

**SNÖAKADEMIN VID  
LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET  
HUVA dagen 2022-11-30**

Johan Casselgren





# Bakgrund

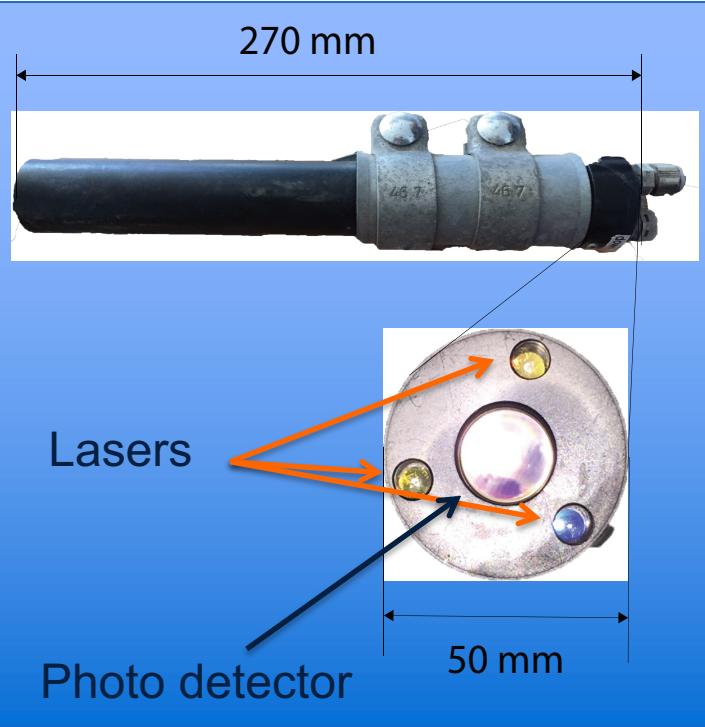
- Startade som ett projekt tillsammans med test-entreprenörerna i regionen
- Försök att knyta den praktiska kunskapen till vetenskaplig kunskap
- Fokus på snöns optiska och mekaniska egenskaper för att skapa större kunskap kring snö

# Snöakademin

- Startade 2018 (1 senior forskare)
- Avslutades 2020 (1 senior forskare, 2 doktorander)
- Fortsättningen 2022 (4 seniora forskare, 7 doktorander)
  - Skidforskning (2 seniorer, 3 doktorander)

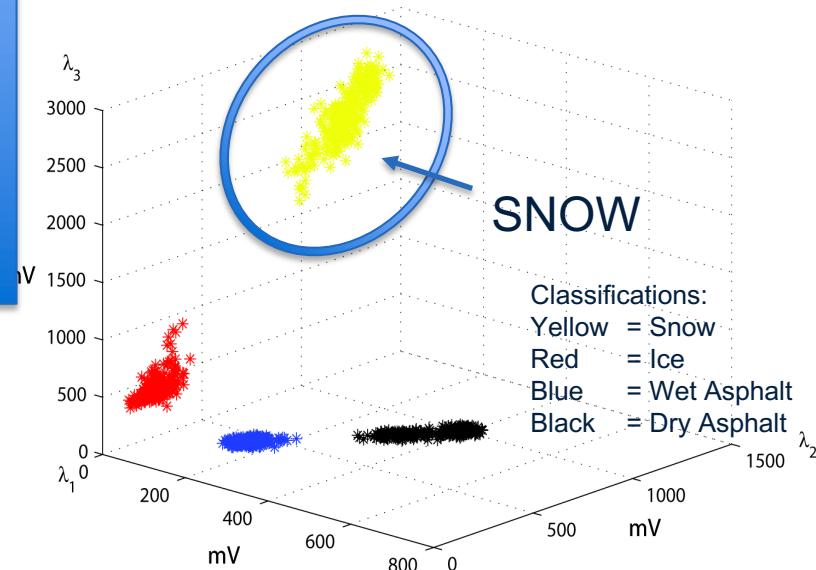
# Fokus på forskningen just nu

- Vinterväghållning och uppföljning av vinterväghållning
- Snökvalité på testbanor
- Modellering av hur snökorn interagerar med varandra
- Snöns isolerande egenskaper kopplat till tjäle
- Skjuv- och tryckkrafter i snö kopplat till skotermattor
- Byggindustrin (rasskydd, tak konstruktioner)

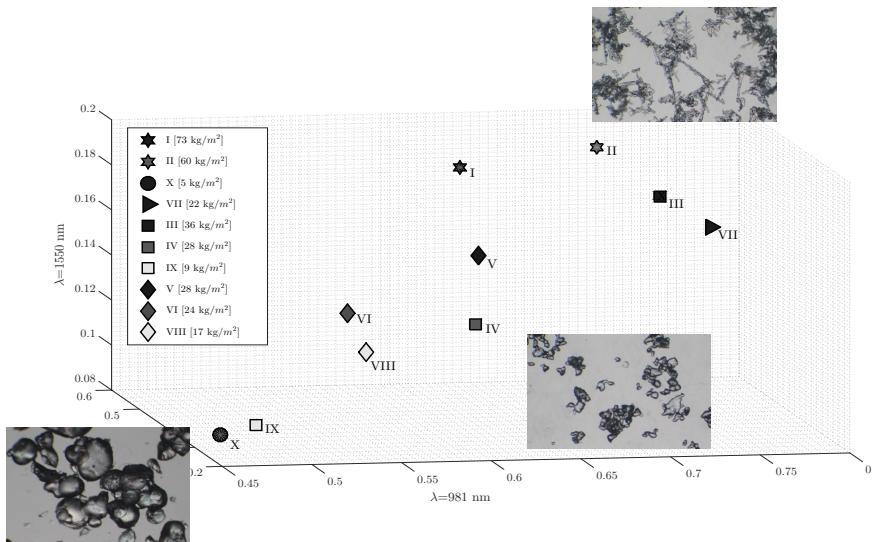


# Historien bakom

- Utveckling av väglagssensor



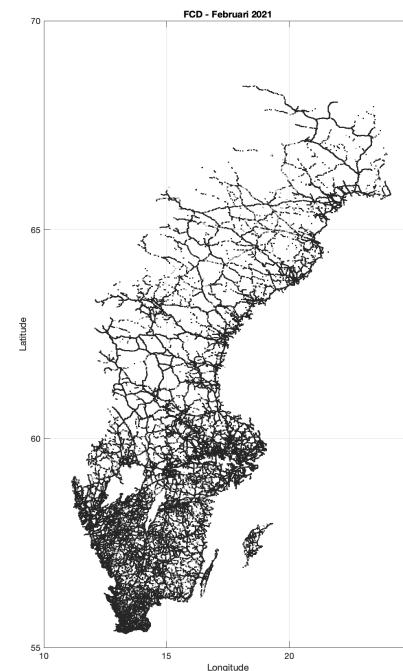
# Historien bakom



- Olika egenskaper beroende av snötyp
  - Kornstorlek
  - Kornform
  - Vatteninnehåll
  - ...

# Vinterväghållning och uppföljning av vinterväghållningen

- Analys av friktions data från fordonsflossor för att följa upp vinterväghållningen
- Analys av vägar med flera körfält med hjälp av AHEAD systemet



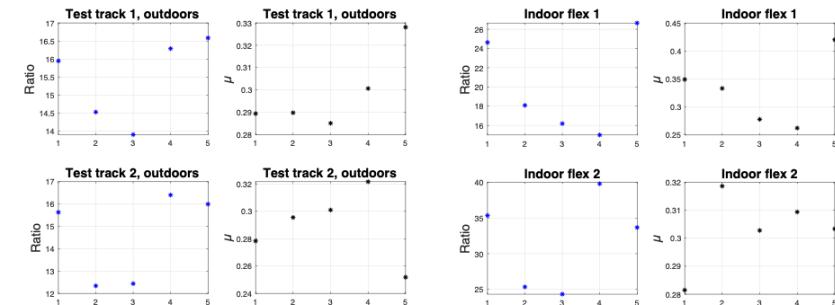


"There is high risk for slippery road ahead, you might want to slow down significantly"

"Your road trip to Chicago will take 4 hours and 18 minutes. There's a chance of snow near Michawaka. Under the current condition, there is a significant of black ice being formed please use caution especially in a windy area."

# Snökvalité på testbanor

- Analys av snöns egenskaper på testbanor inomhus och utomhus
- Analys och mätningar av snön på testbanor för att kunna modellera snöns egenskaper



Skillnad i friktion

Utomhus:  $0,30 \mu : 0,29 \mu$

Inomhus:  $0,32 \mu : 0,30 \mu$

# Snökvalité på testbanor

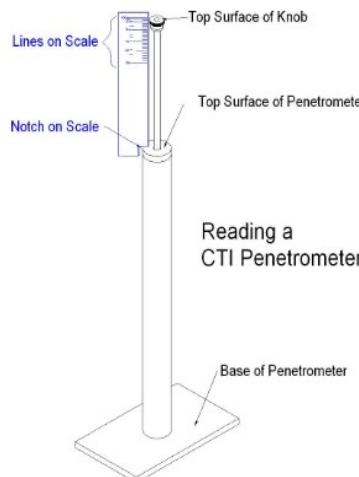
Skjuvmätningar kopplat till  
temperatur

Meas	Torque (Nm)	Air temp (°C)
1	0,4	-7
2	0,6	-13
3	0,9	-8

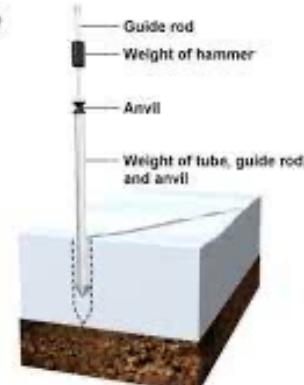


# Snökvalité på testbanor

Meas	Torque (Nm)	Air temp (°C)	Hardness (CTI)
1	0,4	-7	86
2	0,6	-13	78
3	0,9	-8	82



Ram penetrometer  
A formal test for measuring the hardness of a snowpack layer



# Snökvalité på testbanor

Meas	Torque (Nm)	Air temp (°C)	Hardness (CTI)	Optical ratio
1	0,4	-7	86	2,0
2	0,6	-13	78	1,8
3	0,9	-8	82	1,7



# Snökvalité på testbanor

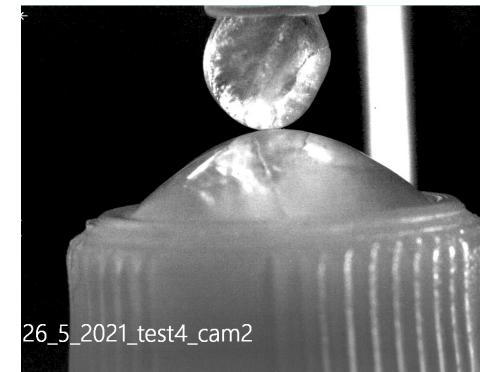
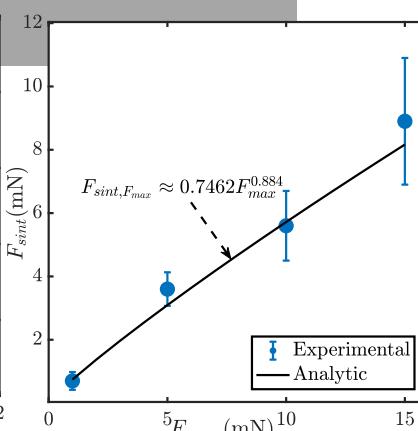
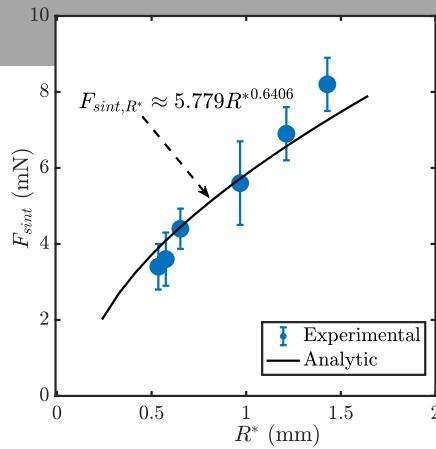
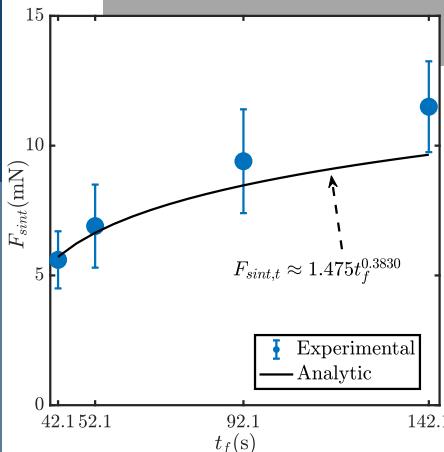
Meas	Torque (Nm)	Air temp (°C)	Hardness (CTI)	Optical ratio	Friction
1	0,4	-7	86	2,0	0,2
2	0,6	-13	78	1,8	0,3
3	0,9	-8	82	1,7	0,4



# Modellering av hur snökorn interagerar med varandra

- För att förstå dessa skillnader utför vi modellering och experiment
- Experiment-Analys av kontakt styrka mellan is

$$F_{sint}(T, t_f, F_{max}, r) = \pi e^k \left( \frac{S_{ut}}{K_s} \right) [a_N(t, F_{max}, r)]^2$$

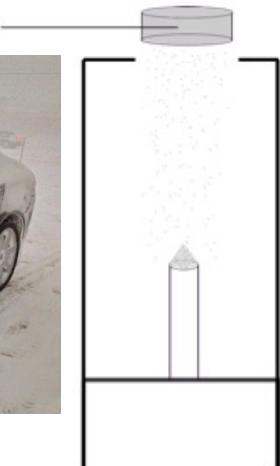


# Modellering av hur snökorn interagerar med varandra



## Angle of repose on snow

Goal: To simulate same build up in DEM



Field tests 2018



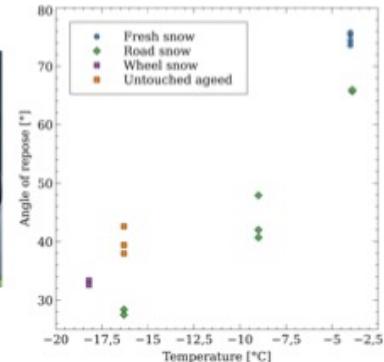
Road snow  
-4°



Road snow  
-9°

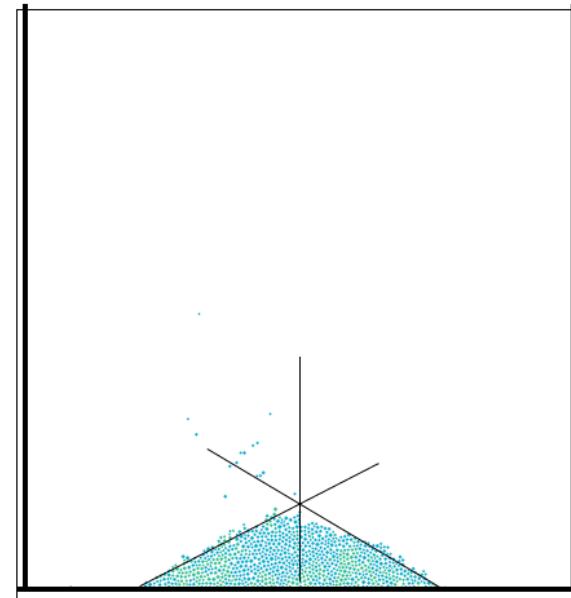
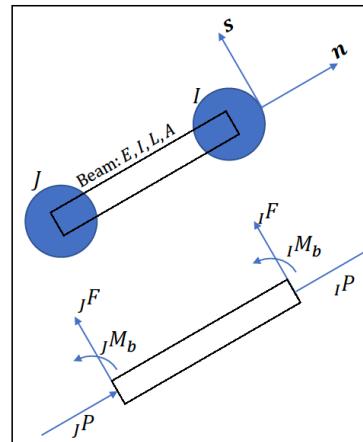
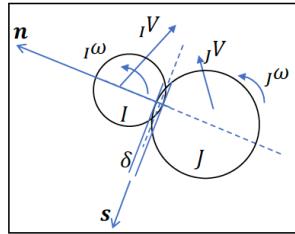


Road snow  
-16°

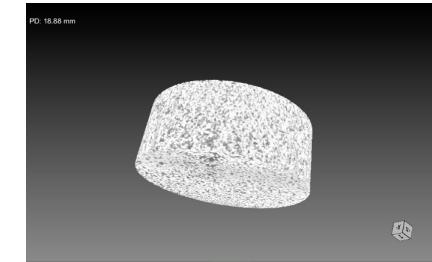
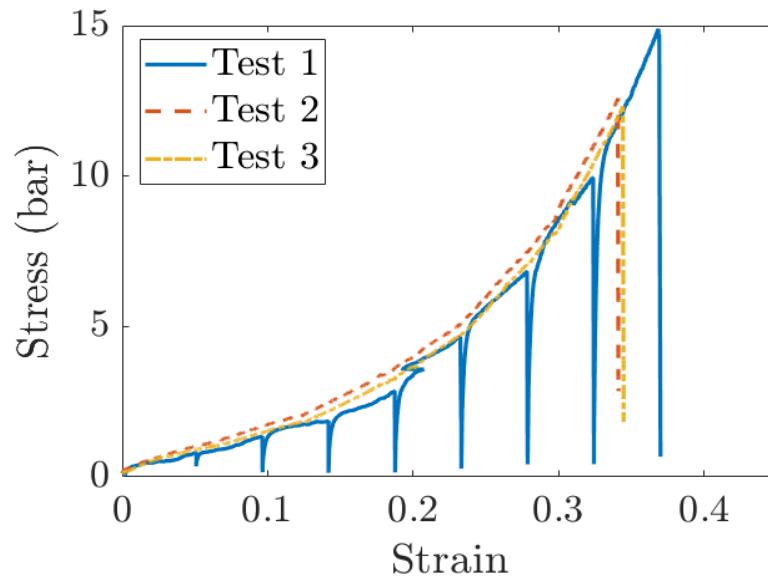
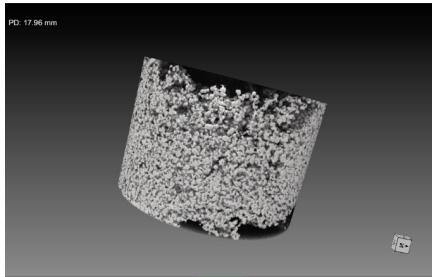


# Modellering av hur snökorn interagerar med varandra

## 2D Discrete Element Simulations

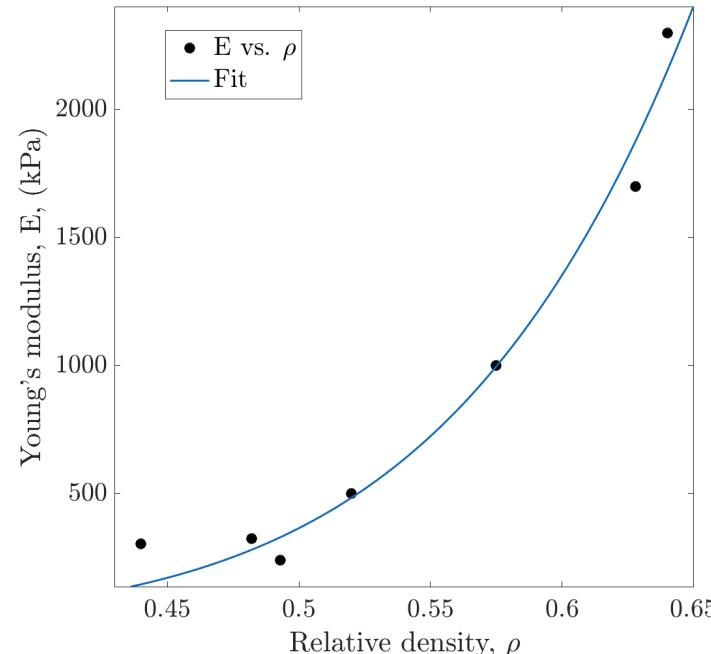
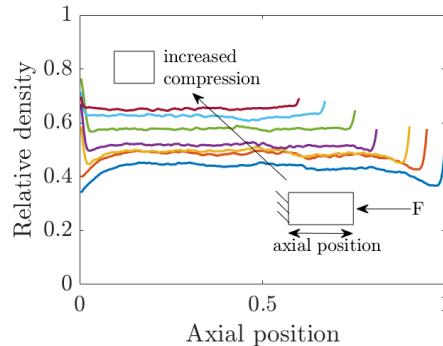
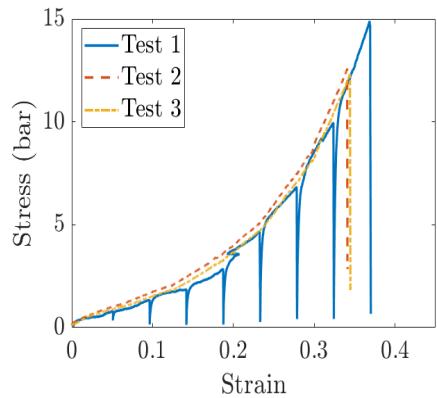


# Modellering av hur snökorn interagerar med varandra



- Test 1: Snow sample compressed to nearly 60% of its initial length, strain 0.4, 7 steps of loading and imaging.
- Test 2 and 3: only loading and no imaging

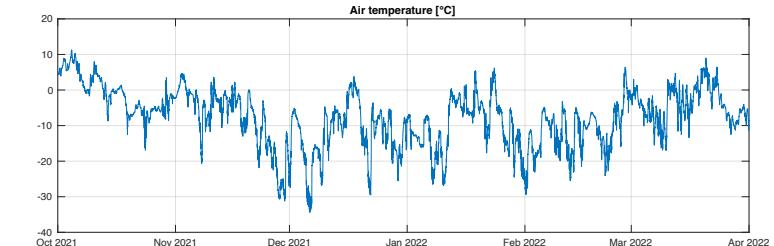
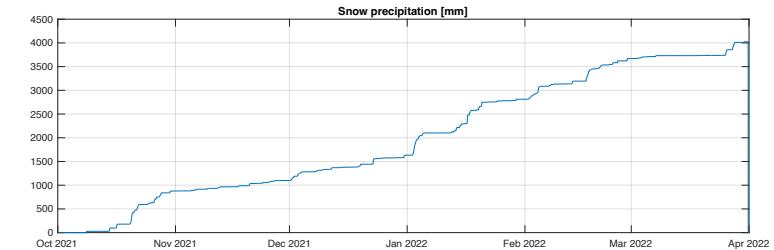
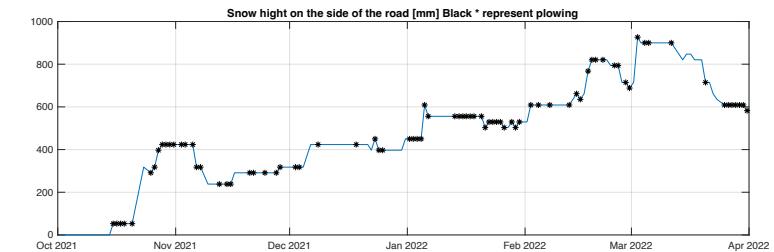
# Modellering av hur snökorn interagerar med varandra



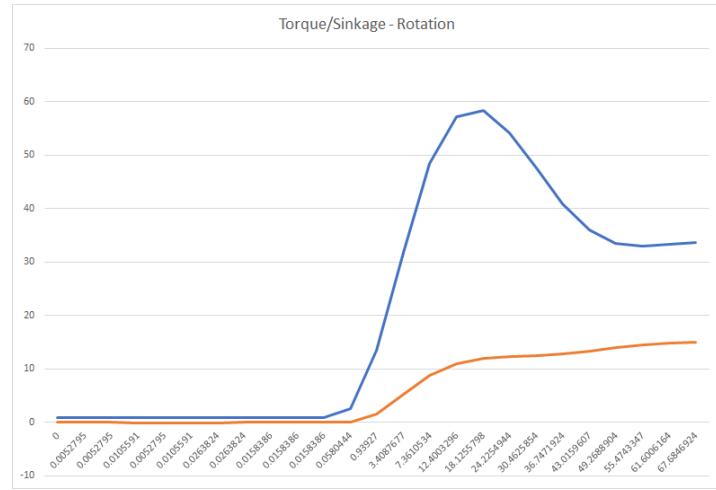
- We have both stress – strain and strain-density curves. So Stress density curve is obtainable, and then Young modulus as a function of density

# Snow build up on the side of the road

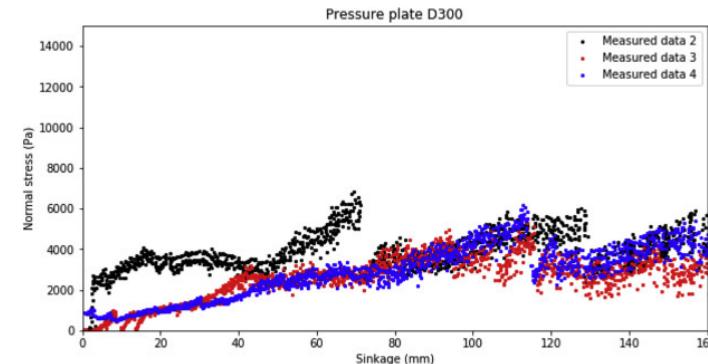
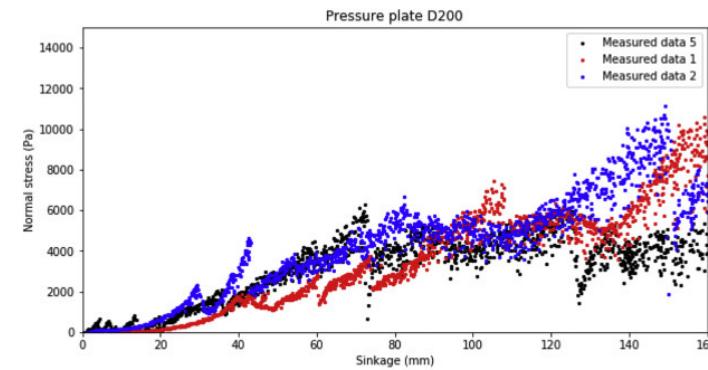
VB632D 2520 Bergfors 2021-11-06 13:00:32



# Skjuv- och tryckkrafter i snö kopplat till skotermattor



# Skjuv- och tryckkrafter i snö kopplat till skotermattor



# Antarktis



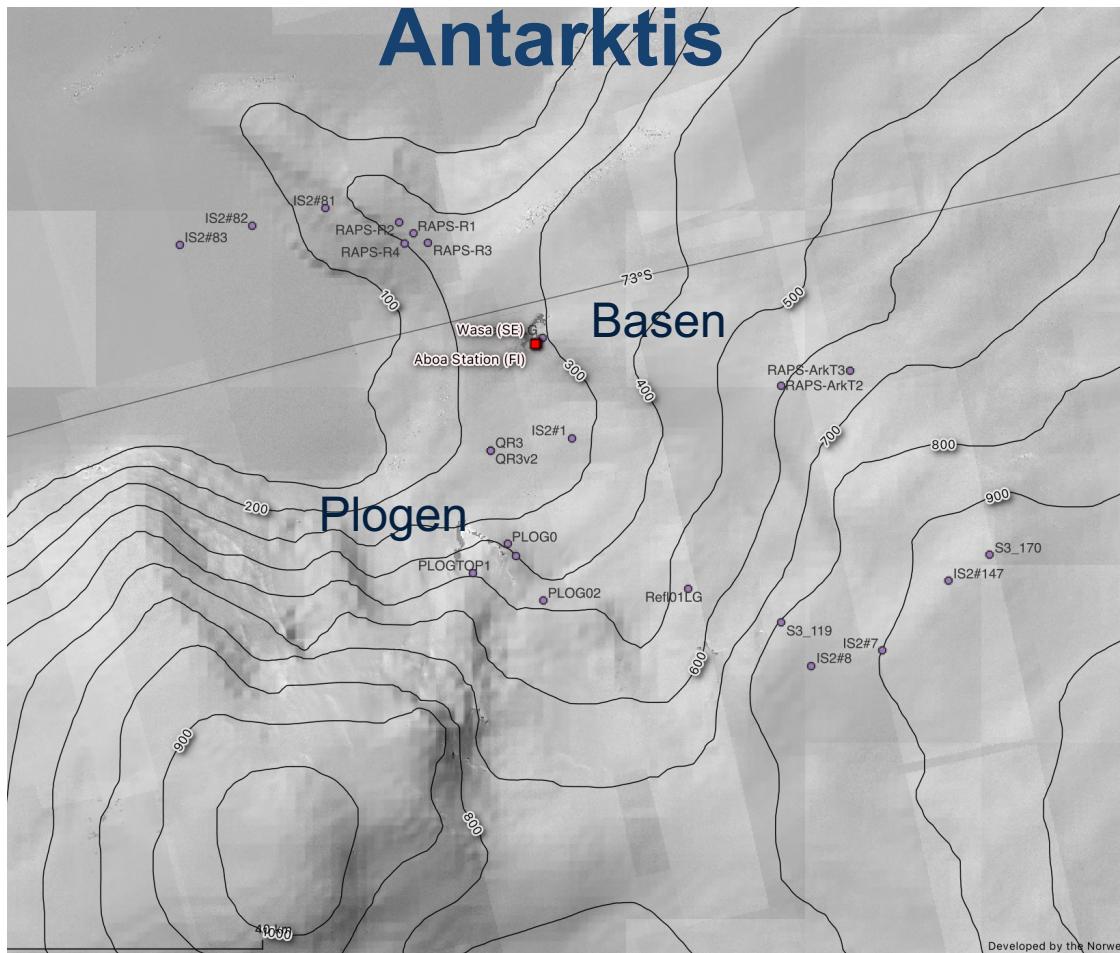
# Mätningar



# Mätningar

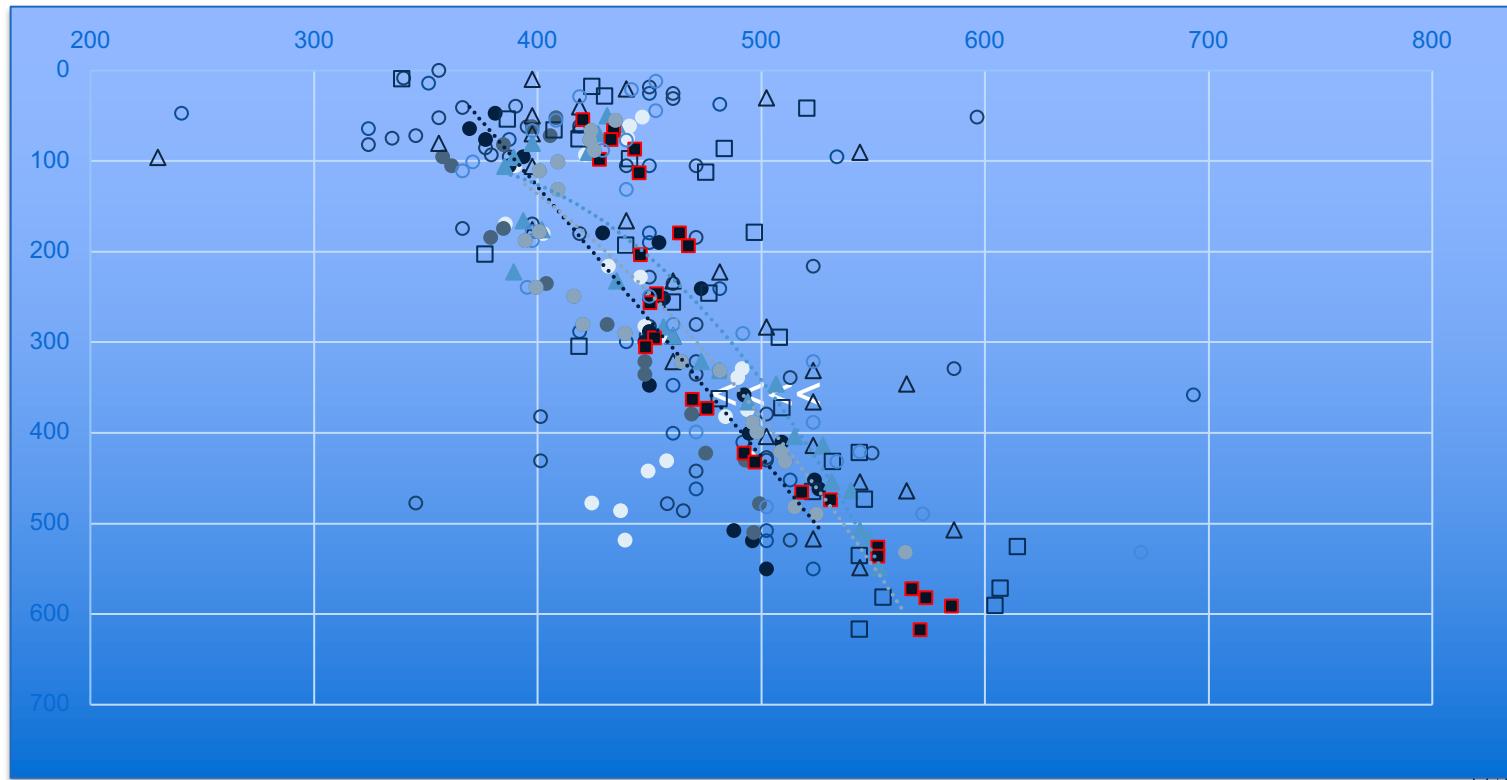


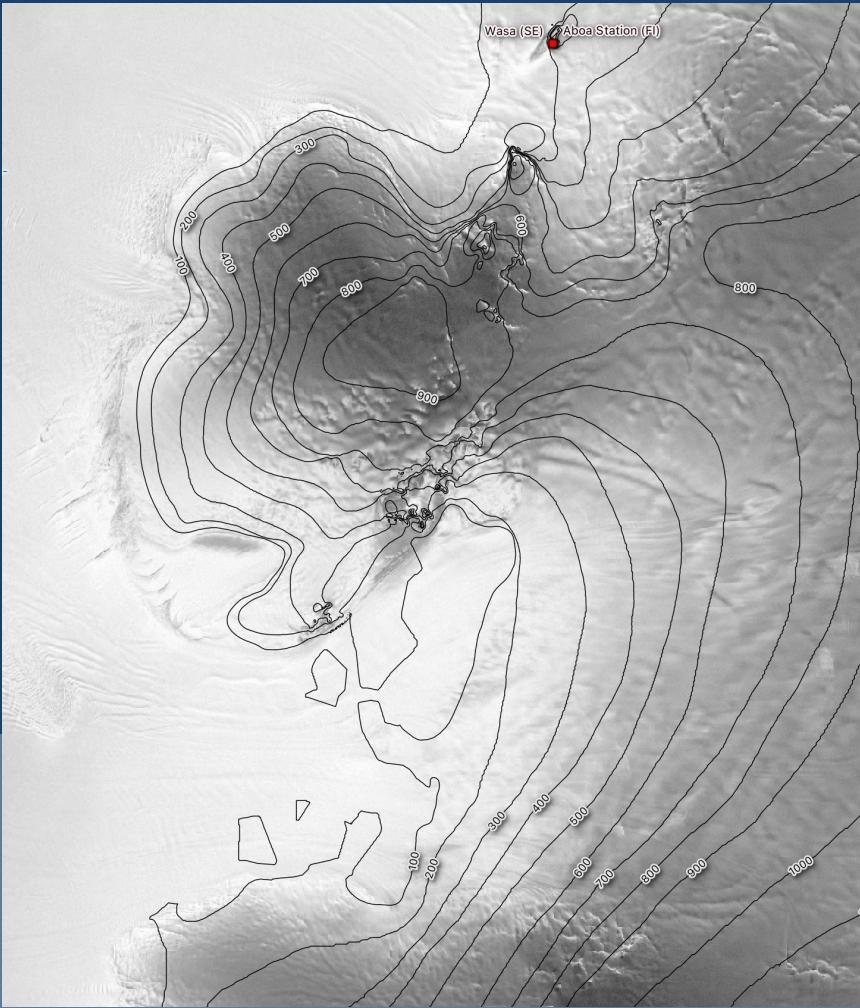
# Antarktis



Developed by the Norwegian

# RAPS





# Antarktis

- Förstå varför vi får olika radar återspridning för olika områden
- Hur vi ska modellera snön så att vi får mer precisa snödjup mätningar
- Kan ytstrukturen mätas på ett effektivt sett

# Framtiden

- Ljus spridning i snö
- Vattenmängd av snö
  - Mätningar med radar, lokala snödjups sensorer och väderstationer
- Fortsatt snömodellering kopplat till CT-mätnigar

