

# Labyrint- och pianotangentutskov i nordiskt klimat – erfarenheter från laboratorier och prototypanläggningar

James Yang  
Vattenbyggnadshydraulik  
Vattenfall R&D

# Ett Energiforsk project:

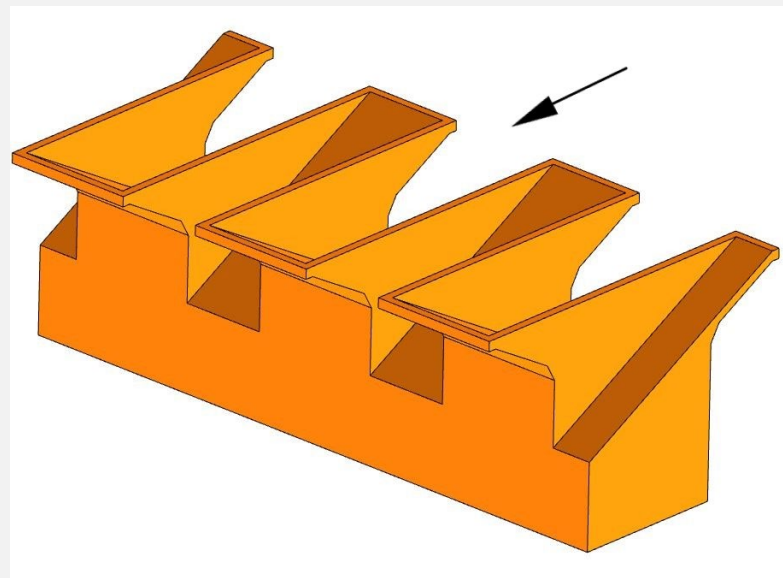
Labyrint- och pianotangentutskov i  
nordiskt klimat – kunskapssammanställning

James Yang

(Erik Nordström, Jonas Persson)

# Målsättning

Att samla in, sammanfatta  
o utvärdera erfarenheter  
från länder där relevant  
dokumentation och data  
finns;



# Följande ingår i presentation

1. Kort introduktion
2. Genomförande
3. Avbördning av is
4. Avbördning av drivgods
5. Vinterförhållanden vid fuse gate
6. Vinterförhållanden vid labyrintutskov
7. Kommentarer

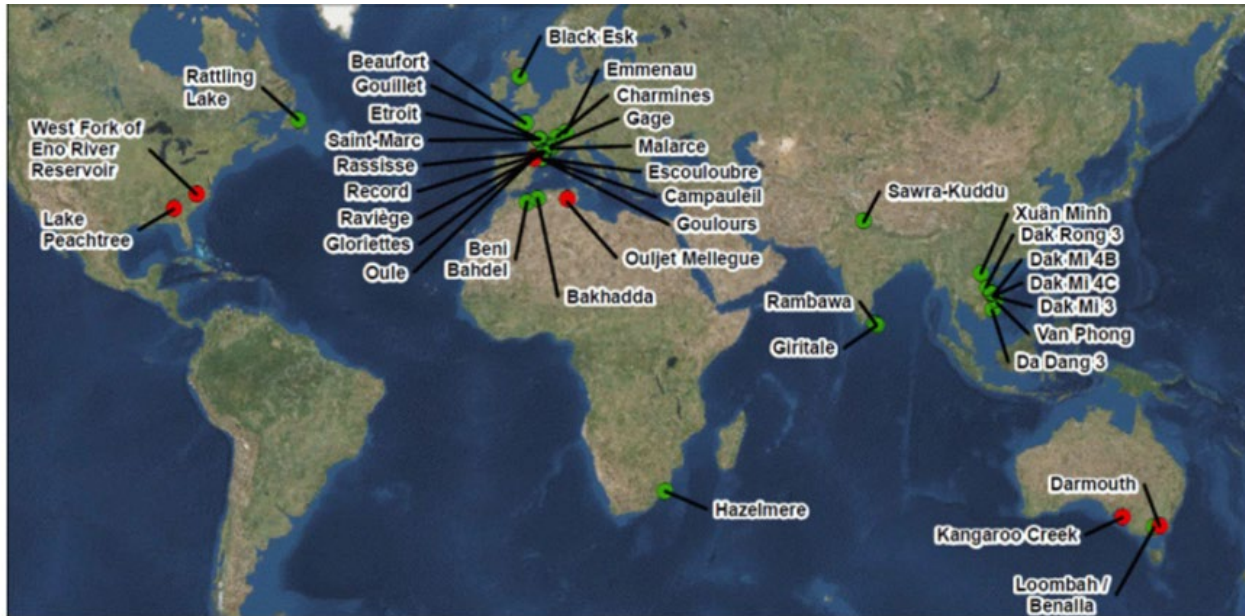




# PKW

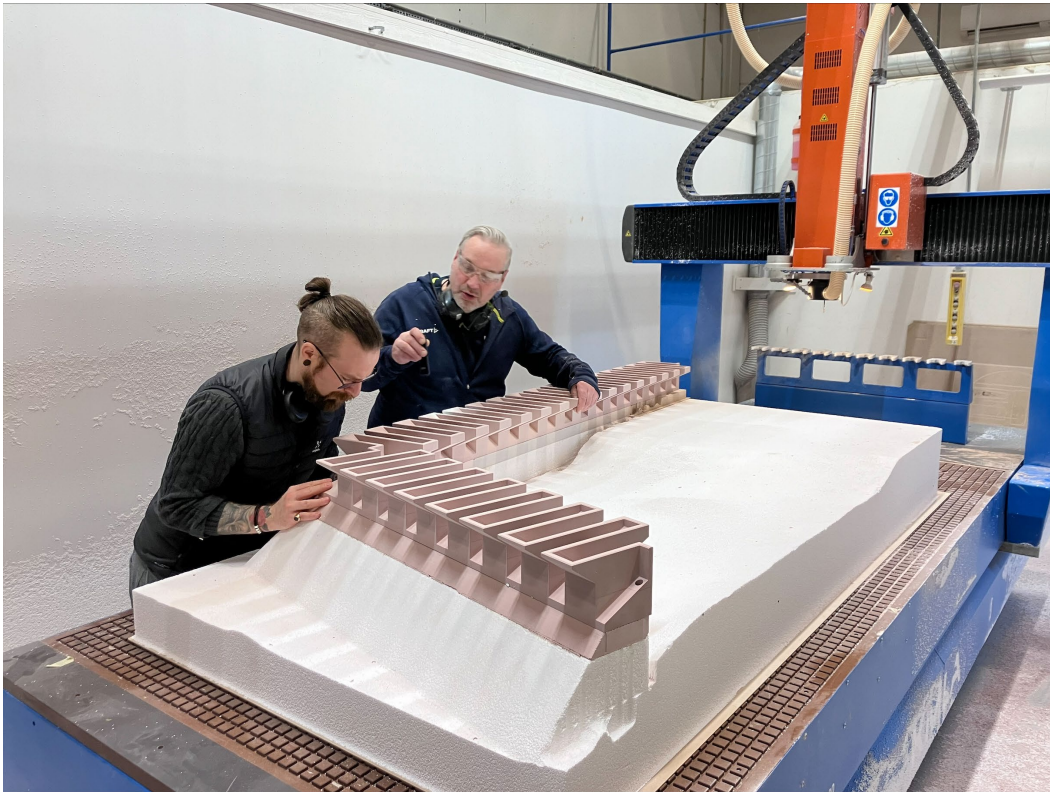
## 1. Introduktion

Koncept framtaget **2003** av Lempérière och Ouamane;  
Första prototyp **2006** EDF (Goulours dam). 30+ världen över.



# Ombyggnadsoption

1. Introduktion





# Ingen skillnad görs mellan dem



Fuse gate

# Kontakter o Litteratur

ICOLD och IAHR knutna kontakter inkluderar:

- EDF, Frankrike
- HydroPlus, USA
- Worthington Products
- NVE, Sweco, m.fl. i Norge
- Schnabel Engineering
- HEIA-FR, Schweiz
- Liege University, Belgien
- Utan State University
- Vietnam
- mm

Litteratur är från följande källor:

- IAHR-publikationer inkl. Journal of Hydraulic Research och Int. Symp. on Hydraulic Structures
- ICOLD-publikationer
- CDA
- ASCE-publikationer inkl. Journal of Hydraulic Engineering & Cold region Engineering,
- ASDSO- och USSD-publikationer
- Journal Cold Regions Science & Technology
- Journal Hydropower & Dams
- Journal Intl. Power & Dam Construction
- MDPI Water
- Conference proceedings Labyrinth & PK Weir 2011, 2013 and 2017
- Övriga källor



## Insamlade publikationer

Publikationer om isproblematik är otaliga; endast de artiklar som är **direkt** kopplade till labyrintutskov, pianoutskov o *fuse gate* är inhämtade

# Isforskning 70–80-talet

## Istryck & islaster

Ingevald 1963

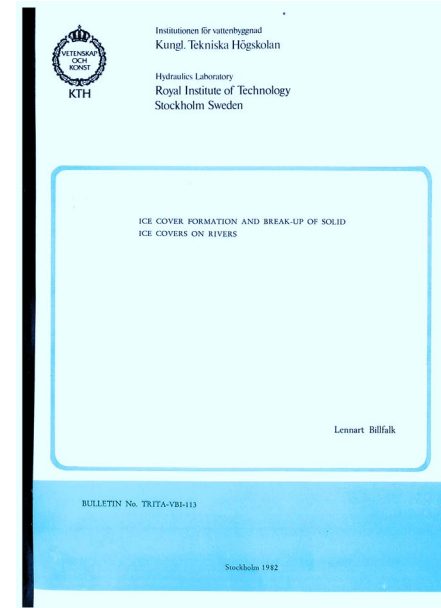
Bergdahl och Wernersson (1978)

Billfalk 1979

Billfalk and Lif 1985

↓  
Hellgren, Nordström etc

**Islaster o genomfrusen betong  
behandlas ej i projektet**

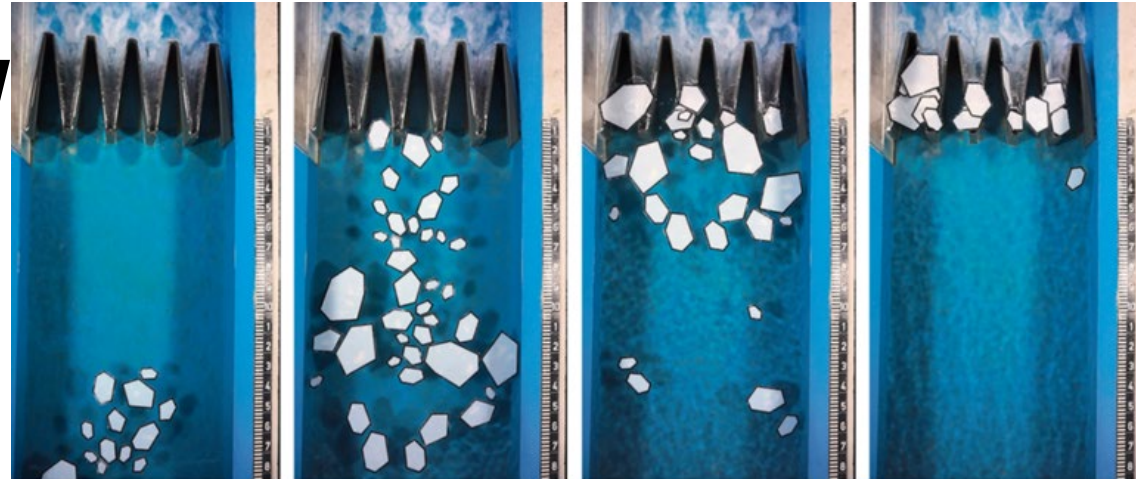


## Samma tjocklek, olika stora, olika utseenden

1. Samling av isflak i magasinet

2. Isflak på krönet

3. Isflak över PKW  
(vattendjup – tjocklek)

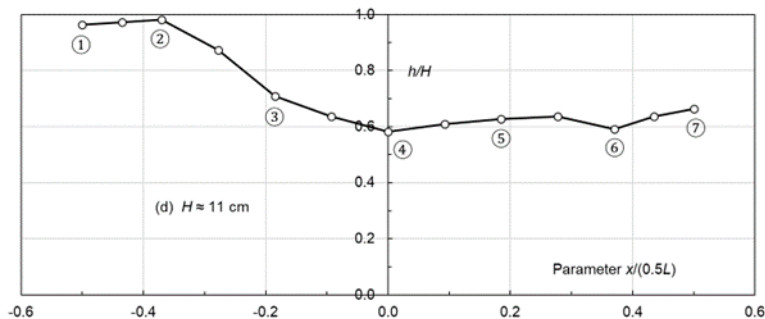
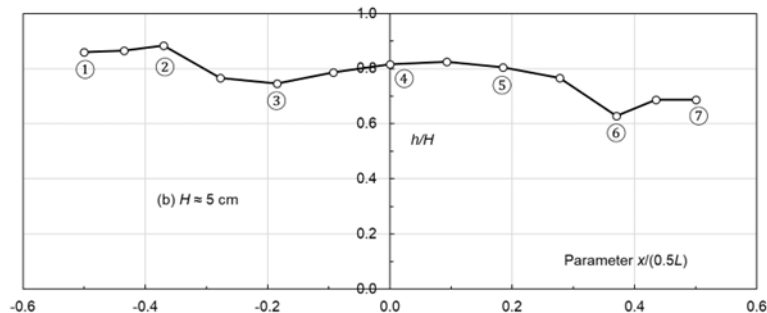




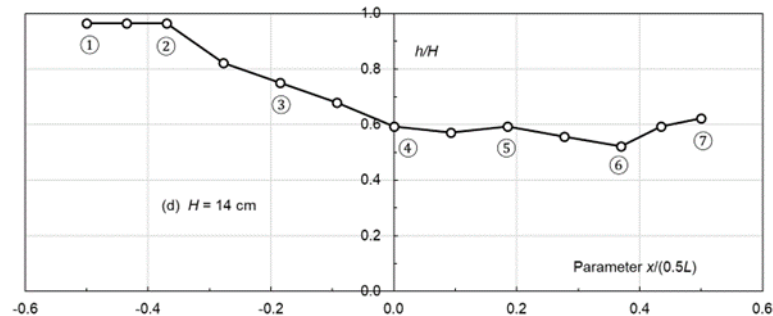
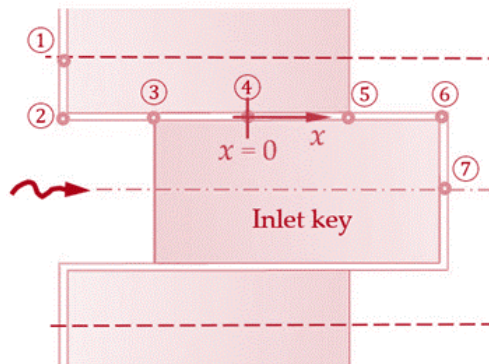
# Vattendjup På krönet



## 3. Avbördning av is

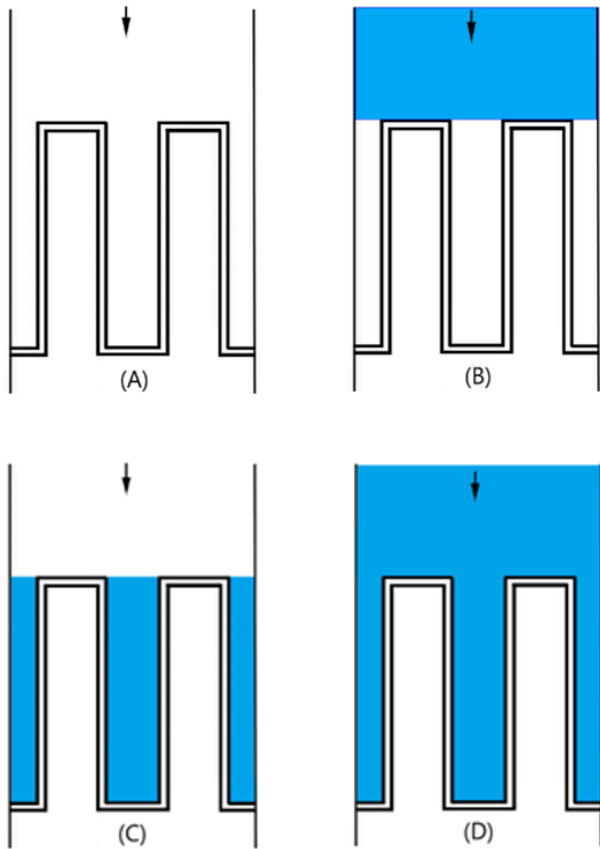


$H > 2T$

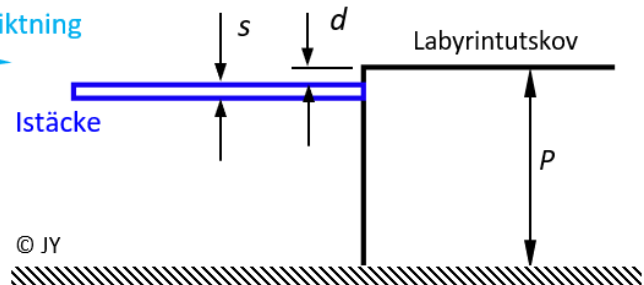


# Avbördning vid istäcke

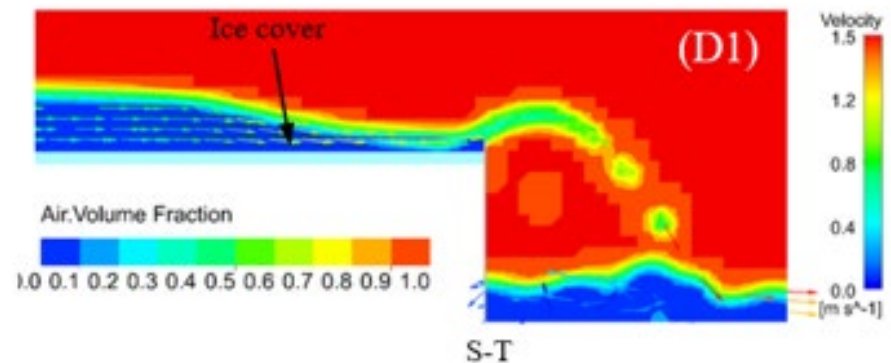
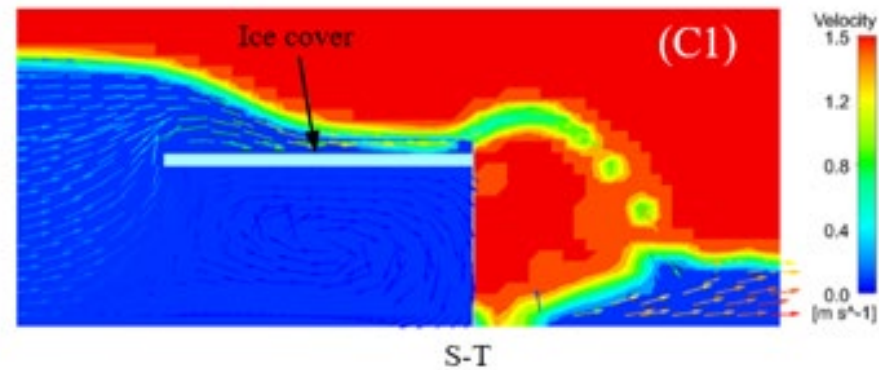
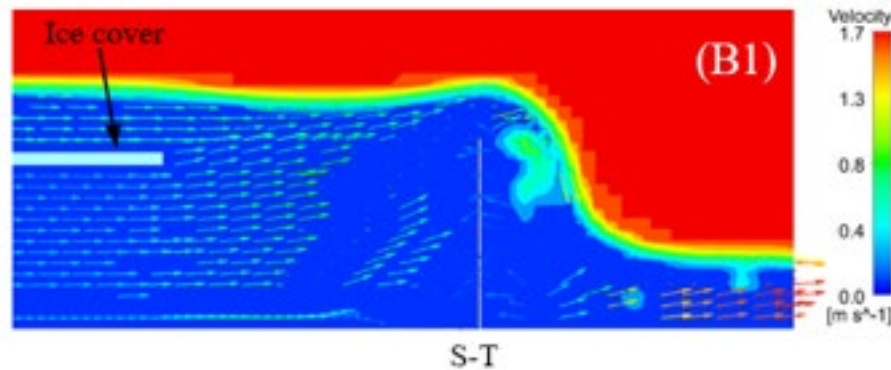
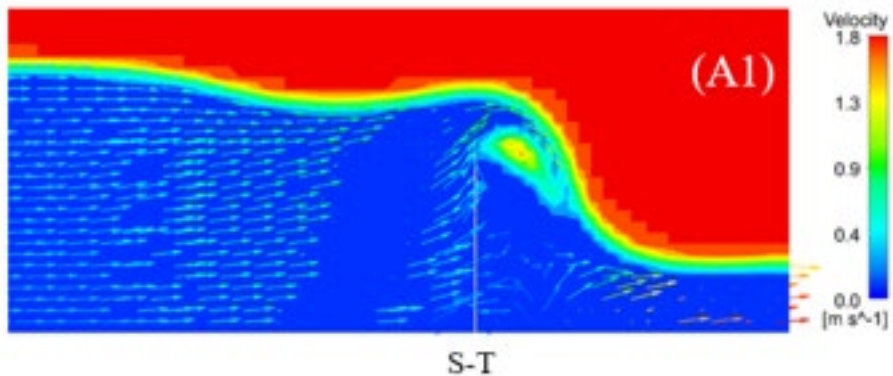
## 3. Avbördning av is



Flödesriktning  
→

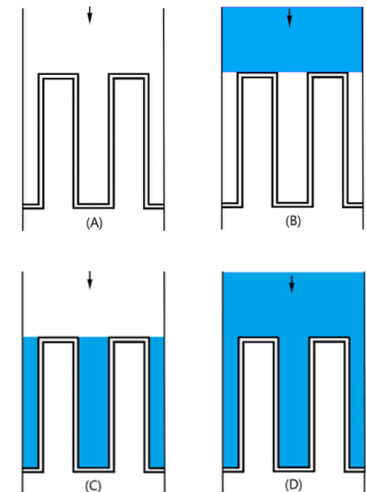
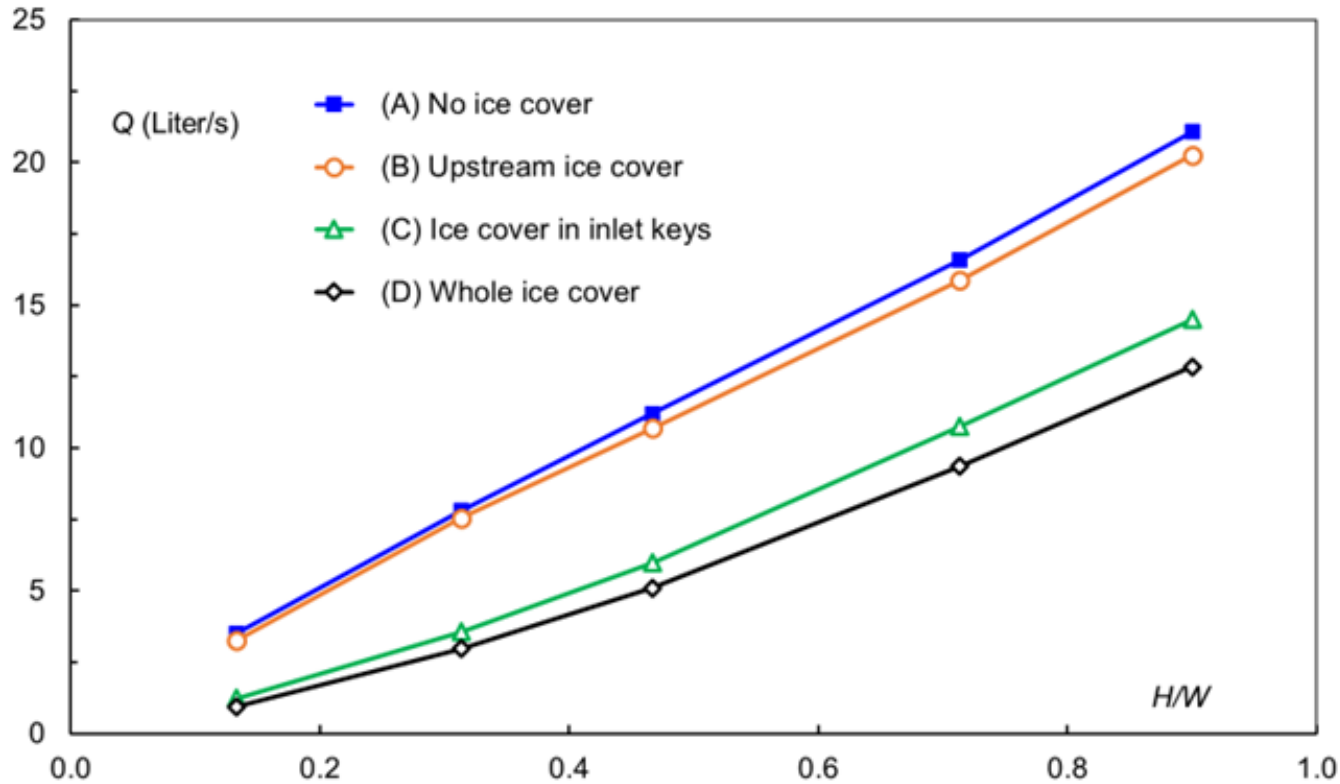


### 3. Avbördning av is





### 3. Avbördning av is

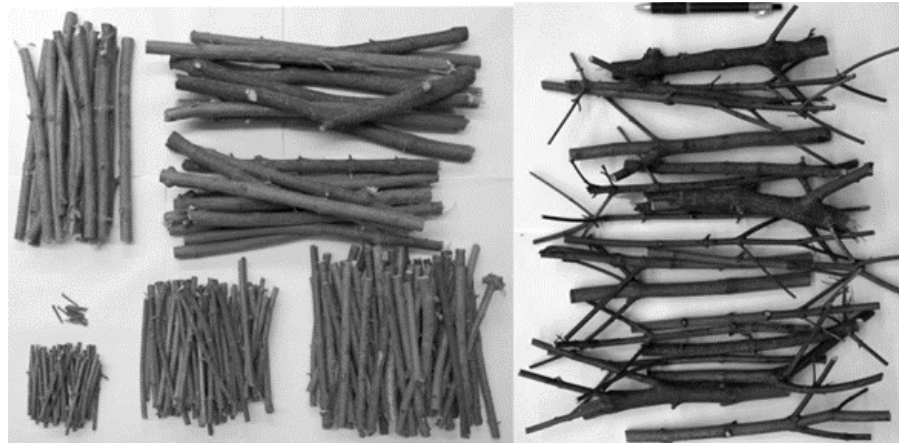




**Inga incidenter har  
avrappporterats eller  
beskrivits**

# Modellförsök

## 4. Avbördning av Drivgods





# Prototyp

## 4. Avbördning av Drivgods

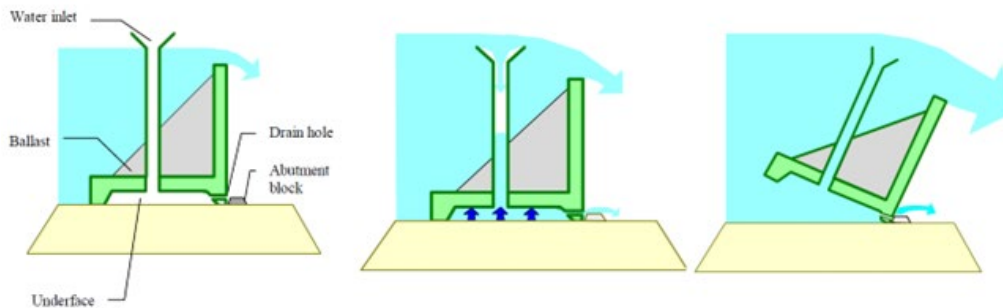


**Inga större incidenter har  
avrappoterats**

**EDF är väldigt nöjt**

- En annan typ av utskov finns ofta vid sidan av PKW
- Hur drivgods rör sig beror på strömbilden o ytvattnets hastighet
- Drivgodsläns

# Fuse gate - fälttester



Dammen **Khrorbrovskaya** under vinterförhållanden (två stränga vintrar)



# Data

- 12 mil norr om Moskva
- 8 mm plåt
- Varje lucka 6 ton
- Temp. ned till  $-20/-29^{\circ}$
- Isens tjocklek 51–61 cm
- Komplet instrumentering
- Testperiod under 2 år



dec.



# Temp över noll grad



Februari

# Labyrintutskov



Början av vintern



## 6. Vinterförhållanden vid labyrintutskov



Mitten av vintern

# Temp över noll

## 6. Vinterförhållanden vid labyrintutskov



- Passiva strukturer, utan rörliga delar, begränsad höjd
- Inga avrapporterade incidenter
- Avbördning av isflak, ingen risk
- Avbördning av drivgods, kan blir problem (större träd med rotsystem i kombination med begränsat överfallshöjd)
- Stabilitet under vinterförhållanden

