

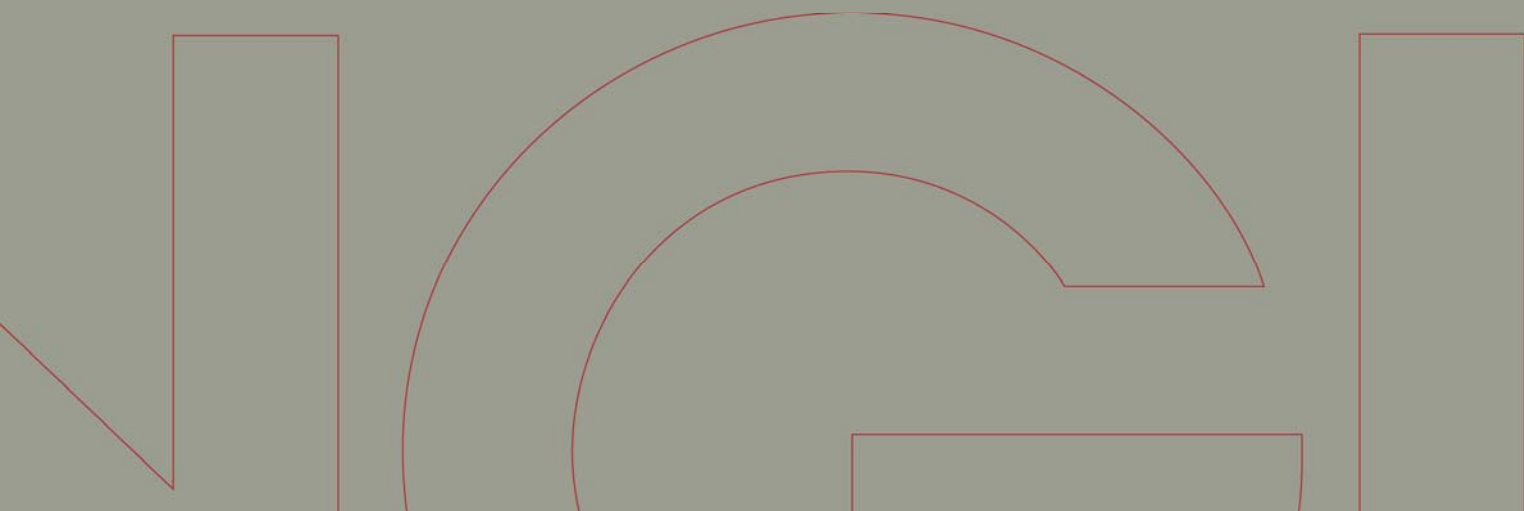


Rapport / Report

Evaluarea riscurilor Roșia Montană, România

Evaluarea riscurilor asociate
barajului aferent Sistemului Iazului
de Decantare Corna

20081558-1
27 Aprilie 2009



Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere dette før bruk av dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this before using this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Proiect

Proiect: **Evaluarea riscurilor
Roșia Montană, România**

Titlul raportului: **Evaluarea riscurilor asociate barajului
afereț Sistemului lazului de Decantare
Corna**

Raport nr.: 20081558-1
Data: 27 Aprilie 2009

Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

T (+47) 22 02 30 00
F (+47) 22 23 04 48

BIC No. DNBANOKK
IBAN NO26 5096 0501 281
Company No.
958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Client

Client: S.C. Roșia Montană Gold Corporation S.A.
Persoana de contact din
partea clientului: Horea Avram
Referință aferentă
contractului: Contract de prestări servicii profesionale încheiat
între Institutul Norvegian de Geotehnică și
compania S.C. Roșia Montană Gold Corporation
S.A.
Datat 2008-12-09

Din partea Institutului Norvegian de Geotehnică

Manager de proiect: Suzanne Lacasse

Raport întocmit de: Suzanne Lacasse

Echipa care a realizat
documentul Kaare Høeg
Farrokh Nadim
Unni K. Eidsvig
Tini van der Harst

S.C. Roșia Montană Gold Corporation S.A. a angajat Institutul Norvegian de Geotehnică pentru a realiza o analiză a riscurilor și pentru a estima probabilitatea ca barajul aferent sistemului iazului de decantare din Corna, Roșia Montană să nu funcționeze în mod corespunzător. Analizele efectuate au stabilit dacă barajul furnizează un nivel de siguranță acceptabil în ceea ce privește deversarea de sterile și de apă și dacă sunt necesare măsuri adiționale de reducere a riscurilor.

Raportul prezintă obiectivele lucrării, abordarea utilizată, precum și rezultatele analizelor în termeni de probabilități de apariție a unei avarii la coronamentul barajului sau o deversare de material steril peste coronamentul barajului. Vor fi definiți factorii principali necesari realizării analizelor de tip arborele de evenimente, factorii declanșatori, modurile de nefuncționare a barajului, condițiile care afectează funcționarea și consecințele potențiale.

Analizele de risc au fost efectuate prin folosirea metodei „arborele de evenimente”, astfel încât să se determine dacă gradul de siguranță al barajului este suficient de mare pentru ca barajul să facă față la deversările „necontrolate” de sterile și apă pe parcursul duratei sale de exploatare. Această tehnică identifică mecanismele avariilor potențiale și urmărește modalitatea în care o serie de evenimente pot să conducă la nefuncționarea unui baraj. Se va cuantifica probabilitatea aferentă fiecărui scenariu, având în vedere existența unui eveniment care să declanșeze inițierea sa. Analiza riscurilor prin metoda arborele evenimentelor a luat în considerare barajul la diferite momente din cadrul dezvoltării sale și a calculat probabilitatea ca barajul să nu funcționeze în mod corespunzător. S-a definit funcționarea necorespunzătoare a barajului ca fiind o deversare necontrolată de sterile și de apă rezultată de la baraj pe un anumit interval de timp. Deversarea poate să fie determinată fie de o avariere a coronamentului barajului, fie de o deversare peste acest coronament fără ca acesta să fie avariat.

Analizele au luat în considerare scenarii critice, inclusiv toate modalitățile posibile de nefuncționare a barajului Corna în condițiile unor factori declanșatori extremi, de tipul unui cutremur neobișnuit de mare și care apare extrem de rar și un eveniment de precipitație extremă într-o perioadă de 24 de ore.

Analizele de detaliu a riscurilor, prin utilizarea abordării arborele evenimentelor, sunt menite să înlocuiască scenariile extreme anterioare ce au fost realizate pentru situația în care apare o avariere a barajului și care au fost prezentate în Raportul la Studiul de Evaluare a Impactului asupra Mediului (Raportul asupra Studiului de Evaluare a Impactului asupra Mediului, Capitolul 7 "Riscuri", Mai 2006). Probabilitatea ca un asemenea scenariu extrem ce a fost anterior prezentat ca fiind modul în care apare avarierea barajului a fost considerată ca fiind mult prea mică pentru ca scenariile actuale să fie considerate ca realiste, având în vedere proiectul tehnic și caracteristicile propuse pentru iazul de decantare. Prin urmare, s-au avut în vedere alte scenarii cu o probabilitate mai mare de apariție pentru a efectua analizele de risc de tip arborele de evenimente.

Factorii principali avuți în vedere în analize au inclus: configurația barajului (baraj inițial, barajul pe perioada de construcție (perioada 3 ani, 9-12 ani) și barajul la final (16 ani); factori declanșatori, incluzând mișcarea seismică cauzată de un cutremur, precipitație extremă și/sau topire a zăpezii, alunecarea terenului natural în vale și scufundarea stivei de roci sterile Cărnici în corpul iazului de sterile; modurile de „avariere” includ: surparea fundației, instabilitatea în aval sau în amonte a taluzului barajului, deteriorarea piciorului și taluzului din aval, conductele, eroziunea internă, avarierea contrafortului care să fie urmată de o rupere a acestuia, precum și lichefierea sterilelor; de asemenea, s-au avut în vedere și condițiile aferente unor asemenea deficiențe de construire, reacția inadecvată a echipei de control și modificările aferente graficului de construire. Acești factori au fost integrați în analizele de risc de tip arborele de evenimente.

Proiectul tehnic final aferent barajului Corna încă nu este finalizat, fiind evaluate riscurile asociate proiectului tehnic inițial („proiect tehnic aferent nivelului studiului de fezabilitate”). Evaluarea stării de siguranță a avut în vedere investigațiile ulterioare planificate a fi realizate pentru proiectul tehnic final, precum și programul de instrumentare și monitorizare propus

pentru baraj. Acestea sunt descrise în documentele emise după realizarea proiectului tehnic preliminar în anul 2005.

Analizele au avut următoarele rezultate:

- Nici una dintre succesiunile de accidente plauzibile nu are ca rezultat o probabilitate ca barajul să nu funcționeze în mod corespunzător care să fie mai mare de 10^{-6} pe an (o dată la un milion de ani).
- Probabilitățile estimate pentru o nefuncționare a barajului sunt mai scăzute decât cifrele care sunt folosite drept criteriu de referință pentru orice baraje sau orice alte structuri de acest tip din lume și mai scăzute decât probabilitățile asociate nefuncționării majorității altor construcții civile. Analizele de risc de tip arborele de evenimente sugerează faptul că probabilitatea de nefuncționare a iazului de decantare este de aproximativ de 100 de ori mai mică decât probabilitatea de nefuncționare a unor baraje similare din lume.
- Nici una dintre analizele de tip arborele evenimentelor nu prezintă consecințe mai severe decât apariția unor pagube materiale reduse și a unei contaminări limitate, ambele apărând în vecinătatea din aval a barajului. În cazul unei avarieri a barajului inițial, întreaga cantitate de material deversat va fi reținută de către sistemul secundar de retenție. În cazul unei avarii maxime plauzibile a barajului final aferent iazului de decantare Corna, deversarea va fi mai mică decât cantitatea de aproximativ 250.000 m³ de sterile și 26.000 m³ de apă.
- Probabilitățile scăzute de apariție ce au fost calculate sugerează faptul că nu este nevoie de aplicarea vreunei măsuri de diminuare a efectelor. Instrumentarea și monitorizarea derulate pe perioada de construcție și de funcționare a barajului sunt probabil cele mai eficiente metode de reducere și mai mult a gradului de risc asociat acestei construcții.

Scenariile modelate, cu o probabilitate de apariție de o dată la un milion de ani, rezultă în volume considerabil mai mici decât cele estimate în cadrul scenariilor extreme aferente avarierii barajului și care au fost prezentate anterior în Studiul de evaluare a impactului asupra mediului. Scenariile studiate prin intermediul analizelor de tip arborele evenimentelor nu au indicat apariția de pagube (poluări) excepție făcând imediata vecinătate din aval. Nu vor exista efecte transfrontieră.

Factorii de proiectare care influențează această probabilitate includ: utilizarea de rocă de bună calitate pentru realizarea suprafeței din aval a barajului, taluzuri line în aval prevăzute atât pentru barajul inițial, dar mai ales pentru barajul final, capacitatea de stocare a barajului pentru retenția apei provenită din precipitații extreme, deversor pentru deversarea controlată a cantităților de apă în exces, precum și monitorizarea planificată din punct de vedere a siguranței barajului pentru a avertiza din timp orice semne care să confirme o anume funcționare neprevăzută a barajului. Acești factori, alături de concentrația redusă de cianură prezentă în steril contribuie la reducerea gradului de risc.

1	DATE GENERALE	5
1.1	Proiectul Roșia Montană	5
1.2	Cerințe prevăzute în cadrul proiectării	5
1.3	Grafic construcție	6
1.4	Documente de referință	7
1.5	Rezultatele investigației geomorfologice derulate la Roșia Montană	8
1.6	Conținutul raportului	8
2	DOMENIU	9
3	ABORDARE	10
4	FACTORII PRINCIPALI DIN CADRUL ANALIZELOR ARBORELUI EVENIMENTELOR	11
4.1	Configurațiile barajului	11
4.2	Factori declanșatori care pot conduce la o avariere a barajului	12
4.3	Moduri de nefuncționare (moduri de tip „avariere”)	12
4.4	„Funcționarea” și „nefuncționarea” barajului	15
4.5	Baza proiectului tehnic	16
5	ESTIMAREA PROBABILITĂȚII DE NEFUNCȚIONARE A BARAJULUI	16
5.1	Selectarea modului de nefuncționare	16
5.2	Rezumatul analizelor	18
5.3	Prezentarea rezultatelor	19
5.4	Măsuri posibile de îmbunătățire	20
6	SUMAR ȘI CONCLUZII	20
	Referințe bibliografice	22
ANEXA A	ANALIZE DE TIP ARBORELE EVENIMENTELOR	
ANEXA B	UNDĂ SEISMICĂ: PROBABILITĂȚI AFERENTE ACCELERĂȚIEI MAXIME A TERENULUI ORIZONTAL (PGA)	
ANEXA C	PROBABILITATEA DE AVARIERE A BARAJELOR ÎN LUME	

1 DATE GENERALE

S.C. Roșia Montană Gold Corporation S.A. (RMGC) a cerut Institutului Norvegian de Geotehnică să efectueze analize a riscurilor pentru a cuantifica pe cât de corect posibil probabilitatea nefuncționării barajului aferent sistemului iazului de decantare Corna, Roșia Montană. Analizele vor stabili dacă barajul oferă un nivel de siguranță acceptabil față de o deversare „necontrolată” de sterile și de apă și dacă și dacă sunt necesare măsuri adiționale de reducere a riscurilor. Anexa D include un rezumat de o pagină a organigramei și activităților desfășurate de Institutul Norvegian de Geotehnică.

1.1 Proiectul Roșia Montană

Proiectul Roșia Montană este localizat în apropierea satului Roșia Montană din județul Alba, la o distanță de aproximativ 80Km Nord-Vest de municipiul Alba Iulia și la 85Km Nord-Nord-est de orașul Deva, în partea vest – centrală a României. Proiectul acoperă zona minieră existentă în Roșia Montană, la Nord-Est de orașul Abrud, în Munții Apuseni din Transilvania.

Proiectul Roșia Montană va diminua efectele pe care exploatarea miniere le-au avut asupra mediului prin interceptarea și retenția apelor contaminate, tratarea acestor ape, precum și prin izolarea și reabilitarea haldelor de rocă sterilă existente în cadrul limitelor proiectului. Proiectul Roșia Montană va fi proiectat din punct de vedere tehnic astfel încât acesta să respecte standardele internaționale, să folosească cele mai bune tehnici disponibile și să aplice practicile de management dovedite la nivel internațional pentru a exploata în condiții de siguranță și pentru a proteja mediul. Sunt de asemenea prevăzute planuri de anvergură pentru curățarea condițiilor actuale de mediu ce au fost cauzate de exploatarea minieră anterioară desfășurată pe parcursul a peste 2000 de ani în zonă.

Proiectul Roșia Montană va genera sterile la o rată de aproximativ de 13 Mt/a, timp de aproximativ 17 ani, producând sterile de procesare ca urmare a preparării unei cantități de aproximativ 215 Mt de minereu. Exploatarea minieră și procesul de preparare propuse necesită construirea și operarea iazului de decantare în Valea Corna, vale care este localizată în partea de sud a amplasamentului uzinei.

Iazul de decantare include un baraj inițial ca primă etapă în construirea barajului Corna, un sistem secundar de retenție, un sistem de transport a sterilului, un sistem de recuperare a apei și o stivă de rocă sterilă. Iazul de decantare este proiectat astfel încât acesta să fie un depozit al reziduurilor sterile tratate. Amplasamentul iazului de decantare din Valea Cornii va furniza capacitatea de stocare necesară, așa cum a fost prevăzută în cadrul proiectării pentru întreaga durată de viață a exploatarea, plus o capacitate adițională de rezervă pentru situații neprevăzute.

1.2 Cerințe prevăzute în cadrul proiectării

Cerințele de proiectare pentru barajul inițial și pentru barajul final al iazului de decantare Corna formează baza aferentă evaluării riscurilor. Compania MWH (2007) a rezumat criteriile de proiectare aferente barajului. Cele mai semnificative cerințe care au influențat probabilitățile rezultate din analizele asupra riscurilor, includ:

- Înălțimea de gardă operațională, la orice moment dat, este cu un metru peste înălțimea care permite retenția sterilelor în cadrul iazului de decantare și a volumelor de apă asociate unui număr de 2 evenimente de inundații maxim probabile (PMP); înălțimea de gardă conduce la stocarea unei capacități la orice moment dat a două PMP (ceea ce echivalează cu un volum 5,5 milioane m³), ceea ce corespunde unei capacități aferente a două inundații 1/10.000-ani care să apară în decurs de 24 de ore;
- Taluzuri line pentru barajul inițial ($\approx 2H:1V$ amonte și $\approx 2H:1V$ aval);
- Taluzuri line pentru taluzurile aferente barajului Corna ($3H:1V$);

- Materialul provenit din cariera de piatră Șulei să fie folosit pentru construcția barajului inițial (anrocamente de foarte bună calitate);
- Dacit dur folosit pentru barajul Corna (final) (anrocamente de foarte bună calitate);
- Plaja sterilelor „bine drenată” la taluzul din amonte al barajului acolo unde echipamentele pot fi mutate în vederea reparării în cazul apariției unei deplasări sau a unei ruperi parțiale;
- Sistemul secundar de retenție cu capacitate de retenție de 43.000 m³ atunci când barajul este complet construit, în anul 16; în primii ani de construcție, sistemul secundar de retenție dispune de o capacitate de retenție mult mai mare;
- O rata de supraînălțare de 6m pe an după anul 4 și ulterior;
- Deversor pentru deversarea controlată a apei rezultate dintr-un eveniment de inundare care apare 1 la 10 ani;
- Canale de deviere de-a lungul laturilor văii pentru a permite devierea apelor de șiroire în exces rezultate din luciul de apă al iazului de decantare pentru a minimaliza riscul aferent deversării peste nivelul coronamentului barajului;
- Un sistem comprehensiv de monitorizare geotehnică pentru supravegherea stării de siguranță;
- Control riguros al construirii efectuat de proprietar și de contractant/inginer.

Investigațiile de detaliu realizate în amplasament precum și câteva analize avansate, analizele asupra reacției dinamice în condițiile unei încărcări cauzate de un cutremur și analiza aferentă stabilității supraînălțării axului central din amonte în situația lichefierii sterilelor vor fi efectuate ca parte a proiectului tehnic de detaliu.

RMGC s-a angajat să realizeze revizuirii periodice și să aducă la zi evaluarea de risc atunci când s-a proiectat tehnic final a fost realizat și la anumite momente cheie din graficul de construcție și în cazul în care apare un eveniment neprevăzut. Aceste revizuirii vor asigura ca o minimă cerință conformarea comportamentului pe care iazul de decantare îl are cu concluziile prezentului raport. Institutul Norvegian de Geotehnică este de acord cu faptul că asemenea etape ce vor fi parcurse vor oferi documentații adiționale aferente proiectului tehnic și funcționării corespunzătoare. Mai mult de atât, dacă barajul este construit în conformitate cu proiectul tehnic și apar modificări ulterioare, probabilitatea de nefuncționare va scădea în timp și gradul de siguranță aferent obiectivului minier iaz de decantare va crește în timp, pe măsură ce gradul de risc poate fi actualizat cu datele noi conform cărora barajul s-a comportat în mod corespunzător pe o perioadă de timp dată.

În special atunci când proiectul tehnic este complet, se vor include în analiza de risc și se vor stabili rezolvări pentru următoarele probleme (1) potențial pentru producerea de alunecări de teren; (2) limitările aferente modelării hidrogeologice (3) caracterizarea condițiilor prezente în cadrul amplasamentului barajului care să fie realizată la cel mai ridicat standard profesional în domeniu; (4) structura și duritatea rocii de fundament; (5) materialul utilizat pentru nucleul barajului inițial ; (6) controlul exfiltrațiilor aferent barajului principal și modelarea acestor exfiltrații; (7) geo-caracteristicile (duritate și permeabilitate) aferente materialelor argiloase utilizate pentru construirea barajului și controlul exfiltrațiilor.

1.3 Grafic construcție

Barajul Corna are graficul de execuție prezentat în tabelul 1 de mai jos. În cadrul analizelor probabilistice vom face referire la configurațiile barajului A, B, C și D.

Tabel 1 Grafic construcție

Timp t (ani)	Etapă construcție	„Configuratia” barajului
-1,5 -0	Construire baraj inițial	
0	Pornirea morii	
0 – 1,25	Rambleiere baraj inițial, inițierea funcționării barajului	A la momentul = 1,25 ani
2	Aval, prima etapă se încheie	
3	Aval, a doua etapă se încheie	
4	Se încheie prima supraînălțare a axului central	B la momentul = 4 ani
9	Aproximativ la jumătatea construirii axului central aferent barajului Corna	D la momentul = 9-12 ani
16	Se încheie construirea barajului Corna	C la momentul = 16 ani

1.4 Documente de referință

Institutul Norvegian de Geotehnică a studiat documentele tehnice disponibile, inclusiv documentele geologice, geomorfologice și topografice, precum și pe cele aferente proiectului tehnic întocmite pentru barajul inițial și pentru barajul final Corna, împreună cu secțiunea care detaliază riscurile din cadrul Studiului de evaluare a impactului asupra mediului. Principalele documente studiate includ:

MWH

Studii tehnice aferente Barajului Corna: Raport tehnic de revizuire, Martie 2005.

MWH

Studii tehnice aferente Barajului Corna: Raport tehnic de revizuire, 2008.

MWH

Impacturi aferente EIM. Iazul de decantare a sterilelor Corna. Scenarii de avariere a barajului. Memoriu Tehnic, Martie 2006

MWH

Raport 2006/2007 asupra datelor rezultate ca urmare a testelor geotehnice de laborator - revizuirea 0 emis spre informare, Februarie 2008

MWH

Criterii tehnice de proiectare aferente barajelor pentru managementul sterilelor si apei, Revizuirea din luna mai a anului 2007.

S.C. Roșia Montană Gold Corporation S.A.

Raport asupra Evaluare a Impactului asupra Mediului, Capitolul 7 „Riscuri”.

Echipa de proiectare a Evaluării Impactului asupra Mediului

9. Rezumatul fără caracter tehnic, Raportul asupra Evaluării Impactului asupra Mediului Volumul 19, Mai 2006.

Grupul Independent al Experților Internaționali (IGIE)

Raport de evaluare: Studiul de Evaluare a Impactului asupra Mediului pentru Proiectul Roșia Montană, Nov. 2006.

Stematiu, D.

Revizuire tehnică/Raport de aprobare a documentației tehnice referitoare la barajul iazului de decantare Corna, Nov. 2006.

Chandler, R.J.
Investigație scurtă din punct de vedere geomorfologic Roșia Montană, România, Decembrie 2008

Profilele geologice și hărțile geologice ale Văii Corna.

1.5 Rezultatele investigației geomorfologice derulate la Roșia Montană

Ca parte a investigației, s-a realizat un studiu geomorfologic și un raport de către profesorul emerit Dick Chandler, Colegiul Imperial de Științe și Tehnologie (Chandler, 2008). Investigația geomorfologică a fost realizată pentru a stabili probabilitatea de apariție a riscurilor geologice pentru construirea și funcționarea barajului Corna, pentru luciul de apă a iazului și pentru stiva de steril din Roșia Montană, făcând referire la posibilitatea de a avea alunecări de teren anterioare în cadrul amplasamentului. Raportul întocmit de domnul Chandler (2008) a concluzionat:

„Există fără îndoială în cadrul straturilor argiloase din cadrul Proiectului unele zone extensive de alunecare, însă în afară de regiunea în care se află stiva de sol de decopertă de pe malul stâng în aval de amplasamentul barajului, aceste zone nu par să pună probleme de ordin tehnic.

Există trăsături de tipul alunecărilor de teren la coronamentul taluzului malului stâng din cadrul amplasamentului barajului; acestea pot fi rezultatele unei alunecări de mari dimensiuni prin rotire, însă se pot face și alte interpretări. Recomand revizuirea fișelor forajelor efectuate în această zonă pentru a examina dacă există dovezi referitoare la alunecările de teren de sub suprafață.

Deși terenul prezintă în alte părți ondulații, nu există dovezi clare de alunecări de teren. De exemplu, topografia locației stivei de rocă sterilă Cârnic oferă impresia alunecării de teren. În ciuda acestui fapt, câteva ziduri de retenție formate din blocuri mari de beton care susțin partea superioară a drumului arată foarte puțin că aceste blocuri ar putea fi capabile să oprească alunecări de teren de mică adâncime.

Ridicăturile existente pe taluzul dealului par să fie perfect stabile, ceea ce nu cred că s-ar fi putut dacă fundamentul lor era alcătuit din zone pe-existente de alunecare de teren."

În anul 2009 se va inițializa un program de foraje pentru a confirma concluziile domnului profesor Chandler.

Fără a se ține cont de concluziile de mai sus, analizele de risc vor lua în considerare posibilitatea de apariție a alunecărilor de teren pe taluzurile văii și afectarea capacității de funcționare și stocare atât a barajului inițial, cât și a barajului Corna.

1.6 Conținutul raportului

Acest raport prezintă obiectivele lucrării, abordarea folosită, precum și rezultatele analizelor, în termeni de probabilități de apariție aferente unei avarii a barajului sau a deversării peste creasta barajului. Factorii principali pentru analizele de tip arborele de evenimente sunt prezentați pe scurt, iar factorii declanșatori, modurile de nefuncționare, condițiile care afectează funcționarea și consecințele potențiale sunt definite înainte de a face revizuirea analizelor necesare.

Secțiunea nr. 3 descrie abordarea de tip arborele de evenimente și oferă referințe cu privire la această metodă. Secțiunea nr. 4 prezintă definițiile și factorii considerați în cadrul analizelor de tip arborele evenimentelor, iar Secțiunea nr. 5 prezintă probabilitățile calculate de nefuncționare. Secțiunea 6 rezumă rezultatele obținute. În cadrul secțiunii nr. 5 sunt prezentate rezultatele cantitative sub formă tabelară. Fiecare analiză de tip arborele evenimentelor, precum și motivația probabilităților rezultate sunt prezentate în Figurile A1 până la A19 din cadrul Anexei A.

Anexa B prezintă o analiză a probabilităților utilizate pentru accelerațiile maxime ale terenului descriindu-se factorii declanșatori ai mișcării seismice provocate de cutremur. Anexa C prezintă probabilitatea de avariere a câtorva baraje din lume, în conformitate cu datele existente în literatura de specialitate. Anexa D prezintă o scurtă prezentare a Institutului Norvegian de Geotehnică.

2 DOMENIU

Pentru a stabili dacă barajul oferă un grad de siguranță acceptabil față de deversarea „necontrolată” de sterile și de apă de-a lungul duratei sale de viață, s-a utilizat o abordare de tip arborele de evenimente pentru efectuarea analizelor de risc.

Înainte de efectuarea analizelor de risc, reprezentanții Institutului Norvegian de Geotehnică au vizitat amplasamentul Roșia Montană în luna Octombrie a anului 2008 și au studiat toate materialele disponibile. Ca parte a vizitei în amplasament, s-a efectuat și un studiu geomorfologic.

În Ianuarie 2009, la București s-a organizat un workshop pentru dezvoltarea metodelor de tip arborele evenimentelor și pentru a ajunge la un consens în ceea ce privește cuantificarea riscurilor. În cadrul workshop-ului au participat experți în iazuri de decantare și în efectuarea de analize de risc și pericole. Participanți:

Mike Henderson, inginer, Tetra Tech Inc.
Profesor D. Stematiu, Universitatea București
Profesor Alexandru Ozunu, S.C. OCON ECORISK S.R.L.
Dr. Suzanne Lacasse, Institutul Norvegian de Geotehnică
Dr. Kaare Høeg, Institutul Norvegian de Geotehnică
Dr. Farrokh Nadim, Institutul Norvegian de Geotehnică
Dna. Unni K. Eidsvig, Institutul Norvegian de Geotehnică

Din partea companiei Gabriel Resources Ltd și a companiei S.C. RMGC S.A. au participat cinci persoane în cadrul workshop-ului pentru a furniza informațiile tehnice și operaționale necesare:

Yani Roditis, Gabriel Resources Ltd
Horea Avram, S.C. RMGC S.A.
Dna Cecilia Szentesy, S.C. RMGC S.A.
Hadrian Bobar, S.C. RMGC S.A.

Din partea proiectantului Montgomery Watson Harza Pty Ltd. (MWH) a participat o persoană în cadrul workshop-ului pentru a furniza informațiile tehnice necesare, în persoana domniei:

Phillip E. Crouse, inginer, MWH

DI. Pat Corser, inginer, tot din partea companiei MWH, a oferit clarificări utile prin intermediul telefonului și prin email.

Acest raport a fost inițial revizuit de participanții la acest workshop, domnul Mike Henderson, domnul profesor D. Stematiu și domnul profesor Alexandru Ozunu. Comentariile lor au fost

incluse în prezentul raport. Dl. Pat Corser, MWH, a revizuit de asemenea raportul și a confirmat corectitudinea particularităților și caracteristicilor barajului ce au fost utilizate în cadrul analizelor.

RMGC a constituit o comisie independentă de revizuire deoarece acest lucru reprezintă practica corectă pentru asemenea baraje de retenție, de mărimea barajului iazului de decantare de la Roșia Montana. Comisia a fost alcătuită din specialiști calificați în ceea ce înseamnă revizuirea proiectului tehnic, construirii și comportamentului avut în timpul construirii și după încheierea ei aferente iazului de decantare. Acest lucru reprezintă standardul de bună practică. RMGC s-a angajat să continue funcționarea acestei comisii care să ofere consiliere de-a lungul duratei de exploatare a iazului de decantare. Comisia este formată din domnul profesor Norbert R. Morgenstern, din cadrul Universității Alberta, din Edmonton, Canada și domnul Mike Henderson, din cadrul companiei Tetra Tech Inc., Denver, CO, USA. Acești doi consultanți dețin o experiență vastă ca ingineri în domeniul iazurilor de decantare a sterilelor și a altor tipuri de structuri similare de retenție.

Acest raport de evaluare a riscurilor a fost revizuit de cei doi membri ai comisiei independente de revizuire tehnică, domnul profesor Norbert R. Morgenstern și domnul Mike Henderson, iar comentariile pe care acești doi domni le-au avut au fost incluse în prezentul raport.

3 ABORDARE

Analizele de risc și a pericolelor implică defalcarea unui sistem complex în componente fundamentale și determinarea mecanismelor potențiale de „avarie” (care conduc la nefuncționarea barajului) și a proceselor fizice care pot fi cauza un asemenea mecanism. Un arbore al evenimentelor reprezintă o reprezentare vizuală a tuturor evenimentelor care pot să apară într-un sistem.

Abordarea de tip arborele evenimentelor [Vick (2002); Hartford and Baecher (2004); Ang and Tang (1984), Høeg (1996), și mulți alții] este o tehnică de identificare a mecanismelor potențiale de avarie. Abordarea furnizează o percepție clară a modului în care pot să apară o serie de evenimente care pot conduce la o nefuncționare a barajului. Se cuantifică probabilitatea fiecărui eveniment, având în vedere apariția unui eveniment declanșator. Pe măsură ce numărul de evenimente se mărește, ramurile arborelui se desfac la fel ca ramurile oricărui copac. Fiecare cale din cadrul arborelui evenimentelor reprezintă o secvență specifică de evenimente care are un rezultat particular. Evenimentele din secvență trebuie definite astfel încât acestea să fie exclusive una față de alta.

La momentul la care fiecare eveniment din cadrul arborelui primește o probabilitate, probabilitatea ramurii de evenimente rezultă din multiplicarea probabilităților de pe ramura respectivă. Rezultatul este un set de perechi frecvență-rezultat („avarie” sau „neavarie”). Probabilitatea totală reprezintă suma tuturor evenimentelor care contribuie la un rezultat.

În cadrul prezentei analize, arborii de evenimente prezintă succesiunea logică a evenimentelor sau a situațiilor din sistemul din jurul barajului Corna și identifică rezultatele posibile, precum și probabilitatea lor de apariție.

O ipoteză aferentă analizei de tip arborele de evenimente este faptul că pe lângă rezultatele analizelor de tip statistic și de determinare, experiența și judecățile de ordin tehnic sunt necesare. Pentru obținerea unei consistențe în ceea ce înseamnă evaluarea probabilităților (de la un expert la altul și de la o situație la alta), se utilizează de obicei o convenție, astfel încât probabilitățile să aibă o bază comună [Vick (2002); Hartford și Baecher (2004)] Pentru analizele de tip arborele evenimentelor din cazul Roșiei Montane, s-a utilizat următoarea scală:

<u>Descrierea verbală a nesiguranței</u>	<u>Probabilitatea evenimentului</u>
Imposibil	0,001
Foarte improbabil	0,01
Improbabil	0,10
Total nesigur	0,50
Probabil	0,90
Foarte probabil	0,99
Sigur	0,999

având următoarele definiții:

<i>Imposibil:</i>	un eveniment cauzat de condițiile și procesele fizice cunoscute care poate fi descris și specificat la un grad de siguranță aproape absolut.
<i>Foarte improbabil:</i>	posibilitatea nu poate fi exclusă pe baza motivelor de ordin fizic sau de altă natură.
<i>Improbabil:</i>	evenimentul este improbabil, însă se poate întâmpla.
<i>Total nesigur:</i>	nu există motive pentru a crede că un rezultat este mai mult sau mai puțin probabil să apară decât alt rezultat.
<i>Probabil:</i>	evenimentul este probabil, însă este posibil să nu apară.
<i>Foarte probabil:</i>	evenimentul este foarte probabil, însă este posibil să nu apară, deși ar fi surprinzător să nu apară.
<i>Sigur:</i>	un eveniment cauzat de condițiile și procesele fizice cunoscute care poate fi descris și specificat la un grad de siguranță aproape absolut.

Se poate discuta dacă se accentuează prea mult pe judecata de ordin tehnic în cazul folosirii abordării arborelui evenimentelor. Cu toate acestea, toate abordările probabilistice și de determinare a unor rezultate, inclusiv statistica datelor implică folosirea experienței și a judecăților de ordin tehnic și chiar mai mult, a acelor din domeniul ingineriei geologice.

4 FACTORII PRINCIPALI DIN CADRUL ANALIZELOR ARBORELUI DE EVENIMENTE

Analizele de acest tip au în vedere diferiți factori declanșatori, diferite moduri de nefuncționare a barajului Corna și diferite condiții care afectează posibilitatea unei funcționări necorespunzătoare.

4.1 Configurațiile barajului

Barajul inițial precum și barajul final Corna la înălțimea sa maximă au fost considerați în arbori diferiți de evenimente. S-au considerat de asemenea perioade intermediare. În cadrul analizelor probabilistice, arborii de evenimente fac referire la configurațiile barajului A, B, C și D, după cum sunt ele prezentate în Secțiunea 1.3 a prezentului raport. Configurația A corespunde perioadei 1,25 ani din cadrul scalei temporale prezentată în Tabelul 1 atunci când se umple barajul inițial și se inițiază operarea barajului, în timp ce se lasă și o capacitate suficientă pentru reținerea a două evenimente de precipitații maxim probabile (în conformitate cu criteriile prevăzute în proiectul tehnic). Configurația B corespunde anului 4 atunci când modalitatea de construire a barajului se modifică de la construcția prin supraînălțare înspre aval și se trece la construirea prin supraînălțare în ax a barajului Corna. Configurația C corespunde anului 16 atunci când

barajul Corna va atinge înălțimea sa maximă. Figura 1 prezintă planșe ale configurațiilor A, B și C. Configurația D reprezintă o perioadă intermediară (9-12 ani), fiind aproximativ perioada aflată la mijlocul procesului de construire a axului central a barajului Corna.

4.2 Factori declanșatori care pot conduce la o avariere a barajului

În cadrul analizelor s-au avut în vedere următorii factori declanșatori:

- 1) Mișcarea seismică provocată de un cutremur, poate conduce, spre exemplu, la o presiune interstițială ridicată, lichefiere, instabilitate a taluzelor, tasări a coronamentului, alunecări de teren în vale sau ale stimei de rocă sterilă, crăparea corpului barajului, scurgeri, eroziune internă.
- 2) Precipitații și/sau topiri de zăpezi extreme, pot conduce, spre exemplu, la presiune interstițială ridicată și alunecări de teren, putând rezulta și în apariția de inundații.
- 3) Alunecări de teren, pot să determine deplasarea apei și a sterilelor conducând la o deversare temporară peste baraj.
- 4) Alunecarea stivei de rocă sterilă în corpul iazului de decantare, poate să cauzeze deplasarea apei și a sterilelor conducând la o deversare temporară peste baraj.

Războaiele sau sabotajele, impactul avut de meteoriți sau alte evenimente extreme de acest tip care au o probabilitate de apariție mai mică de 10^{-7} pe an, nu au fost luate în considerare deoarece ar avea ca rezultat probabilități extrem de scăzute în ceea ce înseamnă nefuncționarea barajului încât ele nu mai pot fi realiste pentru a fi luate în considerare.

4.3 Moduri de nefuncționare (moduri de tip „avariere”)

S-au luat în considerare patru moduri de nefuncționare:

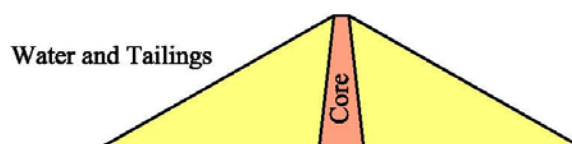
- 1) Avarierea fundației, spre exemplu ca urmare a unei presiuni interstițiale ridicate sau a unui strat slab din fundație care conduce la crăparea, instabilitatea și penetrarea barajului.
- 2) Instabilitate în aval și amonte a taluzurilor barajului, spre exemplu ca urmare a presiunii interstițiale aferente construcției barajului inițial, presiune interstițială excesivă cauzată de încărcările statice sau ca urmare a unui cutremur sau instabilitate ca urmare a forțelor de inerție.
- 3) Deteriorarea piciorului și taluzului din aval a barajului, spre exemplu ca urmare a deversării peste baraj sau a scurgerilor în exces prin corpul barajului. Acest lucru poate fi cauzat de o alunecare de teren în iaz, de o tasare a coronamentului barajului ca urmare a deformărilor barajului inițial, a sistemului de conducte, a eroziunii interne și a formării unei cuvete sau ca urmare a deformărilor excesive (tasare) a părții verticale superioare a barajului Corna pe perioada unui cutremur.
- 4) Avarierea contrafortului barajului iazului, urmată de o spargere a sa, spre exemplu ca urmare a unei alunecări aproape și/sau sub o parte a barajului.
- 5) Lichefierea sterilelor.

Figura 2 prezintă exemple ale modurilor analizate de nefuncționare. S-au luat de asemenea în considerare: deversarea peste baraj fără ca barajul să se rupă, precum și subcapacitatea sau deteriorarea sistemului secundar de retenție, însă nu au fost considerate ca niște cazuri separate de nefuncționare, ci ca unul din evenimentele din cadrul succesiunii de evenimente prezentate în cadrul arborilor.

Condiții diferite pot afecta probabilitatea de apariție a pericolului sau severitatea consecințelor sale, cum ar fi spre exemplu deficiențele în construire sau reacția necorespunzătoare pe care echipa de control în teren o are atunci când apar semne de avertizare. Analizele au considerat:

- 1) Deficiențele de construire, spre exemplu, filtrele inadecvate care conduc la apariția unei eroziuni interne necontrolate, drenajul inadecvat, straturi construite sau zone din corpul barajului care sunt foarte slabe, tipuri inadecvate de material(e) folosite la construirea corpului barajului sau un control insuficient al calității;
- 2) Modificări neprevăzute aduse la graficul de execuție a construcției.

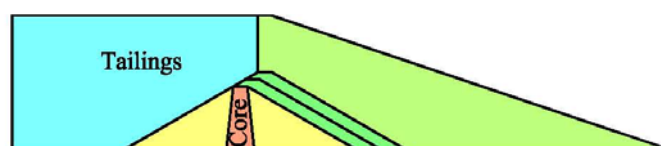
Aceste condiții au fost luate în considerare în cadrul arborilor evenimentelor sub forma unor evenimente separate apărute pe perioada de construire a barajului inițial și a barajului Corna.



(a) Configurația A, Baraj inițial

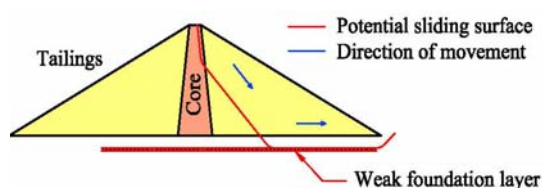


(b) Configurația B la anul 4, atunci când se începe construirea axului central al Barajului Corna

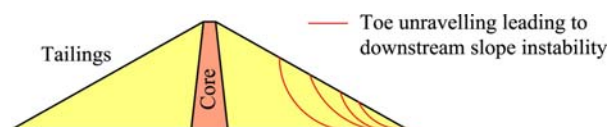


(c) Configurația C, Barajul final Corna

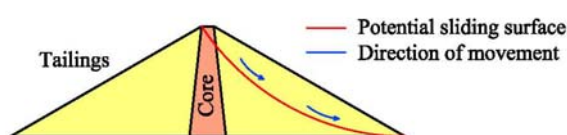
Figura 1. Planșe care prezintă Configurația A (Baraj Inițial), Configurația B (cu două supraînălțări în aval de 10-m) și Configurația C (Barajul final Corna). Planșele au menirea numai de a portretiza situațiile respective.



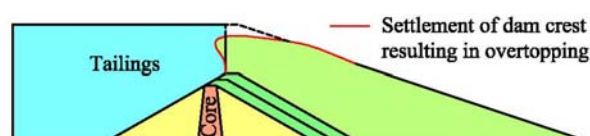
(a) Surparea fundației



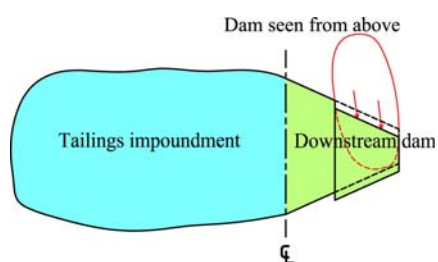
(d) Deteriorarea piciorului barajului



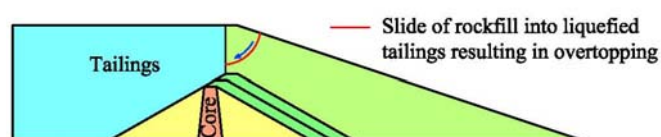
(b) Instabilitatea taluzului barajului



(e) Avaria barajului final Corna ca urmare a tasării coronamentului



(c) Avariarea contrafortului barajului, fie a celui aferent barajului inițial fie a celui aferent barajului Corna



(f) Avaria barajului final Corna ca urmare a lichefierii sterilelor și a alunecării anrocamentelor în sterile.

Figura 2. Planșele de mai sus prezintă exemple de nefuncționare. Planșele au menirea numai de a portretiza situațiile respective.

Kontroll- og referanseside/ Pagină de revizuire și de referință



4.4 „Funcționarea” și „nefuncționarea” barajului

O funcționare necorespunzătoare a barajului Corna este definită prin analizele de tip arborele evenimentelor ca fiind o deversare necontrolată de sterile și de apă din iaz pe o durată de timp. Deversarea poate rezulta ca urmare a unei avarii apărute la coronamentul barajului sau a unei deversări peste baraj fără ca acesta să fie avariat.

În teorie, consecințele potențiale ale nefuncționării barajului Corna pot să fie împărțite în cinci clase de consecințe (Tabel 2):

Tabel 2 Lista simplificată a consecințelor

Clasa de consecințe	Descriere
1	Nici un fel de consecințe avute asupra unui terț: nu există pagube de ordin fizic, nu există contaminări, apa și sterilele care se deversează din iaz sunt reținute de sistemul secundar de retenție
2	Există o anumită contaminare în imediata vecinătate din aval
3	Există anumite pagube materiale și o anumită contaminare în vecinătatea din aval
4	Pagube materiale semnificative și contaminare semnificativă în aval, însă nu se prevăd efecte transfrontiere
5	Pagube materiale semnificative și contaminare semnificativă în aval care poate include și o componentă de efecte transfrontiere dacă volumele deversate sunt foarte mari.

Au fost calculate în cadrul abordărilor de tip arborele de evenimente probabilitățile anuale aferente evenimentelor care conduc spre un pericol, precum și „nefuncționările barajului”. Probabilitățile rezultatului au fost considerate în lumina consecințelor prezentate în Tabelul 2. Este important de observat faptul că aceste consecințe care conduc la nefuncționarea barajului, dacă apare o avarie sau o deversare peste coronamentul barajului, nu sunt întotdeauna dramatice și depind de cantitatea de sterile și de apă care se deversează.

După efectuarea analizelor, succesiunile aferente evenimentelor plauzibile care produc un accident au avut ca rezultat deversarea moderată de sterile și apă, prezentând potențial de creare a unor pagube materiale și a unei contaminări în vecinătatea din aval a barajului. Nu au fost văzute ca fiind posibile efectele transfrontiere, cel puțin cu o probabilitate de apariție de 1 la 1 milion de ani, probabilitatea fiind mult mai mică. În multe analize, rezultatul a fost faptul că volumul deversat a fost reținut de barajul inițial, de barajul final sau de sistemul secundar de retenție. Anexa A ilustrează rezultatele avute în vedere atunci când au fost realizate analizele de tip arborele de evenimente.

Barajul principal

Cel mai sever scenariu aferent nefuncționării barajului final Corna a fost stabilit prin discuții în perioada în care s-a desfășurat workshop-ul și în perioada post-workshop. Cazul cel mai sever ar fi cazul în care ar apărea o spărtură în barajul Corna pe o lungime de 5 la 8 metri sub coronament și care să se întindă de-a lungul axului central pe o lungime de 100 la 200 de metri. Deversarea ulterioară ca urmare a respectivei spărturi ar fi de maxim 250.000 m³ de sterile și 26.000 m³ de apă (P. Corser, MWH, comunicare personală, Martie 2009). Geometria și volumul acestui caz (cel mai sever) vor fi verificate prin efectuarea de analize la momentul realizării proiectului tehnic final aferent lazului de decantare a sterilelor, acest lucru reprezentând conformarea minimă la analizele efectuate.

„Nefuncționarea” barajului principal (barajul Corna la diferite momente din durata sa de viață) a fost definită ca fiind „deversarea unui volum mare de sterile și de apă”.

Scenariile analizate nu au inclus unele aspecte care ar reduce impacturile. Pentru barajul final Corna, analizele nu au avut în vedere reținerea unei părți din deversare în cadrul sistemului secundar de retenție și în cadrul lagunelor de tratare semipasivă poziționate direct sub acest sistem secundar de retenție. Sistemul secundar de retenție va dispune de o capacitate de 53.000 m³ la momentul la care barajul principal va fi complet. Lagunele se vor întinde pe o distanță de 500m sub sistemul secundar de retenție și vor dispune de o capacitate de 33.000 m³ suplimentară capacității lor nominale. Sistemul secundar de retenție și lagunele nu vor fi pline în condiții normale de

funcționare și vor avea capacitatea de a reduce cantitatea de materiale sterile și de apă ce este deversată, având capacitatea chiar de a le reține complet.

Barajul inițial

În cazul barajului inițial, „nefuncționarea” acestuia este oarecum diferită. Din cauză că sistemul secundar de retenție are o capacitate mare de stocare (3 milioane m³) la acest stadiu al construcției, cantitatea mică de apă disponibilă pentru a se deversa peste sistemul secundar de retenție, precum și înălțimea mare de gardă a barajului inițial (2 inundații maxim probabile sau 5,5 milioane m³, ce sunt disponibile în orice moment dat), se pot considera numai două rezultate, sistemul secundar de retenție poate stoca sterilele și apa sau acestea se vor deversa peste sistemul secundar de retenție.

Sistemul secundar de retenție poate reține un volum de material de aproximativ 3 milioane m³. O parte semnificativă a oricărui volum deversat va fi absorbită taluzul construit din anrocamente în aval de barajul inițial¹. Dacă anrocamentele rețin un volum semnificativ de steril, volumul care poate fi reținut de către sistemul secundar de retenție va fi și mai mare, probabil de până la 4 la 5 milioane m³. După cum se va prezenta în cadrul analizelor, în cazul unei avarieri plauzibile a barajului inițial sau a unei deversări peste barajul inițial, tot materialul deversat este reținut de sistemul secundar de retenție.

4.5 Baza proiectului tehnic

Proiectul tehnic final aferent barajului Corna nu este finalizat încă, iar riscurile asociate proiectului tehnic de bază (proiect tehnic la nivelul fezabilității avansate) au fost cele evaluate. Cu toate acestea, evaluarea condițiilor de siguranță a avut în vedere investigațiile de detaliu planificate pentru proiectul tehnic final, precum și programul de instrumentare și monitorizare propus pentru baraj. Acestea sunt descrise în documentațiile MWH întocmite după realizarea proiectului tehnic preliminar din 2005 și în raportul realizat de domnul Stematiu „Revizuire tehnică/Raport de aprobare a documentației tehnice cu privire la Barajul Iazului de Decantare Corna” realizat în anul 2006.

Institutul Norvegian de Geotehnică a avut în vedere în cadrul analizelor pe care le-a realizat faptul că acele condiții existente în cadrul amplasamentului barajului vor fi caracterizate la un standard profesional mult mai ridicat și că construirea și monitorizarea vor fi executate la cele mai ridicate standarde profesionale de pe plan internațional. Astfel au fost descrise planurile întocmite pentru iazul de decantare a sterilului pe perioada de desfășurare a workshop-ului, în cadrul căruia s-au întocmit analizele de tip arborele de evenimente.

5 ESTIMAREA PROBABILITĂȚII DE NEFUNCȚIONARE A BARAJULUI

5.1 Selectarea modului de nefuncționare critică

În cadrul workshop-ului organizat pentru discutarea arborilor evenimentelor, s-a discutat inițial pentru selectarea celor mai critice și celor mai plauzibile evenimente ce pot să apară de-a lungul duratei de viață a iazului de decantare spre a fi analizate, de exemplu în perioada de construire a barajului inițial, în perioada de construire în aval a barajului, în perioada de construire a axului central al barajului final și/sau în anii imediat următori încheierii etapei de construcție a barajului final.

A fost întocmită o matrice a configurației barajului și a perioadelor de timp, iar următoarele moduri au fost considerate ca fiind cele mai importante și mai susceptibile să conducă la cele mai mari probabilități de nefuncționare a barajului. Tabelul 3 prezintă matricea analizelor considerate și a celor ce au avut prioritate în prezentul raport.

Cazurile care păreau să fie nerealiste și cu o probabilitate foarte scăzută de apariție nu au mai fost ulterior considerate și nu au fost continuate în diagramele aferente arborilor evenimentelor.

Ca parte a selectării modurilor, s-au efectuat următoarele considerații:

Cele mai critice momente din durata de viață a barajului

¹ De exemplu, pentru barajul inițial, 80-m înălțime, 200-m lățime, 1000-m lungime și 25% porozitate anrocamente din aval, un volum de 2 milioane m³ poate fi reținut de către anrocamente.

Consensul la care s-a ajuns pe perioada workshop-ului a fost că cel mai critic moment din durata de viață a barajului este momentul la care se finalizează barajul inițial și se inițiază procesul de umplere cu anrocamente a barajului (perioada = 1,25 ani), atunci când se schimbă metoda de construire, trecându-se de la o supraînălțare prin construire în aval la o construire prin supraînălțare a axului central (perioada = 4 ani, Figura 1b) și atunci când se încheie barajul final, în anul 16.

Precipitații

Precipitațiile extreme (ploaie, inundație și topirea zăpezii) pot să devină evenimente critice pentru barajul inițial. Cu toate acestea, cazul Inundație Maxim Probabilă cu două ploi succesive care apar 1 la 10.000 ani pe parcursul a 24 de ore, urmate de o inundație care apare 1 la 10 ani, are o probabilitate de apariție mai mică de 10^{-8} pe an sau 1 la 100 milion de ani, iar acest lucru va rezulta în probabilități foarte scăzute de nefuncționare. Scenariul nu va prezenta o situație critică pentru barajul final, deoarece barajul este proiectat să permită ieșirea exfiltrațiilor prin panta sa de anrocamente și este prevăzut cu o capacitate de stocare de a cel puțin 2 PMP plus un metru de înălțime de gardă.

Alunecarea stivei de rocă sterilă Cârnic

Stiva de rocă sterilă Cârnic va aluneca cel mai probabil atunci când nivelul apei este cel mai ridicat, adică în anul 16. Cu toate acestea, cea mai gravă consecință s-ar petrece mai devreme în cazul unei alunecări a terenului care susține stiva de rocă sterilă. Acest scenariu a fost prin urmare analizat pentru anul 4 și pentru anul 16.

La momentul anului 21

Nici o situație sau încărcare nu s-a descoperit ca fiind critică pentru acest moment din durata de viață a barajului. Probabilitatea anuală de nefuncționare a barajului va scădea pe măsură ce stivele se consolidează, iar iazul de decantare este acoperit. Dacă barajul se comportă în conformitate cu ceea ce s-a prevăzut, probabilitatea de nefuncționare va scădea pe măsură ce estimările prezentului raport se actualizează pentru a include experiența câștigată ca urmare a comportamentului observat.

Alți factori declanșatori

Nu au fost considerate analize a evenimentelor de tipul impactului avut de meteoriți, prăbușiri ale avioanelor pe baraj sau atacurile teroriste deoarece au din start o probabilitate de apariție mai mică de 10^{-7} pe an și, prin urmare, rezultă probabilități de nefuncționare care sunt extrem de scăzute și sub toate datele obținute din experiența anterioară în acest domeniu.

Scenarii anterioare

Cele două scenarii extreme de avarie a barajului analizate mai devreme (prezentate în cadrul Raportului EIM) au fost considerate ca fiind extrem de improbabile, având o probabilitate de apariție undeva în intervalul 10^{-8} - 10^{-9} pe an. Pentru cazul barajului inițial, scenariul a fost apariția unei spărturi de 40-m în adâncime pe o lungime de 206 metri. Pentru barajul final Corna construit pe barajul inițial, scenariul a fost apariția unei spărturi de 60-m adâncime pe o lungime de 385 metri. Asemenea deplasări masive nu pot să apară în cazul unui baraj construit din anrocamente de bună calitate, având taluzuri line și o înălțime de gardă neobișnuit de mare.

Tabel 3 Selectarea analizelor ce trebuie efectuate

<u>Factor declanșator/eveniment</u>	<u>1,5 ani</u>	<u>4 ani</u>	<u>9-12 ani</u>	<u>16 ani</u>	<u>21 ani</u>
Cutremur care apare o dată la 10,000-ani *	x			x	
Ploaie/inundație/topire de zăpadă care apare o dată la 10.000-ani *	x				
Întârzieri operaționale	x	X			
Alunecări ale taluzurilor văii (teren natural)		X			
Alunecare de teren pe sub stiva de rocă sterilă			x	x	
Eroziune internă	x				
Lichefierea sterilelor			x	x	

* include toate modurile de avariere, alunecare sau alte tipuri de avarii de la surparea fundamentului, instabilitatea taluzului barajului, avarierea contrafortului barajului, eroziunea internă și avarierea piciorului barajului, acolo unde este cazul.

Un interes special pentru barajele iazurilor de decantare sunt considerațiile geologice și de mediu. Consecințele negative aferente riscurilor ce sunt asociate scurgerilor constante sau a unei avarieri a barajului care să rezulte în deversarea de sterile contaminate și de apă nu sunt prezentate în mod direct în acest raport.

5.2 Rezumatul analizelor

Figura 1 prezintă cele trei configurații principale ale barajului ce au fost analizate. Configurațiile și perioadele din durata de viață a Barajului Corna sunt prezentate în Tabelul 1. Figura 2 ilustrează în mod schematic unele moduri de nefuncționare a barajului inițial și a barajului final Corna.

Tabelul 4 prezintă versiunea scurtă aferentă analizelor prioritizate. Tabelul 5 caracterizează analizele de tipul arborele evenimentelor descrise în cadrul raportului. Acestea sunt grupate pe evenimentul declanșator și pe „configurația” analizată a barajului, fie pentru barajul inițial, fie pentru barajul final Corna sau pentru un stadiu de construcție intermediar.

Au fost realizați arbori ai evenimentelor pentru fiecare factor declanșator, considerându-se separat fiecare mecanism de nefuncționare a barajului. În unele cazuri, s-au considerat două mecanisme de funcționare în mod succesiv, de exemplu pentru Analizele 1, 4, 14 și 31 din Tabelul 5. Analiza 1-X reprezintă o analiza control a probabilităților utilizate pentru diferite accelerații maxime orizontale ale terenului ce au fost utilizate în cadrul analizelor.

Fiecare arbore al evenimentelor este prezentat într-o serie de figuri din Anexa A (de exemplu Figurile A1a), b) și c) și completat cu o figură rezumat (Figura A1d)) cu probabilități care se acumulează în fiecare arbore al evenimentelor pentru fiecare categorie de consecințe. Anexa A descrie prezentarea arborilor și motivarea probabilităților atribuite.

Tabel 4 Sumar al analizelor de tip arborele evenimentelor – versiunea scurtă

<u>Configurație</u>	<u>Perioadă</u>	<u>Factor declanșator</u>	<u>Mod de nefuncționare</u>
Baraj inițial	1,5 ani	Undă seismică	Surpare fundament
Baraj inițial	1,5 ani	Undă seismică	Instabilitate taluz baraj
Baraj inițial	1,5 ani	Undă seismică	Avariere contrafort
Baraj inițial	1,5 ani	Undă seismică	Deteriorare picior baraj
Baraj final Corna	16 ani	Undă seismică	Surpare fundament
Baraj final Corna	16 ani	Undă seismică	Instabilitatea taluzului din aval și lichefiere
Baraj final Corna	16 ani	Undă seismică	Avariere contrafort
Baraj inițial	1,5 ani	Precipitație, inundație, topire zăpadă	Surpare fundament
Baraj inițial	1,5 ani	Precipitație, inundație, topire zăpadă	Instabilitatea taluzului din aval
Baraj inițial	1,5 ani	Precipitație, inundație, topire zăpadă	Avariere contrafort
Baraj inițial	1,5 ani	Precipitație, inundație, topire zăpadă	Eroziune internă și deteriorare picior baraj
Baraj inițial	1,5 ani	Precipitație, inundație, topire zăpadă	Întârzieri operaționale
Baraj inițial + 2 raises	4 ani	Precipitație, inundație, topire zăpadă	Întârzieri operaționale
Baraj inițial + 2 raises	4 ani	---	Alunecarea terenului natural pe panta văii
Stadiu intermediar	9-12 ani	---	Alunecarea stivei de rocă sterilă Cârnăc
Baraj final Corna	16 ani	---	Alunecarea stivei de rocă sterilă Cârnăc
Baraj inițial	1,5 ani	---	Eroziune internă
Stadiu intermediar	9-12 ani	---	Lichefierea stărilor

5.3 Prezentarea rezultatelor

Rezultatele fiecărei analize de tip arborele de evenimente sunt prezentate în Tabelul 6.

Terminologie

Probabilitatea de avariere sau probabilitatea de nefuncționare sunt de obicei exprimate ca unități exponențiale care sunt dificil de asociat evenimentelor zilnice. Pentru a ajuta la înțelegerea acestor numere, exponențialul poate fi simplificat în conformitate cu expresiile prezentate în tabelul de mai jos.

<u>Probabilitatea de apariție Expresia exponențială</u>	<u>Probabilitatea de apariție Exprimată ca frecvența de apariție în timp</u>
$10^{-4}/\text{year}$	O dată la 10.000 ani
$10^{-5}/\text{year}$	O dată la 100.000 ani
$10^{-6}/\text{year}$	O dată la 1.000.000 ani
$10^{-7}/\text{year}$	O dată la 10.000.000 ani
$10^{-8}/\text{year}$	O dată la 100.000.000 ani

Rezultate

Probabilitatea totală aferentă nefuncționării barajului este egală cu suma tuturor probabilităților aferente nefuncționării barajului, fie pentru barajul inițial, fie pentru barajul final Corna (sau orice alt stadiu intermediar la care se regăsește barajul). Aceste probabilități totale sunt prezentate în Tabelele 7 și 8. Tabelul 7 rezumă probabilitățile totale pentru fiecare configurație și factor declanșator, iar Tabelul 8 prezintă probabilitățile totale pentru fiecare configurație a barajului.

Probabilitățile sunt prezentate drept o funcție a deversării de sterile și de apă asociată nefuncționării barajului. Cea mai mare probabilitate de nefuncționare a barajului este $1 \times 10^{-6}/\text{an}$ sau altfel spus, o dată la un milion de ani. Cele mai mari probabilități de nefuncționare sunt după cum urmează:

Configurație	P[nefuncționare]
A (t=1,5 ani, eroziune internă)	$1,3 \times 10^{-6}/\text{an}$
C (t = 16 ani)	$1,3 \times 10^{-6}/\text{an}$
B (t = 4 ani)	$6,5 \times 10^{-6}/\text{an}$
D (t = 9-12ani)	$1,3 \times 10^{-6}/\text{an}$

Cele mai mari probabilități de nefuncționare a barajului sunt asociate cu undele seismice, lichefierea statică a sterilelor la momentul anului 9 la 12. Scenariile vor avea ca rezultat anumite pagube materiale și o anume contaminare în vecinătatea din aval a barajului, însă fără efecte transfrontiere.

Pentru barajul inițial, nici unul dintre scenariile plauzibile nu au condus la o deversare semnificativă de sterile și apă din cauza faptului că este limitată cantitatea de apă disponibilă precum și din cauza rezervei de volum prevăzută (2 PMP). Eroziunea internă poate cauza o mică deversare de sterile și de apă cu o probabilitate de apariție de $10^{-6}/\text{an}$. Deversarea ar cauza o contaminare modestă a vecinătății imediate din aval. Întreg materialul deversat poate fi stocat în cadrul sistemului secundar de retenție.

5.4 Măsuri posibile de îmbunătățire

Probabilitățile calculate sunt toate foarte scăzute dacă se compară cu nivelele de risc acceptabile și tolerabile pentru baraje și pentru alte tipuri de construcții civile, nefiind necesare măsuri de diminuare a acestor riscuri. Iazul de decantare a sterilelor se poziționează în limitele normale de risc acceptate la nivel internațional pentru baraje.

Tabelul 6 prezintă câteva măsuri posibile de reducere a riscului, unele fiind deja implementate în cadrul proiectului tehnic aferent iazului de decantare, în timp ce altele pot fi implementate pentru a reduce și mai mult gradul de risc, dacă este cazul. Probabilitatea anuală este mică și, prin urmare, asemenea reduceri ale riscului nu sunt necesare.

Instrumentarea și monitorizarea pe perioada de construcție și în partea inițială de funcționare a barajului sunt probabil cele mai eficiente măsuri care permit obținerea de rezultate de încredere și mijloacele necesare pentru a interveni din timp și în mod eficient în situația în care apare un eveniment neașteptat.

6 SUMAR ȘI CONCLUZII

S.C. Roșia Montană Gold Corporation S.A. a angajat Institutul Norvegian de Geotehnică pentru a realiza o analiză a riscurilor și pentru a estima probabilitatea ca barajul aferent sistemului iazului de decantare din Corna, Roșia Montană să nu funcționeze în mod corespunzător. Analizele efectuate au stabilit dacă barajul furnizează un nivel de siguranță acceptabil față de deversarea de sterile și de apă și dacă sunt necesare măsuri adiționale de reducere a riscurilor.

Pentru a stabili dacă barajul oferă un grad de siguranță acceptabil față de deversarea „necontrolată” de sterile și de apă de-a lungul duratei sale de viață, s-a utilizat o abordare de tip arborele de evenimente pentru efectuarea analizelor de risc. Această tehnică identifică mecanismele avariilor potențiale și urmărește modalitatea în care o serie de evenimente pot să conducă la nefuncționarea unui baraj. Se va cuantifica probabilitatea aferentă fiecărui scenariu, având în vedere existența unui eveniment care să declanșeze inițierea sa.

Analizele au fost efectuate prin folosirea metodei „arborele evenimentelor”. Această tehnică identifică mecanismele avariilor potențiale și urmărește modalitatea în care pot o serie de evenimente să conducă la nefuncționarea unui baraj. Probabilitatea de cuantificare a fiecărui scenariu, având în vedere existența unui eveniment care să declanșeze inițierea sa. Analiza riscurilor prin metoda arborele evenimentelor a luat în considerare barajul la diferite momente din cadrul dezvoltării sale și a calculat probabilitatea ca barajul să nu funcționeze în mod corespunzător. Analizele au luat în

considerare scenarii critice, inclusiv toate modalitățile posibile de nefuncționare a barajului Corna în condițiile unor factori declanșatori extremi de tipul unui cutremur neobișnuit de mare și un eveniment de precipitație extremă într-o perioadă de 24 de ore. Probabilitățile au fost asociate cu potențialele consecințe asociate unei rupe a barajului sau a unei deversări peste baraj.

Analizele de detaliu a riscurilor, prin utilizarea abordării arborelui evenimentelor, sunt menite să înlocuiască scenariile anterioare extreme realizate pentru situația în care apare o avariere a barajului ce au fost prezentate în cadrul Raportul la Studiul de Evaluare a Impactului asupra Mediului (Raportul asupra Studiului de Evaluare a Impactului asupra Mediului, Capitolul 7 "Riscuri", Mai 2006). Probabilitatea de apariție a unui asemenea scenariu extrem ce a fost anterior prezentat pentru avarierea barajului a fost considerată ca fiind mult prea mică pentru ca aceste scenarii să fie considerate ca fiind realiste (10^{-8} sau 10^{-9} pe an sau mai puțin de o dată la 100 de milioane de ani).

Prin urmare, au fost considerate alte scenarii cu o probabilitate de apariție mai ridicată pentru analizele aferente metodei arborelui de evenimente. Analizele au considerat scenariile cele mai plauzibile, inclusiv toate modurile posibile de avariere pentru barajul Corna în condițiile prezenței factorilor extremi de declanșare, cum ar fi spre exemplu cutremurul care apare o dată la 10.000 de ani și precipitațiile extreme.

Analizele au avut următoarele rezultate:

- Nici una dintre succesiunile de accidente plauzibile nu are ca rezultat o probabilitate ca barajul să nu funcționeze în mod corespunzător și care să fie mai mare de o dată la un milion de ani (sau o probabilitate de 10^{-6} pe an).
- Cele mai mari probabilități de nefuncționare (aproximativ o dată la 1 milion de ani) au fost asociate cu apariția de unde seismice la baraj care să determine instabilitatea și lichefierea taluzului barajului, lichefierea statică aferentă sterilelor pentru perioada cuprinsă între anul 9 și anul 12, precum și eroziunea internă a barajului inițial. Scenariile cu o probabilitate de apariție de 1 la un milion de ani au ca rezultat pagube materiale minore și contaminări reduse, ambele în vecinătatea din aval a barajului. Nu vor exista impacturi transfrontiere.
- Ca urmare a calculului probabilităților care a rezultat în stabilirea unor probabilități mici, a reieșit faptul că nu este nevoie de aplicarea de măsuri de diminuare a impacturilor. Instrumentarea și monitorizarea derulate pe perioada de construcție și de funcționare a barajului sunt probabil cele mai eficiente metode de reducere și mai mult a gradului de risc asociat acestei construcții.

Probabilitățile estimate pentru o nefuncționare a barajului sunt de 100 de ori mai mici decât ceea ce se folosește drept criteriu de referință pentru orice baraje sau orice alte structuri de acest tip din lume și mai scăzute decât probabilitățile asociate nefuncționării majorității altor construcții civile. Secvența de evenimente cu probabilitatea cea mai mare de apariție are ca rezultat volume de material deversat considerabil mai mici decât ceea ce s-a asumat în scenariile de avariere prezentate în raportul EIM.

Factorii care contribuie foarte mult la obținerea unor asemenea niveluri scăzute de probabilitate a nefuncționării includ: utilizarea de anrocamente de bună calitate pentru piciorul din aval al barajului, taluzuri line atât pentru barajul inițial, cât și pentru barajul final Corna, volum mare de stocare, deversor pentru deversarea controlată a apei în exces și monitorizarea condițiilor de siguranță pentru a fi avertizați de semnele timpurii a funcționării neprevăzute a barajului. Acești factori, combinați cu o concentrație redusă de cianuri în sterile contribuie în mod decisiv la reducerea gradului de risc.

Referințe bibliografice

Ang, A.H.S, and Tang W. (1984).

Probability Concepts in Engineering Planning and Design. Volume II Decision, Risk and Reliability. John Wiley & Sons. 562 p.

Hartford, D.N.D. and Baecher, G.B. (2004).

Risk and uncertainty in dam safety. Thomas Telford, UK. 391 p.

Høeg, K. (1996).

Performance evaluation, safety assessment and risk analysis of dams. *Hydropower and Dams.* V 6. 3. 8p.

Vick, S. (2002).

Degrees of Belief. Subjective Probability and Engineering Judgment. ASCE Press. 405 p.

Tabelul 5. Sumar detaliat al analizelor de tip arborele evenimentelor

Analiza nr. Secțiunea Figura. nr.*	Factor declanșator/ Mod de nefuncționare **	Sucesiunea evenimentelor	Analiza a fost continuată într-un arbore adițional
UNDĂ SEISMICĂ – BARAJ INIȚIAL			
1 Baraj inițial Configurația A Fig. A1 a, b, c, d	Cutremur Surparea fundamentului	- condiții neprevăzute ale fundamentului? - S-a prăbușit fundamentul? - Se determină crăparea barajului inițial? - Capacitate de stocare disponibilă?	<u>Dacă performanța avută de fundament este satisfăcătoare</u> , luați în considerare dacă se poate deteriora piciorul barajului [Fig. A1 b)] <u>Dacă performanța avută de barajul inițial este satisfăcătoare</u> , luați în considerare dacă se poate deteriora piciorul barajului [Fig. A1 c)]
1-X Baraj inițial Configurația A Fig. A2	Cutremur Surparea fundamentului	<i>Aceeași analiză la fel cu analiza nr. 1, pentru verificarea efectului împărțirii accelerației maxime a terenului în cazul unui cutremur PGA (A_{max}) în patru ramuri și nu în trei</i>	Aceeași pași ca și în Fig. A1 a). Rezultatele confirmă ipoteza conform căreia este suficientă folosirea a trei ramuri A_{max} . Rezultatele sunt prezentate în Anexa B.
2 Baraj inițial Configurația A Fig. A3 a, b, c	Cutremur Instabilitatea taluzului din aval și din amonte	AMONTE - Va aluneca panta? - Reacția avută în timpul desfășurării operațiunilor? AVAL - Apare lichefierea? - Va aluneca panta? - Reacția avută în timpul desfășurării operațiunilor? - Apare lichefierea - Se apropie nivelul apei de coronament? - Ce sunt tasările coronamentului?	Nu
3 Baraj inițial Configurația A Fig. A4 a, b	Cutremur Avarierea contrafortului barajului	- Va aluneca panta văii? - Care este adâncimea alunecării? - Cauzează o spargere a barajului inițial? - Capacitate de stocare disponibilă?	Nu
4 Baraj inițial Configurația A Fig. A5 a, b, c, d	Cutremur Deteriorarea piciorului barajului	- Înălțimea până la care se poate stoca material? - Pagube aduse nucleului barajului? - Scurgeri semnificative în fundament? - Previn filtrele scurgerile pe sub piciorul barajului? - Se deteriorează piciorul barajului?	<u>Dacă sunt eficiente filtrele</u> , luați în considerare dacă există scurgeri semnificative în fundament [Fig A5 b)] <u>Daca nu se deteriorează piciorul barajului</u> , - luați în considerare dacă poate să apară Surparea fundamentului barajului [Fig A5 c)]
UNDĂ SEISMICĂ – BARAJUL FINAL CORNA			
5 Barajul final Corna Configurația C Fig. A6 a, b	Cutremur Surparea fundamentului	- Condiții neprevăzute pentru fundament? - Se va surpa fundamentul? - Cauzează o spărtură în barajul Corna? - Capacitate de stocare disponibilă? - reacția din timpul operării?	Nu
6 Barajul final Corna Configurația C Fig. A7 a (Parts 1+2), b	Cutremur Instabilitatea taluzului din aval și lichefiere	- Va aluneca taluzul? - Se lichefiază sterilele? - Se exfiltrează apa prin anrocamente? - Se apropie apa de coronament? - Ce sunt tasările coronamentului? - Funcționarea barajului Corna? - Scurgeri prin lentile? - Reacția avută în timpul desfășurării operațiunilor?	Nu

Analiza nr. Secțiunea Figura. nr.*	Factor declanșator/ Mod de nefuncționare **	Sucesiunea evenimentelor	Analiza a fost continuată într-un arbore adițional
7 Barajul final Corna Configurația C Fig. A8 a, b	Cutremur Avarierea contrafortului barajului	- Va aluneca taluzul văii? - Care este adâncimea alunecării? - Determină apariția unei spărturi în barajul Corna? - Capacitate de stocare disponibilă? - Reacția avută în timpul desfășurării operațiunilor?	Nu
<u>Ploaie, Inundație, Topirea zăpezii – BARAJ INIȚIAL</u>			
11 Baraj inițial Configurația A Fig. A9 a, b	Precipitație Surparea fundamentului	- Creșterea presiunii interstițiale sau curgere de apă în fundație? - Se va surpa fundamentul? - Determină apariția unei spărturi în barajul inițial? - Capacitate de stocare disponibilă? - Reacția avută în timpul desfășurării operațiunilor?	Nu
12 Baraj inițial Configurația A Fig. A10 a, b	Precipitație Instabilitatea taluzului din aval și din amonte	- Va aluneca taluzul din aval? - Reacția avută în timpul desfășurării operațiunilor?	Nu
13 Baraj inițial Configurația A Fig. A11 a, b	Precipitație Avarierea contrafortului barajului	- Va aluneca taluzul văii? - Care este adâncimea alunecării? - Determină apariția unei spărturi în barajul inițial? - Capacitate de stocare disponibilă? - Reacția avută în timpul desfășurării operațiunilor?	Nu
14 Baraj inițial Configurația A Fig. A12 a, b	Precipitație Eroziune internă și deteriorarea piciorului barajului	- Capacitate de stocare disponibilă? - Pagube/avarii apărute în miezul barajului? - Scurgeri la suprafața de contact dintre argilă și anrocamente? - Scurgeri semnificative sub baraj? - Apare eroziune? - Previn filtrele eroziunea? - Se deteriorează piciorul barajului?	Nu
<u>PLOAIE, INUNDAȚIE, TOPIREA ZĂPEZII- ÎNTÂRZIERI OPERAȚIONALE - BARAJ INIȚIAL ȘI CONFIG. B</u>			
15 Baraj inițial Configurația A Fig. A13 a, b	Precipitație Întârzieri în funcționare	- Se desfășoară operațiunile în conformitate cu ceea ce s-a planificat? - Capacitate de stocare disponibilă?	Nu
16 Barajul Corna Configurația B Fig. A14 a, b	Precipitație Întârzieri în funcționare	- Se desfășoară operațiunile în conformitate cu ceea ce s-a planificat? - Capacitate de stocare disponibilă? - Reacția avută în timpul desfășurării operațiunilor?	Perioadă = aproximativ 4 ani
<u>ALUNECAREA NATURALĂ A TERENULUI ȘI ALUNECAREA STIVEI DE ROCĂ STERILĂ – CONFIGURAȚIILE B ȘI C</u>			
21 Barajul Corna Configurația B Fig. A15 a, b	Alunecarea naturală a terenului pe taluzurile văii	- Deplasare rapidă sau lentă a alunecării? - Valul de noroi se deversează peste coronamentul barajului? - Capacitate de stocare redusă? - Înălțimea disponibilă pentru înălțimea de gardă?	Perioadă = aproximativ 4 ani Arborele evenimentelor începe cu $P[\text{apare alunecare}] = 10^{-2}/\text{an}$
22 Barajul Corna Configurația B Fig. A16 a, b	Alunecarea stivei de rocă sterilă	- Determină un val de noroi? - Capacitate de stocare redusă? - Capacitate de stocare disponibilă? - Precipitație puternică în același timp?	Arborele evenimentelor începe cu $P[\text{apare o avariere}] = 10^{-2}/\text{an}$
23	Alunecarea stivei de	- Determină un val de noroi?	Arborele evenimentelor începe cu

Analiza nr. Secțiunea Figura. nr.*	Factor declanșator/ Mod de nefuncționare **	Sucesiunea evenimentelor	Analiza a fost continuată într-un arbore adițional
Barajul Corna Configurația C Fig. A17 a,b	rocă sterilă	- Capacitate de stocare redusă? - Capacitate de stocare disponibilă? - Precipitație puternică în același timp?	P[apare o avariere]= 10^{-1} /an
EROZIUNE INTERNĂ ȘI LICHEFIEREA STERILELOR – BARAJ ÎNȚIAL ȘI CONFIGURAȚIA D			
31 Baraj inițial Configurația A Fig. A18 a, b, c	Eroziune internă	- Avarie apărut la nivelul nucleului barajului? - Eroziunea este oprită de filtre? - Scurgere în fundament? - Scurgeri sub piciorul barajului? - Se deteriorează piciorul barajului?	Dacă filtrele sunt eficiente, luați în considerare dacă există scurgeri în fundament [Fig A18 b]
32 Barajul Corna Configurația D (t = 9-12 ani) Fig. A19 a, b	Lichefiere statică în sterile	- Apare tasarea la nivelul coronamentului barajului? - Va fi reparată avaria în timp util? - Va apare o deversare de sterile?	Arborele evenimentelor începe cu P[apare o avariere]= 10^{-2} /an P[] este mai puțin probabil decât pentru alunecarea stivei de rocă sterilă și aproximativ egal cu cel pentru alunecarea naturală a terenului.

* Arborii evenimentelor sunt prezentați în Anexa A (Figurile A1 la A19)

** Vezi Figurile 1 și 2

Tabel 6. Rezultatele analizelor de risc și propunerile de măsuri pentru reducerea gradului de pericol

Analiza nr. * Configurația	Factor declanșator/ Mod de nefuncționare **	Nefuncționare	P[nefuncționare] (Fig. Nr.)	Măsuri posibile pentru reducerea gradului de pericol
UNDĂ SEISMICĂ – BARAJ ÎNȚIAL				
1 Baraj inițial Configurația A	Cutremur Surparea fundamentului	Deversare peste sistemul secundar de retenție	$2,6 \times 10^{-7}$ /an Fig. A1(d)	- Testarea materialului folosit pentru realizarea nucleului - Utilizarea materialului de bună calitate la realizarea nucleului barajului - Miez baraj în amonte (cu etanșizare cu sterile) - Inspectarea filtrelor/filtru dublu - Inspecții în amplasament
2 Baraj inițial Configurația A	Cutremur Instabilitatea taluzului	Deversare peste sistemul secundar de retenție	$1,3 \times 10^{-8}$ /an Fig. A3(b)	- Analiza reacției dinamice
3 Baraj inițial Configurația A	Cutremur Avariarea contrafortului barajului	Deversare peste sistemul secundar de retenție	$2,1 \times 10^{-9}$ /an Fig. A4(b)	- Nu amplasați sol de decopertă în locații de unde poate să agraveze stabilitatea taluzului - Inspecții în amplasament
4 Baraj inițial Configurația A	Cutremur Deteriorarea piciorului barajului	Deversare peste sistemul secundar de retenție	$4,6 \times 10^{-7}$ /an Fig. A5(d)	- Testarea materialului folosit pentru realizarea nucleului - Utilizarea materialului de bună calitate la realizarea nucleului barajului - Nucleu baraj în amonte (cu etanșizare cu sterile) - Verificare filtrelor - Filtru dublu
UNDĂ SEISMICĂ – BARAJUL FINAL CORNA				
5 Barajul final Corna	Cutremur Surparea fundamentului	Deversare redusă	$1,7 \times 10^{-8}$ /an $1,7 \times 10^{-8}$ /an	- Inspecții în amplasament - Analize detaliate cu privire la stabilitate

Analiza nr. * Configurația	Factor declanșator/ Mod de nefuncționare **	Nefuncționare	P[nefuncționare] (Fig. Nr.)	Măsuri posibile pentru reducerea gradului de pericol
Configurația C		Deversare semnificativă	Fig. A6(b)	
6 Barajul final Corna Configurația C	Cutremur Instabilitatea taluzului și lichefiere	Deversare redusă Deversare semnificativă	$1,1 \times 10^{-6}/\text{an}$ $1,1 \times 10^{-6}/\text{an}$ Fig. A7(b)	- Anrocamente de calitate superioară - Analize detaliate cu privire la stabilitate - Analize de detaliu cu privire la reacția dinamică - Inspecții în amplasament
7 Barajul final Corna Configurația C	Cutremur Avarierea contrafortului barajului	Deversare redusă Deversare semnificativă	$3,5 \times 10^{-8}/\text{an}$ $3,5 \times 10^{-8}/\text{an}$ Fig. A8(b)	- Îndepărtare sol decopertă - Nu amplasați sol de decopertă în locații de unde poate să agraveze stabilitatea taluzului - Inspecții în amplasament
<u>PLOAIE, INUNDAȚIE, TOPIREA ZĂPEZII- BARAJ ÎNȚIAL PRECIPITAȚIE</u>				
11 Baraj inițial Configurația A	Precipitație Surparea fundamentului	Deversare peste sistemul secundar de retenție	$3,4 \times 10^{-9}/\text{an}$ Fig. A9(b)	- Inspecții în amplasament - Piezometre - Analize detaliate cu privire la stabilitate
12 Baraj inițial Configurația A	Precipitație Instabilitatea taluzului	Deversare peste sistemul secundar de retenție	$3,0 \times 10^{-8}/\text{an}$ Fig. A10(b)	- Analiza reacției dinamice - Anrocamente de calitate superioară
13 Baraj inițial Configurația A	Precipitație Avarierea contrafortului barajului	Deversare peste sistemul secundar de retenție	$1,5 \times 10^{-11}/\text{an}$ Fig. A11(b)	- Îndepărtarea solului de decopertă - Nu amplasați sol de decopertă în locații de unde poate să agraveze stabilitatea taluzului - Inspecții în amplasament
14 Baraj inițial Configurația A	Precipitație Eroziune internă și deteriorarea piciorului barajului	Deversare peste sistemul secundar de retenție	$1,4 \times 10^{-8}/\text{an}$ Fig. A12(b)	- Tratarea suprafeței/injectare lapte de ciment - Nucleu al barajului bine echilibrat, nucleu mai mare - valoare minimă pozitivă în rocă - taluzuri line/exfiltrații minime - Testarea materialului folosit pentru realizarea nucleului - Miez baraj în amonte (cu etanșeizare cu sterile) - Inspectarea filtrelor/filtru dublu - Monitorizare
<u>PLOAIE, INUNDAȚIE, TOPIREA ZĂPEZII- ÎNTÂRZIERI OPERAȚIONALE - BARAJ ÎNȚIAL ȘI CONFIG. B</u>				
15 Baraj inițial Configurația A	Precipitație Întârzieri în funcționare	Deversare peste sistemul secundar de retenție	$2,0 \times 10^{-7}/\text{an}$ Fig. A13(b)	- Acordați timp pentru regularizarea fluxului - Opriți operațiunile - Monitorizare (piezometre)
16 Barajul final Corna Configurația B	Precipitație Întârzieri în funcționare	Deversare redusă Deversare semnificativă	$5,5 \times 10^{-7}/\text{an}$ $5,5 \times 10^{-7}/\text{an}$ Fig. A14(b)	- Acordați timp pentru regularizarea fluxului - Opriți operațiunile - Monitorizare
<u>ALUNECAREA NATURALĂ A TERENULUI ȘI ALUNECAREA STIVEI DE ROCĂ STERILĂ – CONFIGURAȚIILE B ȘI C</u>				
21 Barajul Corna Configurația B	Alunecarea naturală a terenului pe taluzurile văii	Deversare redusă	$2,8 \times 10^{-7}/\text{an}$ $1,0 \times 10^{-7}/\text{an}$ Fig. A15(b)	- Inspecții în amplasament

Analiza nr. * Configurația	Factor declanșator/ Mod de nefuncționare **	Nefuncționare	P[nefuncționare) (Fig. Nr.)	Măsuri posibile pentru reducerea gradului de pericol
		Deversare semnificativă		
22 Barajul Corna Configurația B	Alunecarea stivei de rocă sterilă	Deversare redusă Deversare semnificativă	$2,4 \times 10^{-8}/\text{an}$ $1,7 \times 10^{-8}/\text{an}$ <i>Fig. A16(b)</i>	- Inspecții în amplasament - Instalare piezometre - Canal stabilizator
23 Barajul Corna Configurația C	Alunecarea stivei de rocă sterilă	Deversare redusă Deversare semnificativă	$2,4 \times 10^{-7}/\text{an}$ $1,7 \times 10^{-7}/\text{an}$ <i>Fig. A17(b)</i>	- Inspecții în amplasament - Instalare piezometre - Canal stabilizator
<u>EROZIUNE INTERNĂ ȘI LICHEFIERE A STERILELOR -BARAJ INIȚIAL ȘI CONFIGURAȚIA D</u>				
31 Baraj inițial Configurația A	Eroziune internă	Deversare peste sistemul secundar de retenție	$1,3 \times 10^{-6}/\text{an}$ <i>Fig. A18(c)</i>	- Injecție cu lapte de ciment sub barajul inițial - valoare pozitivă minimă - Inspecții în amplasament - Cartarea stratului de fundament - Nucleu baraj mai mare
32 Barajul Corna Configurația D (t = 9-12 ani)	Lichefiere statică în sterile	Deversare redusă Deversare semnificativă	$5,2 \times 10^{-6}/\text{an}$ $1,3 \times 10^{-6}/\text{an}$ <i>Fig. A19(b)</i>	- Analize de detaliu cu privire la stabilitate - Analize de detaliu cu privire la reacția dinamică

* Arborii de evenimente sunt prezentați în Anexa A (Figurile A1 la A19) ** Vezi Figurile 1 și 2

Tabel 7. Probabilități totale cu privire la nefuncționarea barajului per factorul declanșator și per configurație

Configurația	Factor declanșator/Eveniment	P[deversare redusă]	P[deversare semnificativă]
Baraj inițial Configurația A	Cutremur Toate modurile de nefuncționare	$7,3 \times 10^{-7}/\text{an}$	---
Baraj inițial Configurația A	Precipitație Toate modurile de nefuncționare	$4,7 \times 10^{-8}/\text{an}$	---
Baraj inițial Configurația A	Eroziune internă	$1,3 \times 10^{-6}/\text{an}$	---
Baraj inițial Configurația A	Precipitație Întârzieri în funcționare	$2,0 \times 10^{-7}/\text{an}$	---
Barajul Final Corna Configurația C	Cutremur Toate modurile de nefuncționare	P[deversare redusă] $1,1 \times 10^{-6}/\text{an}$	P[deversare semnificativă] $1,1 \times 10^{-6}/\text{an}$
Barajul Final Corna Configurația C	Alunecarea stivei de rocă sterilă Carnic	$2,4 \times 10^{-7}/\text{an}$	$1,7 \times 10^{-7}/\text{an}$
Barajul Corna Configurația B	Precipitație Întârzieri în funcționare	$5,5 \times 10^{-7}/\text{an}$	$5,5 \times 10^{-7}/\text{an}$
Barajul Corna Configurația B	Alunecarea terenului natural pe taluzurile văii	$2,8 \times 10^{-7}/\text{an}$	$1,0 \times 10^{-7}/\text{an}$
Baraj inițial Configurația B	Alunecarea stivei de rocă sterilă	$2,4 \times 10^{-8}/\text{an}$	$1,7 \times 10^{-8}/\text{an}$
Barajul Corna Configurația D	Lichefiere statică în sterile	$5,2 \times 10^{-6}/\text{an}$	$1,3 \times 10^{-6}/\text{an}$

Tabel 8. Probabilități totale cu privire la nefuncționarea barajului per configurație

Configurația	Factor declanșator/Eveniment	P[deversare semnificativă]
Barajul Final Corna Configurația C	Toți factorii declanșatori Toate modurile de nefuncționare	$1,3 \times 10^{-6}/\text{an}$
Barajul Corna Configurația B	Toți factorii declanșatori Toate modurile de nefuncționare	$6,5 \times 10^{-7}/\text{an}$
Barajul Corna Configurația D	Lichefiere statică în sterile	$1,3 \times 10^{-6}/\text{an}$

Dokumentinformasjon/Document de informare					
Dokumenttittel/numele documentului Evaluare de risc, Roşia Montană, România – Evaluare de risc întocmită pentru Barajul Corna aferent lazului de decantare a Sterilelor				Dokument nr./Nr. Document 20081558-1	
Dokumenttype/Tipul documentului		Distribusjon/Distribuire		Dato/Data 18 Mai 2009	
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Raport		<input type="checkbox"/> Fri/Nelimitată		Rev.nr./Revizuire nr.	
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Notă tehnică		<input type="checkbox"/> Begrenset/Limitată			
		<input type="checkbox"/> Ingen/Nu			
Oppdragsgiver/Client Rosia Montana Gold Corporation s.r.l.					
Emneord/Cuvinte cheie baraj, sterile, pericol, analiză de tip arborele evenimentelor, analiză de risc, evaluare de risc					
Stedfesting/Informații geografice					
Land, fylke/Țară, Județ România, Județul Alba				Havområde/Zonă Offshore	
Kommune/Comuna Roşia Montană				Feltnavn/Numele domeniului	
Sted/Location				Sted/Locație	
Kartblad/Hartă				Felt, blokknr./Domeniu, Bloc Nr.	
UTM-koordinater/Coordonate UTM					
Dokumentkontroll/Document de control					
Kvalitetssikring i henhold til/Asigurarea calității în conformitate cu NS-EN ISO9001					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Motivul revizurii	Egenkontroll/ Autorevizurie efectuată de:	Sidemanns - kontroll/ Revizuire efectuate de către un coleg:	Uavhengig kontroll/ Revizuire Independent efectuată de către:	Tverrfaglig kontroll/ Revizuire interdisciplinară efectuată de:
0	Document original	SL	KH UKE	FNa	Participanții în cadrul Workshop-ului
Dokument godkjent for utsendelse/ Document aprobat spre a fi emis		Dato/Data 25 Mai 2009		Sign. Prosjektleder/ Manager de Proiect Suzanne Lacasse	

NGI er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

NGI arbeider i følgende markeder: olje og gass, bygg og anlegg, samferdsel, naturskade og miljøteknologi.

NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002, og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI is a leading international centre for research and consulting in the geosciences.

NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the environment, installations and structures.

NGI works within the oil and gas, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA. NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002, and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989



Raport nr.: 20081558-1
Data: 18-05-2009

Anexa A – Analizele arborelui de risc

Conținut

A1	ARBORI DE RISC, FIGURILE A1 – A19.....	2
A2	REZULTATUL ANALIZELOR ARBORELUI DE RISC	2
A3	GHID PENTRU CITIREA ARBORILOR DE RISC	3



A1 ARBORI DE RISC, FIGURILE A1 – A19

Arborii de risc menționați în Tabele 5 și 6 sunt prezentați în Figurile A1 – A19 în cadrul acestei anexe. Arborii de risc sunt prezentați conform descrierii din schița de mai jos. Arborele de risc ca atare se află „în mijlocul” fiecărei foi. În partea superioară se prezintă atât evenimentul avut în vedere, cât și o explicație pentru probabilitățile selectate. Consecința este arătată în colțul din dreapta împreună cu probabilitatea fiecărei ramuri. Consecințele au coduri de culori, după cum se ilustrează în Secțiunea 4.

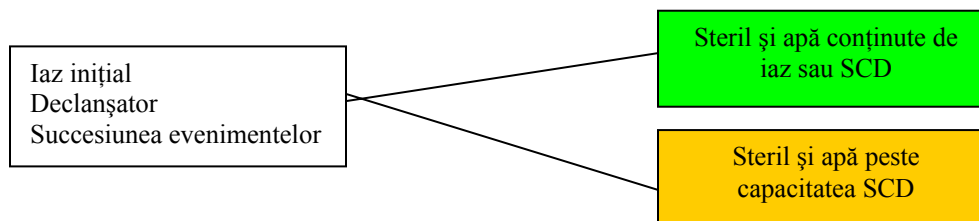
Câțiva arbori erau atât de mari încât a fost nevoie să fie organizați pe câteva pagini. Spre exemplu, Figurile A1 a), b) și c) sunt ale aceluiași arbore, anumite ramuri fiind continuate din Figura A1a) în Figura A1b) și Fig. A1c). Atunci când a fost necesară separarea a două intensități ale unui cutremur din lipsă de spațiu, arborele de risc a fost divizat în două părți (Partea 1 și Partea a 2-a). Ultima figură a fiecărui arbore din Tabelul 5 (de ex. Fig. A1d sau Fig. A14b) rezumă probabilitatea de ne-performanță pentru întreaga analiză a arborelui de risc. Totalul probabilităților este centralizat în tabelele din textul principal.

Declanșator	Risc 1	Risc 2	Risc 3	... Risc i/j	Consecință	P[ne-îndeplinire]
	Explicația pentru alegerea probabilității P[]	Explicația pentru alegerea probabilității P[]	Explicația pentru alegerea probabilității P[]	Explicația pentru alegerea probabilității P[]	Explicația	Pentru fiecare ramură a arborelui
Arborele de risc						
Nr. figură. Titlu, cu configurație, declanșator și mod de ne-îndeplinire.						

A2 REZULTATUL ANALIZELOR ARBORELUI DE RISC

În cadrul analizelor, rezultatul trebuie să fie același pentru toate analizele aplicate unei configurații date a barajului. S-au selectat două seturi de rezultate, unul pentru iazul inițial și unul pentru iazul Corna, de la 3 la 6 ani. Schițele de mai jos ilustrează rezultatul.

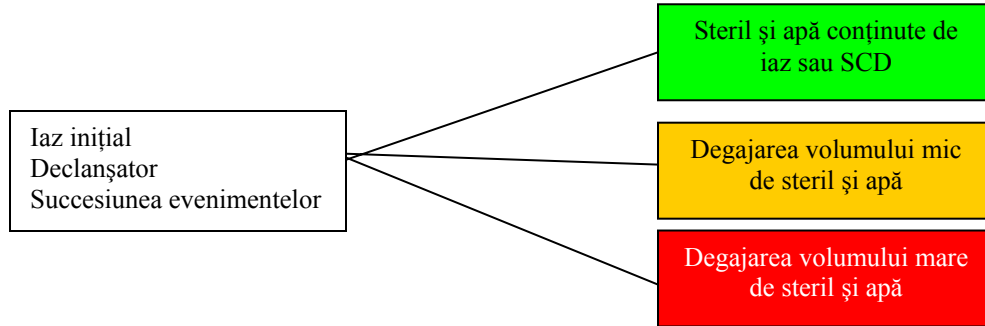
Pentru iazul inițial, rezultatele de „performanță” și „ne-performanță” sunt de retenție sau supraîncărcare a Barajului Secundar de Retenție (SCD).



Din cauza capacității mari de retenție a Barajului Secundar de Retenție (3 milioane m³) în acest stadiu al construcției, cantitatea mică de apă disponibilă pentru supraîncărcarea SCD și înălțimea mare de gardă a barajului inițial (2 PMP sau 5,5 milioane m³ disponibil oricând), numai două rezultate trebuie avute luate în considerare. Așa cum ilustrează și analizele, în cazul unei rupturi

plauzibile a iazului inițial, în esență, toată materia degajată este reținută de Barajul Secundar de Retenție.

Schema de mai jos indică trei rezultate pentru barajul principal construit peste iazul inițial.



„Ne-performanță” a fost definită drept „degajarea unui volum mai mare de steril și apă”. „Degajarea unui volum mai mic” se referă la unele scăpări de steril și/sau apă, dar în cantități mici.

A3 GHID PENTRU CITIREA ARBORILOR DE RISC

Etapele arborelui de risc din Figura 5 sunt descrise în detaliu în acest paragraf. Acest arbore a fost selectat întrucât este unul dintre cei mai complecși arbori analizați. Arborele are trei componente, indicate în Figurile A5a, A5b și A5c și o fișa-rezumat (Fig. A5d).

Analiza din Figura 5 este descrisă pe scurt în Tabelul 5. Analiza calculează probabilitatea de ne-performanță a iazului inițial în timpul unui cutremur și dacă trepidațiile produse de cutremur vor declanșa destrămarea componentei din aval a barajului.

Nr. analiză Secțiune transversală Nr. fig. *	Declanșator/ Mod ne-performanță	Succesiunea evenimentelor	Analiză continuată pe un arbore suplimentar
CUTREMUR – IAZ INIȚIAL			
Iaz inițial Configurația A Fig. A5 a, b, c, d	Cutremur Desfacerea componentei din aval a barajului	- înălțimea acumulării? - deteriorarea nucleului? - pierderi mărite în fundație? - previn filtrele scurgerile sub componenta din aval a barajului? - componenta din aval se desprinde?	<u>Dacă filtrele sunt eficiente</u> , luați în considerare posibilitatea unor scurgeri sporite în fundație [fig. A5b]) <u>Dacă componenta din aval se desprinde</u> , luați în considerare posibilitatea cedării fundației [fig. A5c])

Figura A5a) prezintă evenimentele de bază în cadrul analizei: după ce s-au aplicat cele trei niveluri ale accelerării de vârf a terenului și fiecărei accelerări i s-a asociat o probabilitate, fiecare ramură a arborelui este tratată în paralel.

Primul eveniment întreabă dacă înălțimea de gardă din proiect este disponibilă și fiecărei ramuri i s-a dat o probabilitate. Suma probabilităților pe ramurile care își au originea în același punct este întotdeauna egală cu o unitate. În Figura A5a), s-au discutat valorile lui $P[0,95; 0,05]$ și s-a ajuns la un consens cu privire la faptul că există o probabilitate de 5% ca în iazul inițial să fi fost mai puțin de 2 PMP disponibili pentru stocare. Probabilitatea reflectă faptul că se așteaptă un bun control pe parcursul anului în care se construiește iazul inițial.



Raport nr.: 20081558-1

Data: 18-05-2009

Dacă acumularea specificată proiect nu este disponibilă, se ridică întrebarea dacă va apărea o supraîncărcare produsă de depunerea coronamentelor în urma cutremurului și dacă supraîncărcarea va fi destul de mare pentru a deplasa componenta din aval a iazului inițial. Explicațiile pentru alegerea probabilităților sunt oferite chiar pe arbore.

Dacă acumularea specificată proiect este disponibilă, următoarea întrebare este dacă a reușit cutremurul să deterioreze nucleul, iar probabilitățile sunt asociate statutului în funcție de evenimentele anterioare și amplitudinea accelerării.

Dacă nu există deteriorări ale nucleului și nici scurgeri în fundație, situația este sigură și nu există urmări ale trepidațiilor produse de cutremur.

Dacă nu există deteriorări ale nucleului, dar există scurgeri în fundație, eficiența filtrelor primește o anumită probabilitate. Dacă filtrele nu previn infiltrările excesive în componenta din aval a iazului, următorul pas constă în evaluarea infiltrărilor pentru a

determina dacă sunt destul de mari încât să producă deplasarea componentei din aval. Dacă această componentă din aval este dislocată, consecințele se regăsesc în scăpările de apă/steril, dacă acestea vor fi reținute de Barajul secundar de retenție. În cazul iazului inițial, SCD va conține aproape tot ceea ce este degajat, întrucât sunt doar volume mici de apă disponibile pentru degajare.

Arborele de risc din Figura 5 este complex, pentru că trebuie să combine câteva moduri de cedare. Dacă argumentația se încheie cu „Nu există consecințe pentru terți” produse de deteriorarea nucleului, există totuși posibilitatea apariției unei cedări în fundație și producerii unei supraîncărcări în SCD. Această posibilitate este analizată mai departe în Figura A5c.

În mod similar, dacă nucleul este deteriorat și filtrele dau randament în oprirea infiltrațiilor în nucleu, există totuși posibilitatea producerii unor infiltrații în fundație. Această etapă este ilustrată în Figura A5a), însă calculul ca atare este realizat în Figura A5b).

Analiza continuă în acest mod pentru toate evenimentele și toate ramurile și pentru toate valorile aferente accelerării (A_{max}). Probabilitatea supraîncărcării SCD este indicată de numerele situate în partea dreaptă a tuturor căsuțelor galbene. Căsuțele verzi indică doar succesiunea evenimentelor care nu vor produce daune sau consecințe pentru terți.

Figura A5d) rezumă toate probabilitățile de la cele trei componente de analiză din Figura A5a), b) și c) și calculează probabilitatea totală pentru acest arbore de risc. Probabilitatea totală pentru iazul inițial presupune ca toate analizele să fie încheiate și să se efectueze o sumă a tuturor probabilităților individuale relevante.



Raport nr.: 20081558-1
Data: 18-05-2009

Anexa B – Trepidații produse de cutremur. Probabilități de accelerație de vârf orizontală a terenului

Conținut

B1	RELAȚIA PGA CU PROBABILITATEA CUMULATIVĂ DE DEPĂȘIRE	2
B2	EFACTUL PROBABILITĂȚILOR APROXIMATE ASUPRA PROBABILITĂȚII DE NE-PERFORMANȚĂ	3



Raport nr.: 20081558-1
Data: 18-05-2009

B1 RELAȚIA PGA CU PROBABILITATEA CUMULATIVĂ DE DEPĂȘIRE

Pentru analizele arborelui de risc în condiții de trepidații produse de cutremur, probabilitățile de apariție a accelerației de vârf pe orizontală a terenului (PGA) au fost approximate după cum urmează:

$$P[A_{\max} > 0,16g] = 1 \times 10^{-4}$$
$$P[A_{\max} < 0,05g] = 0,99$$

Probabilitatea pentru A_{\max} între 0,05 și 0,16g a fost stabilită ca diferența dintre unitate (1) și cele două probabilități atribuite de mai sus:

$$P[0,05g < A_{\max} < 0,16g] = 1 - (P[A_{\max} > 0,16g] + P[A_{\max} < 0,05g]) = 0,0099$$

Figura B1 prezintă o relație log-log între valoarea PGA a cutremurului și probabilitatea anuală de depășire. Se indică curba cu probabilitățile approximate pentru valorile inferioare și superioare ale A_{\max} .

De asemenea, în Figura B1, este posibilă stabilirea unei relații între valoarea PGA a cutremurului și probabilitatea anuală de depășire pentru cele două puncte de date „teoretice” cunoscute pentru zona Roșia Montană:

<u>Accelerației de vârf pe orizontală a terenului PGA</u>	<u>PGA (m/s²)</u>	<u>Probabilitatea anuală de depășire</u>
0,16	1,57	$1,0 \times 10^{-4}$ (10.000-an cutremur)
0,08	0,78	$2,1 \times 10^{-3}$ (475-an cutremur) ¹

Această curbă se situează destul de aproape de aproximarea făcută. Ea indică faptul că cele mai „corecte²” probabilități cumulative sunt, cu

$$P[A_{\max} \geq 0,16g] = 1 \times 10^{-4}$$
$$P[A_{\max} > 0,05g] = 0,017$$
$$P[A_{\max} > 0,094g] = 0,0001$$

Aceste valori duc la:

$$P[A_{\max} < 0,05g] = 1 - 0,017 = 0,983$$
$$P[0,05g < A_{\max} < 0,094g] = 0,017 - 0,0001 = 0,0169$$
$$P[0,094g < A_{\max} < 0,16g] = 0,0001 - 0,00001 = 0,00009 = 9 \times 10^{-5}$$

Cea de-a treia curbă din Figura B1 prezintă această relație. Relația ușor non-lineară (pe axele log-log) se crede a fi cea mai realistă reprezentare a probabilității cumulative de depășire.

¹ 10% probabilitate de depășire în 50 de ani = $1 - (1 - 0,1)^{50} = 0,10$

² $P[] = (A_{\max})^{-4,4} \cdot 7,9 \cdot 10^{-4}$



Raport nr.: 20081558-1

Data: 18-05-2009

B2 EFECTUL PROBABILITĂȚILOR APROXIMATE ASUPRA PROBABILITĂȚII DE NE-PERFORMANȚĂ

Pentru a verifica dacă probabilitățile utilizate în analizele de risc cu încărcare seismică sunt realiste, s-au făcut calcule comparative pentru un arbore de risc. Un caz a utilizat trei ramuri ale A_{max} cu probabilitățile „aproximate” și al doilea a utilizat patru ramuri ale A_{max} cu probabilitățile „corecte” de la a treia curbă din Figura B1.

Comparația s-a făcut pentru Configurația A (iaz inițial) în cazul cedării fundației. Începutul celor doi arbori de risc este indicat în Figurile B2 și, respectiv, B3³. Rezultatele analizelor arborelui de risc au indicat următoarele:

Tabelul B1 compară un număr de probabilități obținute pentru analizele cu 3 ramuri și 4 ramuri.

Tabelul B1 Comparații ale probabilităților obținute de la 3 și 4 ramuri ale accelerației de cutremur, pentru A_{max} între 0,05g și 0,16g

Eveniment (Figurile A1a) și A2)	P[] de la analiza pe 3 ramuri	P[] de la analiza pe 4 ramuri
P[performanță satisfăcătoare a fundației înainte de deplasarea componentei din aval] – cea mai mare probabilitate intermediară în arborele de risc	$0,94 \times 10^{-2}/\text{an}$	$1,5 \times 10^{-2}/\text{an}$
P[performanță satisfăcătoare a iazului inițial înainte de deplasarea componentei din aval] - cea mai mare probabilitate intermediară în arborele de risc	$2,2 \times 10^{-5}/\text{an}$	$1,2 \times 10^{-5}/\text{an}$
P[supraîncărcare SCD], suma tuturor ramurilor	$2,3 \times 10^{-9}/\text{an}$	$1,4 \times 10^{-9}/\text{an}$

Spre exemplu, pentru analiza arborelui de risc pe trei ramuri probabilități approximate:

$$P[\text{supraîncărcare SCD}] = 2,3 \times 10^{-9}/\text{an} \sim 2 \times 10^{-9}/\text{an}$$

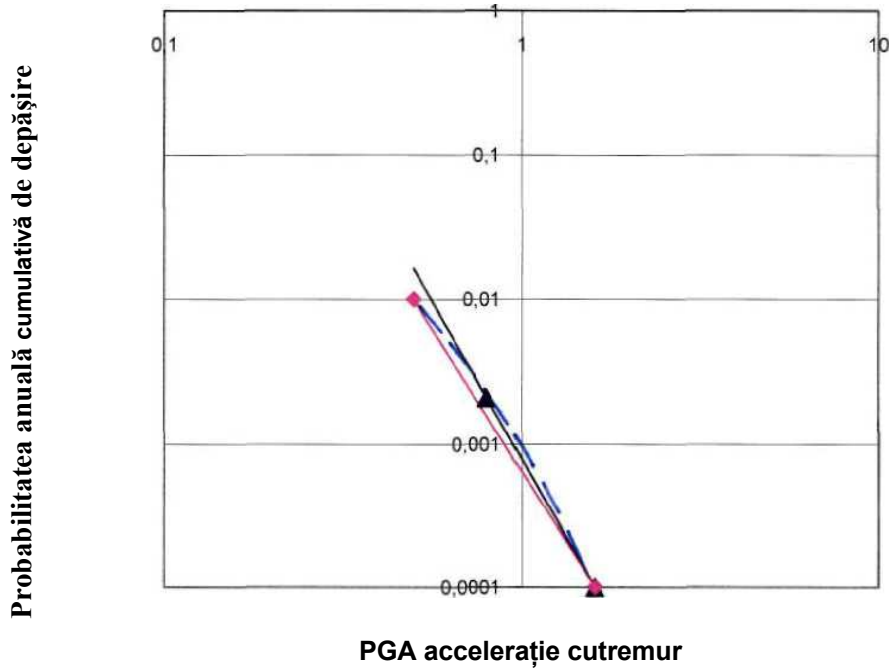
pentru A_{max} între 0,05g și 0,16g.

Pentru analiza arborelui de risc pe patru ramuri:

$$P[\text{supraîncărcare SCD}] = 1,4 \times 10^{-9}/\text{an} \sim 1,5 \times 10^{-9}/\text{an}$$

pentru A_{max} între 0,05g și 0,16g. Dacă s-ar continua analiza pe toate ramurile, conform Figurii A1a), b) și c), rezultatele ar deveni și mai apropiate, întrucât cea mai mare probabilitate de deversare „necontrolată” a conținuturilor depinde de probabilitatea performanței satisfăcătoare a fundației înainte de deplasarea componentei din aval (liniile 1 și 2 din Tabelul B1). Rezultatele din Tabelul B1 indică o diferență mică și nesemnificativă pentru rezultatele analizelor arborelui de risc din acest raport. Aproximarea la trei ramuri prezice probabilități ușor mai mari și ca urmare, oferă o estimare amplă. De aceea, este suficientă utilizarea a numai trei ramuri în analizele trepidațiilor cutremurului.

³ În arboreal de risc din Anexa A, 0,094g a fost aproximat la 0,10g.



Curba neagră: curba cu puncte de date pentru OGA de 0,16g și 0,08g
Curba roșie: aproximată în arbore cu trei ramuri PGA
Curba albastră: relație calculată pentru arbore cu patru ramuri PGA

Figura B1 Probabilitatea anuală cumulativă de depășire pentru PGA cutremur

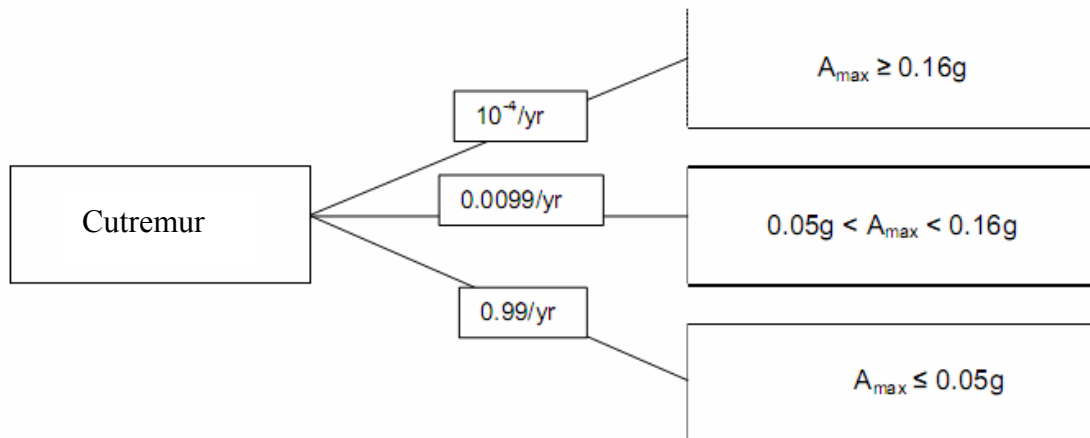


Figura B2. Arbore de risc cu trei ramuri în condiții de cutremur

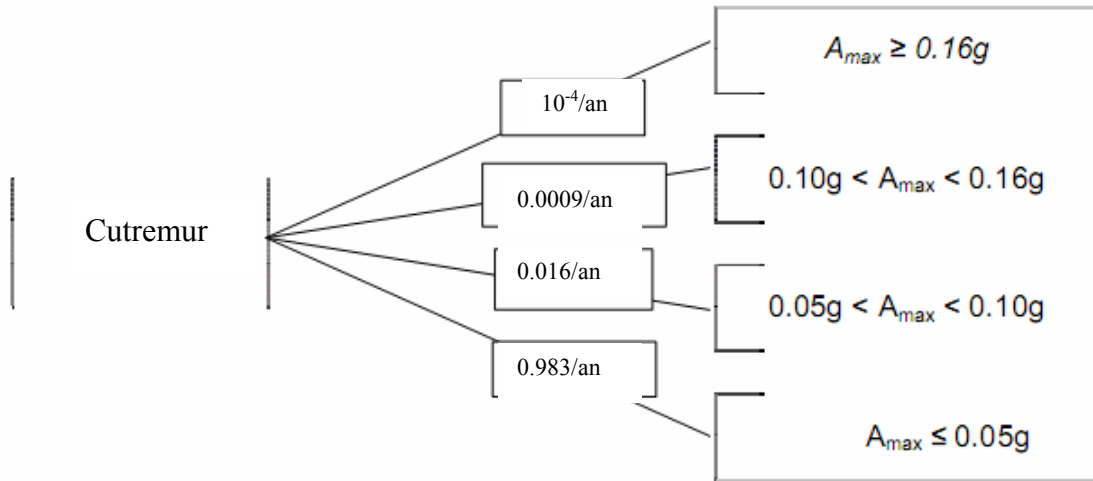


Figura B3. Arbore de risc cu patru ramuri în condiții de cutremur



Raport nr.: 20081558-1
Data: 18-05-2009

Anexa C – Probabilitatea de cedare a barajelor la nivel mondial

Cuprins

C1 INTRODUCERE	2
C2 PROBABILITATEA DE CEDARE	2
C2.1 Nomenclator	2
C2.2 Statistici referitoare la incidente și cedări ale barajelor	2
C2.3 Eroziunea internă a pământului barajelor	3
C2.4 Baraje cu anrocamente în Norvegia	3
C3 CONCLUZII	4
REFERINȚE	4



Raport nr.: 20081558-1
Data: 18-05-2009

C1 INTRODUCERE

Această anexă prezintă exemple ale probabilității de cedare pentru barajele existente acolo unde există date disponibile. O dată cu trecerea timpului la durata de funcționare a TMF și efectuarea observațiilor de comportament ale barajului TMF, probabilitățile anuale pot fi actualizate cu teoria bayesiană. Actualizarea pe baza observațiilor ar conferi o probabilitate de ne-performanță mai mică decât cea din prezentul raport.

C2 PROBABILITATEA DE CEDARE

C2.1 Nomenclator

Probabilitatea de cedare sau probabilitatea de ne-performanță este exprimată, de regulă, ca o unitate exponențială dificil de asociat în viața de zi cu zi. Pentru a ajuta la înțelegerea acestor cifre, exponențialul poate fi simplificat la expresiile indicate în tabelul de mai jos.

<u>Probabilitatea de apariție</u> <u>Expresie exponențială</u>	<u>Probabilitatea de apariție</u> <u>Exprimată ca frecvență în timp</u>
10^{-4} / an	O dată la 10.000 de ani
10^{-5} / an	O dată la 100.000 de ani
10^{-6} / an	O dată la 1.000.000 de ani
10^{-7} / an	O dată la 10.000.000 de ani
10^{-8} / an	O dată la 100.000.000 de ani

C2.2 Statistici referitoare la incidente și cedări ale barajelor

ICOLD (Comisia Internațională pentru baraje mari) a prezentat o statistică cu privire la incidentele produse de baraje, în care probabilitatea medie de cedare este cuprinsă între 10^{-4} și 10^{-5} pe an (Londra 1993; ICOLD 1995; Foster et al. 2000, Haga 2001). Peck (1980), pe baza lucrării lui Baecher et al. (1980a și b) care a utilizat baza de date ICOLD plus alte date, a raportat că probabilitatea de cedare a barajelor în Statele Unite și la nivel mondial este între 2 și 7×10^{-4} pe an.

Foster et al. (2000) a raportat că probabilitatea de producere a unui accident din cauza instabilității pantei taluzului în aval este cuprinsă între 1 și 5×10^{-4} pe an și probabilitatea de cedare este de $1,5 \times 10^{-5}$ pe an.

Pentru barajele cu steril, probabilitatea de cedare este semnificativ mai mare decât probabilitatea medie de 10^{-4} și 10^{-5} pe an raportată mai sus. Cele mai multe dintre aceste baraje sunt realizate în totalitate cu steril, în timp ce TMF Roșia Montană este ridicat pe iazul inițial (un baraj normal cu taluz din anrocamente); la finalizare, panta taluzului în aval construită din anrocamente va avea o înclinare ușoară 1:3. din cauza acestor diferențe, un nivel realist al comparației pentru TMF Roșia Montană ar fi 10^{-4} pe an.

Toate aceste probabilități de cedare sunt mai mari decât probabilitatea de ne-performanță calculată pentru TMF la Roșia Montană. Probabilitatea de ne-performanță a TMF a fost estimată la o dată într-un milion de ani. Analizele arborelui de risc indică o probabilitate de ne-performanță calculată pentru TMF de 100 de ori mai mică decât probabilitatea de cedare a barajelor de retenție, pe baza performanțelor observate pentru baraje din întreaga lume.

C2.3 Eroziunea internă a pământului barajelor

Există date istorice pentru baraje de pământ care dovedesc o frecvență de cedare per baraj-an de funcționare. Figura C1 indică frecvențele de cedare la eroziune internă pentru barajele din SUA. Probabilitatea anuală de cedare asociată cu eroziunea internă a barajelor de pământ se situează între 10^{-4} și 5×10^{-4} pe an. Cedările din cauza eroziunii interne tind să apară mai frecvent în primii 5 ani reflectând defectele primelor starturi de umplere. Figura oferă și o listă a unora din factorii din timpul construirii și monitorizării barajului care afectează probabilitatea de cedare. Datele sugerează probabilități de cedare semnificativ mai mari decât cele calculate pentru TMF Roșia Montană.

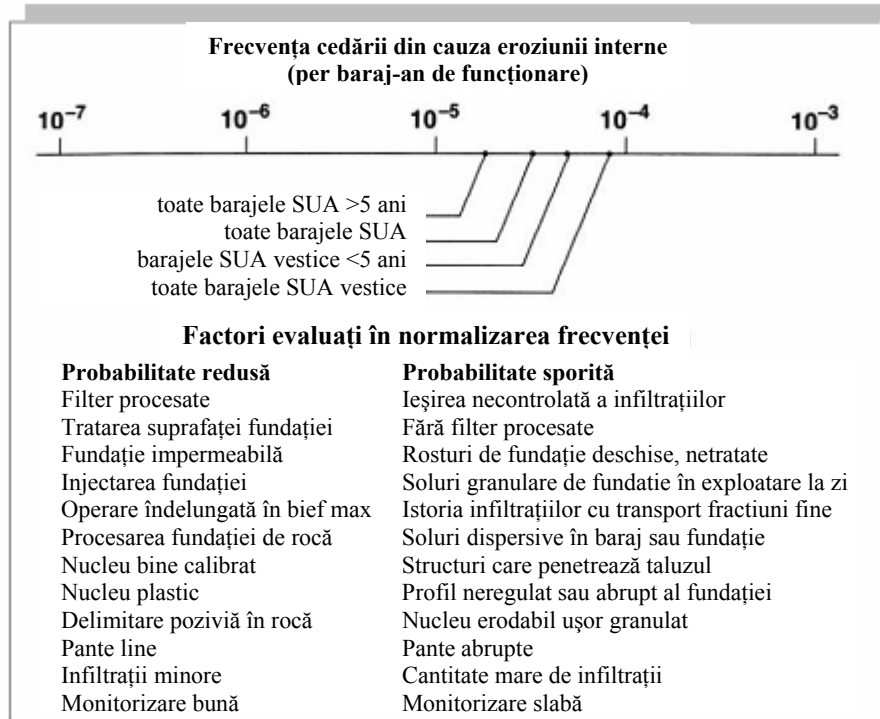


Figura C1. Frecvență normalizată (probabilitate anuală) pentru cedarea barajului prin eroziune internă în SUA (Von Thun, 1985; Vick, 2002)

C2.4 Baraje cu anrocamente în Norvegia

S-au efectuat analize detaliate ale arborelui de risc, similare analizelor prezentate în prezentul raport, la trei baraje din Norvegia, barajele Viddalsvatn, Dravladalsvatn și

Svartevatn. Ultimul era cunoscut ca un baraj robust, în timp ce primele două au dat unele semne de eroziune internă la începutul funcționării lor. S-au calculat probabilitățile anuale de cedare pentru aceste baraje, folosindu-se aceeași abordare ca și în cazul TMF de la Roșia Montană. Rezultatele acestor analize sunt prezentate în Tabelul C1. probabilitățile de 5×10^{-4} reflectă corect construcția mai puțin robustă și comportamentul mai puțin satisfăcător al barajelor Viddalsvatn și Dravladalsvatn, în timp ce barajul Svartevatn este considerat unul foarte sigur. Acesta are o probabilitate anuală cuprinsă între 10^{-6} și 10^{-5} pe an, care este mai mare decât probabilitatea totală calculată pentru TMF de la Roșia Montană.



Raport nr.: 20081558-1
Data: 18-05-2009

Tabelul C1. Probabilitatea de cedare pentru barajele cu anrocamente din Norvegia (dosarele NGI)

Probabilitatea anuală de ne-performanță					
Baraj	Declanșator	Inundații/ precipitații	Cutremur	Eroziune internă	Toate cele trei declanșatoare
Viddalsvatn		$1,2 \times 10^{-6}$ /an	$1,1 \times 10^{-5}$ /an	$4,0 \times 10^{-4}$ /an	$5,6 \times 10^{-4}$ /an
Dravladalsvatn		$4,0 \times 10^{-4}$ /an	$1,5 \times 10^{-6}$ /an	$5,0 \times 10^{-5}$ /an	$4,5 \times 10^{-4}$ /an
Svartevatn		$1,0 \times 10^{-7}$ /an	$2,0 \times 10^{-7}$ /an	$6,0 \times 10^{-6}$ /an	$6,3 \times 10^{-6}$ /an

C3 CONCLUZII

Probabilitatea de ne-performanță obținută pentru barajul de la TMF Roșia Montană este semnificativ mai mică decât probabilitățile de cedare documentate de literatura de specialitate. Probabilitatea de ne-performanță la TMF Roșia Montană este cam de 100 de ori mai mică decât cea a altor baraje comparabile.

REFERINȚE

Baecher, G., M.-E. Paté and R. deNeufville (1980a)
Analiza costurilor/beneficiilor în cazul cedării barajului. ASCE Jour. Geot. Eng. Div., Vol. 106, No. GT1, pp. 101-116.

Baecher, G., M.-E. Paté and R. deNeufville (1980b)
Riscul cedării barajului in analiza beneficii-costuri. Water Resources Research, V. 16, Nr. 3, pp. 449-456

Foster, M., Fell, R. and Spannagle, M. (2000)
Statistici cu privire la accidente și cedarea barajului cu taluz. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 37, No. 5, pp. 1000-1024.

Høeg, K. (2001)
Ingineria barajului cu taluz, evaluarea și îmbunătățirea siguranței. Proc. ICSMGE, Istanbul, 2001

ICOLD (1995)
Cedări ale barajelor – analiză statistică, Buletinul Nr. 99. ICOLD, Paris, Franța.

Londe, P. (1993)
Evaluări de siguranță utilizând analiza eficienței. Proc. Atelier pe teme Evaluarea siguranței barajelor, Grindelwald, Elveția, Vol. 4, pp. 171-188.

Peck, KB. (1980)
Unde a dispărut discernământul? Cea de-a cincea lectură memorială Laurits Bjerrum, Oslo, Norvegia. Canadian Geotechnical Journal. V 40, no. pp.

Vick, S. (2002).
Grade de credință. Probabilitatea subiectivă și judecata inginerescă. ASCE Press. 405 pagini



Raport nr.: 20081558-1
Data: 18-05-2009

VonThun, J. (1985)

Aplicație a datelor statistice provenind de la accidente și cedări ale barajelor în analiza deciziei bazată pe risc la barajele existente. Biroul de Reclamații, Inginerie și Centru de cercetare, Denver, Colorado, SUA.



Raport nr.: 20081558-1
Data: 18-05-2009

ANEXA D – DESPRE NGI

Conținut

D1	DESCRIEREA NGI ȘI A EXPERTIZEI SALE	2
-----------	--	----------



Raport nr.: 20081558-1
Data: 18-05-2009

D1 DESCRIEREA NGI ȘI A EXPERTIZEI SALE

FUNDAȚIE DE CERCETARE PRIVATĂ ȘI INDEPENDENTĂ

Institutul Geotehnic Norvegian (NGI) este o fundație de cercetare independentă și privată. NGI face cercetări și dezvoltări și asigură avansate servicii de consultanță în geo-științe. Scopul NGI, declarat în statutul său, îl reprezintă progresul stării de geo-cunoaștere și traducerea în practică a rezultatelor cercetărilor și consultările efectuate de acesta.

NGI are birouri în Oslo, Trondheim și Houston, TX, SUA, și Kuala Lumpur, Malaysia.

NGI, înființat în 1950, are în prezent 210 angajați, 75% dintre aceștia având grade universitare; 25% din personalul angajat este din străinătate, reprezentând 25 de naționalități. În fiecare an, 25-40 de oameni de știință vizitează NGI pentru a efectua cercetări împreună cu personalul NGI.

Cifra de afaceri a NGI pentru anul 2008 a fost de 45 de milioane \$ SUA. NGI primește finanțare de bază și direcționată de utilizator de Consiliul de Cercetare al Norvegiei pentru dezvoltarea ulterioară a expertizei sale. Finanțarea dedicată cercetării de către statul norvegian pentru NGI s-a ridicat la 6 milioane \$ SUA în 2008. NGI primește și o finanțare considerabilă de la Comisia Europeană.

O dată cu nevoia crescândă pentru evaluare și management al riscurilor produse de pericolele naturale cum ar fi alunecări de teren, tsunami, cutremure și inundații, NGI a primit, în anul 2003, statutul de Centru de Excelență și a înființat "Centrul Internațional pentru Geo-pericole". În 2008, NGI a primit statutul de Centru Mondial de Excelență de la Consorțiul Internațional pentru alunecări de teren.

SERVICII DE CERCETARE ȘI CONSULTANȚĂ

Astăzi, NGI este un centru internațional pentru geo-cercetare. NGI se concentrează pe (1) proprietățile și comportamentul fizic al solului, rocilor și zăpezii, (2) modelarea și analiza numerică a solului, rocilor, zăpezii și apei subterane și a interacțiunii acestora cu structurile, (3) monitorizarea instrumentației și performanței, și (4) evaluarea și managementul riscurilor. Filozofia de lucru este: să se utilizeze, ca abordare integrată și în colaborare cu clienții și partenerii, experiența trecută, cele mai noi teorii și tehnici și rezultate de cercetare, susținute de măsurători complete la scală și monitorizarea performanței pentru a găsi soluții eficiente financiar, sigure și de încredere. NGI este prezentă pe piețele de energie, mediu, infrastructură și dezastre naturale. NGI deține următoarele domenii de expertiză: proiectarea și analiza fundațiilor pentru construcții, poduri, instalații offshore (în larg) și structuri în porturi; tuneluri, rezervoare și goluri carstice; proiectarea, evaluarea gradului de siguranță și îmbunătățirea barajelor; științe și inginerie de mediu pentru sol și ape subterane: alunecări de teren și dezastre naturale, geomecanică computerizată, geofizica pământului și marină; și aplicații de evaluare a riscului pentru toate aceste zone.

INSTITUȚIE RECUNOSCUTĂ LA NIVEL MONDIAL PENTRU REZOLVAREA PROBLEMELOR

NGI este adesea notificată pentru a asista la proiecte internaționale mari și/sau complexe. Exemple: platforme de petrol offshore din SUA, Canada, Africa, Australia și Europa, autostrăzi și poduri în Thailanda, dezastre naturale în America, Europa, America Latină și Asia, aeroporturi în Bangkok și Hong Kong, baraje și diguri pe toate cele cinci continente, excavații la mare adâncime în Singapore, metrou în Taipei, planificarea insulelor artificiale în Italia, siguranța taluzului, tuneluri și goluri carstice în Hong Kong și Taiwan și depozitarea deșeurilor nucleare pe câteva



Raport nr.: 20081558-1

Data: 18-05-2009

continente. În ultimii 15 ani, peste 30% din activitatea NGI a fost în proiecte din afara granițelor Norvegiei.

Notă tehnică 2009/01



Către: S.C. Roșia Montană Gold Corporation S.A.
Atenția.: Horea Avram și Yani Roditis
De la: Suzanne Lacasse, Project Manager
Data: 2009-05-18
Proiect: **2008 1558 Analiza de risc Roșia Montană, Romania**

Sediul:
PO Box 3930 Ullevil Stadion
NO-0806050
Norway

Întocmit de: Suzanne Lacasse
Verificat de: Kaare Høeg și Farrokh Nadim

Niveluri de risc și pericol pentru instalații tehnologice și alte situații

Cuprins

1	Introducere	2
2	Curbe f-N	2
2.1	Iazuri de decantare și alte instalații tehnologice	2
2.2	Dezastre naturale	4
3	Exemple de alte activități	6

1 Introducere

S.C. Roșia Montană Gold Corporation S.A. a angajat firma NGI să realizeze o analiză de risc și să estimeze probabilitatea de cedare a barajului Corna din cadrul iazului de decantare a sterilului (IDS) de la Roșia Montană. Studiul a stabilit că barajul asigură condiții de siguranță acceptabile în raport cu deversarea de material steril și apă. Rezultatele studiului au fost prezentate în cadrul Raportului NGI 2008 1558-1 din data de 28 mai 2009.

Nota tehnică prezintă exemple de niveluri de risc și pericol pentru instalații tehnologice și pentru alte activități întâlnite în viața de zi cu zi. Se prezintă curbele de frecvență pentru diverse pericole naturale sau create de om (denumite curbe f-N sau frecvență – număr de victime/costuri ale curbelor de daune).

2 Curbe f-N

2.1 Iazuri de decantare și alte instalații tehnologice

Whitman (1984) și Baecher și Christian (2003) au prezentat graficul din Figura 1 care face legătura între probabilitatea anuală de cedare și costuri. Iazurile se situează în domeniul de probabilitate de 10^{-4} până la 10^{-5} pe an. Majoritatea construcțiilor tehnologice prezintă probabilități de cedare mai mari de 10^{-4} pe an.

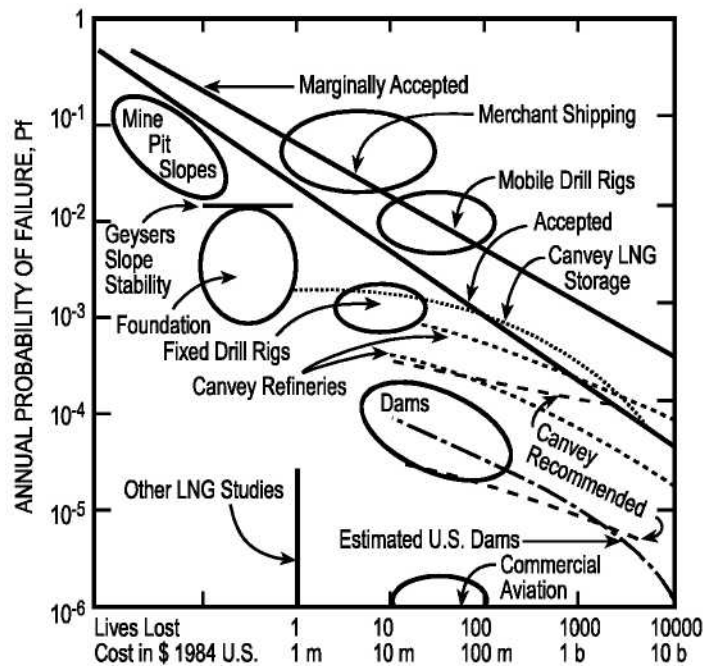


Figura 1. Niveluri acceptabile de risc pe diagrama f-N (Whitman, 1984).

Figurile 2 și 3 menționează criteriile stabilite de BC Hydro (British Columbia Hydro) și ANCOLD (Comitetul Național Australian pentru Baraje Mari) pentru baraje.

GEO (Geotechnical Engineering Office - Biroul de Inginerie Geotehnică) din Hong Kong (GEO, 1998) a propus recomandări de risc pentru taluzuri. Figura 4 reproduce această ultimă recomandare pentru taluzuri artificiale (create de om). Figura 5 prezintă serii de curbe f-N pentru diverse dezastre naturale și artificiale.

Toate aceste criterii sugerează faptul că riscul anual asociat iazului de decantare a sterilului de la Roșia Montană se situează în domeniul acceptabil.

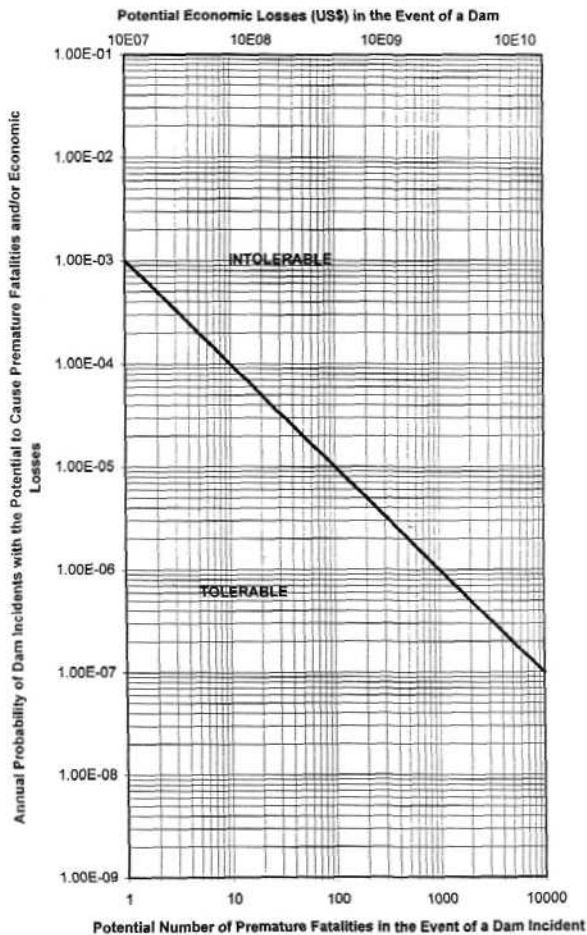


Figura 2. Criterii de risc societal pentru cedări la iazuri stabilite de BC Hydro

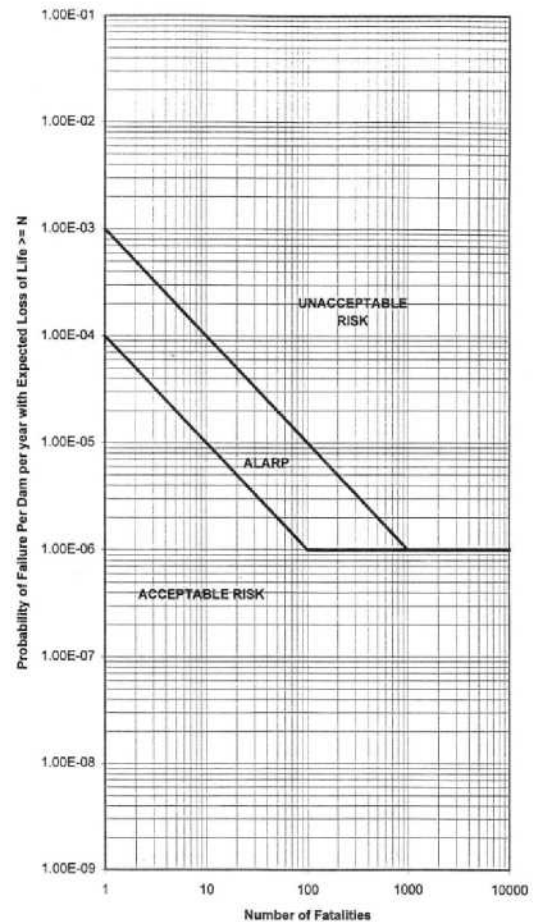


Figura 3. Criterii de risc societal interimare modificate de ANCOLD

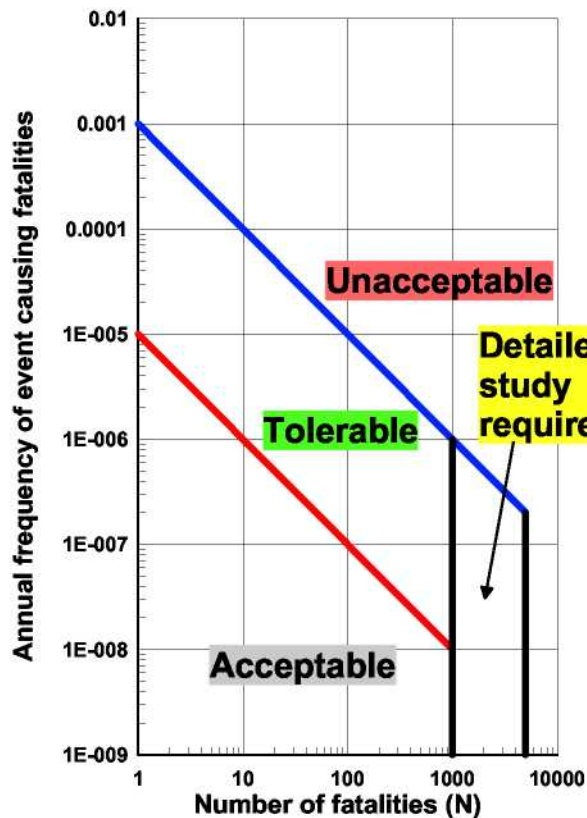


Figura 4. Criterii de risc propuse pentru Hong Kong (GEO, 1998)

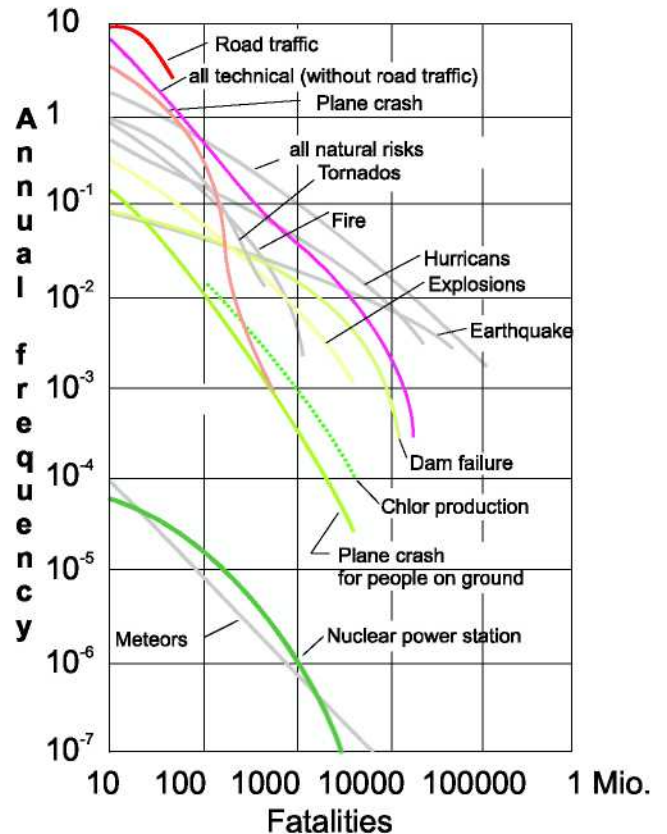


Figura 5. Comparație între curbe f-N pt. diverse situații (Proske, 2005)

2.2 Dezastre naturale

În prezentul document se prezintă trei seturi de curbe f-N în scopul realizării unei comparații cu dezastre naturale. Datele au fost preluate din următoarele surse: "EM-DAT: The OFDA/CRED Baza de date a dezastrelor, www.emdat.be - Université Catholique de Louvain - Bruxelles- Belgia, versiune v12.07 (Rad 2009, NGI).

Figura 6 prezintă curba f-N pentru date privind dezastrele naturale din România din ultimii 100 ani. Frecvența este o frecvență anuală. În România s-au înregistrat victime datorită cutremurelor, temperaturilor extreme, inundațiilor și furtunilor. Figura 7 prezintă aceeași curbă f-N pentru o serie de țări din Europa. Figura 8 prezintă curbele f-N aferente alunecărilor de teren din 4 țări. Deși dezastrele naturale și cedarea unui baraj nu sunt comparabile, probabilitatea de apariție a unui fenomen natural periculos este mult mai mare decât valoarea de 10^{-6} pe an luată în considerare pentru iazul de decantare a sterilului de la Roșia Montană.

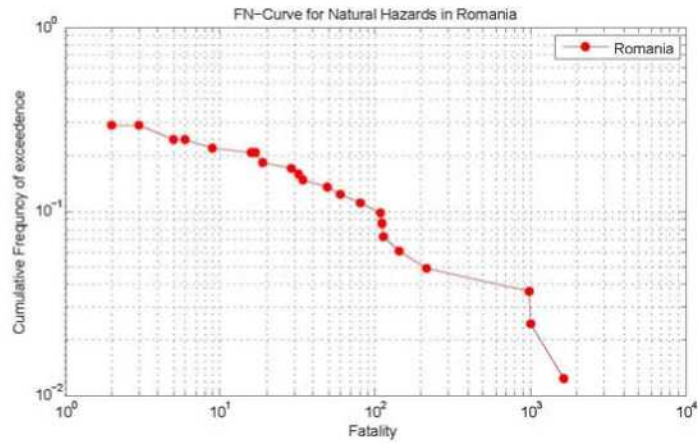


Figura 6. Curba f-N pentru dezastre naturale din România (Rad, 2009)

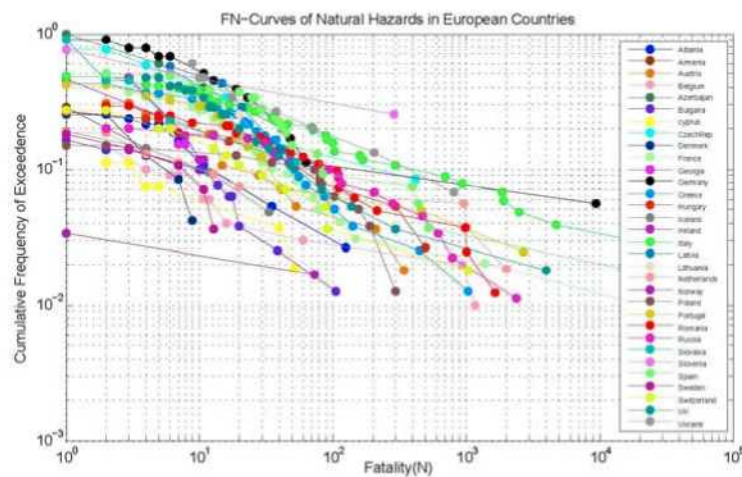


Figura 7. Curbe f-N pentru dezastre naturale din țări europene (Rad, 2009)

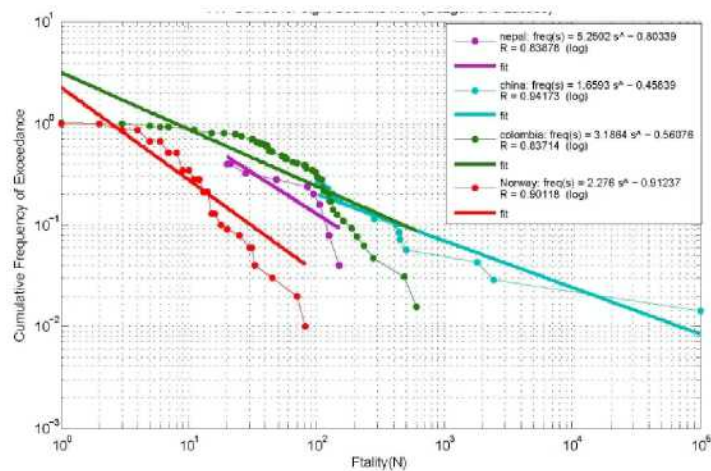


Figura 8. Curbe f-N pentru alunecări de teren înregistrate în 4 țări (Rad, 2009)

3 Exemple de alte activități

În scop comparativ, tabelele 1 - 4 prezintă frecvența victimelor înregistrate în cazul unor activități umane. Tabelele ilustrează, de asemenea, diferența dintre risc voluntar și risc involuntar. În literatura de specialitate există numeroase astfel de tabele, mai jos prezentându-se doar câteva exemple.

Tabelul 1 Incidența accidentelor fatale, partea 1 (Diamantidis, 2003)

Cauza decesului	În timpul activității [10 ⁸ oră]	Proporția duratei (medie)	Probabilitate anuală [1/an]
Alpinism	4000	0,005	1/500
Accidente de motocicletă	300	0,01	1/3000
Schi	130	0,01	1/8000
Muncitori în industrii cu clădiri înalte	70	0,2	1/700
Pescuit în ape adânci	50	0,2	1/1000
Muncitori pe platforme petroliere sau de gaz	20	0,2	1/2500
Boli (vârsta între 40-44 ani)	17	1	1/600
Deplasare cu avionul	15	0,01	1/70000
Deplasare cu automobilul	15	0,05	1/13000

Tabelul 2. Incidența accidentelor fatale, partea 2 (Diamantidis, 2003)

Cauza decesului	În timpul activității [10 ⁸ oră]	Proporția duratei (medie)	Probabilitate anuală [1/an]
Boli (vârsta între 30-40 ani)	8	1	1/1200
Mine de cărbuni	8	0,2	1/6000
Deplasare cu trenul	5	0,05	1/40000
Construcții	5	0,2	1/10000
Agricultură (angajați)	4	0,2	1/12000
Accidente domestice	1,5	0,8	1/9000
Deplasarea cu transportul public	1	0,05	1/200000
Industria chimică	1	0,2	1/50000
Cutremurul din California	0,2	1	1/50000

Tabelul 3 Risc voluntar și involuntar (Kletz, 1976)

Activitate voluntară	Decese pe an [x10 ⁻⁷]	Activitate involuntară	Decese pe an [x10 ⁻⁷]
Fumatul (20 țigări/zi)	50000	Accident rutier (SUA)	500
Consumul de alcool (0,75l/zi)	750	Accident rutier (UK)	600
Fotbal	400	Inundații (SUA)	22
Curse auto	12000	Cutremur (California)	17
Alpinism	400	Furtuni (SUA)	8
Șofatul	170	Trăsnetul (UK)	1
Motocicleta	20000	Accident aviatic (SUA)	1
		Accident aviatic (UK)	0.2
		Inundarea digurilor (Olanda)	1
		Gripa	2000
Sursă: Chemical Engineering in a Changing World 1976			

Tabelul 4. Risc individual pentru viață (Morgan, 1992)

Activitate voluntară	Incidență/ anual	Activitate involuntară	Incidență/ anual
Lider național	1/50		
Scufundări profesionale	1/350	Industria productivă	1/15.000
Deplasare cu avionul (echipaj)	1/1.000	Incendiu	1/50.000
Deplasare cu automobilul (10000 km/an)	1/3.500	Electrocutare	1/65.000
Construcții	1/6.000	Înec	1/100.000
Deplasare cu avionul (pasageri)	1/9.000	Trăsnet	1/5.000.000
Schi	1/10.000	Cedării structurale	1/10.000.000

BIBLIOGRAFIE

ANCOLD (Australian National Committee on Large Dams). (1994) Guidelines on Risk Assessment. Australian National Committee on Large Dams.

Baecher, G.B. and J.T. Christian (2003)
Reliability and Statistics in Geotechnical Engineering. Wiley. London 605 p.

Diamantidis, D. (2003)
Implementation of acceptable risk in long railway tunnels. Regensburg Universitet, Tyskland.

GEO (Geotechnical Engineering Office), Civil Engineering Department (1988) Landslides and boulder falls from natural terrain: Interim risk guidelines.

GEO Report No. 75, The Government of the Hong Kong Special Administrative region.

Kletz, T.A. (1976)
The application of hazard analysis to risks to public at large. Proc. "Chemical Engineering in a changing world".

Morgan, G.C. (1992)
Quantification of risks from slope hazards. Proc. Geologic Hazards Workshop, University of Victoria, BC Geological Survey. Open file 1992-15, pp. 57-70.

Proske, D. (2004)
Katalog der Risiken. ISBN 3-00-014396-3. 372 p.

Rad, M.K. (2009). Personal communication. NGI, March 2009.

Von Thun, J. (1985)
Application of statistical data from dam failure and accidents to risk-based decision analysis on existing dams. U.S. Bureau of Reclamation, Engineering and Research Center, Denver, Colorado.

Whitman, R. (1984)
Evaluating the calculated risk in geotechnical engineering. *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE* 110(2): 145-188.

Pagină de revizuire și referință

Informații document						
<i>Titlul documentului</i> Analiză de risc la Roșia Montană, România – Niveluri de risc și pericol pentru instalații tehnologice și alte situații					Nr. document. 2008 1558 - TN-01	
Tipul documentului		Distribuție			Data 31 mai 2009	
Raport		Nelimitată			Nr. rev.	
Notă tehnică		Limitată				
		Nu este cazul				
Client Roșia Montană Gold Corporation s.r.l.						
Cuvinte cheie Risc, analiza arborelui de evenimente, analiză de risc, evaluare de risc, curbe f-N						
Informații geografice						
Țară, județ România, jud. Alba					Zonă offshore	
Comuna Roșia Montană					Nune domeniu	
Amplasare					Amplasare	
Hartă					Nr. domeniu, bloc	
Coordonate UTM						
Verificare document						
Asigurarea calității conform NS-EN ISO 9001						
Rev.	Motivul revizuirii	Auto-revizuire:		Revizuire de către colegi:	Revizuire independentă:	Revizuire interdisciplinară:
0	Document original	SL		KH	FNa	
Document aprobat pentru publicare		Data 31 mai 2009		Semnătură Project Manager Suzanne Lacasse		

NGI este un important centru internațional de cercetare și consulting în geostiințe.

NGI dezvoltă soluții optime pentru societate și oferă expertiză în ceea ce privește comportamentul solului, rocilor și zăpezii, precum și interacțiunea acestora cu mediul, instalațiile și construcțiile.

NGI colaborează cu sectoarele petroliere și de gaz, clădiri și construcții, transport, riscuri naturale și protecția mediului.

NGI este o fundație privată cu sediul și laboratorul situate în Oslo, cu o sucursală în Trondheim și o firmă afiliată în Houston, Texas, SUA. NGI a primit statutul de centru de excelență în 2002 și conduce Centrul Internațional de Excelență pentru Geo-riscuri (ICG)

www.ngi.no

În urma transmiterii electronice, nu se pot garanta confidențialitatea și integritatea prezentului document. Destinatarii trebuie să aibă în vedere acest lucru înainte de a utiliza prezentul document.

Prezentul document nu se va utiliza parțial sau pentru alte scopuri decât cele pentru care a fost realizat. Documentul nu va fi copiat, parțial sau integral, și nici nu va fi oferit unei terțe părți fără acordul proprietarului. Nu se vor face nici un fel de modificări la document fără acordul firmei NGI.

Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsvelen 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr: 5096 05 01281 / IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989

STARTER DAM

EARTHQUAKE SHAKING

MAXIMUM PGA

P[] based on Fig. B1
 • Lower limit A_{max} based on EUROCODE

UNEXPECTED FOUNDATION CONDITIONS

P[0.95;0.05]
 • Should have been detected
 • Good site investigation
 • Cannot cover entire site
 • P[] much discussed; consensus member

FOUNDATION FAILURE

P[0.999;0.0001]
 • Pseudo-dynamic analyses done; used low strength
 P[0.5;0.5]
 • If undetected layers, do not know strength
 • Much less for lower A_{max}

STARTER DAM BREACH

P[0.9;0.1]
 • Small crest settlements expected
 • Gentle slope
 • Good rockfill

AVAILABLE STORAGE

P[0.95;0.05]
 • 2 PMP is a design requirement
 • Large freeboard in Starter Dam
 • Operational response not considered because there is not much that can be done

PERFORMANCE OR NON-PERFORMANCE

Starter Dam, small quantity of water

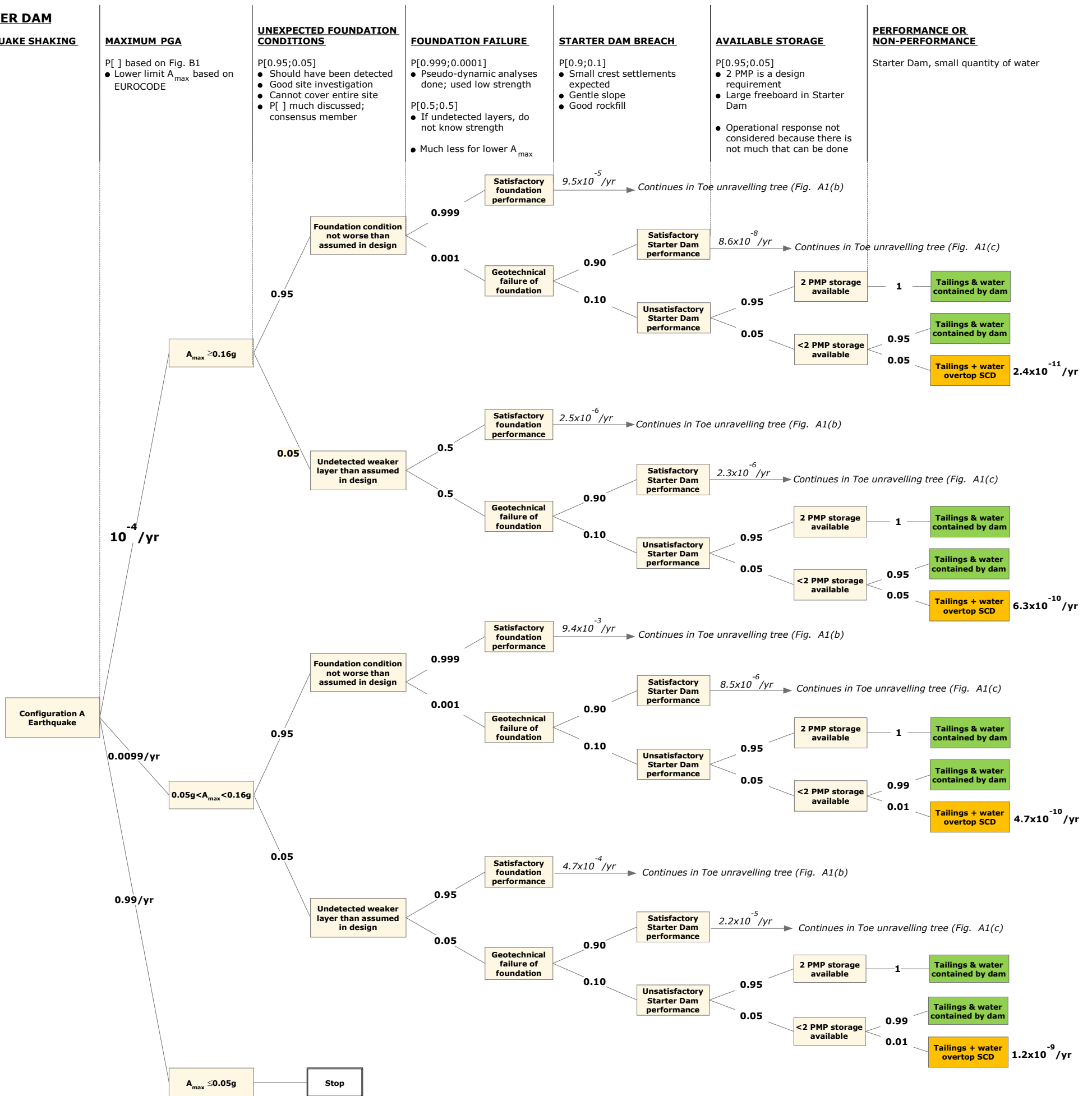


Figure A1(a). Dam configuration A, Earthquake trigger, Foundation failure
 For satisfactory Starter Dam or foundation performance branches, branches continue with event tree for toe unravelling

A_{max} , PGA = Peak ground horizontal acceleration
 PMP = Probable maximum precipitation
 SCD = Secondary Containment Dam

STARTER DAM
EARTHQUAKE SHAKING.

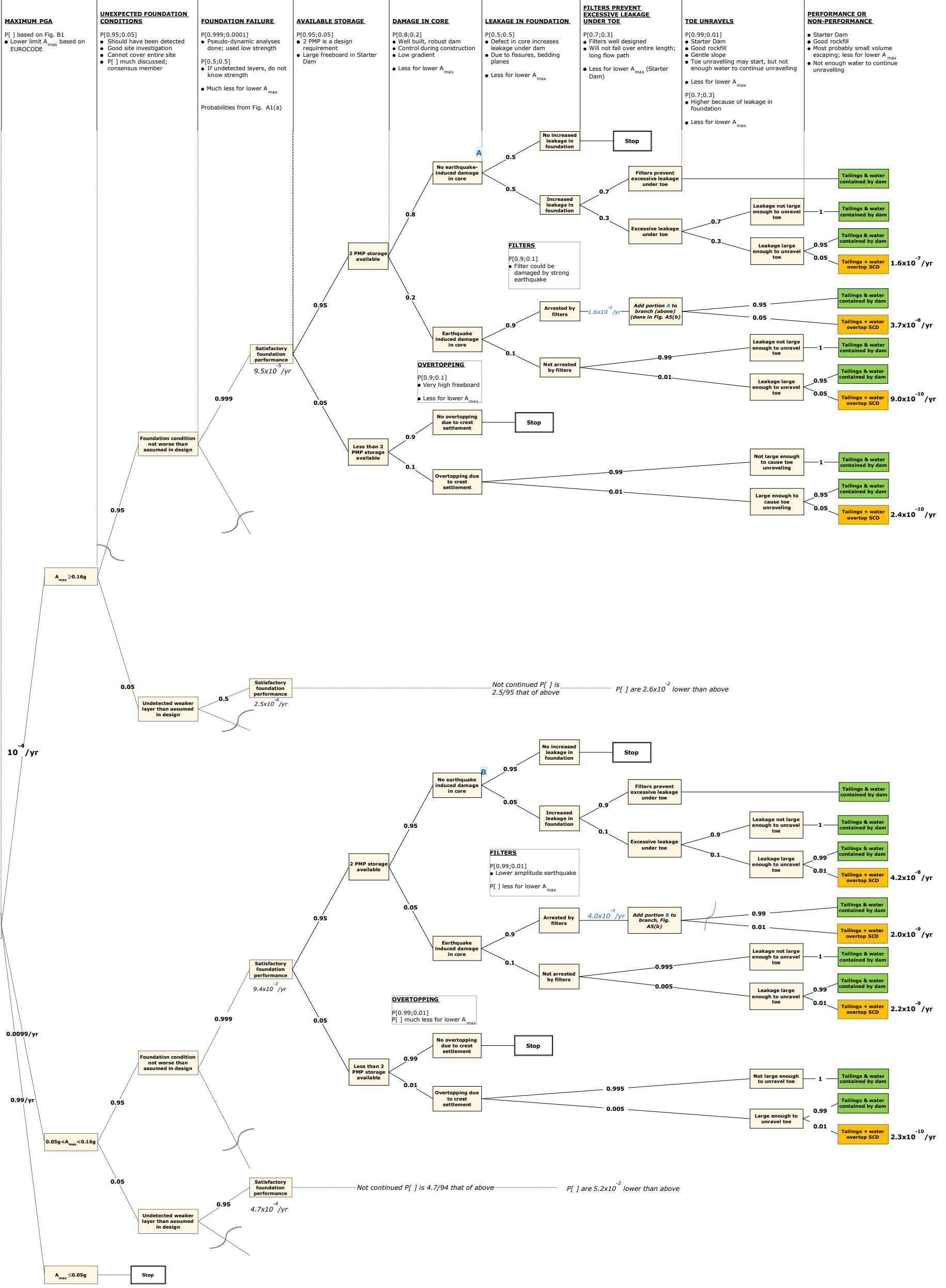


Figure A1(b). Dam configuration A, Earthquake trigger, Toe unravelling if no foundation failure

A_{max} PGA = Peak ground horizontal acceleration
 PMP = Probable maximum precipitation
 SCD = Secondary Containment Dam

STARTER DAM

EARTHQUAKE SHAKING

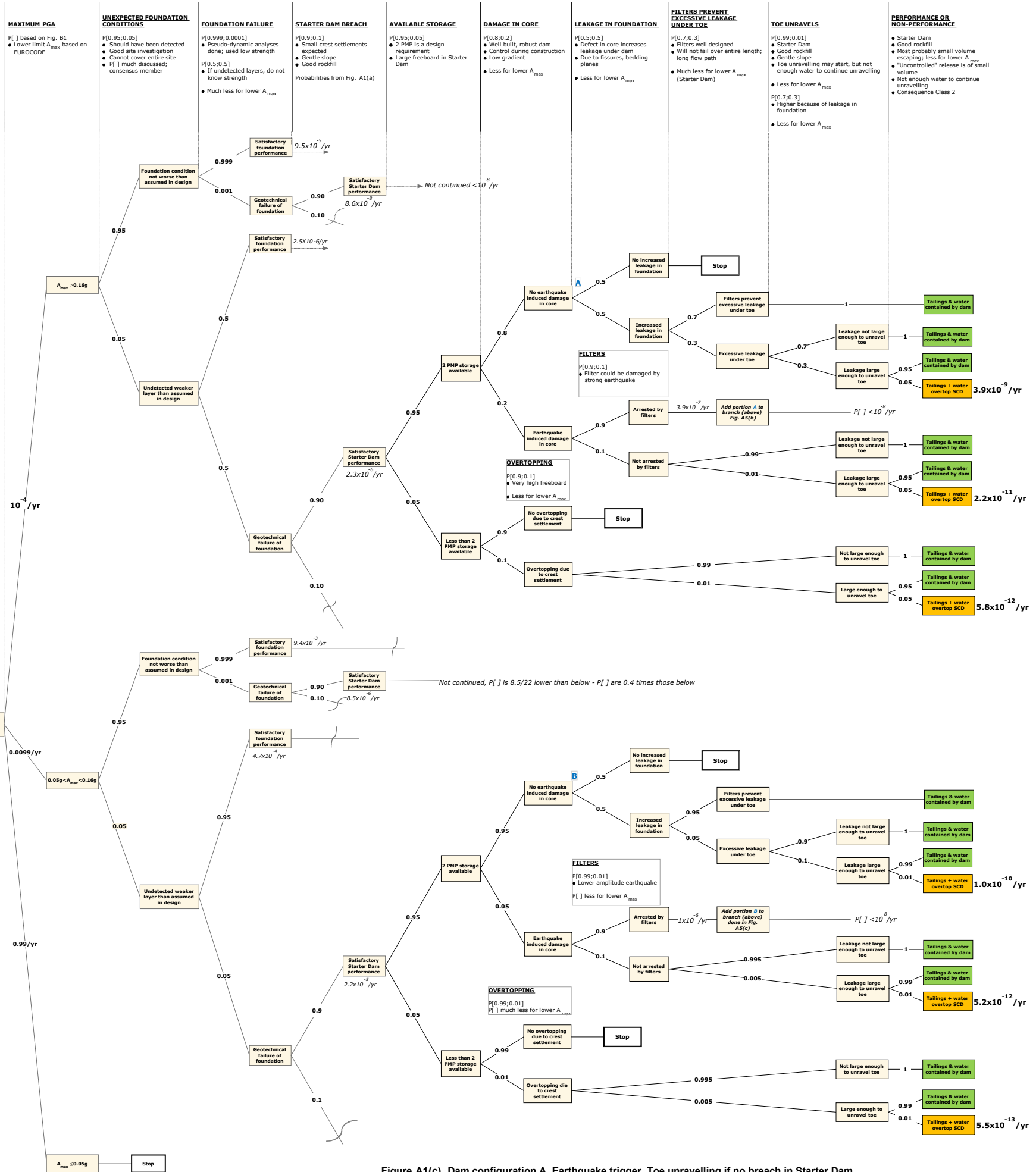
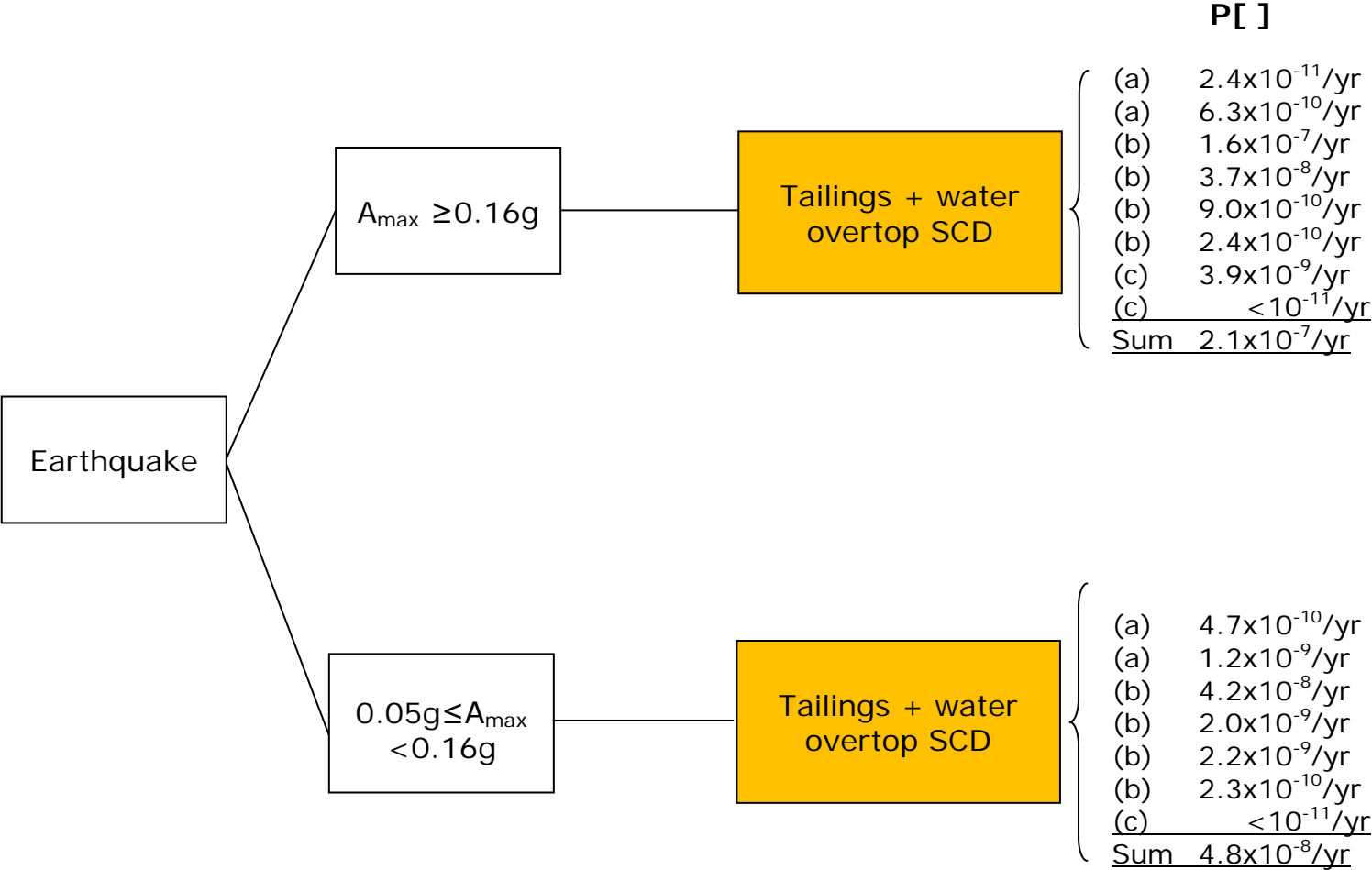


Figure A1(c). Dam configuration A, Earthquake trigger, Toe unravelling if no breach in Starter Dam

A_{max} : PGA = Peak ground horizontal acceleration
 PMP = Probable maximum precipitation
 SCD = Secondary Containment Dam

Configuration A - Earthquake shaking - Foundation failure



$P[\text{Non-performance of Starter Dam, for all } A_{\text{max}}] = 2.6 \times 10^{-7} / \text{yr}$

Figure A1(d). Summation of probabilities in Figure A1 (a, b and c)

STARTER DAM
EARTHQUAKE SHAKING

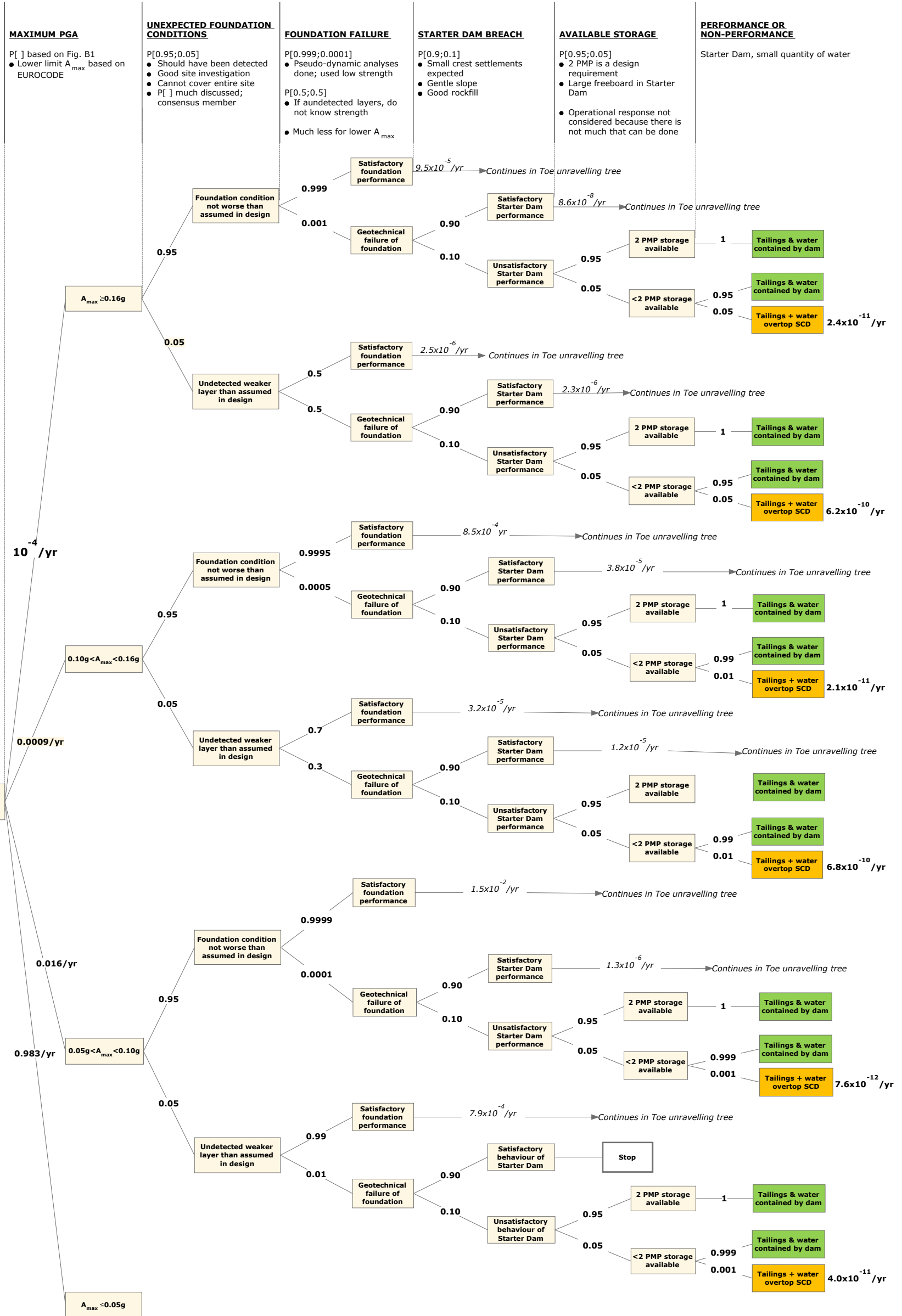


Figure A2. Analysis 1X. Dam configuration A, Earthquake trigger, Foundation failure - Effect of 4 earthquake branches instead of 3 branches For satisfactory Starter Dam or foundation performance branches, branches continue with event tree for toe unravelling (as for Figure A1)

A_{max} , PGA = Peak ground horizontal acceleration
PMP = Probable maximum precipitation; SCD = Secondary Containment Dam

STARTER DAM

EARTHQUAKE SHAKING

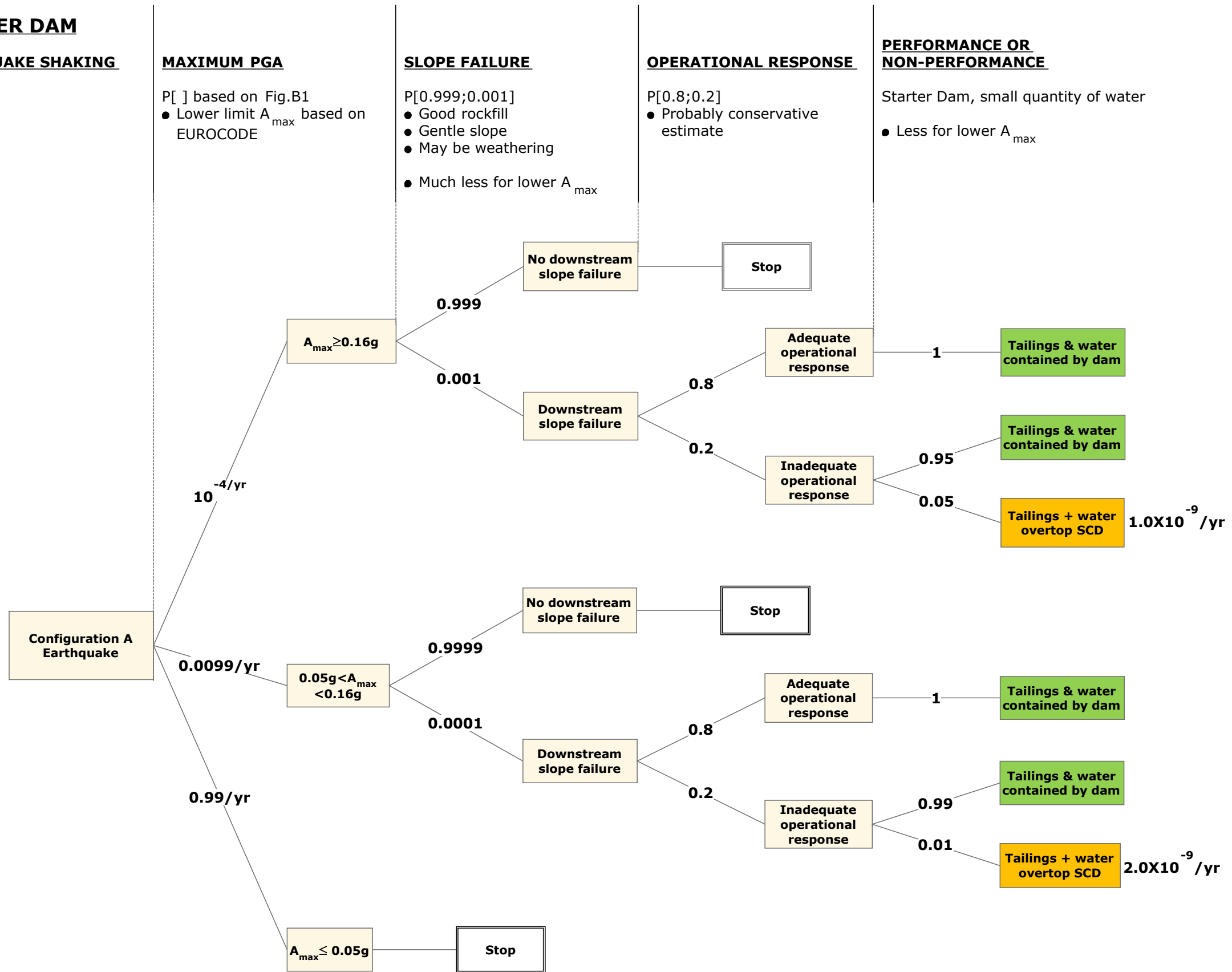


Figure A3(a). Dam configuration A, Earthquake shaking, Downstream slope failure

A_{max} , PGA = Peak horizontal ground acceleration
 PMP = Probable maximum precipitation
 SCD = Secondary Containment Dam

STARTER DAM
EARTHQUAKE SHAKING

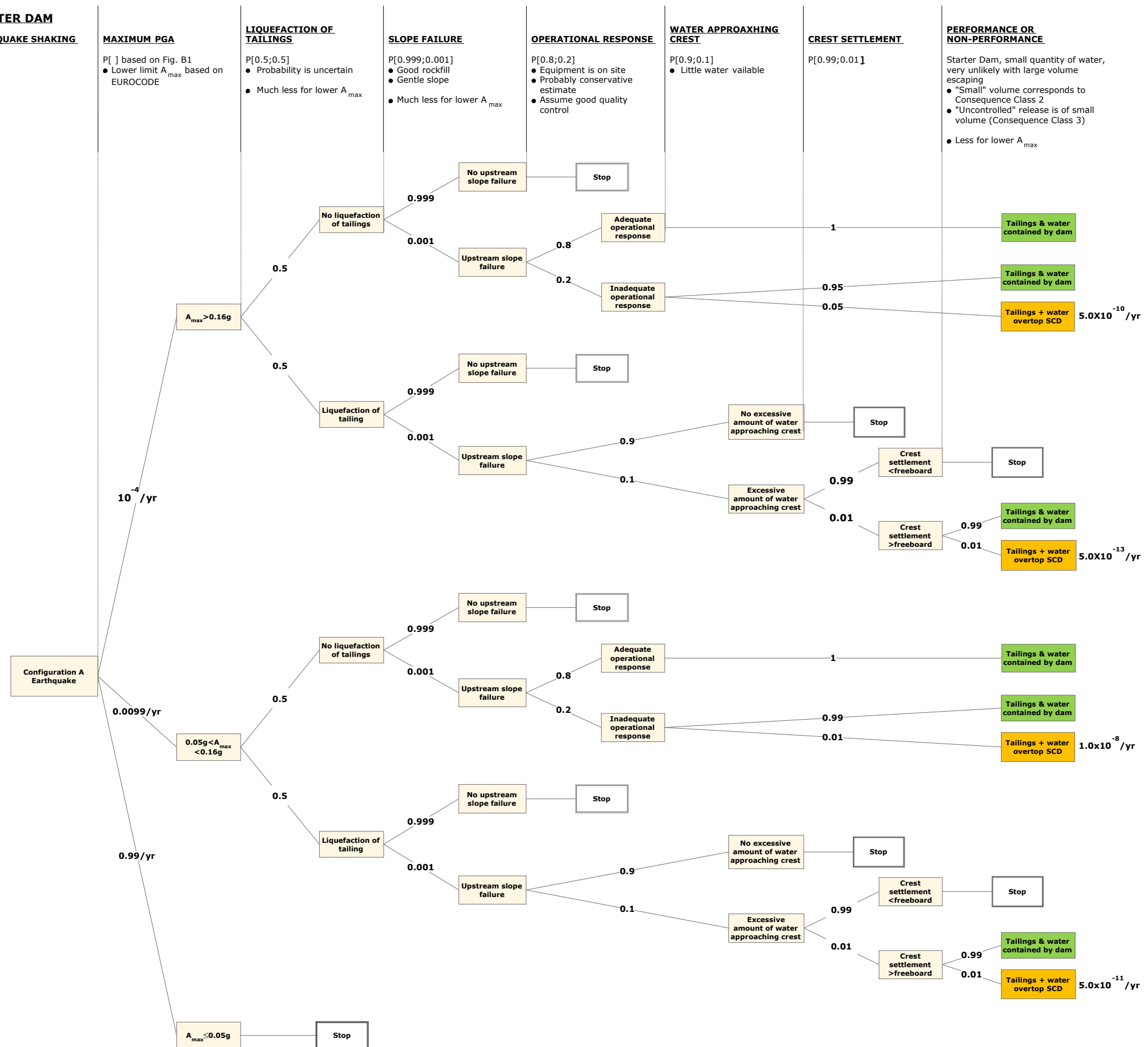
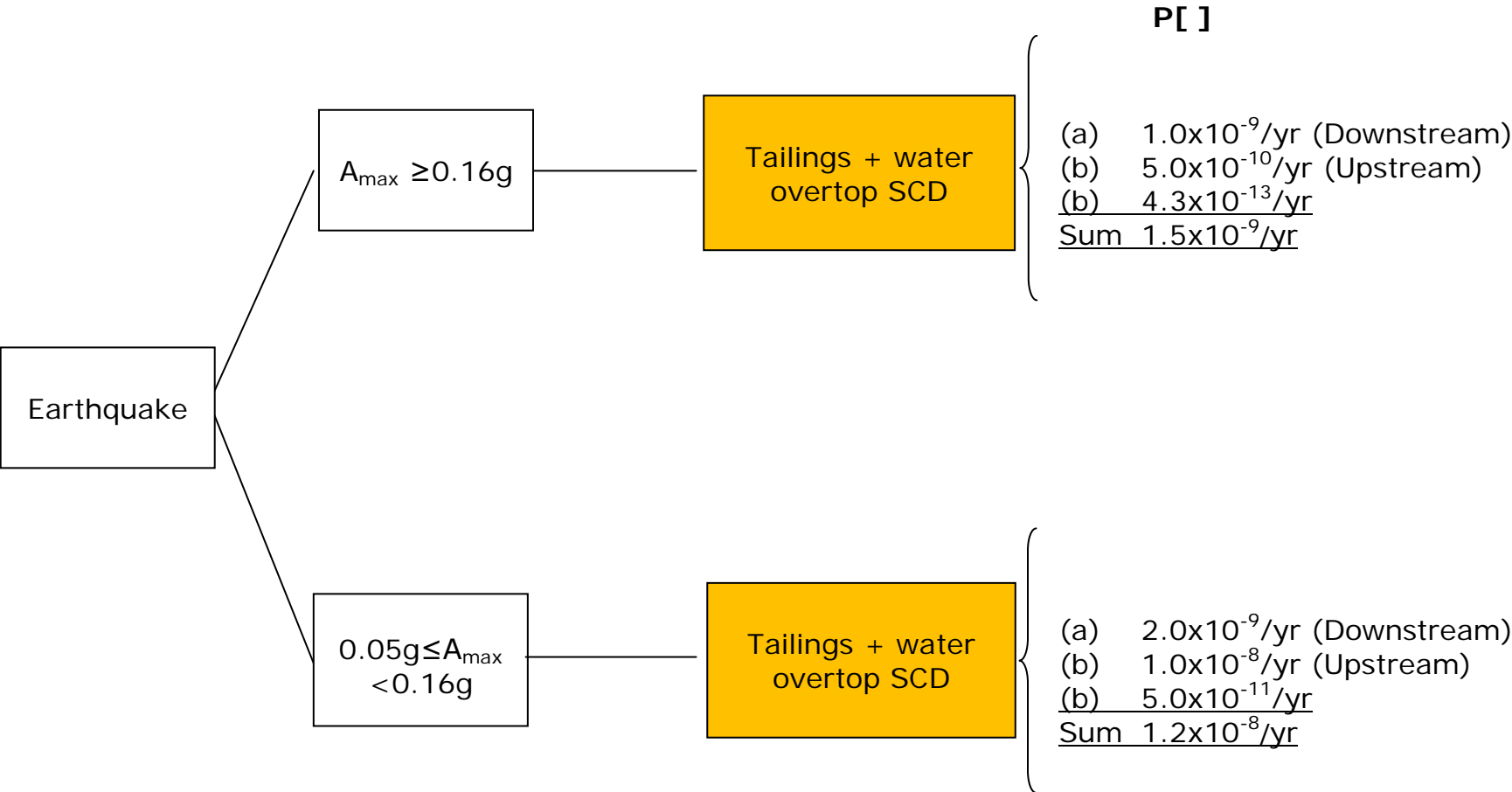


Figure A3(b). Dam configuration A, Earthquake shaking, Upstream slope failure

A_{max} , PGA = Peak ground horizontal acceleration
PMP = Probable maximum precipitation
SCD = Secondary Containment Dam

Configuration A - Earthquake shaking - Upstream and downstream slope failure of Starter Dam



$P[\text{Non-performance of Starter Dam, for all } A_{max}] = 1.3 \times 10^{-8}/yr$

Figure A3(c). Summation of probabilities in Figure A3 (a and b)

STARTER DAM

EARTHQUAKE SHAKING

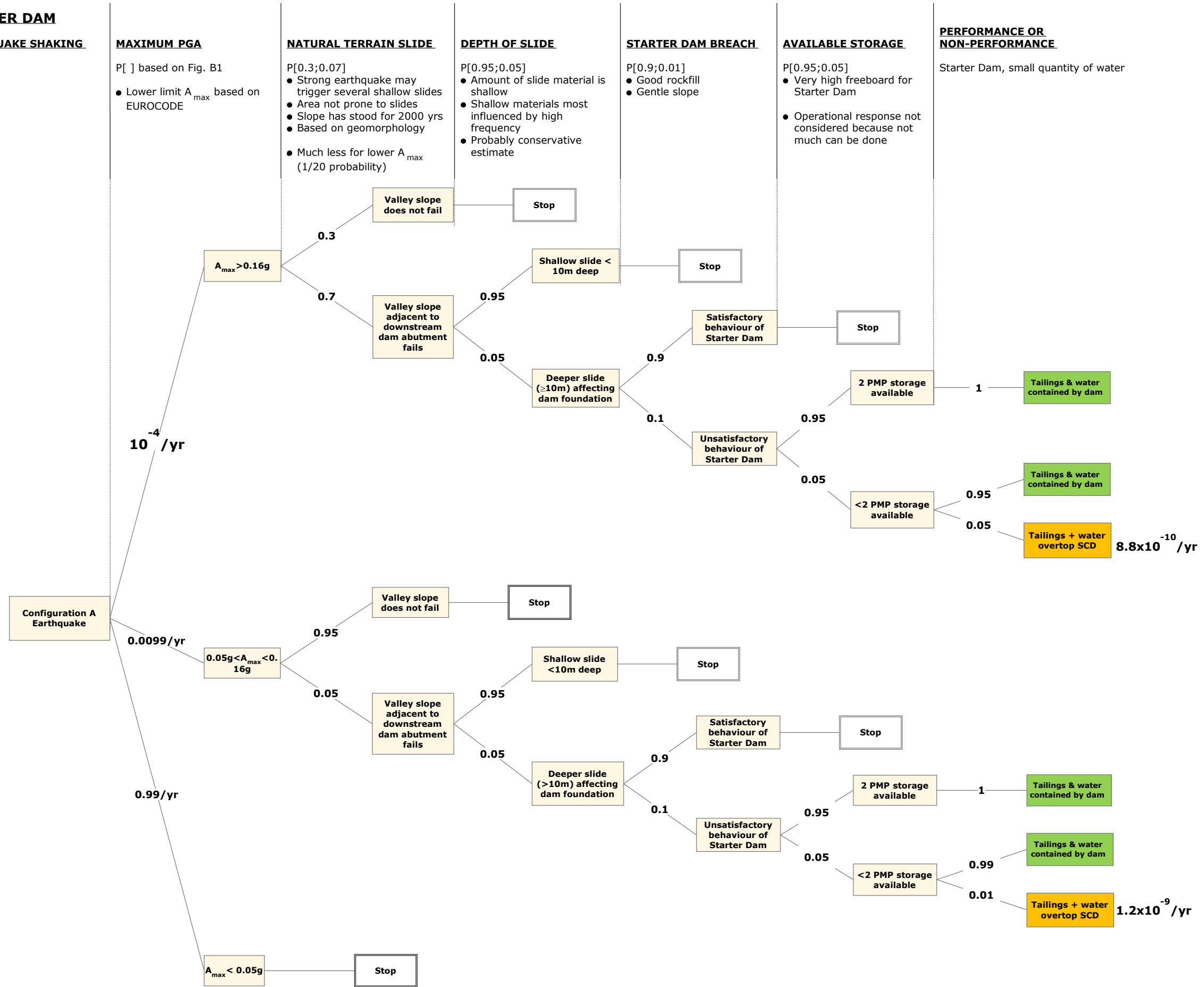
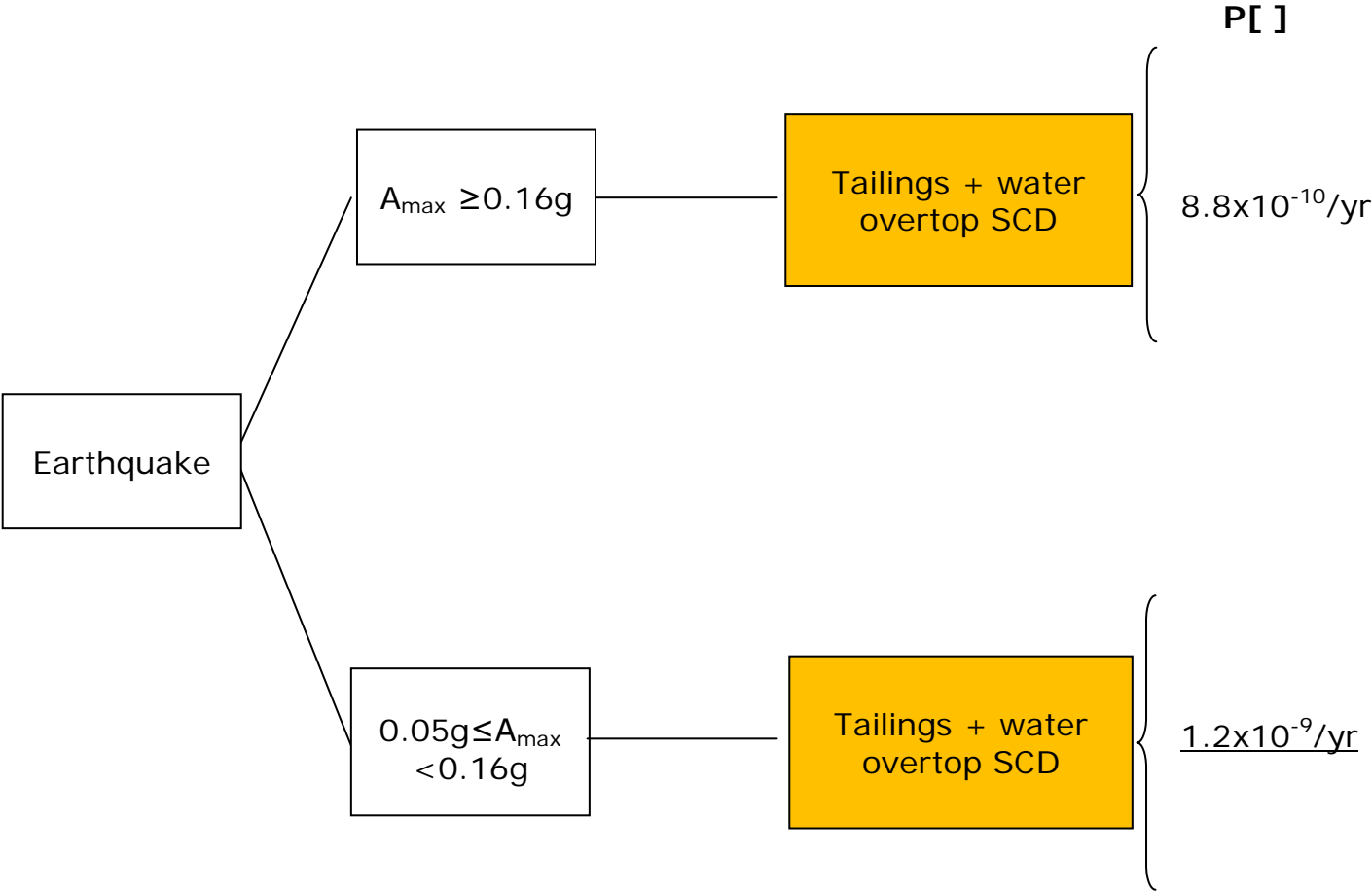


Figure A4a. Dam configuration A, Earthquake shaking, Abutment failure

A_{max} , PGA = Peak ground horizontal acceleration
 PMP = Probable maximum precipitation
 SCD = Secondary Containment Dam

Configuration A - Earthquake shaking - Dam abutment failure, Starter Dam



$P[\text{Non-performance of Starter Dam, for all } A_{max}] = 2.1 \times 10^{-9}/yr$

Figure A4(b). Summation of probabilities in Figure A4(a)

**STARTER DAM
EARTHQUAKE SHAKING**

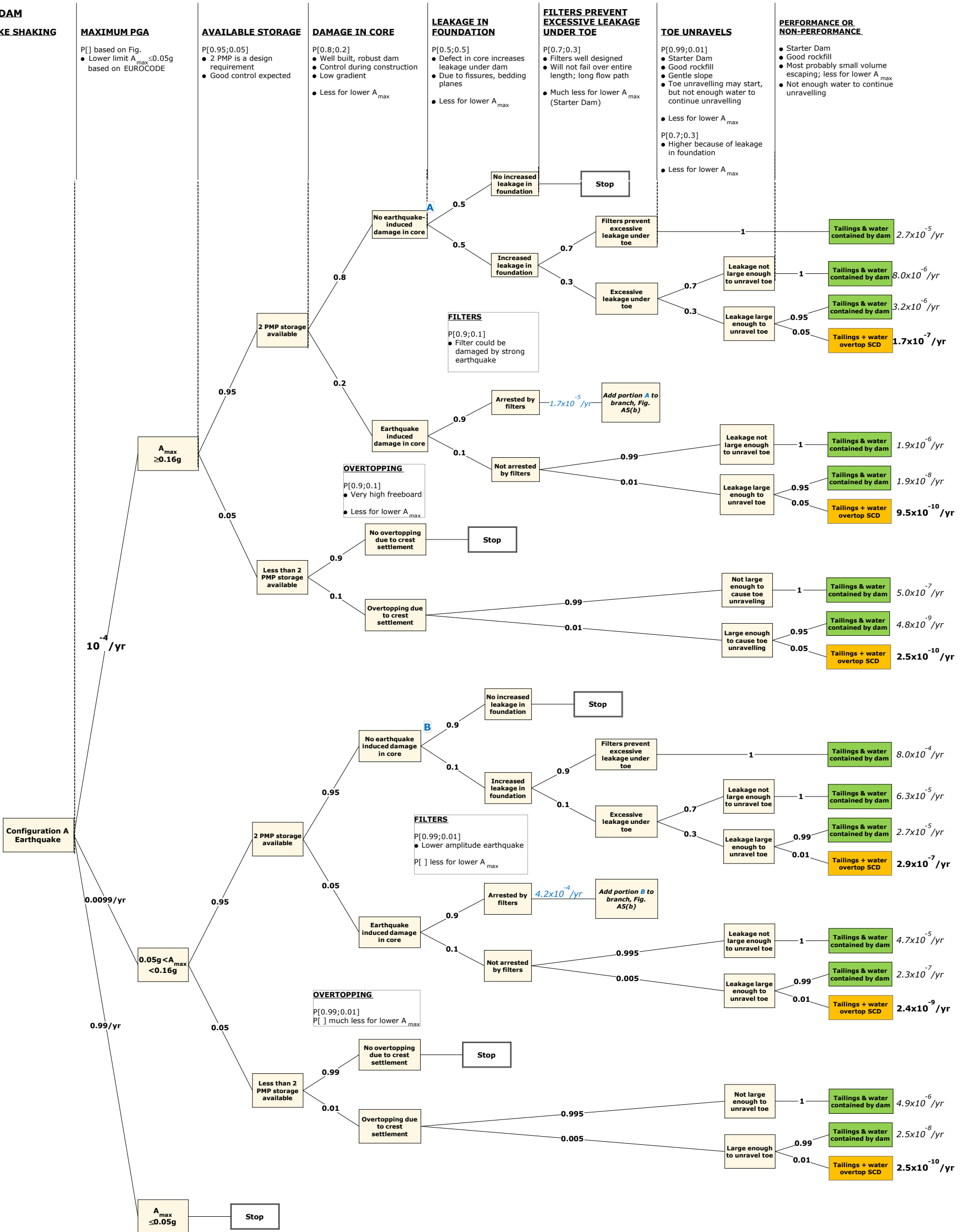


Figure A5(a). Dam Configuration A, Earthquake shaking, Toe unravelling
For no consequence events (green boxes), trees continue with branches for foundation failure (Figure A5(c))

PMP = Probable maximum precipitation
 A_{max} = Peak ground horizontal acceleration
 SCD = Secondary Containment Dam

STARTER DAM
EARTHQUAKE SHAKING

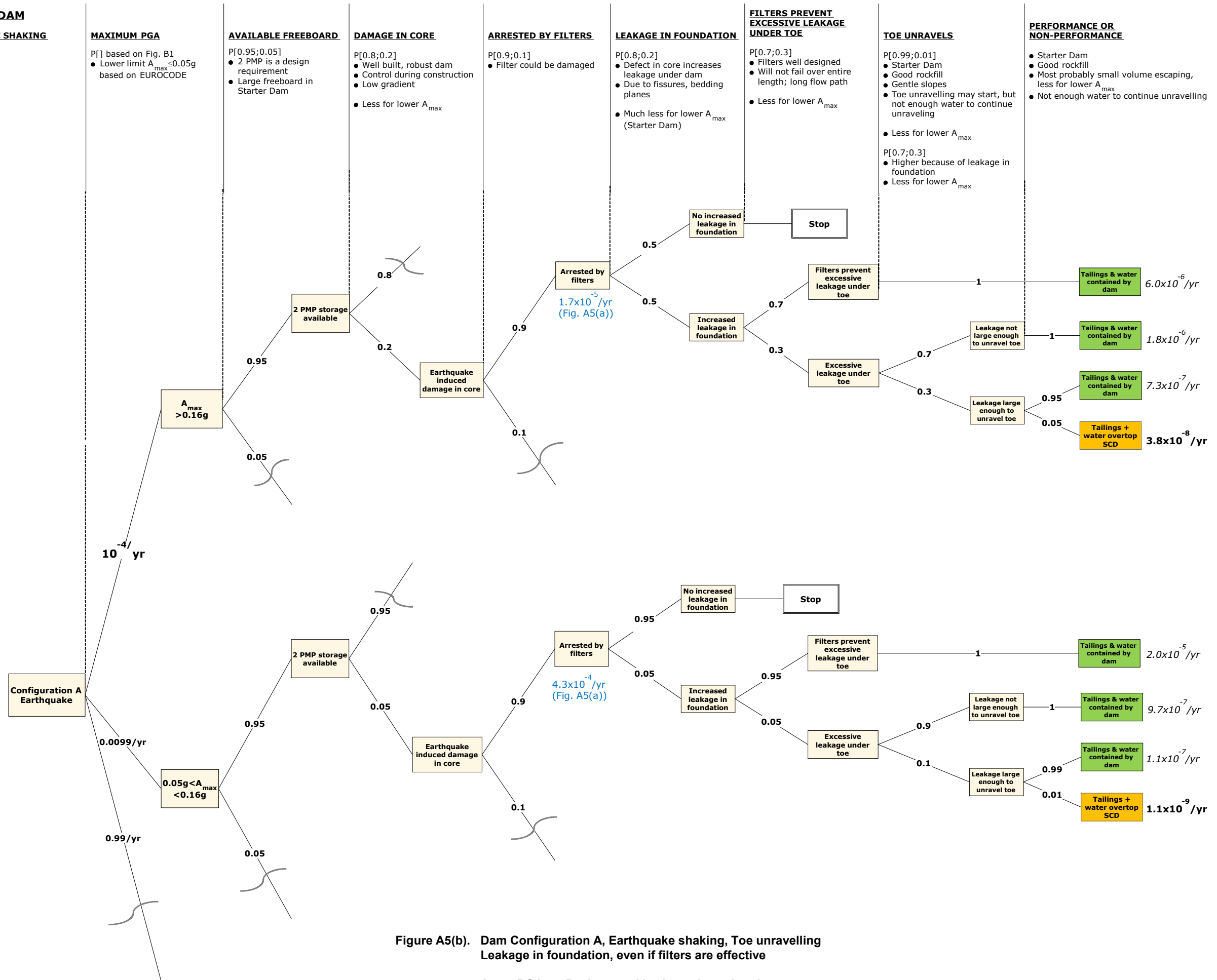


Figure A5(b). Dam Configuration A, Earthquake shaking, Toe unravelling Leakage in foundation, even if filters are effective

A_{max} , PGA = Peak ground horizontal acceleration
PMP = Probable maximum precipitation
SCD = Secondary Containment Dam

STARTER DAM
EARTHQUAKE SHAKING

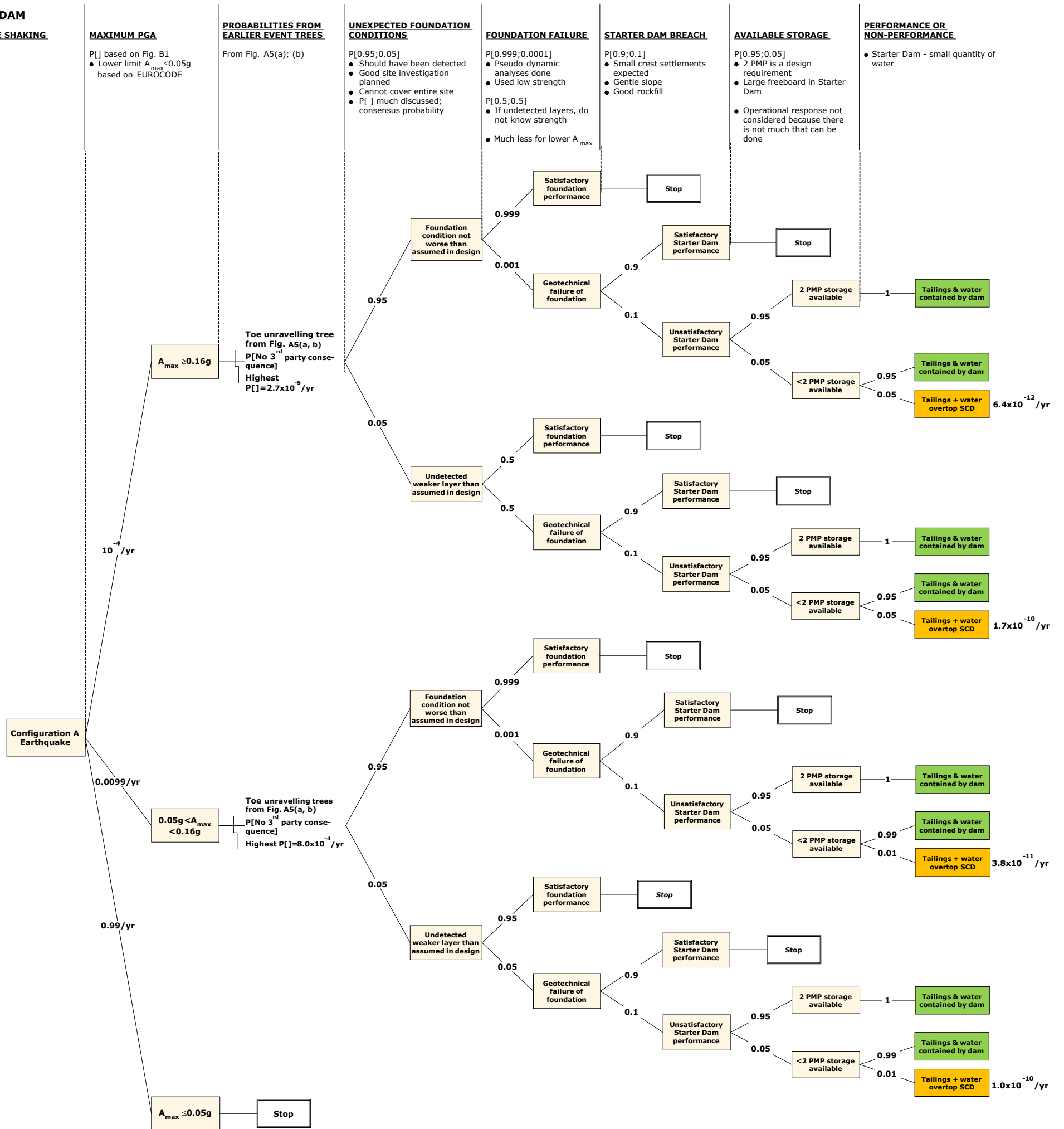
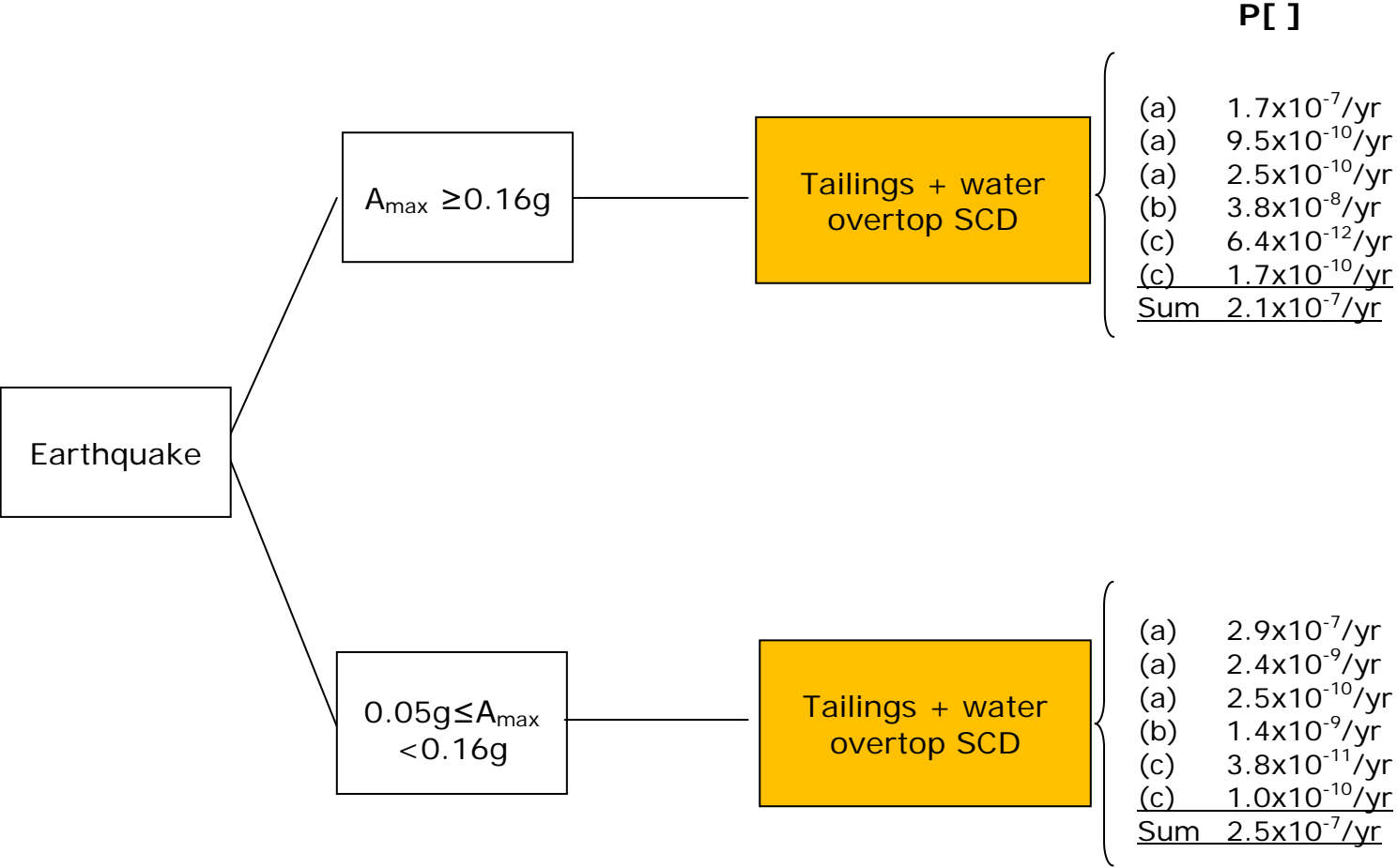


Figure A5(c). Dam Configuration A, Earthquake shaking, Foundation failure if no toe unravelling
Calculation shown only for Toe unravelling branch with highest probability of occurrence.

A_{max} PMP = Probable maximum precipitation
PGA = Peak ground horizontal acceleration
SCD = Secondary Containment Dam

Configuration A - Earthquake shaking - Toe unravelling of Starter Dam



$P[\text{Non-performance of Starter Dam, for all } A_{max}] = 4.6 \times 10^{-7}/yr$

Figure A5(d). Summation of probabilities in Figure A5 (a, b and c)

COMPLETED CORNA DAM

EARTHQUAKE SHAKING

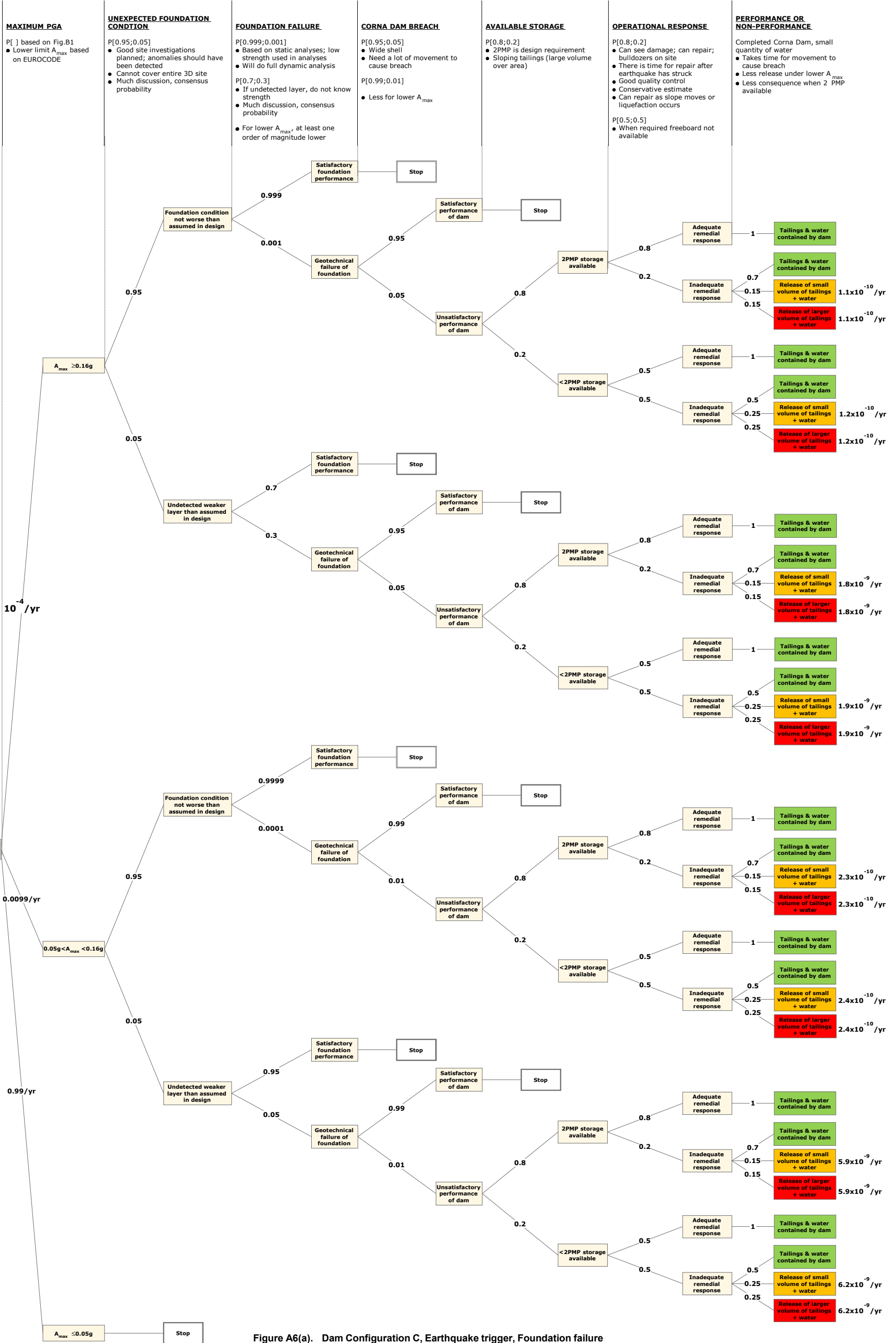
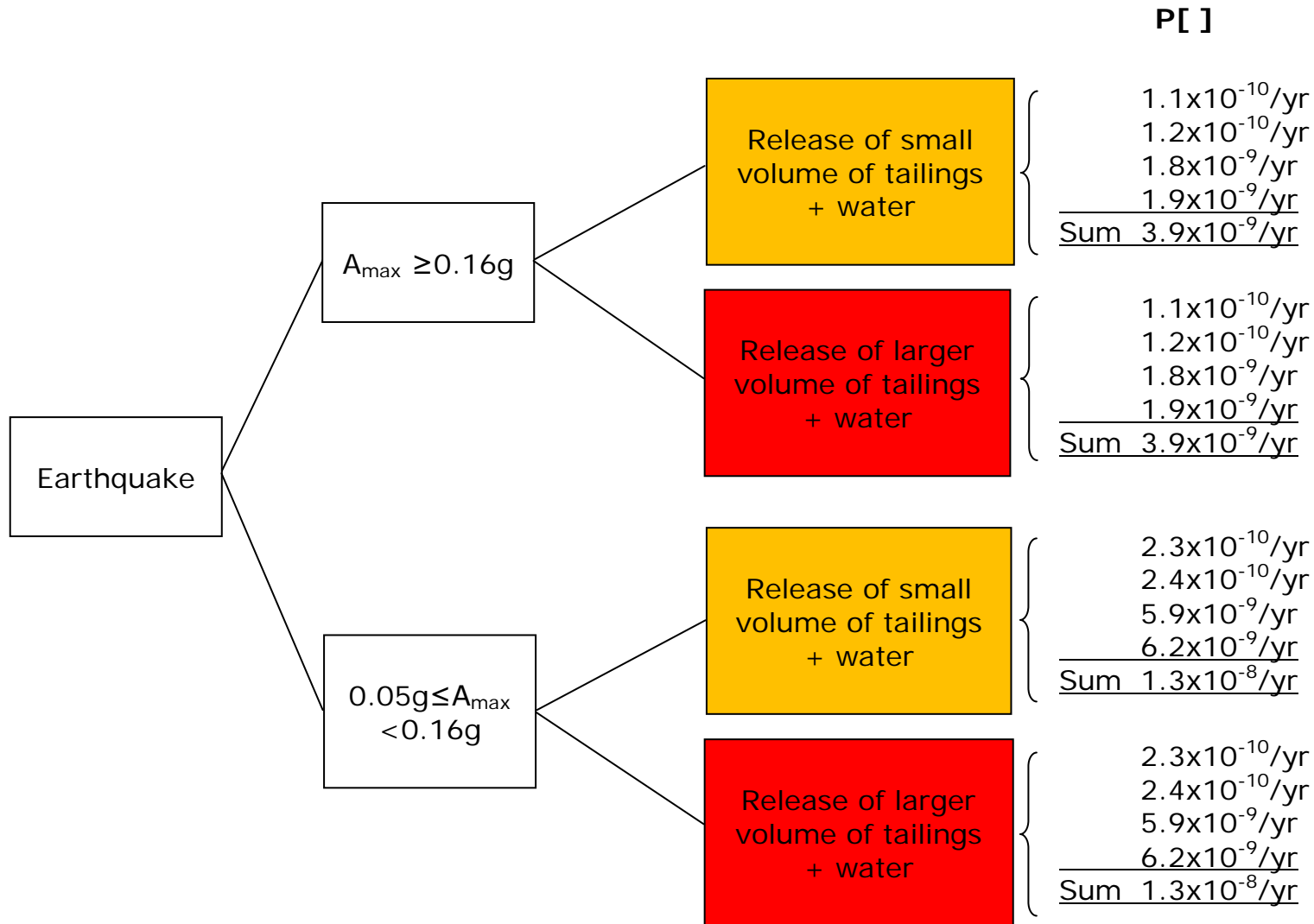


Figure A6(a). Dam Configuration C, Earthquake trigger, Foundation failure
 A_{max} PGA = Peak ground horizontal acceleration
 PMP = Probable maximum precipitation

Configuration C - Earthquake shaking - Foundation failure - Completed Corna Dam



$P[\text{Small volume release of Corna Dam, for all } A_{max}] = 1.7 \times 10^{-8}/yr$
 $P[\text{Non-performance of Corna Dam, for all } A_{max}] = 1.7 \times 10^{-8}/yr$

Figure A6(b). Summation of probabilities in Figure A6 (a)

COMPLETED CORNA DAM
EARTHQUAKE SHAKING.

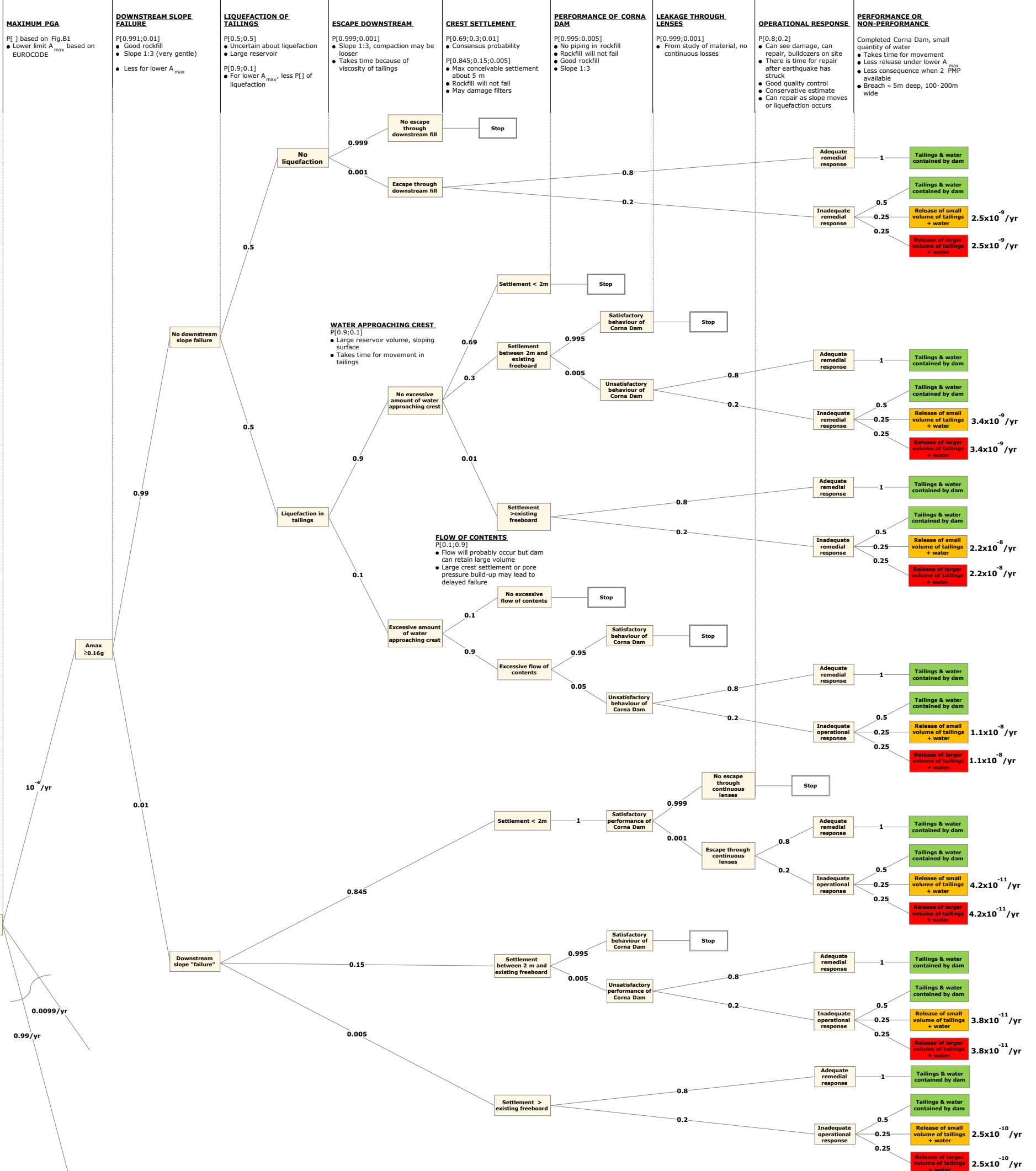


Figure A7(a) Part 1. Dam Configuration C, Earthquake trigger, Downstream slope failure

A_{max} ' PGA = Peak ground horizontal acceleration
PMP = Probable maximum precipitation

COMPLETED CORNA DAM
EARTHQUAKE SHAKING.

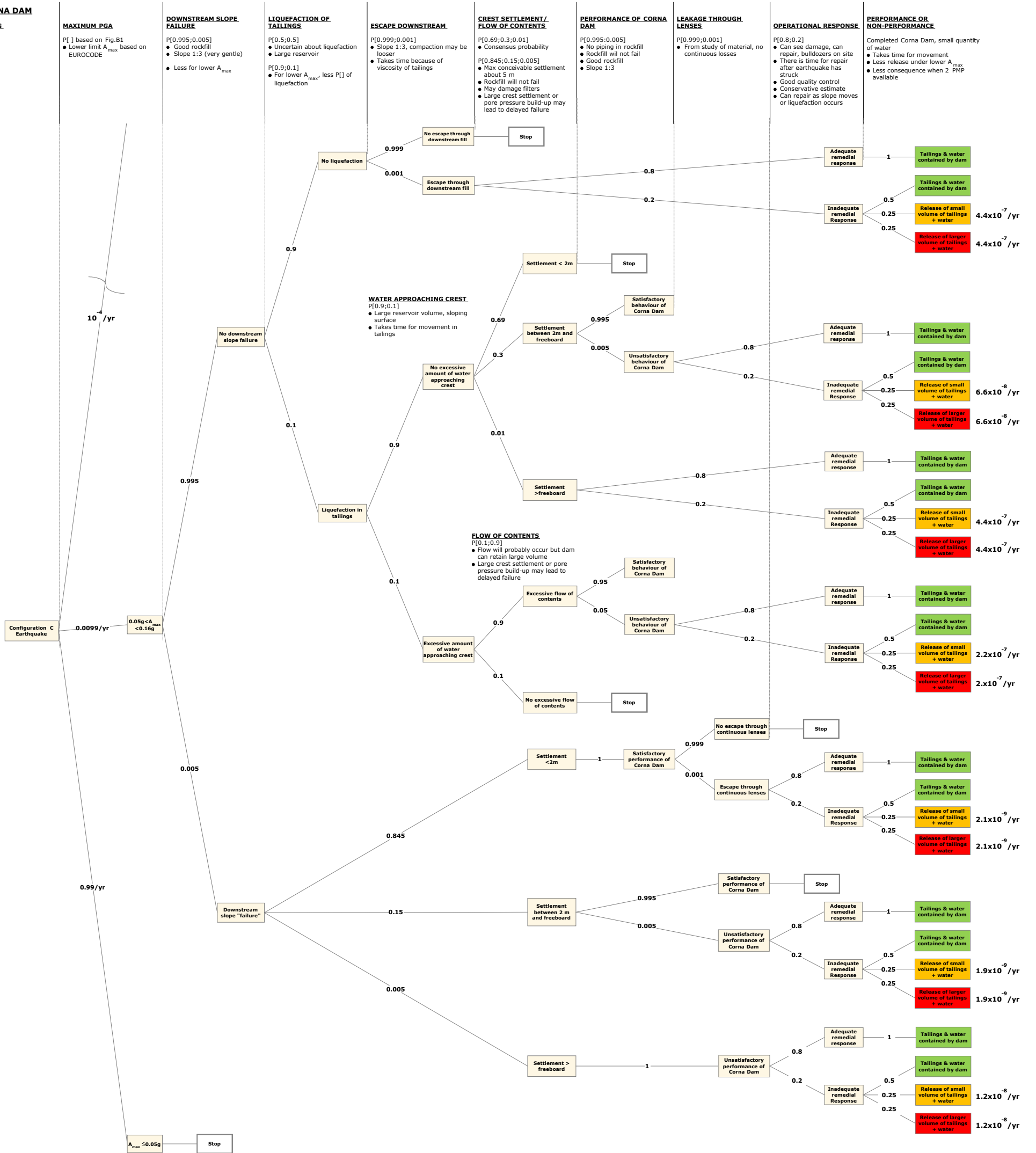
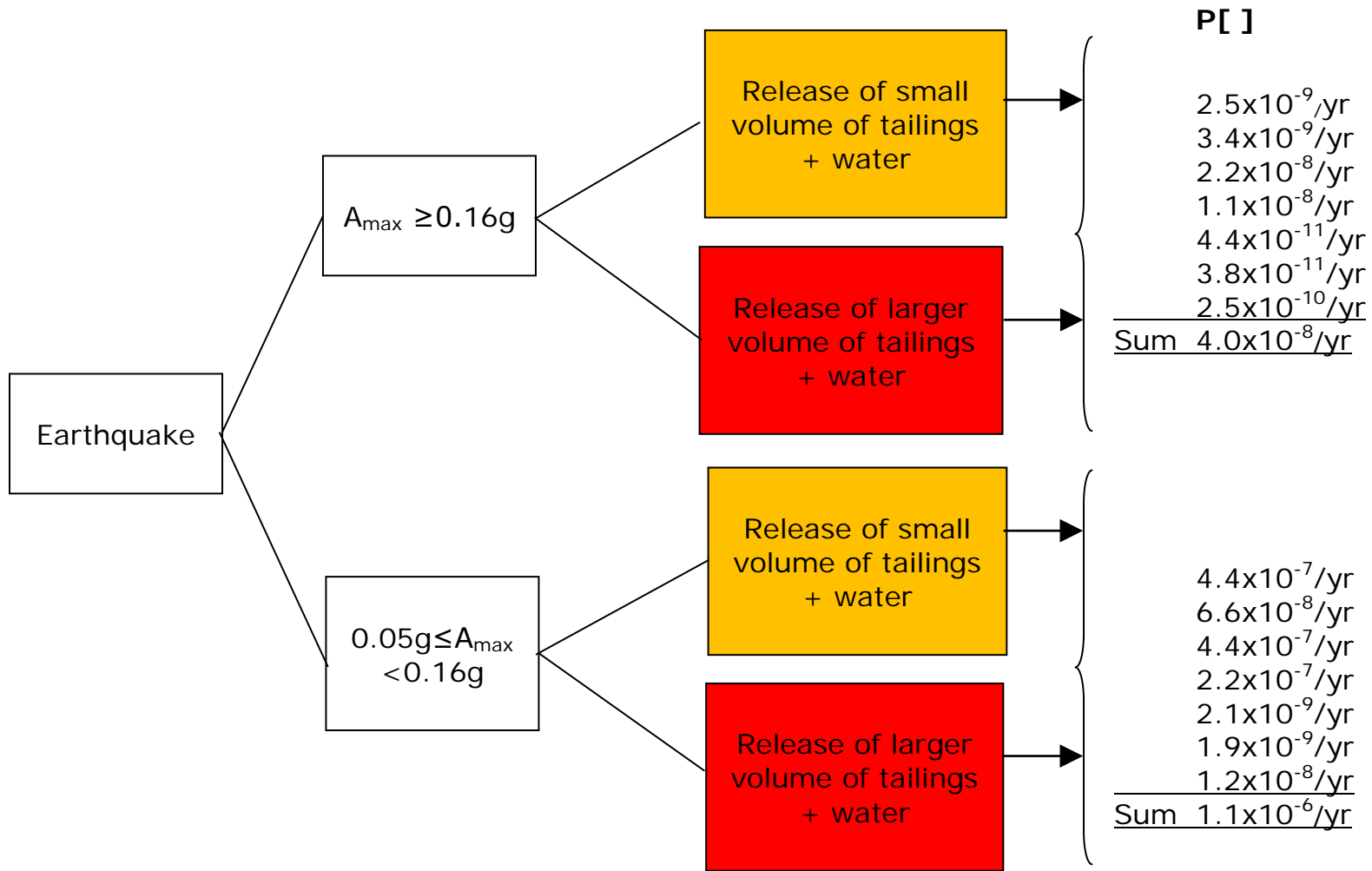


Figure A7(a) Part 2. Dam Configuration C, Earthquake trigger, Downstream slope failure

A_{max} PGA = Peak ground horizontal acceleration
PMP = Probable maximum precipitation

Configuration C - Earthquake shaking - Downstream slope failure and liquefaction - Completed Corna Dam



$P[\text{Small volume release, Corna Dam, for all } A_{max}] = 1.1 \times 10^{-6}/yr$
 $P[\text{Non-performance of Corna Dam, for all } A_{max}] = 1.1 \times 10^{-6}/yr$

Figure A7(b). Summation of probabilities in Figure A7 (a, Parts 1 and 2)

COMPLETED CORNA DAM

EARTHQUAKE SHAKING

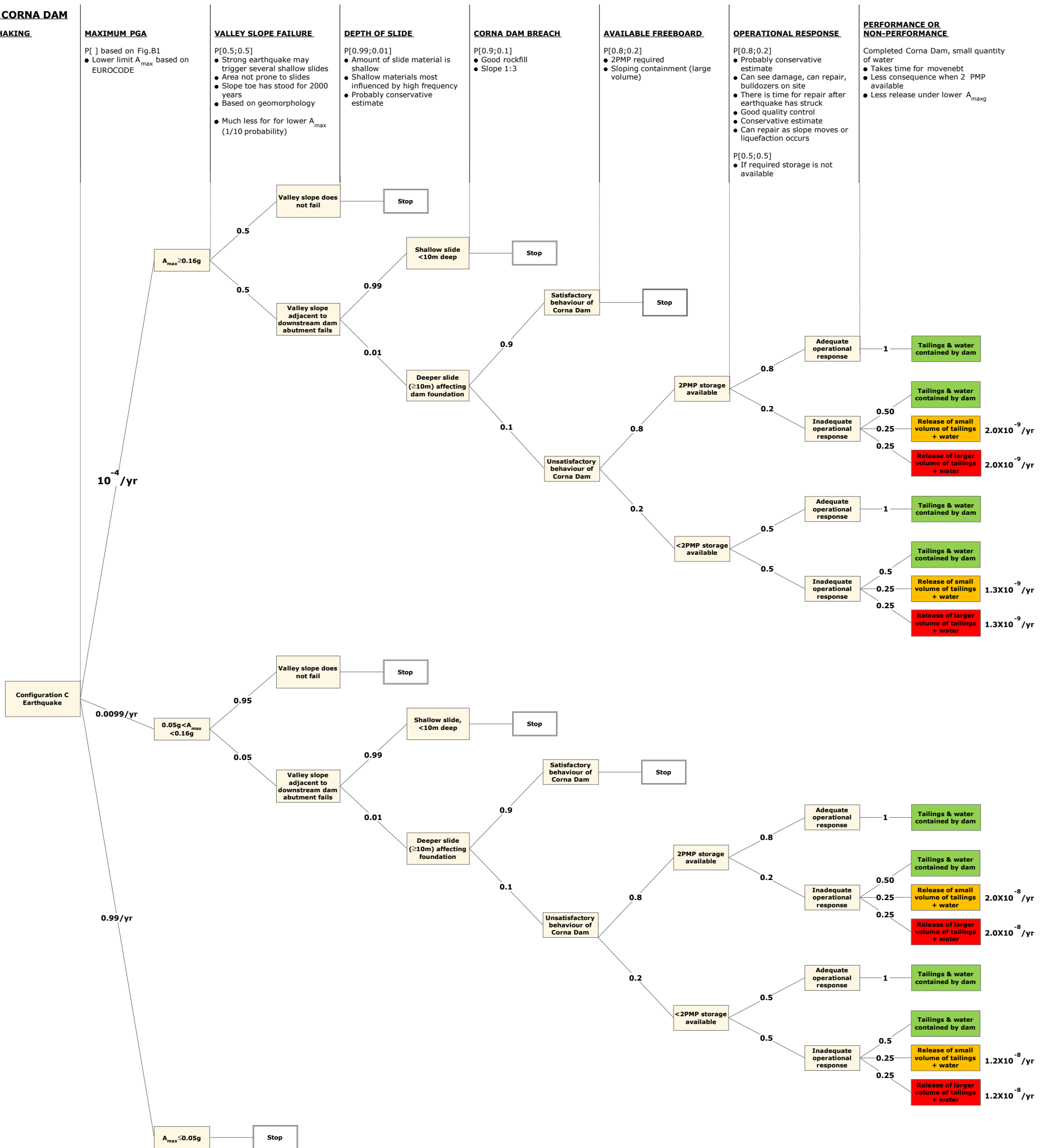
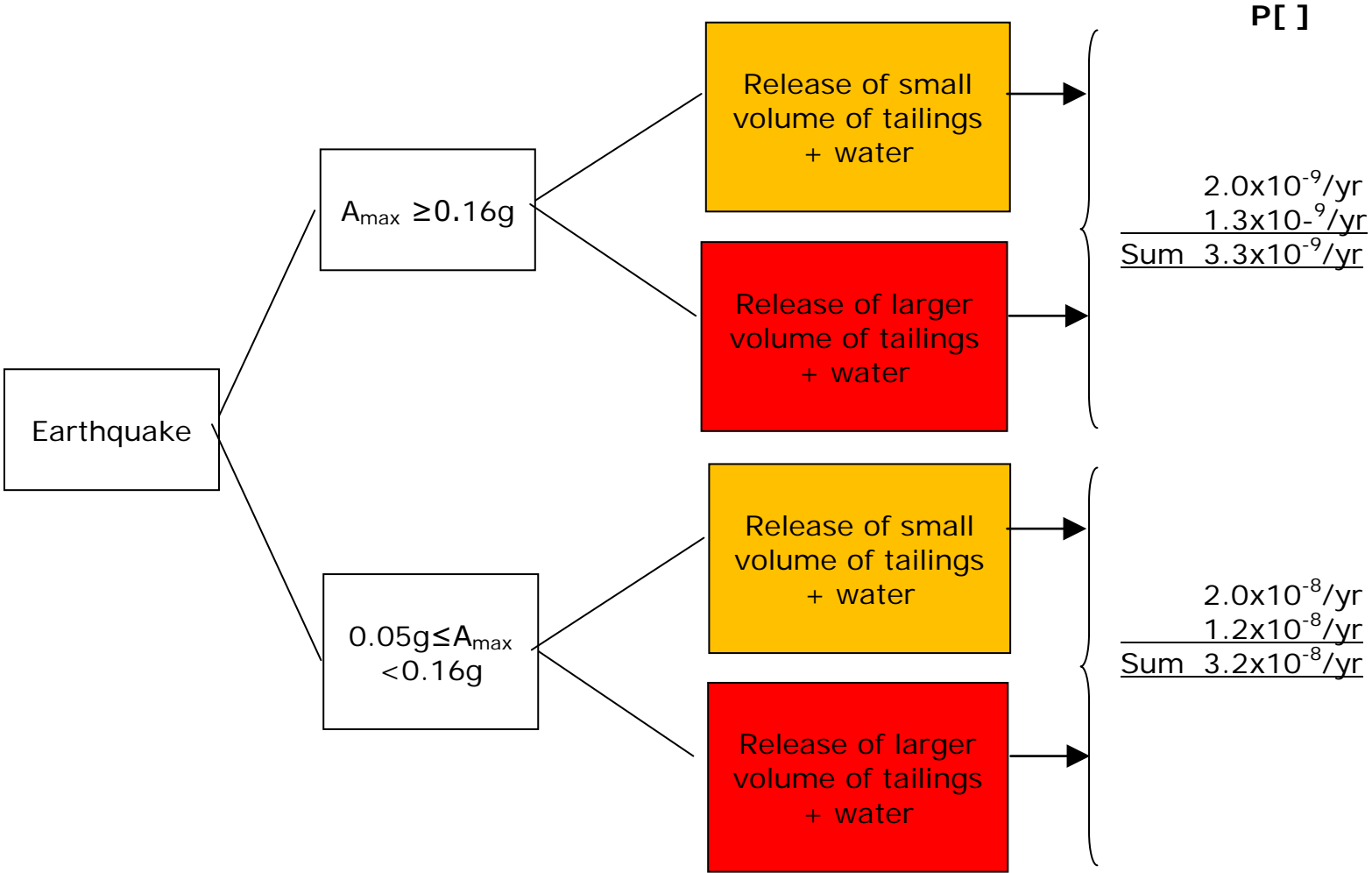


Figure A8a. Dam Configuration C, Earthquake trigger, Abutment failure

A_{max} : PGA = Peak ground horizontal acceleration
 PMP = Probable maximum precipitation

Configuration C - Earthquake shaking - Dam abutment failure, Completed Corna Dam



$P[\text{Small volume release, Corna Dam, for all } A_{max}] = 3.5 \times 10^{-8}/yr$
 $P[\text{Non-performance, Corna Dam, for all } A_{max}] = 3.5 \times 10^{-8}/yr$

Figure A8(b). Summation of probabilities in Figure A8 a)

**STARTER DAM
PRECIPITATION**

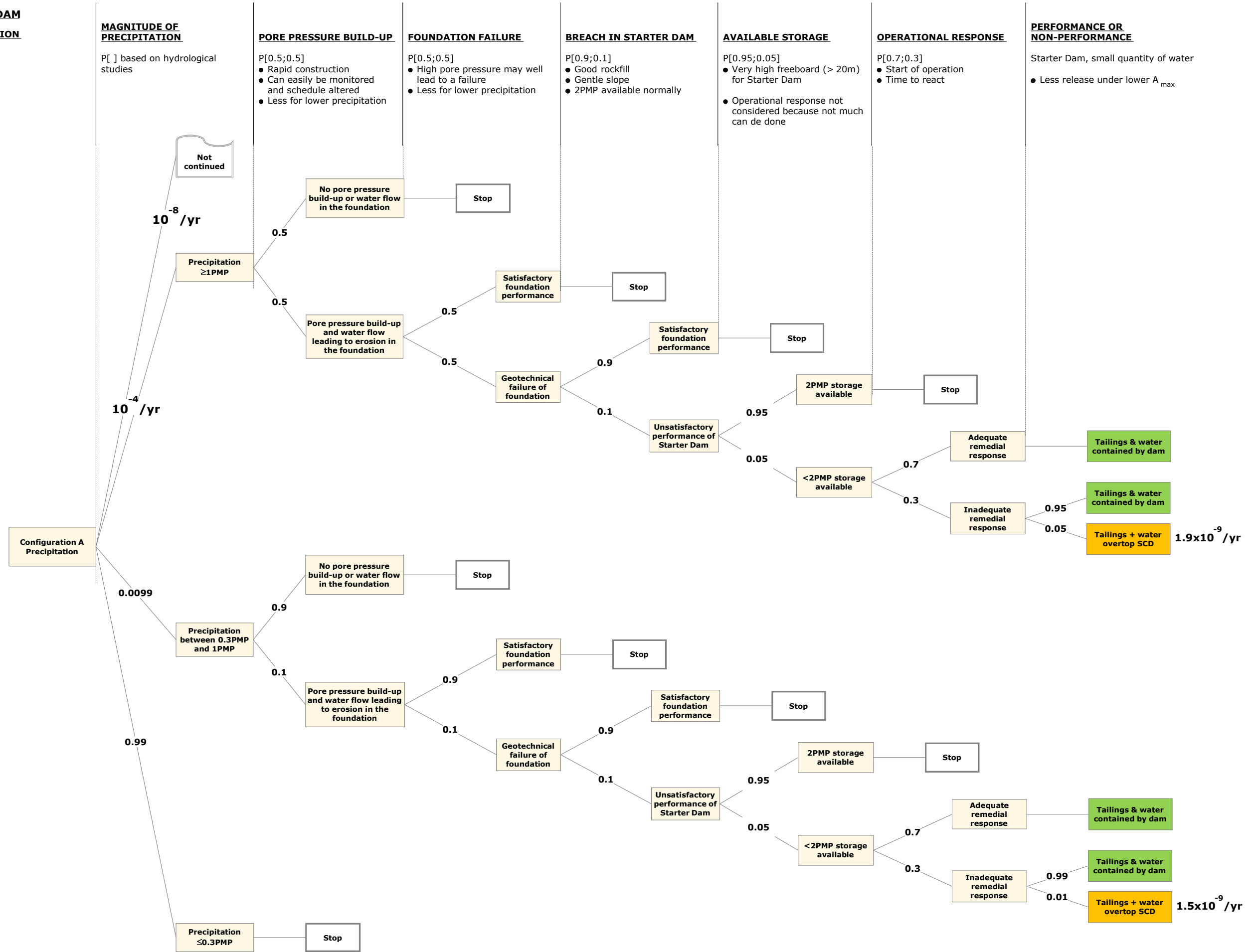


Figure A9(a). Dam Configuration A, Precipitation trigger, Foundation failure

PMP = Probable maximum precipitation
SCD = Secondary Containment Dam

Configuration A - Precipitation- Foundation failure, Starter Dam

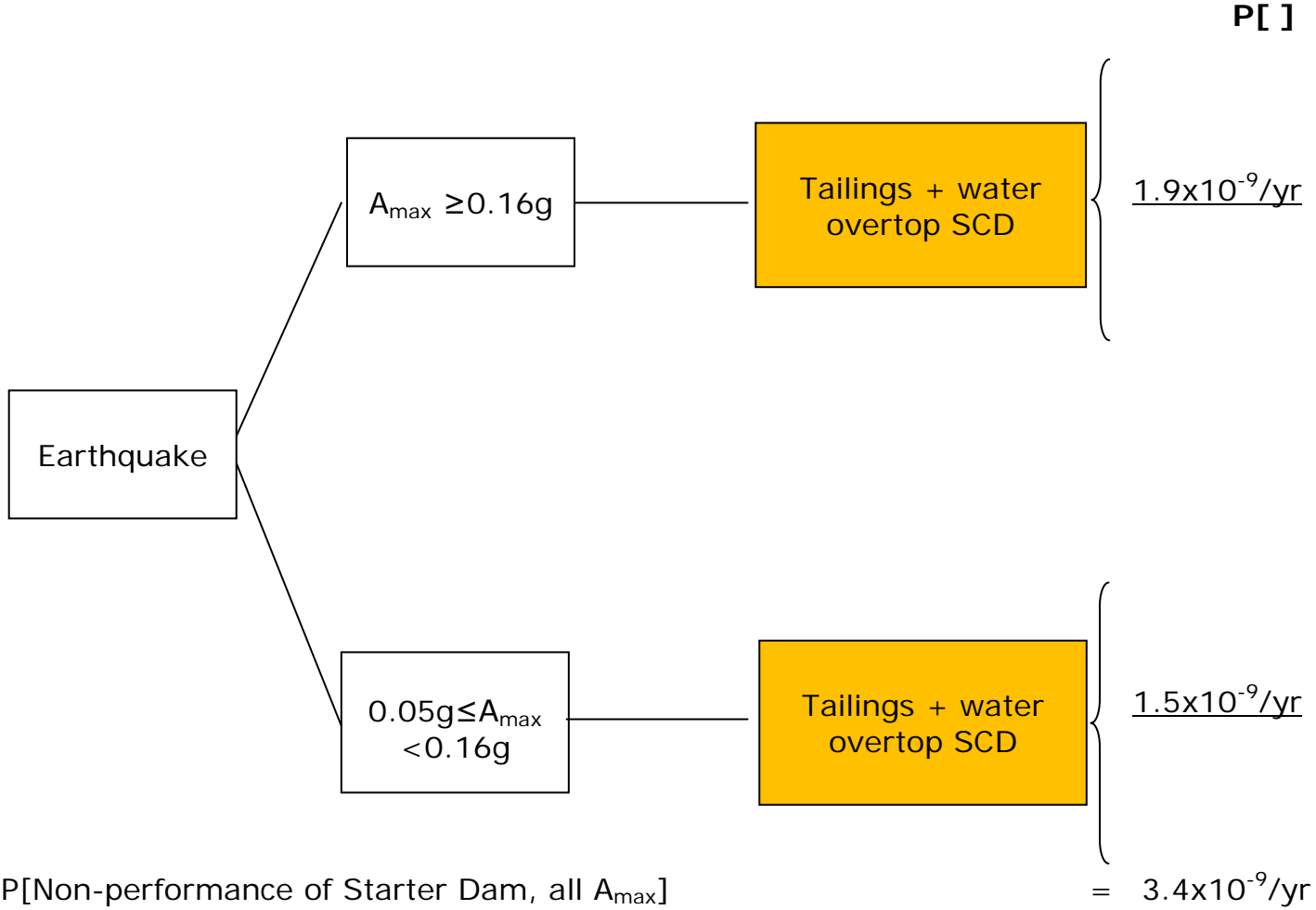


Figure A9(b). Summation of probabilities in Figure A9(a)

STARTER DAM

PRECIPITATION

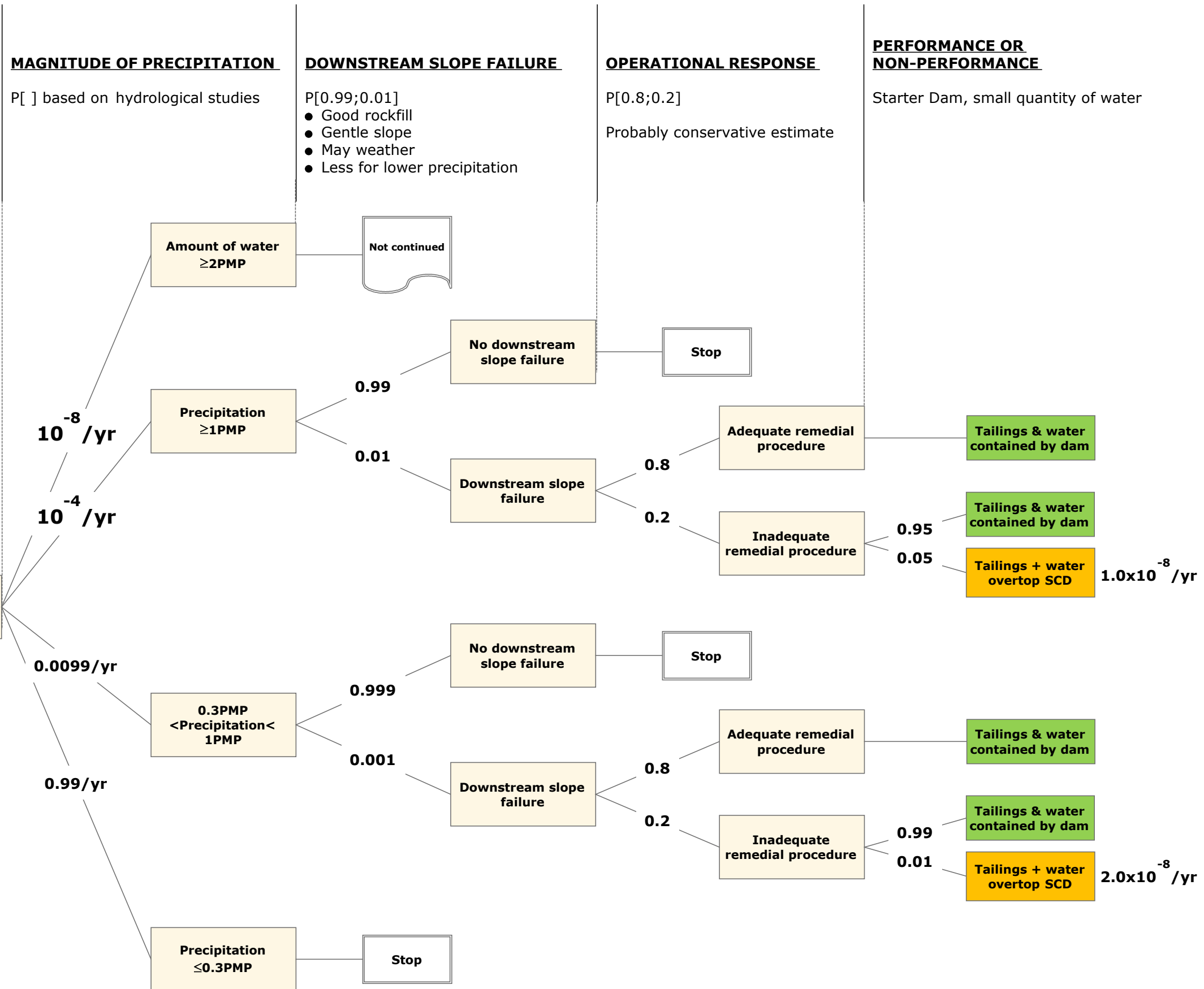


Figure A10(a). Dam configuration A, Precipitation trigger, Downstream slope instability

PMP = Probable maximum precipitation
SCD = Secondary Containment Dam

Configuration A - Precipitation- Foundation failure, Starter Dam

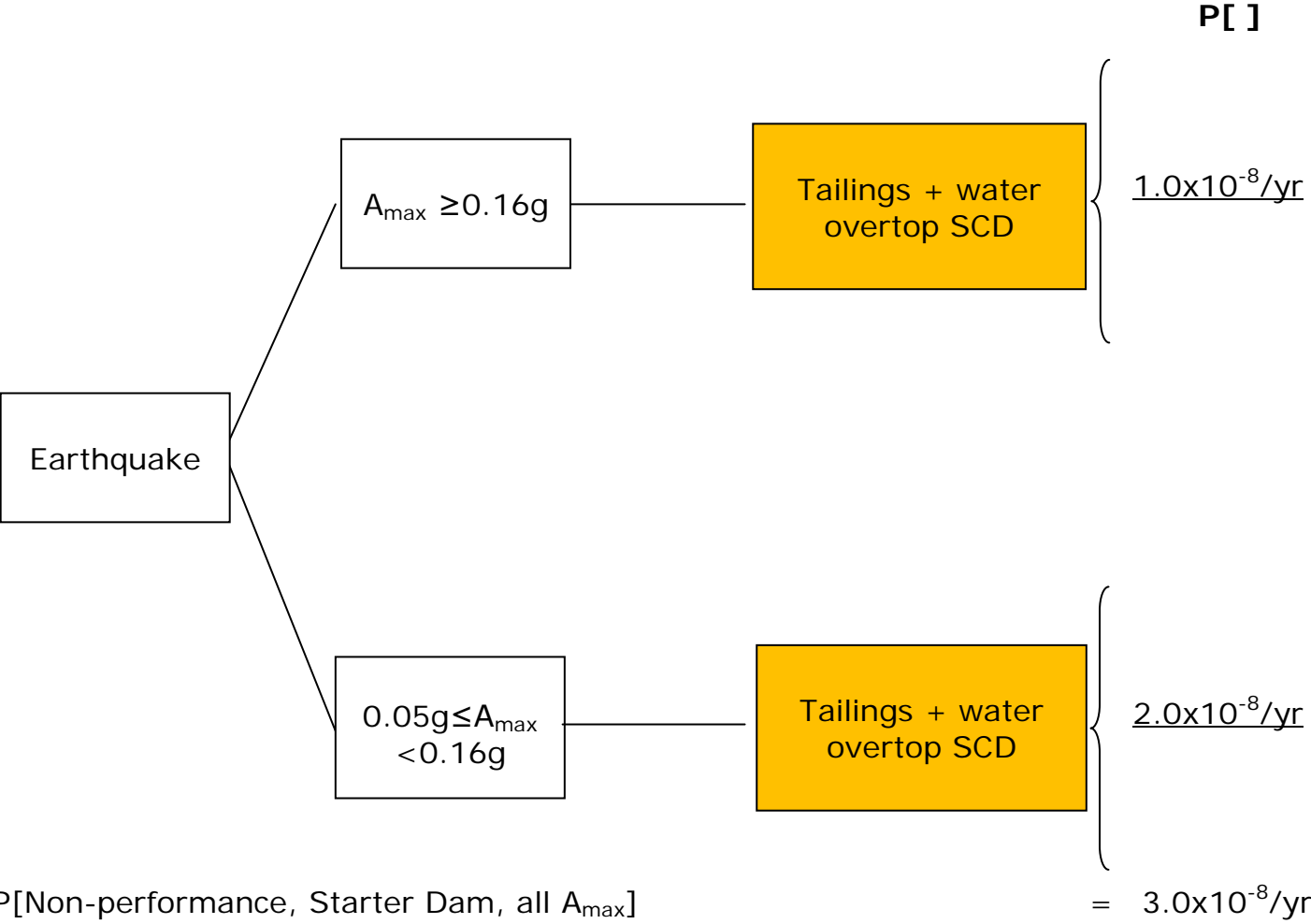


Figure A10(b). Summation of probabilities in Figure A10(a)

STARTER DAM
PRECIPITATION

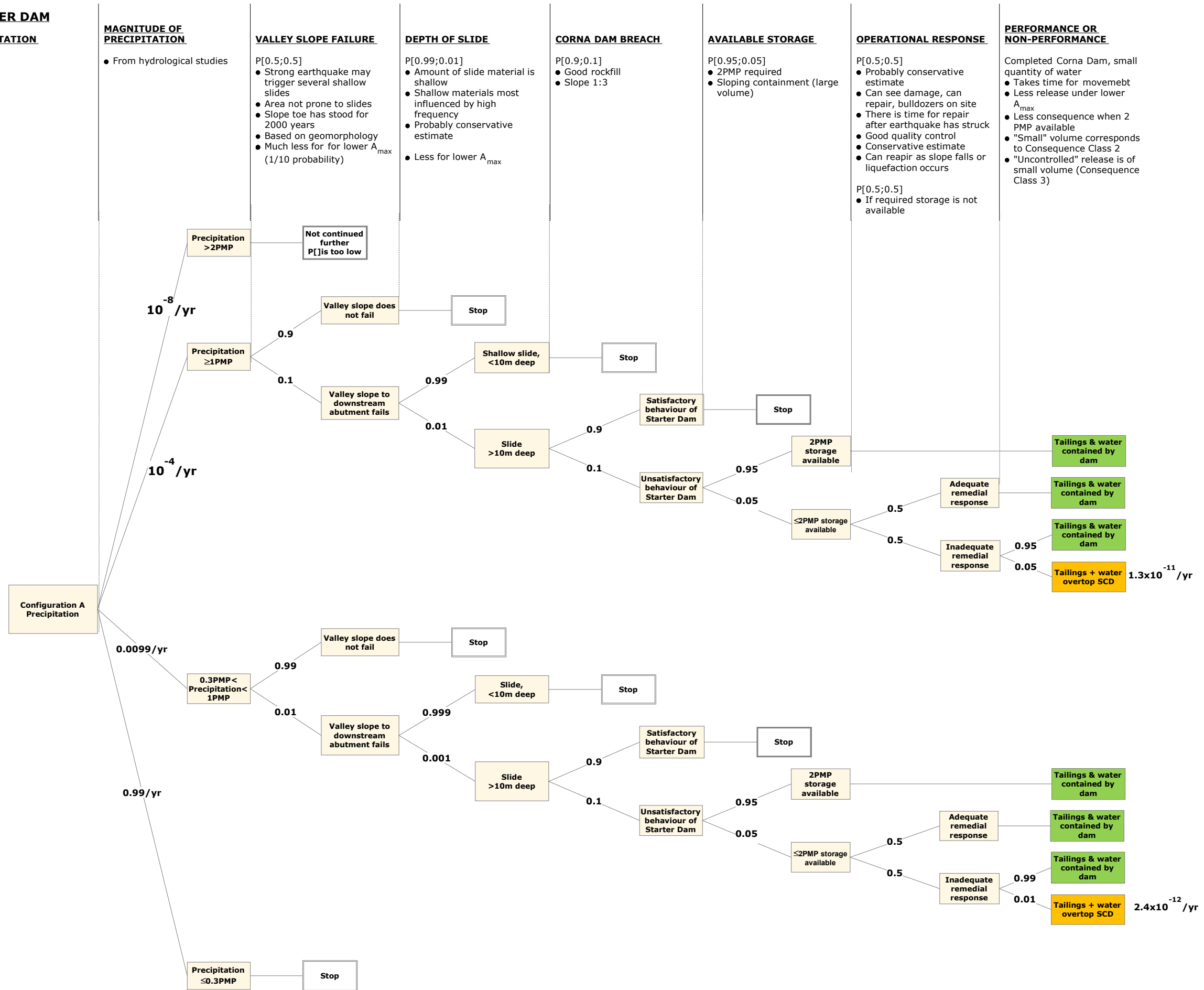
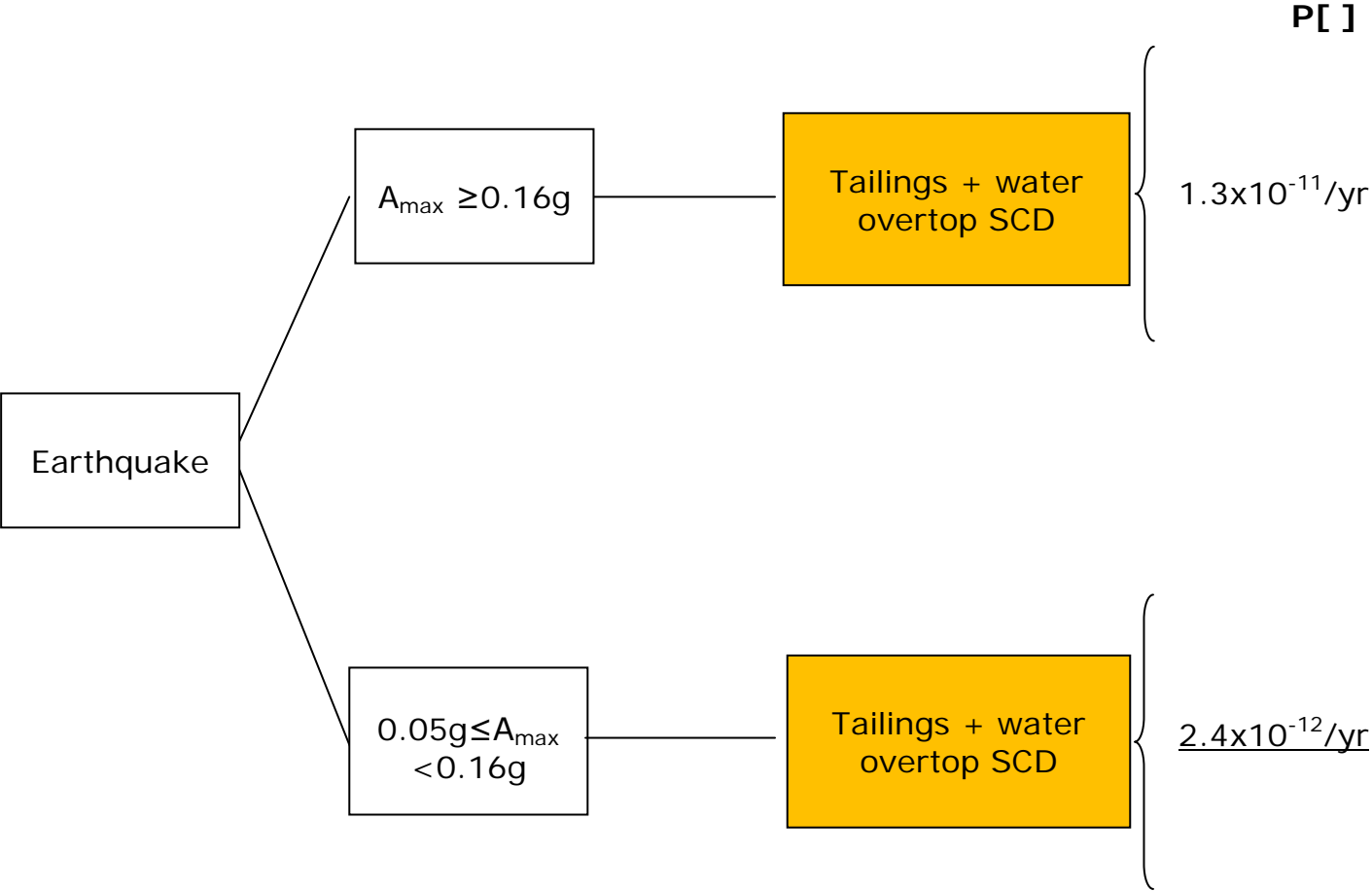


Figure A11a.Dam Configuration A, Precipitation trigger, Abutment failure

PMP = Probable maximum precipitation
SCD = Secondary Containment Dam

Configuration A - Precipitation- Dam abutment failure, Starter Dam



$P[\text{Non-performance, Starter Dam, for all } A_{\max}] = 1.5 \times 10^{-11}/\text{yr}$

Figure A11(b). Summation of probabilities in Figure A11(a)

**STARTER DAM
PRECIPITATION**

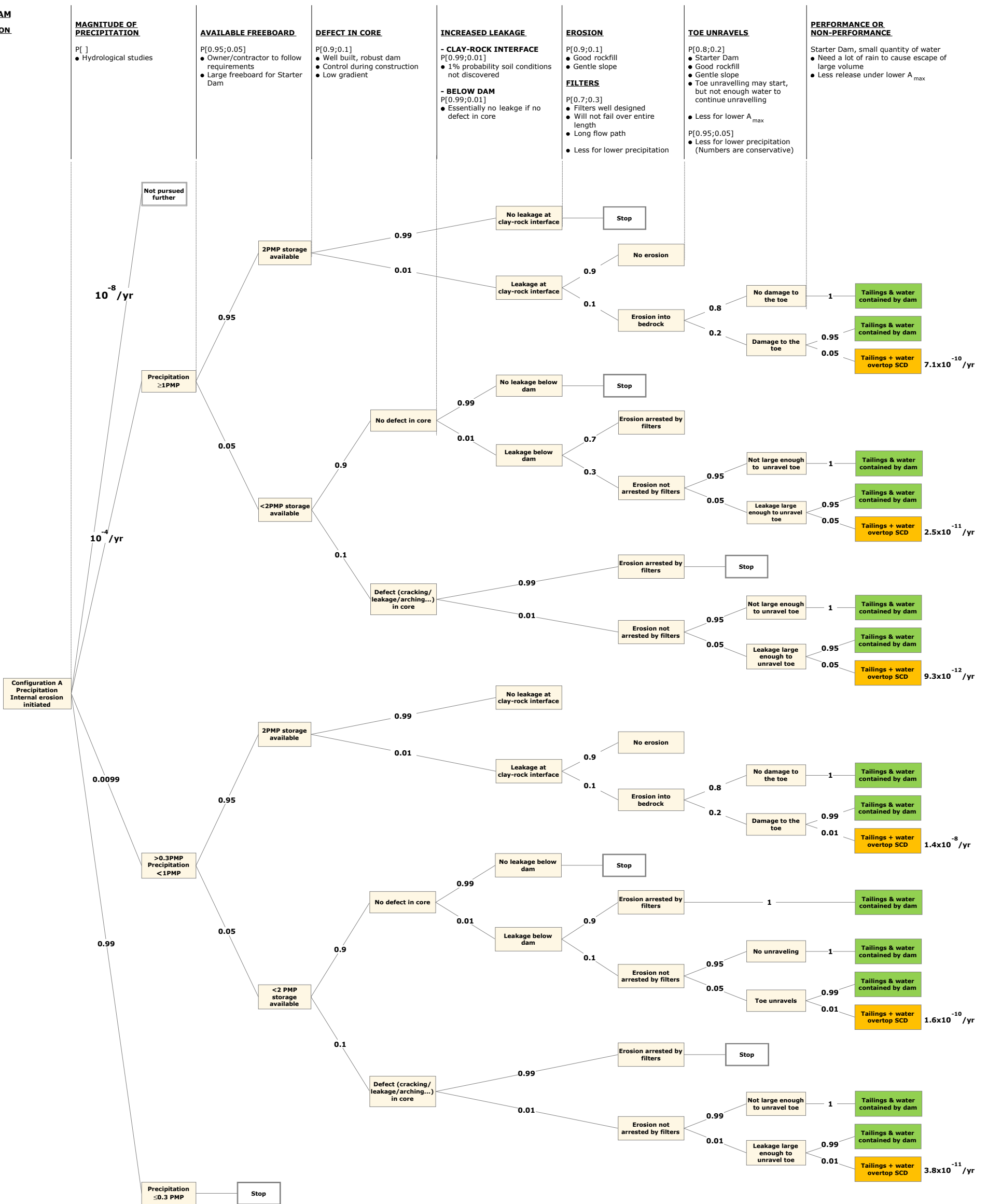
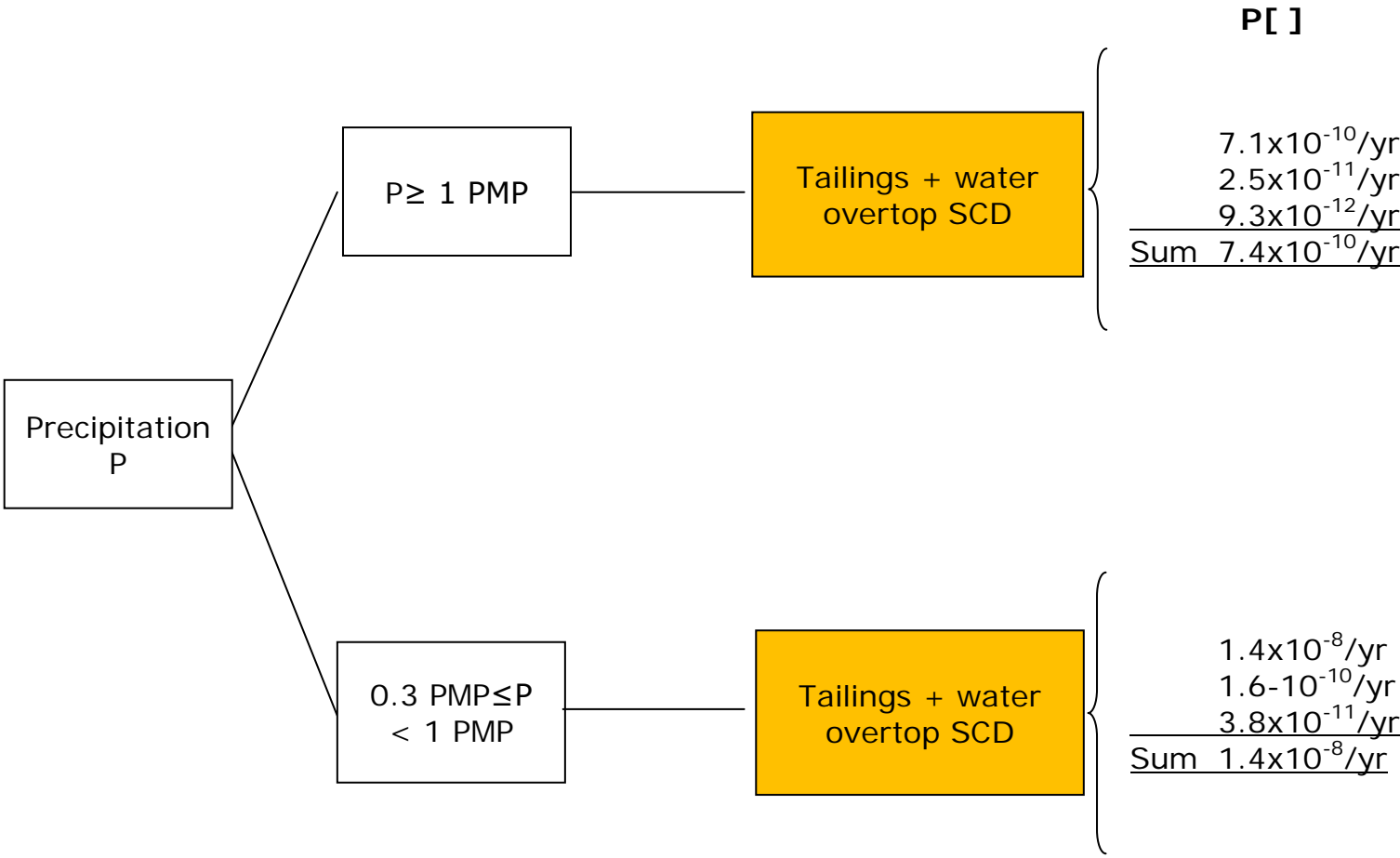


Figure A12a. Dam Configuration A, Precipitation trigger, Internal erosion and toe unravelling

PMP = Probable maximum precipitation
SCD = Secondary Containment Dam

Configuration A - Precipitation, Internal erosion and Toe unravelling, Starter Dam



$P[\text{Non-performance, Starter Dam, for all } A_{\text{max}}] = 1.4 \times 10^{-8} / \text{yr}$

Figure A12(b). Summation of probabilities in Figure A12(a)

**STARTER DAM
PRECIPITATION**

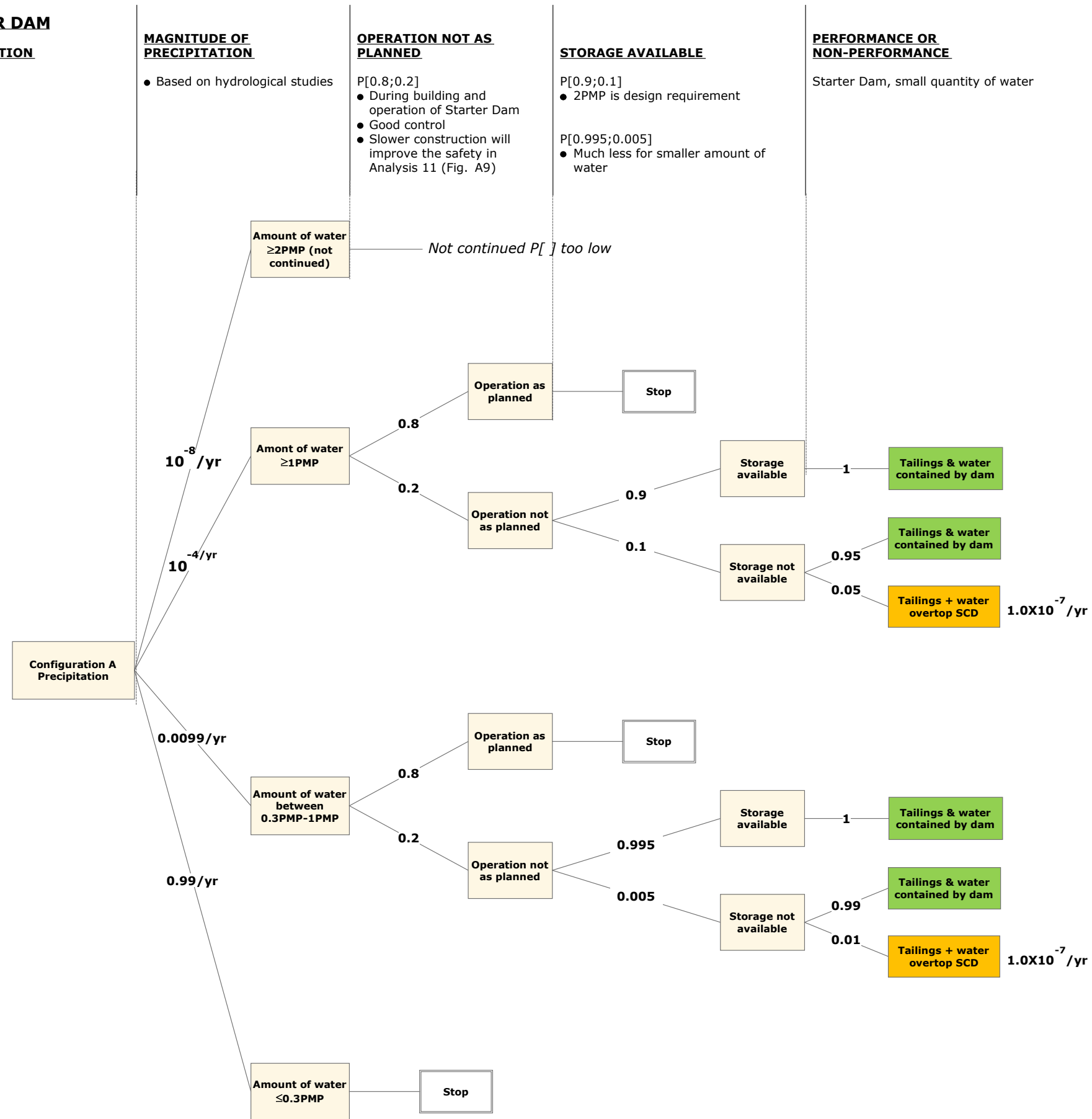


Figure A13(a). During operation of Starter Dam (Configuration A), Precipitation trigger, Effect of operation schedule changes

PMP = Probable maximum precipitation
SCD = Secondary Containment Dam

Configuration A - Precipitation - Effect of operation schedule changes, Starter Dam

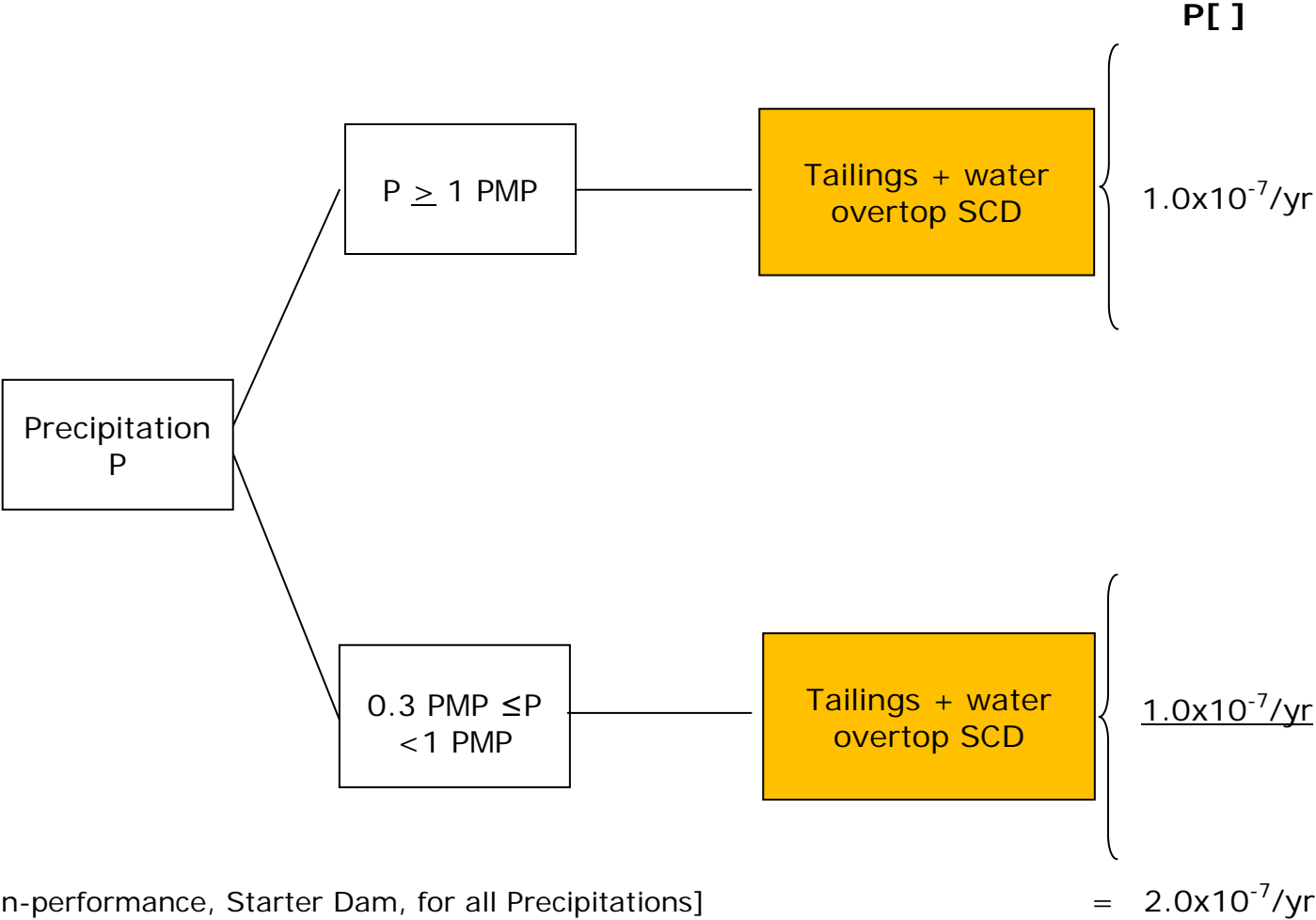


Figure A13(b). Summation of probabilities in Figure A13(a)

CORNA DAM
TIME = 4 years
PRECIPITATION

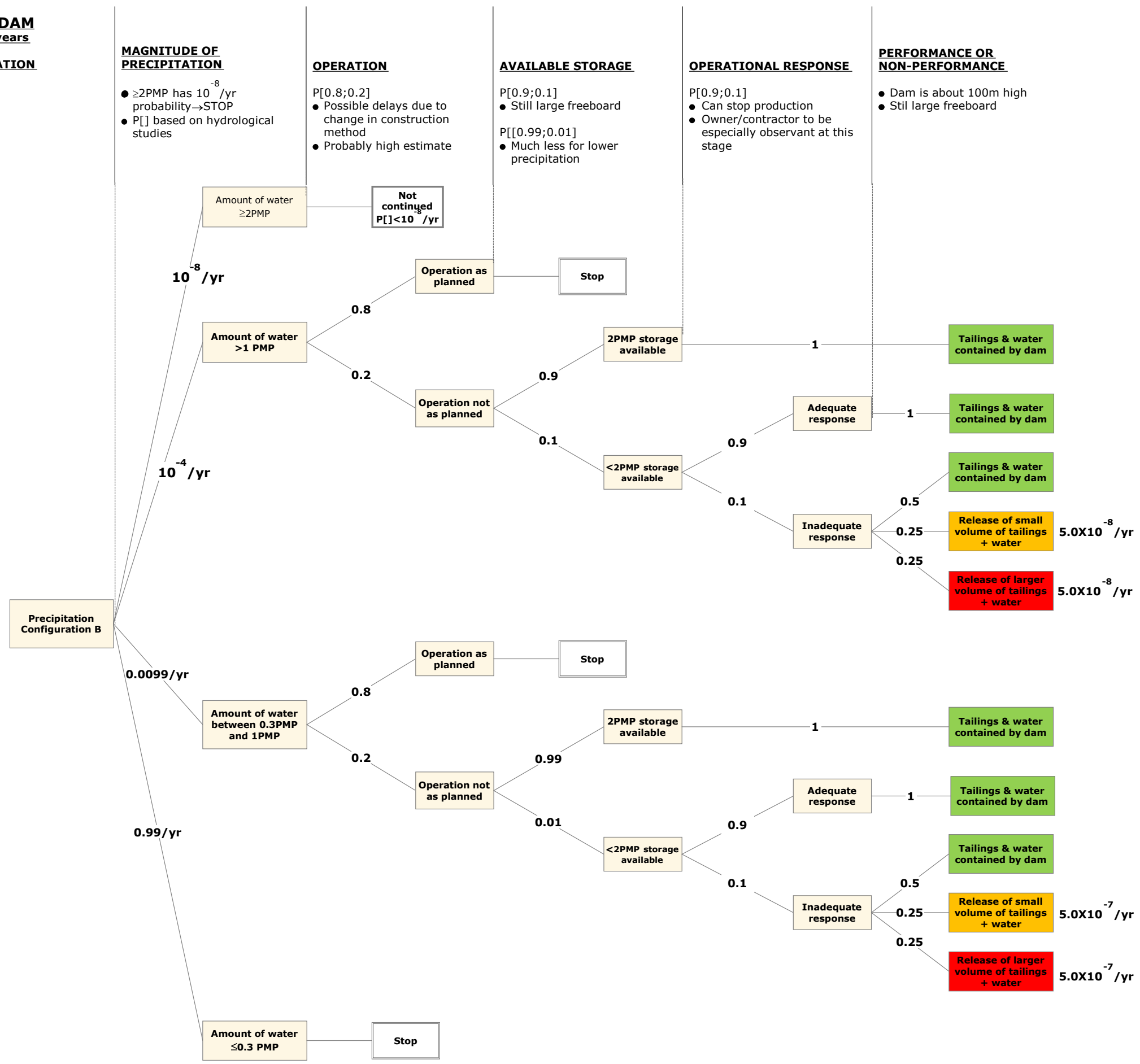
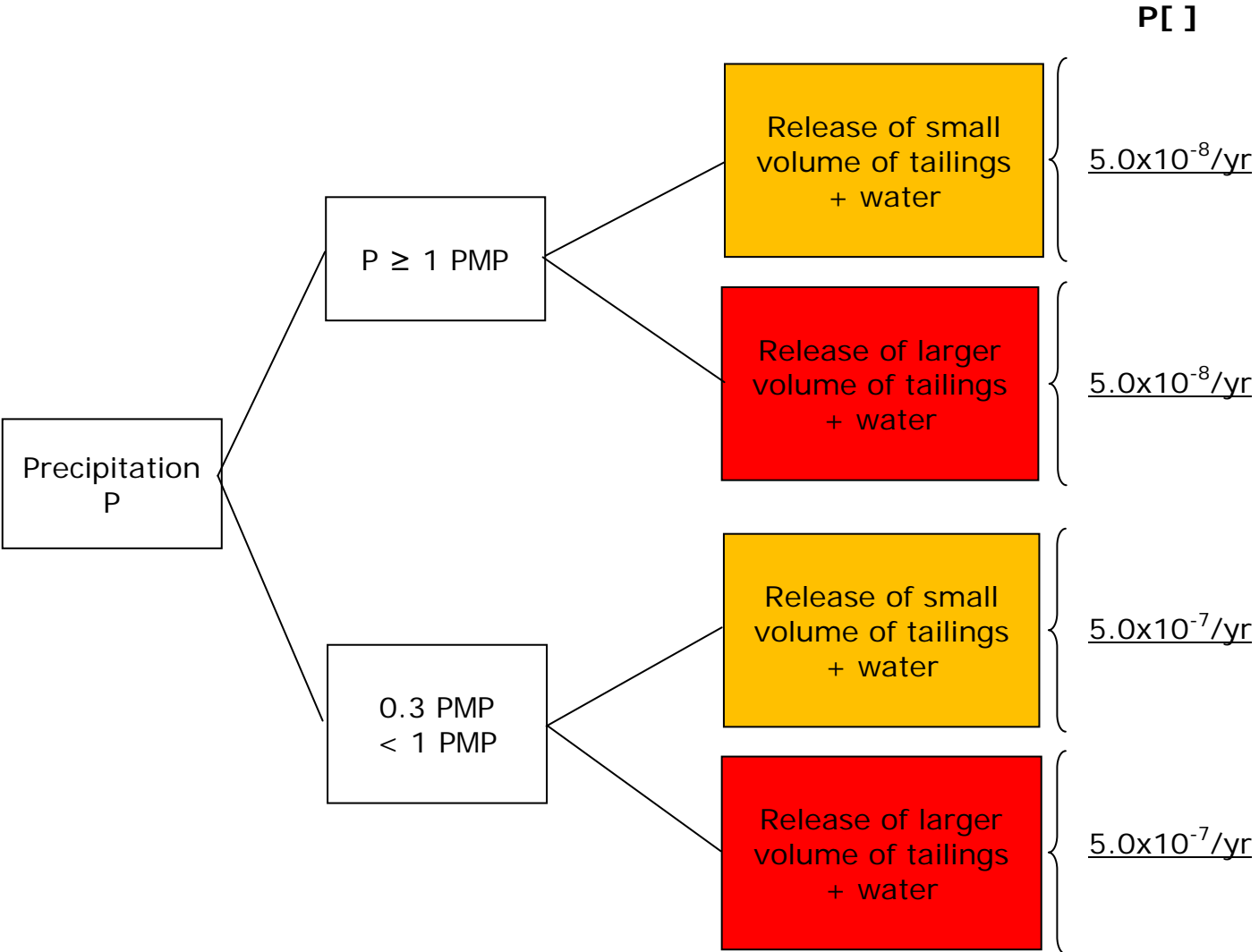


Figure A14(a). Dam configuration B, Precipitation trigger, Effect of operational delays

PMP = Probable maximum precipitation

Configuration B - Precipitation, Operational delays, Corna Dam



$P[\text{Small volume released, Corna Dam, for all } A_{\text{max}}] = 5.5 \times 10^{-7} / \text{yr}$
 $P[\text{Non-performance, Corna Dam, for all } A_{\text{max}}] = 5.5 \times 10^{-7} / \text{yr}$

Figure A14(b). Summation of probabilities in Figure A14(a)

CORNA DAM

SLIDE OF VALLEY SLOPE OCCURS

$P[] \leq 0.01$; $P[] > 0.001$
 (based on geomorphology report)
 $t = 1,5 - 16$ years

MOVEMENT

- $P[0.1;0.9]$
- Expect a slow moving slide
 - Slow moving slide does not cause mudslide
 - Fast moving slide may cause mudslide

MUDWAVE OVERTOPPING

- $P[0.99;0.01]$
 $P[0.999;0.001]$
- Viscous material
 - Lower for slow moving slide

STORAGE REDUCTION

- $P[0.8;0.1;0.1]$
- Volume depends on size of slides
 - Limited valley volume sliding
 - Lower for no mudwave

AVAILABLE STORAGE

- $P[0.9;0.09;0.01]$
 $P[0.99;0.009;0.001]$
- 2PMP requirement and volume of sloping retainment takes large volume
 - No time for remedial measures
 - Less for slow moving slide
 - Less for smaller reduction in storage

HEAVY PRECIPITATION BEFORE REMEDIATION

- $P[0.99;0.01]$
- New rain is trigger; time for remedial measures
 - Assume that remedial action will be taken
 - Volume of precipitation assumed > available storage
 - Probably conservative estimate

PERFORMANCE OR NON-PERFORMANCE

Corna Dam, small quantity of water

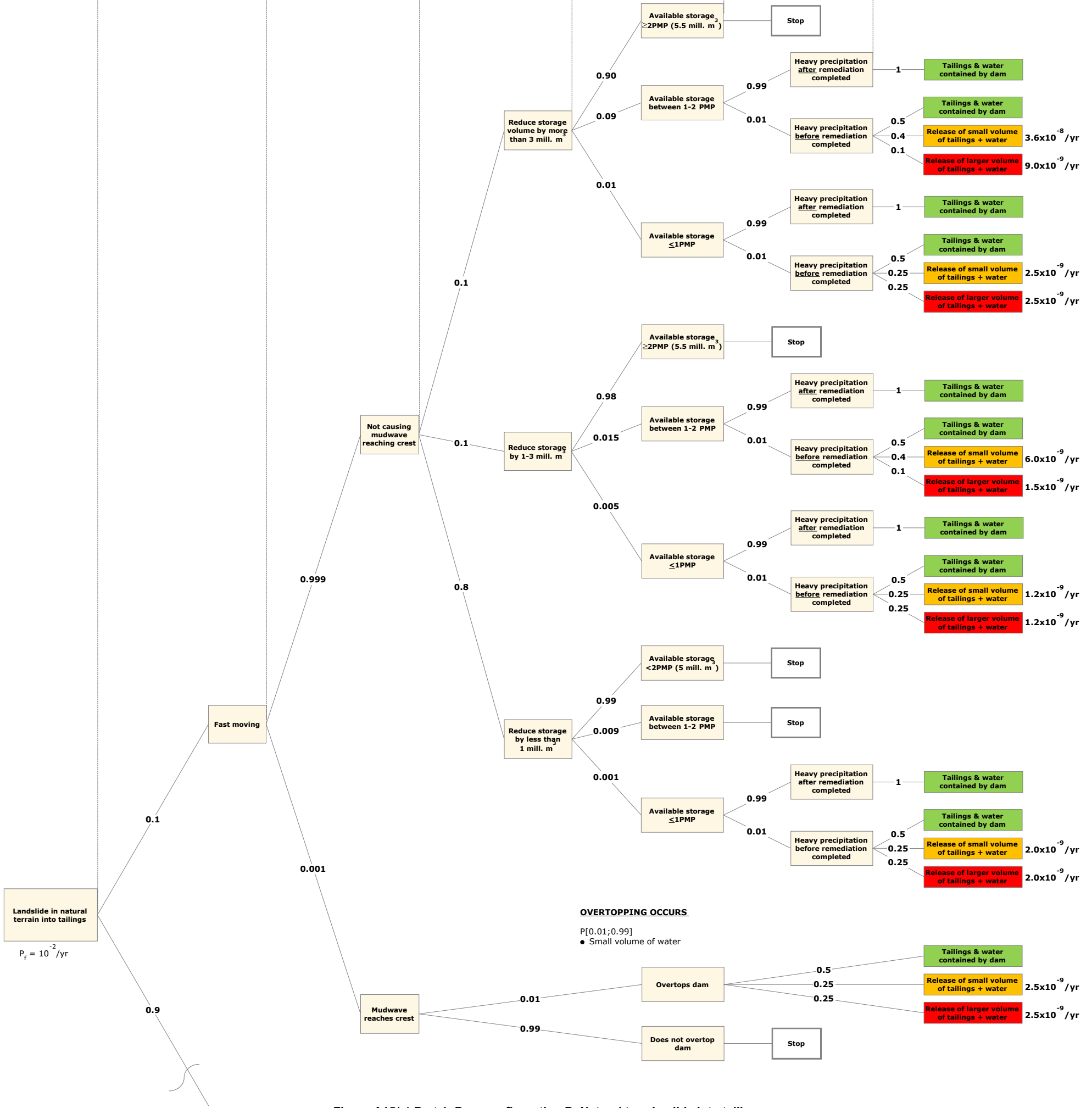


Figure A15(a) Part 1. Dam configuration D, Natural terrain slide into tailings

PMP = Probable maximum precipitation

CORNA DAM

SLIDE OF VALLEY SLOPE OCCURS

$P[] \leq 0.01$; $P[] > 0.001$
(based on geomorphology report)
 $t=1,5 - 16$ years

MOVEMENT

- $P[0.1;0.9]$
- Expect a slow moving slide
 - Slow moving slide does not cause mudslide
 - Fast moving slide may cause mudslide

MUDWAVE OVERTOPPING

- Not considered for slow moving landslide

STORAGE REDUCTION

- $P[0.8;0.1;0.01]$
- Volume depends on size of slides
 - Limited valley volume sliding
 - Lower for no mudwave

AVAILABLE STORAGE

- $P[0.9;0.09;0.01]$
 $P[0.99;0.999;0.001]$
- 2PMP requirement and volume of sloping retainment takes large volume
 - No time for remedial measures
 - Less for slow moving slide
 - Less for smaller reduction in storage

HEAVY PRECIPITATION BEFORE REMEDIATION

- $P[0.99;0.01]$
- Rain is trigger; time for remedial measures
 - Assume that remedial action will be taken
 - Volume of precipitation assumed >available storage
 - Probably conservative estimate

PERFORMANCE OR NON-PERFORMANCE

Corna Dam, small quantity of water

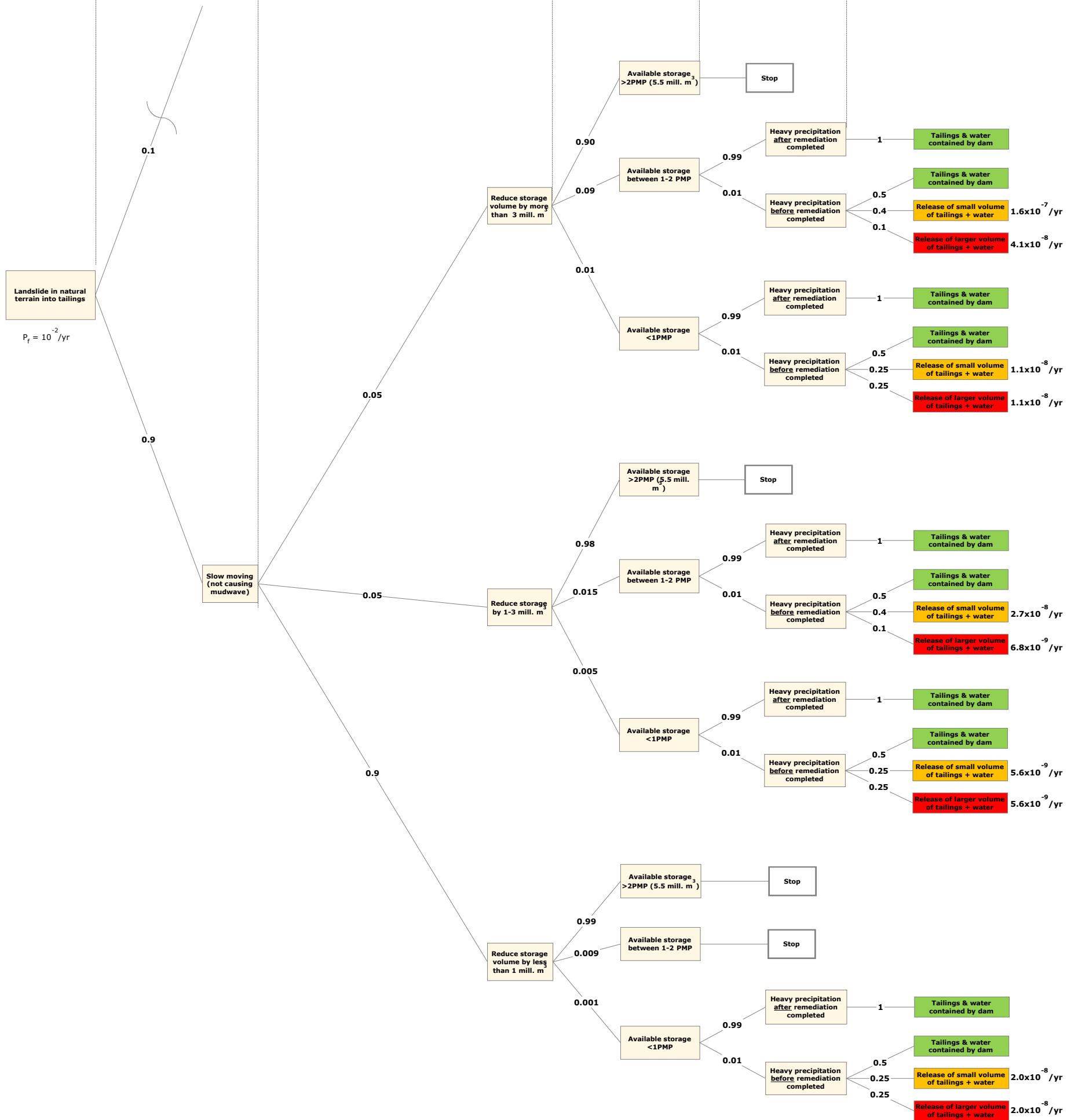
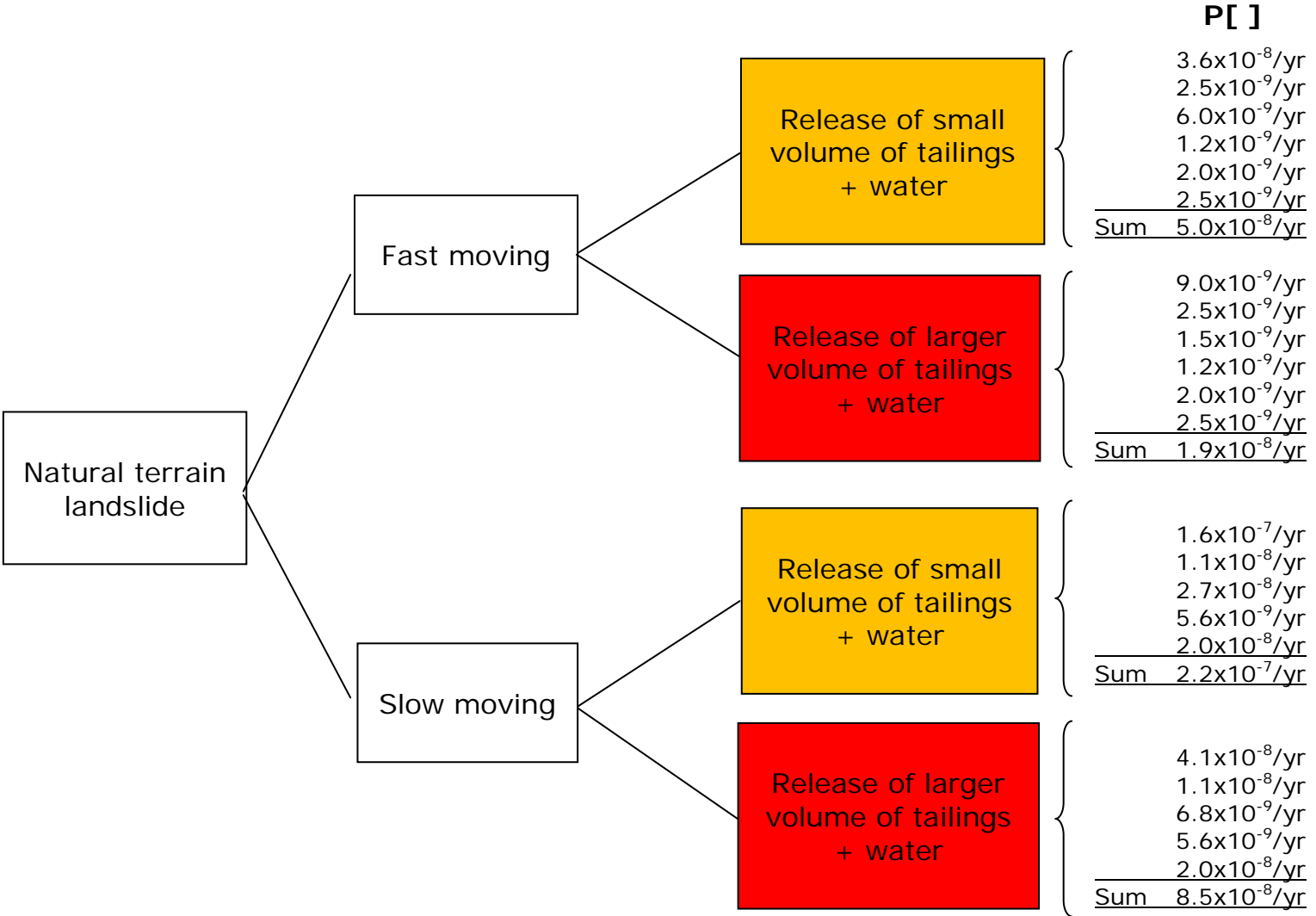


Figure A15(a) Part 2. Dam configuration D, Natural terrain slide in tailings

PMP = Probable maximum precipitation

Configuration D - Natural terrain slide into tailings - Corna Dam



$P[\text{Small volume released, Configuration D}] = 2.8 \times 10^{-7} / \text{yr}$
 $P[\text{Non-performance, Configuration D}] = 1.0 \times 10^{-7} / \text{yr}$

Figure A15(b). Summation of probabilities in Figure A15(a)

CORNA DAM

FAILURE UNDER WASTE STOCKPILE

Failure does not occur in stockpile, but may cause a failure in foundation soil below stockpile.
 • Higher possibility at t=16 yrs (compared to earlier)

MOVEMENT

P[0.1;0.9]
 • Expect a slow moving slide
 • Slow moving does not cause mudslide
 • Fast moving may cause mudslide

MUDWAVE REACHING DAM CREST

P[0.999;0.001]
 • Small slide will not cause large mudwave
 • Inertia of masses causes small movements

STORAGE REDUCTION

P[0.001;0.009;0.099]
 • Small slide volume
 • Volume of slide is most probably less than 3 mill. m³
 • Small volume of fluid available
 • Stockpile far from dam crest

AVAILABLE STORAGE

P[0.90;0.09;0.01]
 • 2PMP is requirement
 • Sloping containment takes large volume
 • High freeboard
 • Less for smaller volume

CONCURRING HEAVY PRECIPITATION

P[0.99;0.01]
 • Rain is trigger; time for remedial measures
 • Assume that remedial action will be taken
 • Volume of precipitation assumed >available storage
 • Probably conservative estimate

PERFORMANCE OR NON-PERFORMANCE

• Little water available
 • Sloping tailings
 • Small volume, sloping

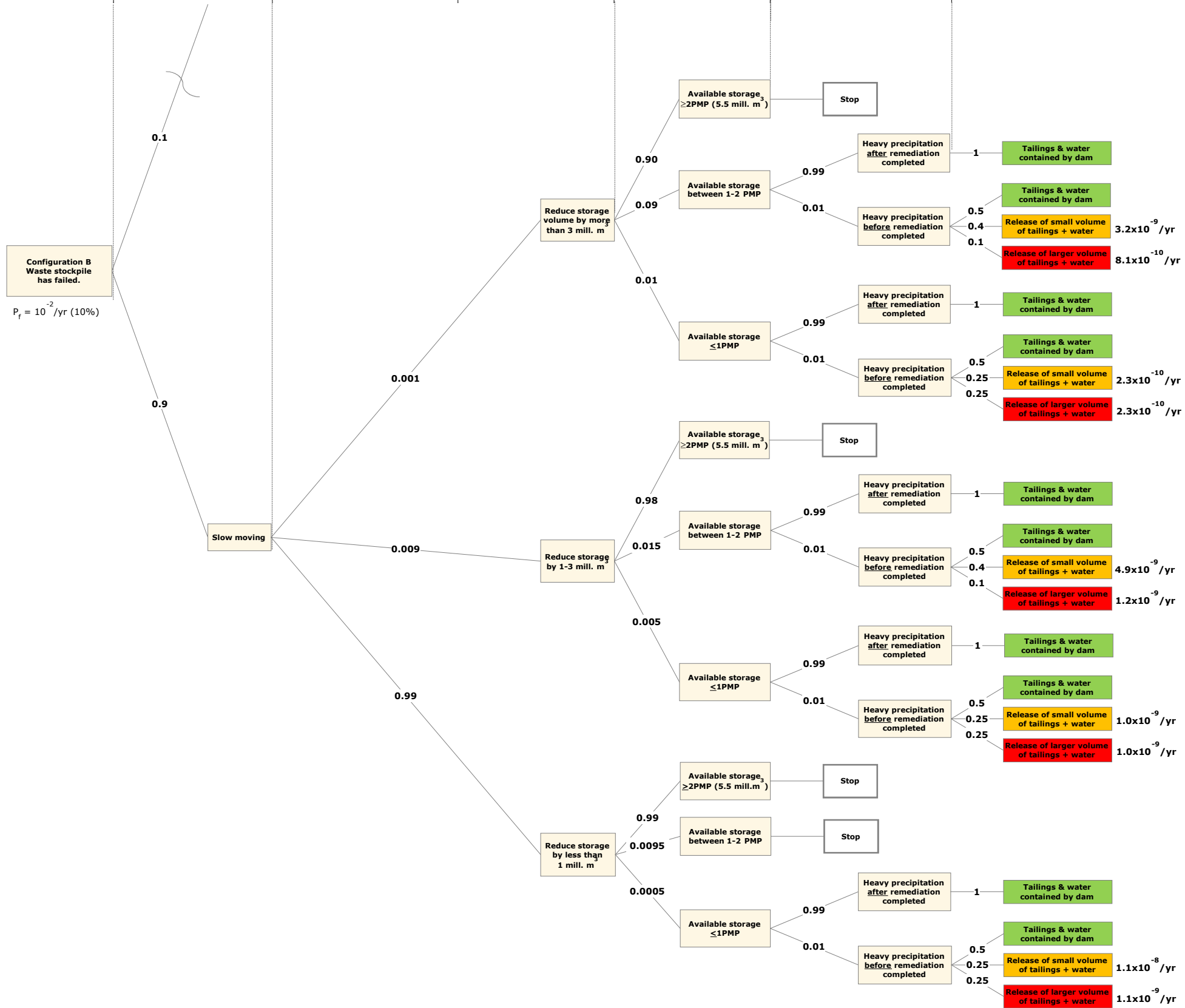
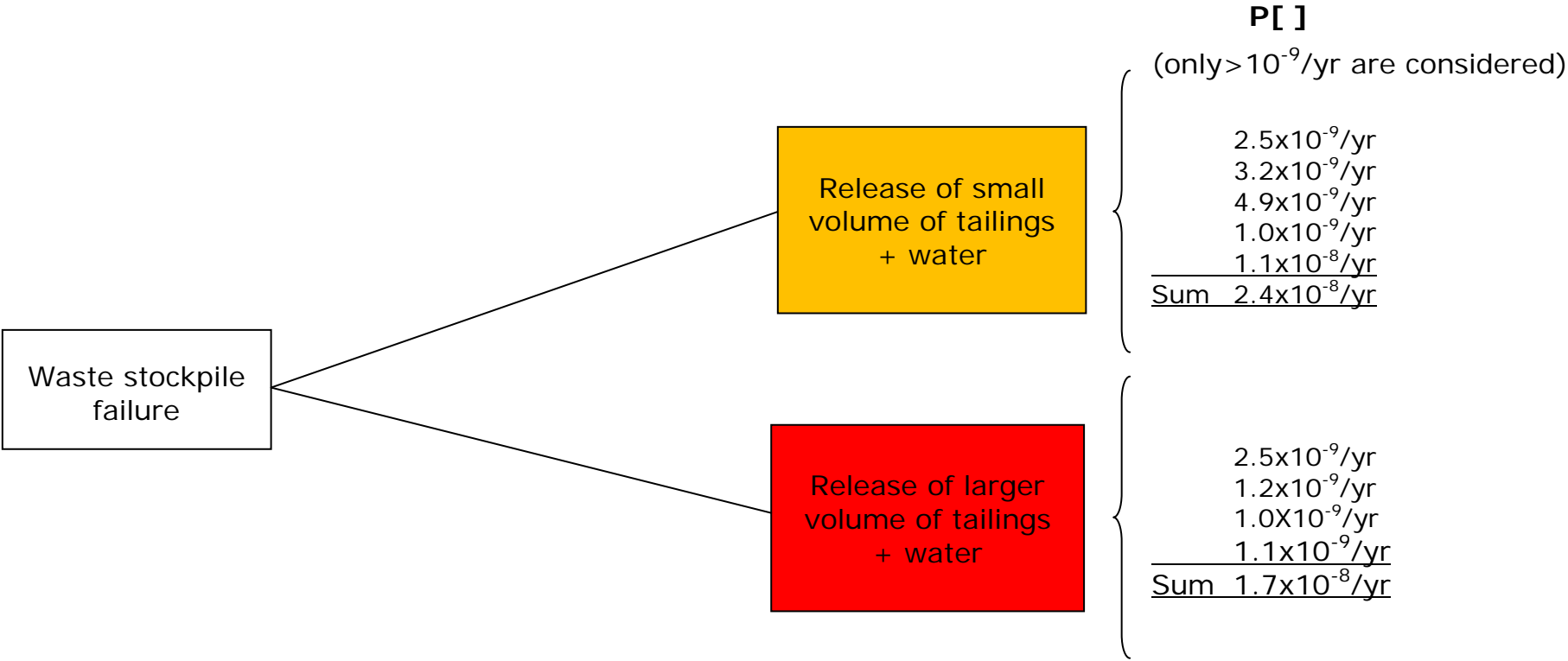


Figure A16(a) Part 2 Dam configuration B, Failure under Carnic waste stockpile

PMP = Probable maximum precipitation

Configuration C - Failure under Carnic waste stockpile, Corna Dam, Configuration D



P[Small volume release, Corna Dam]
 P[Non-performance, Corna Dam]

= 2.4x10⁻⁸/yr
 = 1.7x10⁻⁸/yr

Figure A16(b). Summation of probabilities in Figure A16(a)

CORNA DAM

FAILURE UNDER WASTE STOCKPILE

Failure does not occur in stockpile, but may cause a failure in foundation soil below stockpile.
 • Higher possibility at t=16 yrs (compared to earlier)

MOVEMENT

P[0.1;0.9]
 • Expect a slow moving slide
 • Slow moving does not cause mudslide
 • Fast moving may cause mudslide

MUDWAVE REACHING DAM CREST

P[0.999;0.001]
 • Small slide will not cause large mudwave
 • Inertia of masses causes small movements

STORAGE REDUCTION

P[0.001;0.009;0.099]
 • Small slide volume
 • Volume of slide is most probably less than 3 mill. m³
 • Small volume of fluid available
 • Stockpile far from dam crest

AVAILABLE STORAGE

P[0.90;0.09;0.01]
 • 2PMP is requirement
 • Sloping containment takes large volume
 • High freeboard
 • Less for smaller volume

CONCURRING HEAVY PRECIPITATION

P[0.99;0.01]
 • Rain is trigger; time for remedial measures
 • Assume that remedial action will be taken
 • Volume of precipitation assumed >available storage
 • Probably conservative estimate

PERFORMANCE OR NON-PERFORMANCE

• Little water available
 • Sloping tailings
 • Small volume, sloping

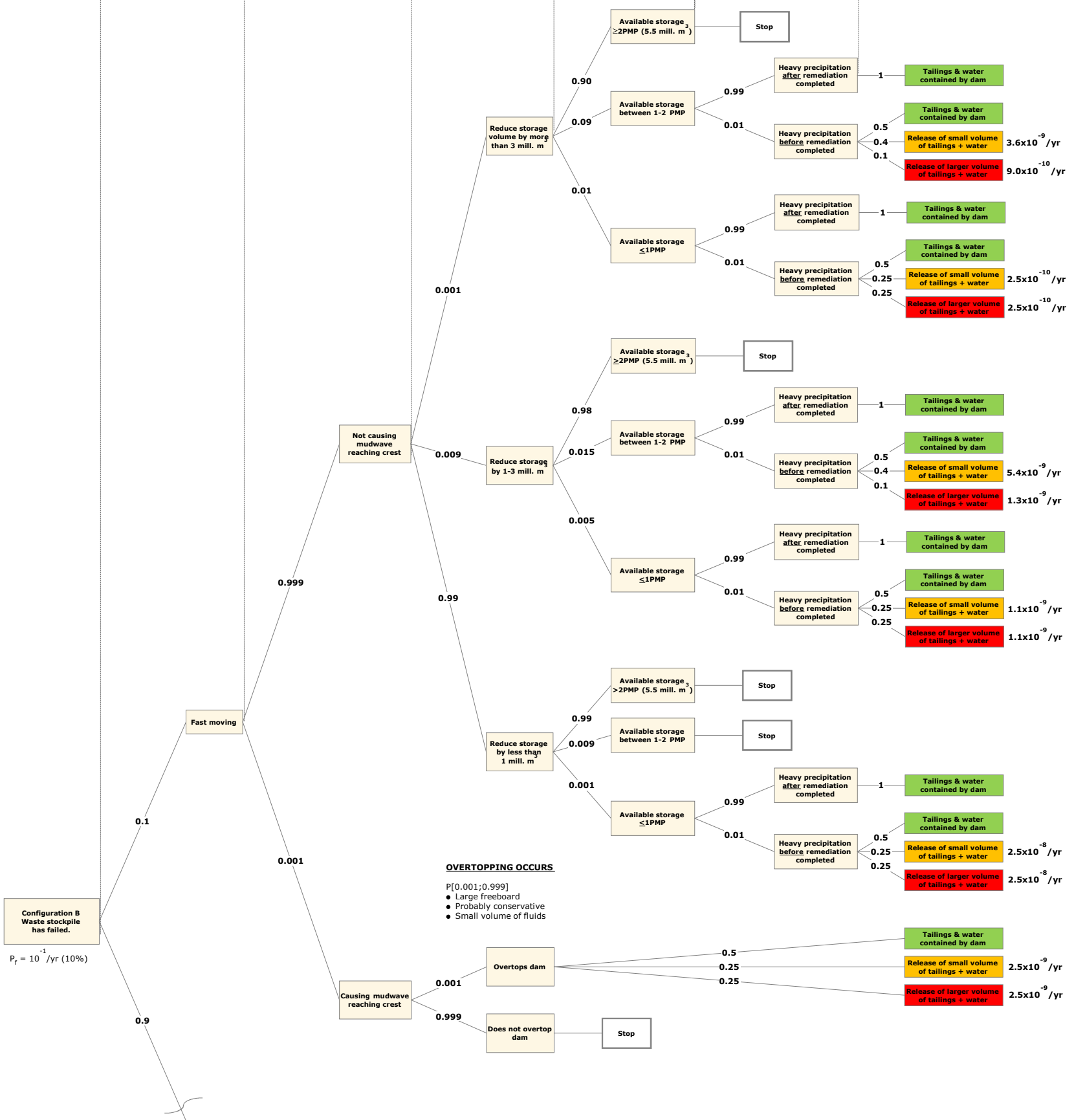


Figure A17(a) Part 1 Dam configuration C, Failure under Carnic waste stockpile

PMP = Probable maximum precipitation

CORNA DAM

FAILURE UNDER WASTE STOCKPILE

Failure does not occur in stockpile, but may cause a failure in foundation soil below stockpile.
 • Higher possibility at t=16 yrs (compared to earlier)

MOVEMENT

P[0.1;0.9]
 • Expect a slow moving slide
 • Slow moving does not cause mudslide
 • Fast moving may cause mudslide

MUDWAVE REACHING DAM CREST

P[0.999;0.001]
 • Small slide will not cause large mudwave
 • Inertia of masses causes small movements

STORAGE REDUCTION

P[0.001;0.009;0.099]
 • Small slide volume
 • Volume of slide is most probably less than 3 mill. m³
 • Small volume of fluid available
 • Stockpile far from dam crest

AVAILABLE STORAGE

P[0.90;0.09;0.01]
 • 2PMP is requirement
 • Sloping containment takes large volume
 • High freeboard
 • Less for smaller volume

CONCURRING HEAVY PRECIPITATION

P[0.99;0.01]
 • Rain is trigger; time for remedial measures
 • Assume that remedial action will be taken
 • Volume of precipitation assumed > available storage
 • Probably conservative estimate

PERFORMANCE OR NON-PERFORMANCE

• Little water available
 • Sloping tailings
 • Small volume, sloping

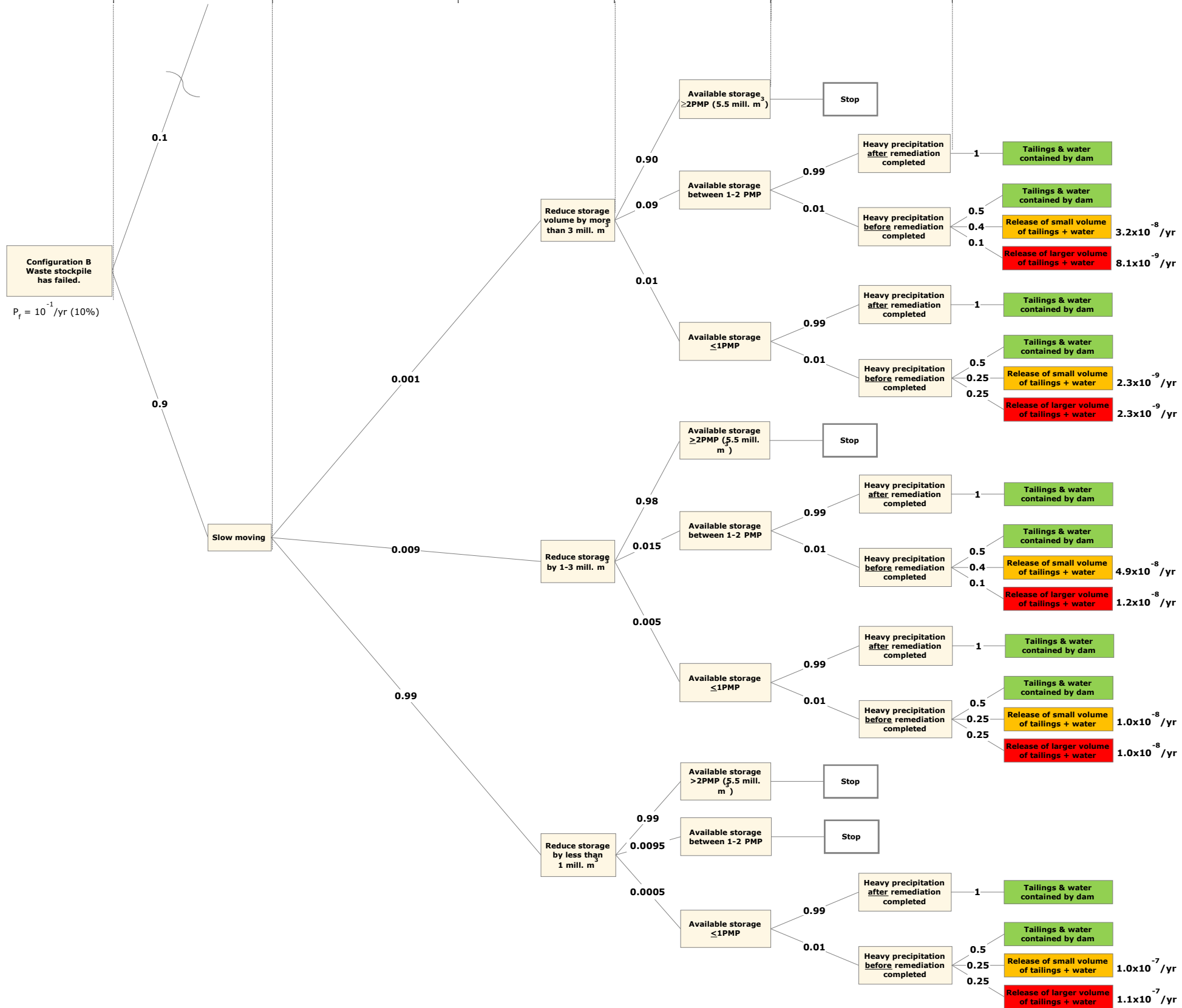
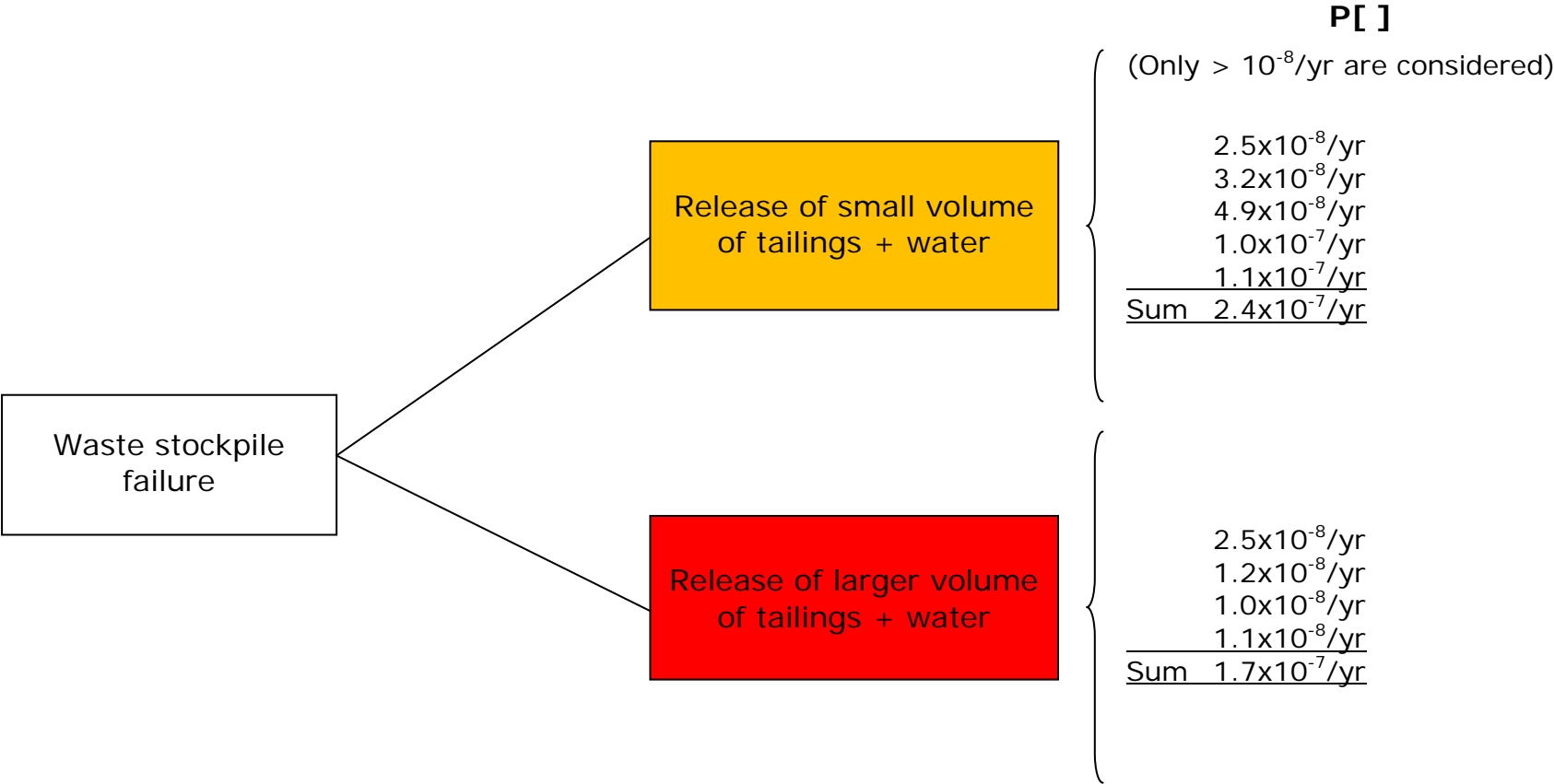


Figure A17(a) Part 2 Dam configuration C, Failure under Carnic waste stockpile

PMP = Probable maximum precipitation

Configuration C - Failure under Carnic waste stockpile, Corna Dam



P[Small volume release, Completed Corna Dam] = 2.4x10⁻⁷/yr
 P[Non-performance, Completed Corna Dam] = 1.7x10⁻⁷/yr

Figure A17(b). Summation of probabilities in Figure A17(a)

STARTER DAM

INTERNAL EROSION

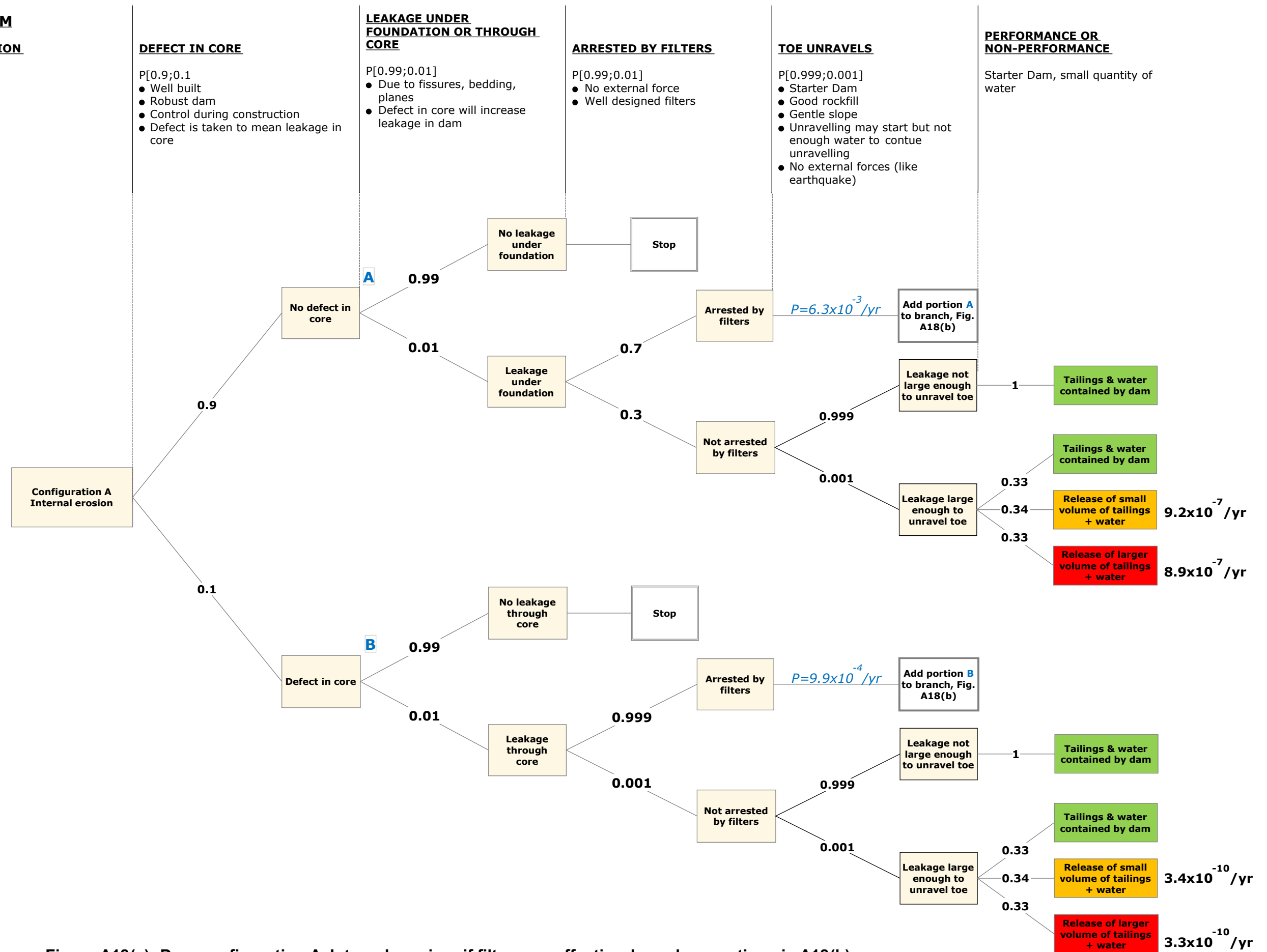


Figure A18(a). Dam configuration A, Internal erosion; if filters are effective, branches continue in A18(b)

STARTER DAM
INTERNAL EROSION

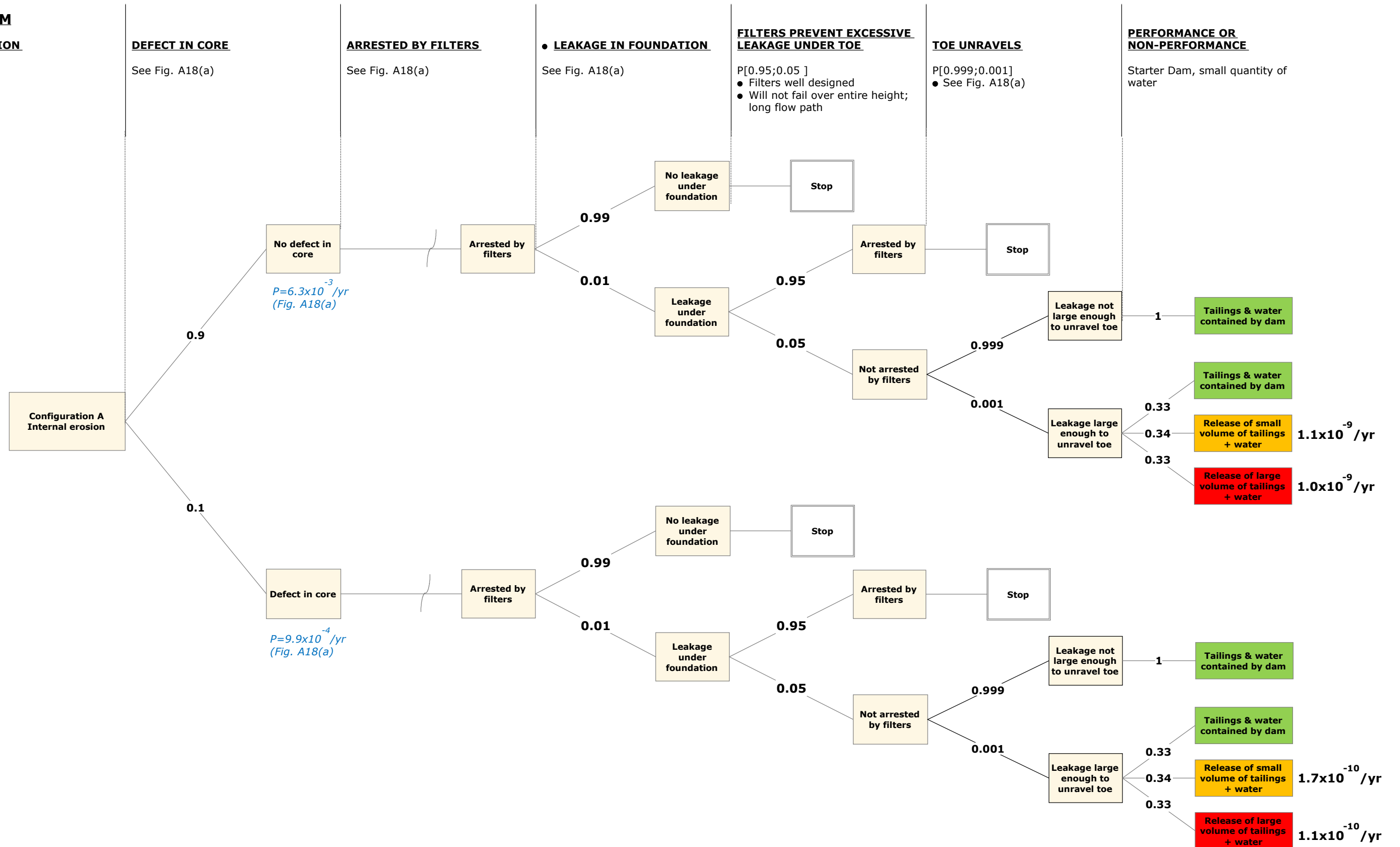
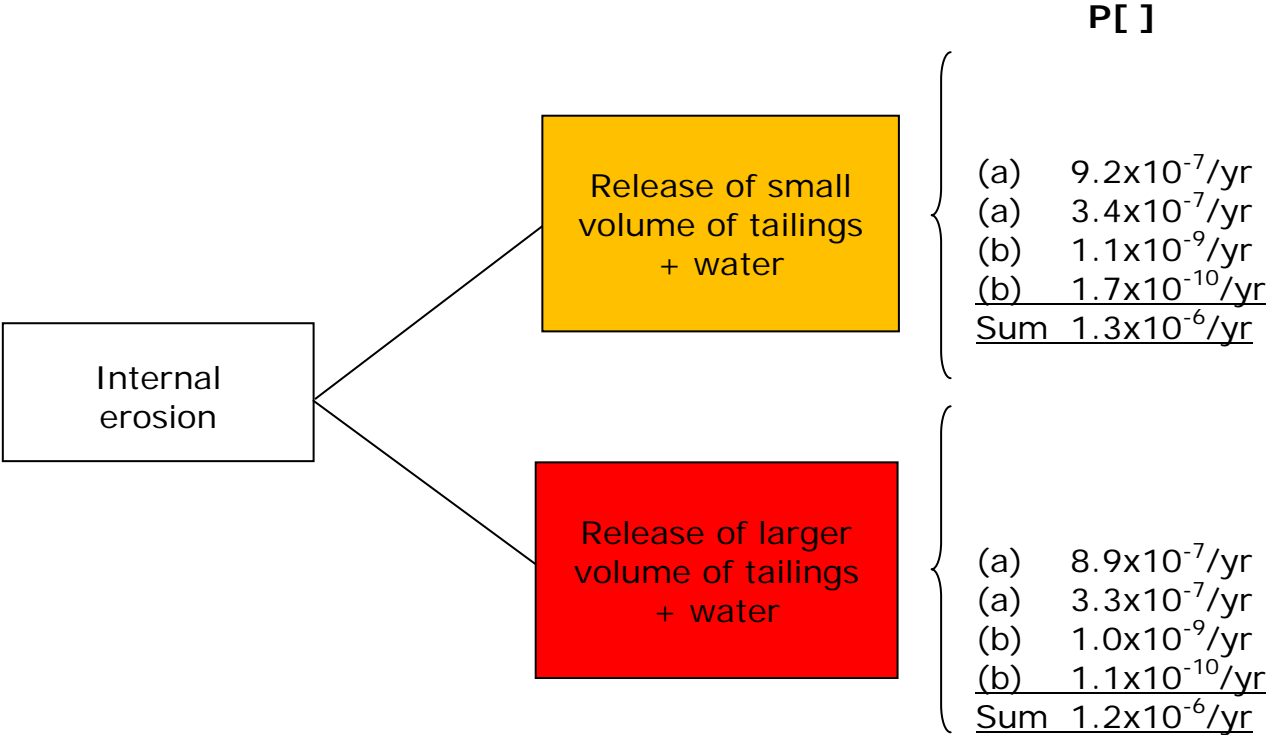


Figure A18(b). Dam configuration A, Internal erosion; if filters are effective, leakage under foundation

Configuration A - Internal Erosion, Starter Dam



$P[\text{Small volume release, Starter Dam}] = 1.3 \times 10^{-6} / \text{yr}$
 $P[\text{Non-performance, Stater Dam}] = 1.2 \times 10^{-6} / \text{yr}$

Figure A18(c). Summation of probabilities in Figure A18(c)

CORNA DAM

CONFIGURATION (year 9-12)

Liquefaction:

- Due to rapid loading of tailings, excess pore pressure build-up
- 6m raise/yr is not rapid load
- Consensus probability

WATER APPROACHING CREST

- P[0.9;0.1]
- Large reservoir volume, sloping surface
 - Takes time for movement in tailings

CREST SETTLEMENT

- P[0.699;0.3;0.001]
- Lower than for earthquake shaking, because static
 - Top branch about as for earthquake, configuration C

OPERATIONAL RESPONSE

- P[0.5;0.5]
- Static liquefaction for local effect
 - Can damage filters, difficult to fix
 - Consensus probability
- P[8.5;0.2]
- Can see damage
 - 2PMP freeboard

DAM BEHAVIOUR

- P[0.95;0.05]
- Much tailings go into rockfill
 - Probability of "uncontrolled" release will be very low

PERFORMANCE OR NON-PERFORMANCE

- P[0.995;0.004;0.001]
- Volume of liquefied material is small
 - Much tailings will go in rockfill
 - Probability of "uncontrolled release" will be very low
- P[0.8;0.15;0.05]
for settlement >freeboard

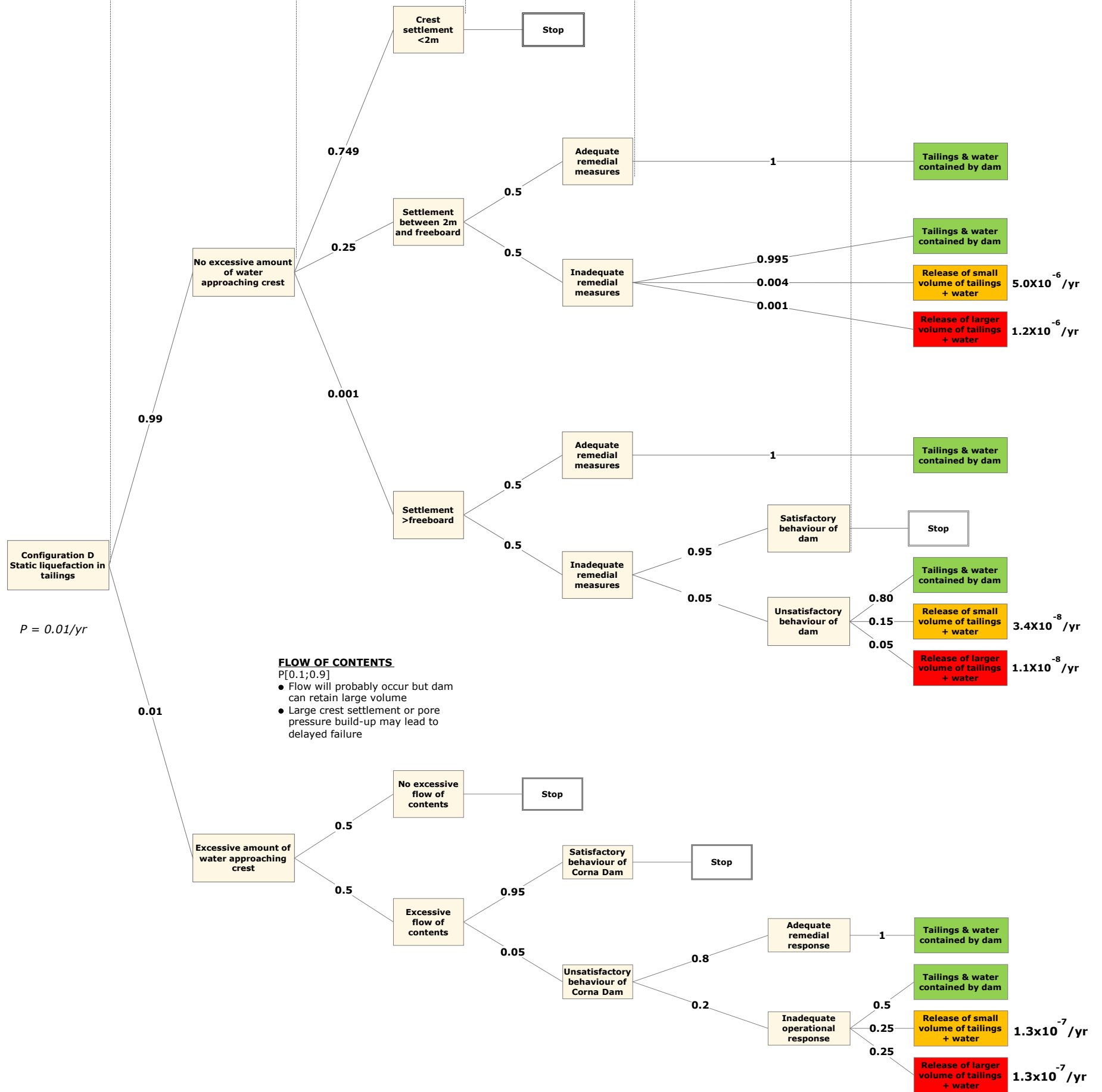
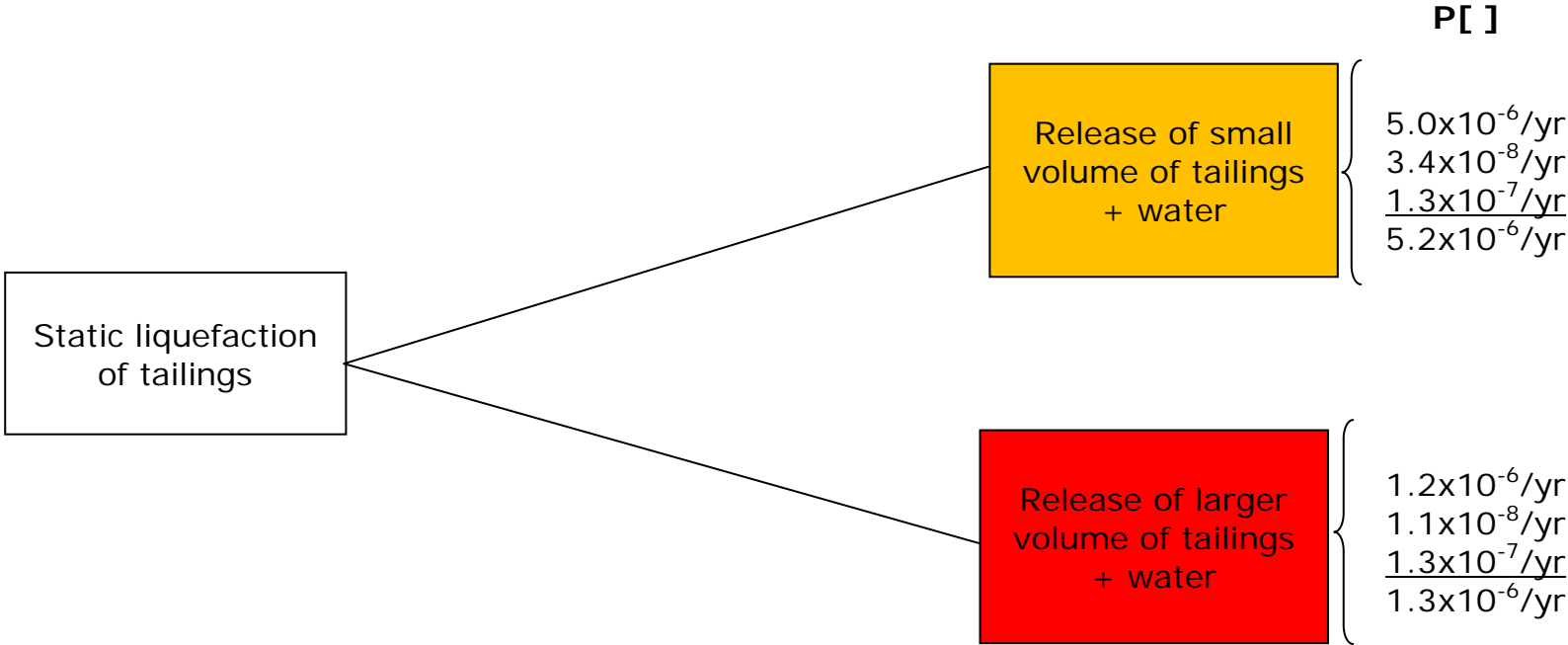


Figure A19(a). Dam configuration D, Liquefaction of tailings

Configuration D - Static liquefaction of tailings - Corna Dam



$P[\text{Small volume release, Configuration D}] = 5.2 \times 10^{-6} / \text{yr}$
 $P[\text{Non-performance, Configuration D}] = 1.3 \times 10^{-6} / \text{yr}$

Figure A19(b). Summation of probabilities in Figure A19(a)