

DRYAS®



Medi Ambient i Riscs Naturals

CORRENTS D'ARROSSEGALLS

-ANNEX DE DOCUMENTACIÓ-

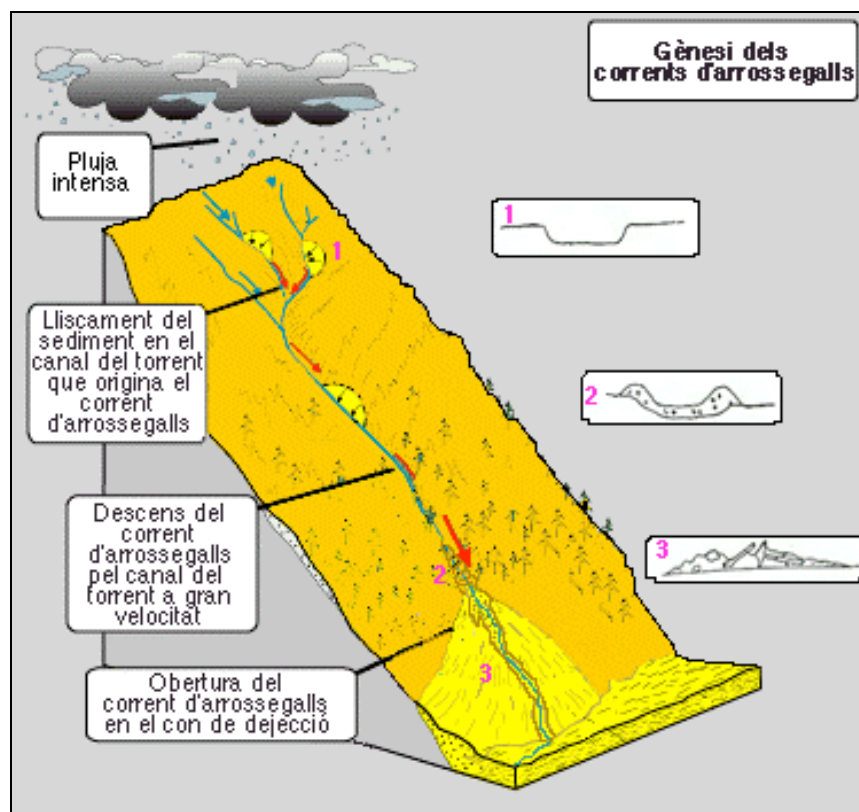
Direcció: **Valentí TURU i MICHELS**
Av. Príncep Benlloch 66-72
Despatx 406-408, IGEOTEST
Telèfon i fax: 820323
risc.dryas@igeotest.ad
<http://www.igeotest.ad>

A 1 INTRODUCCIÓ

Aquest annex és una documentació per avaluar la perillositat per corrents d'arrossegalls en àrees de muntanya, especialment en conus de dejecció. Contempla les especificacions tècniques descrites en el *Reglament per a la realització de treballs o activitats que modifiquin l'estat actual del terreny* (BOPA núm. 71, any 13 de data 1 d'agost del 2001, i BOPA núm. 72, any 13 de data 1 d'agost del 2001).

A2 BREU DESCRIPCIÓ

Un corrent d'arrossegalls és un moviment de massa de sòl saturat, que circula vessant avall per efecte de la gravetat a través de la superfície del terreny. La massa detrítica que el forma està constituïda per partícules de tamany sorra i més gran, que inclou blocs de dimensions mètriques o de més diàmetre, i pot assolir velocitats superiors als 10m/s. La morfologia resultant és un con de dejecció, situat habitualment al peu del vessant afectat.



Els factors que entren en joc poden dividir-se en tres: A) material disponible en la conca per a la seva mobilització, que estarien en funció de les seves característiques geològiques), B) pendent suficient per al seu transport, C) morfologia favorable per a la concentració d'aigua (conca de recepció d'aigües).

A2.1 Material disponible

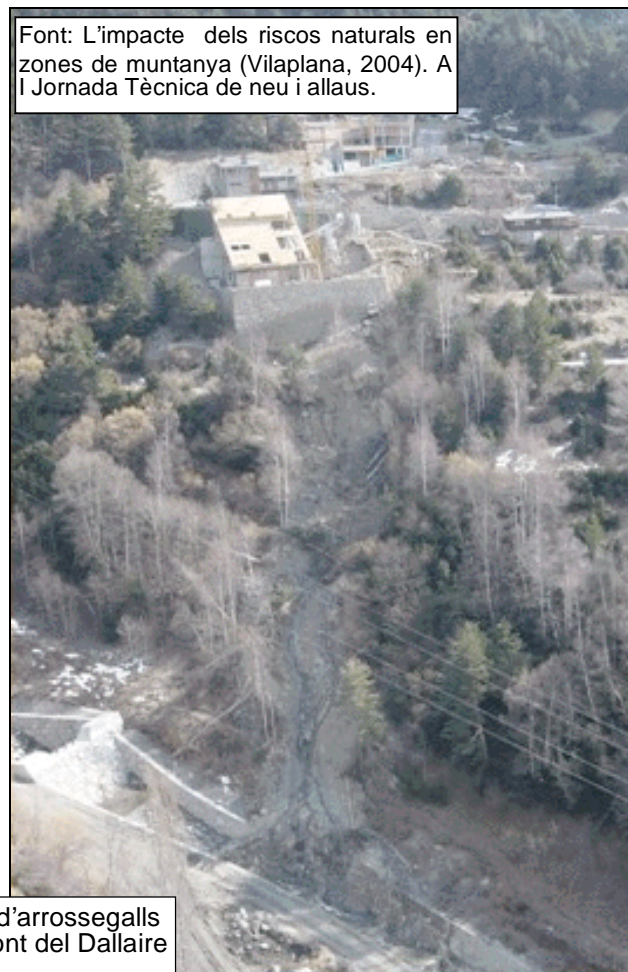
La principal àrea on es poden generar corrents d'arrossegalls dins d'una conca sovint està associada amb dipòsits mobles (sediments glacials, regolit, col.luvions) podent-se remobilitzar en mig vessant o en zones de capçalera de la vall.

Certs indicadors geomorfològics poden delucidar l'activitat del vessant en front a la remobilització de sediments, bàsicament corresponen a observacions en el camp. Els indicadors d'activitat són les traces morfològiques del vessant que permeten mostrar la presència d'antics corrents d'arrossegalls i de punts potencialment inestables del vessant.

Les cicatrius més evidents, la toponímia del lloc sovint pot reflexar l'activitat que des d'antuvi han afectat aquestes zones, la memòria tradicional i els arxius fotogràfics poden donar idea de la periodicitat dels esdeveniments de remobilització.



Cicatriu sector baix de la canal de la Fita d'Encamp

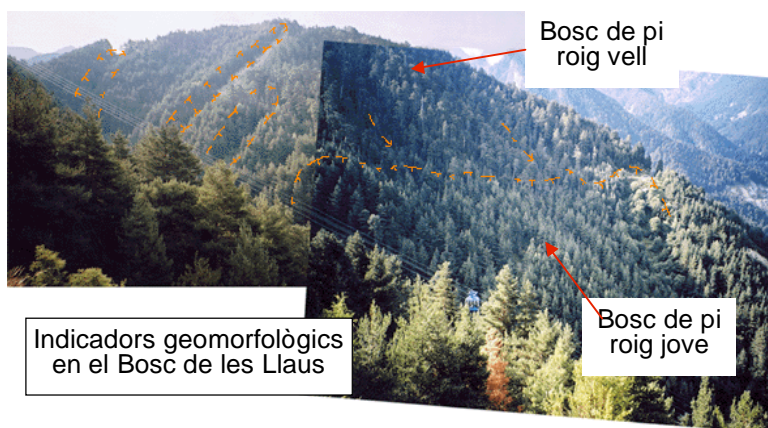


Font: L'impacte dels riscos naturals en zones de muntanya (Vilaplana, 2004). A l'Jornada Tècnica de neu i allaus.

Corrent d'arrossegalls sector Font del Dallaire

Els factors mitgadors de la remobilització de material són bàsicament el sòl i la cobertura vegetal. S'ha observat que les zones de gènesi de corrents d'arrossegalls solen coincidir principalment amb sectors amb bosc recolonitzat i tarteres (cicatris de corrents d'arrossegalls previs). El tipus de sòl que hom pot trobar-se sobre un terreny és una bona eina per tal d'avaluar la possibilitat de gènesi de corrents d'arrossegalls. En una zona amb litosòls és pràcticament impossible generar-se un corrent d'arrossegalls ja que la potència de formació superficial és mínima; per contrapartida en una zona amb bon desenvolupament de sòl si que es poden desencadenar corrents d'arrossegalls. Tot i això si el sòl està ben desenvolupat i al seu damunt hi ha una bona coberta vegetal també és difícil que s'iniciïn corrents d'arrossegalls. Així les zones susceptibles a ser generadores de corrents d'arrossegalls es caracteritzen per presentar una formació superficial destacable i una pobra coberta vegetal.

Així mateix la vegetació és un clar indicador morfològic que ajuda a diferenciar zones afectades en el passat (més o menys recent) per inestabilitats de vessant; així sobre aquestes zones se sol trobar una vegetació oportunista (trèmols, bedolls) que a mesura que passen els anys és substituïda pel pi roig.



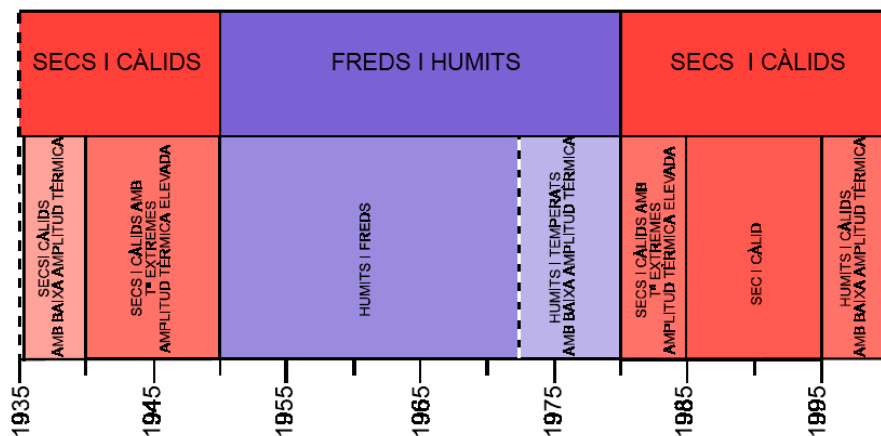
La presència de vegetació arbòria (bosc) és molt important per retenir els corrents d'arrossegalls en el seu inici de trencament, dificultant que aquests arribin a assolir la canal principal. El bosc també pot ajudar a aturar alguns corrents d'arrossegalls de petites dimensions en la zona d'arribada. Però no tot són efectes beneficiosos, la vegetació arbòria pot ser incorporada pels corrents d'arrossegalls i poden obturar ponts i/o canals provocant desbordaments.

Per altra banda un factor desencadenant de corrents d'arrossegalls és l'aportació d'aigua, ja sigui superficial com per la pujades del nivell freàtic posteriorment a un esdeveniment plujós major.

Recordem que a Andorra les grans avingudes recents han coincidit sempre a la tardor (1907, 1937 i 1982). Tot i que xafegades d'estiu, com la del 1996 i 2001, també han provocat recentment avingudes torrencials localitzats (riu dels Cortals).

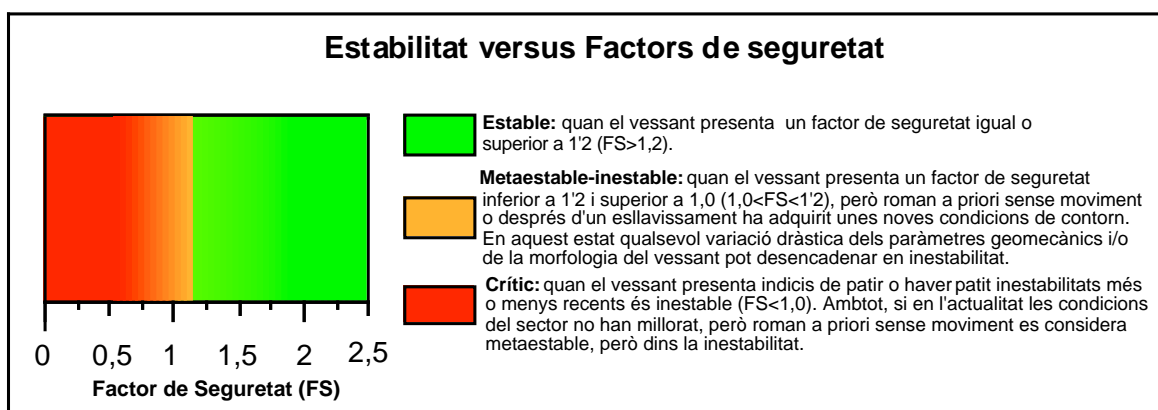
En aquest sentit cal fer esment que aquests episodis han coincidit amb períodes climàtics amb característiques seques i càlides.

Ponsa et al.(2002). Horitzó núm. 1 CRECIT.



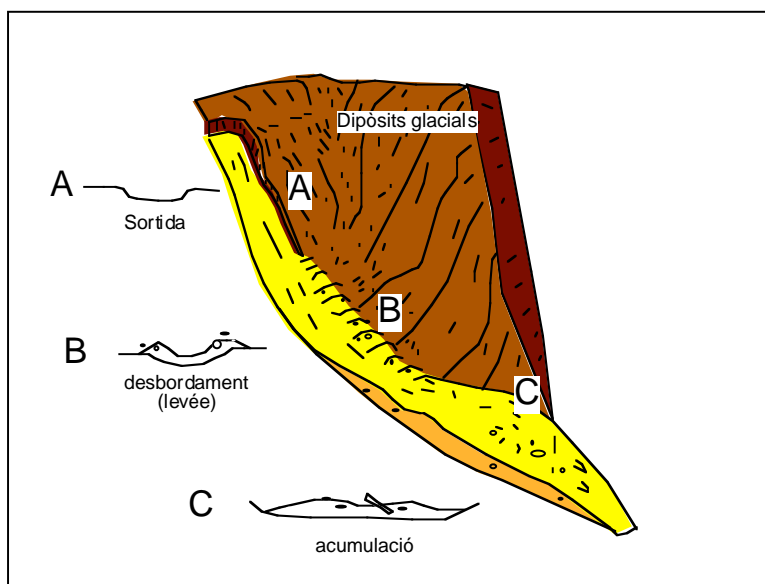
Fluctuacions climàtiques de la sèrie 1935-2000 al Principat d'Andorra

Els materials de la formació susceptibles a movilitzar-se en les zones de sortida presenten en la conca d'estudi un nivell metaestable i inestable. Quan aquests materials pateixen una disminució del factor de seguretat per sota d'un valor d'1,0 (valor llindar metaestable-inestable), habitualment per causa d'excavacions importants, socavaments per erosió, ascensos importants del nivell freàtic i de les condicions piezomètriques (pluges, desgel), poden desencadenar en corrents d'arrossegalls.



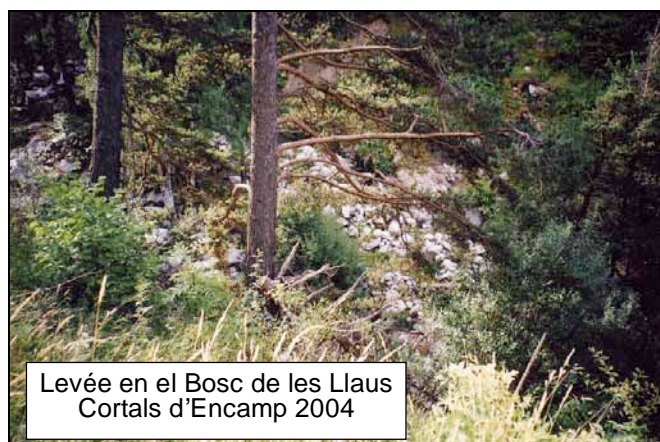
A2.2 Zona de trajecte

Els corrents d'arrossegalls generats en les zones de sortida solen presentar una zona de trajecte dins del mateix bosc, generant als laterals un levée; podent començar a mig vessant i arribar al fons de vall.

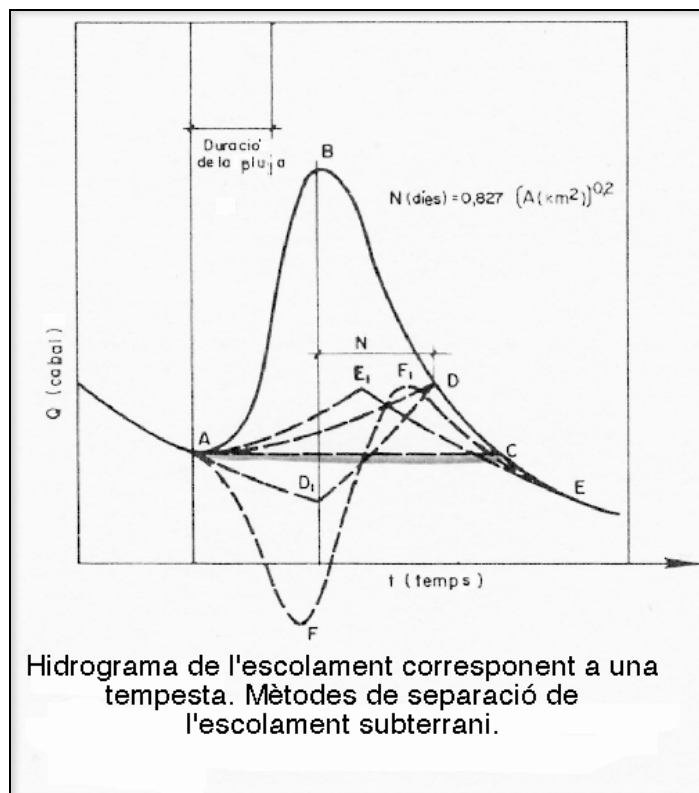


La fesomia típica dels corrents d'arrossegalls que es generen i que s'aturen a mig vessant presenten una morfologia similar a la de l'esquema adjunt. Al llarg de la zona de trajecte el corrent d'arrossegalls arrenca els arbres que troba al seu davant i els incorpora dins del flux, així mateix en els laterals del corrent es genera a banda i banda uns cordons de desbordament (levées) que ajuden a reconèixer l'amplitud d'aquests.

La morfologia de la zona de trajecte dels corrents d'arrossegalls és típicament en U i trapezoidal. No obstant l'activitat torrencial pot canviar aquesta morfologia a una V, pel que les traces dels corrents d'arrossegalls han quedat esborrades.



A les conques hidrogràfiques de poca extensió (com a molt de pocs mils de Km^2), es pot assegurar que tot l'escolament superficial assoleix els cursos d'aigua i surt de la conca al cap de poc temps d'haver-se produït un episodi de pluges o tempestes (**Custodio i Llamas, 1983**). La resta del temps, l'escolament subterrani pot ésser el responsable del cabal del riu.



A2.3 Zona d'arribada

A la zona d'arribada sovint es produeix erosió i sedimentació simultàniament, produint que el curs del torrent variï al llarg de la història construint el seu conus de dejecció. A la zona del conus de dejecció antics lòbul de corrents d'arrossegalls poden haver estat afectats per posteriors avingudes torrencials i desbordaments. No obstant la pressió antròpica sobre aquesta zona pot haver alterat notablement la morfologia, podent observar en el millor dels casos antics vestigis del que podrien ser levées.

La canalització d'aquests torrents, sobretot si està tallada per ponts i passeres de camí poden presentar una secció insuficient i no absorbir un corrent d'arrossegalls i/o una avinguda torrencial que arrossegi molta càrrega sedimentària.



En base a l'anàlisi històrica hom pot determinar una sèrie de períodes de retorn pels esdeveniments corresponents a avingudes torrencials i corrents d'arrossegalls. Mitjançant els indicadors morfològics recents hom estima que les avingudes de 1982, 1996 i 2001 representen una activitat alta i responen a una ciclicitat inferior a 30 anys. Els corrents d'arrossegalls amb una dimensió petita com els de 1972 i 2004 presenten una activitat alta i una ciclicitat inferior a 50 anys. Els corrents d'arrossegalls més importants amb registre històric corresponen als de l'any 1937, aquests se'ls associa una activitat mitjana i una ciclicitat superior a 50 anys. Finalment els corrents d'arrossegalls més importants en quant a magnitud, dels quals no es té registre històric a Andorra però si als Pirineus (Gerri de la Sal, Biescas), corresponen a grans events que es donen amb una dilatació de temps important, i per tant presenten una activitat baixa (repetició baixa). Finalment existirien fenòmens d'activitat a escala geològica i que estarien associades a fenòmens climàtics majors, els quals han deixat un registre fòssil prou important en àrees de muntanya.

A continuació es presenta el següent quadre per a la ciclicitat dels esdeveniments:

Activitat	Període de retorn de les avingudes i/o corrents d'arrossegalls	Esdeveniments coneguts
Molt alta	< 30 anys	1982, 1996, 2001
Alta	< 50 anys	1972, 2004
Mitjana	< 100 anys	1937, 1907?, 1865?
Baixa	> 500 anys	Canvi del canal principal
Molt baixa	-	Associat a canvi climàtic

A3 TIPOLOGIA DE CORRENTS D'ARROSSEGALLS: MAGNITUD

Una forma relativament fàcil de classificar els corrents d'arrossegalls esdevinguts al Principat pot ser mitjançant els efectes catastròfics generats i en conseqüència de la seva magnitud.

A3.1 Grau de magnitud 1: Corrent d'arrossegalls de peu de vessant

Aquesta tipologia es caracteritza per desencadenar-se un corrent d'arrossegalls que s'atura abans d'assolir el col·lector principal. Correspon a un cas similar al corrent d'arrossegalls del mirador de Sant Jaume que va discorrer pel vessant efectuant una erosió i una sedimentació en *levées* en uns centenars de metres. El corrent d'arrossegalls queda esmorteït per l'elevada rugositat del medi en ésser un flux dens i molt canalitzat, desplaçant-se pel mateix flux intersticial del material i sedimentant la part més grollera al final del trajecte (predomini de l'energia cinètica de les partícules individualment en el mecanisme de flux).

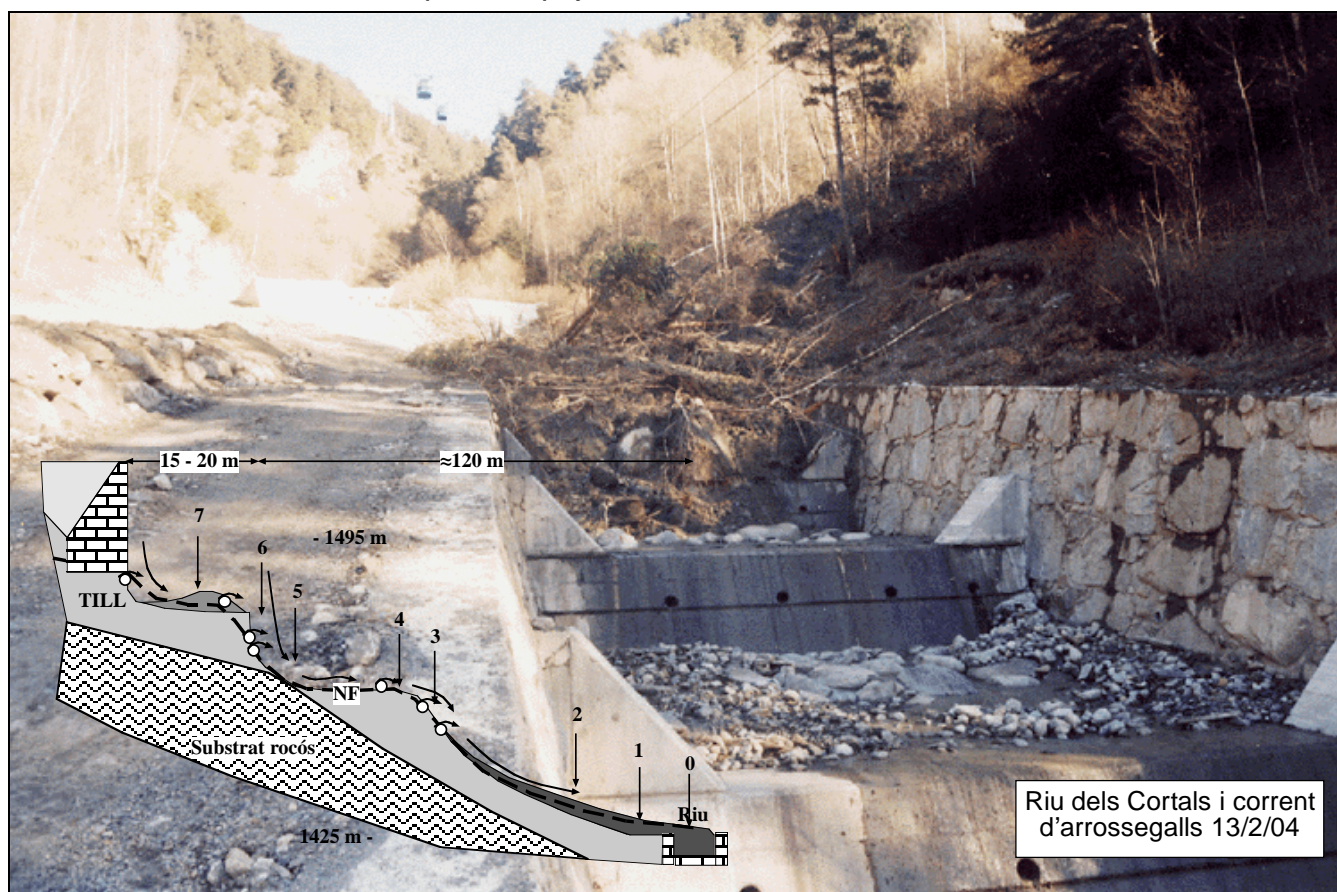


Corrent d'arrossegalls
sector Serrat de St Jaume
dels Cortals d'Encamp
2004

A3.3 Grau de magnitud 2: Corrent d'arrossegalls de fons de col.lector

Aquesta tipologia de corrent d'arrossegall es caracteritza per transportar la major part del seu material al col·lector principal. També es caracteritza per una elevada viscositat que comporta un predomini de l'energia cinètica del centre de gravitat de la massa desplaçada en els mecanismes de flux.

Aquest escenari correspon a un cas similar al corrent d'arrossegalls esdevingut el passat 13 de febrer de 2004 en el sector de la Font del Dallaire i que va arribar a taponar el canal del riu dels Cortals d'Encamp. En contrast amb aquesta observació es va poder constatar una important abundància d'aigua que baixava per la canal de l'esllavissada. En aquest sentit cal fer esment de la important quantitat de surgències que es van poder observar al sector de la cicatriu de l'esllavissada per una pujada del nivell freàtic.



La modelització d'aquesta tipologia de corrent d'arrossegalls determina que el gruix acumulat en la zona de parada és de l'ordre de l'alçada dels dics de contenció de material i la velocitat d'impacte al col·lector principal de 1,5 m/s.

Conca	Escenari	Volum mobilitzat	Cota inici desbordament corrent arross.	Cota arribada corrent arross.	Alçada tram final	Velocitat tram final
Font Dallaire	IA	3.000 m ³	1495 m	1420 m	3,2 m	1,5 m/s

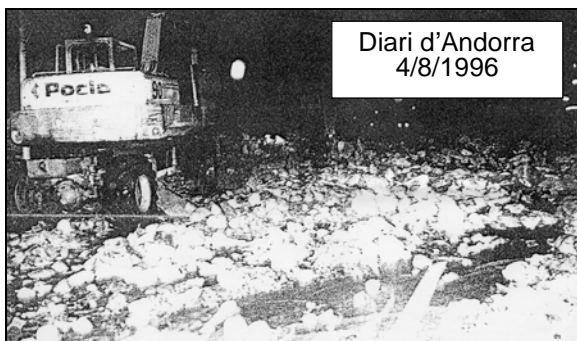
Una variant d'aquesta tipologia de corrents d'arrossegalls correspondria a la d'una massa esllavissada menys viscosa i més líquida per un aport continuat d'aigua (plujes torrencials). Així l'esllavissament pot continuar en forma més aquosa al llarg de la zona canalitzada.

Exemple de corrent d'arrossegalls similar al modelitzat. A Debris-flow hazards mitigation: Mechanics, prediction, and assessment (2004)

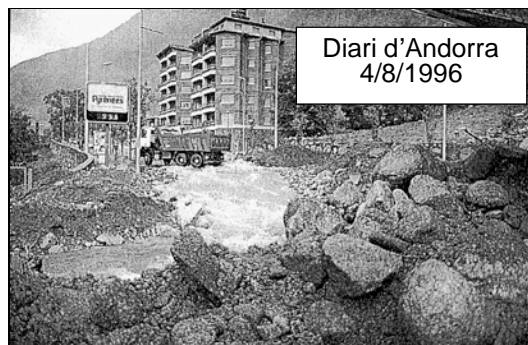


La modelització posa en evidència que puntualment la columna del corrent d'arrossegalls pot superar l'alçada dels dics de contenció i propiciar petits desbordaments, principalment associats a zones amb meandres i al pas per passeres i/o ponts.

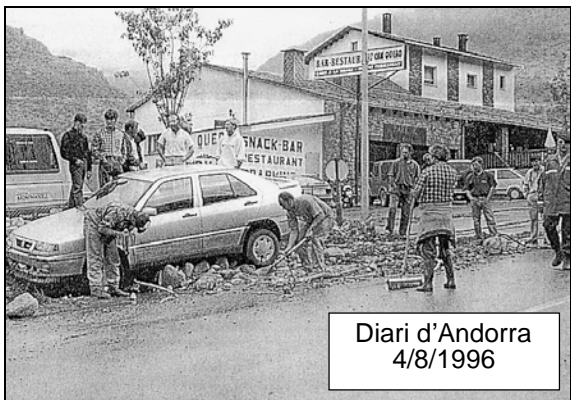
Aquestes esdeveniments presenten períodes de retorns d'una a dues desenes d'anys, essent força freqüents. És precisament per esdeveniments d'aquesta tipologia que els dics poden ser els més eficients.



Diari d'Andorra
4/8/1996



Diari d'Andorra
4/8/1996

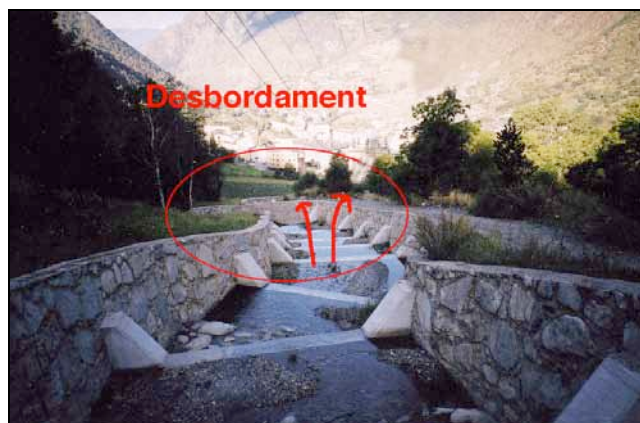


Diari d'Andorra
4/8/1996

Els fenòmens catastròfics generats per aquesta tipologia de corrents d'arrossegalls són, en general, d'importància moderada i els danys són sovint materials.

A3.3 Grau de magnitud 3: Corrent d'arrossegalls de desbordament

Un corrent d'arrossegalls amb aquestes característiques no podria ésser retingut per les preses i azuts, especialment coincidint amb el sector on el col·lector presenti meandres.



Aquestes esdeveniments presenten períodes de retorns de varies desenes d'anys a centenari, essent mitjanament freqüents. Per esdeveniments d'aquesta tipologia els dics poden ser eficients si presenten un important recorregut i la seva mantenició és correcta.



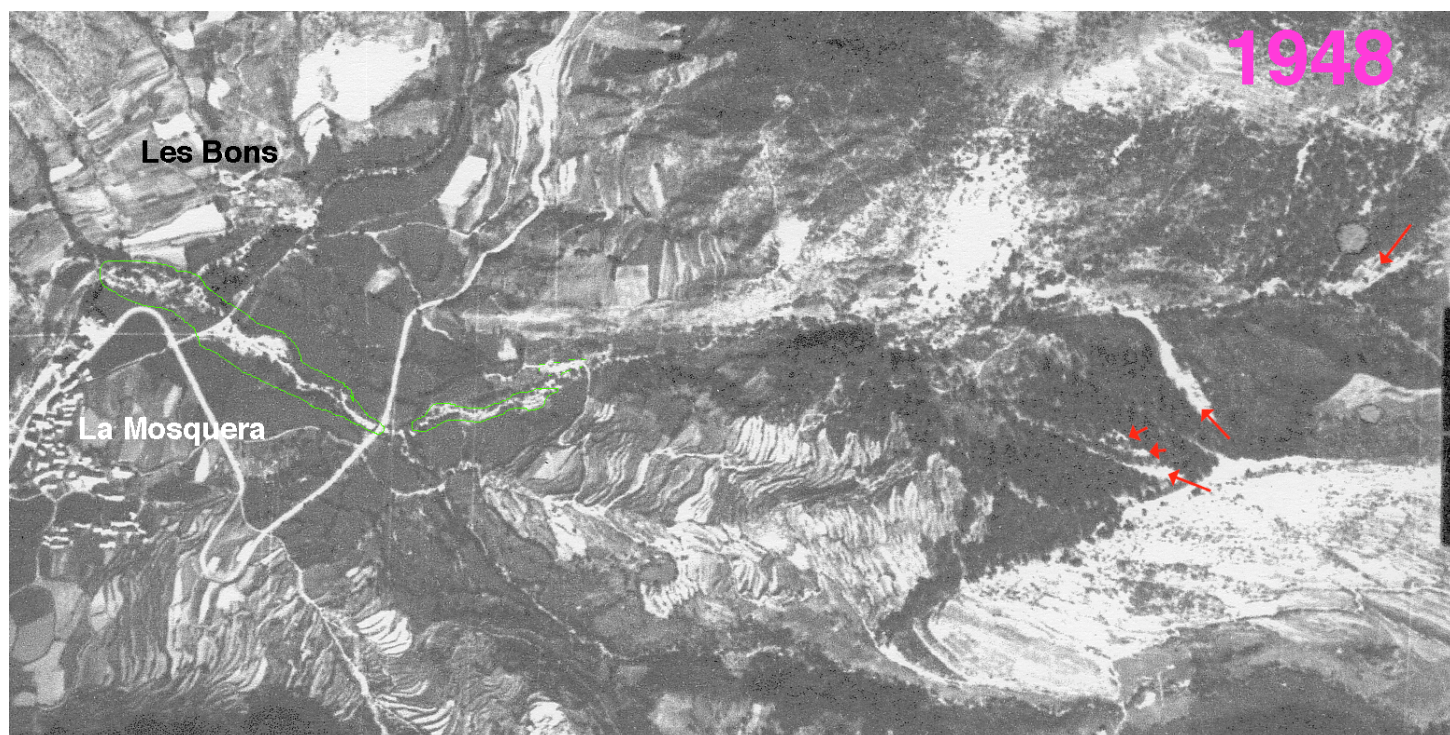
Esdeveniments com aquests han estat documentats a Andorra en el passat, com l'esdeveniment de 1937. Tal com relata l'editorial del periòdic del Casal Andorrà de Barcelona (El poble andorrà) en la seva edició del novembre de 1937:

En jorns no molt llunyans, hem tingut la desventura de veure desaparèixer bocins de la nostra terra, arrastrats pel furiós impetu de les aigües del Valira, que potser jamai com aquesta vegada havia fet una crescuda tan considerable.

Degut a les moltes pluges, les quals ocasionaren la fosa de la neu que havia pels pics alts, els torrents, rius i riuets que desemboquen al Valira, prengueren una proporció tal, que ben aviat, no va trobar espai suficient, en el destinat ordinàriament al seu curs, cosa que féu que desbordés en diversos llocs, i arrasà camps, prats, bestiar i fins cases que van ésser endarrocades per la força del corrent.

Mosquera, ha estat un dels llocs on ha fet més estralls l'aiguat. Segons sembla, quan hom temia l'irrupció del riu Aixec per la plaça, fou el Valira, que obstruït per un despreniment de terra, envaí les cases d'aquell costat i ocasionà l'enfonsament de tretze, el contingut de les quals, fou envaït per les aigües. (...)

A través de la fotografia aèria de l'any 1948 hom interpreta que possiblement durant les inundacions de 1937 es generaren corrents d'arrossegalls en la zona propera del Serrat de Sant Jaume, i en la part baixa de la canal de la Fita (fletxes vermelles en la fotografia adjunta). Tanmateix també es pot observar gran quantitat de material sedimentat en la llera del riu (color verd en la fotografia adjunta). Així mateix també cal destacar que en aquell moment la cobertura vegetal del Bosc de les Llaus era bastant més minsa que l'actual.



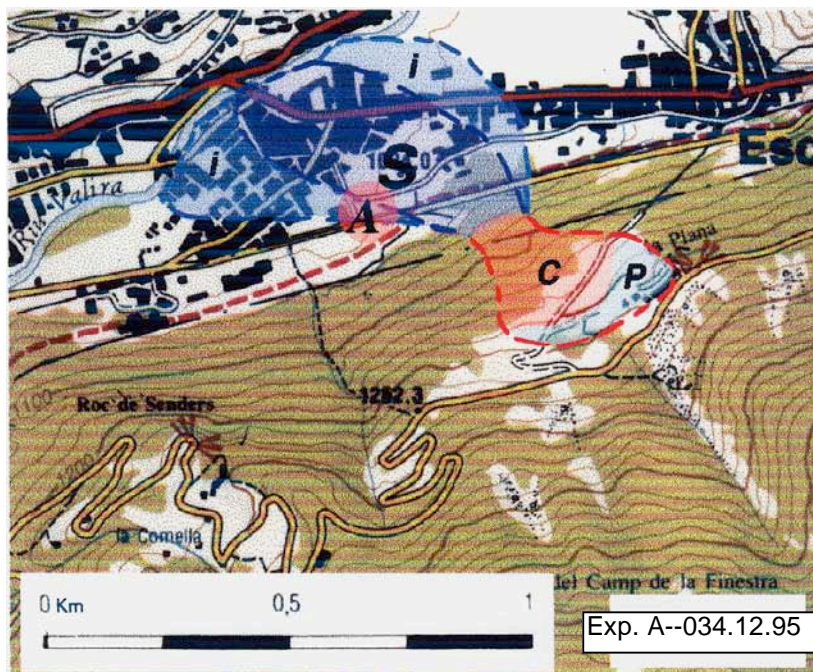
A3.4 Grau de magnitud 4: Canvi de canal del corrent d'arrossegalls

Aquest escenari correspon a un event catastròfic de grans moviments que comporti corrents d'arrossegalls associats al lòbul (flux) amb un PR>500 anys. Un corrent d'arrossegalls amb aquestes característiques comporta també la possibilitat que aquest estigui associat a un gran moviment de massa, o un episodi de pluges excepcional en una àrea amb abundants sediments disponibles per a la seva remoció. Aquest episodi afectaria tot el conus de dejecció de forma catastròfica ja que no podria ésser retingut ni frenat per les preses i azuts per la gran quantitat de volum de terres, comportant el canvi de la ubicació del col·lector principal o la seva ramificació.

A Andorra existeix l'antecedent de l'esllavissada del Fener i a prop del Principat (Pallars Jussà) existeix el cas documentat del barranc d'Enseu (Gerri de la Sal).

A3.4.1 Cas del Fener a Andorra la Vella (1865)

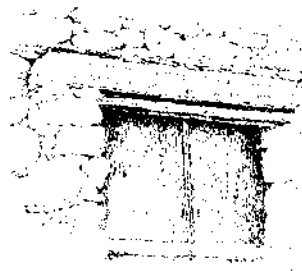
Els materials glacials dipositats al vessant de l'obac d'Andorra la Vella que van ser afectats pel corrent d'arrossegalls del Fener esdevingut l'abril de 1865.



A: Antiga situació del poble
S: Lòbul viscós principal
i: Lòbuls laterals líquids
C: Canal i levées
P: Escarpament erosiu

El corrent d'arrossegalls es va generar com un moviment de massa en el vessant del Fener com a conseqüència d'una pujada del nivell freàtic motivada per un episodi de pluges intenses.

En base a la cartografia de la zona de màxim abast hom determina que el màxim abast del flux assolí el Valira, la morfologia dels camps del Clot d'Emprivat així ho evidencien clarament; a més a més, també ho posa de manifest CANTURRI (1989), [...] *testimonis d'aquest poble i de la seva destrucció són les lloses, les bigues, unes graelles, una paella i uns ferros treballats pertanyents a una reixa d'església apareguts en fer els fonaments de varis edificis de la pujada d'Escaldes [...]*.



Alguns dels edificis que resten de l'antic poble de Fener. El poble de Fener va desaparèixer el 16 d'Abril de 1865. Els edificis que resten són els que es veuen a la fotografia.

Per tal de caracteritzar la inestabilitat de vessant ocorreguda s'analitzen diferents relats històrics que narren com es desencadenà el moviment 16 d'Abril de 1865 i que tingué com a conseqüència la desaparició del poble del Fener.

Un dels primers autors que descriuen aquest fenomen natural és BLADÉ (1875) que explica el fenomen en base als comentaris d'un geòleg Escocès (M.P.W. STUART-MENTEATH) que va trobar el 1869 a Andorra. En la pàgina 66 del seu llibre (*Études géographiques sur la vallée d'Andorre*) hom pot llegir:

[...] *Les vestiges de la période glaciaire sont très nombreux en Andorre. On y rencontre souvent des roches striées, et de grandes moraines latérales se montrent sur les pentes des vallées. Une de ces accumulations de blocs, de galets et de sable, mal soutenue depuis la disparition des glaciers et minée par les eaux d'infiltration, s'est éboulée il y a quelques années, a détruit le hameau d'El Fenè, et a recouvert certaines prairies du bourg d'Andorra, qui sont depuis moins fertiles [...]*.



Visió de l'Obac on s'observa cicatriu de l'esllavissament del Fener (Clivé Labouche, 1906).

Posteriorment SÍLVIO THOS I CODINA aprofitant una estada a Andorra va escriure *Reconocimiento Físico-Geológico-Minero de los Valles de Andorra i Nota aclaratoria sobre el croquis geológico de los valles de Andorra* (1884-1885), en ambdós textos dona una explicació de l'esllavissament del Fener, per bé que la més completa correspon a la de 1885, on en la pàgina 63 es pot llegir:

[...] El pueblo del Fené, compuesto de siete ú ocho casas, con 50 habitantes y una iglesia, se hundió por completo, precipitándose en el Valira, la noche del 16 de abril de 1865, á consecuencia de un resbalamiento del terreno, debido probablemente á un fenómeno de actividad endógena, concomitante tal vez de la borrasca sísmica que por aquella época se estaba desarrollando en Italia, y que pudo muy bien afectar á toda la cuenca mediterránea, [...] El hundimiento de El Fené ocurrió en medio de un horroroso temporal de aguas, durante el cual abrióse una enorme grieta hacia la parte E (este). de la población, que es precisamente el lado donde aparece la línea de contacto entre las rocas hipogénicas y las sedimentarias, y en cuvos alrededores tiene su asiento el pueblo de Las Escaldas, centro fijo de manifestaciones endógenas, por los manantiales termales que allí existen. Gruesas corrientes de agua, procedentes de los terrenos superiores del valle de Prat Primer, en cuya extremidad inferior El Fené se encontraba, precipitándose dentro de aquella grieta, [...]. cual es el granito descompuesto que formaba el suelo de El Fené, esta masa sujeta a un temblor de tierra puede adquirir un movimiento de traslación considerable; fácilmente se explica entonces por un efecto de energía endotelúrica el resbalamiento de aquel pueblo, primero lentamente y en masa, según narraciones de testigos presenciales, y con más rapidez luego, envueltos los edificios con piedras y con barro líquido, hasta que rotos y disgregados fueron a parar al borde del Valira, no sin antes dar tiempo a sus habitantes para ponerse todos a salvó.[...]

Una altra explicació dels fets esdevinguts el 1865 a El Fener la presenta el viatger JOSEP ALADERN arran d'una visita que va realitzar a Andorra el 1892. Aquesta narració es troba a *El Fener, història d'un poble desaparegut* de PERE CANTURRI (1989).

[...]Sobre aquell prat tant vert y tan plá hont pasturavan aquellas mulas, antes s'hi aixecava un poble de la parroquia de Andorra la Vella anomenat FENER. Un dia, mes amunt de las casas, al peu mateix de la montanya, de cop hí volta hi nasquè una font, lo que sorprengué á aquells vehins ensemps que'ls acontentá, ja que aixís s'estalviavan anar ben prop de Las Escaldas á cercar l'aigua. Aquella font, que havia nascut moll petita, anava creixent de cada dia, fins que's convertí en abundantíssima. Anava creixente creixent, tant, que al poc temps sa corrent ja arrastrava runa cap baix al poble, anant desgastant la montanya de constitució gravalosa y per lo tant poch segura. Molt poch despres era tanta la quantitat d'aigua que sortia y de runa que arrastrava, Que amenassava inundar lo Poble tot enrunantlo al mateix temps. Tots los vehins tement una catàstrofe, espantats d'aquell fenómeno natural abandonaren sas casas y s'establiren los uns

á Las Escaldas y'ls altres á Andorra la Vella. Poch temps despres d'abandonat, lo poble estava ja convertit en un vedader llach, enrunats sos carrers y'l terreno tot somogut. Tothom mirava allo ab la mes gran estranyesa, tothom esperava veure com acabaria, quant un dia sobrevisgué a la font una nova y gran avinguda, s'ensorraren totes las casas del poble en pes al fons de la terra, la montanya baixá en massa, cubrí la superficie enfonsada y tot desaparegué com en una comedia de màgia desapareixen las decoracions. No quedá del poble de FENE ni una pedra, ni un indici que'l recordi, que indiqui lo lloch hont s'aixecava. Un arbre geganti que hi havia á la entrada del poble, no quedà sobre terra ni la rama mes alta Unicament com á recort d'aquella catastrofe, brolla la font al peu del qual m'ho han explicat [...].

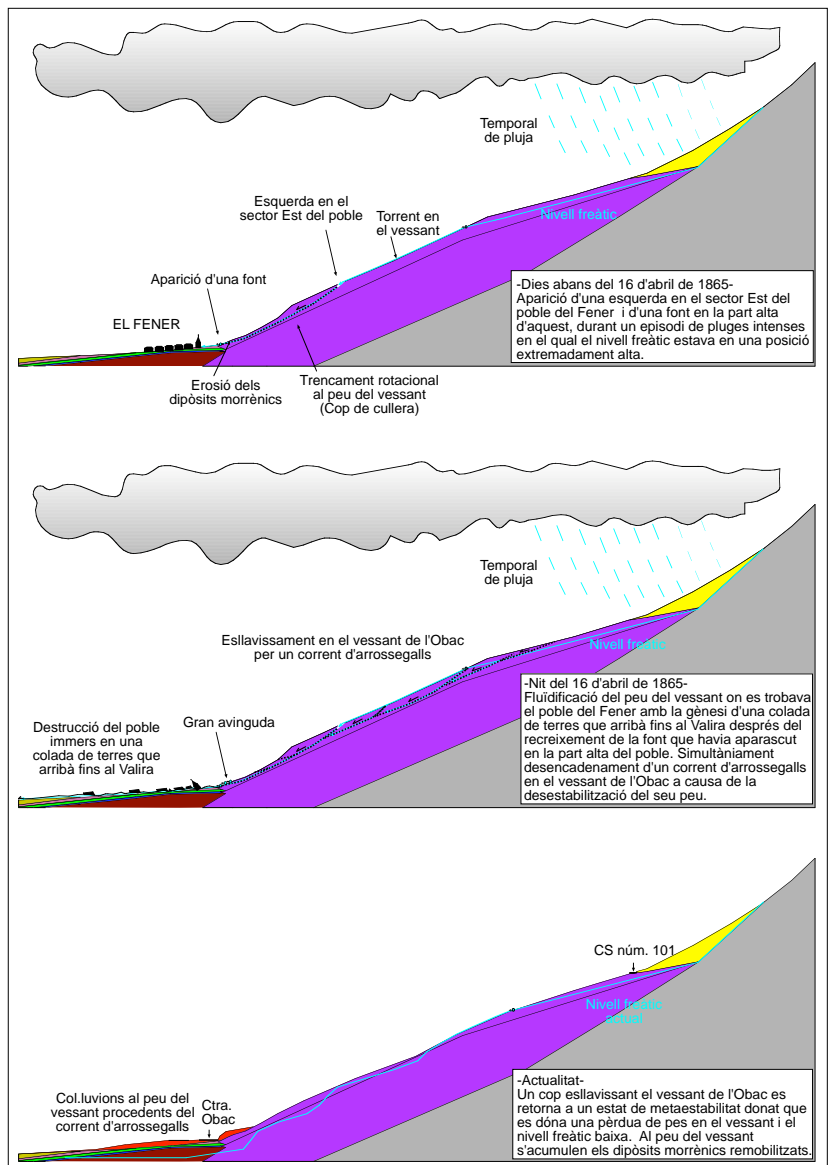
La interpretació geològica que hom dóna als fets en base als relats històrics és:

1) L'aigua va ser un factor important en l'origen de la destrucció del poble del Fener (episodi de pluges i nivells freàtics excepcionalment alts).

2) Va existir un fenomen inicial: trencament rotacional –o traslacional a mig vessant que incorporà aigua superficial augmentant la pressió intersticial al peu del vessant brollant fonts poc abans de l'esllavissament del vessant.

3) La destrucció del poble va ser per un moviment en massa amb característiques de flux, que podria englobar-se entre *debris* i *mud flow* (colada de terres).

4) El moviment en massa va arribar fins arribar al riu Gran Valira, que implica un viatge de prop de 400 metres des del peu del talús, la qual cosa denota una vegada més la importància que va tenir l'aigua en aquest moviment de massa. Encara es pot observar en un mapa topogràfic com el curs fluvial fou afectat en la plana d'Andorra i Escaldes pel flux.



5) Contemporàniament al flux del peu del vessant s'instabilitzaren part dels sediments morrènics del vessant de l'Obac en forma de corrent d'arrossegalls cobrint l'indret on s'aixecava el poble del Fener.

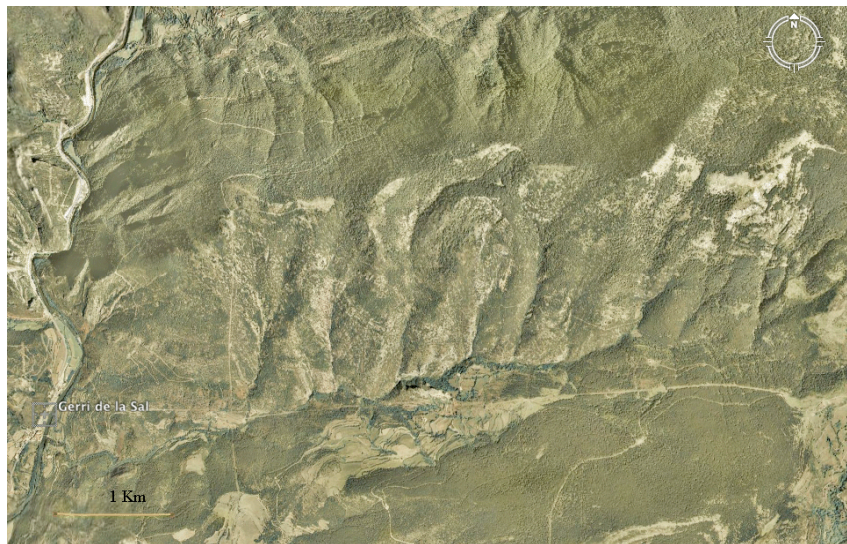


Vessant del Fener (2008), expedient D-003.01.03

En certes excavacions de la zona limítrofe d'Escaldes i Andorra s'han pogut trobar antics vestigis arqueològics i sedimentaris de l'esllavissament.

A3.4.2 Cas del barranc d'Enseu a Gerri de la Sal (1903)

El barranc d'Enseu de poc menys de 10 Km² de superfície desemboca a la Noguera Pallaresa a l'alçada de Gerri de la Sal pel seu marge oriental.



El barranc d'Enseu al 1903 va provocar una important avinguda cap el riu Noguera Pallaresa generant el seu desbordament als salins d'aquesta localitat i la seva anegació.



Barranc d'Enseu i monestir de Santa Maria de Gerri de la Sal, anys 1903 i 2008
(Font: Llibre Imatges i Records de l'ajuntament de Baix Pallars, 1996)

Per la importància del fet es decidí la correcció hidrològicoforestal de la conca del barranc d'Enseu.



Correcció hidrologicoforestal del barranc d'Enseu. Moments previs als treballs del segon dic. Observeu els "pigalls" a la lleda de l'esmentat barranc i un treballador a sobre (1904). (Font: Llibre Imatges i Records de l'ajuntament de Baix Pallars, 1996)

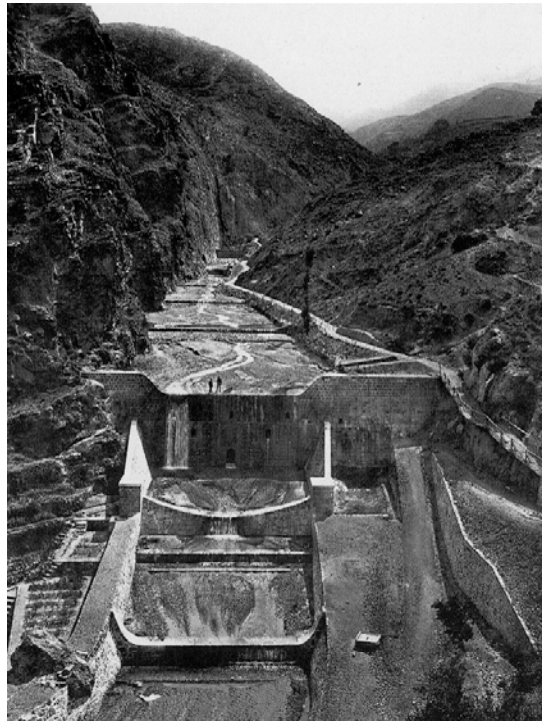


Detall del primer tram de la correcció hidrologicoforestal del barranc d'Enseu (1907). Al fons la Noguera Pallaresa i Gerri de la Sal. (Font: Llibre Imatges i Records de l'ajuntament de Baix Pallars, 1996)



Primer dic i contradic ultims del barranc d'Enseu (1907). Aquestes van ser de les primeres obres de correcció que es van fer a l'Estat espanyol.

(Font: Llibre Imatges i Records de l'ajuntament de Baix Pallars, 1996)

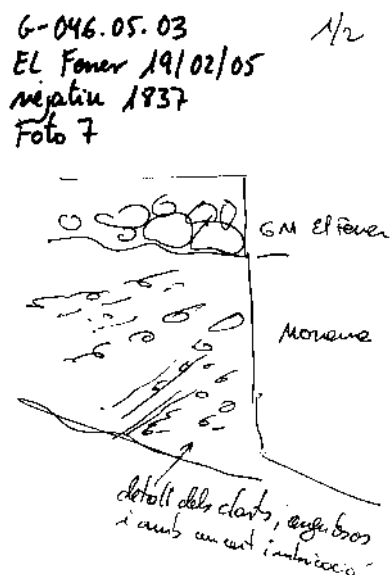


Vista panoràmica de 1907. A baix, a l'esquerra pot apreciar-se un bloc rocós encaixonada pel mur de mamposteria. (Font: Llibre Imatges i Records de l'ajuntament de Baix Pallars, 1996)

A3.5 Grau 5: Corrent d'arrossegalls associats a canvis climàtics

El grau 5 a Andorra queda reservat a antics dipòsits producte de corrents d'arrossegalls que tenen a veure, principalment, amb la deglaciació. La fosa de les geleres pleistocenes a les valls andorranes ha comportat la formació de certs dipòsits amb mecanismes de sedimentació similars a la de corrents d'arrossegalls, però que avui dia són impossibles de generar.

Aquest és el cas de la major part dels grans cons de dejecció formats de forma posterior o sincrònicament a la retirada dels fronts glacials. Podem citar com a exemple el conus de dejecció de la Nogreda, Obac d'Escaldes o els conus de dejecció de l'Obac d'Encamp, en on s'han detectat capes amb important consolidació que s'interpreten com tills subglacials. En el cas de l'Obac d'Escaldes ha estat possible la seva observació a partir dels desmunts d'edificació.



A4 CICLICITAT DE CORRENTS D'ARROSSEGALLS:

En base a les obres de moviment de terres efectuats al país s'ha pogut observar l'arquitectura interna dels conus de dejecció. En certs casos aquesta està finament estratificada i classificada (conus de dejecció del Pedral a Encamp), mentre que en d'altres casos pot ser caòtica i molt sobtada (conus de dejecció de Lluixent Passader al Solà d'Andorra). En tots els casos el gruix sedimentari en l'àpex del conus de dejecció és molt important en certs indrets del País

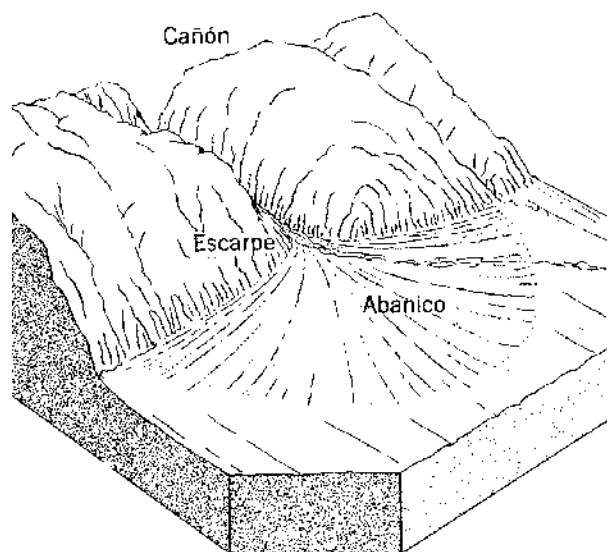


FIGURA 17.8. Abanico aluvial simple. (Según A.N. Strahler)



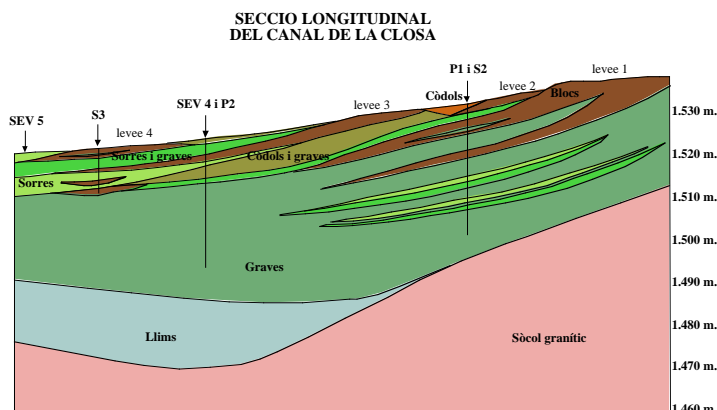
Canal del Mener (2008)

Alguns dels conus de dejecció han estat datats per ^{14}C per la Fundació Marcel Chevalier, com és el cas de la canal del Mener a Andorra la Vella, la canal de l'Allau a Engolasters i la canal de Lluixent Passader al Solà d'Andorra la Vella.

Pel cas de la canal del Mener, actualment no presenta una important activitat perquè no disposa de material en capçalera, però l'inici de l'activitat ha estat datada en 3.977 anys cal BP. Donat que la mostra es va agafar a la part final del conus de dejecció a una profunditat de 5 metres, la taxa de sedimentació és de 0,13 m/100 anys.

En el cas del Cedre (canal de Lluixent Passader), gràcies a les excavacions arqueològiques i les datacions de ^{14}C efectuades per Turu & Planas (2005) han permès identificar una taxa de sedimentació de 0,9 m/100 anys.

Un altre corrent d'arrossegalls estudiat és el de la canal de l'Allau o font de la Closa a Engolasters. Aquesta va generar un corrent d'arrossegalls per les riuades del 1982, efectuant una important aportació de material a la plana d'Engolasters.



Canal de l'Allau a la Tossa Braibal, Engolasters (2008) i estratigrafia del subsòl de la Plana d'Engolasters a l'alçada de la font de la Closa (D-001.01.03)

L'estratigrafia del subsòl indica una ciclicitat d'esdeveniments, podent-se observar clarament 4 generacions de levées en els primers 15 metres i 2 levées més fins una fondària de 8 metres.

Aquests materials han estat datats al 2005 per ^{14}C , la base del registre sedimentari que correspon a sediments glacials presenta una edat de 18.716 anys cal BP, mentre que a uns 30 metres de profunditat l'edat és de 9.610 anys cal BP. Donat que s'identifiquen 6 esdeveniments sedimentaris (inclòs el de 1982) la ciclicitat dels mateixos és de 1.600 anys. El gruix sedimentari de cada un d'aquests esdeveniments és d'uns 5 metres i la taxa de sedimentació en l'àpex seria de 0,31 m/100 anys. Per aquest cas particular hom conclou que a la Plana d'Engolasters únicament arriben episodis de grau 4, amb un període de retorn superior als 500 anys, mentre que per períodes de retorn inferiors els corrents no assoleixen la plana d'Engolasters i es queden reduïts al canal.

A4 RISC PER CORRENTS D'ARROSSEGALLS

Segons Liu & Lei (2003), com en altres avaluacions de riscos naturals, l'avaluació del risc per corrents d'arrossegalls ha estat normalment conduïda per tres nivells: Avaluació de la perillositat geològica, caracterització de la magnitud i la freqüència associada; avaluació de la vulnerabilitat, caracterització de la població i l'àrea exposada; i avaluació del risc que incorpora ambdues avaluacions (perillositat geològica i vulnerabilitat).

A4.1 Avaluació de la perillositat geològica per corrents d'arrossegalls

La perillositat geològica és considerada fonamentalment per 2 components dels corrents d'arrossegalls: la magnitud i la seva freqüència d'ocurrència (Liu, 1996; Ohmoni & Hirano, 1988; Fell, 1994).

L'estimació de la magnitud dels corrents d'arrossegalls que poden afectar la zona a edificar s'ha efectuat tenint en compte l'abast i la capacitat de destrucció que té el fenomen (velocitat i alçada d'afectació).

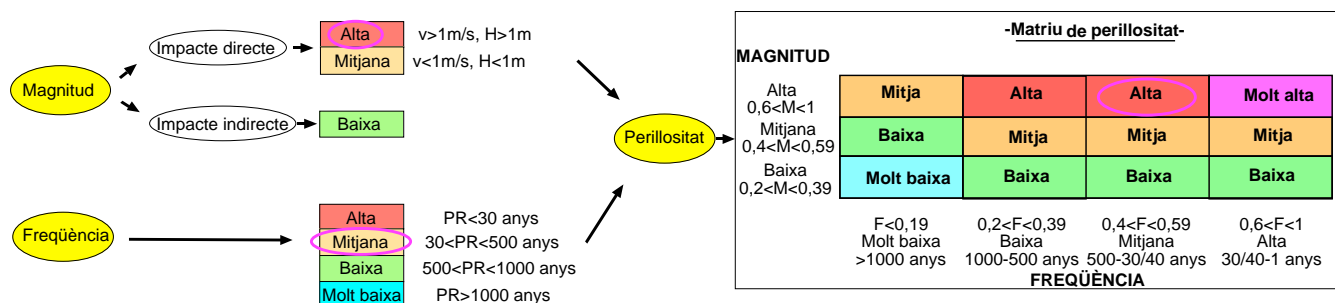
La perillositat per corrents d'arrossegalls reflexa l'amenaça potencial; en aquest estudi s'ha mesurat mitjançant una matriu en una escala de 0 (0%) a 1 (100%), tal com es descriu en les Nacions Unides (1991), i Deyle *et al.*, (1988). Veure quadre adjunt dels valors i la classificació suggerits per Liu & Lei (2003) per la perillositat per corrents d'arrossegalls, i matriu de perillositat.

La magnitud reflexa la dimensió de l'event, mentre que la freqüència el període de temps entre events d'una particular magnitud. Ambdós són vistos normalment de forma conjunta i tractats com a variables fortuïtes. Magnitud i freqüència generalment estan relacionats per una relació no lineal negativa (Alexander, 1995; Gardner, 1996; Van Steijn, 1996; Hungr, 1997), el que significa que la freqüència d'ocurrència decreix quan la magnitud de l'event augmenta, o el que és el mateix, que el període de retorn augmenta quan la magnitud de l'event augmenta.

Perillositat (P)			
Molt baixa	0,0-0,2	Grau 1	PR<30
Baixa	0,2-0,4	Grau 2	PR <50
Mitjana	0,4-0,6	Grau 3	PR <100
Alta	0,6-0,8	Grau 4	PR > 100
Molt alta	0,8-1,0	Grau 5	-
Liu & Lei (2003)		Andorra	

A4.1.1 Exemple d'avaluació

El model i la interpretació d'una superfície topogràfica donada tenint en compte els criteris morfològics del terreny i les infraestructures antròpiques que pugui presentar una parcel·la afectada per impactes directes per corrents d'arrossegalls alçades d'afectació superiors a 1 metre i velocitats superiors a 1m/s; i la freqüència d'afectació de la parcel·la d'estudi per corrents d'arrossegalls és mitjana, per tant es pot qualificar el terreny com de **perillositat alta** (veure quadre adjunt).



Per corrents d'arrossegalls d'aquestes característiques s'associa una **perillositat alta (valor de perillositat $[0,5+0,8]/2=0,65$)**. Perquè presenten una freqüència compresa entre els 30 i 500 anys (freqüència mitjana), i una magnitud alta en la parcel·la.

A4.2 Avaluació de la vulnerabilitat

La vulnerabilitat és una mesura de la potencialitat màxima de pèrdues (humanes i materials) degudes a danys d'un event per una específica localitat i durant un període de temps referenciat (Liu & Lei, 2003). També es mesura en una escala de 0 (0%) a 1 (100%). Així mateix cal tenir també present que per caracteritzar els danys d'un event són necessaris dos components: magnitud i freqüència; i que cal avaluar factors físics, econòmics, ambientals i socials.

Vulnerabilitat (V)	
Molt baixa	0,0-0,2
Baixa	0,2-0,4
Mitjana	0,4-0,6
Alta	0,6-0,8
Molt alta	0,8-1,0
Liu & Lei(2003)	

A4.3 Avaluació conjunta del risc en la parcel·la d'estudi

Aquesta avaluació incorpora ambdues avaluacions (perillositat geològica i vulnerabilitat) per la parcel·la d'estudi.

L'avaluació conjunta del risc s'ha efectuat tenint en compte que el risc és una mesura dels potencials danys tant personals com materials davant una particular perillositat geològica en una àrea concreta durant un període de referència. El risc reflexa nivells del producte conjunt de perillositat geològica i vulnerabilitat. El risc geològic per corrent d'arrossegalls també reflexa la potencial amenaça i es mesura en una escala de 0 (0%) a 1 (100%) (Nacions Unides, 1991; Deyle *et al.*, 1988).

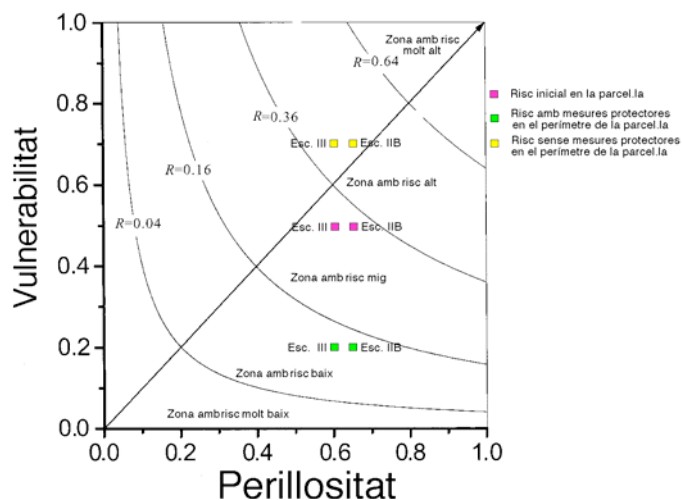
$$R = P \times V$$

R = Risc

P = Perillositat

V = Vulnerabilitat

Així doncs, l'anàlisi conjunt manifesta que el risc geològic inicial en la parcel·la davant la modelització de corrents d'arrossegalls segons diversos escenaris pot representar-se en el següent gràfic:



En base a la classificació del risc davant dels corrents residuals de Liu i Lei (2003) hom considera com a valors de risc residual pot ser acceptable per una zona urbana si és inferior a 0,16.

	Risc (R=P×V)	Perillositat (P)	Vulnerabilitat (V)
Molt baix	0,00-0,04	0,0-0,2	0,0-0,2
Baix	0,04-0,16	0,2-0,4	0,2-0,4
Mig	0,16-0,36	0,4-0,6	0,4-0,6
Alt	0,36-0,64	0,6-0,8	0,6-0,8
Molt alt	0,64-1,00	0,8-1,0	0,8-1,0

Classificació de la perillositat, vulnerabilitat, i risc davant el risc per corrents d'arrossegalls (Liu & Lei, 2003).