieg
  - ↪ większa przewodność cieplna ↪ słabsza ochrona termincza
  - ↪ mniejsza przepuszczalność gazów ↪ brak wentylacji, rozwój pleśni





# Pozostałe oddziaływania

## Wpływ na florę i glebę górską

- – dłuższe okres utrzymywania się pokrywy śnieżnej (do 4 tygodni)  
↪ skrócenie okresu wegetacji
- ± rozpylanie wody bogatej w minerały ↪ nawożenie
- + lepsza ochrona stoków górskich przed turystami
- gęstszy śnieg
  - ↪ większa przewodność cieplna ↪ słabsza ochrona termincza
  - ↪ mniejsza przepuszczalność gazów ↪ brak wentylacji, rozwój pleśni



# Pozostałe oddziaływania

## Wpływ na florę i glebę górską

- – dłuższe okres utrzymywania się pokrywy śnieżnej (do 4 tygodni)  
↪ skrócenie okresu wegetacji
- ± rozpylanie wody bogatej w minerały ↪ nawożenie
- + lepsza ochrona stoków górskich przed turystami
- gęstszy śnieg
  - ↪ większa przewodność cieplna ↪ słabsza ochrona termiczna
  - ↪ mniejsza przepuszczalność gazów ↪ brak wentylacji, rozwój pleśni



# Pozostałe oddziaływania

## Wpływ na florę i glebę górską

- – dłuższe okres utrzymywania się pokrywy śnieżnej (do 4 tygodni)  
↪ skrócenie okresu wegetacji
- ± rozpylanie wody bogatej w minerały ↪ nawożenie
- + lepsza ochrona stoków górskich przed turystami
- gęstszy śnieg
  - – większa przewodność cieplna ↪ słabsza ochrona termincza
  - – mniejsza przepuszczalność gazów ↪ brak wentylacji, rozwój pleśni



# Pozostałe oddziaływania

## Wpływ na florę i glebę górską

- – dłuższe okres utrzymywania się pokrywy śnieżnej (do 4 tygodni)  
↪ skrócenie okresu wegetacji
- ± rozpylanie wody bogatej w minerały ↪ nawożenie
- + lepsza ochrona stoków górskich przed turystami
- gęstszy śnieg
  - – większa przewodność cieplna ↪ słabsza ochrona termincza
  - – mniejsza przepuszczalność gazów ↪ brak wentylacji, rozwój pleśni



# Pozostałe oddziaływania

## Wpływ na florę i glebę górską

- – dłuższe okres utrzymywania się pokrywy śnieżnej (do 4 tygodni)  
↪ skrócenie okresu wegetacji
- ± rozpylanie wody bogatej w minerały ↪ nawożenie
- + lepsza ochrona stoków górskich przed turystami
- gęstszy śnieg
  - – większa przewodność cieplna ↪ słabsza ochrona termincza
  - – mniejsza przepuszczalność gazów ↪ brak wentylacji, rozwój pleśni



# Plan Prezentacji

- 1 Fizyka procesu produkcji
  - Proces krok po kroku
  - Różnice pomiędzy sztucznym i naturalnym śniegiem
- 2 Sztuczny śnieg w praktyce
  - Skala produkcji
  - Źródła wody i energii
  - Poprawianie wydajności produkcji
- 3 Wpływ na środowisko naturalne
  - Kontekst atmosferyczno-hydrologiczny
  - Pozostałe oddziaływania
- 4 **Aktualia**
  - Wielka debata EGU
  - Projekt SEASALT



# Wielka debata EGU (Wiedeń, kwiecień 2007)

## We must curtail the use of artificial snow

European Geosciences Union  
General Assembly 2007



*The use of artificial snow [...] is seriously damaging the environment and putting pressure on water reserves, scientists said this week. [...] Up to a third of water used evaporates and drifts to other regions.*

źródło: Artificial snow causes real problems, Telegraph.co.uk 21/04/2007

*To make artificial snow all day long and during the whole season is just completely irresponsible for our climate [...] by spraying it [water] through the air to create the snow, around one third of the water evaporated, forming clouds that often travelled to other regions [...] "This could also have an enormous impact on the Mediterranean Sea if river discharges continue to fall"*

Artificial snow harms Alpine water system. Reuters 18/04/2007

Naziemna produkcja sztucznego śniegu



# Wielka debata EGU (Wiedeń, kwiecień 2007)

## We must curtail the use of artificial snow

European Geosciences Union  
General Assembly 2007



*The use of artificial snow [...] is seriously damaging the environment and putting pressure on water reserves, scientists said this week. [...] Up to a third of water used evaporates and drifts to other regions.*

źródło: Artificial snow causes real problems, Telegraph.co.uk 21/04/2007

*To make artificial snow all day long and during the whole season is just completely irresponsible for our climate [...] by spraying it [water] through the air to create the snow, around one third of the water evaporated, forming clouds that often travelled to other regions [...] "This could also have an enormous impact on the Mediterranean Sea if river discharges continue to fall"*

Artificial snow harms Alpine water system. Reuters 18/04/2007

Naziemna produkcja sztucznego śniegu





# Wielka debata EGU (Wiedeń, kwiecień 2007)

## We must curtail the use of artificial snow

European Geosciences Union  
General Assembly 2007



*The use of artificial snow [...] is seriously damaging the environment and putting pressure on water reserves, scientists said this week. [...] Up to a third of water used evaporates and drifts to other regions.*

źródło: Artificial snow causes real problems, Telegraph.co.uk 21/04/2007

*To make artificial snow all day long and during the whole season is just completely irresponsible for our climate [...] by spraying it [water] through the air to create the snow, around one third of the water evaporated, forming clouds that often travelled to other regions [...] "This could also have an enormous impact on the Mediterranean Sea if river discharges continue to fall"*

Artificial snow harms Alpine water system, Reuters 18/04/2007

# Wielka debata EGU (Wiedeń, kwiecień 2007)

## We must curtail the use of artificial snow

European Geosciences Union  
General Assembly 2007



*The use of artificial snow [...] is seriously damaging the environment and putting pressure on water reserves, scientists said this week. [...] Up to a third of water used evaporates and drifts to other regions.*

źródło: Artificial snow causes real problems, Telegraph.co.uk 21/04/2007

*To make artificial snow all day long and during the whole season is just completely irresponsible for our climate [...] by spraying it [water] through the air to create the snow, around one third of the water evaporated, forming clouds that often travelled to other regions [...] "This could also have an enormous impact on the Mediterranean Sea if river discharges continue to fall"*

Artificial snow harms Alpine water system, Reuters 18/04/2007



# Wielka debata EGU (Wiedeń, kwiecień 2007)

## We must curtail the use of artificial snow

European Geosciences Union  
General Assembly 2007



*The use of artificial snow [...] is seriously damaging the environment and putting pressure on water reserves, scientists said this week. [...] Up to a third of water used evaporates and drifts to other regions.*

źródło: Artificial snow causes real problems, Telegraph.co.uk 21/04/2007

*To make artificial snow all day long and during the whole season is just completely irresponsible for our climate [...] by spraying it [water] through the air to create the snow, around one third of the water evaporated, forming clouds that often travelled to other regions [...] "This could also have an enormous impact on the Mediterranean Sea if river discharges continue to fall"*

Artificial snow harms Alpine water system, Reuters 18/04/2007

# Wielka debata EGU (Wiedeń, kwiecień 2007)

## We must curtail the use of artificial snow

European Geosciences Union  
General Assembly 2007



*The use of artificial snow [...] is seriously damaging the environment and putting pressure on water reserves, scientists said this week. [...] Up to a third of water used evaporates and drifts to other regions.*

źródło: Artificial snow causes real problems, Telegraph.co.uk 21/04/2007

*To make artificial snow all day long and during the whole season is just completely irresponsible for our climate [...] by spraying it [water] through the air to create the snow, around one third of the water evaporated, forming clouds that often travelled to other regions [...] " This could also have an enormous impact on the Mediterranean Sea if river discharges continue to fall"*

Artificial snow harms Alpine water system, Reuters 18/04/2007





źródło: [www.galasoft-lb.ch](http://www.galasoft-lb.ch)



# Projekt SEASALT

## Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine LT

aplikacja o godziny lotów w  
EUFARze w ramach E&T  
ew. loty w zimie 2007/2008

# SEASALT

Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine Lower Troposphere

Samolot: FUB Cessna 207



### Cele pomiarów

sygnatury produkcji sztucznego  
śniegu w niższych warstwach  
troposfery i analiza koncentracji  
aerozoli nad kurortami  
narciarskimi

### Pomiary

DLR hygrometer ensemble  
czujnik optyczny punktu rosy  
czujnik pojemnościowy  
czujnik Lyman-Alpha  
POLIS - ground looking LIDAR  
parametry meteorologiczne

Naziemna produkcja sztucznego śniegu



# Projekt SEASALT

## Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine LT

aplikacja o godziny lotów w  
EUFARze w ramach E&T  
ew. loty w zimie 2007/2008

# SEASALT

Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine Lower Troposphere

### Samolot: FUB Cessna 207



### Cele pomiarów

sygnatury produkcji sztucznego  
śniegu w niższych warstwach  
troposfery i analiza koncentracji  
aerozoli nad kurortami  
narciarskimi

### Pomiary

DLR hygrometer ensemble  
czujnik optyczny punktu rosy  
czujnik pojemnościowy  
czujnik Lyman-Alpha  
POLIS - ground looking LIDAR  
parametry meteorologiczne

Naziemna produkcja sztucznego śniegu



# Projekt SEASALT

## Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine LT

aplikacja o godziny lotów w  
EUFARze w ramach E&T  
ew. loty w zimie 2007/2008



Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine Lower Troposphere

### Samolot: FUB Cessna 207



### Cele pomiarów

sygnatury produkcji sztucznego  
śniegu w niższych warstwach  
troposfery i analiza koncentracji  
aerozoli nad kurortami  
narciarskimi

### Pomiary

DLR hygrometer ensemble  
czujnik optyczny punktu rosy  
czujnik pojemnościowy  
czujnik Lyman-Alpha  
POLIS - ground looking LIDAR  
parametry meteorologiczne

Naziemna produkcja sztucznego śniegu





# Projekt SEASALT

## Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine LT

aplikacja o godziny lotów w  
EUFARze w ramach E&T  
ew. loty w zimie 2007/2008



Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine Lower Troposphere

### Samolot: FUB Cessna 207



### Cele pomiarów

sygnatury produkcji sztucznego  
śniegu w niższych warstwach  
troposfery i analiza koncentracji  
aerozoli nad kurortami  
narciarskimi

### Pomiary

DLR hygrometer ensemble  
czujnik optyczny punktu rosy  
czujnik pojemnościowy  
czujnik Lyman-Alpha  
POLIS - ground looking LIDAR  
parametry meteorologiczne



# Projekt SEASALT

## Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine LT

aplikacja o godziny lotów w  
EUFARze w ramach E&T  
ew. loty w zimie 2007/2008



Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine Lower Troposphere

### Samolot: FUB Cessna 207



### Cele pomiarów

sygnatury produkcji sztucznego  
śniegu w niższych warstwach  
troposfery i analiza koncentracji  
aerozoli nad kurortami  
narciarskimi

### Pomiary

DLR hygrometer ensemble  
czujnik optyczny punktu rosy  
czujnik pojemnościowy  
czujnik Lyman-Alpha  
POLIS - ground looking LIDAR  
parametry meteorologiczne



# Projekt SEASALT

## Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine LT

aplikacja o godziny lotów w  
EUFARze w ramach E&T  
ew. loty w zimie 2007/2008



Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine Lower Troposphere

### Samolot: FUB Cessna 207



### Cele pomiarów

sygnatury produkcji sztucznego  
śniegu w niższych warstwach  
troposfery i analiza koncentracji  
aerozoli nad kurortami  
narciarskimi

### Pomiary

DLR hygrometer ensemble  
czujnik optyczny punktu rosy  
czujnik pojemnościowy  
czujnik Lyman-Alpha  
POLIS - ground looking LIDAR  
parametry meteorologiczne



# Projekt SEASALT

## Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine LT

aplikacja o godziny lotów w  
EUFARze w ramach E&T  
ew. loty w zimie 2007/2008



Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine Lower Troposphere

### Samolot: FUB Cessna 207



### Cele pomiarów

sygnatury produkcji sztucznego  
śniegu w niższych warstwach  
troposfery i analiza koncentracji  
aerozoli nad kurortami  
narciarskimi

### Pomiary

DLR hygrometer ensemble  
czujnik optyczny punktu rosy  
czujnik pojemnościowy  
czujnik Lyman-Alpha  
POLIS - ground looking LIDAR  
parametry meteorologiczne

# Dziękuję za uwagę!



# Źródła

- Wipf S. et al. (2005) *Effects of ski piste preparation on alpine vegetation*, Journal of Applied Ecology 42
- Rixen Ch, Stoeckli V., Ammann W (2003) *Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review*, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 5
- Bravard J.P., *Impacts of climate change on the management of upland waters: the Rhone river case*, Rhone Watershed Workshop
- de Jong C., Rixen Ch., Baumgartner Ch., Arndt N.: European Geosciences Union General Assembly 2007 Great Debate: *We must curtail the use of artificial snow*
- Brown R. (1997) *Working Knowledge: Man-made Snow* Scientific American 276
- York Snow Inc. *YorkSnow Education*, [www.yorksnow.com/education](http://www.yorksnow.com/education)
- Wikipedia - The On-line Encyclopedia, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



# Źródła

- Wipf S. et al. (2005) *Effects of ski piste preparation on alpine vegetation*, Journal of Applied Ecology 42
- Rixen Ch, Stoeckli V., Ammann W (2003) *Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review*, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 5
- Bravard J.P., *Impacts of climate change on the management of upland waters: the Rhone river case*, Rhone Watershed Workshop
- de Jong C., Rixen Ch., Baumgartner Ch., Arndt N.: European Geosciences Union General Assembly 2007 Great Debate: *We must curtail the use of artificial snow*
- Brown R. (1997) *Working Knowledge: Man-made Snow* Scientific American 276
- York Snow Inc. *YorkSnow Education*, [www.yorksnow.com/education](http://www.yorksnow.com/education)
- Wikipedia - The On-line Encyclopedia, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



# Źródła

- Wipf S. et al. (2005) *Effects of ski piste preparation on alpine vegetation*, Journal of Applied Ecology 42
- Rixen Ch, Stoeckli V., Ammann W (2003) *Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review*, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 5
- Bravard J.P., *Impacts of climate change on the management of upland waters: the Rhone river case*, Rhone Watershed Workshop
- de Jong C., Rixen Ch., Baumgartner Ch., Arndt N.: European Geosciences Union General Assembly 2007 Great Debate: *We must curtail the use of artificial snow*
- Brown R. (1997) *Working Knowledge: Man-made Snow* Scientific American 276
- York Snow Inc. *YorkSnow Education*, [www.yorksnow.com/education](http://www.yorksnow.com/education)
- Wikipedia - The On-line Encyclopedia, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)





# Źródła

- Wipf S. et al. (2005) *Effects of ski piste preparation on alpine vegetation*, Journal of Applied Ecology 42
- Rixen Ch, Stoeckli V., Ammann W (2003) *Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review*, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 5
- Bravard J.P., *Impacts of climate change on the management of upland waters: the Rhone river case*, Rhone Watershed Workshop
- de Jong C., Rixen Ch., Baumgartner Ch., Arndt N.: European Geosciences Union General Assembly 2007 Great Debate: *We must curtail the use of artificial snow*
- Brown R. (1997) *Working Knowledge: Man-made Snow* Scientific American 276
- York Snow Inc. *YorkSnow Education*, [www.yorksnow.com/education](http://www.yorksnow.com/education)
- Wikipedia - The On-line Encyclopedia, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



# Źródła

- Wipf S. et al. (2005) *Effects of ski piste preparation on alpine vegetation*, Journal of Applied Ecology 42
- Rixen Ch, Stoeckli V., Ammann W (2003) *Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review*, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 5
- Bravard J.P., *Impacts of climate change on the management of upland waters: the Rhone river case*, Rhone Watershed Workshop
- de Jong C., Rixen Ch., Baumgartner Ch., Arndt N.: European Geosciences Union General Assembly 2007 Great Debate: *We must curtail the use of artificial snow*
- Brown R. (1997) *Working Knowledge: Man-made Snow* Scientific American 276
- York Snow Inc. *YorkSnow Education*, [www.yorksnow.com/education](http://www.yorksnow.com/education)
- Wikipedia - The On-line Encyclopedia, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



# Źródła

- Wipf S. et al. (2005) *Effects of ski piste preparation on alpine vegetation*, Journal of Applied Ecology 42
- Rixen Ch, Stoeckli V., Ammann W (2003) *Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review*, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 5
- Bravard J.P., *Impacts of climate change on the management of upland waters: the Rhone river case*, Rhone Watershed Workshop
- de Jong C., Rixen Ch., Baumgartner Ch., Arndt N.: European Geosciences Union General Assembly 2007 Great Debate: *We must curtail the use of artificial snow*
- Brown R. (1997) *Working Knowledge: Man-made Snow* Scientific American 276
- York Snow Inc. *YorkSnow Education*, [www.yorksnow.com/education](http://www.yorksnow.com/education)
- Wikipedia - The On-line Encyclopedia, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



# Źródła

- Wipf S. et al. (2005) *Effects of ski piste preparation on alpine vegetation*, Journal of Applied Ecology 42
- Rixen Ch, Stoeckli V., Ammann W (2003) *Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review*, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 5
- Bravard J.P., *Impacts of climate change on the management of upland waters: the Rhone river case*, Rhone Watershed Workshop
- de Jong C., Rixen Ch., Baumgartner Ch., Arndt N.: European Geosciences Union General Assembly 2007 Great Debate: *We must curtail the use of artificial snow*
- Brown R. (1997) *Working Knowledge: Man-made Snow* Scientific American 276
- York Snow Inc. *YorkSnow Education*, [www.yorksnow.com/education](http://www.yorksnow.com/education)
- Wikipedia - The On-line Encyclopedia, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

