

Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab

بسمه تعالی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی معدن

مهندسی دیواره های شیبدار پیشرفته

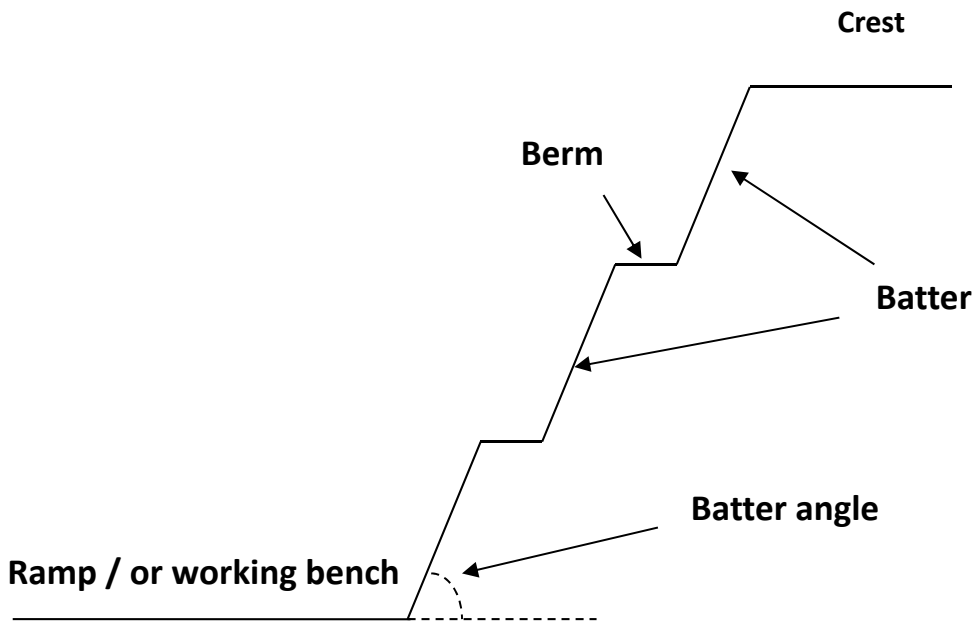
ترم دوم ۱۳۹۷

(۲)

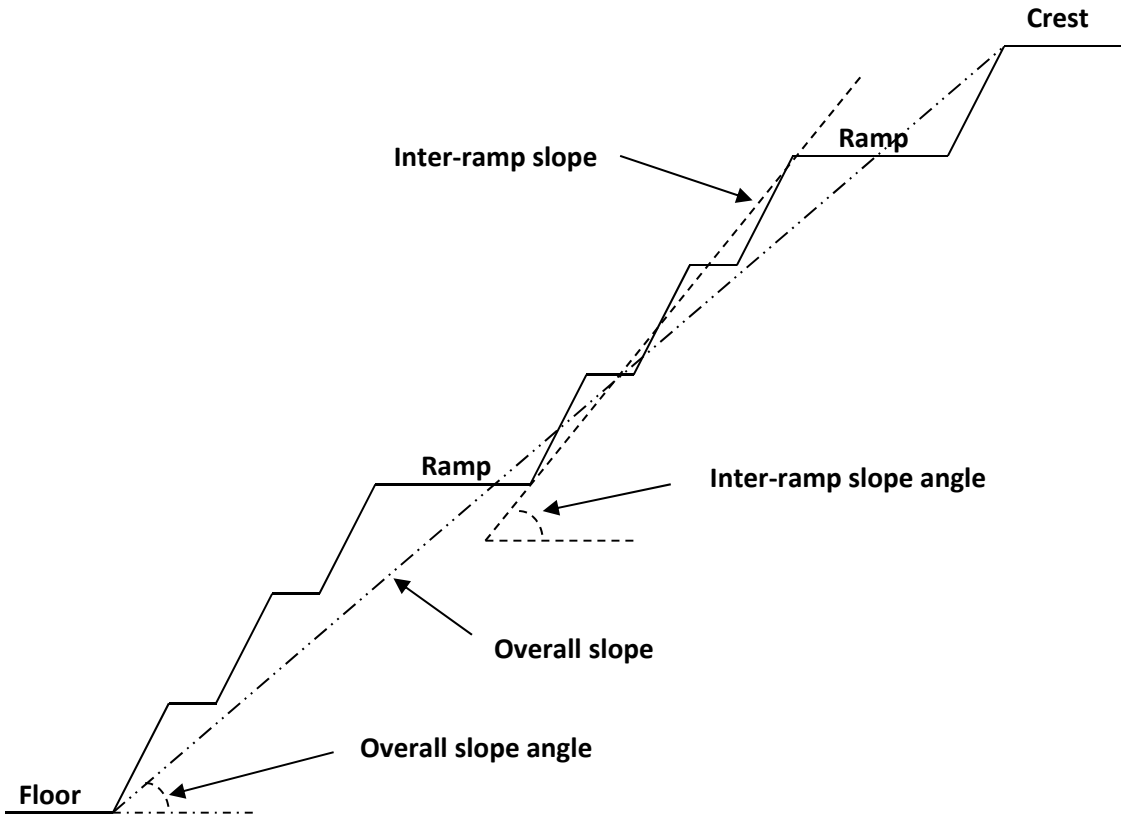
سعید کریمی نسب

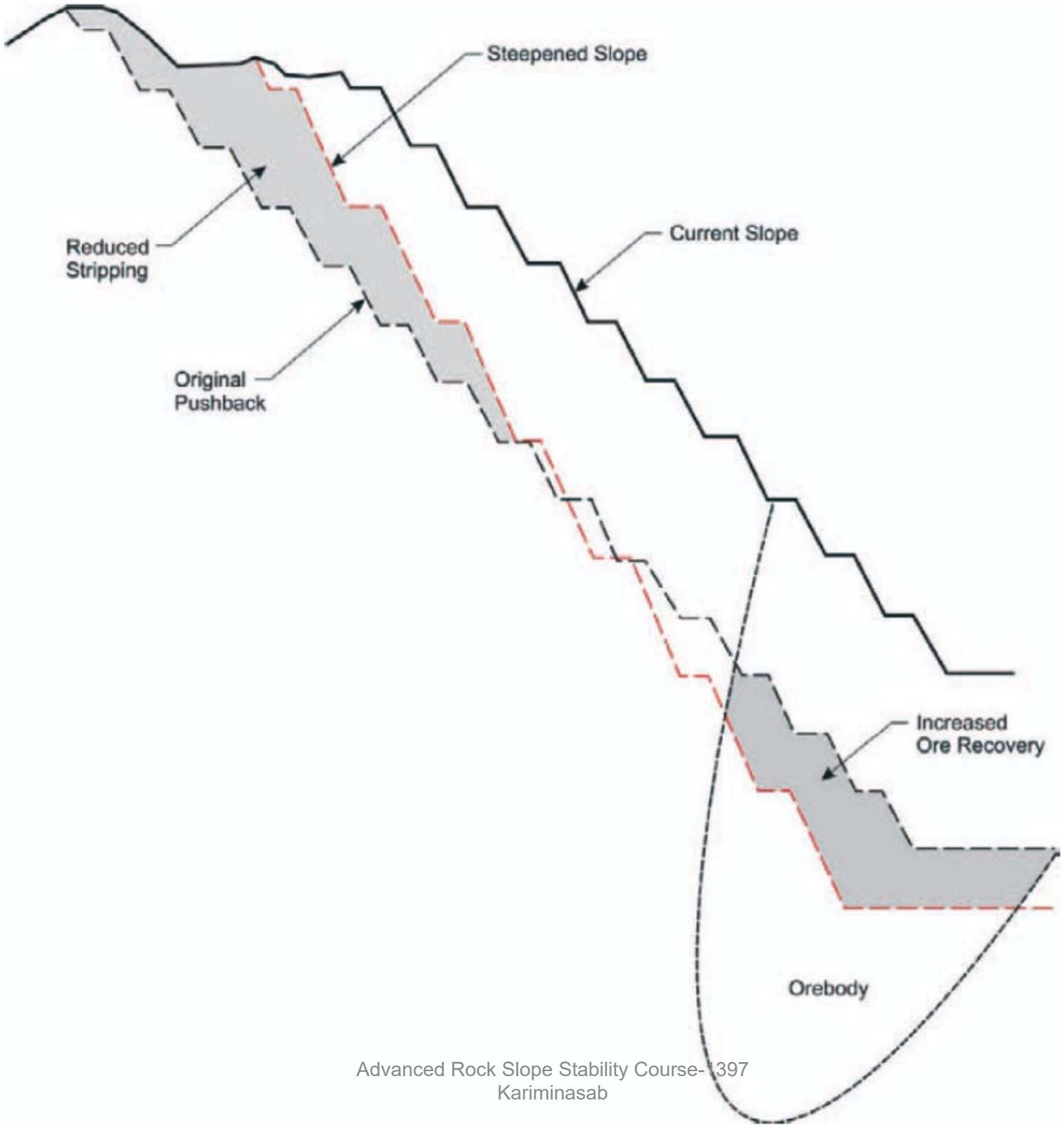
- Bench Angle
- Overall Slope Angle
- Berm
- Bench
- Crest
- Toe
- Face

(a) Batter details



(b) Inter-ramp and overall slope details




Steepened Slope
Current Slope
Reduced
Stripping
Original
Pushback
Increased
Ore Recovery
Orebody

Take Home??!!

- What is the relation Between Bench angle and Overall Slope Angle?

تاثیر زاویه شیب بر طراحی و اقتصاد و معادن روباز:

- – حداقل باطله برداری با حداکثر شیب نهائی، ممکن
- – حداکثر شیب نهائی، افزایش ریسک گسیختگی شیب را بدنبال دارد.
- – در طراحی معدن باید بین مسائل اقتصادی و پایداری شیب بهینه سازی شود.
- – شیب نهائی پله ها مهمترین عامل در اقتصاد عملیات معدنکاری است.

عوامل کنترل پایداری پله های منفرد

- – شرایط محلی زمین شناسی
- – شکل شیب نهائی معدن در آن پله
- – شرایط آب زیرزمینی در محدوده پله
- – روش استخراج
- بعلت آنکه عوامل فوق در شرایط معدنکاری های مختلف متفاوتند نمی توان یک قاعده کلی برای هر پله داد.

نقش پایداری شیب در مراحل مختلف معادن روباز:

در طراحی :

الف- از نظر اقتصادی:

- کاهش نسبت W/O
- کاهش زمان برگشت سرمایه
- افزایش ذخیره قابل استخراج

ب- از نظر ایمنی :

- کنترل بهتر دیواره ها
- کنترل بهتر آبهای سطحی و زیرزمینی
- شرایط معدنکاری بهتر

در مرحله استخراج :

از نظر اقتصادی:

- امکان انفجار مناسب
- کاهش هزینه های حفاری و انفجار

از نظر ایمنی :

- امکان وجود پله های ایمنی

پیش بینی شکست :

از نظر اقتصادی:

- کاهش ضایعات معدنی ناشی از شکست
- کاهش خسارات مالی و جانی

از نظر ایمنی:

- امکان ادامه عملیات با حداقل احتمال حادثه

Natural slope (شیبهای طبیعی)

- این نوع شیبها در خاک و سنگ مورد توجه مهندسین عمران، معدن، زمین شناسی مهندسی، ژئومورفولوژیستها و محیط زیست است.

- تحت اثر نیروی ثقل ، تنش های تکتونیکی، ارتعاشات لرزه ای و ... لغزیده می شوند.

عوامل ناپایداری شیبهای طبیعی

شیبهای طبیعی که در طی سالیان زیاد پایدار بوده اند ممکن است تحت تاثیر یک یا چند عامل از عوامل زیر ناپایدار شوند:

- Filling (پر کردن) و یا Cutting (بریدن) قسمتهایی از شیب یا نواحی مجاور آن و اخلال در تعادل بین نیروهای ناپایدارکننده و نیروهای نگهدارنده

- ارتعاشات لرزه ای ناشی از زلزله و یا انفجارات

- افزایش فشار آب منفذیPore Water Pressure بعلل مختلفی چون ذوب یخ و برف، پر کردن دره ها، اخلال در شبکه زهکشی، شهرسازی، ایجاد مخازن آب و ...

- افزایش فشار آب منفذی نسبت به حالت تعادل اولیه، مدتها پس از عملیات برش شیب مثلاً در محیط هائی با نفوذپذیری کم

- کاهش مستمر مقاومت برش مواد متشکله شیب معمولاً این نوع اختلالات در طول ناپیوستگیهای مهم، سطوح لغزش قدیمی، نواحی تکتونیزه شده

- تغییر مستمر در تنش های درون شیب، هر تشکیلاتی از زمین شناسی که در نظر گرفته شود دارای یک Initial Stress (تنش اولیه) که به پیشینه تاریخی آن برمی گردد. که با آزمایشات برجا بعضاً قابل تشخیص است.

- هر عملی که باعث تغییر مقدار این تنش و یا تغییر در امتداد عملکرد آن ایجاد شود، می تواند عاملی برای لغزش باشد.

Weathering (هوازدگی)

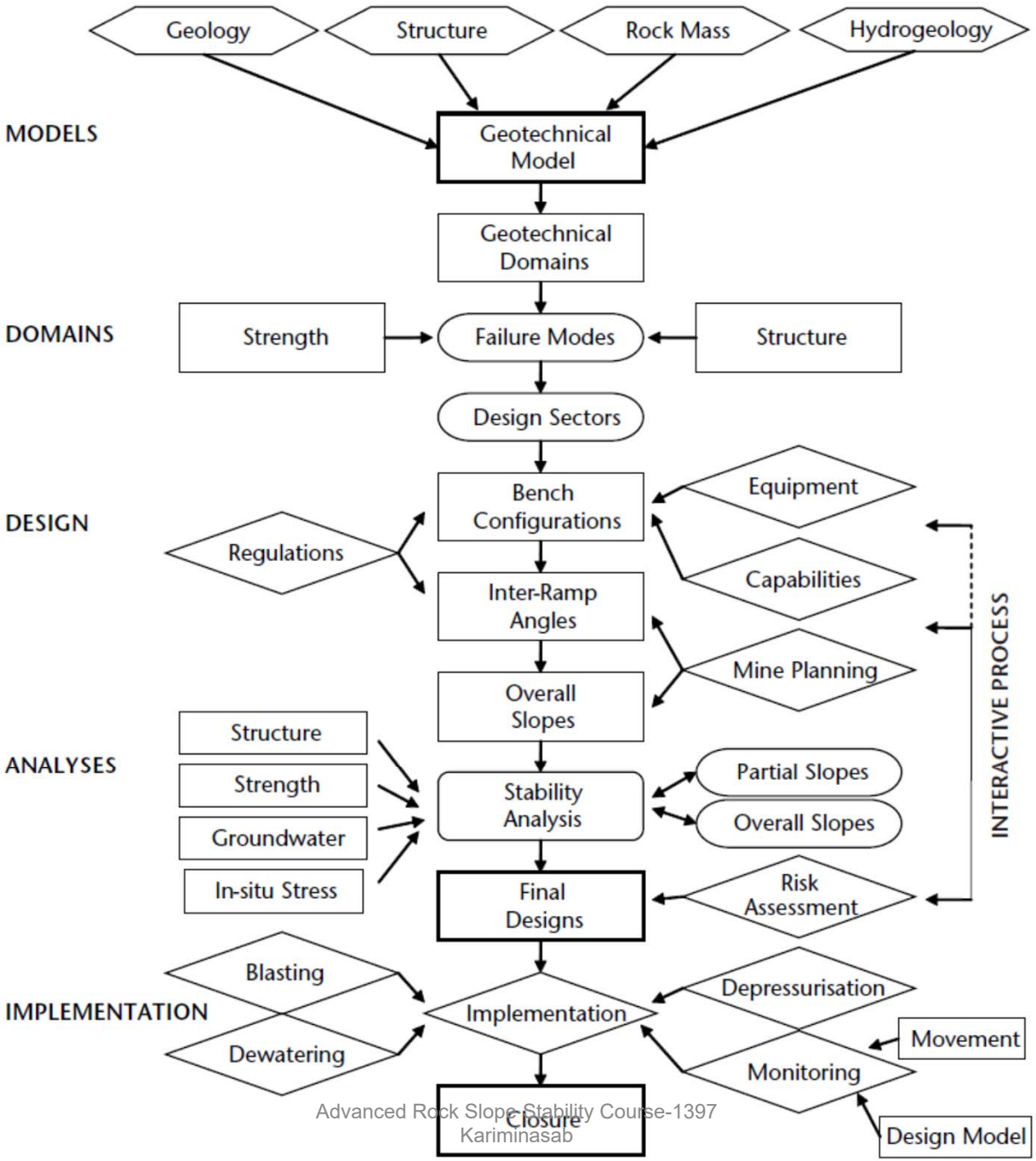
- – نه تنها هوازدگی در گذشته می بایستی مورد توجه قرار گیرد بلکه هوازدگی در ادامه حیات شیب نیز مهم است.
- – هوازدگی کاهش مقاومت برشی را بدنبال دارد مثل هوازدگی در شیل ها

عوامل مهم وابسته به زمان که باعث لغزش در سنگها می شوند

- وجود سیستم های مختلف درزه معروف به Valley joints در توده سنگ، آزاد شدن تنش ها در اثر باربرداری در درون دره این گونه درزه ها را فعال می کند.
- وجود آب در درزه های باز شده در توده سنگ
- افزایش فشار آب در اثر مثلاً افزایش بارندگی و گسترش درزه ها به درون سنگ بکر

3rd. Take Home??!!

- What are the Valley joints characteristics?


Geology
Structure
Rock Mass
Hydrogeology
MODELS
Geotechnical Model
Geotechnical Domains
DOMAINS
Strength
Failure Modes
Structure
Design Sectors
DESIGN
Bench Configurations
Equipment
Regulations
Capabilities
Inter-Ramp Angles
Mine Planning
Overall Slopes
INTERACTIVE PROCESS
ANALYSES
Structure
Strength
Groundwater
In-situ Stress
Stability Analysis
Partial Slopes
Overall Slopes
Final Designs
Risk Assessment
IMPLEMENTATION
Blasting
Dewatering
Implementation
Depressurisation
Movement
Monitoring
Closure
Design Model

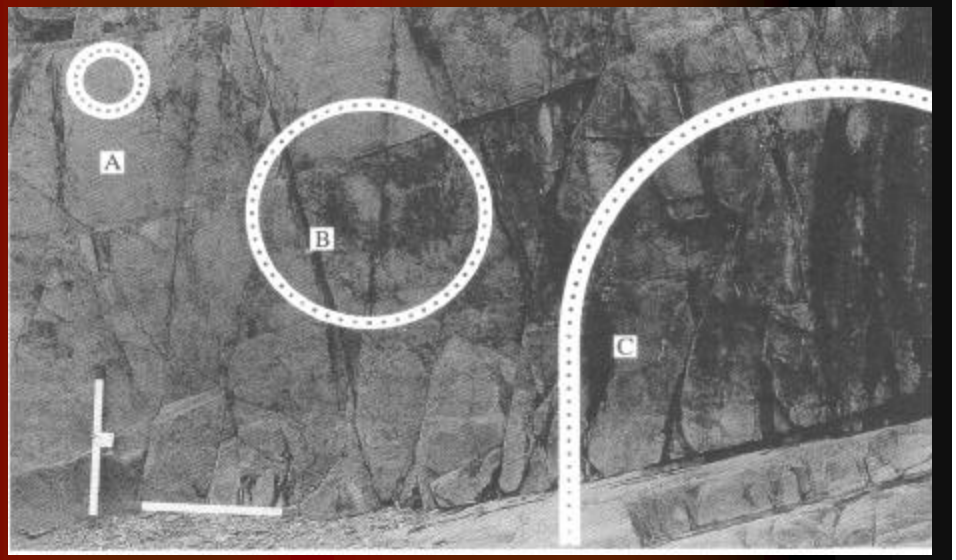
Formulation of a geotechnical model for the pit area

- population of the model with relevant data;
- division of the model into geotechnical domains;
- subdivision of the domains into design sectors;
- design of the slope elements in the respective sectors of the domains;
- assessment of the stability of the resulting slopes in terms of the project acceptance criteria;
- definition of implementation and monitoring requirements for the designs.

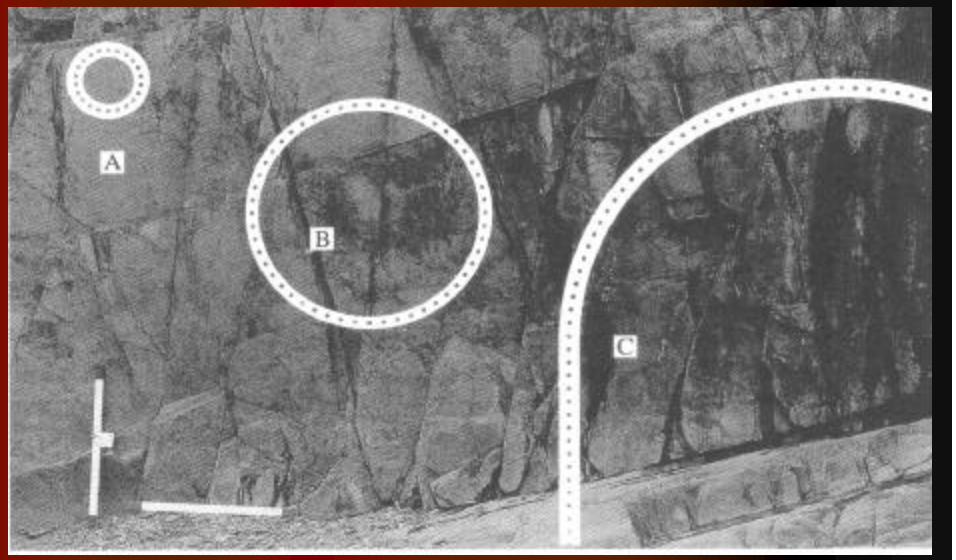
مطالعه نا پیوستگی ها
در
توده سنگ

Quiz

In fact, all rock masses are fractured, and it is a very rare case where the spacings between discontinuities are appreciably greater than the dimensions of the rock engineering project.



In fact, all rock masses are fractured, and it is a very rare case where the spacings between discontinuities are appreciably greater than the dimensions of the rock engineering project.



stability∝ (1/number of discontinuity)
stability∝ (1/Engineering Dimension)

Vaiont Dam

a) The importance of geology to civil engineering

b) The importance of an interdisciplinary approach to design

c) Why you need to understand the terminology of earth materials

d) Why you need to know how to obtain geological information

e) Why importance of site characterization equals that of design

f) Why the concept of "change through time" must be understood

Natural slope (شیبهای طبیعی)

- – این نوع شیبها در خاک و سنگ مورد توجه مهندسین عمران، معدن، زمین شناسی مهندسی، ژئومورفولوژیستها و محیط زیست است.

- – تحت اثر نیروی ثقل ، تنش های تکتونیکی، ارتعاشات لرزه ای و ... لغزیده می شوند.

عوامل ناپایداری شیبهای طبیعی

شیبهای طبیعی که در طی سالیان زیاد پایدار بوده اند ممکن است تحت تاثیر یک یا چند عامل از عوامل زیر ناپایدار شوند:

- Filling (پر کردن) و یا Cutting (بریدن) قسمتهایی از شیب یا نواحی مجاور آن و اخلال در تعادل بین نیروهای ناپایدارکننده و نیروهای نگهدارنده

– ارتعاشات لرزه ای ناشی از زلزله و یا انفجارات

- **– افزایش فشار آب منفذی** Pore Water Pressure **بعلل مختلفی چون ذوب یخ و برف، پر کردن دره ها، اخلال در شبکه زهکشی، شهرسازی، ایجاد مخازن آب و ...**

- **– افزایش فشار آب منفذی نسبت به حالت تعادل اولیه، مدتها پس از عملیات برش شیب مثلاً در محیط هائی با نفوذپذیری کم**

- **– کاهش مستمر مقاومت برش مواد متشکله شیب معمولاً این نوع اختلالات در طول ناپیوستگیهای مهم، سطوح لغزش قدیمی، نواحی تکتونیزه شده**

- تغییر مستمر در تنش های درون شیب، هر تشکیلاتی از زمین شناسی که در نظر گرفته شود دارای یک Initial Stress (تنش اولیه) که به پیشینه تاریخی آن برمی گردد. که با آزمایشات برجا بعضاً قابل تشخیص است.

- – هر عملی که باعث تغییر مقدار این تنش و یا تغییر در امتداد عملکرد آن ایجاد شود، می تواند عاملی برای لغزش باشد.

Weathering (هوازدگی)

- – نه تنها هوازدگی در گذشته می بایستی مورد توجه قرار گیرد بلکه هوازدگی در ادامه حیات شیب نیز مهم است.
- – هوازدگی کاهش مقاومت برشی را بدنبال دارد مثل هوازدگی در شیل ها

عوامل مهم وابسته به زمان که باعث لغزش در سنگها می شوند

- – وجود سیستم های مختلف درزه معروف به Valley joints در توده سنگ، آزاد شدن تنش ها در اثر باربرداری در درون دره این گونه درزه ها را فعال می کند.

- – وجود آب در درزه های باز شده در توده سنگ
- – افزایش فشار آب در اثر مثلاً افزایش بارندگی و گسترش درزه ها به درون سنگ بکر




gas would accumulate
at the top of the fold
liquid petroleum accumulates
below natural gas
and above water

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

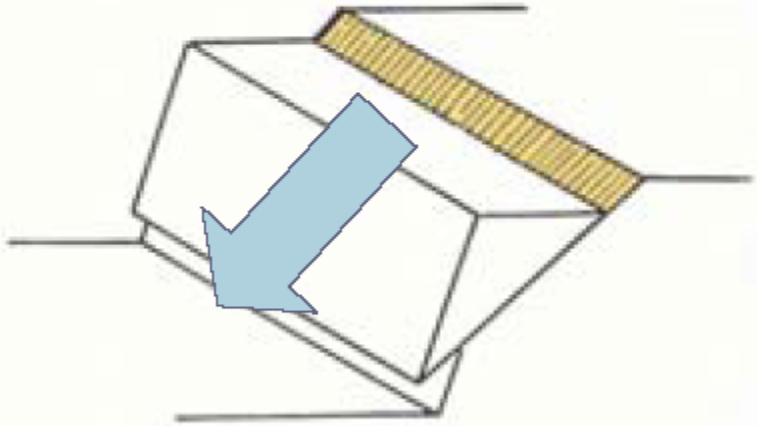
Bedding

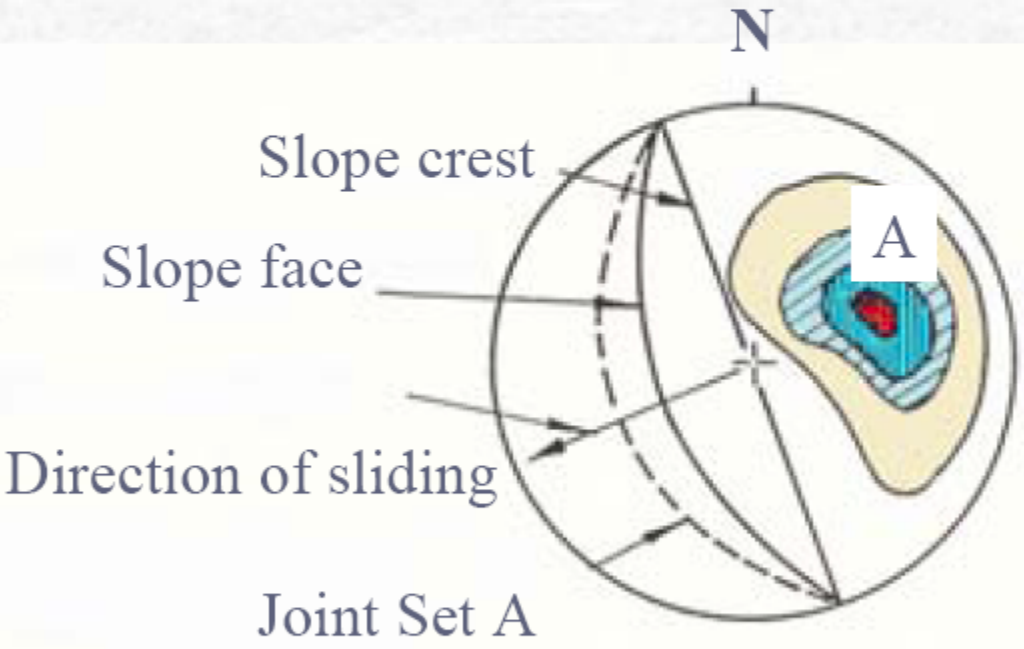


Discontinuity

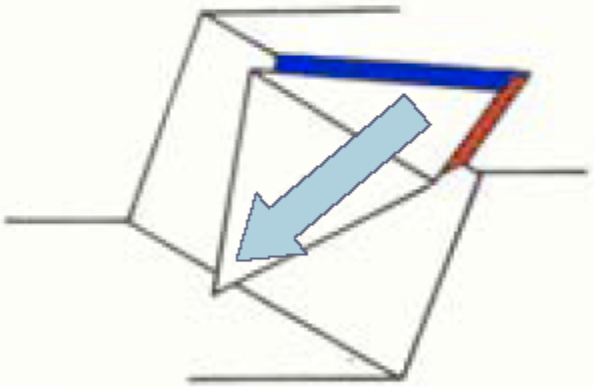


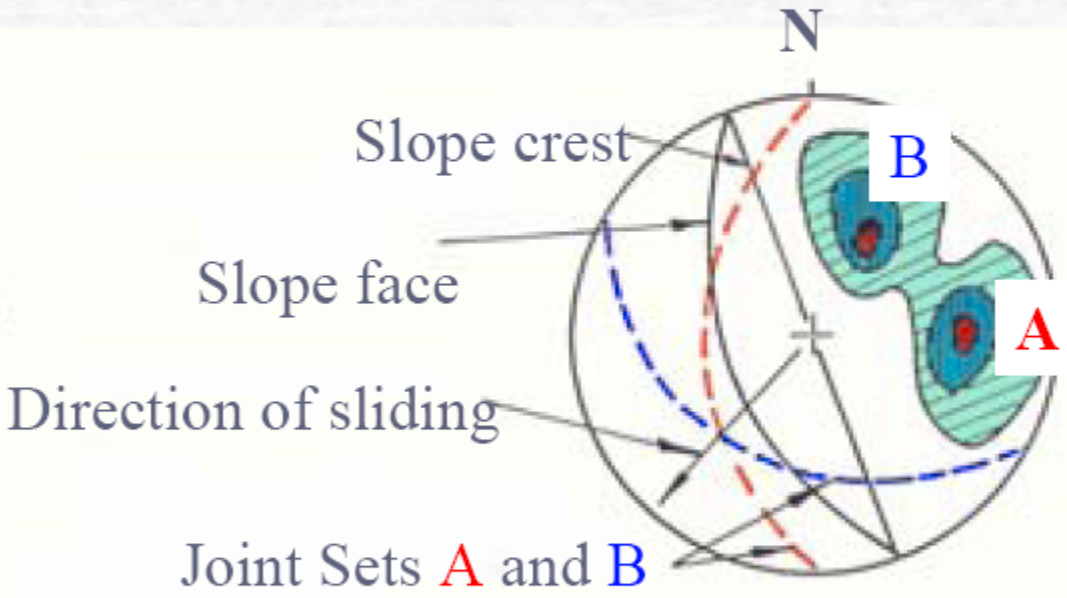
PLANAR



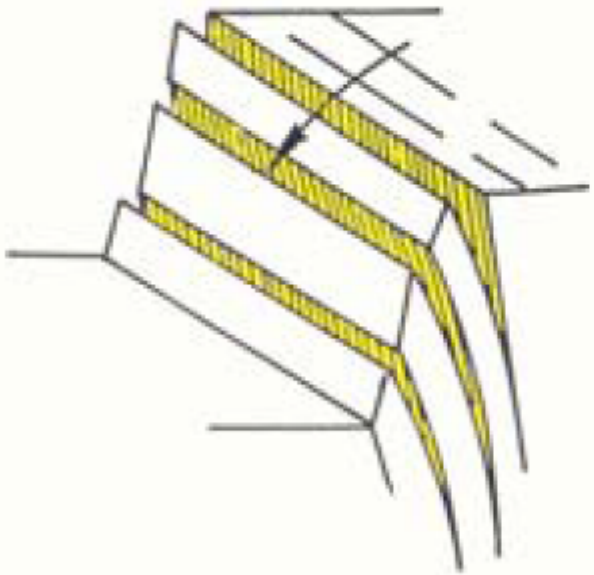


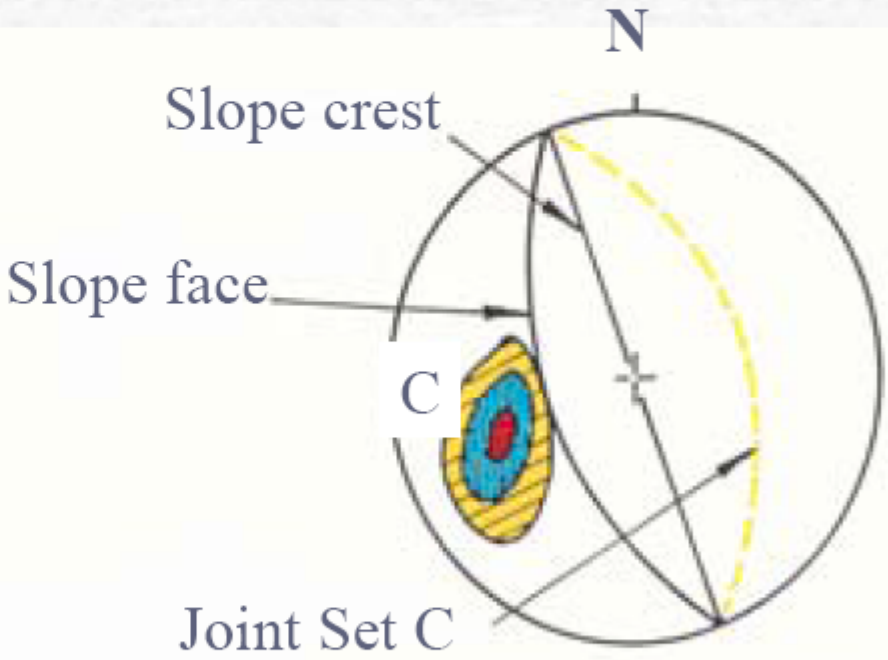
WEDGE



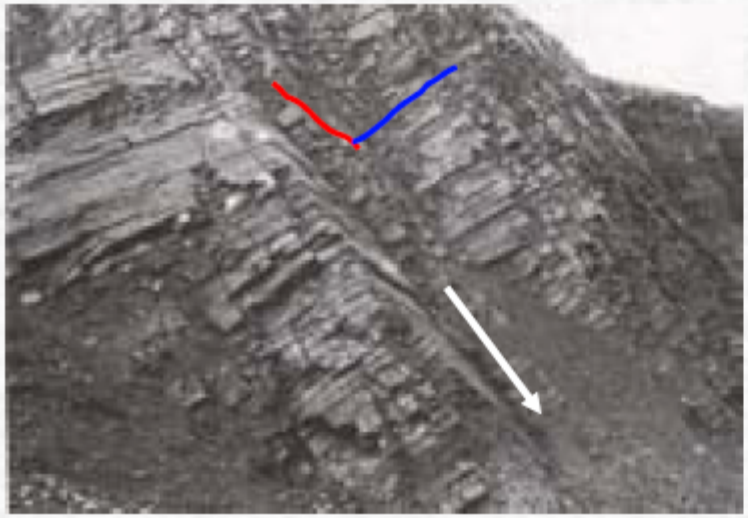

N
Slope crest
B
Slope face
A
Direction of sliding
Joint Sets A and B

TOPPLING

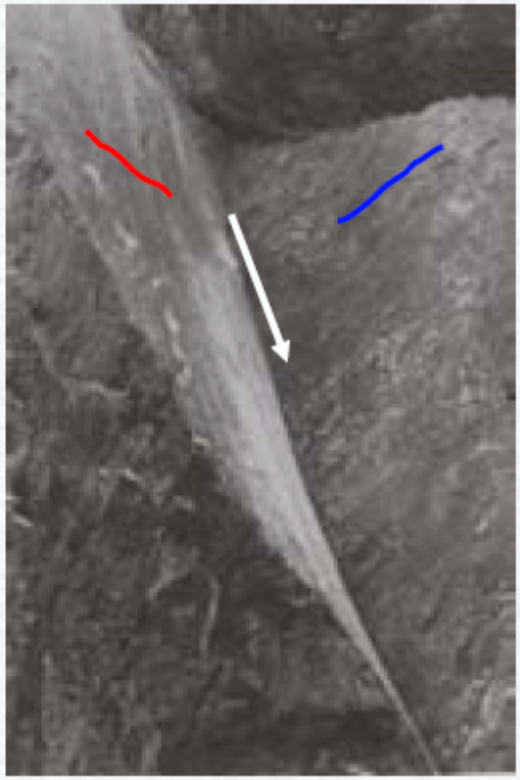




DISCONTINUITY SPACING AND VOLUME

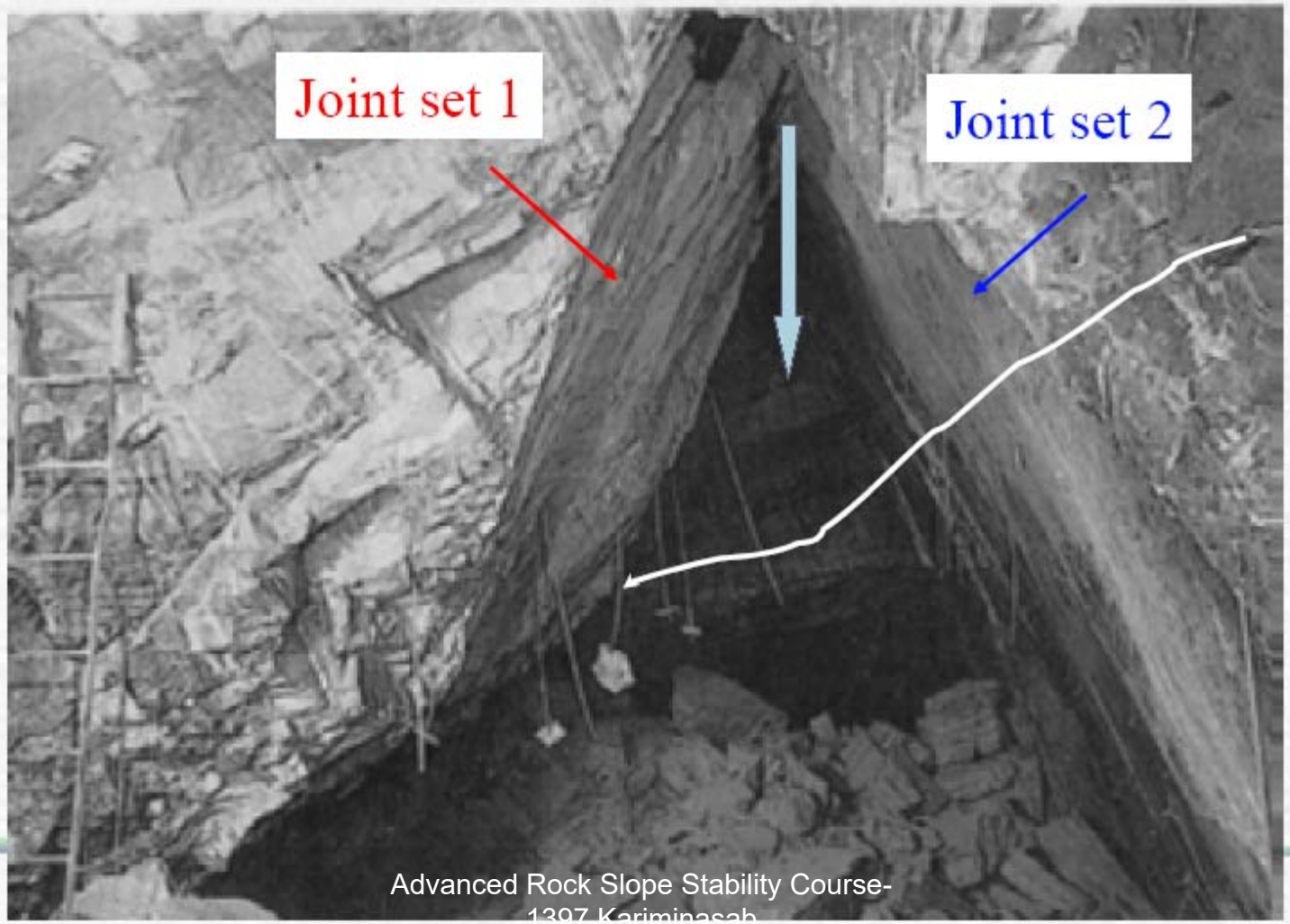


Closely spaced jointing - ravelling



Widely spaced jointing – large wedge

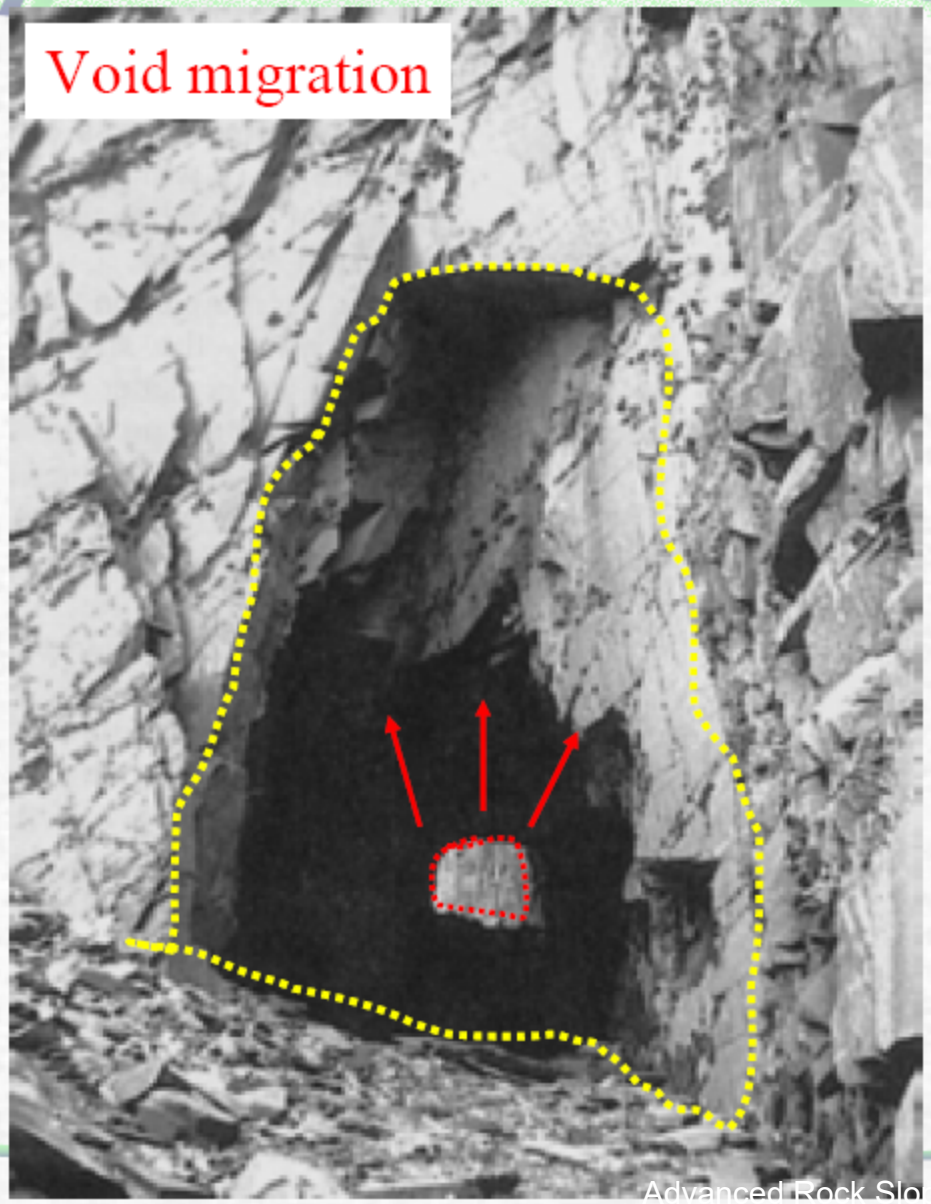
ROOF WEDGE FAILURE



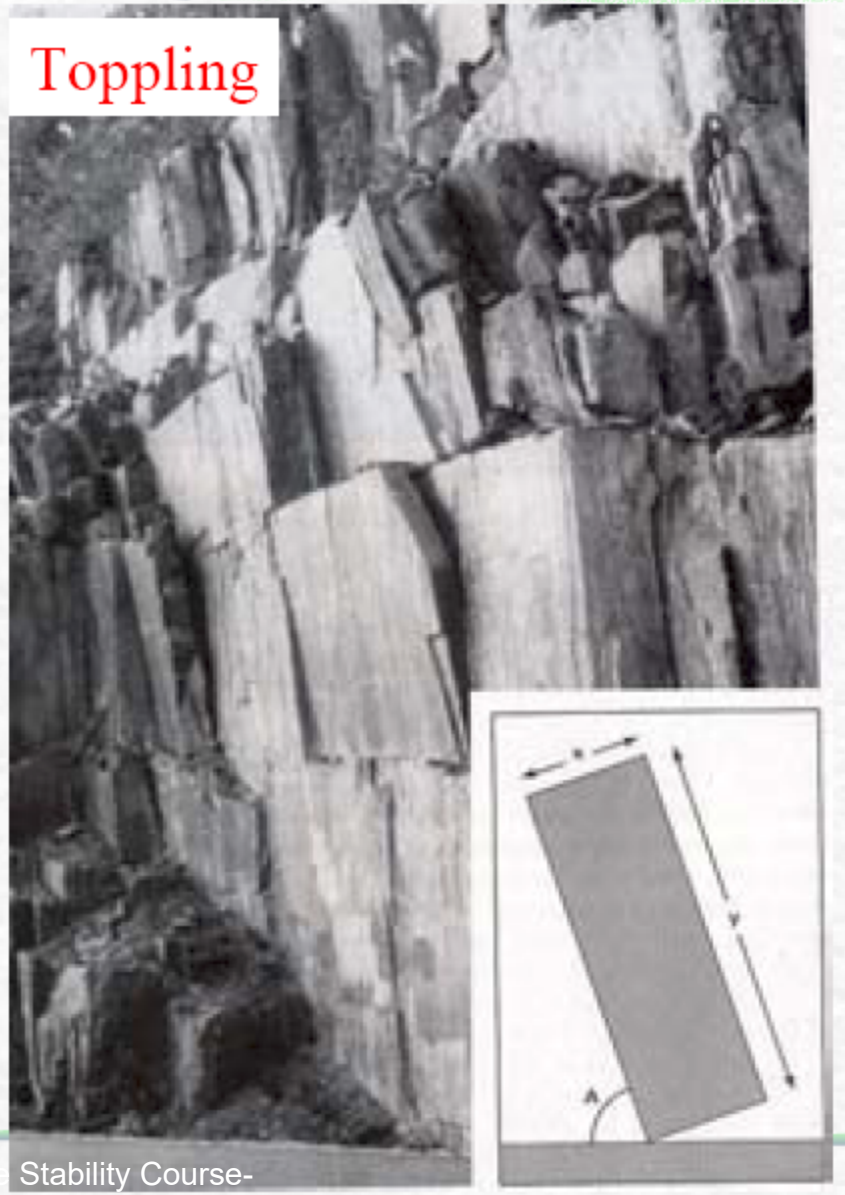
Bolts !

INFLUENCE OF JOINTING

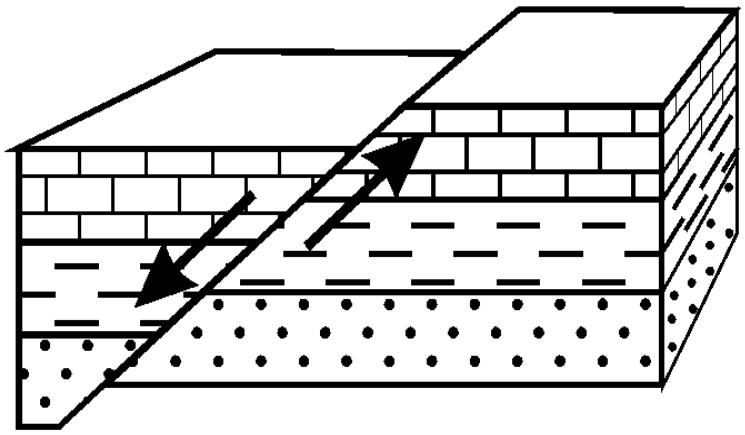
Void migration



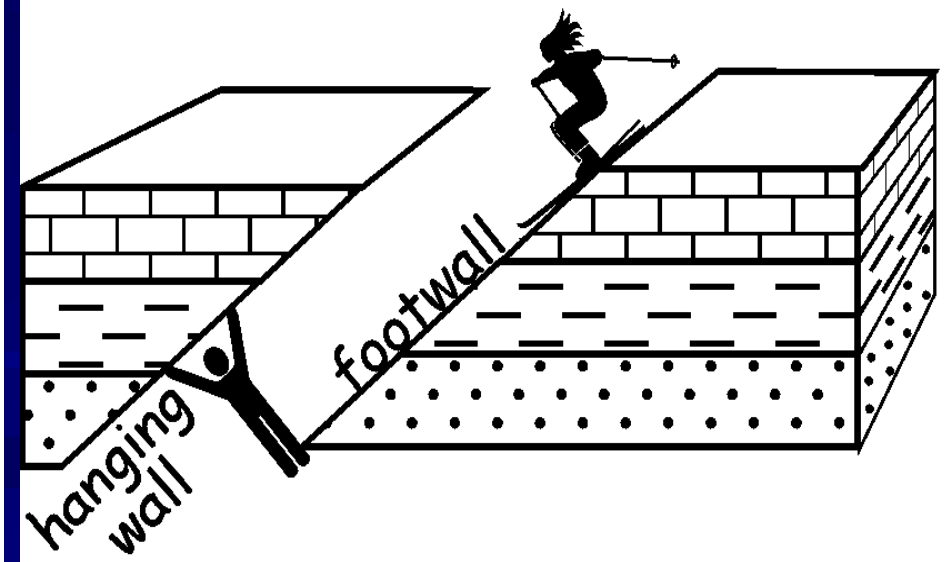
Toppling



Normal Fault

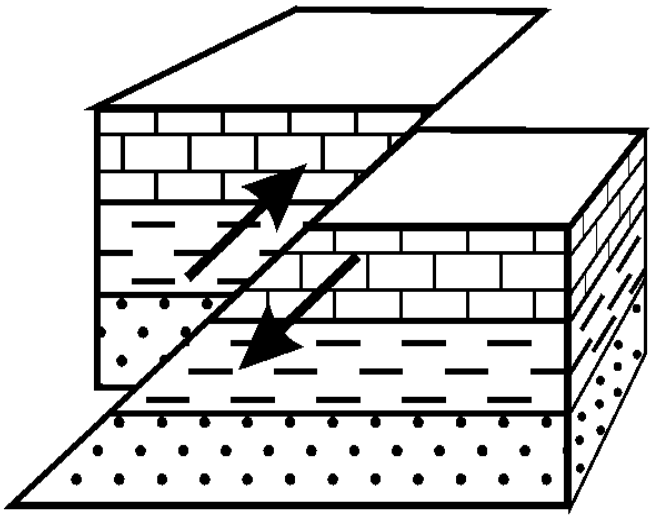


← Tension →

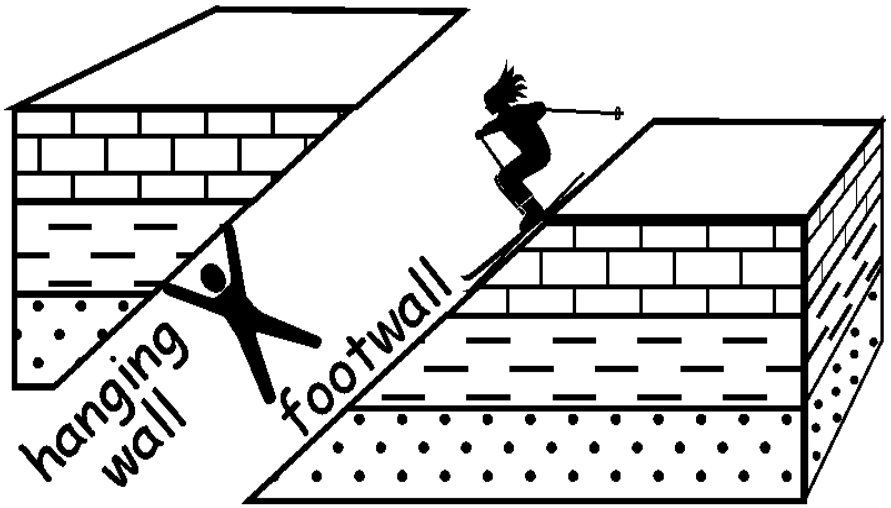


hanging wall moved down

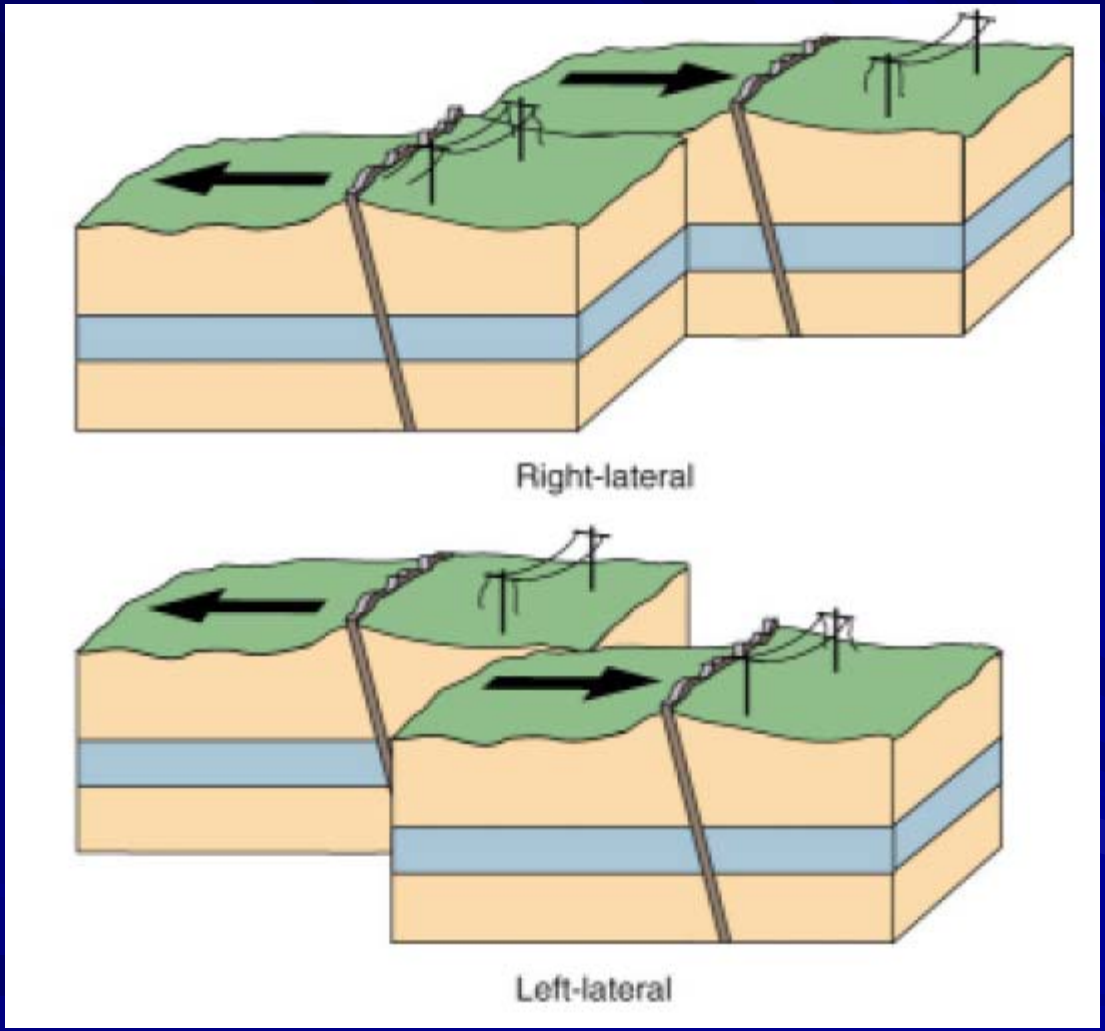
Reverse Fault



→ Compression ←



hanging wall moved up

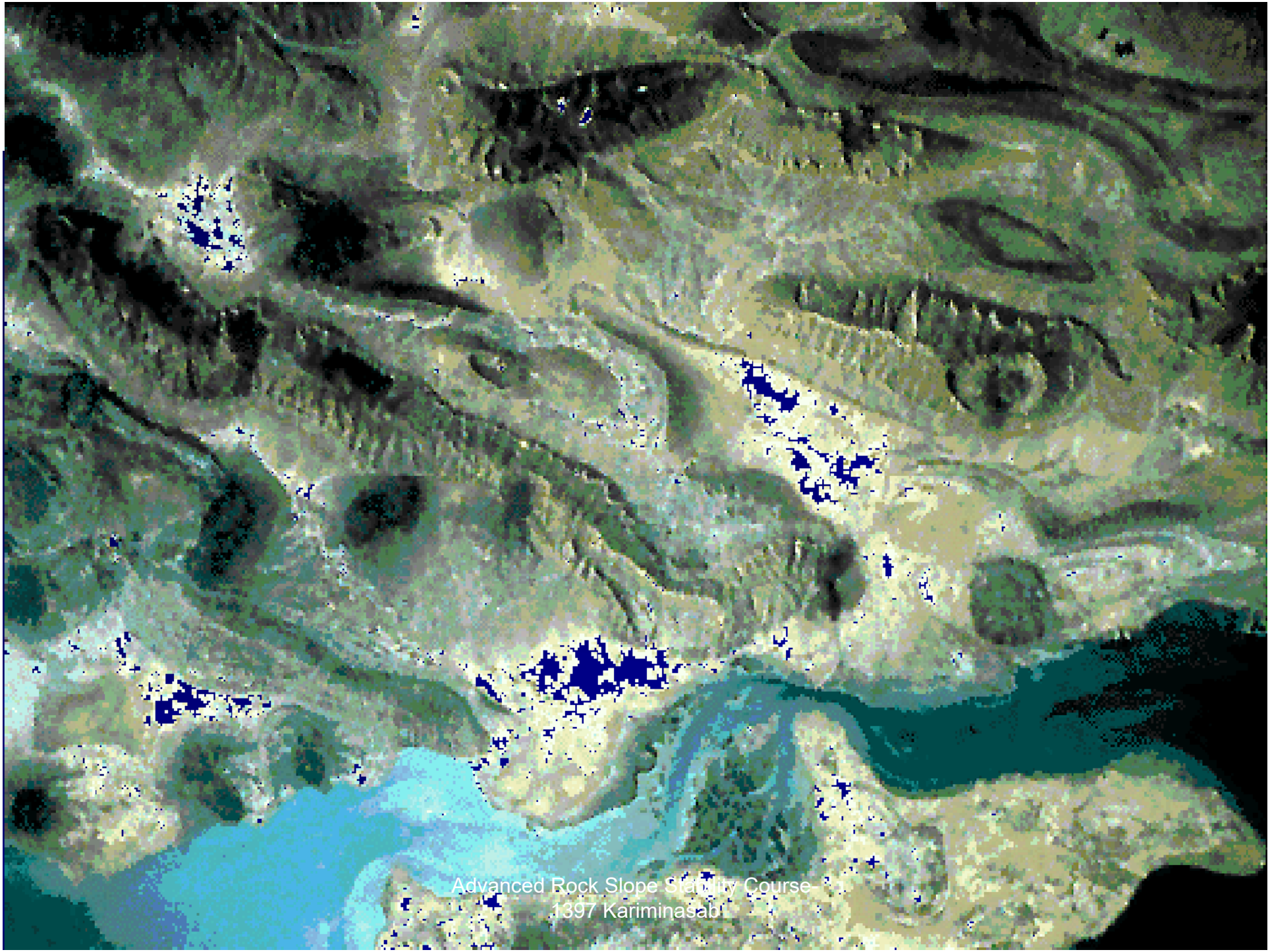

Right-lateral
Left-lateral

مراحل بررسی سیستم های ناپیوستگی

مرحله اول، بررسی های کلی :

- عکسهای هوایی وماهواره ای
- نقشه های زمین شناسی ناحیه ای
- نقشه های زمین شناسی


Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab


Advanced Rock Slope Stability Course
1397 Kariminasab

Iran, Zagros



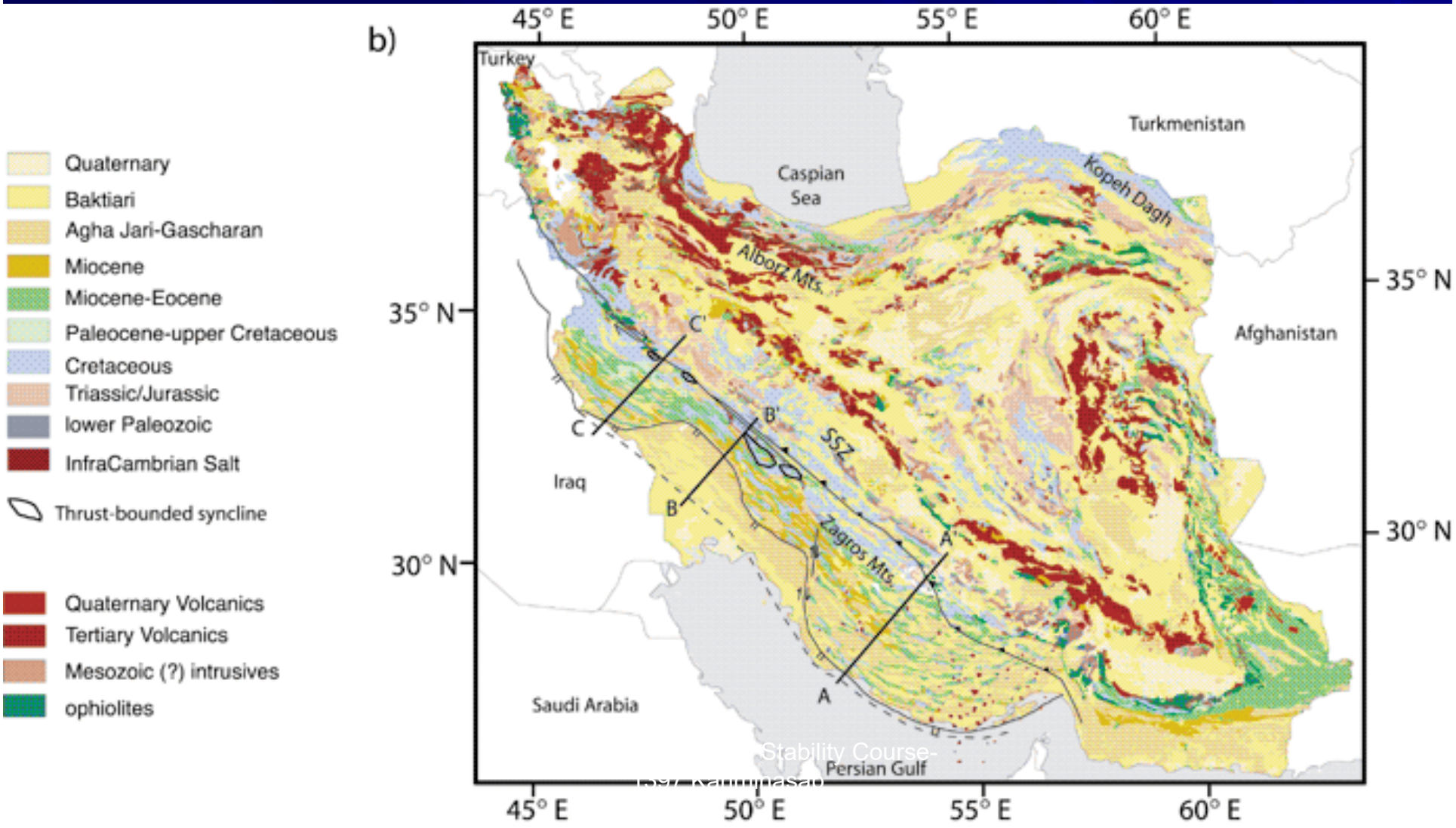
Zagros



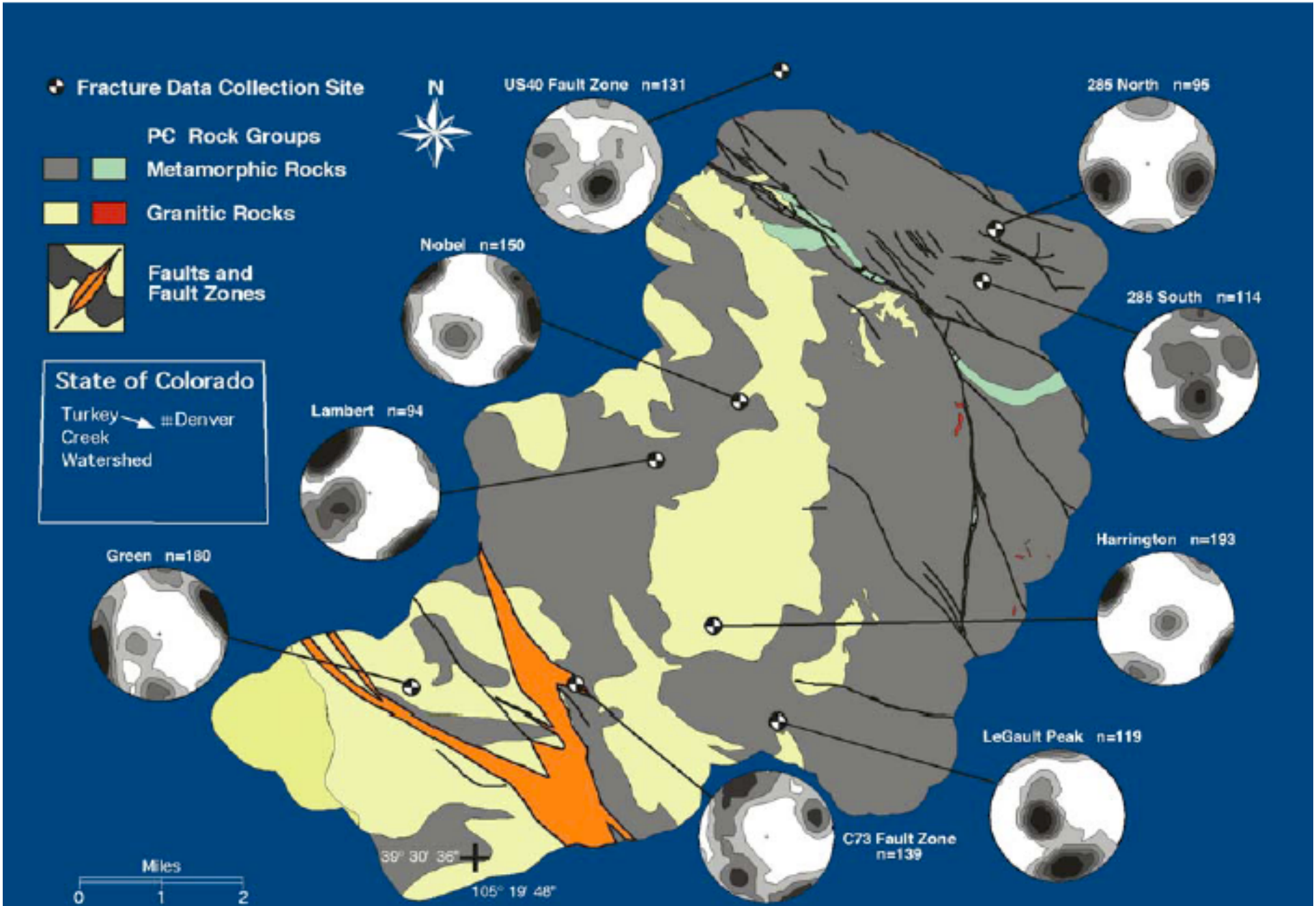
Zambiajoints



Geological Map



Stability Course-
Dr. Kamalasadi



Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab

مرحله دوم، بررسی های جزیی :

- رخنمون ها و برونزد ها

Outcrop



مرحله دوم، بررسی های جزیی :

- ترانشه ها

Trench



Trench



Trench



مرحله دوم، بررسی های جزیی :

- تونل ها

Tunnel



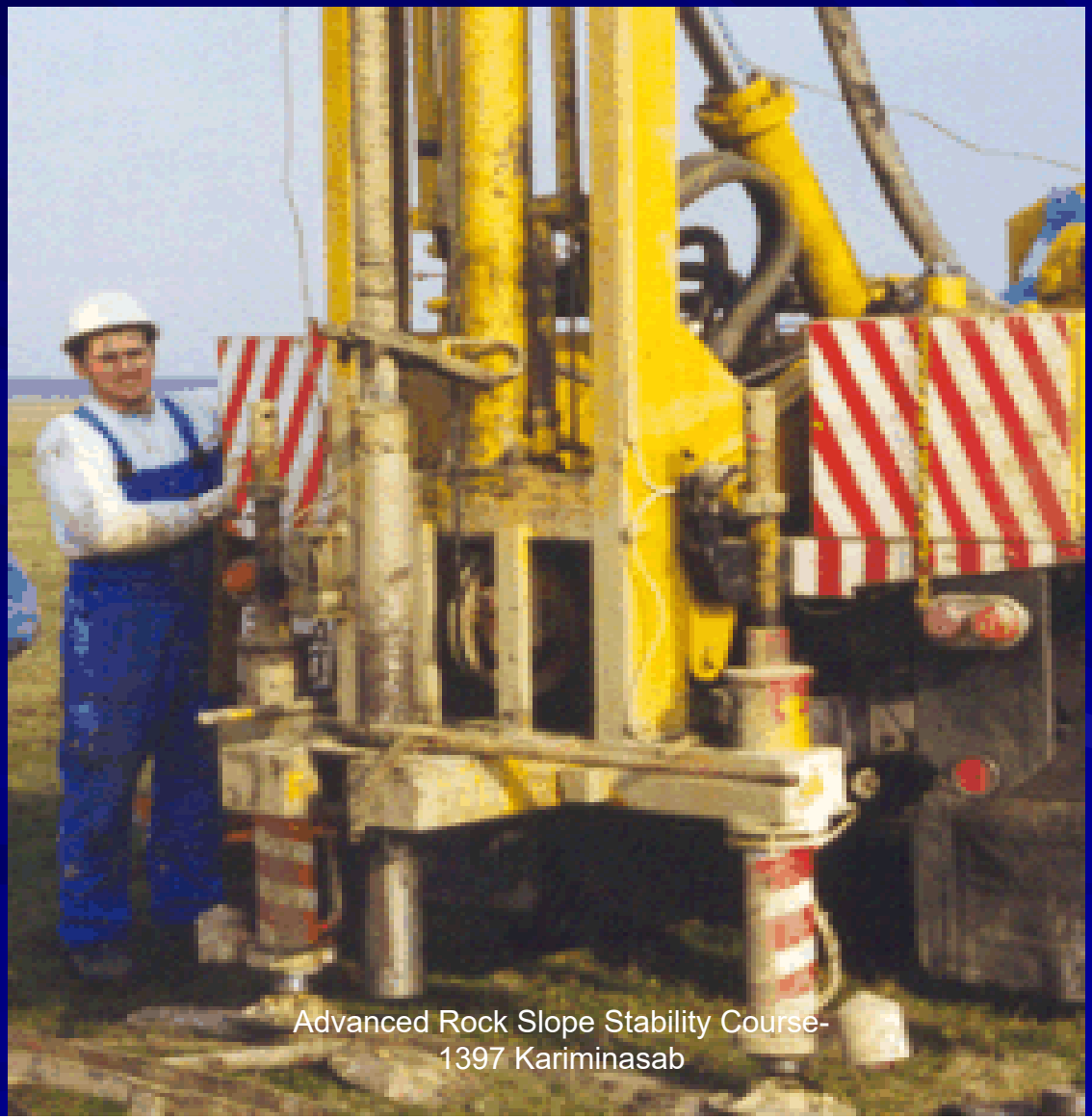
Tunnel



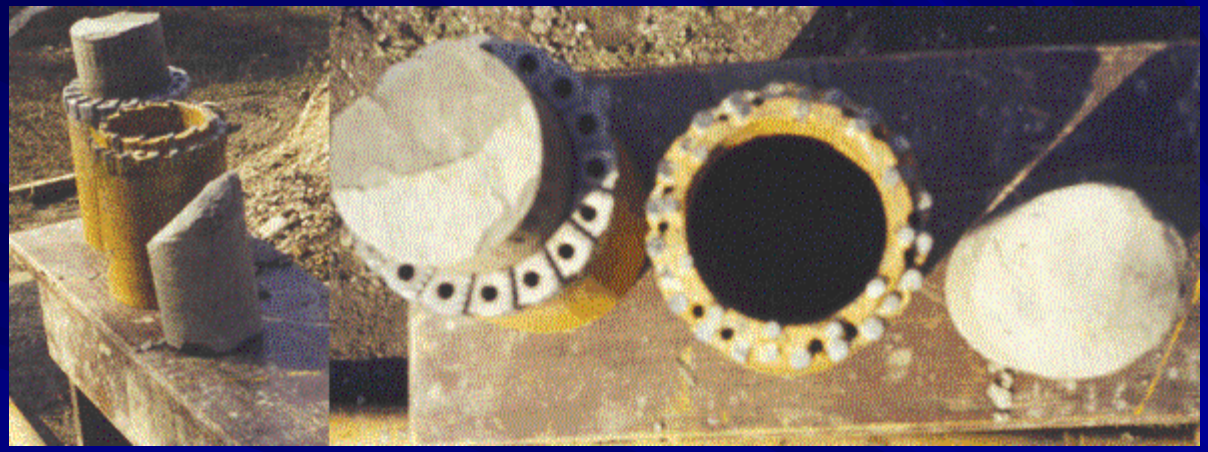
مرحله دوم، بررسی های جزیی :

- گمانه ها

Drilling Machine



Core Drilling



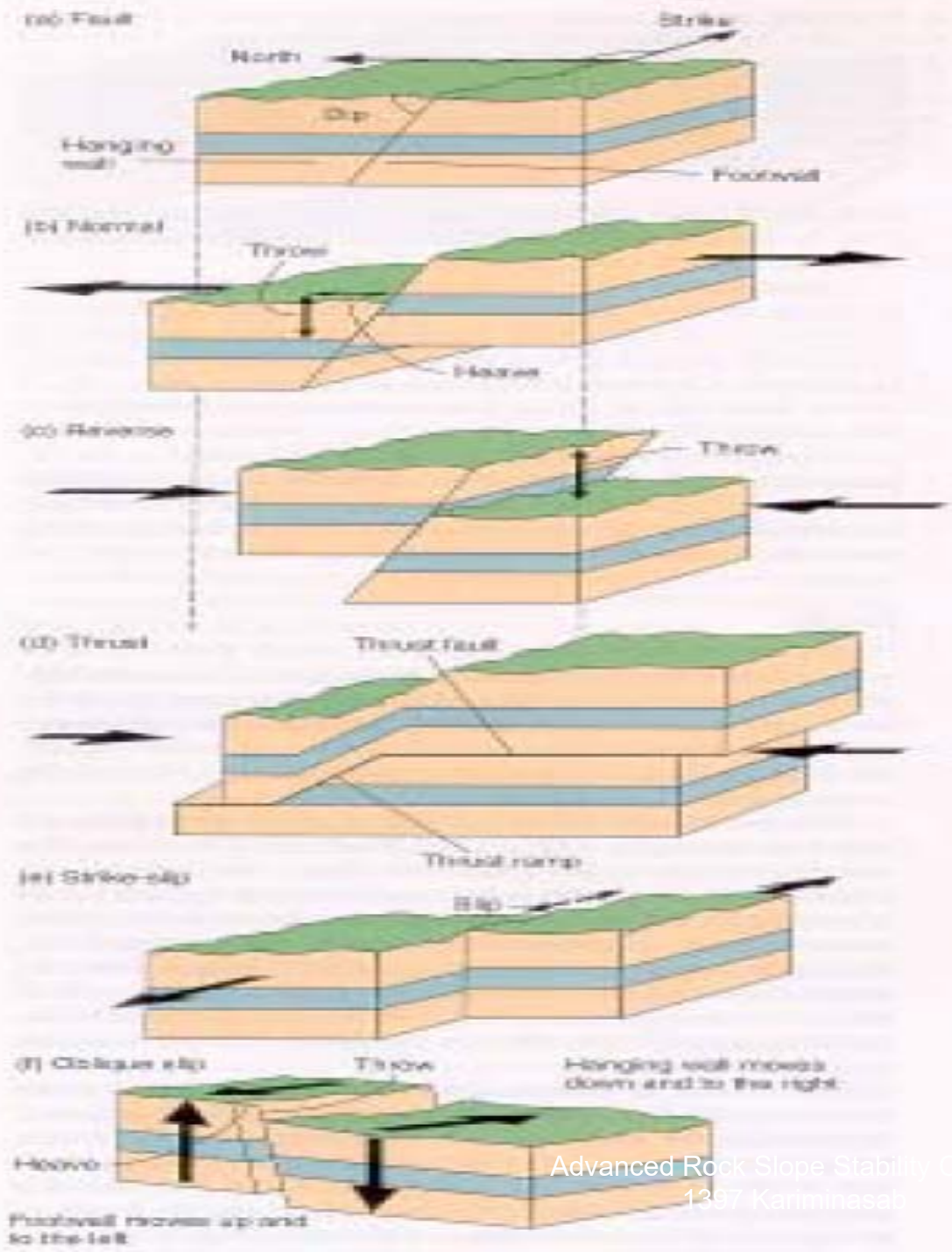




Soft Formation Core Bits
Pilot Profile Face Discharge

???

ROCK CORE ORIENTATION FOR MAPPING DISCONTINUITIES AND SLOPE STABILITY ANALYSIS


North
Strike
Dip
Hanging wall
Footwall
Throw
Heave
Throw
Thrust fault
Thrust ramp
Slip
Throw
Heave
Hanging wall moves down and to the right
Footwall moves up and to the left









Discontinuity Type	Geologic Origin
Micro fractures (applies to all rock types; occurs at hand-specimen scale)	1) Stresses related to lithification 2) Volumetric change-induced stresses from diagenesis of sedimentary and some air-fall volcanic rocks 3) Hydrothermal alteration at crystal grain boundaries; Commonly corrosion by cation exchange
Bedding Plane (sedimentary and some layered volcanic rocks)	1) Separation of individual depositional laminae or sedimentary layers 2) Not always open and therefore not always representing discontinuities 3) Most common in the fine-grained sedimentary rocks, marine or terrestrial

Foliation Plane (metamorphic term)	**1) Occur, by definition, in metamorphic rocks, and metasedimentary and metavolcanic rocks** **2) Common features of the fine-grained metamorphic and semi-metamorphosed rocks such as (in order of increasing grain size) phyllites and schists; rarely occur in gneisses and essentially never in granulites or migmatites**
Joint (applies to all rock types)	**1) In igneous, high grade metamorphic rock, and volcanic rock, as the primary result of post-depositional cooling and contraction, as influenced by regional tectonic stress field** **2) In sedimentary and volcanic rock more often due to imposition of regional tectonic stress field** **3) All manner of weaker rocks are influenced to a relatively minor degree by the rise and passage of earth tides** **4) When formed or influenced by tectonic stress fields, then mainly as the result of rock failure in compression at the ultimate yield point, but without detectable shear displacement**

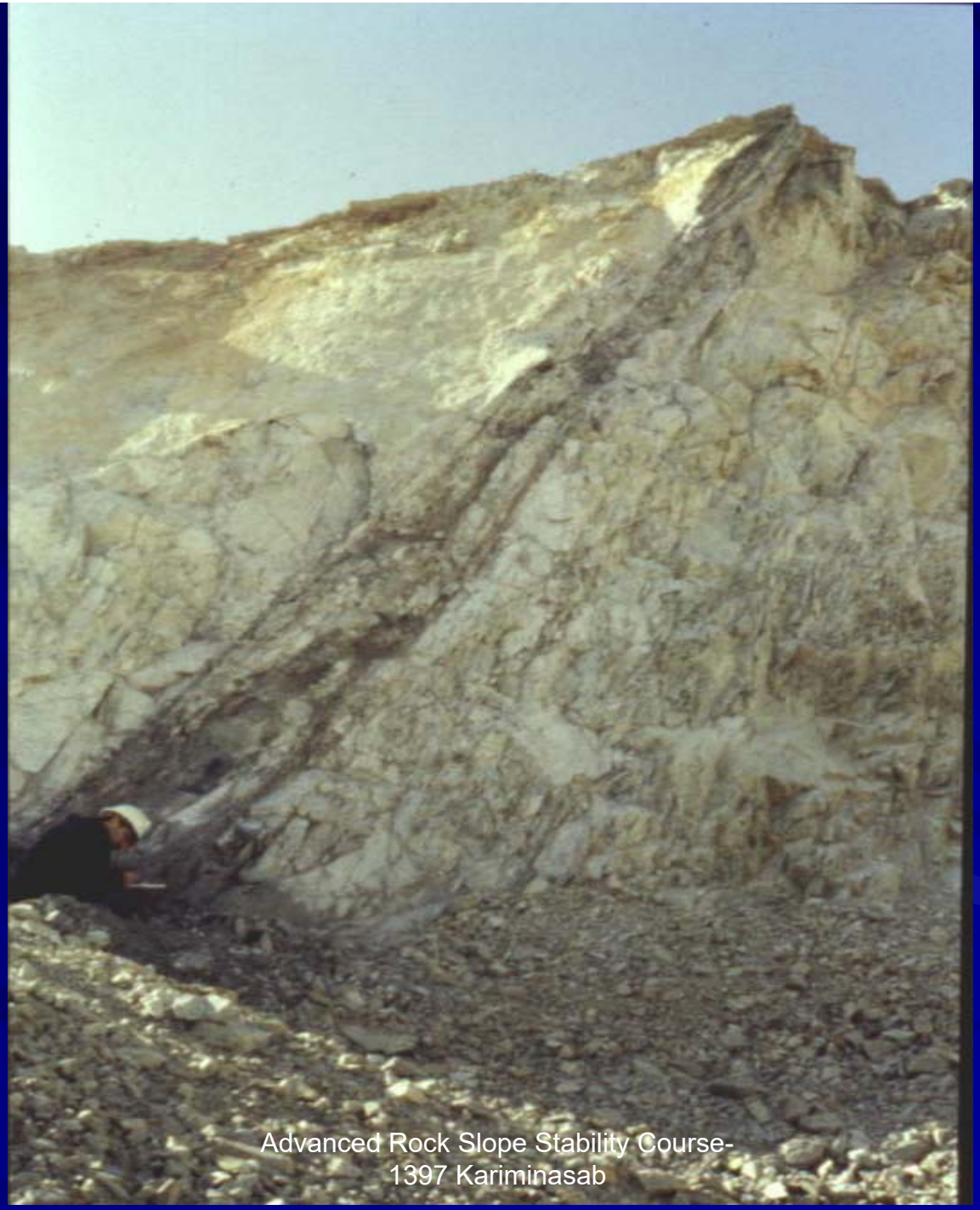
Shear Plane (occur in all rock types)	**1) Essentially only a joint along which the rock mass strength and overall geometric configuration has allowed more than 15 cm of displacement**
Shear Zone (occur in all rock types)	**1) A shear plane over which the two opposing surfaces have been opened to provide what is known as aperture and into which rock fragments have been formed in brecciation or in which mineralization has formed in crystallization** **2) When the shear plane has been filled with material as strong or stronger than the host rock, then the zone technically is no longer a discontinuity and has no special engineering significance short of any associated difficulty in excavation**

Shear Zone (occur in all rock types)	**1) A shear plane over which the two opposing surfaces have been opened to provide what is known as aperture and into which rock fragments have been formed in brecciation or in which mineralization has formed in crystallization** **2) When the shear plane has been filled with material as strong or stronger than the host rock, then the zone technically is no longer a discontinuity and has no special engineering significance short of any associated difficulty in excavation**
Fault	**1) A shear plane along which demonstrable displacement has occurred to an excess of about one meter. It is best to keep in mind that faults are the shearing displacement component of failure in compression. Reactivated displacement comes in pure shear**

Fault Zone (occur in all rock types)	**1) Generally the result of repeated displacement, often activated by a later change in the causative stress field**
Dikes and Sills (in relatively few instances)	**1) To classify as a discontinuity, must be geochemically degraded throughout (altered) or have suffered alteration along its contacts with country rock** **2) Dikes are nearly always found invading along major pre-existing discontinuities such as shear planes and faults, or their breccia zones** **3) Some intrusive rock geochemistry may have major deleterious, long term effects on host rocks if such are volcanoclastic in nature, especially when rich in volcanic glass shards**


Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab








Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab


Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab


Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab

روش بررسی ناپیوستگی ها بصورت جزیی

انواع روشها:

- خطی (خط بررسی)
- سطحی (سطح بررسی)
- حجمی (سه بعدی)
- UAV(Unmanned Aerial Vehicle)

Itasca Uses Autonomous UAV for Structural Mapping



News Categories

Conferences

FLAC /DEM Symposium

Software

News Archives

September 2017

July 2017

May 2017

April 2017

March 2017

دقت
هزینه
زمان

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

Drone, UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

- پهپادها یا روبات های پرنده بدون سرنشین هستند که به صورت از پیش برنامه ریزی شده بر فراز مناطق مورد نظر پرواز می کنند.
- این پرنده های سبک وزن، حاوی سنسورها و دوربین های ویژه ای هستند که اطلاعات خام را برای مرحله پردازش جمع آوری می کنند.

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

انواع UAV از نظر نوع عملکرد

- پهپادهائی که ظاهری شبیه به هواپیما دارند و غیر عمود پرواز هستند.





مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center



مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

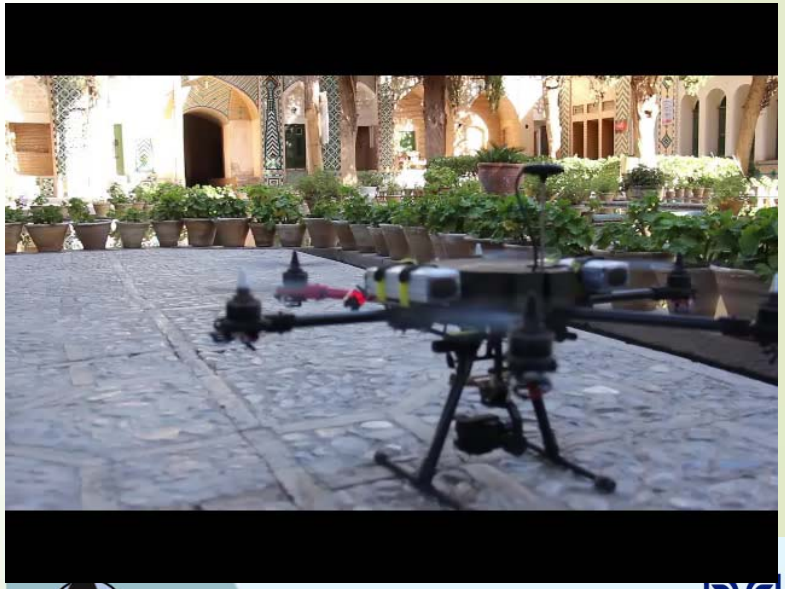




انواع UAV از نظر نوع عملکرد

- پهپاد عمود پرواز (Multi Rotor)



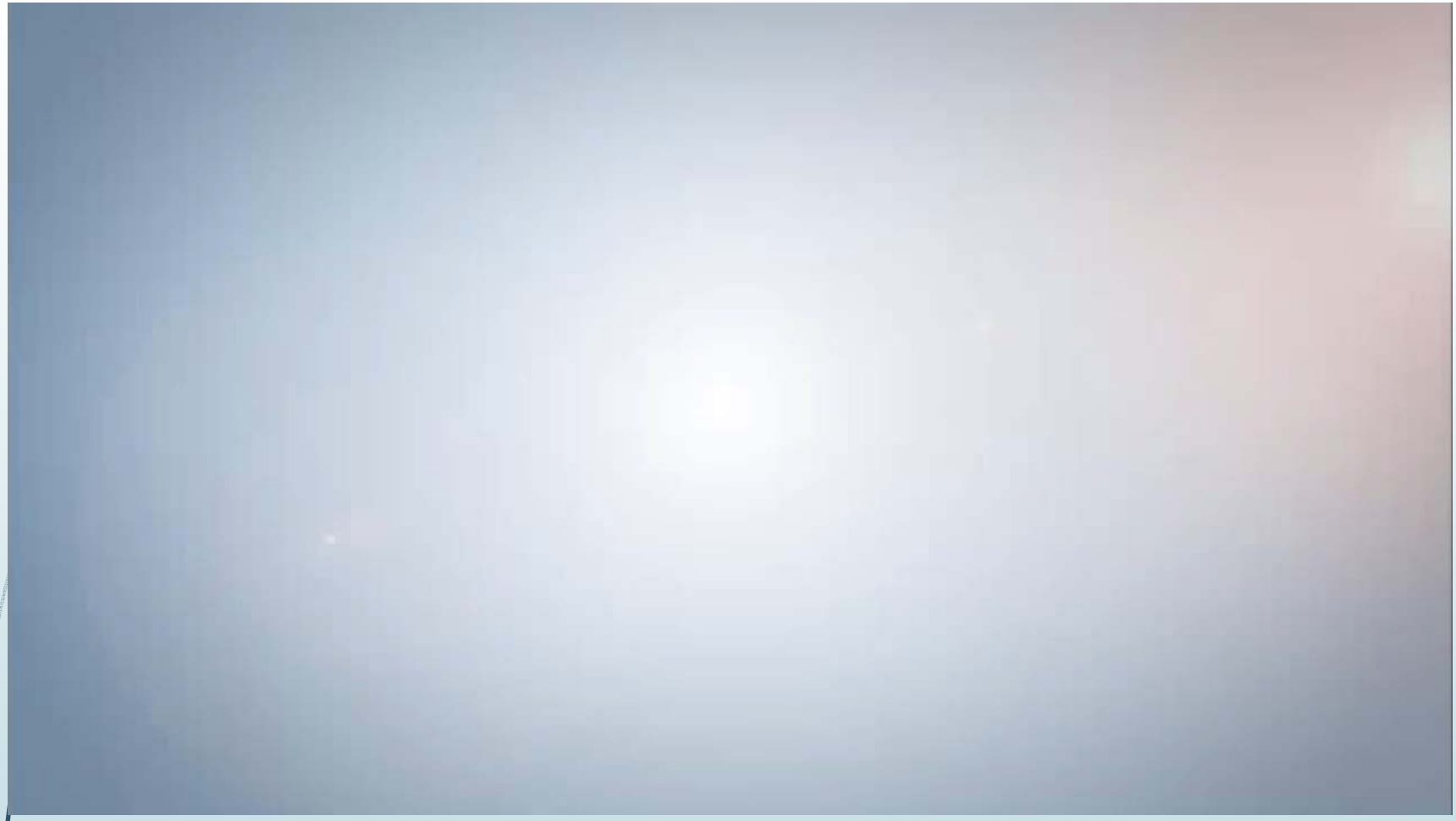


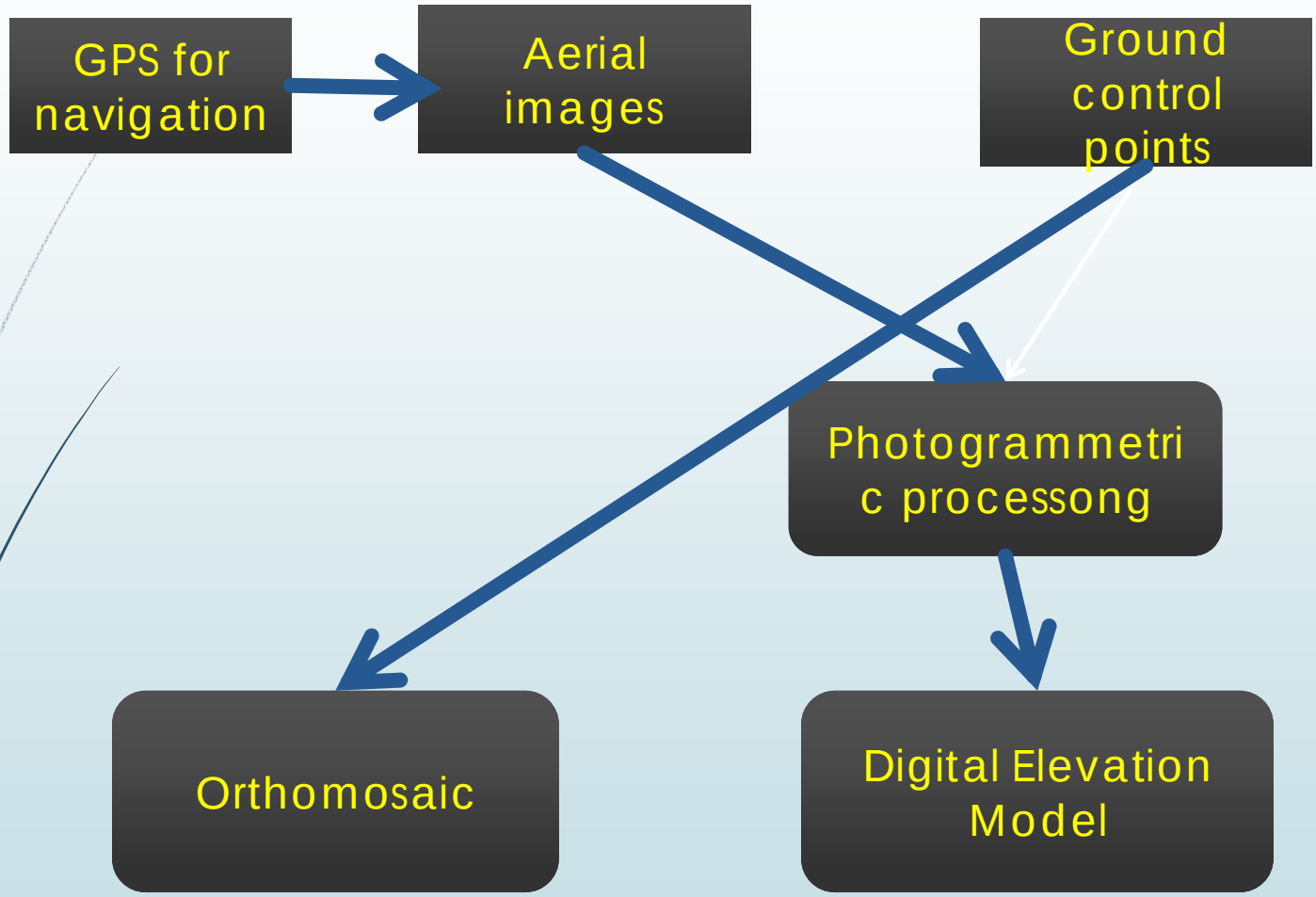
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

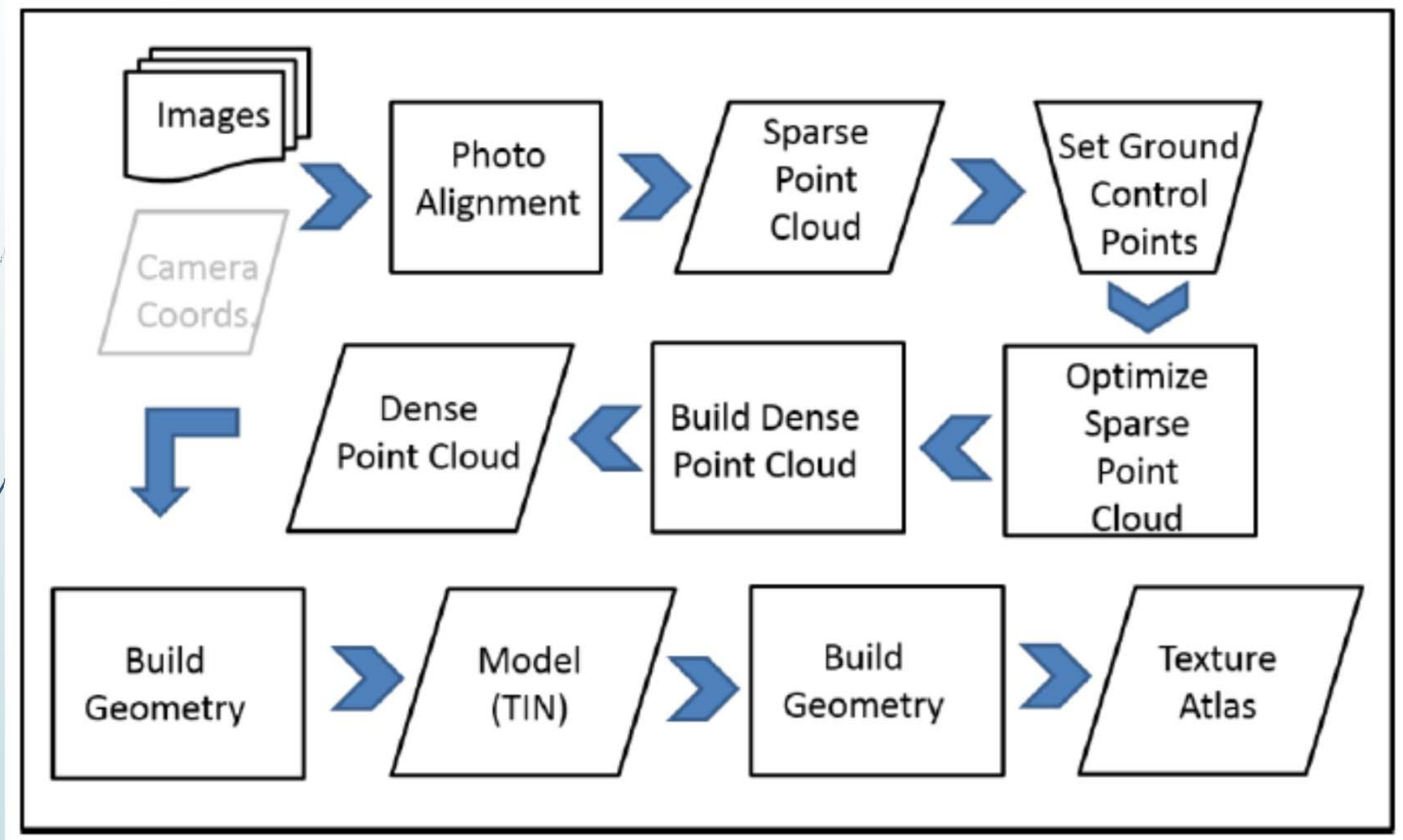
مشخصات پهپاد TS-M2

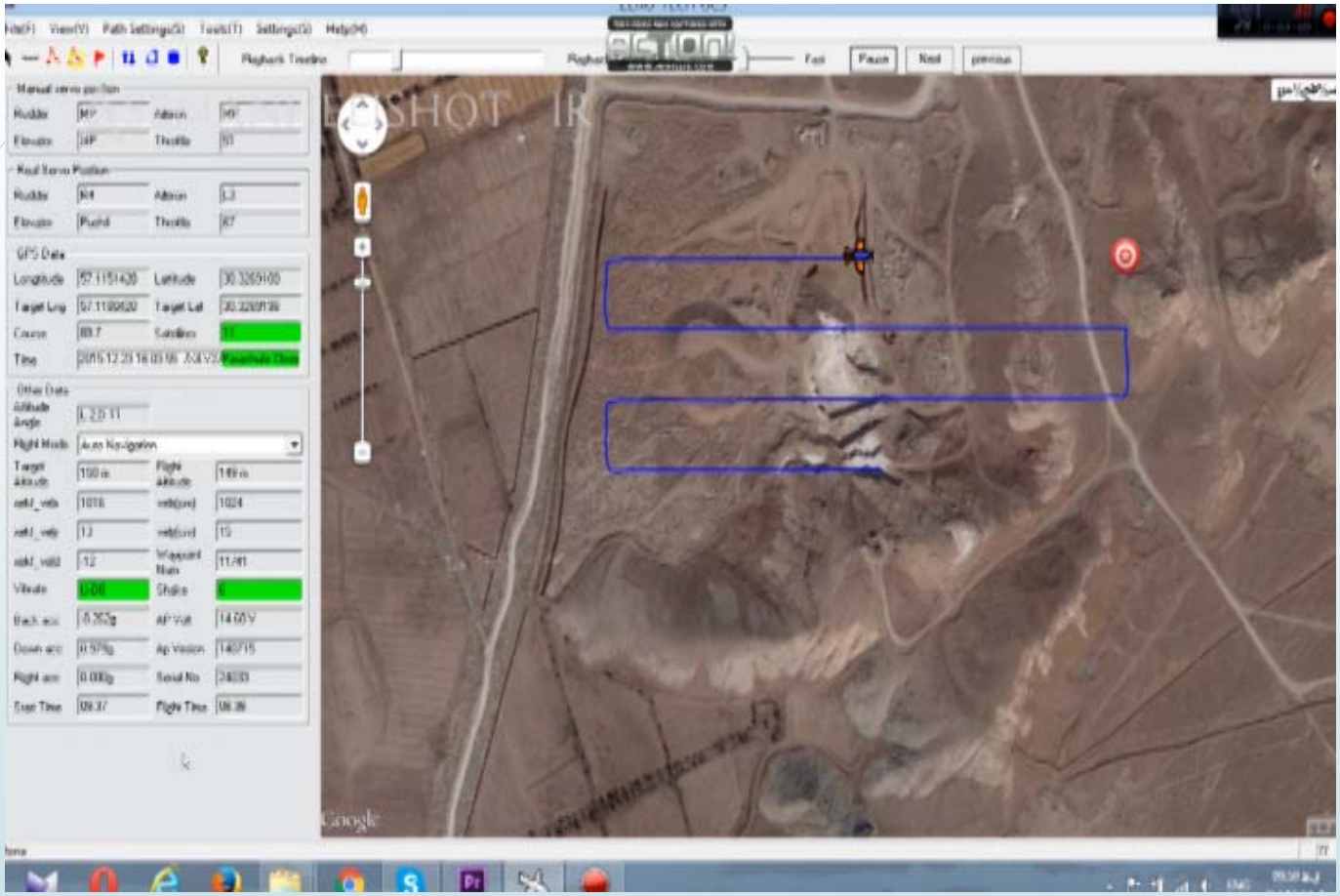


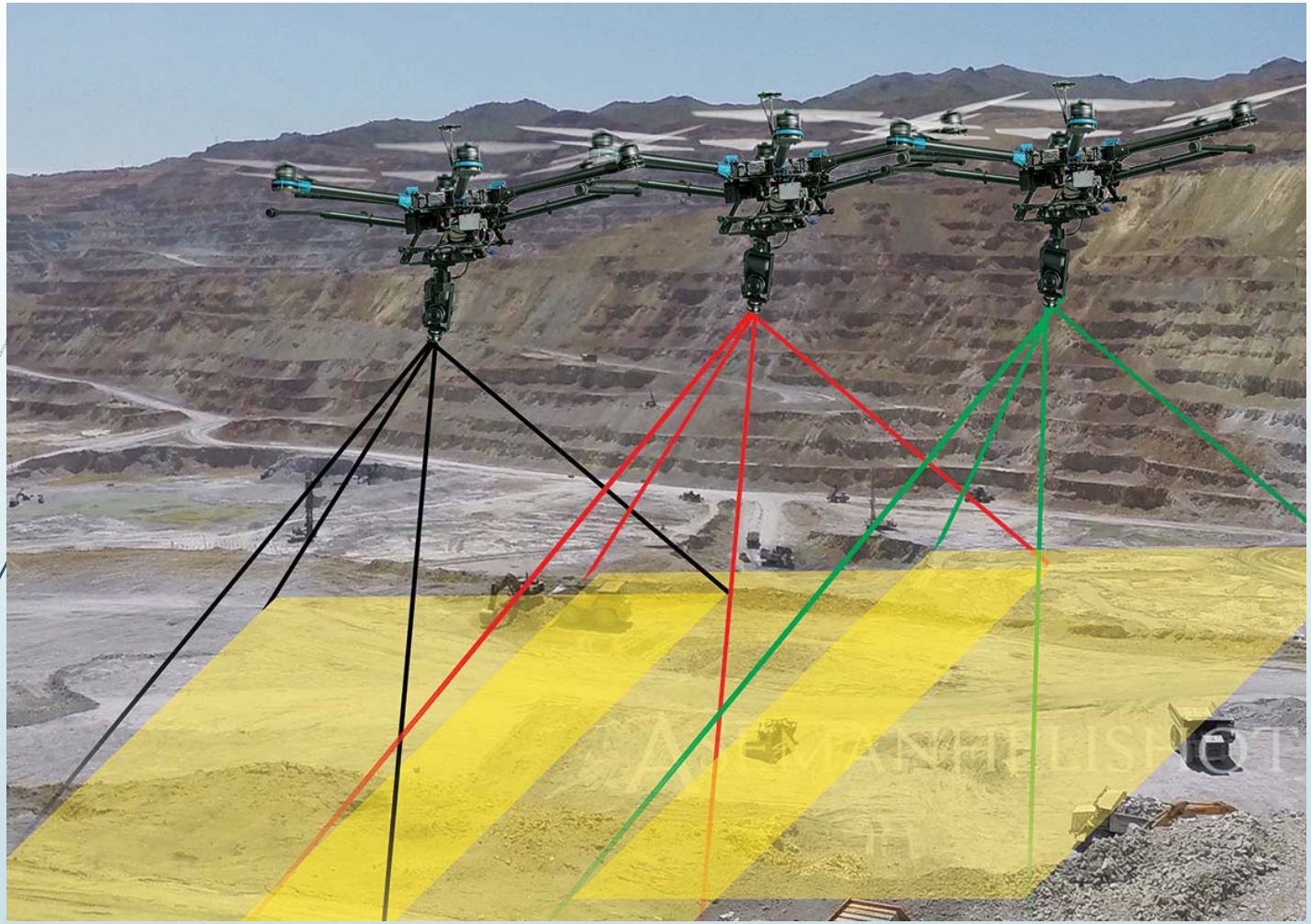
- هگزاروتور (شش ملخه)
- حداکثر سرعت پرواز ۶۰ km/h
- حداکثر مداومت پروازی بدون تجهیزات ۲۰ min
- حداکثر مداومت پروازی با تجهیزات مورد نیاز برای نقشه برداری ۱۴ min
- توانایی حمل انواع دوربین تا ۲ kg
- حداکثر ارتفاع مناسب برای عکس برداری ۳۰۰ m
- حداکثر سرعت باد مناسب برای پرواز ۴۰ km/h
- امکان کنترل اتوماتیک توسط GPS و نرم افزار ایستگاه زمینی
- امکان برنامه ریزی عملیات پرواز
- وزن ۴ kg
- میزان هم پوشانی تصاویر: ۸۰درصد طولی، ۶۰ درصد عرضی با هر ارتفاعی این هم پوشانی حفظ می شود.

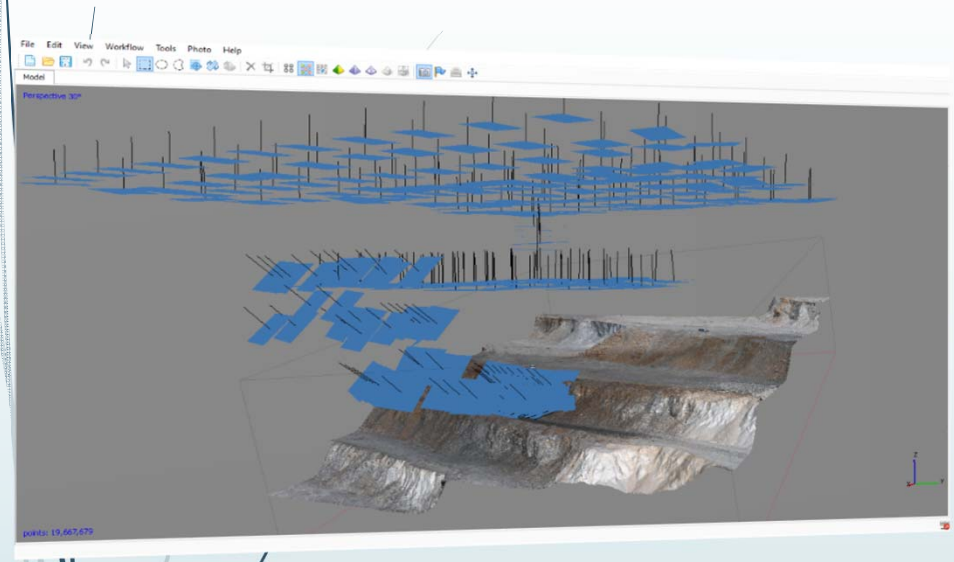



GPS for navigation
Aerial images
Ground control points
Photogrammetri c processong
Orthomosaic
Digital Elevation Model


Images
Camera Coords.
Photo Alignment
Sparse Point Cloud
Set Ground Control Points
Optimize Sparse Point Cloud
Build Dense Point Cloud
Dense Point Cloud
Build Geometry
Model (TIN)
Build Geometry
Texture Atlas





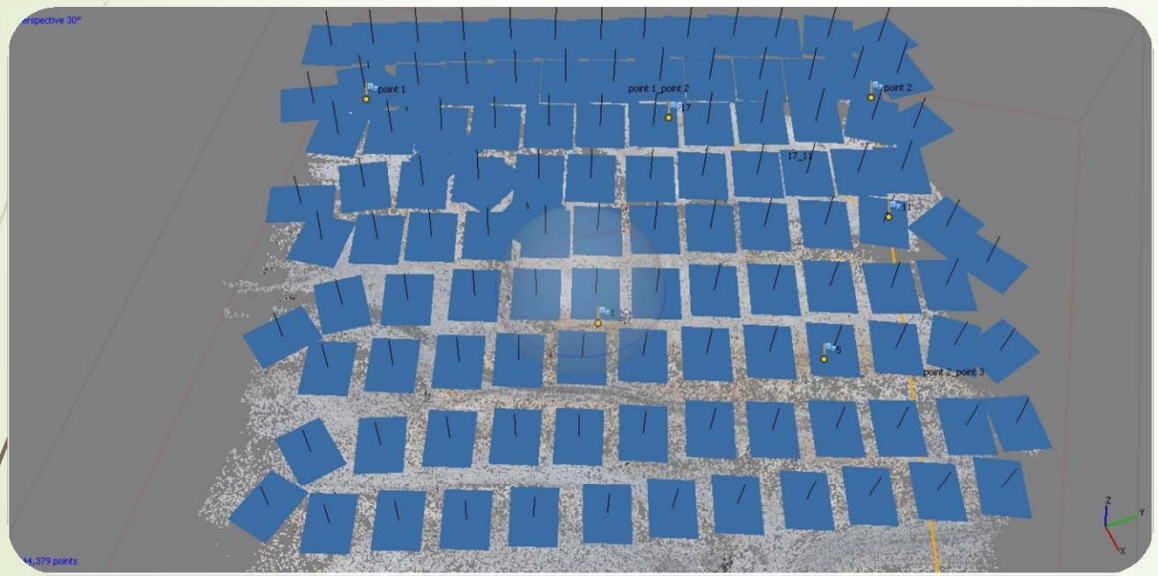


۱– تهیه عکس توسط مولتی روتور

- سرعت بالای برداشت برای مناطق وسیع
- برداشت تحت هر زاویه ای
- عدم نیاز حضور فیزیکی در هر نقطه

پردازش تصاویر حاصل از برداشت هوایی

- جانمایی خودکار، ایجاد ابر نقاط پراکنده و تعریف نقاط کنترل زمینی



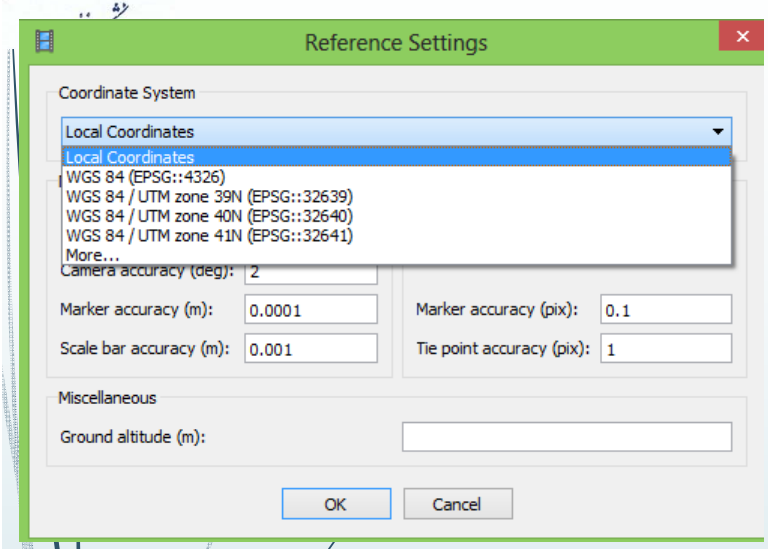
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

۲– ژئورفرنس کردن مدل

استفاده از سیستم‌های مختصات جغرافیایی، UTM و محلی

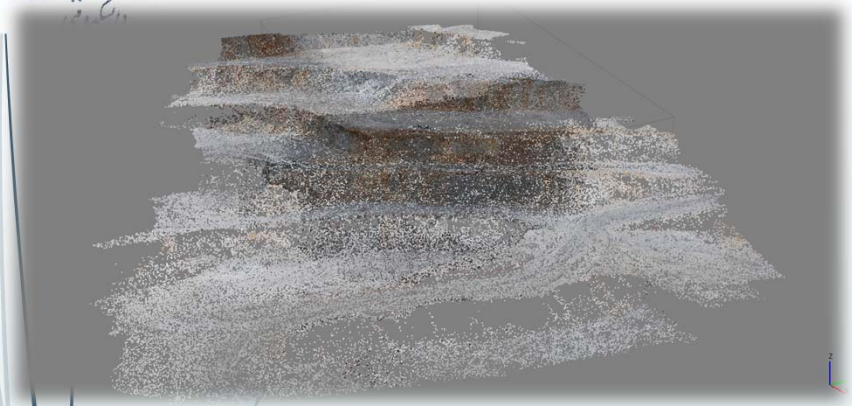
- **تعیین محل نقاط کنترل زمینی دقیق GCP**

✓ **تعیین مختصات دقیق برای ابر نقاط(Point cloud)**
✓ **دقت بالا در تهیه مدل و قابلیت بررسی خطای مدل‌سازی**



Markers	X (m)	Y (m)	Z (m)	Accuracy (m)	Error (m)
1	390115.989000	3313552.143000	2401.040000	0.000100	0.026256
2	390126.058000	3313564.164000	2400.830000	0.000100	0.030833
3	390141.152000	3313579.686000	2400.660000	0.000100	0.064339
4	390151.676000	3313600.383000	2400.010000	0.000100	0.031605
5	390170.651000	3313633.258000	2400.680000	0.000100	0.047565
6	390003.660000	3313667.285000	2412.698000	0.000100	0.029914
8	390030.867000	3313682.811000	2412.697000	0.000100	0.119557
13	390032.674000	3313614.310000	2411.849000	0.000100	0.034749
14	390051.093000	3313621.409000	2412.399000	0.000100	0.076775
15	390080.509000	3313654.558000	2412.352000	0.000100	0.124701
16	390096.450000	3313675.632000	2412.391000	0.000100	0.037324
17	390021.786000	3313632.663000	2411.961000	0.000100	0.148003
18	390012.370000	3313649.437000	2412.099000	0.000100	0.041730
19	390070.972000	3313658.803000	2412.306000	0.000100	0.163827
20	390159.634000	3313575.039000	2387.584000	0.000100	0.088974
21	390146.031000	3313559.781000	2387.154000	0.000100	0.039930
22	390153.226000	3313549.185000	2388.949000	0.000100	0.021252
23	390141.074000	3313567.207000	2392.896000	0.000100	0.024331
24	390134.350000	3313543.265000	2387.576000	0.000100	0.132377
25	390130.196000	3313536.227000	2387.679000	0.000100	0.060138
Total Error					**0.080763**







۳– تهیه ابر نقاط پراکنده و فشرده

تهیه نقاطی با مختصات دقیق

قابلیت Export **نقاط با مختصات محلی و** UTM **و ...**

شامل (X**،** Y **و** Z **و کد رنگ) جهت ورود بر هر نرم افزار پردازشی**



ایجاد ابر نقاط متراکم و مدل سه بعدی

قبل از انفجار





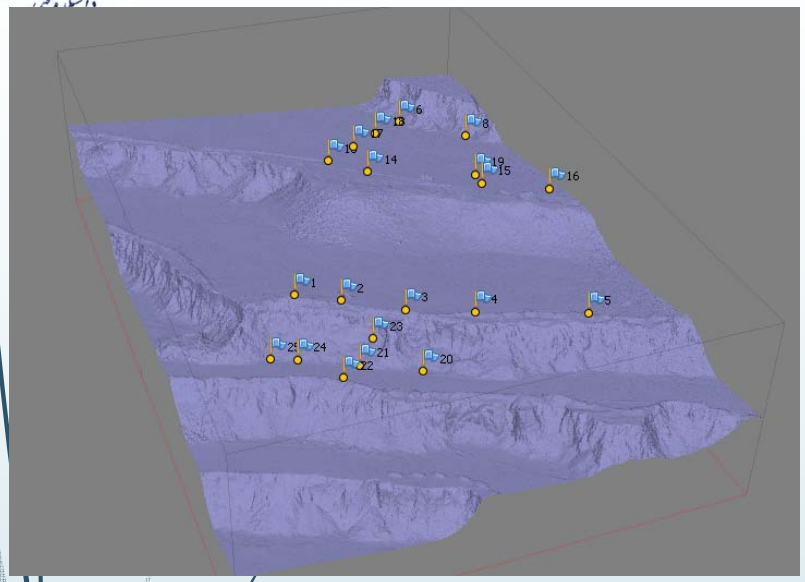
بعد از حمل

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

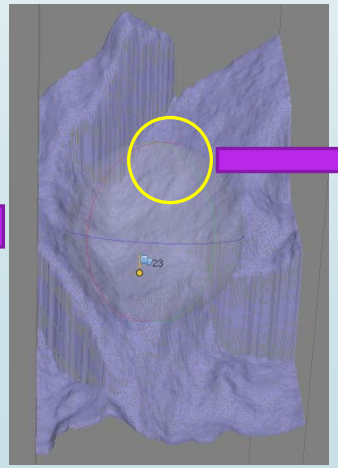
۴– تهیه مش از سطح زمین

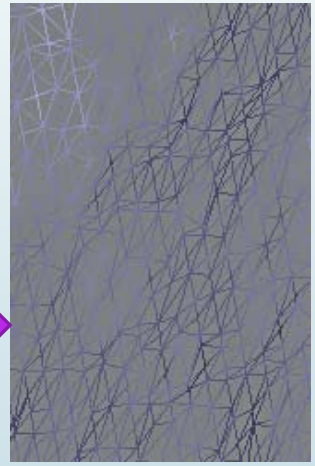
تهیه خروجی جهت نرم‌افزارهای مدل سه بعدی و اتوکد

مدل کردن جزئیات اجسام با توجه به دقت مورد نیاز

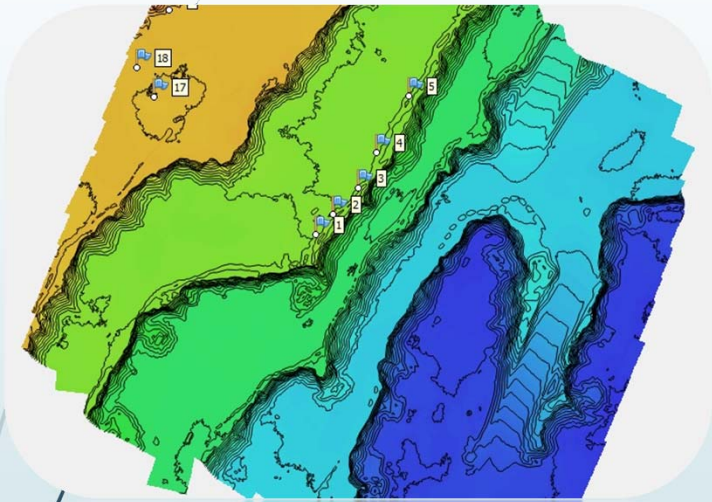






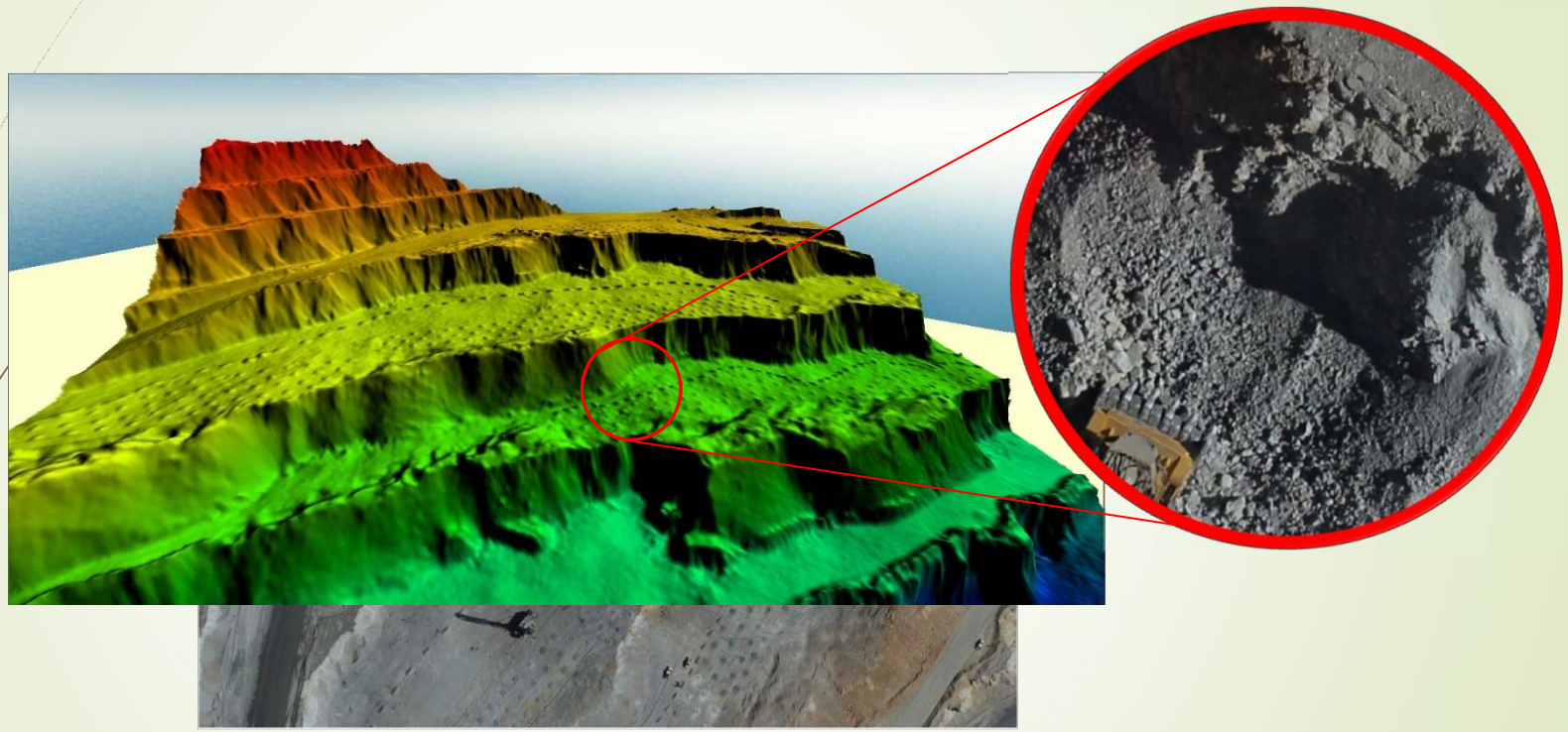


تهیه مدل ارتفاعی منطقه DEM(XYZ)
تهیه مدل موزائیک منطقه OrthoPhoto(RGB)





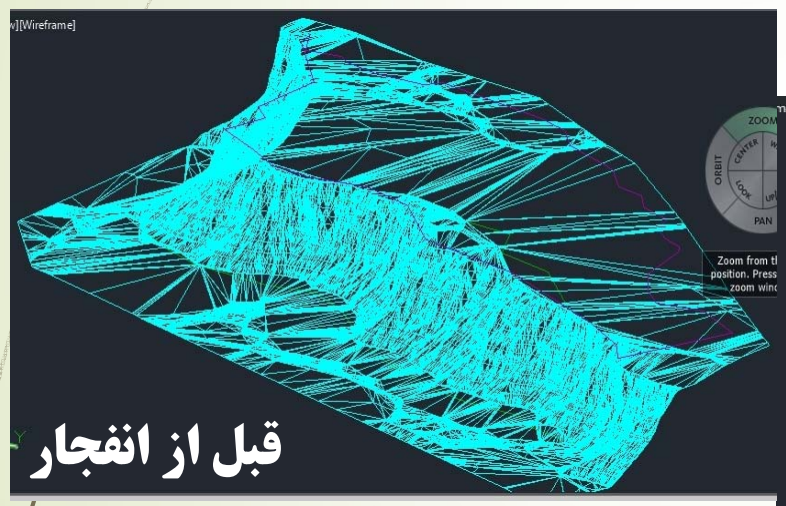
ایجاد مدل ارتفاعی دیجیتال (DEM) و موزائیک هوایی

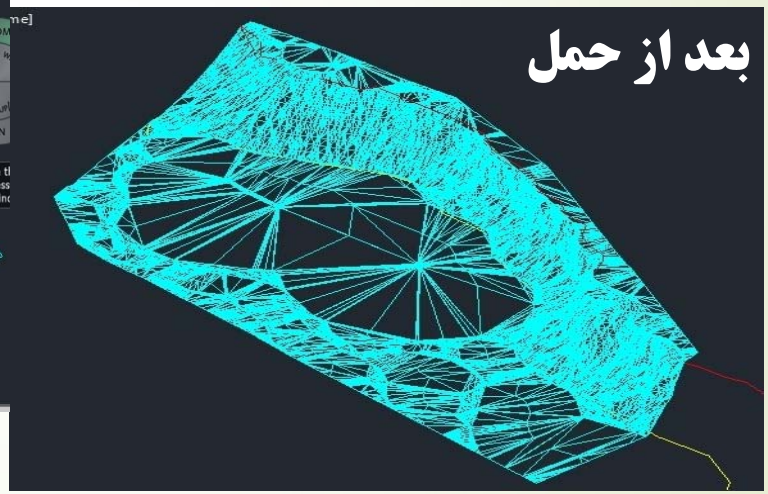


مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

محاسبه حجم برداشت شده برای محدوده مورد نظر

- با استفاده از نرم افزار Civil3D و بوسیله کنتورهای تراز و یا ابر نقاط

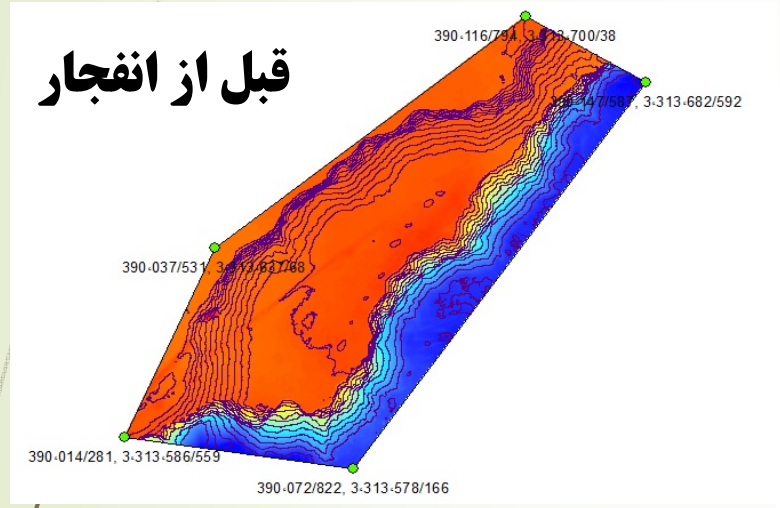


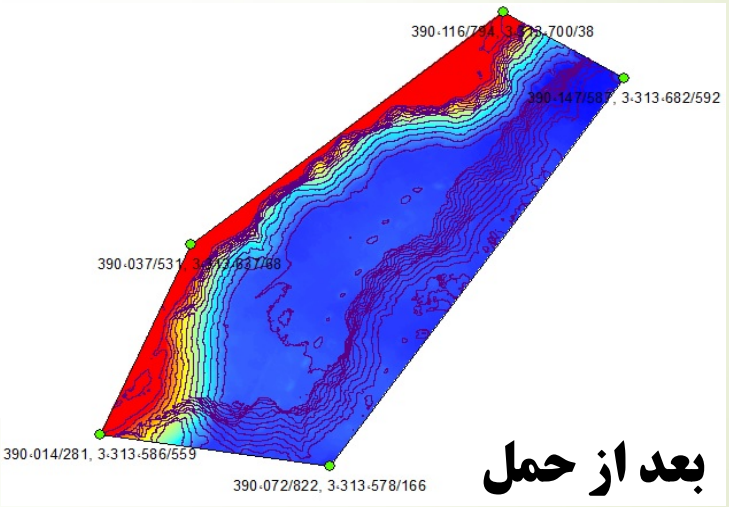


مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC

محاسبه حجم برداشت شده برای محدوده مورد نظر

- با استفاده از نرم افزار GIS و بوسیله DEM

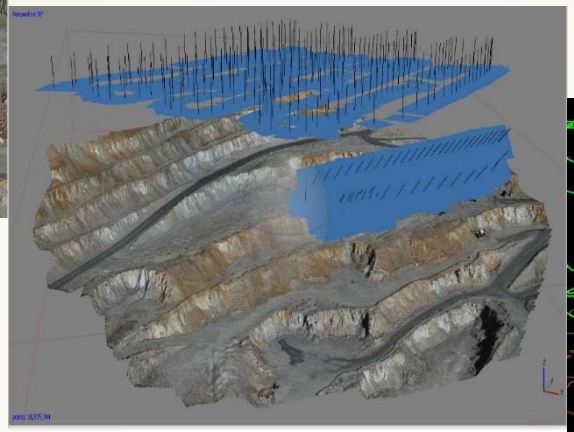


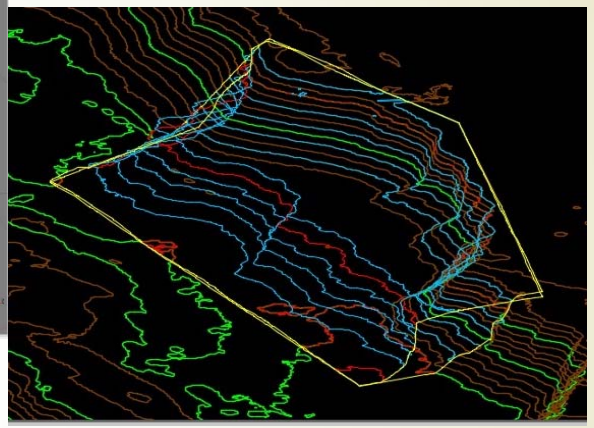


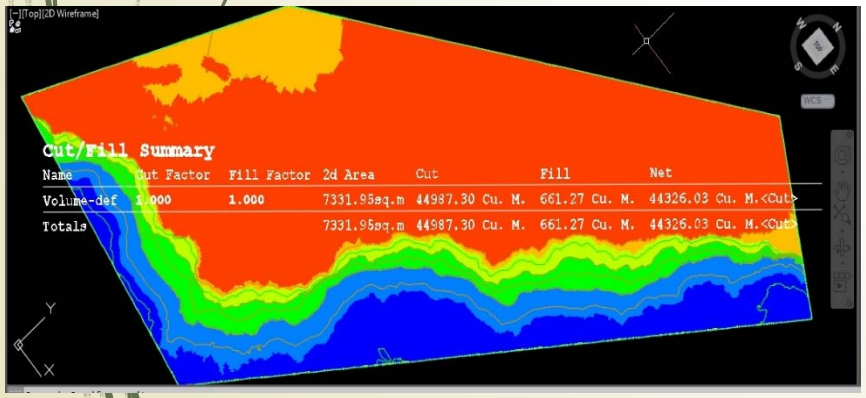
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC

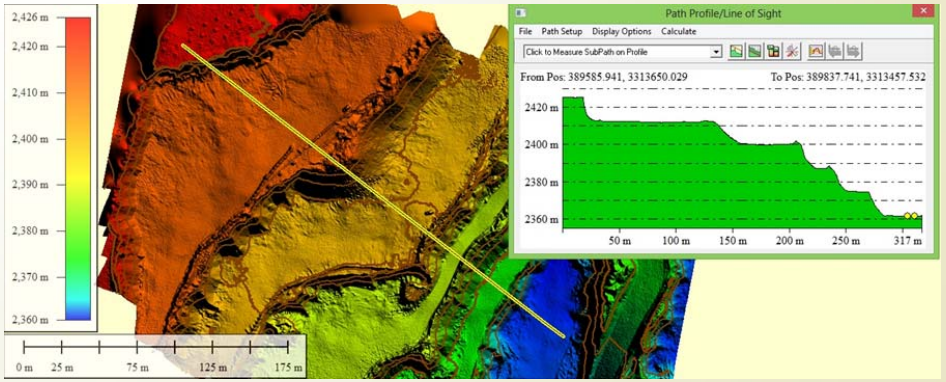
پروژه پایلوت محاسبه حجم استخراج کانسنگ از پله معدنی معدن مس سرچشـ











ژه معدن سنگ ساختمانی

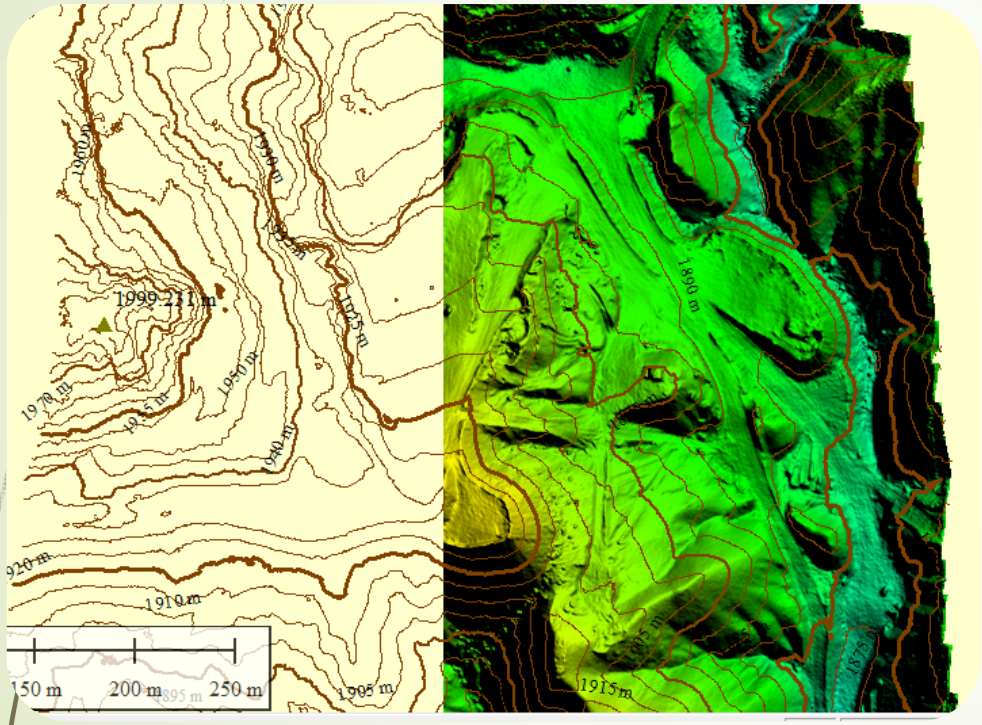
محدوده برداشت: ۲۰۰ هکتار

خروجی: تهیه نقشه توپوگرافی و موزائیک هوایی– محاسبه حجم توده سنگ، برآورد بلوک دهی





نقشه برداری

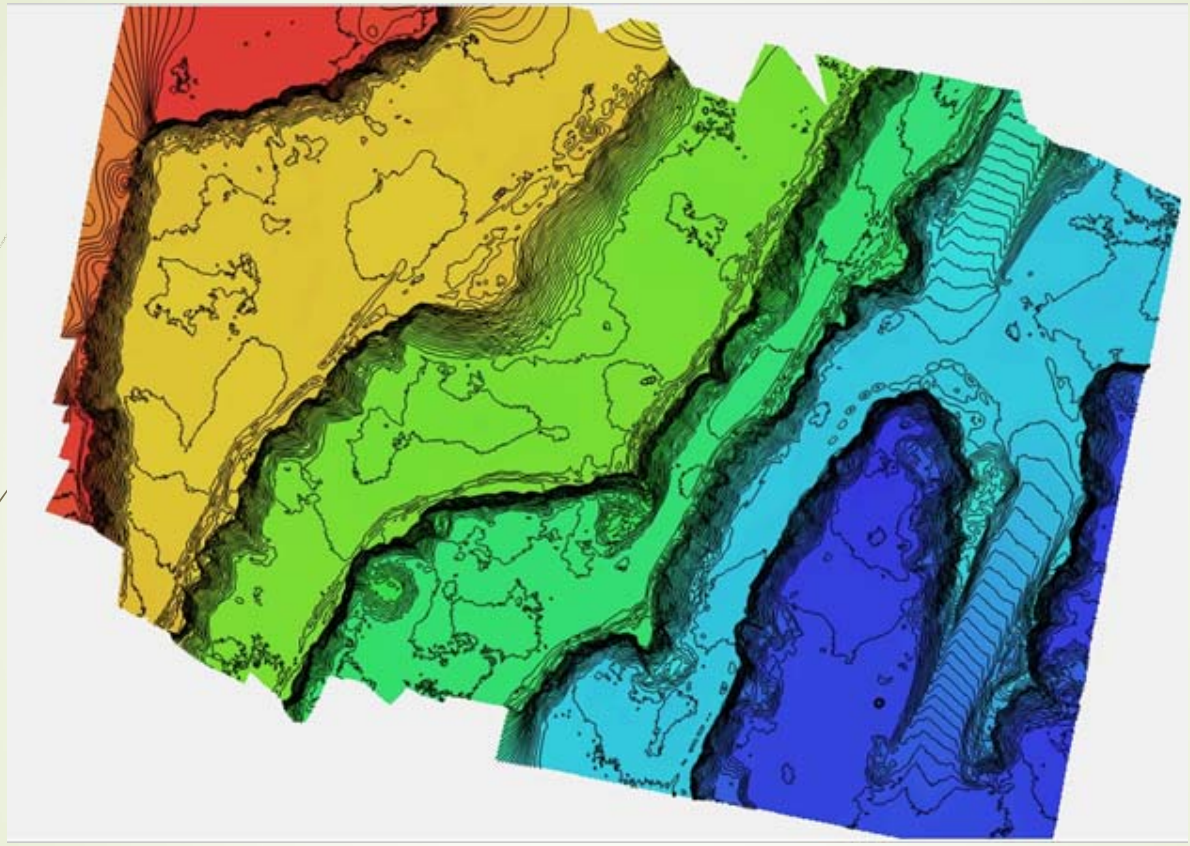


- تهیه نقشه های توپوگرافی دیجیتالی با مقیاس های مختلف

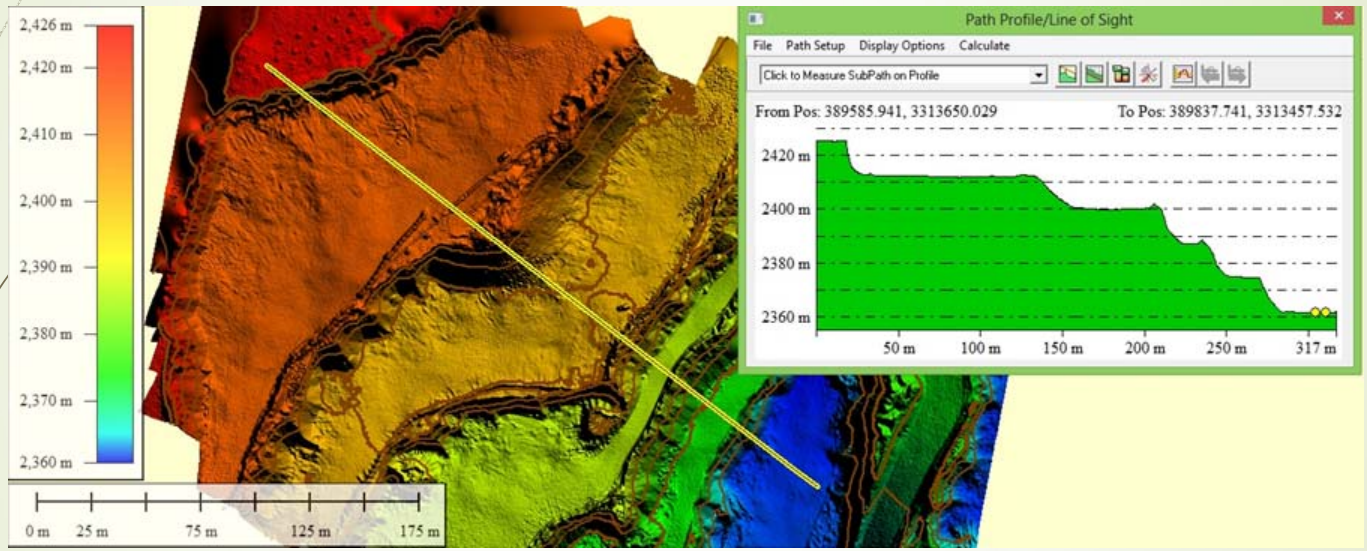
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC



مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC



مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center



مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

زمین شناسی

- تهیه نقشه های زمین شناسی و زمین شناسی ساختمانی دیجیتالی با مقیاس های مختلف

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
دانشگاه شهید باهنر کرمان

پارامترهای توصیف ناپیوستگی های در توده سنگ از نظر ISRM

- Orientation
- Spacing
- Persistence
- Roughness
- Number of sets
- Block size
- Wall strength
- Aperture
- Filling
- Seepage

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

پارامترهای توصیف ناپیوستگی های در توده سنگ از نظر ISRM

- Orientation
- Spacing
- Persistence
- Roughness
- Number of sets
- Block size
- Wall strength
- Aperture
- Filling
- Seepage

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center
GMC
مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

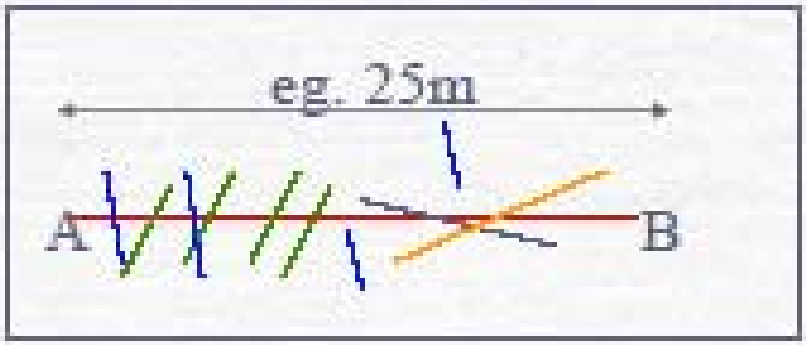
پارامترهای توصیف ناپیوستگی های در توده سنگ از نظر ISRM

- Orientation
- Spacing
- Persistence
- Roughness
- Number of sets
- Block size

مرکز تحقیقات ژئومکانیک کاشی گر
Kashigar Geomechanics Research Center

Line Survey, Scanline

- Line (Tape) details
- Type
- Dip, Dip Direction
- Persistence (m)
- Aperture
- Infill type and consistency/strength
- Roughness
- Water
- Waviness
- Comments, photographs etc



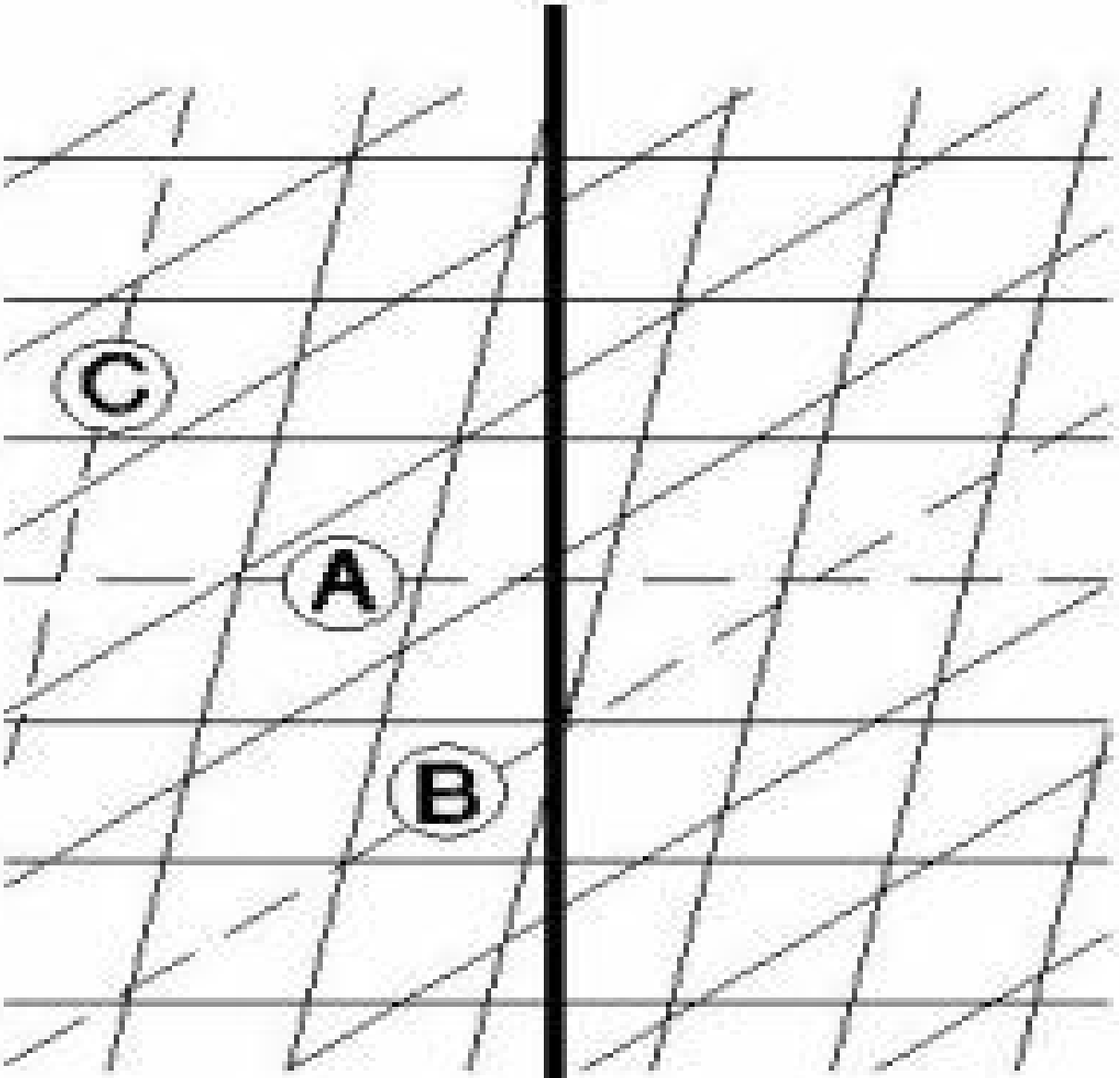
وضعیت قرار گیری خط برداشت

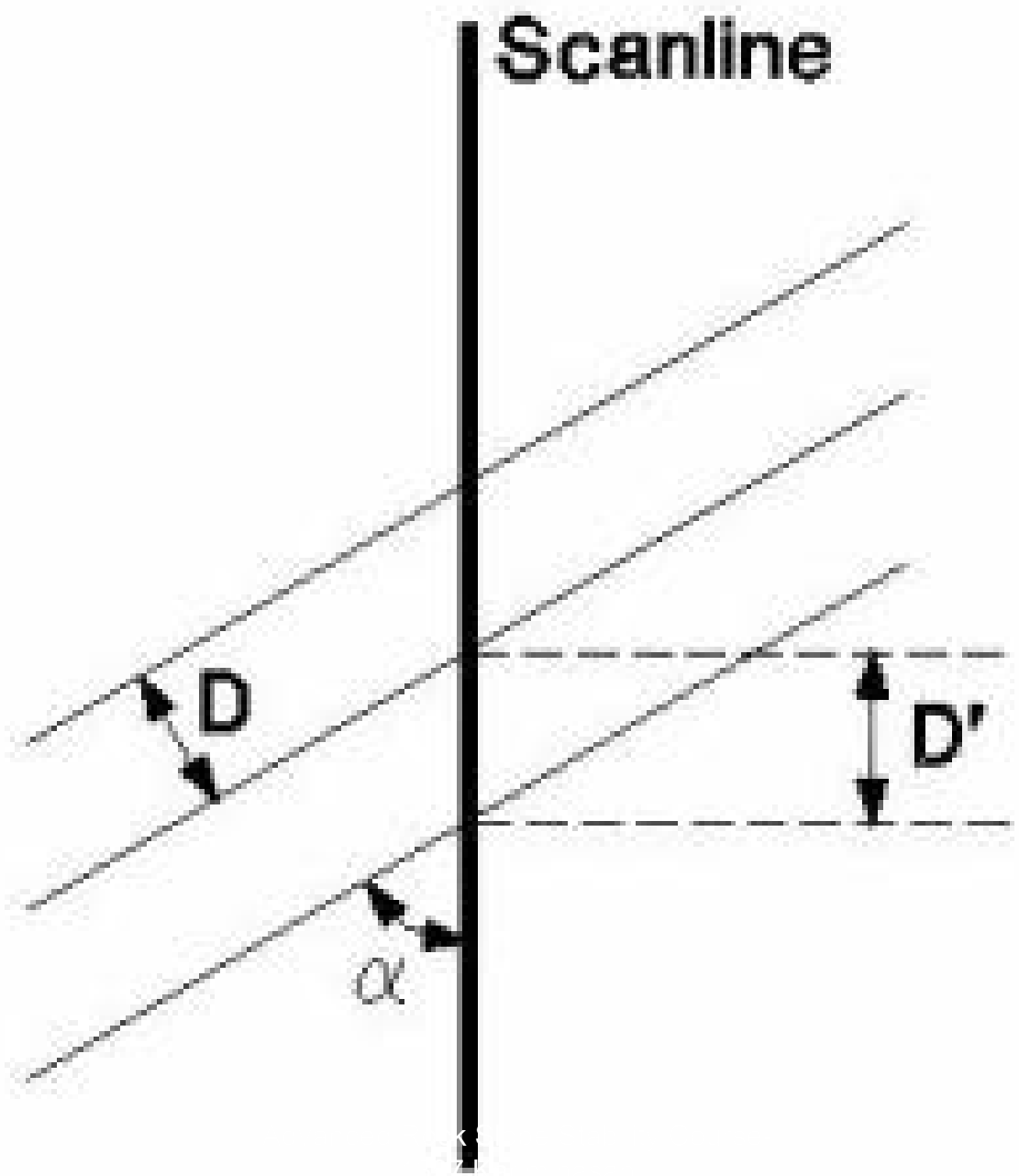
الف– خط برداشت ترجیحاً ناپیوستگی های بزرگتر ویا دارای تداوم بیشتر را قطع نماید.

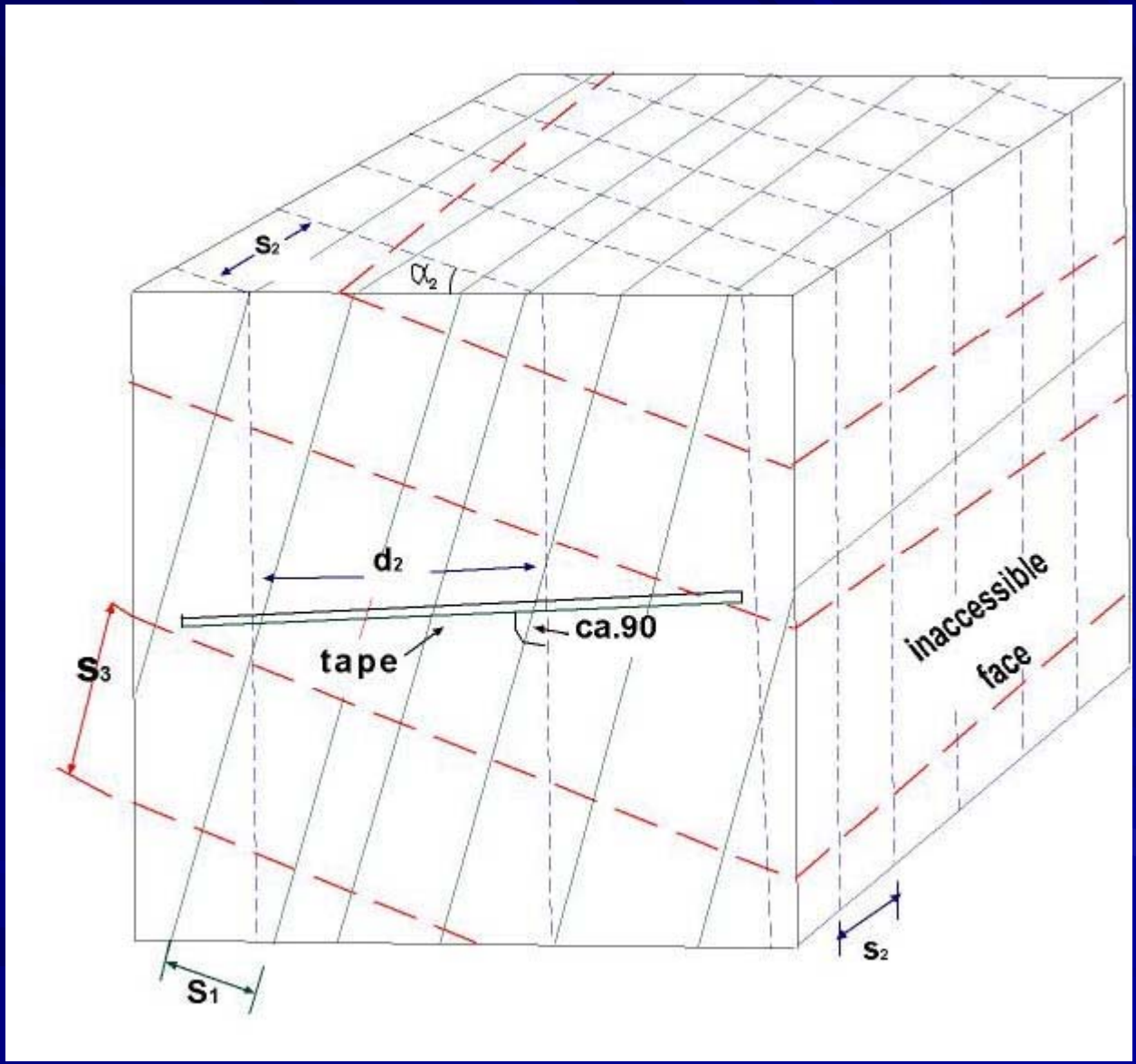
ب– خط برداشت ترجیحاً آن دسته از ناپیوستگی هائی را قطع کند که خطوط عمود بر آنها زاویهٔ کمی با راستای خط برداشت بسازد.

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

Scanline




Scanline
D
D'
α


S2
α2
d2
tape
ca.90
S3
inaccessible
face
S2
S1


Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab

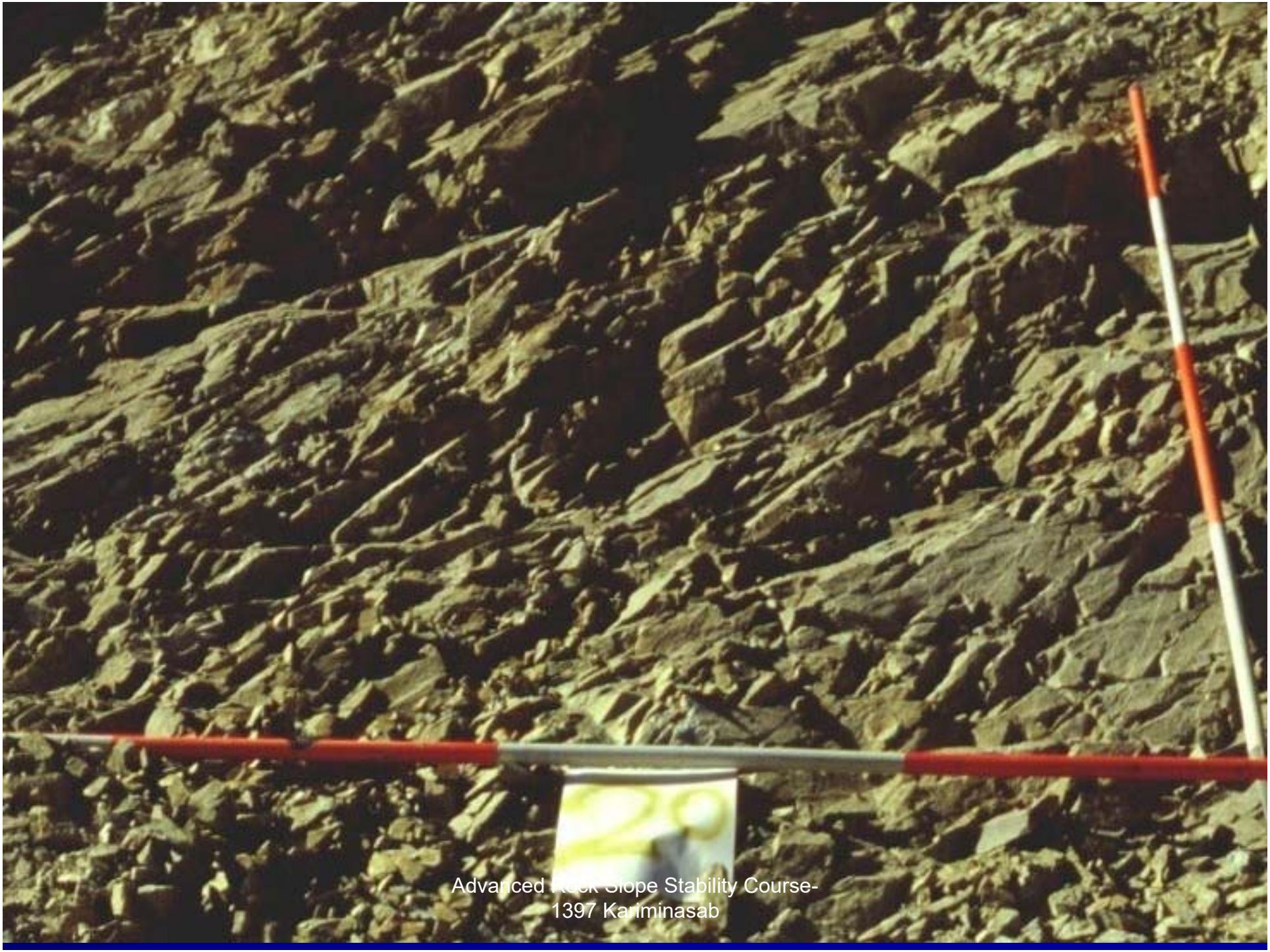

Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab


Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab


Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab

سطحی(سطح بررسی) Windows


Advanced Rock Slope Stability Course-
1997 Kariminasab

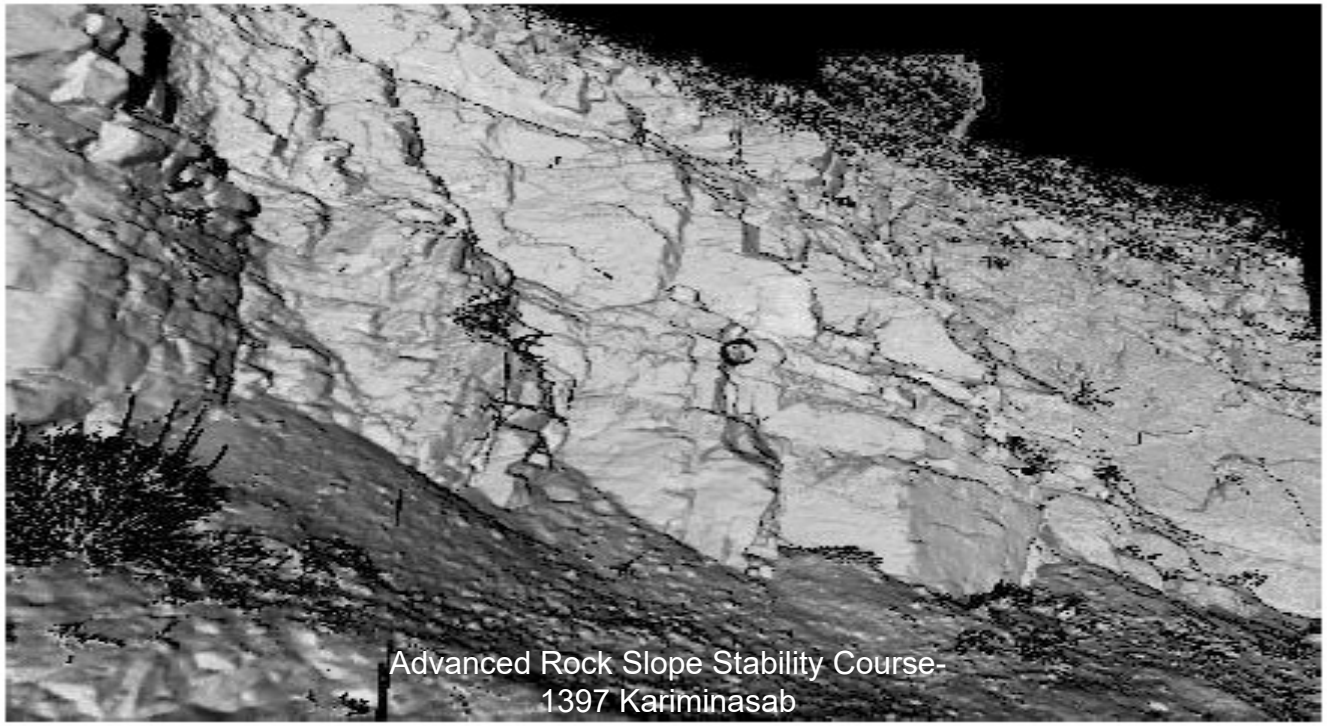

Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab



. Cyrax 3D laser scanner in front of the surveyed rock face.



Figure 1. Cyrax 3D laser scanner in front of the surveyed rock face.



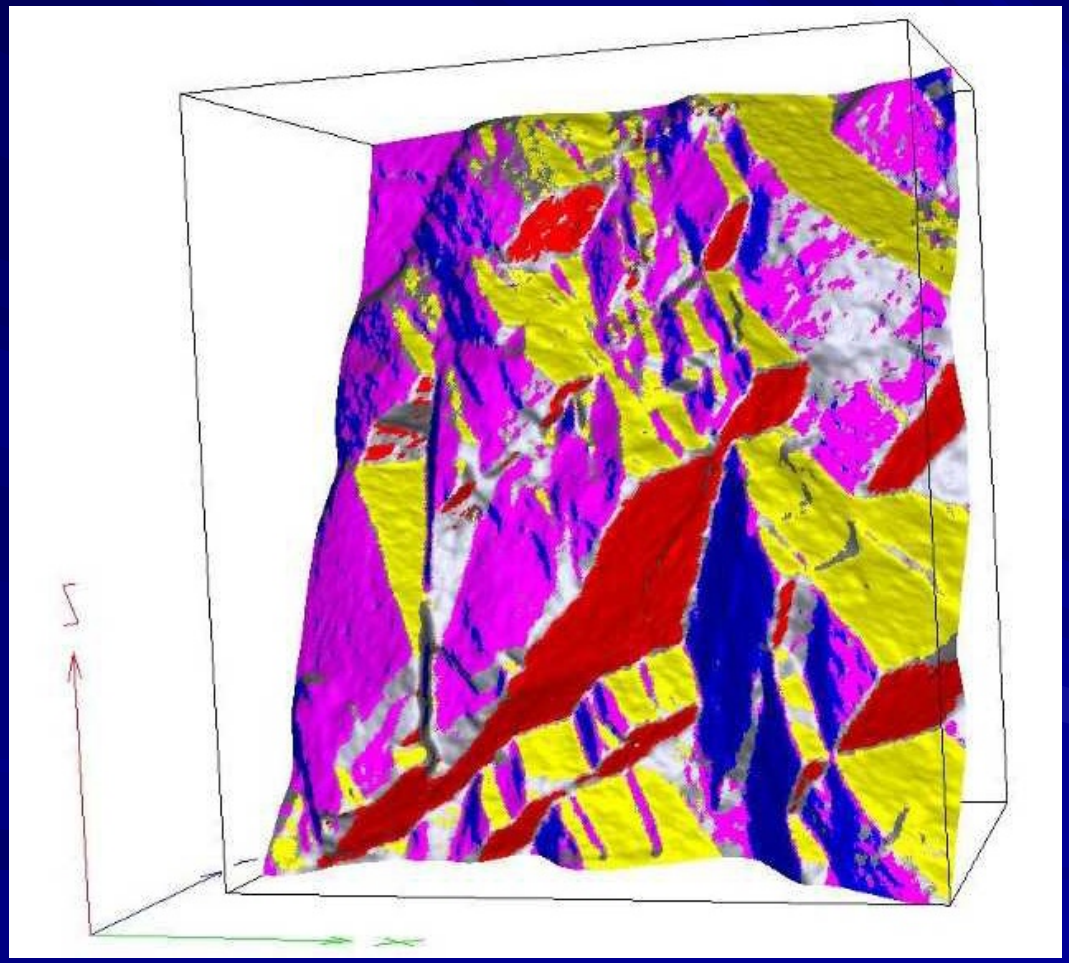
Typical field set-up of a laser scanner (Optech 3D Ilris scanner. The umbrella is to keep the scanner cool and to be able to read the display.



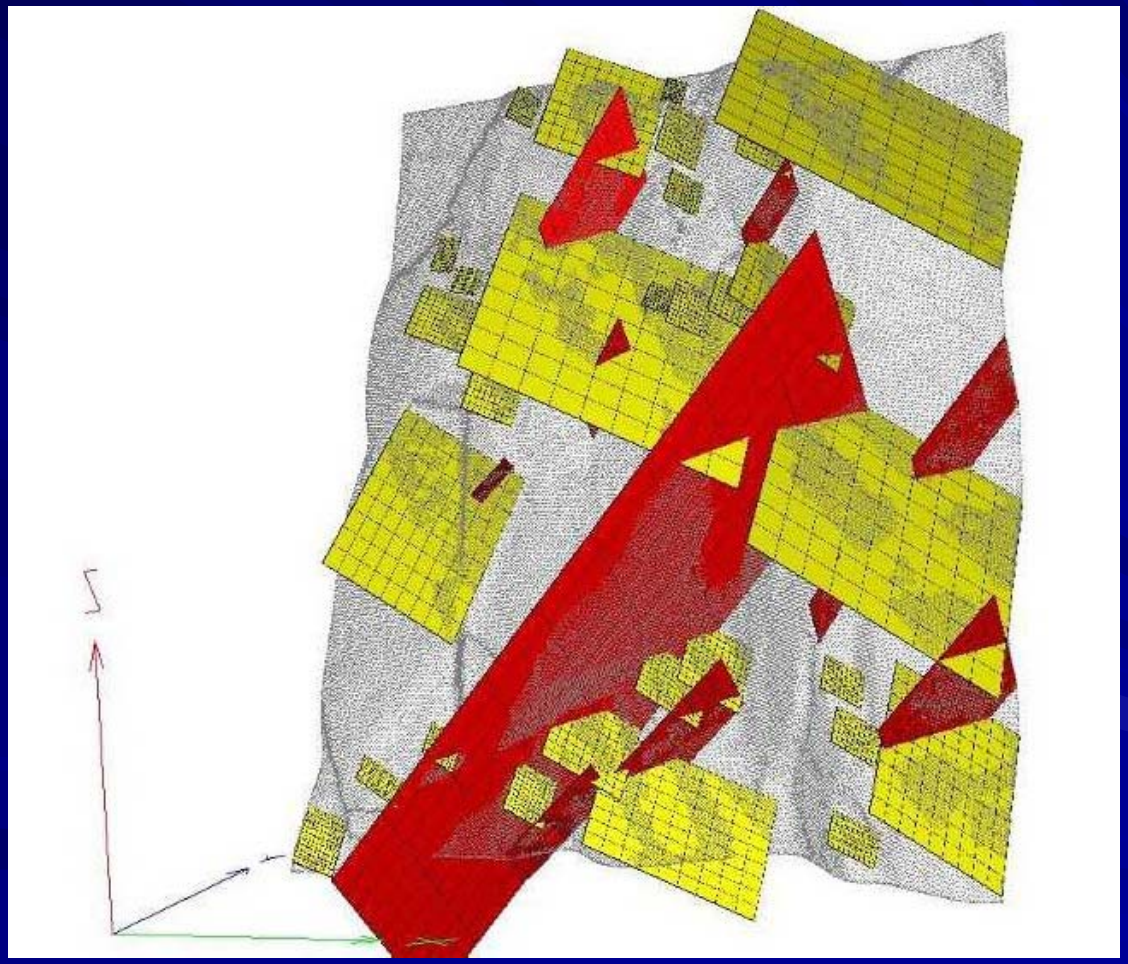
Carboniferous slates with well-developed discontinuities. Part of this slope (outline with the square) to demonstrate the methodology. Note the two boards in the pictures, which were used to reference the laser scan data set.



Re-coloring of the 3D surface model with the color assigned to the different discontinuity clusters.



Here the individual discontinuity planes are visualized of sets 2 (red) and set 3 (yellow), modeled as linear trend surfaces. By calculating the distances between the individual surfaces, joint set spacing can be computed.



Summary statistics

	Before outlier removal			After outlier removal			Set spacing statistics	
Discontinuity set number	Number of facets	Mean orienta-tion	Fisher's K-value	Number of facets	Mean orienta-tion	Fisher's K-value	Mean normal set spacing	Dimension of set ⊥. to orientation
Set 1 'blue'	69445	233/04	10.87	62684	233/05	16.37	8.20 cm	147.59 cm
Set 2 'red'	50855	306/34	8.56	34081	304/36	60.33	20.29 cm	162.28 cm
Set 3 'yellow'	83494	144/47	23.04	67336	304/36	50.27	7.03 cm	161.65 cm
Set 4 'purple'	88662	205/20	23.33	69855	206/20	42.04	4.13 cm	58.10 cm
The data file contains 292456 facets originating from 147425 points								

- **چه ویژگیها ئی از ناپیوستگیها بر رفتار مکانیکی توده سنگ تاثیر گذار است؟**

ویژگیهای ناپیوستگی های توده سنگ

ویژگیهای موثر بر رفتار مکانیکی

این نوع ویژگیها در ارتباط با رفتار مکانیکی سنگها بوده و بر روی مقاومت تودهٔ سنگ موثر است. این ویژگیها عبارتند از:

- **جهت داری** orientation
- **فاصله داری** spacing
- **گسترش یا تداوم درزه ها** extension ، persistence

روشهای مطالعه جهت داری نا پیوستگی ها

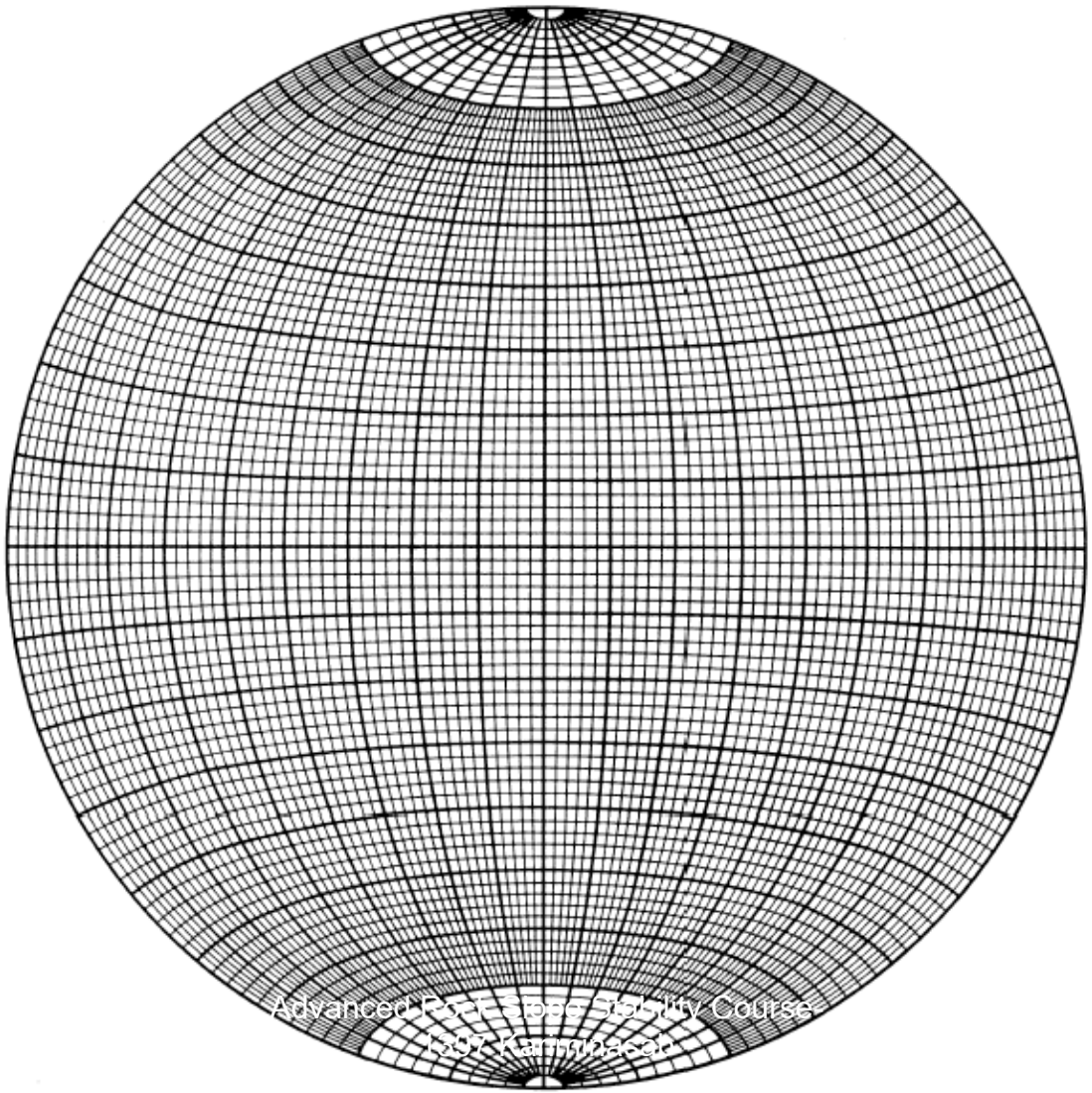
- بجای بررسی کلی هر درزه بصورت مستقل، باید مجموعهٔ درزه ها را بطور آماری مورد مطالعه قرار داد.

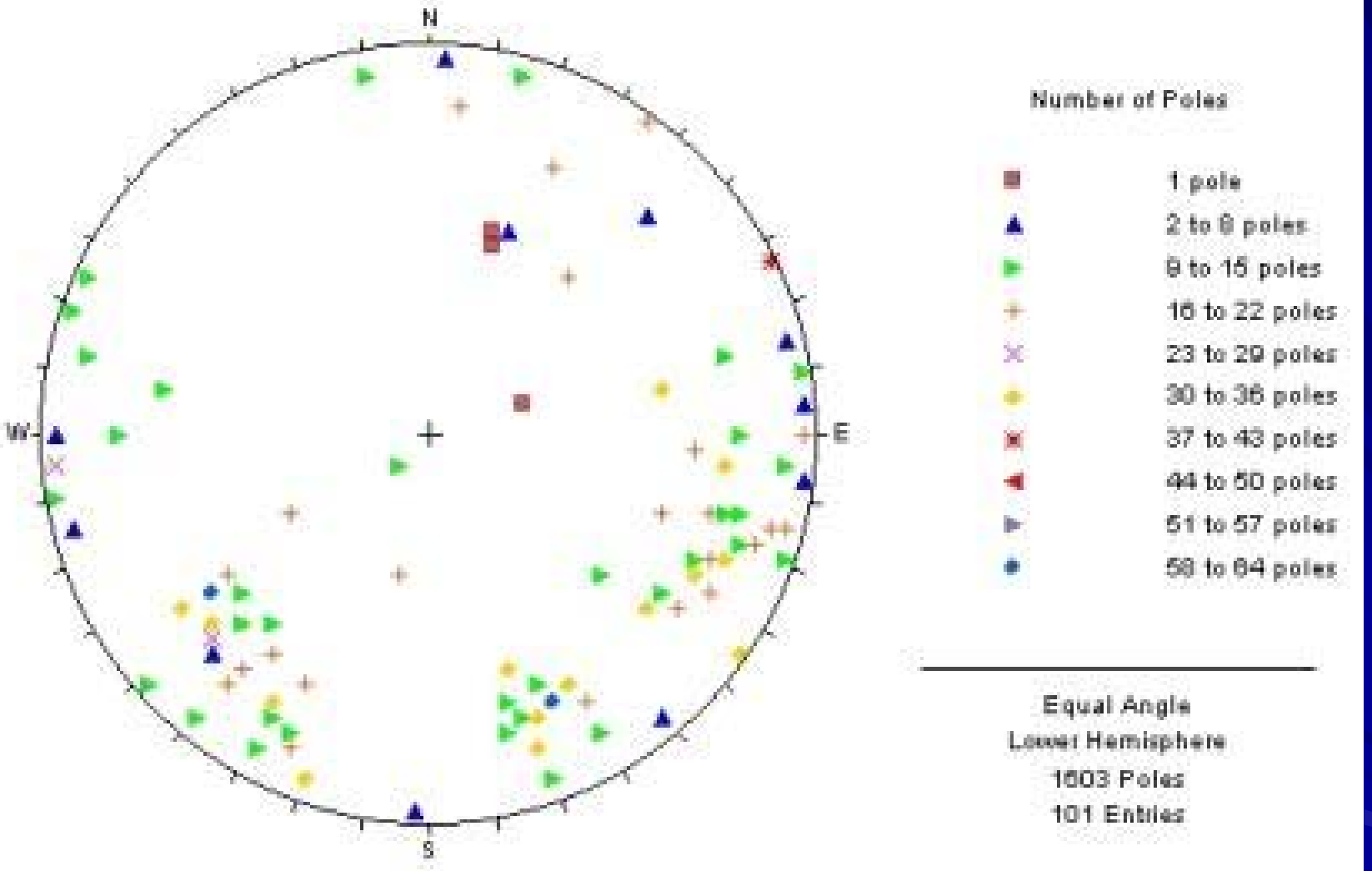
- در این مطالعه از تصویر سطح معادل که گاهی آن را تصویر لامبرت (Lambert) یا شبکه اشمیت می گویند استفاده می شود.

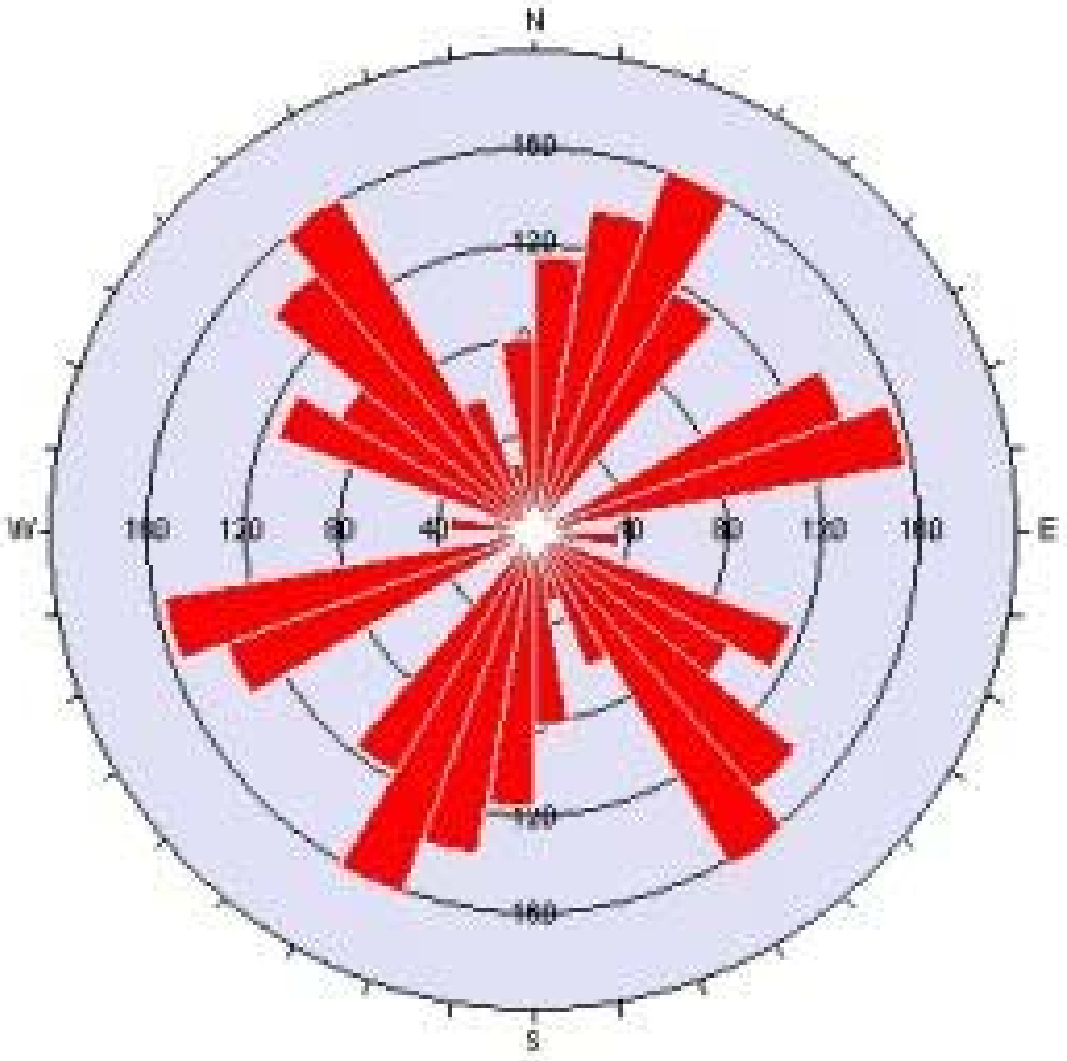
منحنی های تراز تبدیل و به کمک آن وضعیت و تمرکز درزه ها را مشخص می کنند.

- از منحنی های تراز بدست آمده جهت داری و وضعیت سیستم درزه های غالب در منطقه تحت بررسی قرار می گیرد .

Equal area projection




N
W
E
S
Number of Poles
1 pole
2 to 8 poles
9 to 15 poles
16 to 22 poles
23 to 29 poles
30 to 36 poles
37 to 43 poles
44 to 50 poles
51 to 57 poles
58 to 64 poles
Equal Angle
Lower Hemisphere
1603 Poles
101 Entries

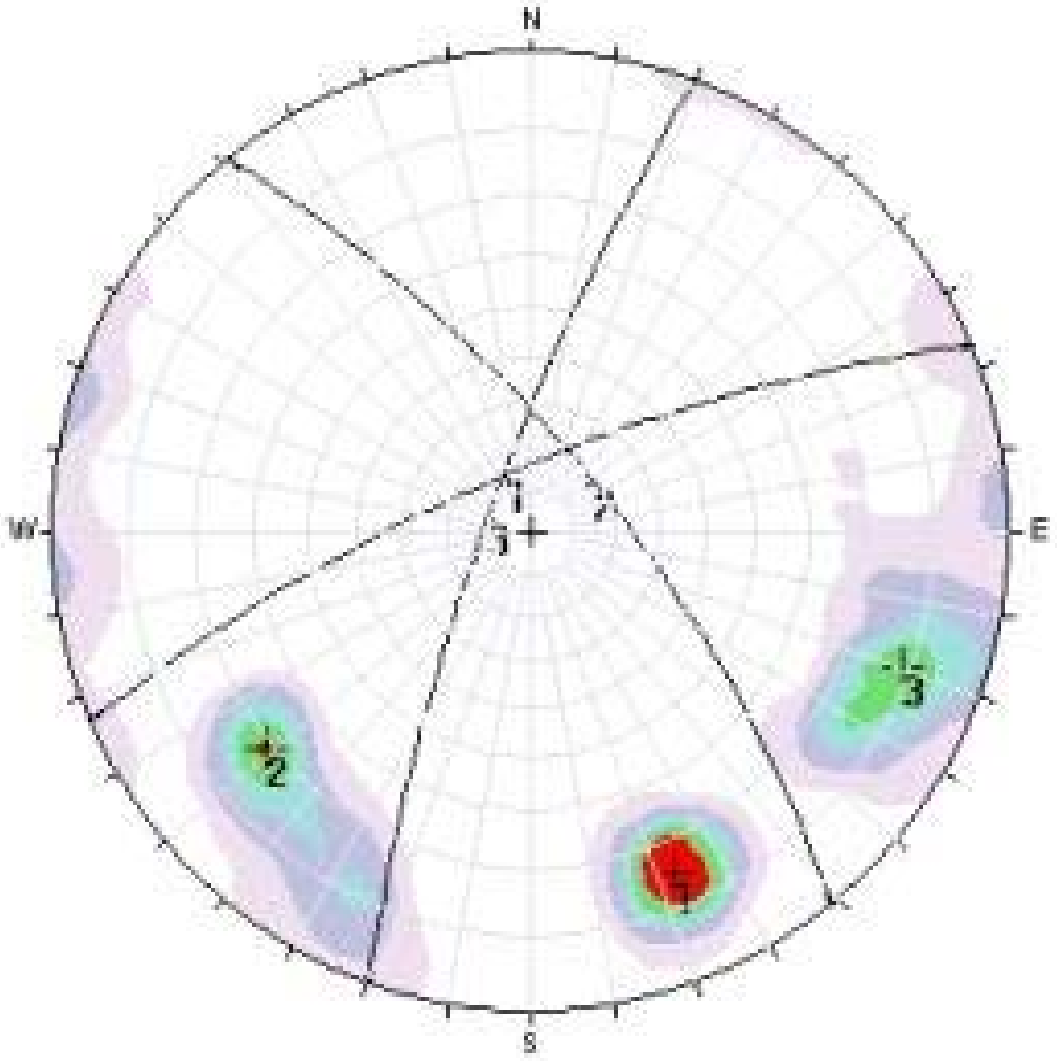


Apparent Strike
200 max planes / arc
at outer circle

Trend / Plunge of
Face Normal = 0, 90
(directed away from viewer)

No Bias Correction

1572 Planes Plotted
Within 45 and 90
Degrees of Viewing
Face



Fisher
Concentrations
% of total per 1.0 % area

0.00 – 2.00 %
2.00 – 4.00 %
4.00 – 6.00 %
6.00 – 8.00 %
8.00 – 10.00 %
>10.00 %

No Bias Correction
Max. Conc. = 12.6945 %

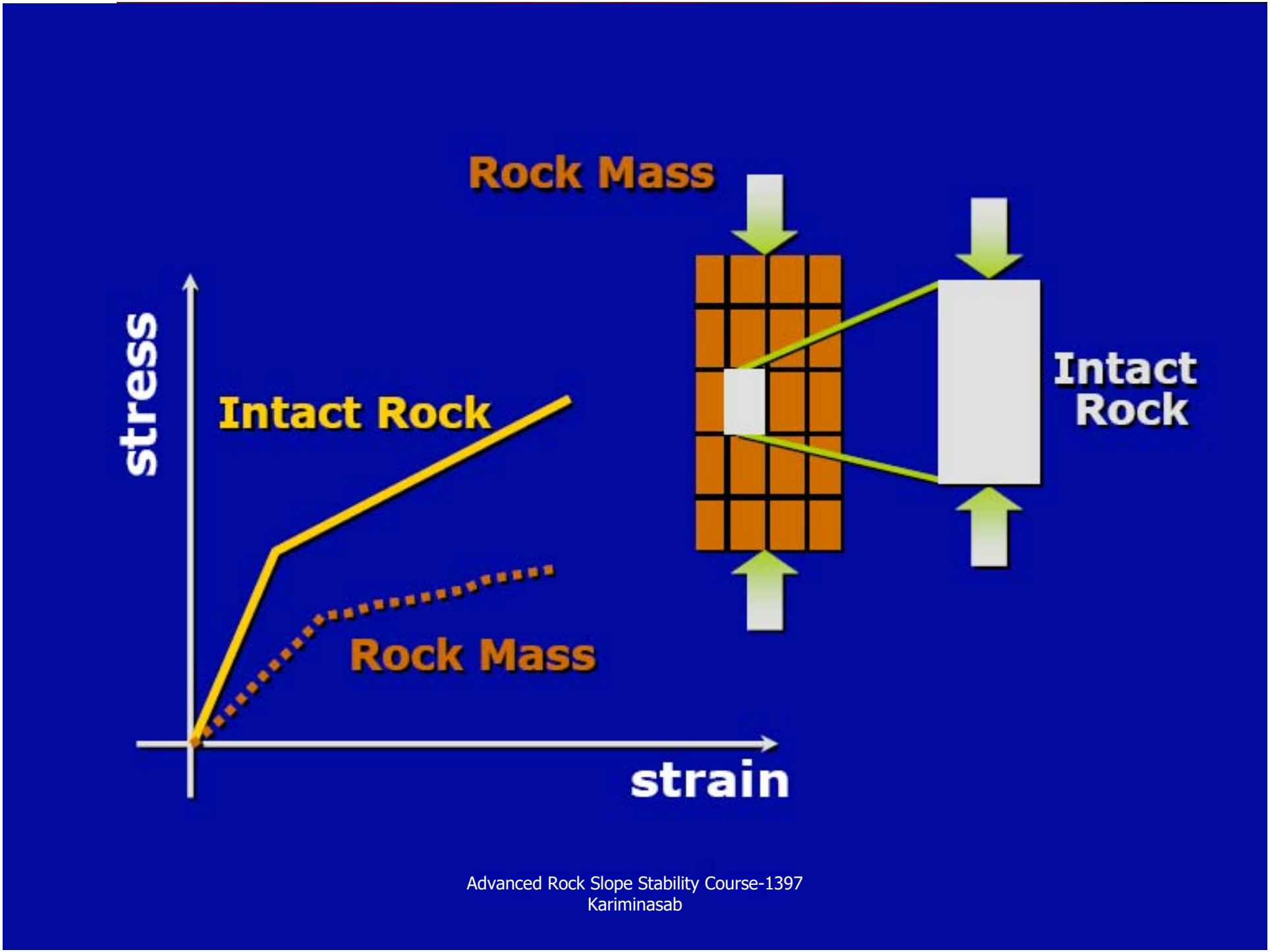
Equal Angle
Lower Hemisphere
1603 Poles
101 Entries

Take Home??!!

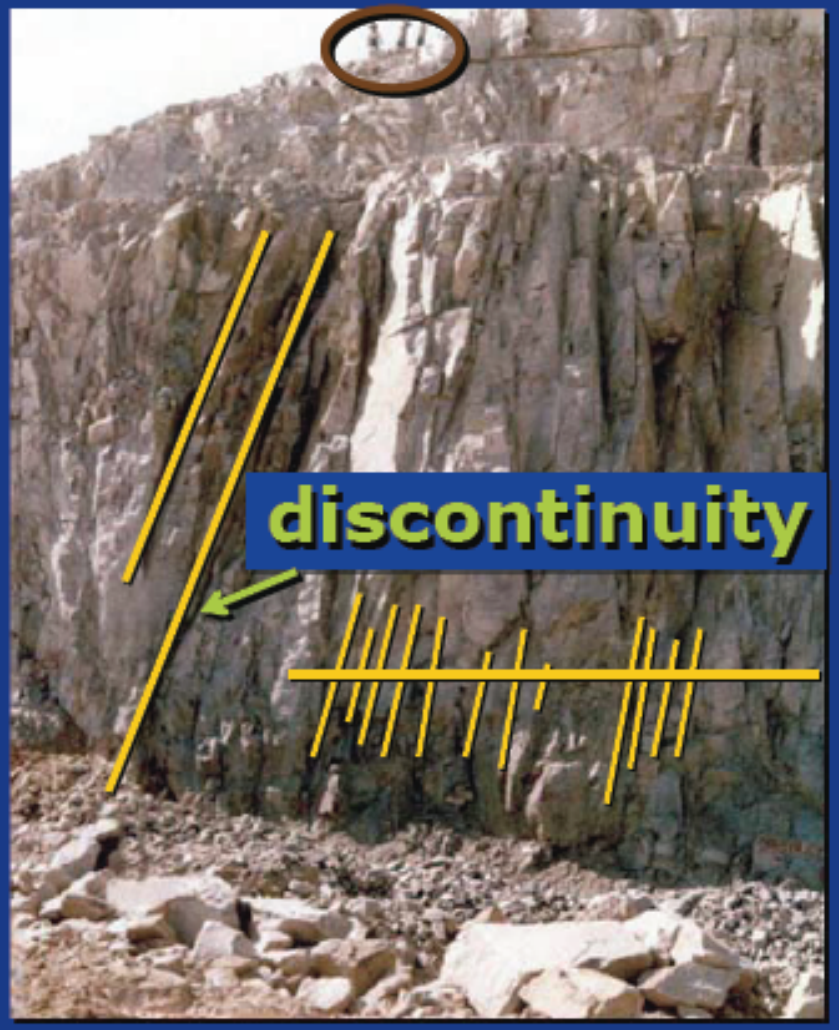
- فرق شبکه های مساحت مساوی و زاویه مساوی در چیست؟

- **به کمک نرم افزار MATLAB تصویر استرئوگرافیک (Lambert) یا شبکه اشمیت را ترسیم نمائید.**


Rock Mass
Intact Rock


Rock Mass
stress
Intact Rock
Rock Mass
strain
Intact
Rock

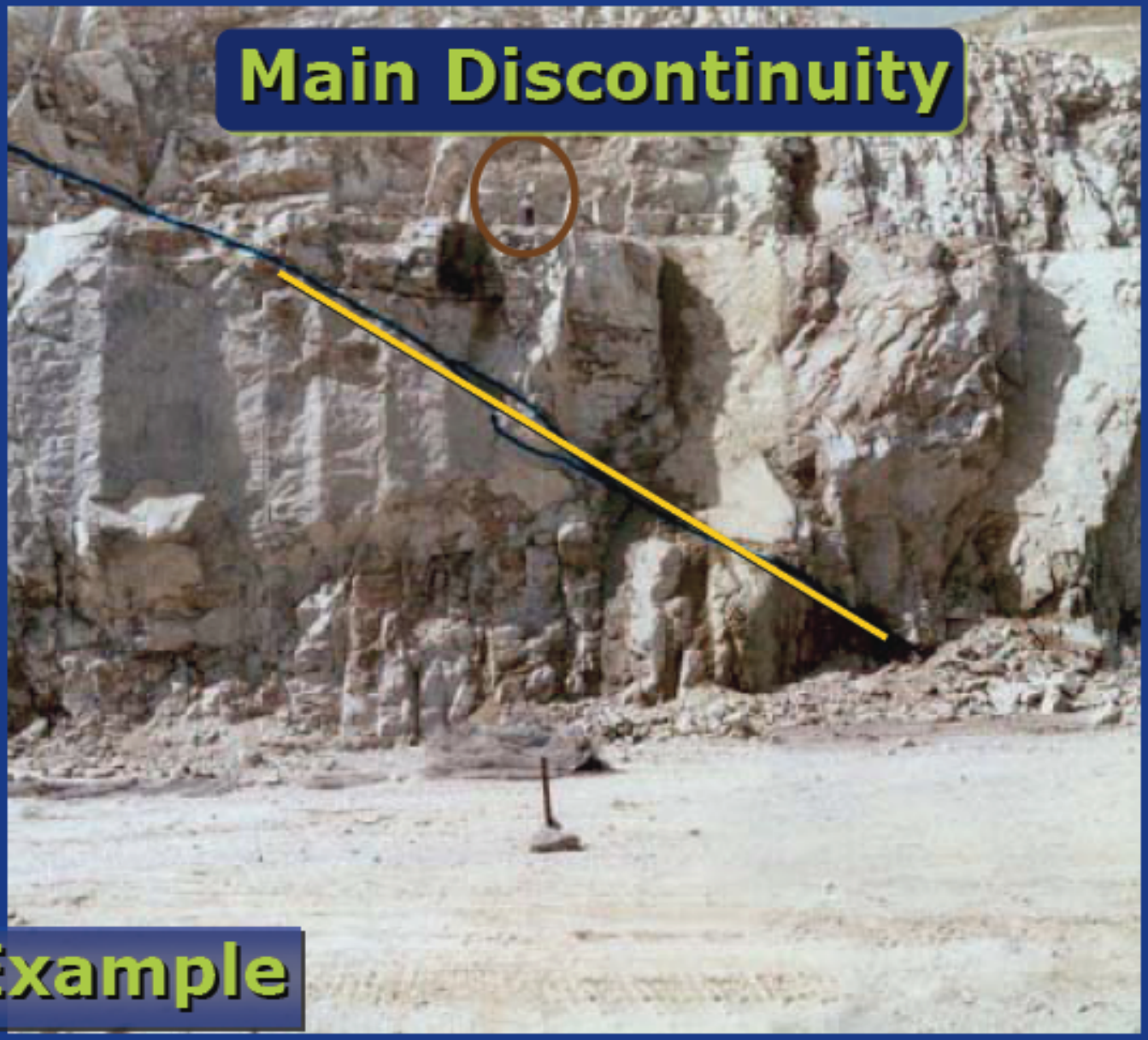
A Discontinuity is associated with weak planes/surfaces within a rock mass. It is the collective term for joints, weak bedding planes, weak schistosity planes, weakness zones and faults



Discontinuity Sets

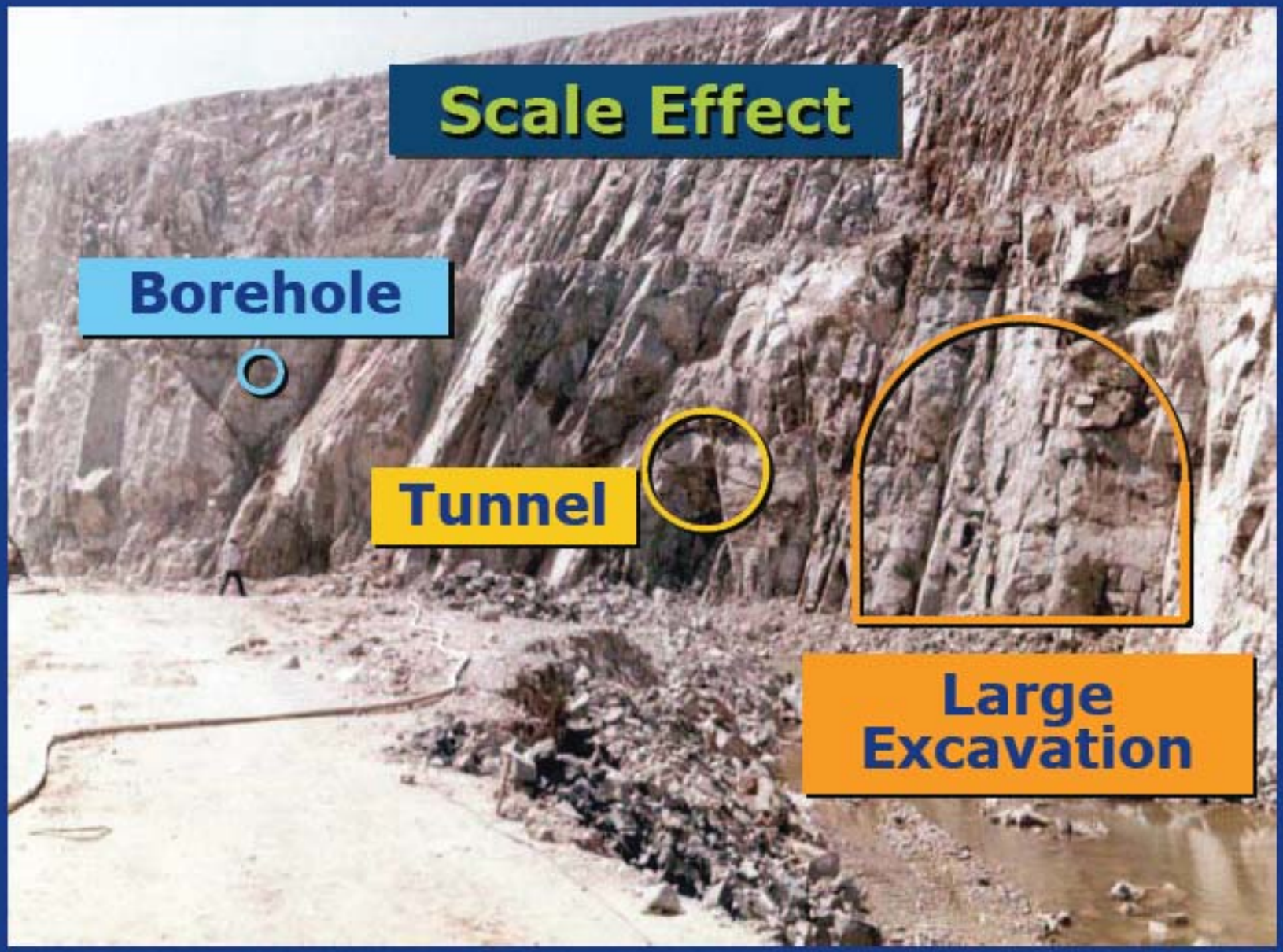
Discontinuities do not occur at completely random orientations: they occur for good mechanical reasons with some degree of "clustering" around preferred orientations associated with the formation mechanisms. Hence, it is convenient to consider the concept of discontinuity set (which consists of parallel or sub-parallel discontinuities) and the number of such sets that characterize a particular rock mass geometry


Rock Mass with
3 discontinuity sets



Example

A fault, with complex morphology


Scale Effect
Borehole
Tunnel
Large
Excavation

A twin tunnel is interacting with a rock mass at the portal



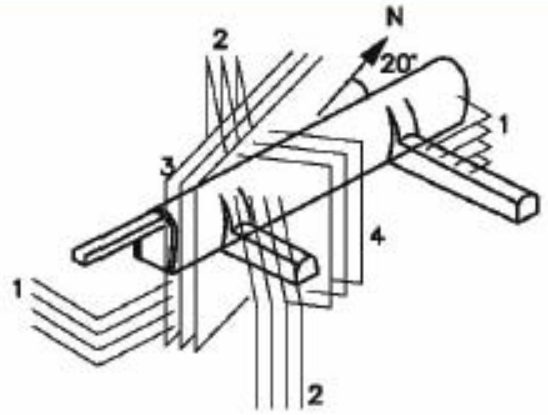
Tunnel Portal



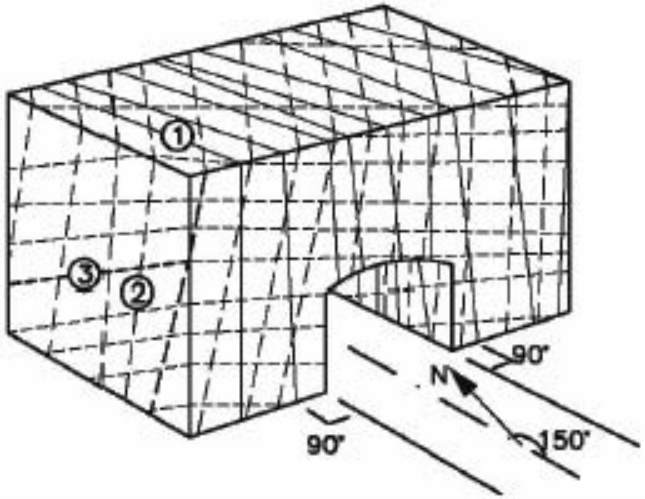
Orientation

Attitude of discontinuity in space. Described by the dip direction α (azimuth) and deep ψ of steepest declination in the plane of discontinuity. Example: dip direction/dip (015°/35°)

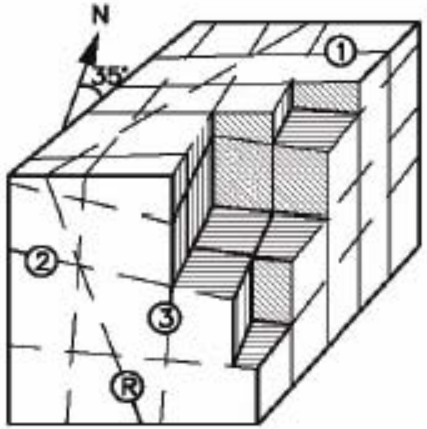
Perspective views and block diagrams for engineering structures



1. 200°/10°
2. 230°/85°
3. 095°/90°
4. 180°/86°



1. 055°/85°
2. 285°/70°
3. 030°/32°

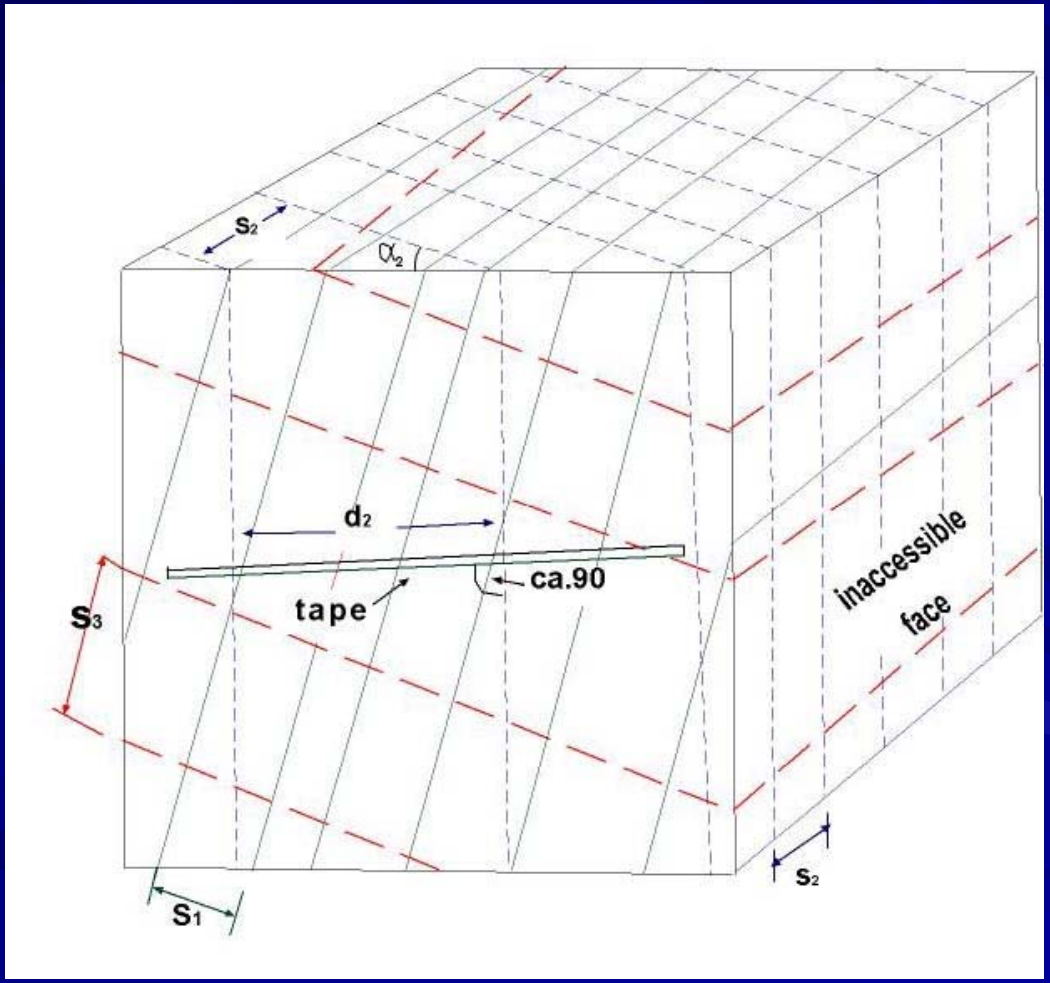


1. 200°/88°
2. 130°/15°
3. 285°/85°

Spacing

- یکی از ویژگیهای نا پیوستگی های توده سنگ، فاصله داری آنها است. بدین معنی که اگر در توده سنگ در امتداد یک خط، نا پیوستگیها را مورد مطالعه قرار دهیم، فواصل قائم ناپیوستگیهای هم خانوادهٔ متوالی از یکدیگر را فاصله داری گویند.
- فاصله داری بیانگر تعداد یا میزان فراوانی ناپیوستگیها در واحد طول است. باید فاصله داری ناپیوستگی ها را بصورت کمی بیان نمود.

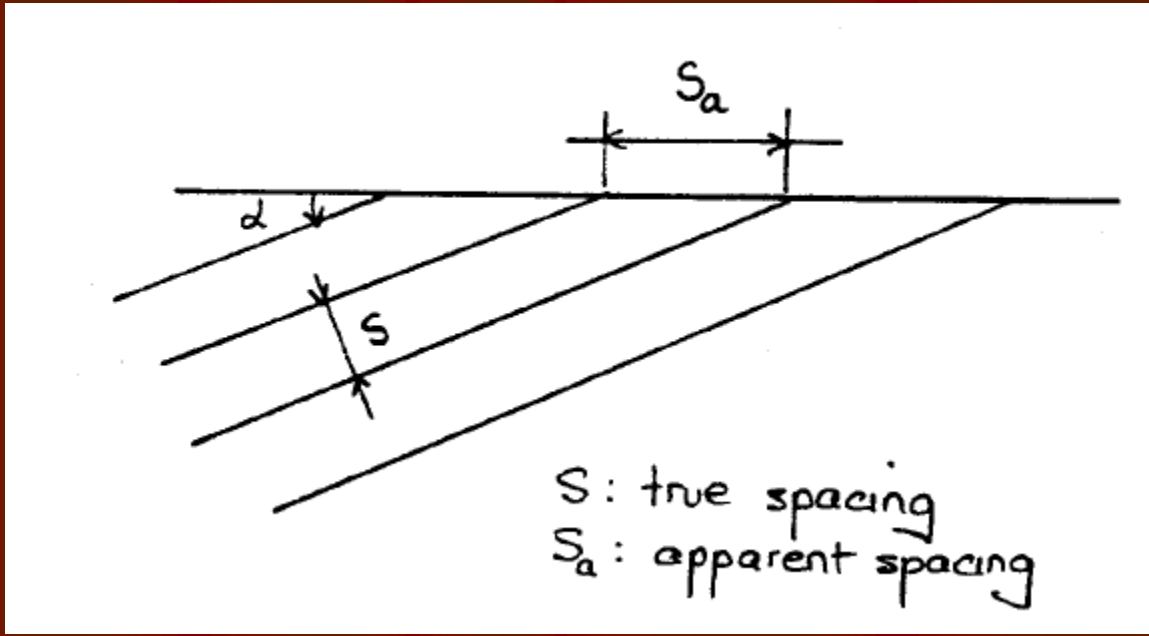
Spacing



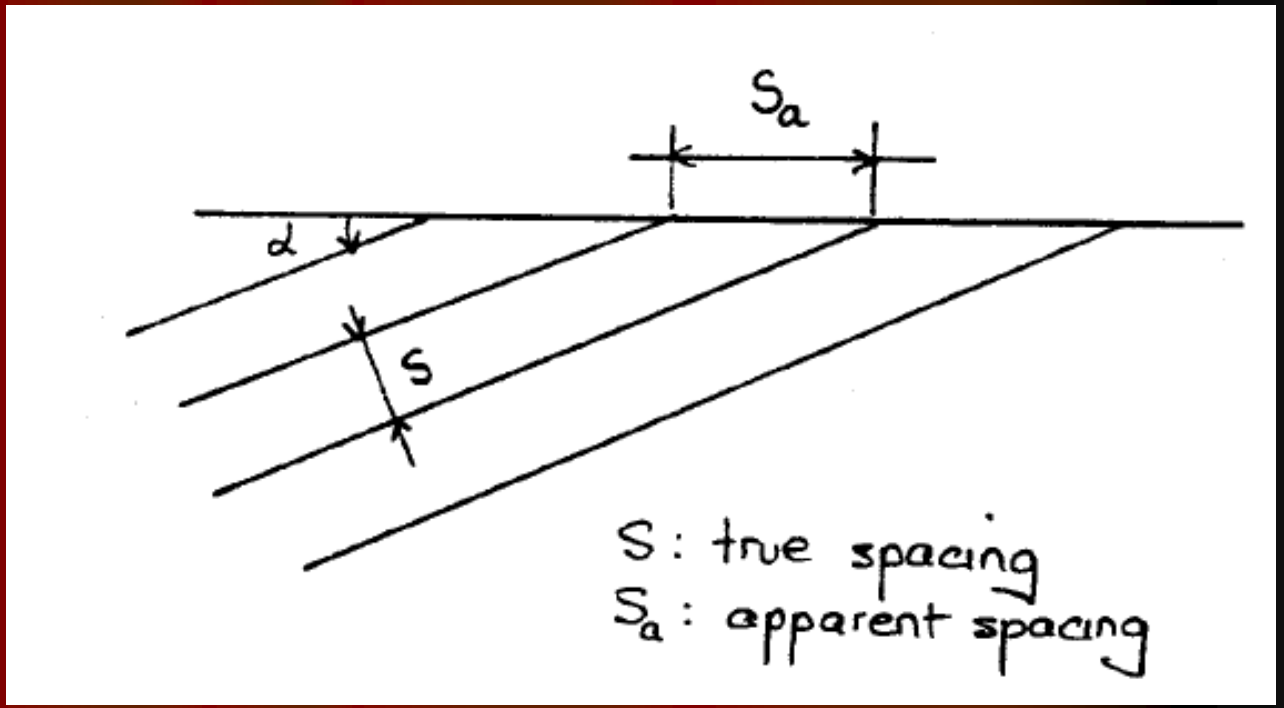
Spacing

Distance between adjacent discontinuity intesections with the measuring scanline. Frequency (i.e. the number per unit distance) is the reciprocal of spacing (i.e. the mean of these intersection distances)

Relation between S & S_a

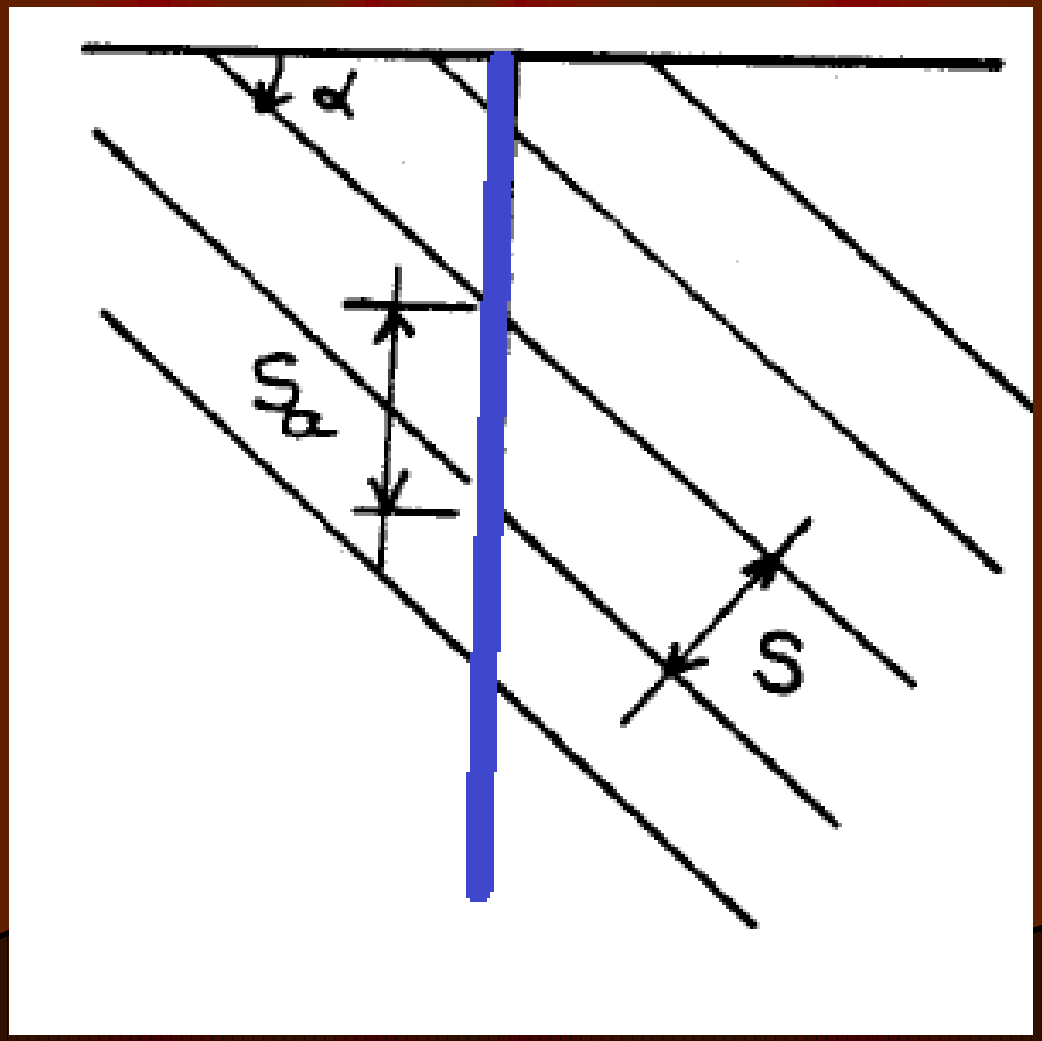


Relation between S & S_a

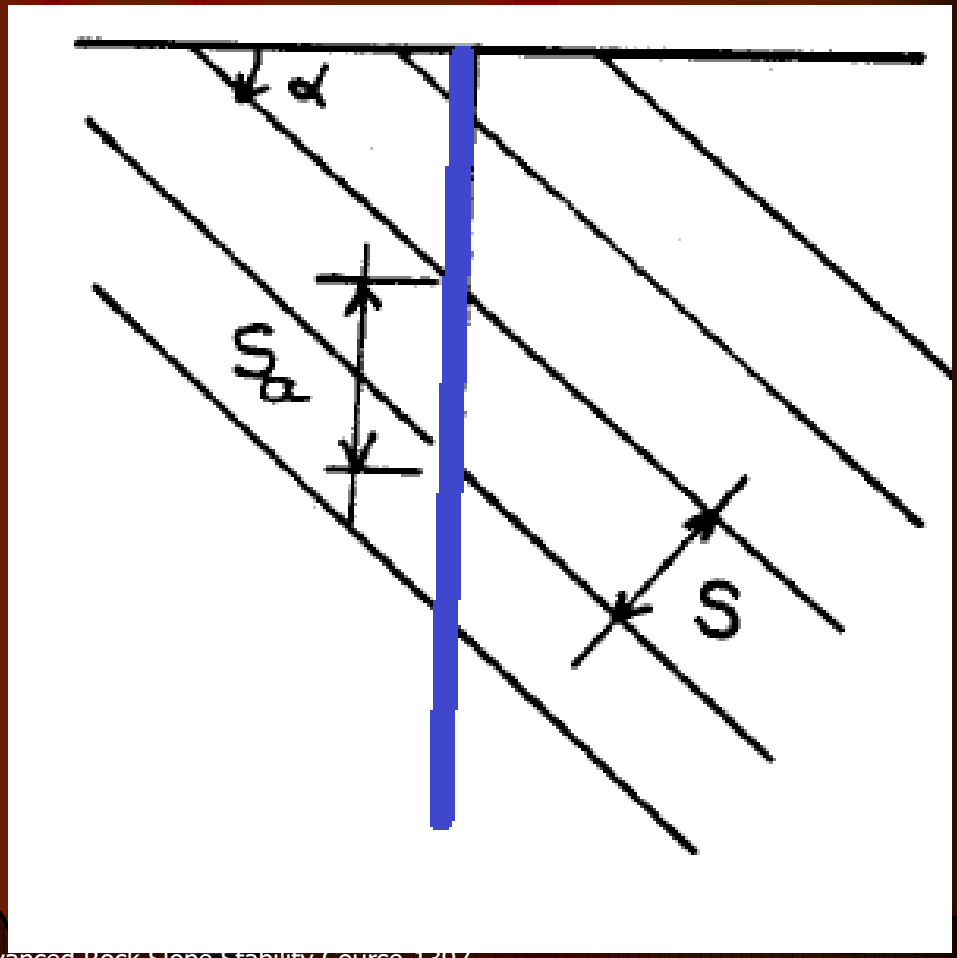


$$S = S_a \sin\alpha$$

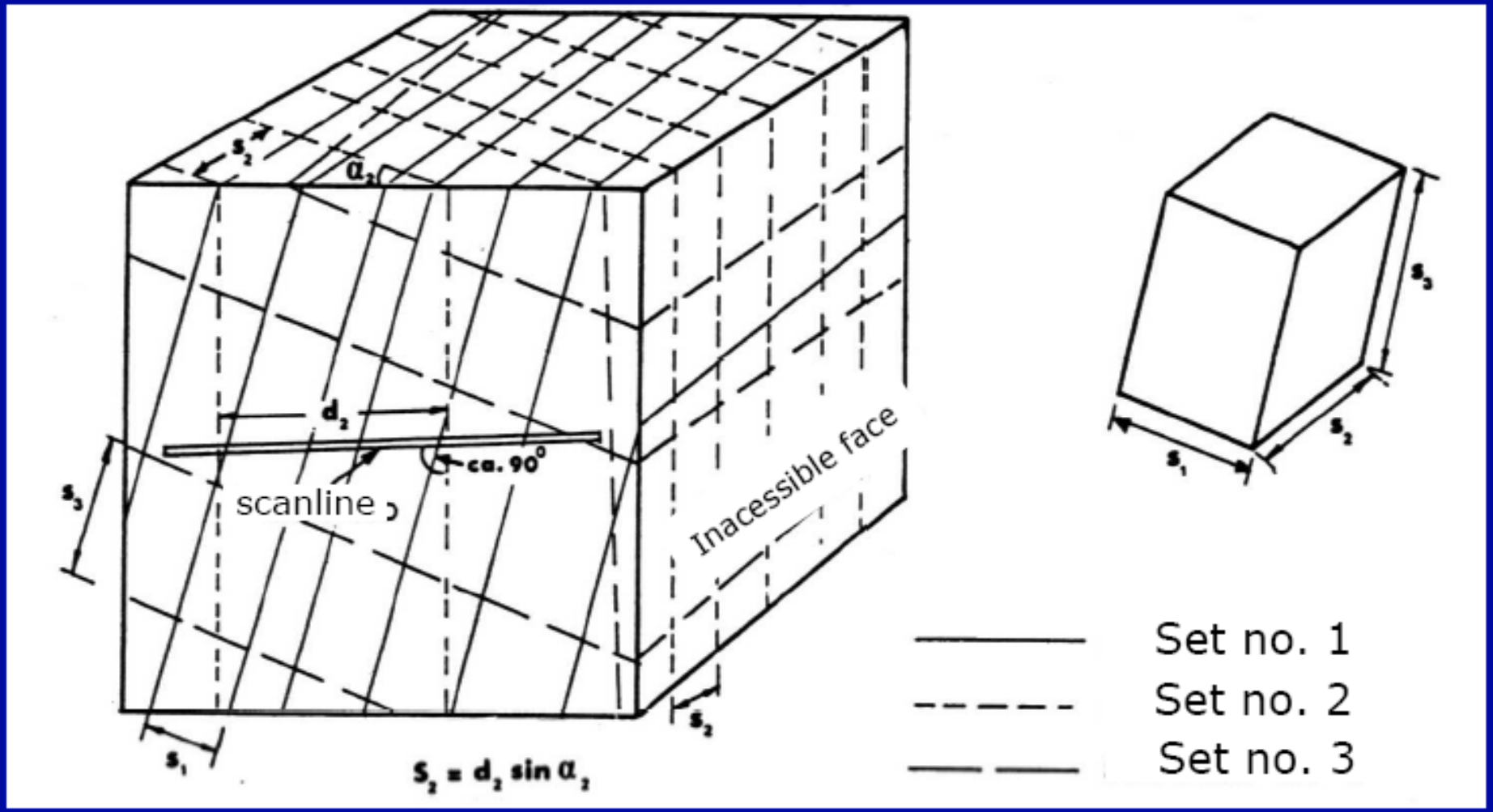
Relation between S & S_a



Relation between S & S_a



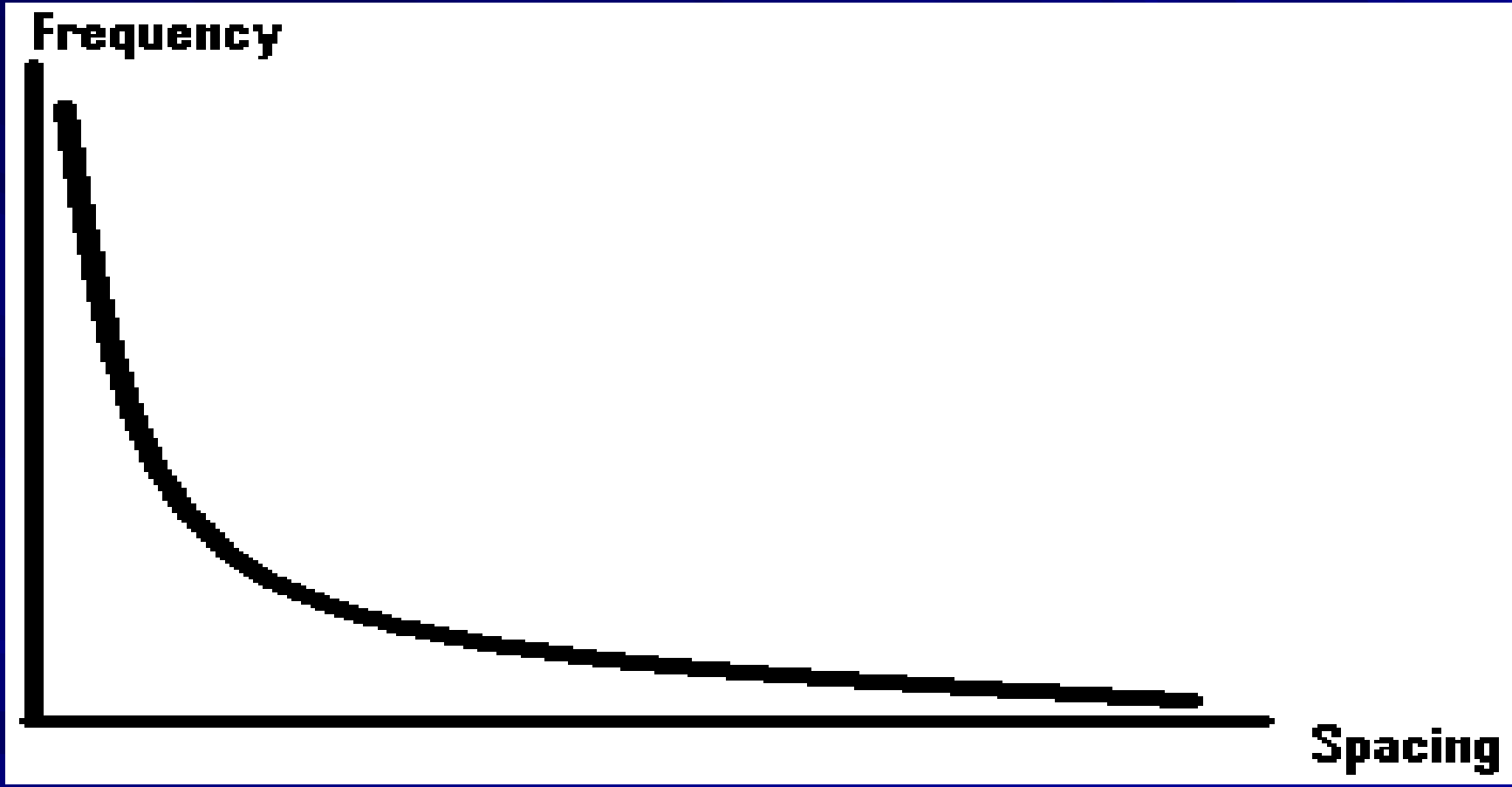
$$S = S_a \cos \alpha$$


s_2
α_2
d_2
ca. 90°
scanline
s_3
Inacessible face
s_1
s_2
$S_2 = d_2 \sin \alpha_2$
s_3
s_2
s_1
Set no. 1
Set no. 2
Set no. 3

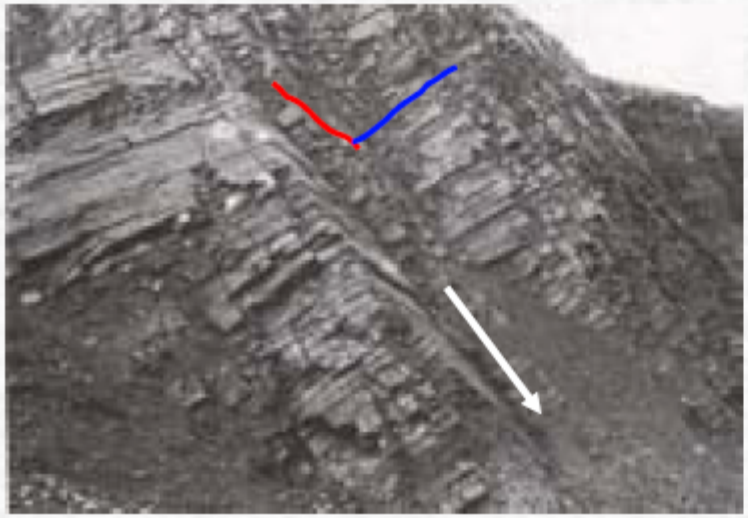
Spacing Classification (ISRM 1981)

Description	Discontinuity Spacing
Extremely Close Spacing	< 20 mm
Very Close Spacing	20 - 60 mm
Close Spacing	60 - 200 mm
Moderate Spacing	200 - 600 mm
Wide Spacing	600 - 2000 mm
Very Wide Spacing	2000 - 6000 mm
Extremely Wide Spacing	> 6000 mm

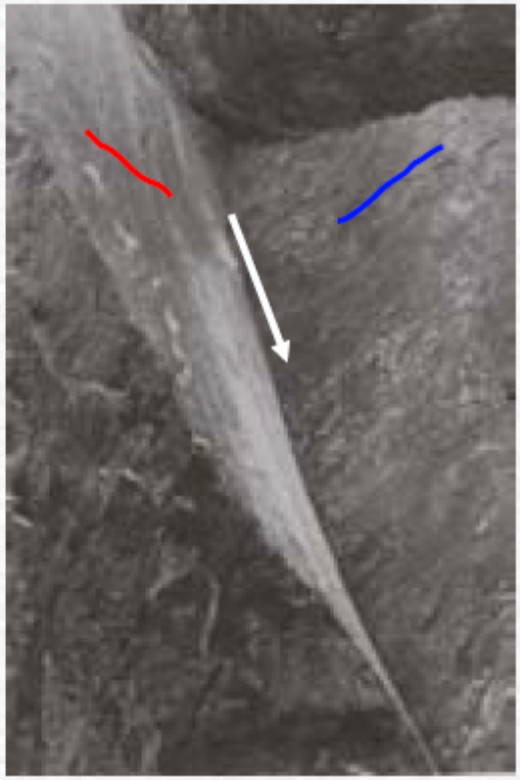
توزیع آماری فاصله داری نا پیوستگی ها



DISCONTINUITY SPACING AND VOLUME

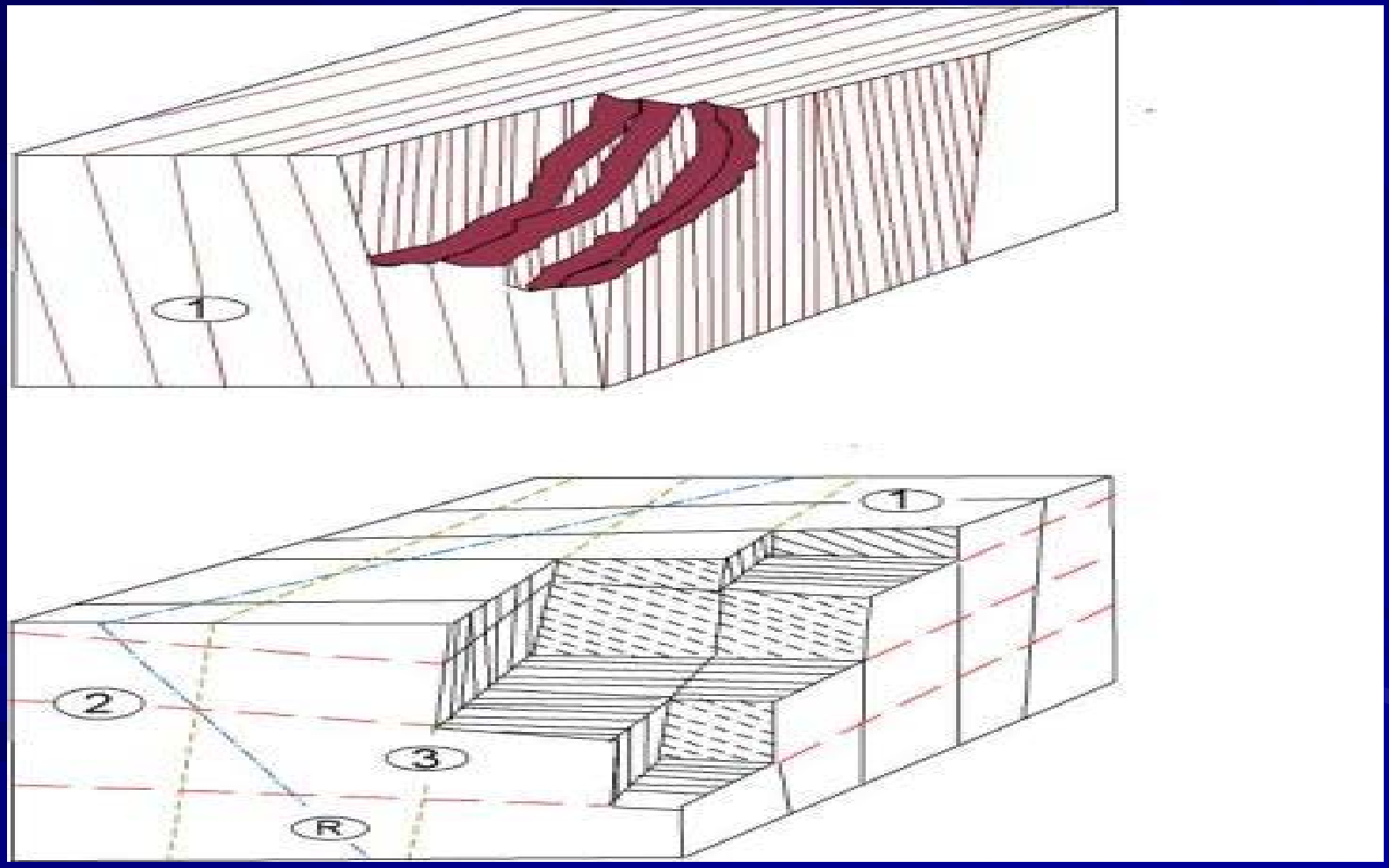


Closely spaced jointing - ravelling

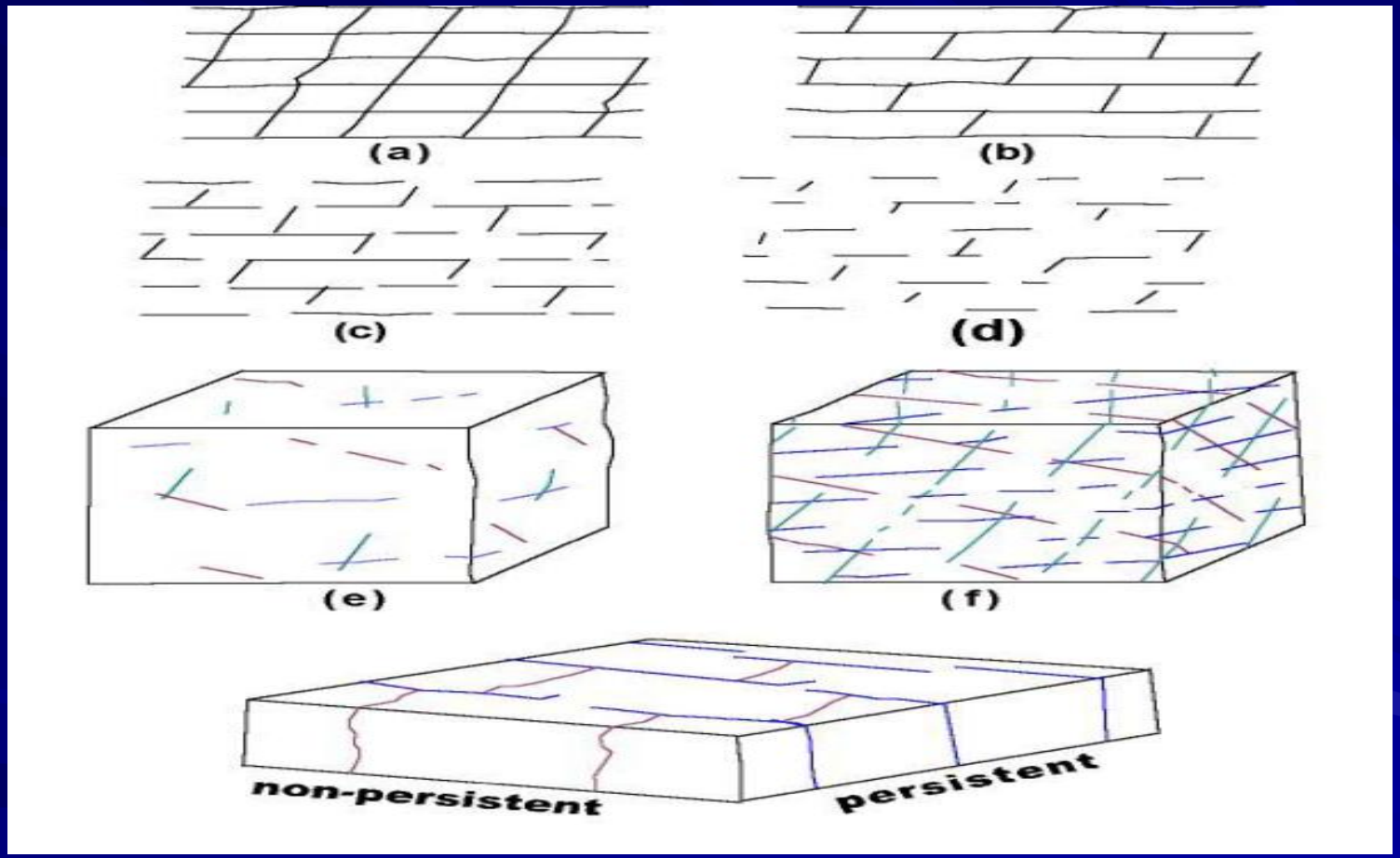


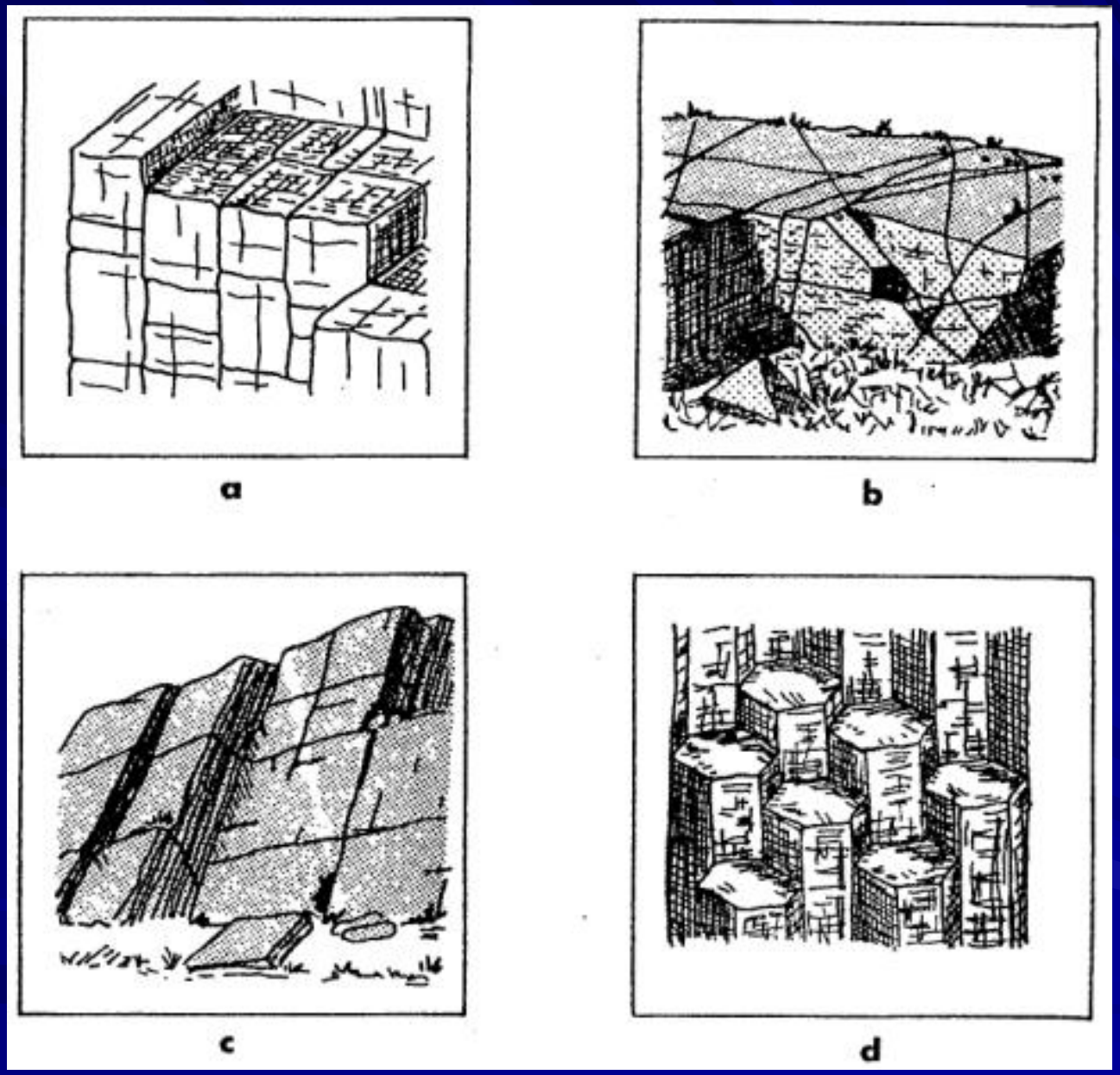
Widely spaced jointing – large wedge

Persistence

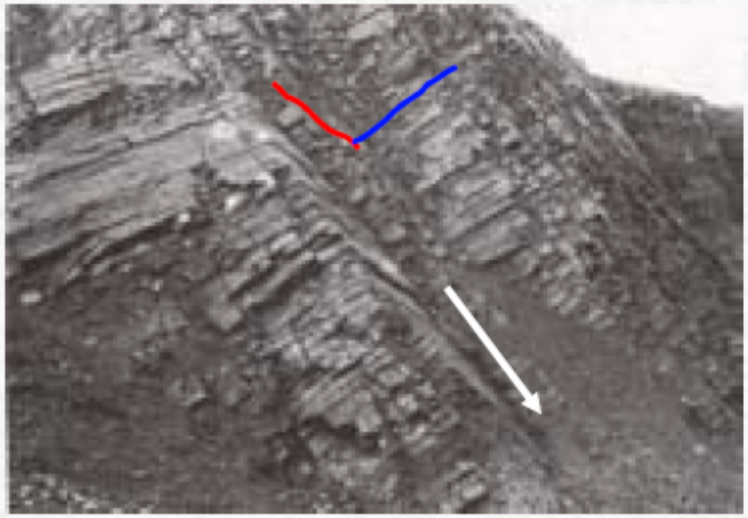


Persistence & Non-Persistence

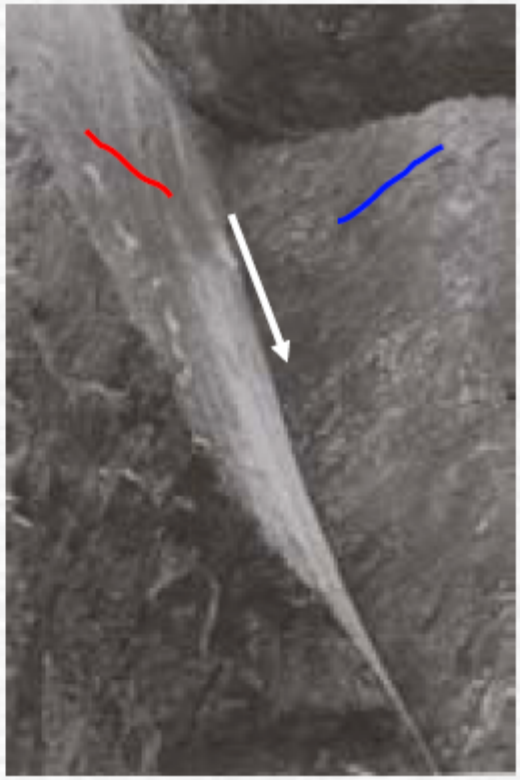



a
b
c
d

DISCONTINUITY SPACING AND VOLUME

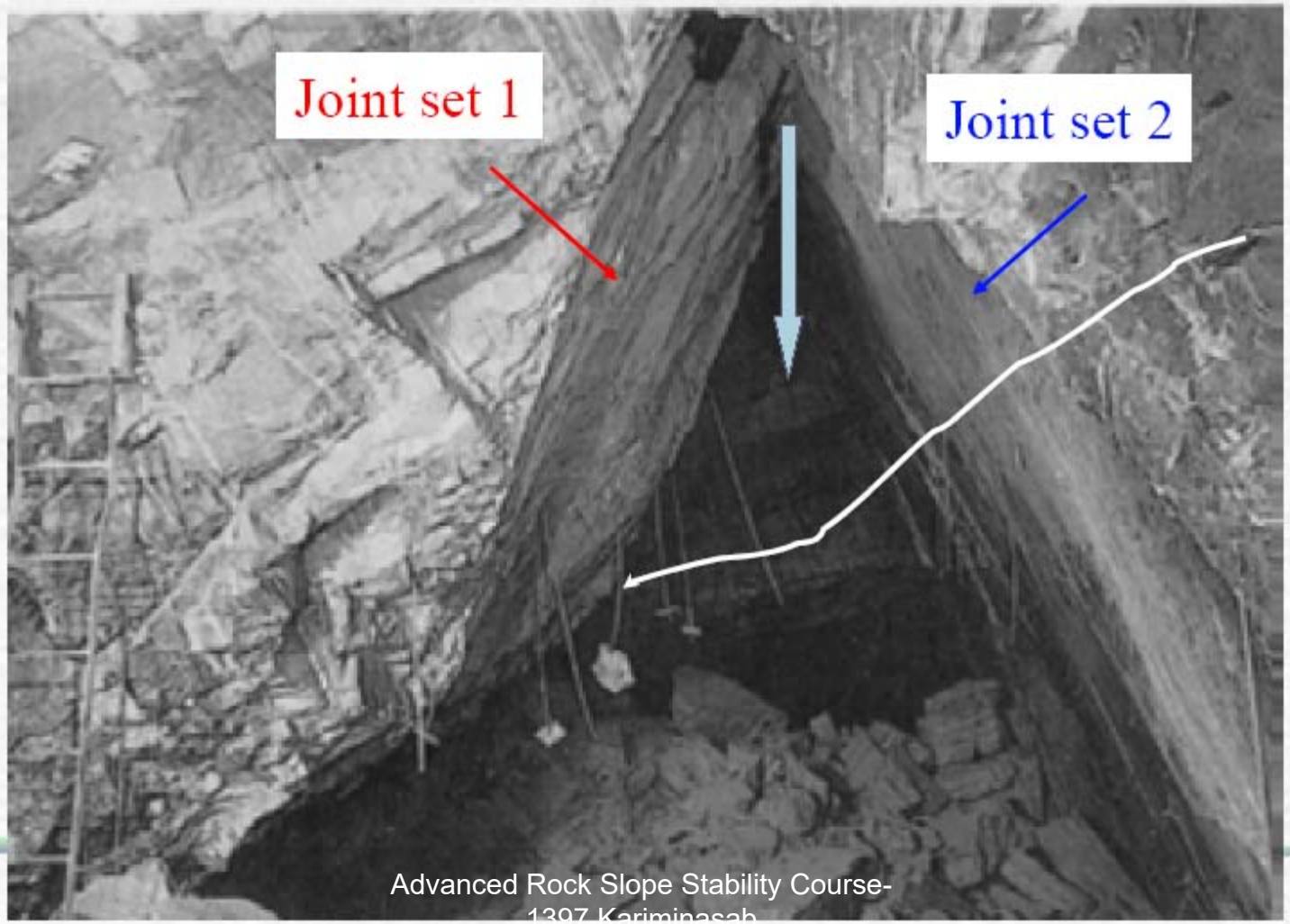


Closely spaced jointing - ravelling



Widely spaced jointing – large wedge

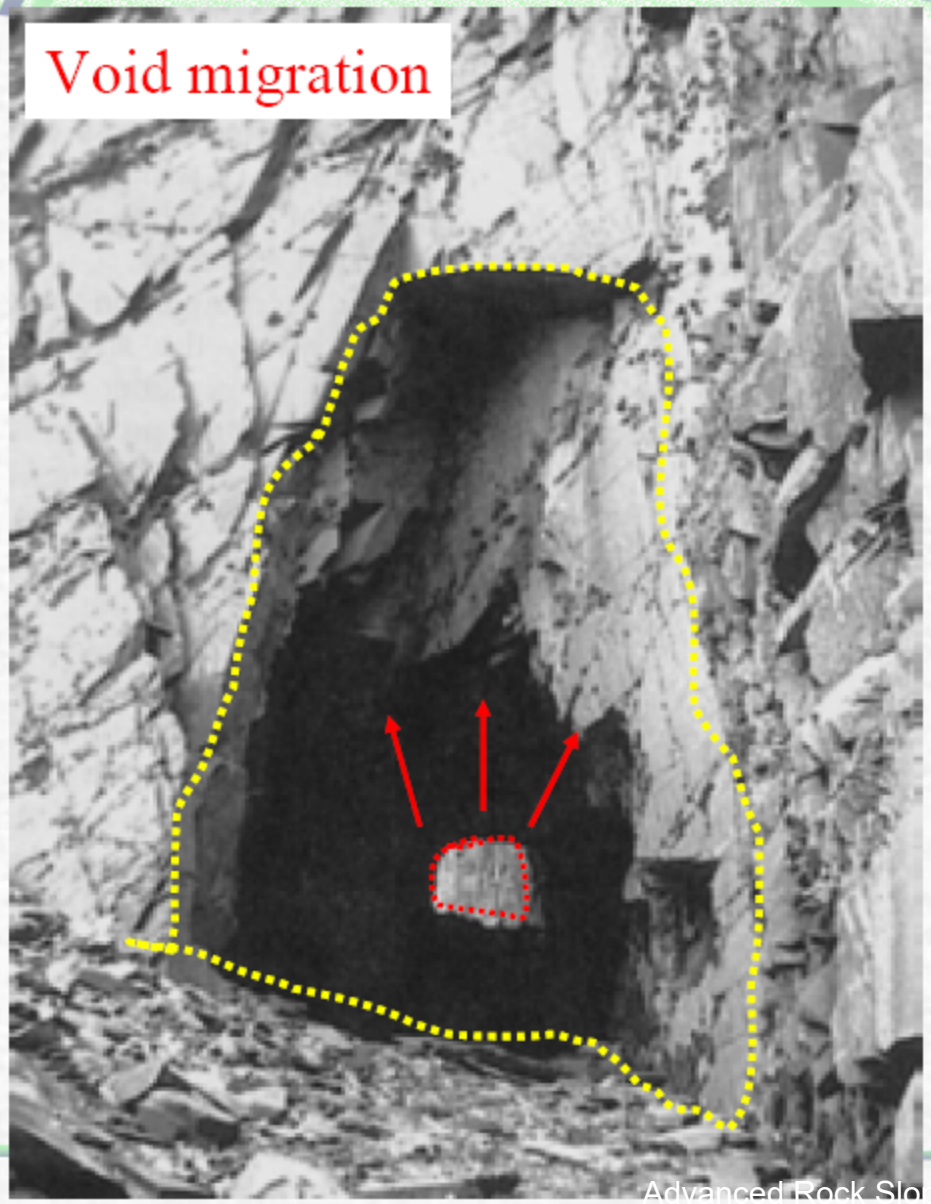
ROOF WEDGE FAILURE



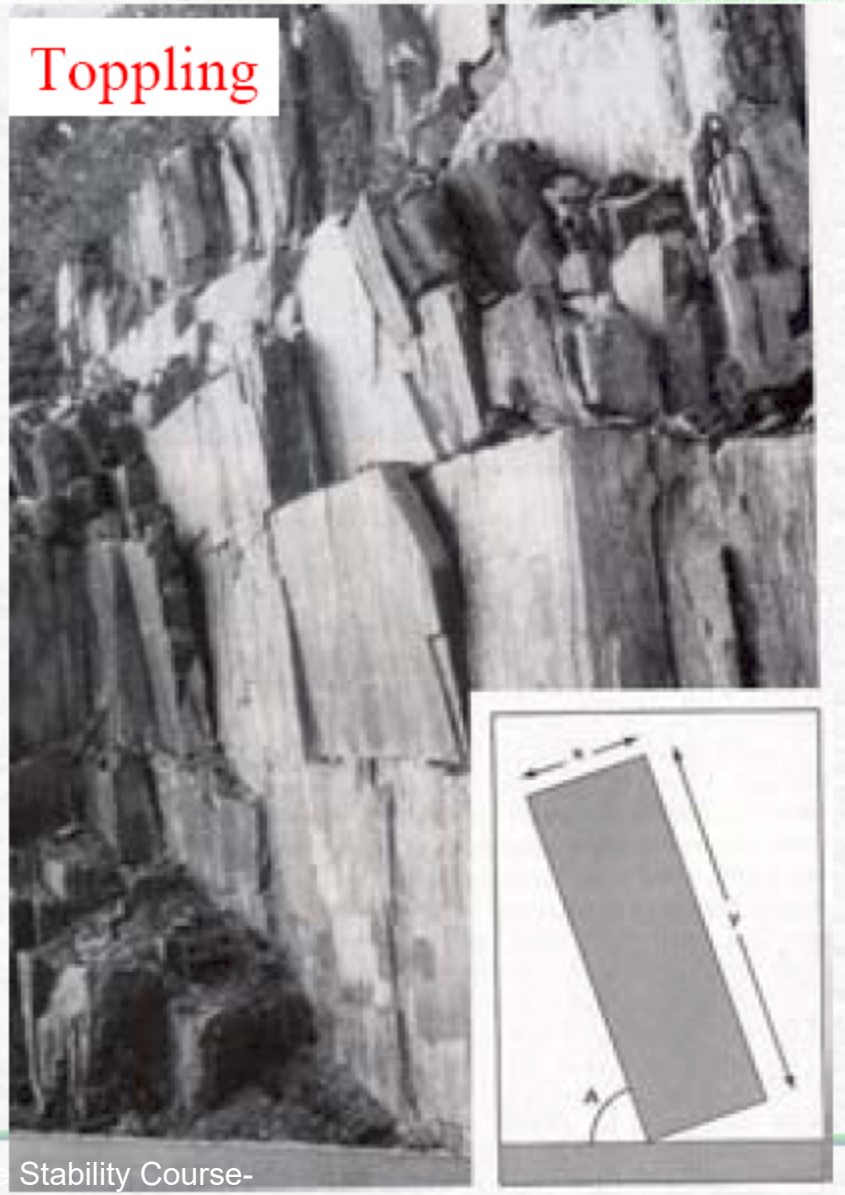
Bolts !

INFLUENCE OF JOINTING

Void migration



Toppling



Rock Quality Designation (RQD)

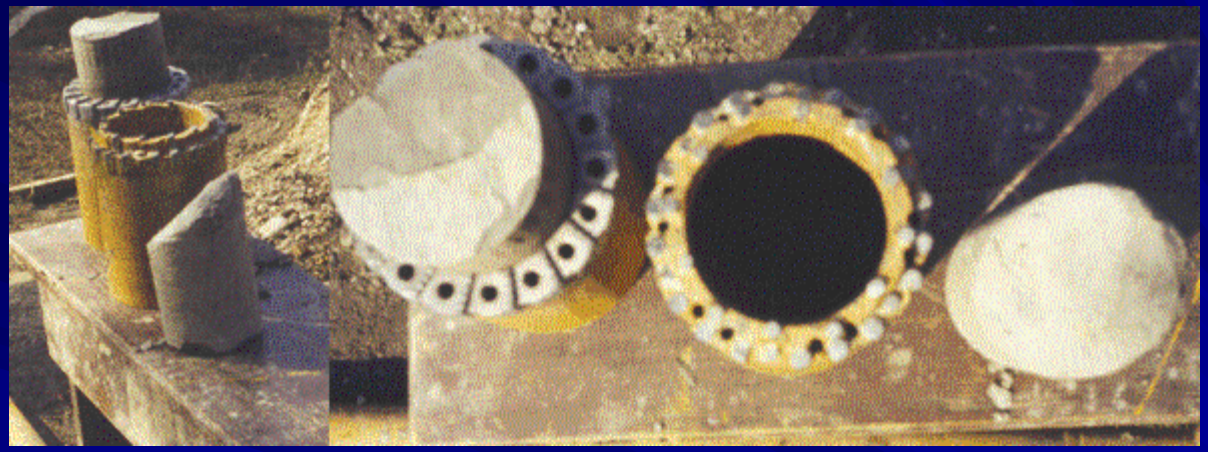
$$RQD = 100 \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{L}$$

x_i : طول قطعات سالم سنگ بیشاز 10 سانتیمتر

L : طول خط بررسي يا چاه حفاري كه مقدار RQD در آن امتداد مورد نياز است

n : تعداد كل قطعات سالم با طول بيش از 10 سانتيمتر

Core Drilling



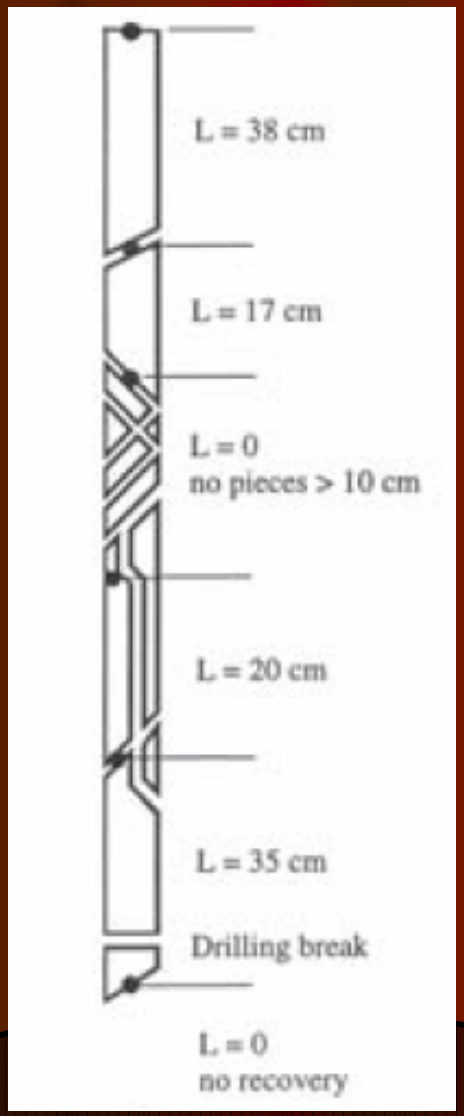




Soft Formation Core Bits
Pilot Profile Face Discharge

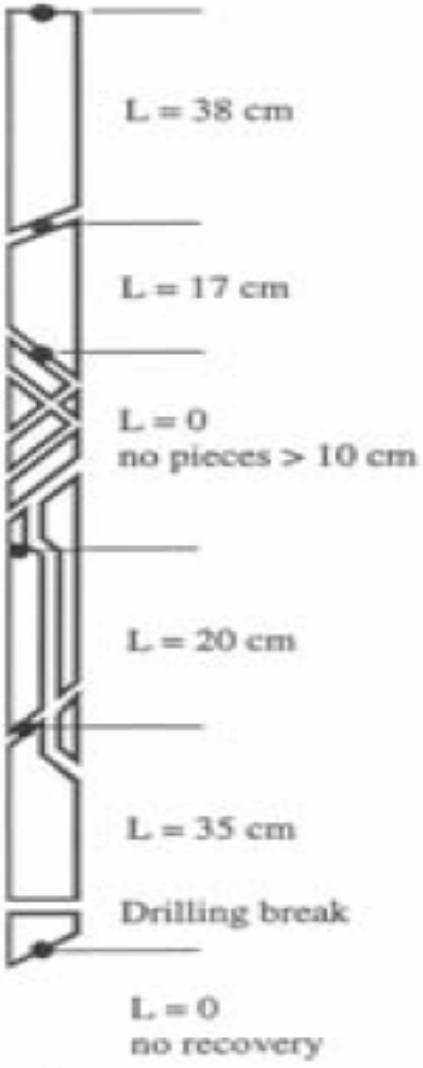


Quiz



Estimate the RQD value for total length of core run, 200cm.

Answer



Total length of core run = 200 cms

$$RQD = \frac{\sum \text{Length of core pieces} > 10\,\text{cm length}}{\text{Total length of core run}} \times 100\%$$

$$RQD = \frac{38+17+20+35}{200} \times 100\% = 55\%$$

- در صورتی که فاصله داری از توزیع نمایی منفی پیروی کند آنگاه:

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$$

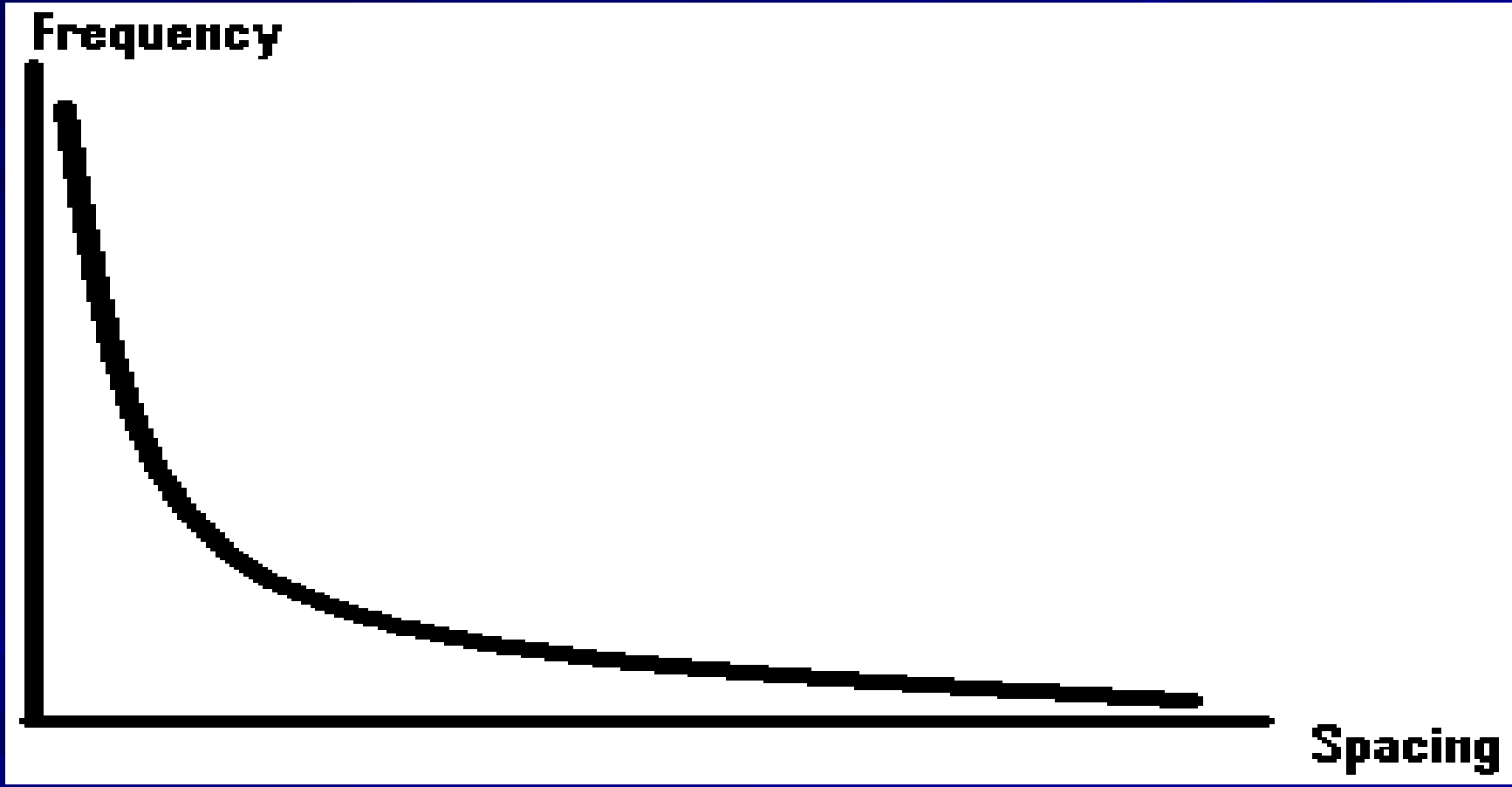
RQD

Jv

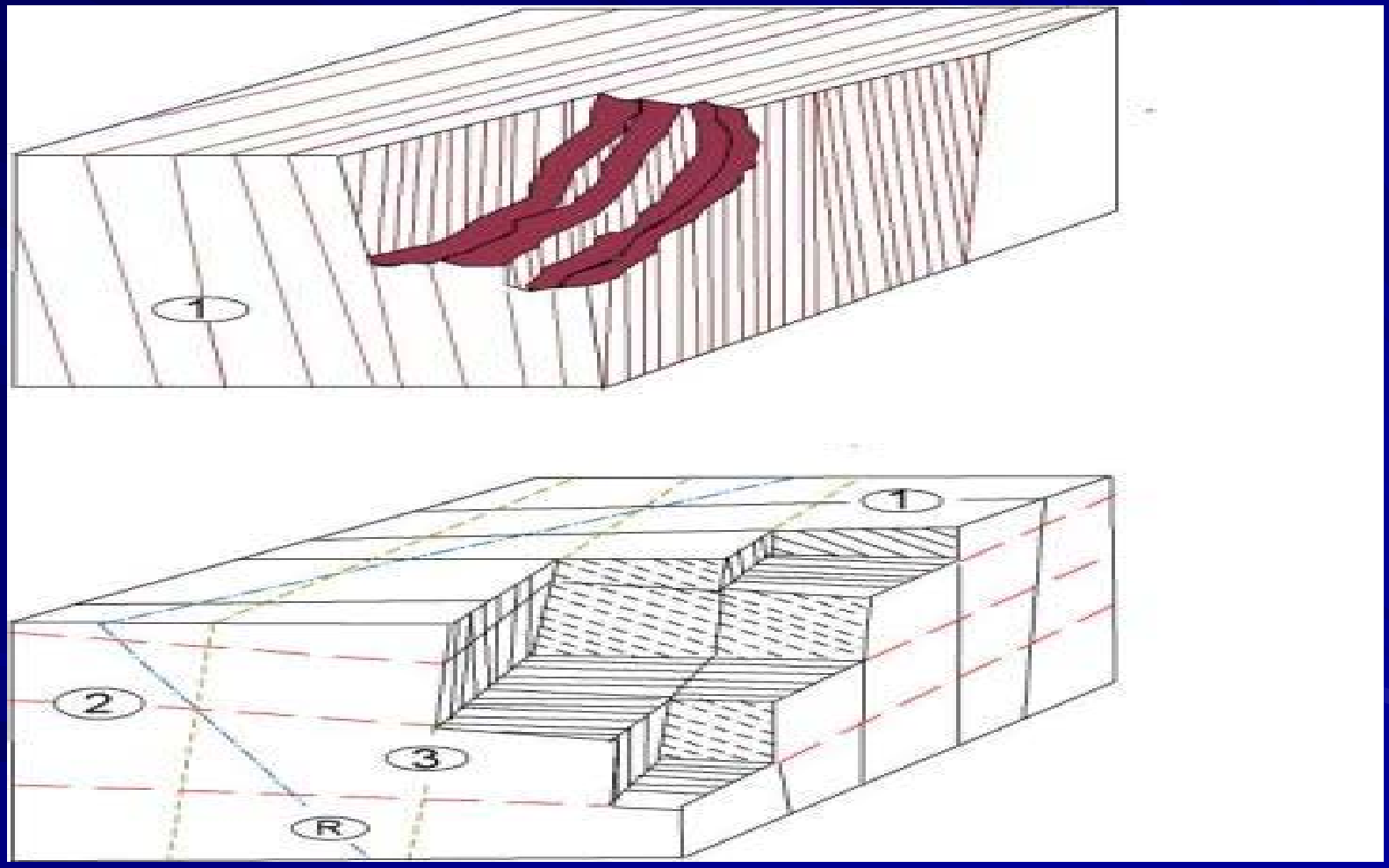
???

ROCK CORE ORIENTATION FOR MAPPING DISCONTINUITIES AND SLOPE STABILITY ANALYSIS

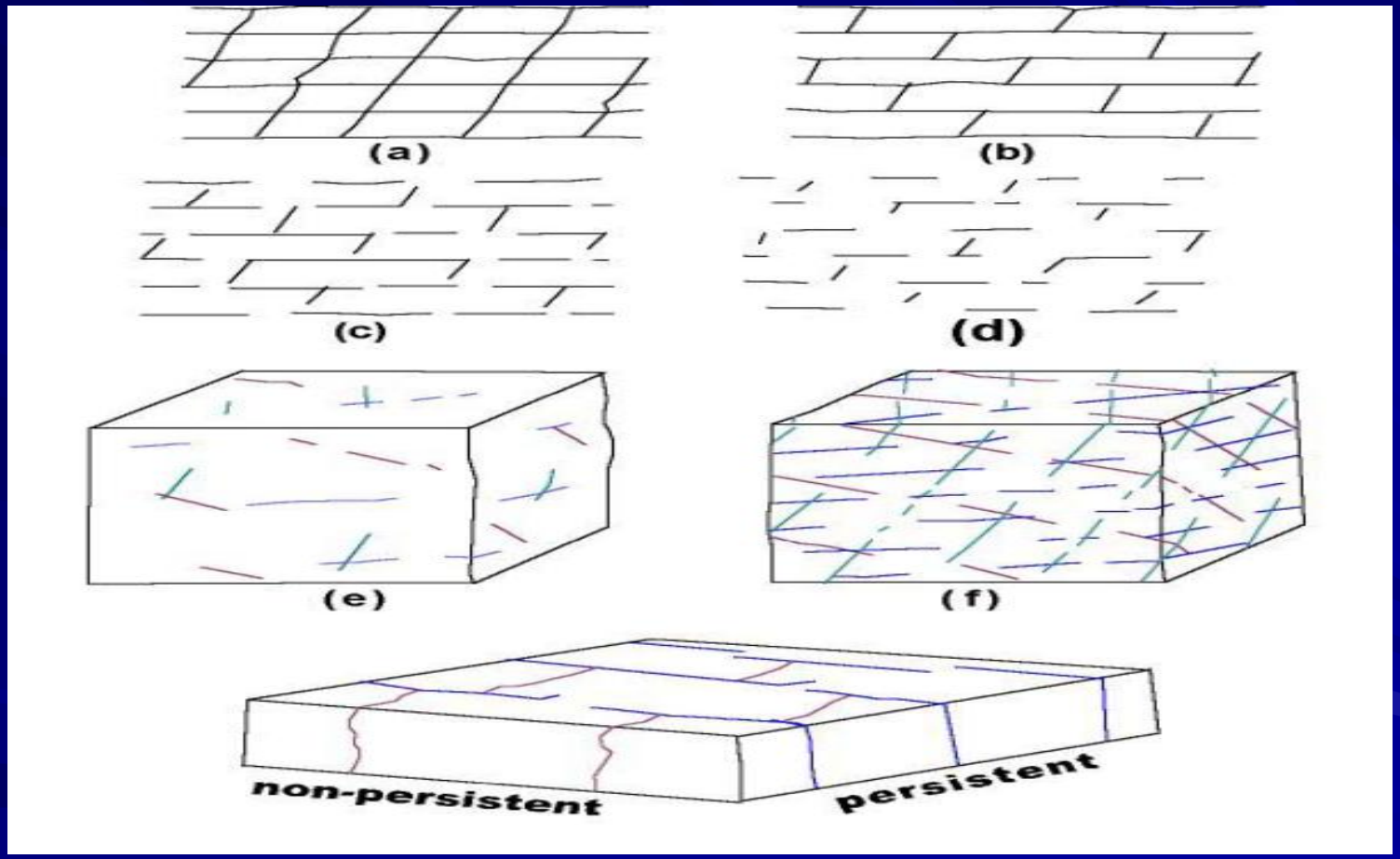
توزیع آماری فاصله داری نا پیوستگی ها



Persistence

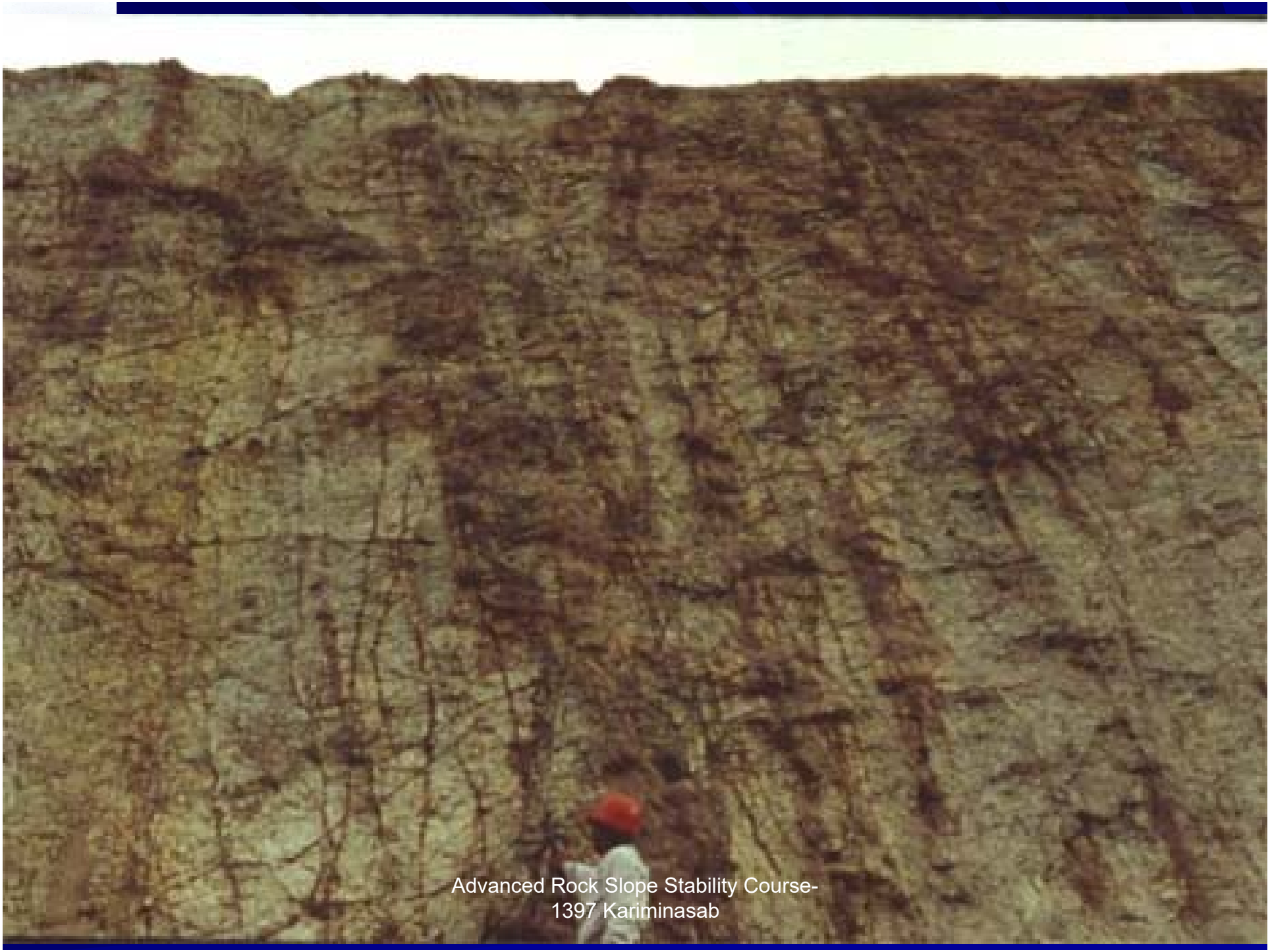


Persistence & Non- Persistence



Persistence Classification (ISRM 1981)

Description	Discontinuity Persistence
Very Low Persistence	< 1 m
Low Persistence	1 - 3 m
Medium Persistence	3 - 10 m
High Persistence	10 - 20 m
Very High Persistence	> 20 m


Advanced Rock Slope Stability Course-
1397 Kariminasab

ویژگیهای نا پیوستگیهای توده سنگ

ویژگیهای فیزیکی سطح نا پیوستگی

- زبری و موجداری
- هوازدگی و دگرسانی
- دهانه باز شدگی
- نوع و میزان مواد پر کننده
- آب

Joint Roughness Profiler



JOINT ROUGHNESS PROFILER

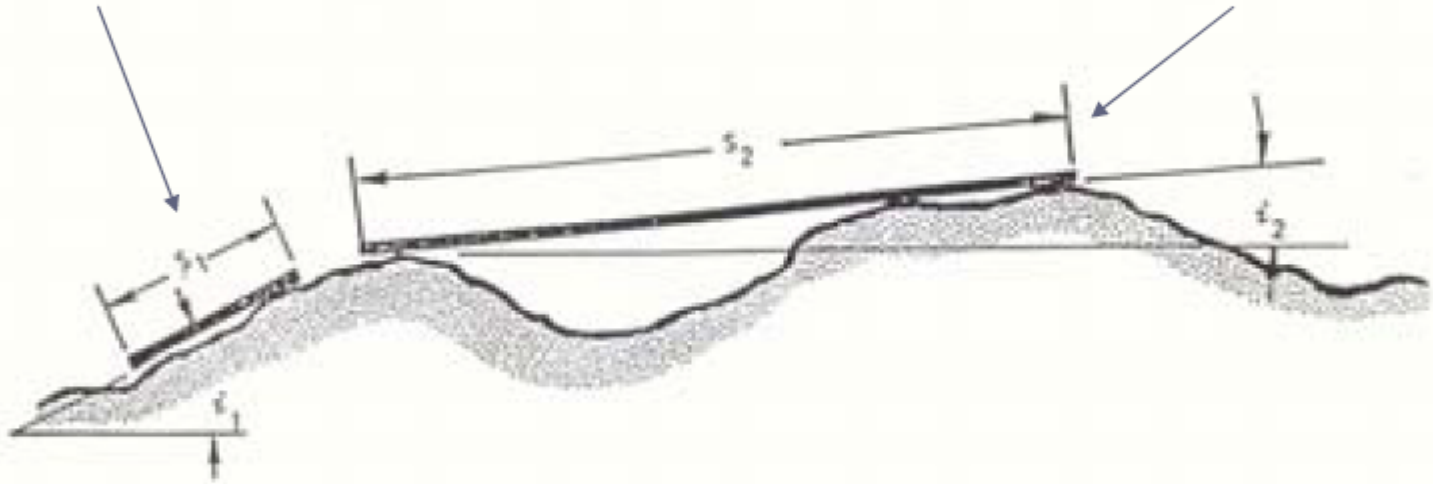




SURFACE ROUGHNESS

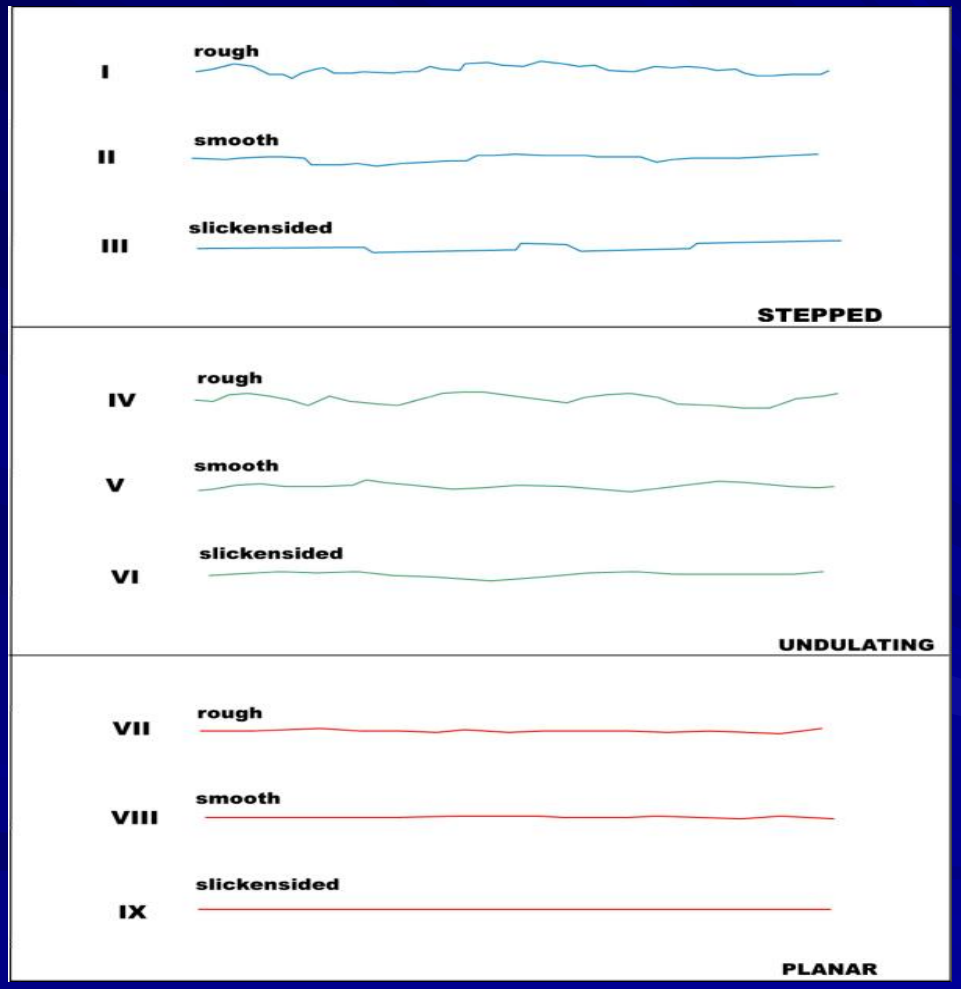
Short base: High values

Long base: Lower values

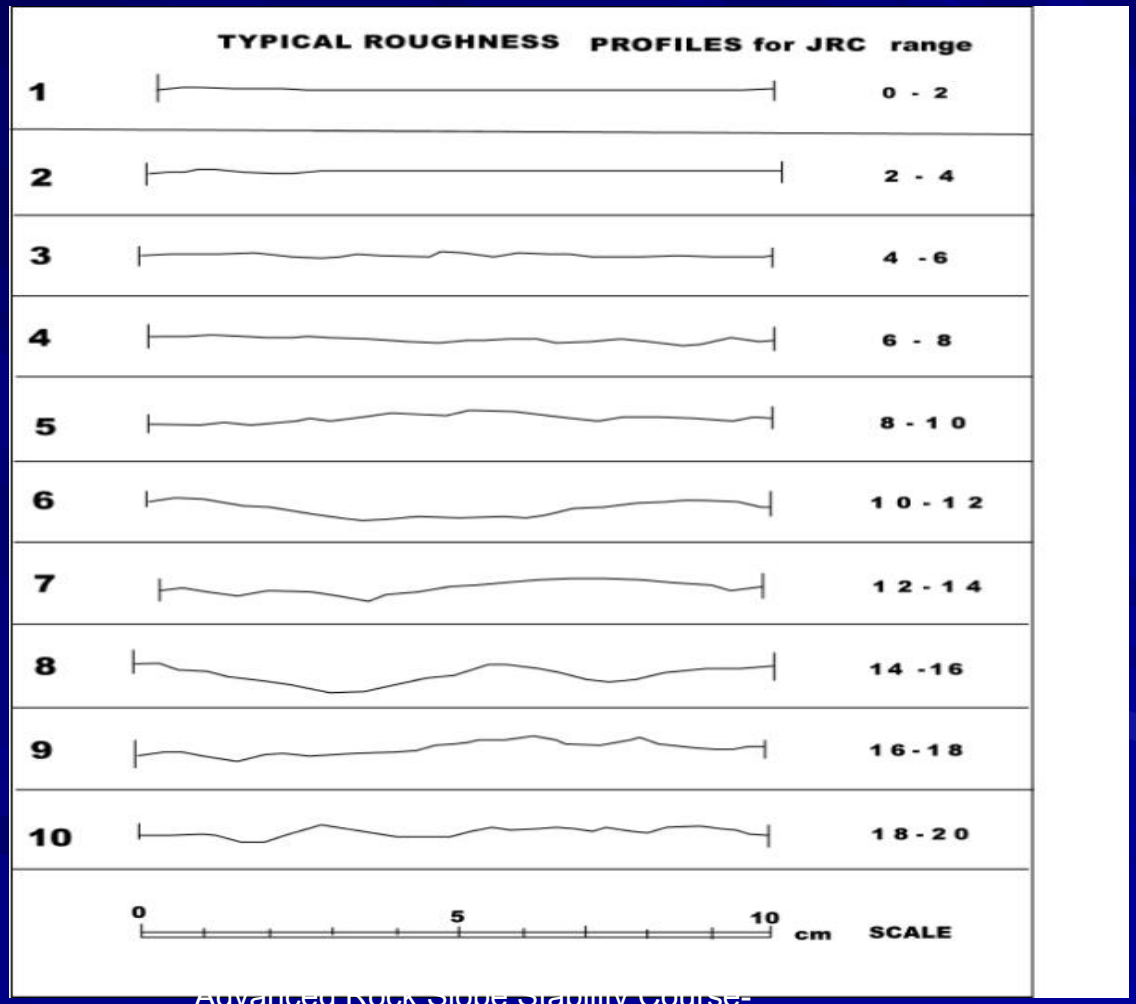


Measurement of surface roughness with different base lengths

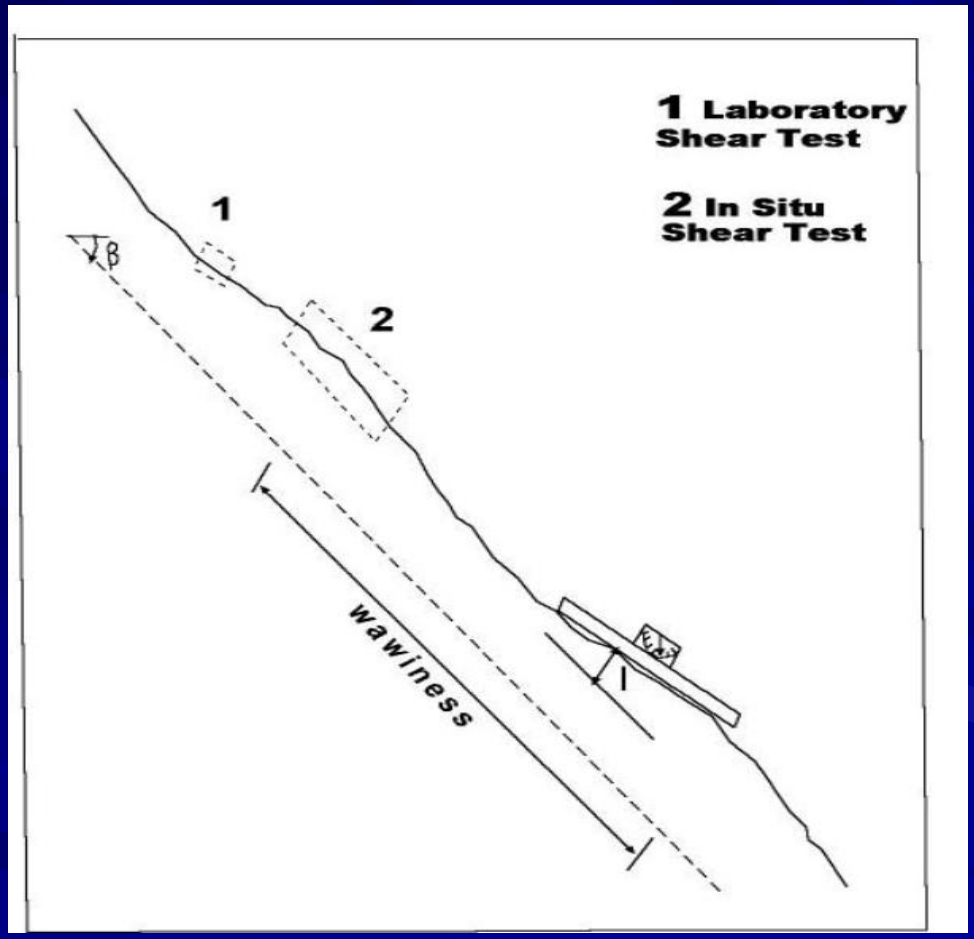
Roughness Profiles



Typical Roughness for JRC



Wawiness



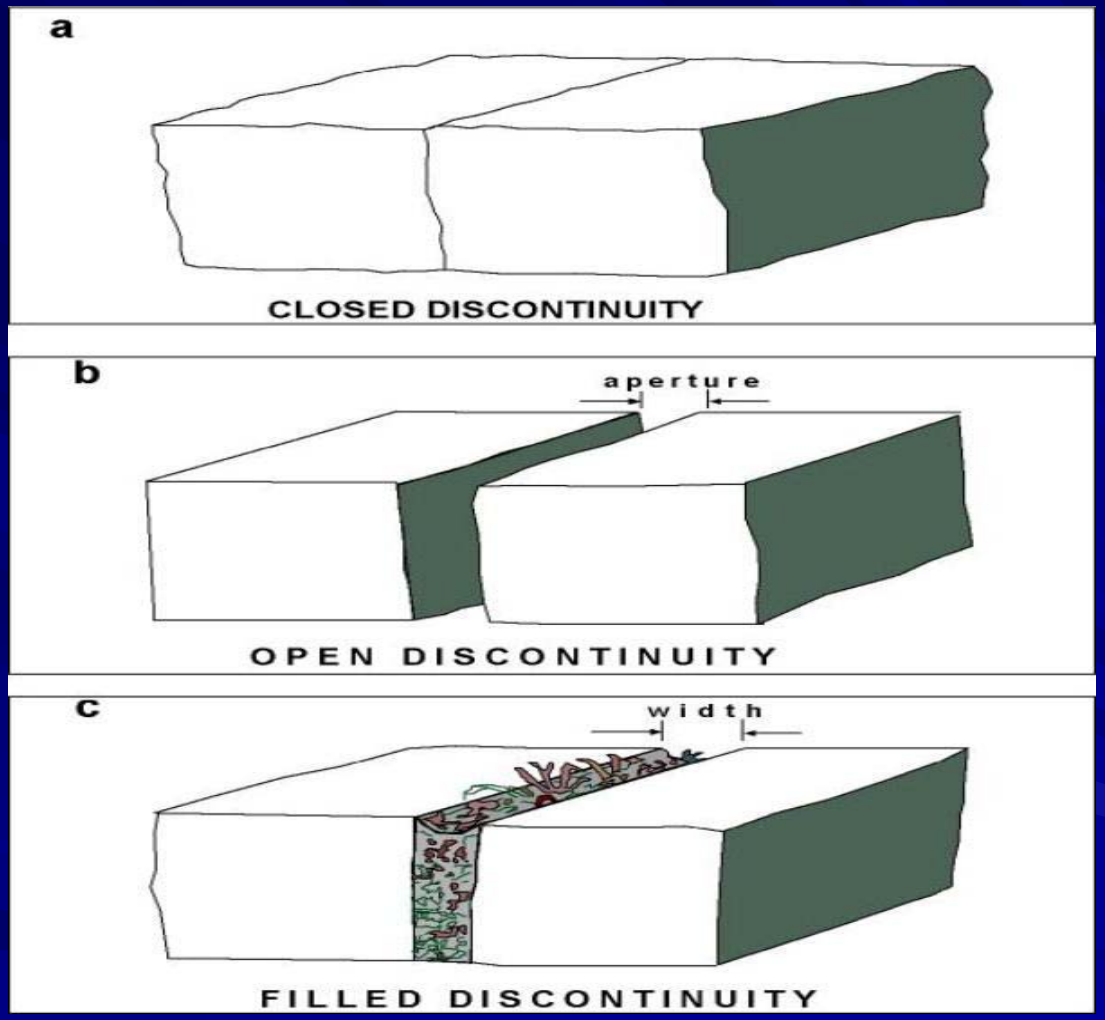
Weathering

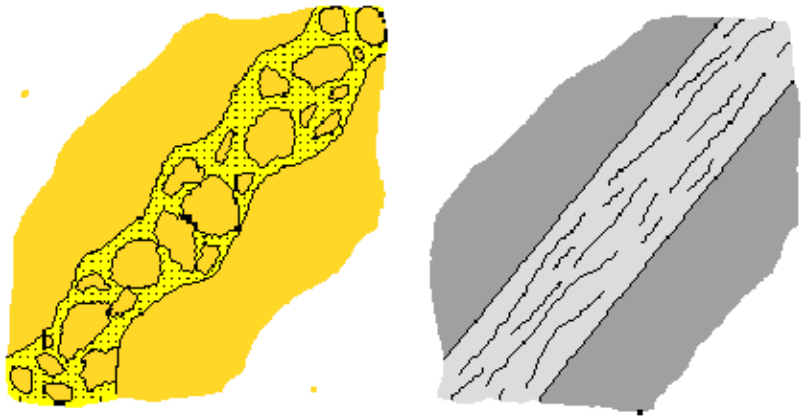


Weathering



Filling


a
CLOSED DISCONTINUITY
b
aperture
OPEN DISCONTINUITY
c
width
FILLED DISCONTINUITY



Breccia

Gouge

Fault & Gouge



Fault & Gouge



Discontinuity Scanline

GENERAL INFORMATION

Seq No: 798 | Site: ANYWHERE | Date (Day / Month / Year): | Operator: AC | Discontinuity data sheet No.: 2 of 12

NATURE AND ORIENTATION OF DISCONTINUITIES

Chainage or No.	Type	Dip	Dip direction	Persistence	Aperture	Infilling	Consistency	Roughness	Orthogonal width of weathered zone, mm	Waviness wavelength	Waviness amplitude	Water	Remarks
1.13	2	56	178	.35	4	4	.2	150	.20	.05	1		
1.14	2	86	313	.15	5	2	-	.50	.10	.04	1		
1.15	2	86	235	.09	7	2	-	.20	-	-	1		
1.16	2	66	176	.07	6	6	.5	.40	-	-	1		
1.17	2	84	246	.43	4	4	.2	1.20	.20	.05	1		Shot hole shows 50mm movement
1.18	2	55	149	.24	5	2	-	.30	.15	.10	1		
1.19	1	44	.64	2.50	3	4	.4	2.00	.30	.08	2		
1.20	2	90	144	.19	7	6	.5	.20	.05	.05	1		
1.21	2	82	234	.33	4	2	-	1.00	.15	.03	1		
1.22	2	81	232	.04	7	2	-	.20	-	-	1		
1.23	2	62	144	.13	5	2	-	.50	.10	.05	1		
1.24	1	80	263	1.80	3	4	.4	2.00	.45	.20	3		

Type
0. Fault zone
1. Fault
2. Joint
3. Cleavage
4. Schistosity
5. Shear
6. Fissure
7. Tension crack
8. Foliation

Dip, Dip direction (Expressed in degrees)

Persistence (Expressed in metres)

Aperture
1. Wide (>200 mm)
2. Mod. wide (50–200 mm)
3. Mod. narrow (20–60 mm)
4. Narrow (6–20 mm)
5. Very narrow (2–6 mm)
6. Ext. narrow (<2 mm)
7. Tight

Nature of infilling
1. Clean
2. Surface staining
3. Non-cohesive
4. Cohesive
5. Cemented
6. Calcite
7. Chlorite, talc
8. Others

Consistency of infilling
Soil strength
1. Soft
2. Firm
3. Stiff
4. Hard

Rock strength
5. Weak
6. Mod. strong
7. Strong
8. Very strong

Roughness
1. Polished
2. Slickensided
3. Smooth
4. Rough
5. Defined ridges
6. Small steps
7. Very rough

Waviness
Express wavelength & amplitude in metres

Water
1. Dry
2. Seepage
3. Slight flow <21 l/min
4. Mod. flow 21–1 l/min
5. High flow >21 l/min

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

Rock Mass Description Data Sheet

General information

Seq. No. ____ Site ____ Date (Day / Month / Year) ____ Operator ____ Method of location ____ Co-ordinates or chainage (metres) Northings or chainage ____ Eastings ____ Elevation ____

1 By co-ordinates
2 Chainage
3 On attached map/ drawing/photograph

Locality type ____
1 Natural exposure
2 Construction excavation
3 Trial pit
4 Trench
5 Adit
6 Tunnel

Size of locality ____
1 > 10 m²
2 5–10 m²
3 1–5 m²
4 < 1 m²
5 Line survey

No. of supplementary sheets of discontinuity data ____ Sketch ____ Photograph ____
0 No
1 Yes

Field tests ____
Specify type

Remarks ____

Rock material information

Colour ____
1 Light
2 Dark
1 pinkish
2 reddish
3 yellowish
4 brownish
5 olive
6 greenish
7 bluish
8 greyish
1 pink
2 red
3 yellow
4 brown
5 olive
6 green
7 blue
8 white
9 grey
0 black

Grain size ____
1 Very coarse
2 Coarse (2–60 mm)
3 Medium (60 μm–2 mm)
4 Fine (2–60 μm)
5 Very fine (< 2 μm)

Compressive strength ____
1 Very strong (> 100 MPa)
2 Strong (50–100 MPa)
3 Mod. strong (12.5–50 MPa)
4 Mod. weak (5–12.5 MPa)
5 Weak (1.25–5 MPa)
6 V. weak/hard (600–1250 kPa)
7 Very stiff (300–600 kPa)
8 Stiff (150–300 kPa)
9 Firm (80–150 kPa)
0 Soft (40–60 kPa)

Method of determining compressive strength ____
1 Measured
2 Assessed

Rock type ____

Qualifying terms to describe rock ____

Rock mass information

Fabric ____
1 Blocky
2 Tabular
3 Columnar

Block size ____
1 Very large (> 8 m³)
2 Large (0.2–8 m³)
3 Medium (0.008–0.2 m³)
4 Small (0.0002–0.008 m³)
5 Very small (< 0.0002 m³)

State of weathering ____
1 Fresh
2 Slightly
3 Moderately
4 Highly
5 Completely
6 Residual soil

No. of major discontinuity sets ____

Line surveys to determine discontinuity spacings

	Plunge of line	Trend of line	Length of line (metres)	No. of fractures	Spacing	Remarks
Line 1						
Line 2						
Line 3						

Discontinuity spacing
1 Ext. wide (< 2 m)
2 Very wide (600 mm–2 m)
3 Wide (200–600 mm)
4 Mod. wide (60–200 mm)
5 Mod. narrow (20–60 mm)
6 Narrow (6–20 mm)
7 Very narrow (6 mm)

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

Discontinuity survey data sheet

General information

Seq. no. ____ Site ____ Date (Day Month Year) ____ Operator ____ Discontinuity data sheet No. ____ of ____

Nature and orientation of discontinuity

Chainage or No.	Type	Dip	Dip direction	Persistence	Aperture	Nature of infilling	Consistency of infilling	Surface roughness	Trend of lineation	Waviness wavelength	Waviness amplitude	Water/flow	Remarks

Type
0 Fault zone
1 Fault
2 Joint
3 Cleavage
4 Schistosity
5 Shear
6 Fissure
7 Tension crack
8 Foliation
9 Bedding

Dip, Dip direction and trend of lineation (expressed in degrees)

Persistence (expressed in metres)

Aperture
1 Wide (>200 mm)
2 Mod. wide (60–200 mm)
3 Mod. narrow (20–60 mm)
4 Narrow (6–20 mm)
5 Very narrow (2–6 mm)
6 Ext. narrow (<2 mm)
7 Tight

Nature of infilling
1 Clean
2 Surface staining
3 Non-cohesive
4 Inactive clay or clay matrix
5 Swelling clay or clay matrix
6 Cemented
7 [illegible]
8 Others – specify

Compressive strength of infilling
1 Very soft (<40 kPa)
2 Soft (40–80 kPa)
3 Firm (80–150 kPa)
4 Stiff (150–300 kPa)
5 Very stiff (300–500 kPa)
6 Hard/v. weak (600–1250 kPa)
7 Weak (1.25–5 MPa)
8 Mod. weak (5–12.5 MPa)
9 Mod. strong (12.5–50 MPa)
10 Strong (50–100 MPa)
11 Very strong (100–200 MPa)
12 Ext. strong (>200 MPa)

Roughness
1 Polished
2 Slickensided
3 Smooth
4 Rough
5 Defined ridges
6 Small steps
7 Very rough

Waviness (express wavelength and amplitude in metres)

Water
1 Dry
2 Seepage

Flow
3 <10 ml/s
4 10–100 ml/s
5 0.1–1 l/s
6 1–10 l/s
7 10–100 l/s
8 >100 l/s