



Skredkonferanse Voss, 1–3 November 2019

# Sammenligning av modelleringsverktøy for beregning av utløp til snøskred

Gunne Håland  
Norconsult



**ABSTRACT:** The aim of the present project was to evaluate four different models by using objective criteria and constant parameters, and to consider the models' applicability to Norwegian avalanches. RAMMS, Elba+, the Alpha-Beta model and the Energy Line model are the assessed models. The models are applied to 15 well-documented Norwegian avalanches with return periods from 100 to 300 years. RAMMS and Elba+ represent numerical dynamical models, whereas the Alpha-Beta model and the Energy Line model are empirical models based on topographic parameters. A main concern of the project was to compare the accuracy of the numerical and empirical models in terms of run-out distance, maximum velocity and velocity distribution in the run-out zone.

The results showed that the two numerical models, RAMMS and Elba+, consistently modelled shorter run-out distances than recorded ones, but they had the best correlation coefficients in the statistical analysis. On the other hand, the two topographic models, developed for Norwegian conditions, had the least deviation in average run-out distance. All the models calculate maximum velocities within a realistic range. However, RAMMS and Elba+ probably calculate too small velocity gradients in the run-out zone compared to recordings from full-scale experiments. The Energy Line model, however, provided values that are more realistic. An accurately estimated distribution is extremely important when dimensioning avalanche protection measures. The statistical analysis shows that RAMMS and the Energy Line model overall provide the best results.

**KEYWORDS:** dynamical model, topographic model, run-out distance, velocity-distribution

## 1. INTRODUCTION

Models to estimate the flow of snow avalanches are important tools when defining safe residential areas and dimensioning avalanche protection measures. Operators in Norway have used simpler empirical models for several years. However, there exist few statistical analyses on the application of dynamical models to Norwegian avalanches. The objective of the present project is therefore to compare the accuracy and availability of four different models; two dynamical models (RAMMS and Elba+) developed in Switzerland and Austria, and two empirical models (the Alpha-Beta and the Energy Line model) based and developed on topographic conditions in Norway. 15 well-documented Norwegian avalanches, with an assumed return period of 100-300 years, are se-

lected for this purpose. The model results are assessed in terms of run-out distance, maximum velocity and retardation in the run-out zone. Additionally, the results of the complicated dynamical models are compared to the simple empirical models.

This research is a part of the multi-disciplinary research project entitled "Natural Hazards" (NIFS), a joint enterprise involving the Norwegian Public Roads Administration (NPRA), the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) and the Norwegian National Rail Administration (JBV). The paper is based on a more detailed report presented by Håland et al. (2015).

## 2. MODEL INTRODUCTION AND PARAMETER SELECTION

### 2.1 *Types of models*

- Dynamical models are based on flow theories of non-Newtonian fluids. The models calculate the flow from the starting position to the stopping position. RAMMS and

\* Corresponding author's address:  
Gunne Håland, Norwegian Public Roads Administration, Abels Gate 5, 7033 Trondheim,  
tel: 0047-99225115,  
e-mail: gunne.haaland@vegvesen.no

## Sammenligning av modelleringsverktøy for norske snøskred Naturfareprosjektet: Delprosjekt 7 Skred og flomsikring

107  
2015

R  
A  
P  
P  
O  
R  
T





# Bakgrunn

## NIFS delprosjekt 7 (2015):

- Best mulig kvalitet i fastsetting av faresoner og dimensjonering av skredsikring
- Finnes i dag flere modeller (Empiriske, dynamiske).
- En del fysiske begrensinger i modellene
- Finnes lite statistiske sammenligninger av både dynamiske og empiriske modeller i norske skredløp

## Mål

- Hvilke modeller er best egnet for norske skredløp?
- Kan vi bli bedre på å fastsette faresoner i områder med ukjent skredhistorikk?



## Problemstilling

- Sammenligne 4 ulike modeller mot 15 dokumenterte skred med returperiode over 100 år
  - RAMMS (dynamisk, Christen, 2004)
  - Elba+(dynamisk, Kleemayr 2003)
  - Alfa-Beta modell (empirisk/topografisk, NGI 1980)
  - Energilinjemodell (empirisk/topografisk og dynamisk, Norem 2014)
- Følgende resultater ble vurdert

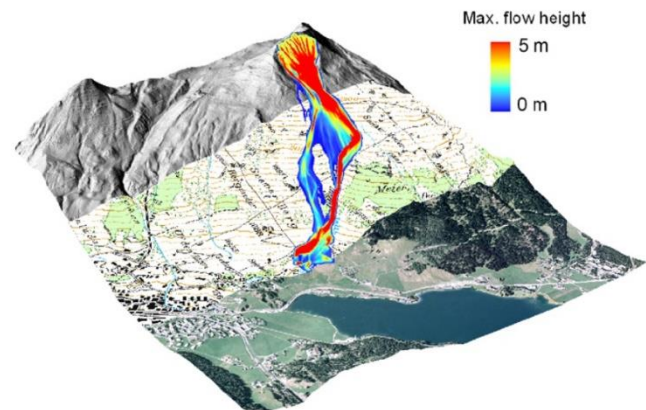
- 1) Utløpsdistanse
- 2) Maks skredhastighet
- 3) Oppbremsing i utløpsområdet

} Sier noe om fysisk riktighet til modellene



# Dynamiske modeller: RAMMS and Elba+

- Følgende input er nødvendig:
  - Terrengmodell (DEM)
  - Størrelse på løsneområde (lengde på bruddkant, tykkelse flak)
  - Friksjonskoeffisienter (Justert etter skoggrense)
- Statistisk sammenligning → Et forsøk/forslag på å gjøre input mest mulig objektiv (neste slide).

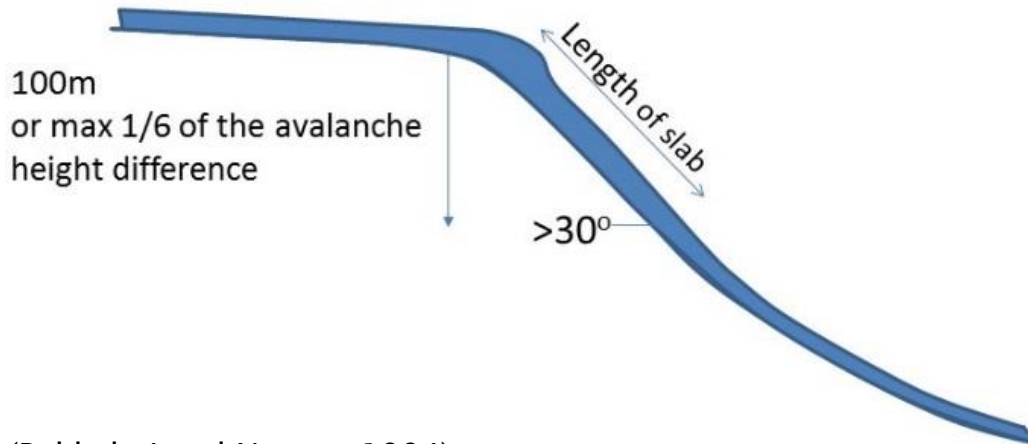


Imagery © 2010 swisstopo (JD100007)



# Dynamiske modeller: RAMMS and Elba+

Vurdering av objektive kriterier for løснеområdet: Lengde av flaket



(Bakkehøi and Norem, 1994)



Foto: NGI

# Dynamiske modeller: RAMMS and Elba+



Statens vegvesen  
Norwegian Public Roads  
Administration

Vurdering av objektive kriterier for løснеområdet :

## Flaktykkelse


*“The strength of critical weak layers is the same for all extreme avalanches with return periods exceeding 100 years”(Bakkehøi and Norem, 1994)*

Kritisk dybde,  $z_{kr}$ : (Flaktykkelse)

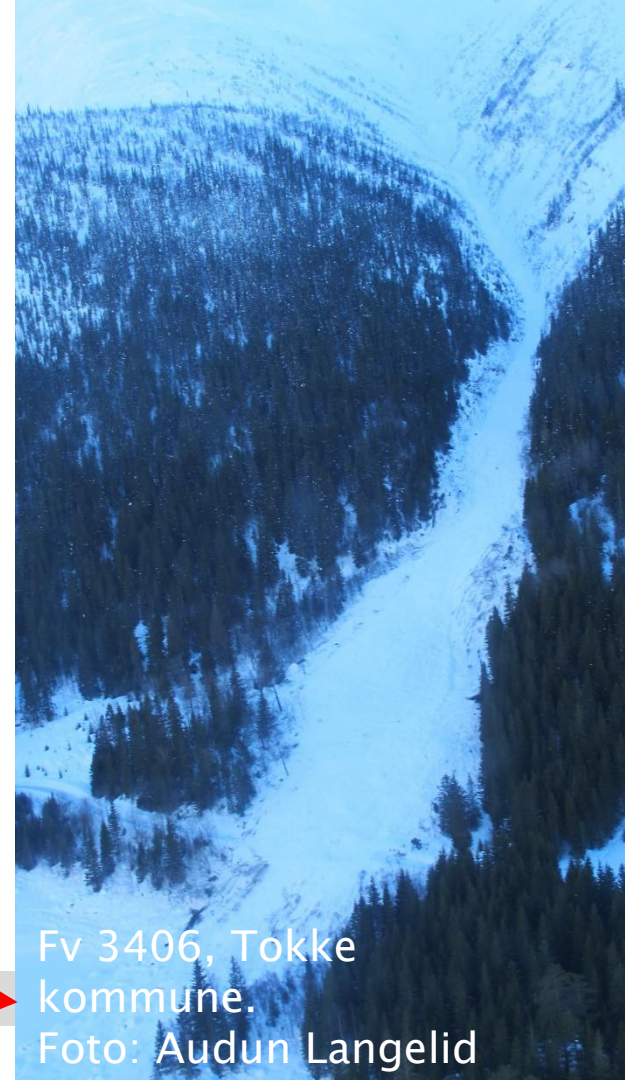
$$z_{kr} = \frac{c}{\rho g (\sin \alpha - \tan \varphi \cdot \cos \alpha)} \quad (\text{m})$$



# Info om skredløp



Name	Climate	Height diff. (m)	$\theta$ (°)	$\beta$ (°)	$\gamma$ (°)
Haukeli	Above tree line	303	37	26	29
Vindalsfonna	Above tree line	713	35	28	30
Nakkefonna	Maritime. Run-out below tree line	843	36	26	27
Tverbotnfjellet	Run-out below tree line	1074	35.5	31	32
Joengfonna	Maritime	1117	39	38	40
Ryggfonn	Maritime. Run-out below tree line	797	37.5	32	32
Tyinstølen	Above tree line	152	35	29	33
Vassfonna	Maritime. Run-out below tree line	960	33	30	32
Hopseidet	Maritime. Above tree line	196	39	36	36
Grøndalen	Continental. Run-out below tree line	505	35.5	25	31
Sørdalen	Maritime. Run-out below tree line	300	36.5	30	31
Knutstugugrove	Continental. Run-out below tree line	780	44	29	34
Kyrfonna	Maritime. Run-out below tree line	815	35.5	33	33
Sogndalsdalen	Continental. Run-out below tree line	618	36	31	33
Heggveitjuvet	Continental. Run-out below tree line	595	38	23	28



Fv 3406, Tokke kommune.  
Foto: Audun Langelid





# Resultater utløpsdistanse (utdrag)

## RAMMS (med objektive kriterier):

- Nøyaktig same utløp i 3 skredløp
- Mindre enn 60 m i 9/15 skredløp
- ( $R^2=0,96$ , SD = 122m)

## Energilinje modellen (Helning 1:0,35)

- Nøyaktig same utløp i 3 skredløp
- Mindre enn 90 m i 10/15 skredløp
- ( $R^2=0,94$ , SD = 129m)

Model	Average run-out difference ( $X_{comp}-X_{rec}$ )/15 [m]	Av. absolute run-out difference ( $ X_{comp}-X_{rec} $ )/15 [m]	Coefficient of correlation	Standard deviation [m]
RAMMS	-63	78.6	0.961	122.6
Energy Line	-47	92	0.947	128.9
Elba+	-125	131	0.958	165.8
Alpha-Beta	17	133	0.944	153.8



# Konklusjon

- RAMMS (justering etter skoggrense) og energilinjemodellen (1:0,35) beregnet i gj.snitt mest nøyaktig utløpsdistanser
- Overraskende gode resultater med bruk av objektive kriterier som input i dynamiske modeller
- Bruk av modeller i områder med ukjent skredhistorik må anvendes med stor forsiktighet. Resultatene fra dette prosjektet er basert på aktive skredløp med relative store skredvolum.
- I områder med ukjent skredhistorikk: anbefales å bruke både dynamiske modeller som støttes opp med en eller to empiriske modeller.



## Andre erfaringer fra prosjektet

- Objektive kriterier i dynamiske modeller fungere best i større skredbaner der man for venter et betydelig skredvolum og meddriving
- Energilinje modell og alfa beta fungerer best i skredbaner med jevn parabelformet kurvatur
- Jevn helning i utløpsområdet kan overestimere utløpsdistansen til dynamiske modeller hvis man bruker lav  $\mu$  (tar for lite hensyn til fysiske prosesser som skjer i oppbremsingen av skred)