

IMPLEMENTACIÓ D'UN MODEL BIDIMENSIONAL PER A LA SIMULACIÓ D'ALLAUS DE NEU DENSA

Anna Torralba¹, E. Bladé¹, Pere Oller²



¹ ETSECCPB-UPC (Escola de Camins - Universitat Politècnica de Catalunya) Barcelona, Spain

² GeoNeuRisk, Barcelona, Spain



1. INTRODUCCIÓ

Davant d'un increment substancial de la població en zones alpines en la temporada hivernal, seguit d'un augment en la demanda d'infraestructures que serveixin a la mobilitat en aquestes zones, hi ha la necessitat de seguir en la investigació per a la millora de nous models que defineixin amb més precisió el perill d'allaus, per tal de garantir la seguretat de les persones i dels béns materials.

L'objecte d'aquest treball és el desenvolupament d'un model numèric bidimensional per la simulació d'allaus de neu densa. Impulsat per una Tesi de Final de Màster d'Enginyeria de Camins de la Universitat Politècnica de Catalunya, s'aprofita la semblança de les equacions que regeixen el flux d'aigua en làmina lliure amb les del moviment de la neu.

La característica principal del model presentat, és l'ús d'un esquema numèric basat en volums finits, avantatge del qual, conjuntament amb les propietats de la interfície utilitzada basada en GiD permet treballar amb malles irregulars, i conseqüentment aconseguir una precisió molt alta en l'adaptació del terreny en 3D així com en la implementació d'estructures de protecció, ja siguin dics de desviació, dents de frenada o cubetes d'acumulació del flux.

2. NUMERICAL MODEL: IBER

Les equacions utilitzades de Saint Venant, resolen l'expressió matemàtica de les lleis físiques de conservació de la massa (1) i quantitat de moviment (2) per X i (3) per Y. L'adaptació d'aquestes, difereix respecte les de l'aigua, rau en els termes que caracteritzen les propietats del fluid o relacions constitutives. En aquest cas s'ha optat per utilitzar el model de Voellmy, la mateixa caracterització utilitzada pel conegut model RAMSS, on els termes de fricció es representen mitjançant una tensió de Coulomb i una fricció turbulenta, conjuntament amb uns termes cohesius. Són les següents:

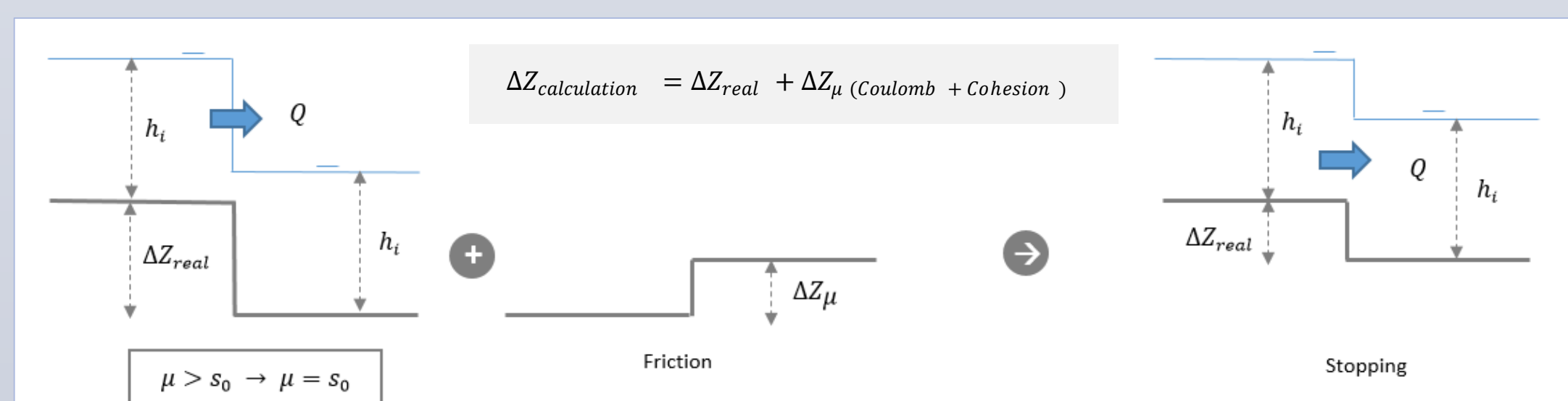
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hu) + \frac{\partial}{\partial x}(hu^2 + gh^2/2) + \frac{\partial}{\partial y}(huv) = ghS_{0x} - \left(\frac{\tau_x}{\rho}\right)_1 - \left(\frac{\tau_x}{\rho}\right)_2 - \left(\frac{\tau_x}{\rho}\right)_3 \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hv) + \frac{\partial}{\partial x}(huv) + \frac{\partial}{\partial y}(hv^2 + gh^2/2) = ghS_{0y} - \left(\frac{\tau_y}{\rho}\right)_1 - \left(\frac{\tau_y}{\rho}\right)_2 - \left(\frac{\tau_y}{\rho}\right)_3 \quad (3)$$

On z és l'elevació del gruix de neu, h és el gruix de neu, u i v és la velocitat del flux en les components x i y , g és la gravetat, S_{0x} i S_{0y} és el pendent motriu, i les tres components de fricció són: 1) Tensió de fons, 2) Fricció de Coulomb (velocitat), 3) Cohesió Voellmy.

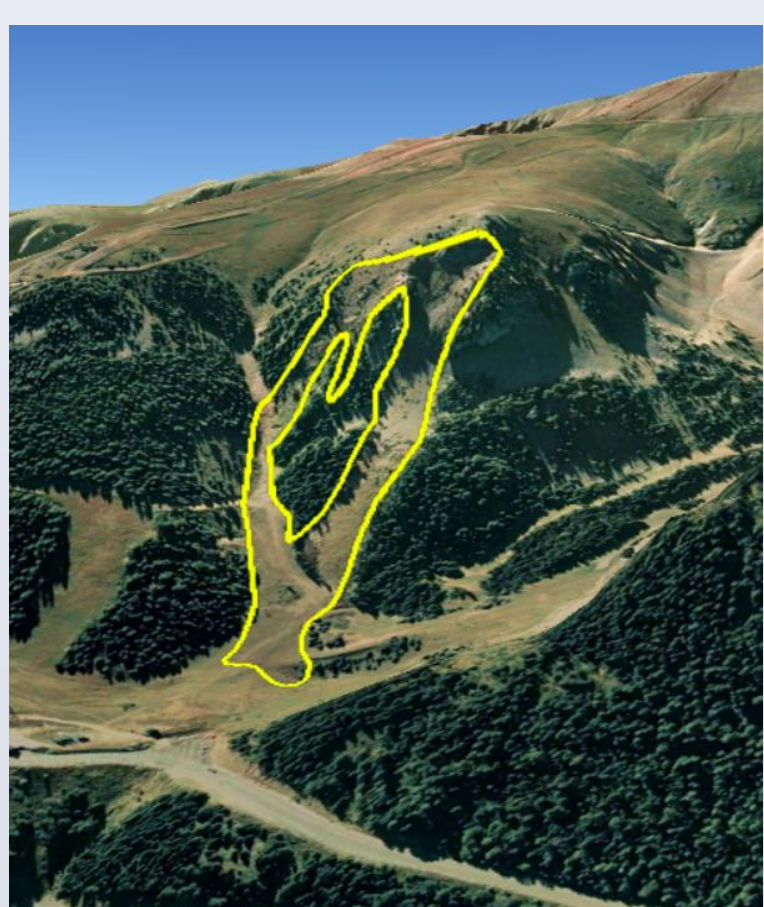
La complexitat del terme de fricció a l'esquema numèric, es resol amb la introducció d'un ressalt fictici (ΔZ_{μ}) que inclou els termes de fricció de les equacions de la neu.



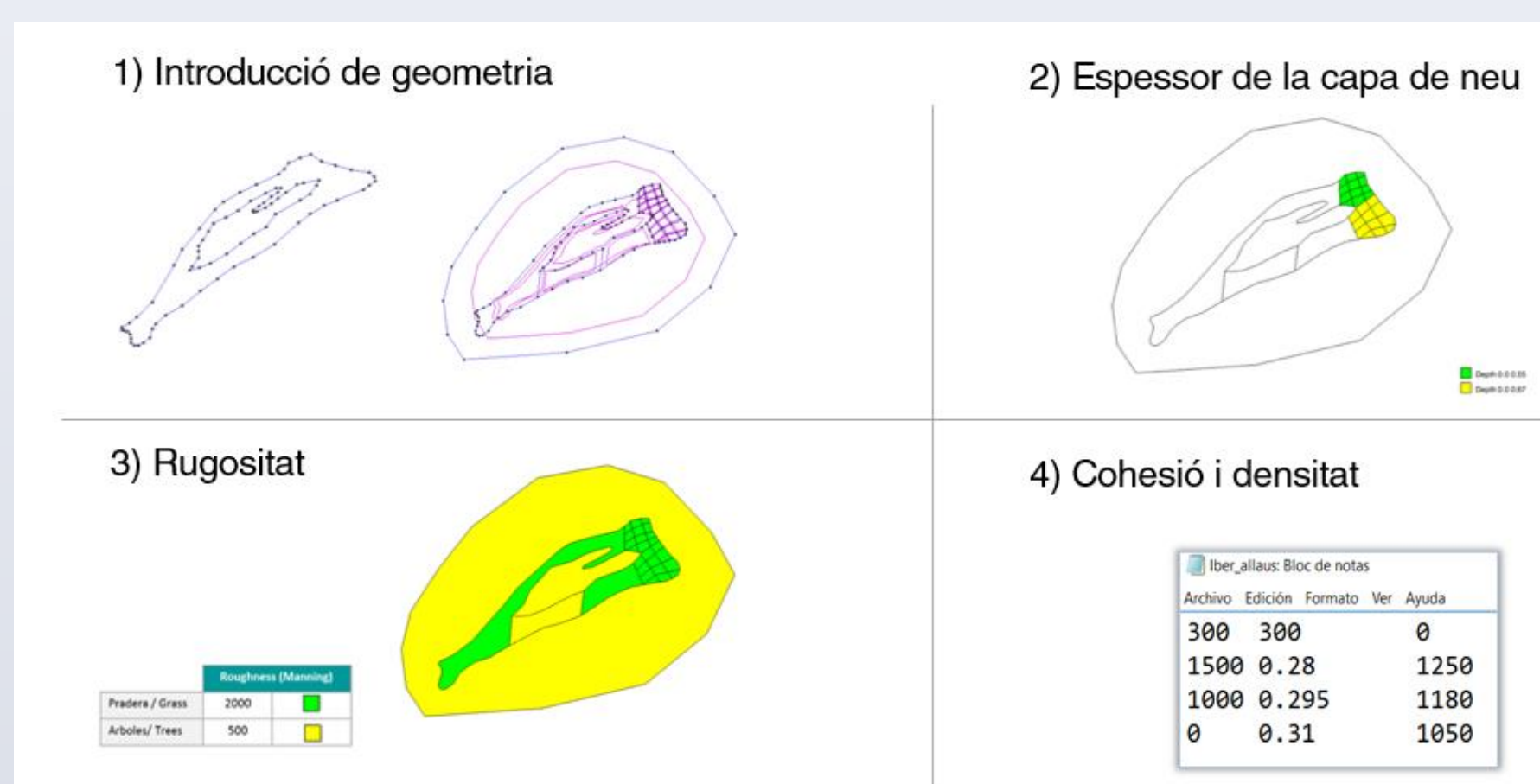
3. CAS D'ESTUDI. Pre-procés

El cas d'estudi ha estat dut a terme a un allau registrada a l'estació d'esquí de la Masella (Cerdanya). Les dades proporcionades utilitzades com a condicions inicials i introduïdes posteriorment al IBER, han estat les següents:

1) Zona i Límits de l'allau



2) Condicions Inicials introduïdes al IBER



3) Mallat irregular i adaptat a la topografia del terreny

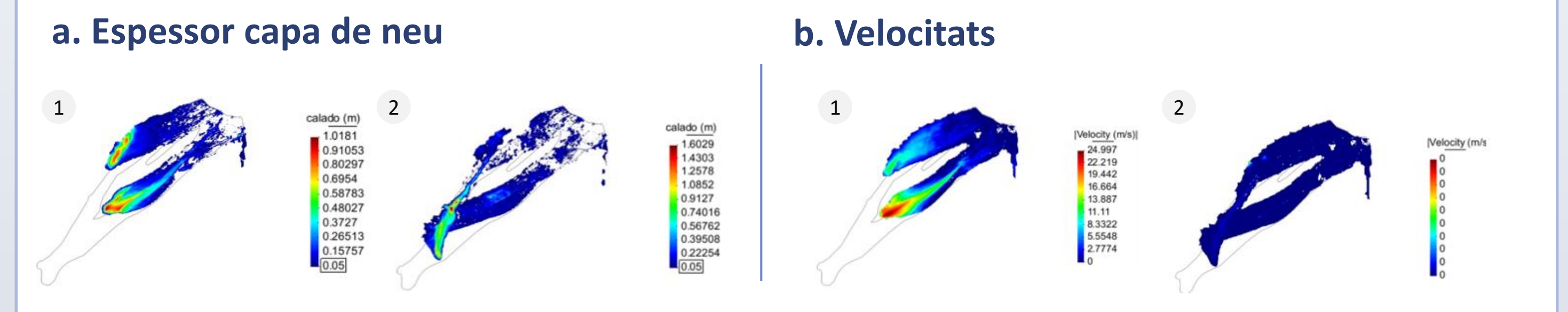
Utilització d'una malla irregular per permetre l'adaptació acurada al perfil del terreny. Al llarg del recorregut de l'allau s'aplica un mallat més petit per tal d'identificar-ne els límits i al mateix temps, obtenir solucions més precises.



4. CAS D'ESTUDI. Post-procés

Resultats

Es presenten resultats obtinguts amb les dades reals de l'episodi, en gruix de neu i velocitat, en l'instant 9s fins que s'atura el flux.

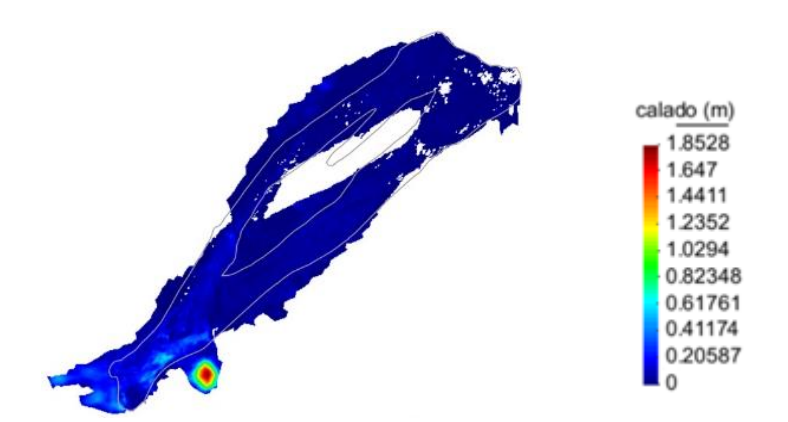


Calibració

El procés de calibració s'ha dut a terme tenint en compte 4 paràmetres. Amb aquests s'ha realitzat una combinatòria amb els resultats finals següents, considerats d'èxit:

- Mida de malla: augment de precisió de la malla
- Espessor capa de neu: capa de neu no homogènia, en funció del pendent
- Cohesió: Reducció del paràmetre, 100 Pa
- Paràmetres fricció: $\xi=2000$, $\mu=0.1$

c. Combinatòria

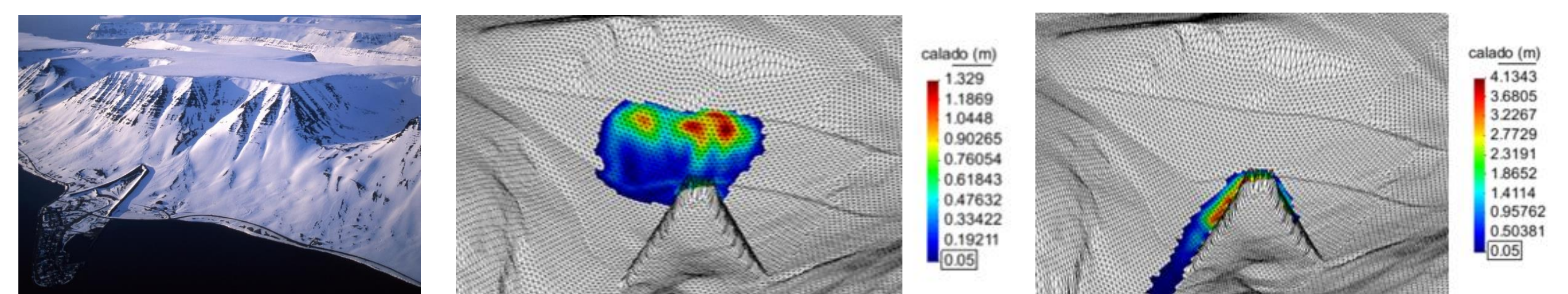


5. APLICACIÓ

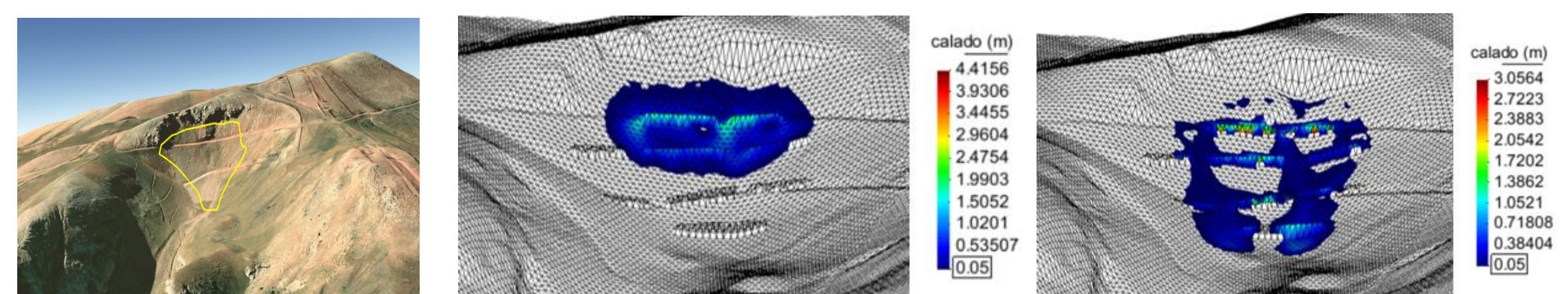
Es presenten dos possibles casos reals d'aplicació del model:

- El cas 1, a Islàndia, davant de l'episodi conegut més desfavorable, el model esdevé una eina acurada per dimensionar el dic desviador de l'allau, aplicable també al disseny d'infraestructures viàries, o estudis estructurals d'habitatges.
- En el cas 2, es tracta d'una zona desconeguda sense cap episodi d'allau registrat, però és una zona d'alta probabilitat d'ocurrència. L'eina presentada pot proporcionar el comportament del flux de neu en cas que es produeixi l'episodi, i per tant, permet la definició de plans de risc, ampliació de dominis esquiables, previsió d'allaus provocades, etc.

Cas 1. Simulació d'una allau identificada



Cas 2. Zones desconegudes amb possible risc d'allaus



6. CONCLUSIONS

- La malla irregular permet modelitzar obstacles amb altra precisió a diferència d'altres models existents
- S'ha modificat un model hidràulic existent per incorporar les equacions que regeixen el moviment de les allaus de neu densa.
- Esquema numèric basat en el mètode dels volums finits. Els termes de fricció s'han discretitzat de manera diferent (Cohesió i Coulomb)
- S'ha fet una validació amb casos teòrics i un cas real
- Eina nascuda amb la calibració dels Pirineus, fàcil adaptació a casos del territori
- Model bidimensional amb potencial per seguir desenvolupant-se a partir de noves calibracions i amb perspectiva d'incorporant-hi noves prestacions.

Agraïments

Estudi realitzat en el context d'un Treball de Final de Màster (Enginyeria de Camins, Canals i Ports) tutoritzat per l'Ernest Bladé, de l'Institut Flumen (UPC-CIMNE) i en Pere Oller (GeoNeu Risk), geòleg, qui ha aportat la seva experiència en l'àmbit i ha proporcionat les dades per a la calibració del model.

Referències

- [1] Bladé i Castellet, E., & Gómez, M. V. (Junio 2006). Modelización del flujo en lámina libre sobre cauces naturales. Análisis integrado en una y dos dimensiones. Barcelona: CIMNE
- [2] McClung, D., & Schaerer, P. (1993). The Avalanche Handbook. Ediciones Desnivel.
- [3] P.Oller, E.Muntán, J.Marturià, C.Garcia, A.Garcia, & P.Martínez. The Avalanche Data in the Catalan Pyrenees. 20 years of Avalanche Mapping. 305-313.
- [4] Rudolf-Miklau, F., Sauermoser, S., & I.Mears, A. (2011). The Technical Avalanche Protection Handbook. Ernst & Sohn.
- [5] E.Bladé, L.Cea, G.Corestein, E.Escolano, J.Puertas, E.Vázquez-Cendón, A.Coll. (2014). Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. Elsevier Doyma, 1-10.