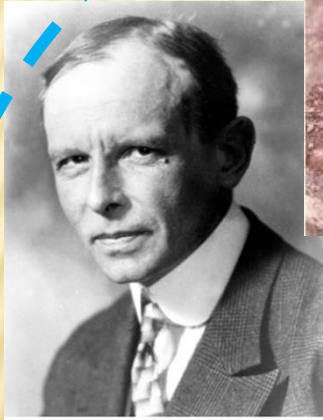


de STINI a BARTON a ...

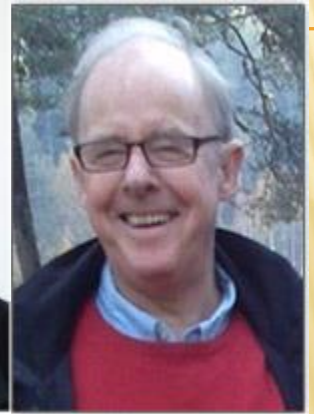
$$D_e = 2Q^{0,4}$$



Karl Terzaghi: Founder of Modern Geotechnology. Photo courtesy of The MIT Museum



1922-2018



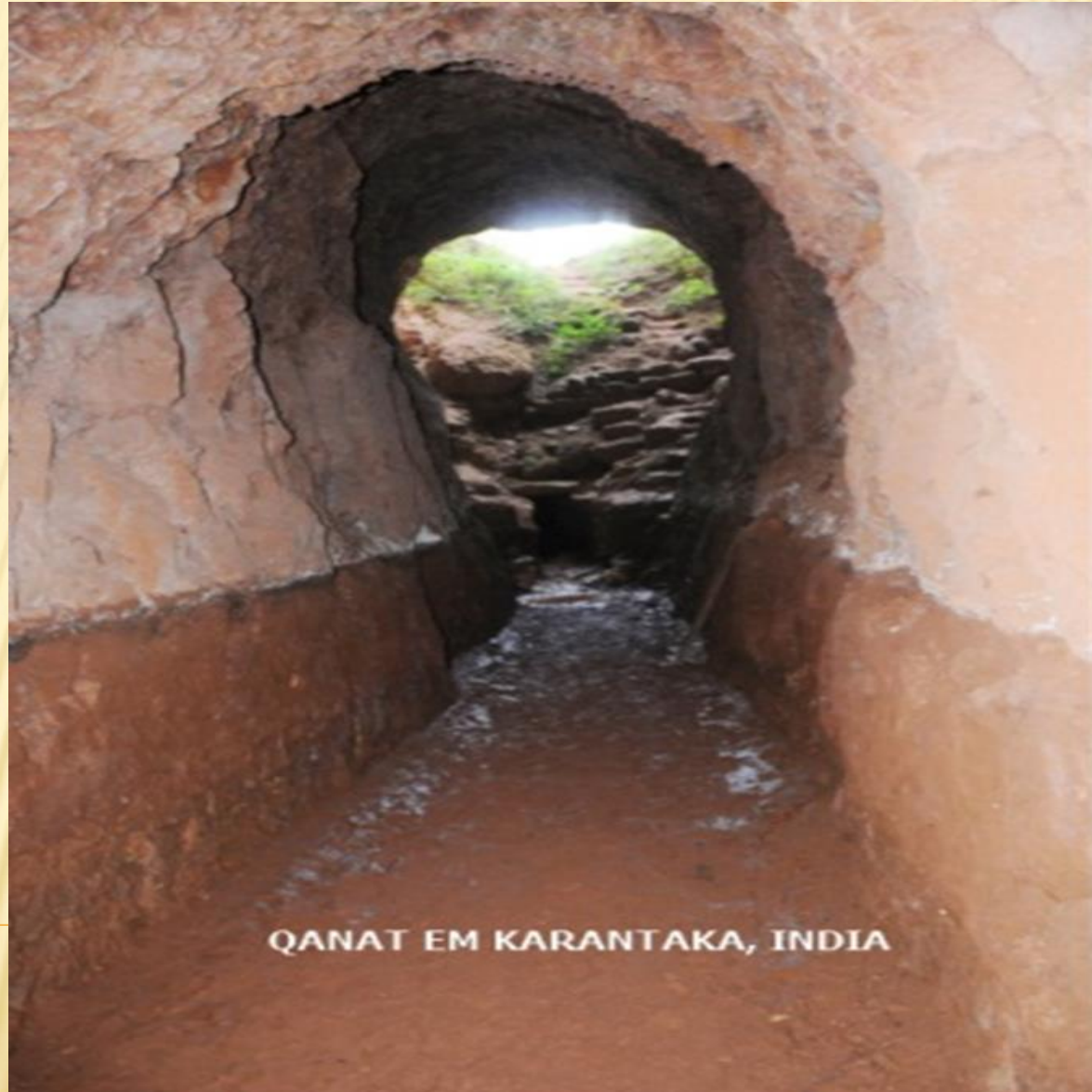
X



J. Stini- 1880-1958

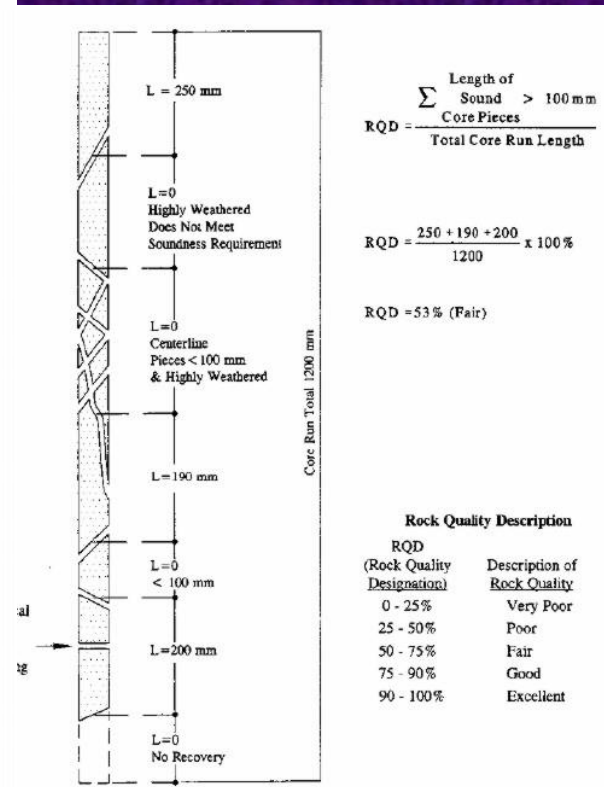
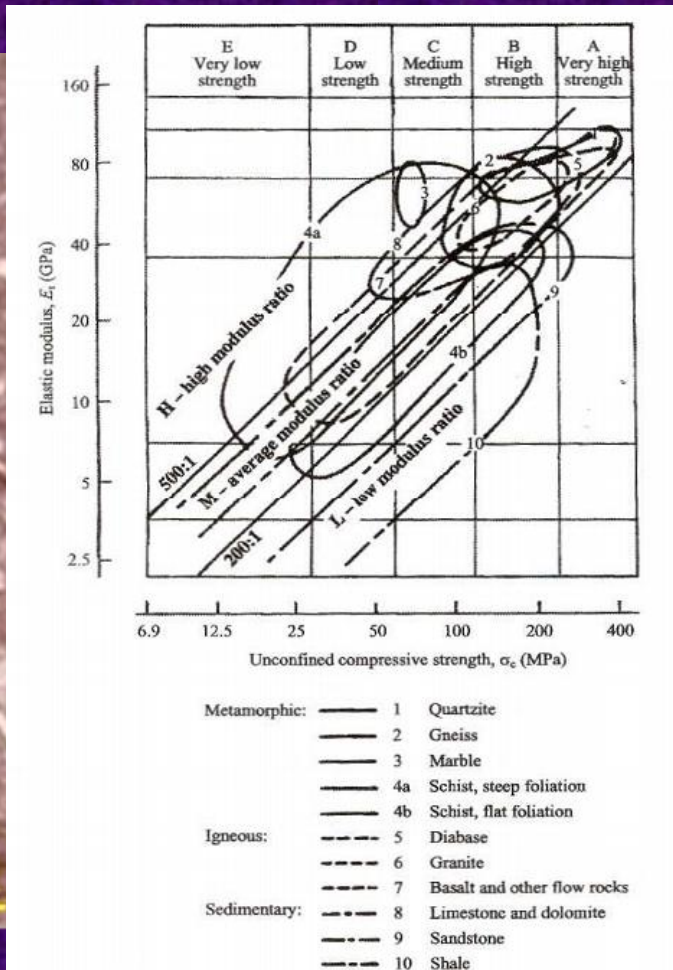


COMO TRADUZIR GEOLOGIA DE CONSTRUÇÃO EM NÚMEROS ?



Provavelmente era um problema antigo de há mais de 2.500 anos AC ...Semiramis, etc.

O PRAGMATISMO DE DEERE ATRAVÉS DA DEFINIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DA ROCHA ÍNTEGRA COMBINADA COM O GRAU DE DESCONTINUIDADE COM ZONEAMENTO GEOTÉCNICO DO FURO DE SONDAGEM APLICANDO NOTAS -RQD (1968)



Tadeusz Richard BIENIAWSKI von Preinl

1936 - Kraków, Polonia - antiga área de influencia do Imperio Austro-Hungaro,
Engenharia Mecânica pela Universidade de Gdansk, MSc (Eng) (Universidade de Witswatersrand e PhD/DSc Eng. (Universidade de Pretoria).

Dito preferido: Perserverantia Omnia Vincit



EVOLUÇÃO DE ALGUMAS CLASSIFICAÇÕES GEOMECÂNICAS

O PROBLEMA DO MODELO GEOLÓGICO X CONSTRUÇÃO

- ✘ Na Europa: século XIX já havia varias interpretações de como levar adiante a construção em maciços fraturados.
- ✘ Na Austria livros e manuais sobre Geologia de taludes e construção de túneis de J. Stini já ilustravam a preocupação com ao complexa modelagem dos maciços e, em alguns, propos a classificação de maciços

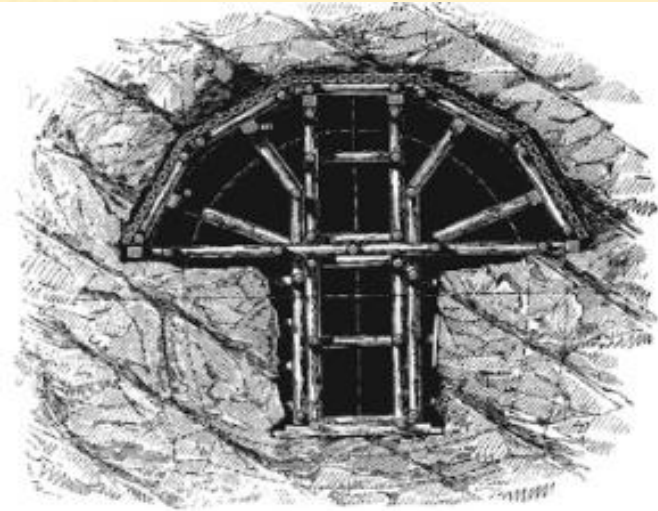
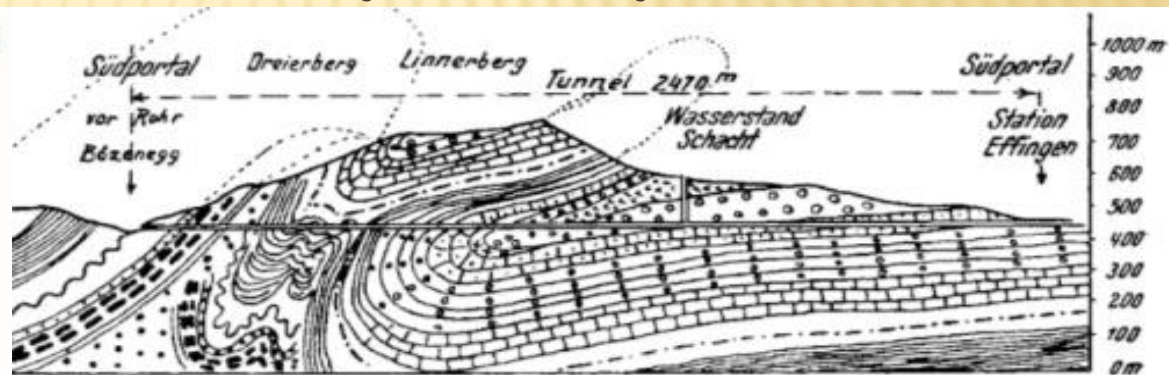
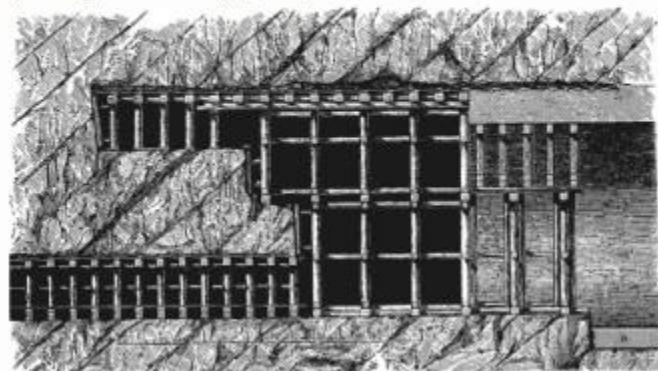


Bild 1-4 Oesterreichische Bauweise nach Rziha (Querschnitt) [1-1]

Bild 1-5 Oesterreichische Bauweise nach Rziha (Längsschnitt) [1-1]



	Obere Süßwassermolasse		Unteren brauner Jura
	Jura-Nagelfluh, Süßwasserkalk, Helicitenmergel		Opalinustone, Lias
	Oberen und mittleren weissen Jura		Keuper und Lettenkohlé
	Untere Süßwassermolasse		Hauptmuschelkalk
	Unteren weissen Jura		Salzton und Anhydrit
	Oberen brauner Jura Haupttragenstein		

Tunnelbaugeologie: Die geologischen Grundlagen des Stollen- und Tunnelbaues- J. Stini 1958

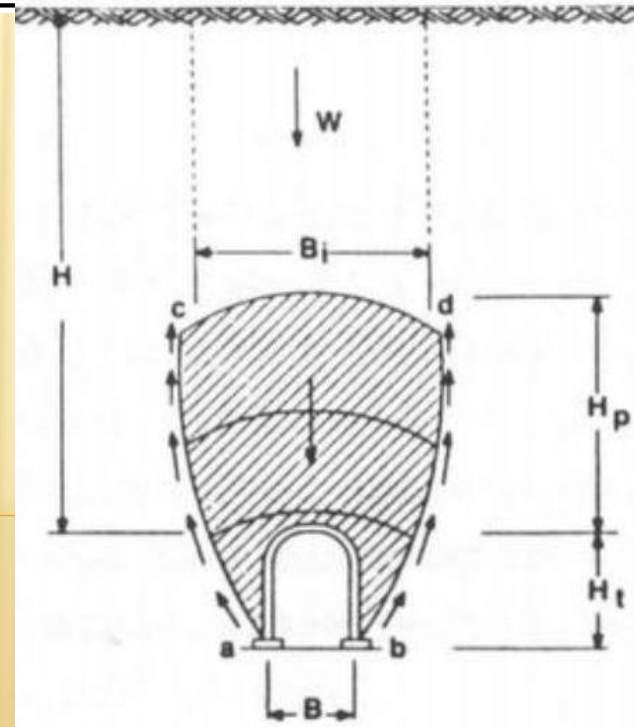
Abb. 165. Geologischer Schnitt durch den Bözbergtunnel. Nach Mühlberg.

CLASSIFICAÇÕES GEOTÉCNICAS DE MACIÇOS (Stini e Terzaghi)

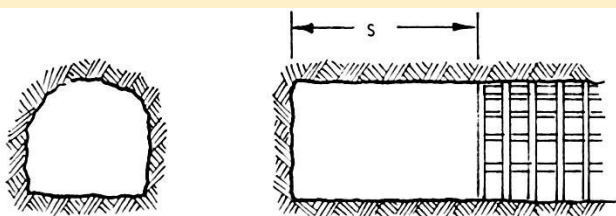


Classificação geomecânica de Terzaghi

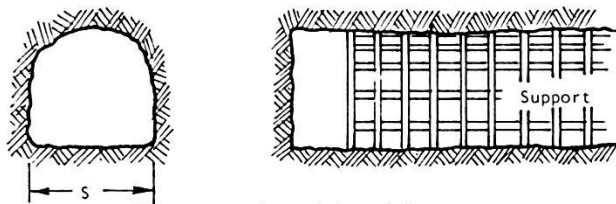
Condições da rocha	H_p carga (pés)	Observações
1. Dura e intacta	Zero	Requer suporte leve somente em condições de queda de blocos
2. Dura estratificada ou xistosa	0 a 0,5B	Suporte leve
3. Maciça, moderadamente fracturada	0 a 0,25B	Carga pode variar erráticamente de ponto para ponto
4. Moderadamente compartimentada	0,258 a 0,35 $(B+H_t)$	Não há pressões laterais
5. Muito compartimentada	$(0,35 \text{ a } 1,10)(B+H_t)$	Pequenas pressões laterais ou mesmo sem pressões
6. Completamente esmagada mas quimicamente intacta	$1,10(B+H_t)$	Pressão lateral considerável. Requer suporte contínuo de cambotas
7. Pouco expansiva, profundidade média	1,10 a 2,10 $(B+H_t)$	Pressão lateral elevada, requer arco invertido
8. Pouco expansiva, profundidade elevada	2,10 a 4,50 $(B+H_t)$	Cambotas circulares são recomendadas
9. Rocha expansiva	Acima de 250 pés, independente do valor de $B+H_t$	Cambotas circulares são requeridas. Em casos extremos devem usar-se suportes flexíveis



CLASSIFICAÇÃO GEOMECANICA DE THERZAGHI 1946



a. Escoramento recuado da face

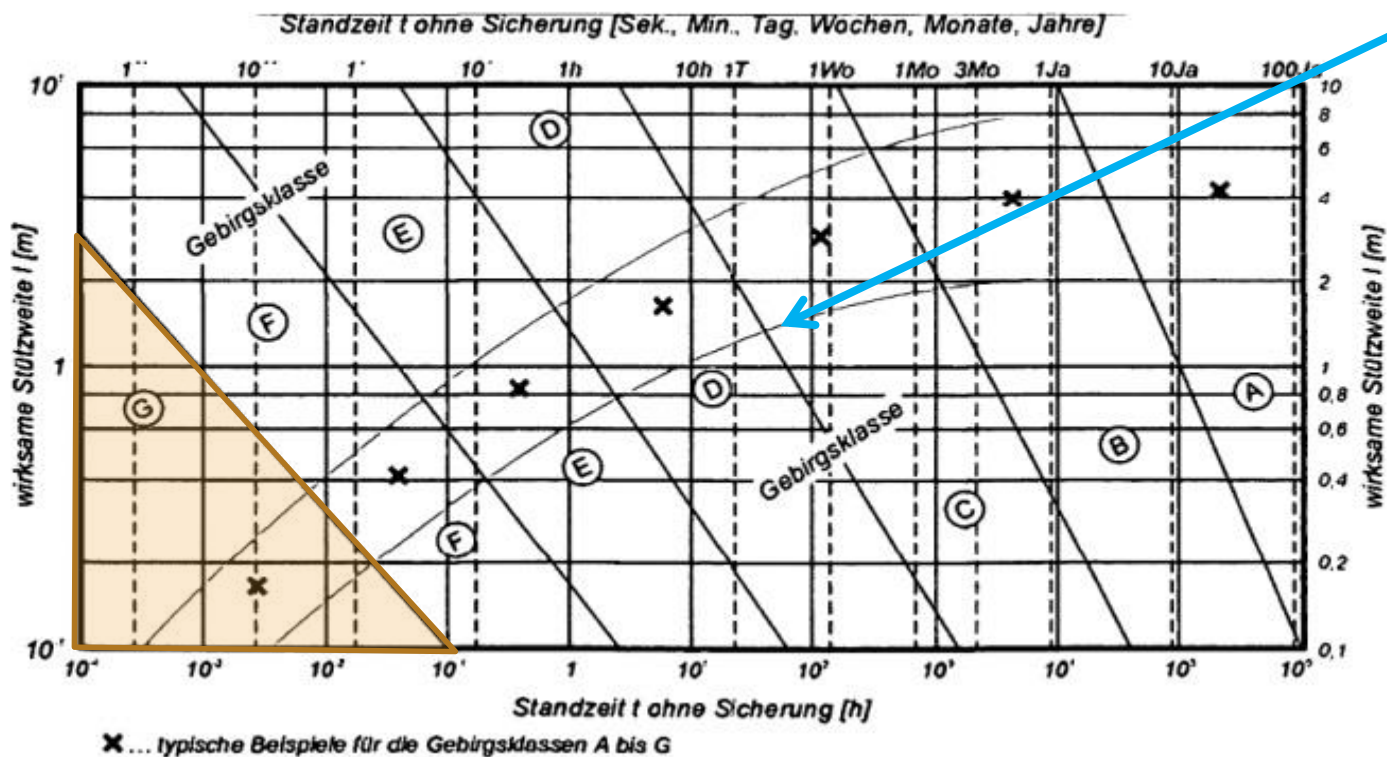


b. Escoramento próximo à face

Figure 2. Definição de vão ativo (active span) de Lauffer

DIAGRAMA DE LAUFFER DO TEMPO DE AUTOSUSTENTAÇÃO DO MACIÇO NA ESCAVAÇÃO

Standzeitdiagramm nach LAUFFER, 1958



Qual a Equação atual desta Linha?
 $D_e = 2Q^{0,4}$ (Barton)?
 e que tipo de suporte deveria ser estabelecido para manter a escavação?

BIENIAWSKI

- ✘ Nos anos 60 foram vários os seus estudos sobre mecânica de fraturamento das rochas.
- ✘ Em 1970 no seu artigo “Time-Dependent Behaviour of Fractured Rock” analisou a importância da taxa de aplicação dos esforços sobre a rocha fraturada no tempo na procura do sentido prático do comportamento do maciço fraturado, algo que potencialmente permitiria levar a melhor compreensão das curvas de Lauffer em termos experimentais.

EM SEU TRABALHO DE 1973 ESTABELECEU SUA CLASSIFICAÇÃO DE MACIÇOS ROCHOSOS INCLUINDO A IMPORTÂNCIA DAS DISCONTINUIDADES DO MACIÇO

✘ Objetivos:

- ✘ (i) DIVIDIR A O MACIÇO EM ZONAS DE COMPORTAMENTO SIMILAR
 - ✘ (ii) FORNECER UMA BOA BASE PARA A COMPREENSÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA MASSA ROCHOSA
 - ✘ (iii) FACILITAR O PLANEJAMENTO E PROJETO DAS ESTRUTURAS EM ROCHA FORNECENDO OS DADOS QUANTITATIVOS REQUERIDOS PARA A SOLUÇÃO DE REAIS PROBLEMAS DE ENGENHARIA
 - ✘ (iv) FORNECER UMA BASE COMUM DE EFETIVA COMUNICAÇÃO ENTRE TODAS AS PESSOAS ENVOLVIDAS COM UM PROBELMA GEOMECÂNICO
- ## ✘ ESTES OBJETIVOS DEVERÃO SER ATINGIDOS ASSEGURANDO QUE A CLASSIFICAÇÃO ADOTADA SEJA
- ✘ (i) SIMPLES E SIGNIFICATIVA NOS SEUS TERMOS E
 - ✘ (ii) BASEADA EM PARAMETROS MENSURÁVEIS QUE POSSAM SER OBTIDOS DE MANEIRA RÁPIDA E BARATA NO CAMPO

PARÂMETROS ATRIBUIDOS EM 1973

- ✘ A classificação incorpora os seguintes parâmetros
- ✘ 1. Tipos de rocha e sua descrição em termos de sua condição: ex: grau de intemperismo,
- ✘ 2. Propriedades da rocha intacta > Ex. RCS e E
- ✘ 3. Rock quality designation (RQD) ou frequência de fraturas;
- ✘ 4. Padrões de diaclasamento (direção, mergulho; espaçamento ; continuidade, abertura e gouge);
- ✘ 5. Condições de água subterrânea

COMENTÁRIO

- ✘ Na classificação RMR formalizada **mais tarde pouco mais da metade dos pesos era relacionada com características do fraturamento**, e caso se levasse o RQD condicionado por fraturamento seria mais da metade do peso dos outros parâmetros.

A CLASSIFICAÇÃO RMR FOI ADOTADA PELO CSIR (COUNCIL FOR SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH)

ROCK MASS RATING (RMR)

also CSIR System

$$RMR = \sum_{i=1}^5 R_i$$

Geomechanics System - (Bieniawski, 1984, 1989)

Geomechanics Classification for Rock Masses		
CLASS	DESCRIPTION	RANGE of RMR
I	Very Good Rock	81 to 100
II	Good Rock	61 to 80
III	Fair Rock	41 to 60
IV	Poor Rock	21 to 40
V	Very Poor Rock	0 to 20

NOTE: Rock Mass Rating is obtained by summing the five index parameters to obtain an overall rating RMR. Adjustments for dip and orientation of discontinuities being favorable or unfavorable for specific cases of tunnels, slopes, & foundations can also be considered.

RMR Ratings	81 – 100	61 – 80	41 – 60	21 – 40	< 20
Rock mass class	A	B	C	D	E
Description	very good rock	good rock	fair rock	poor rock	very poor rock
Average stand-up time	10 year for 15 m span	6 months for 8 m span	1 week for 5 m span	10 hours for 2.5 m span	30 minutes for 0.5 m span
Rock mass cohesion (KPa)	> 400	300 – 400	200 – 300	100 – 200	< 100
Rock mass friction angle	> 45°	35° – 45°	25° – 35°	15° – 25°	< 15°

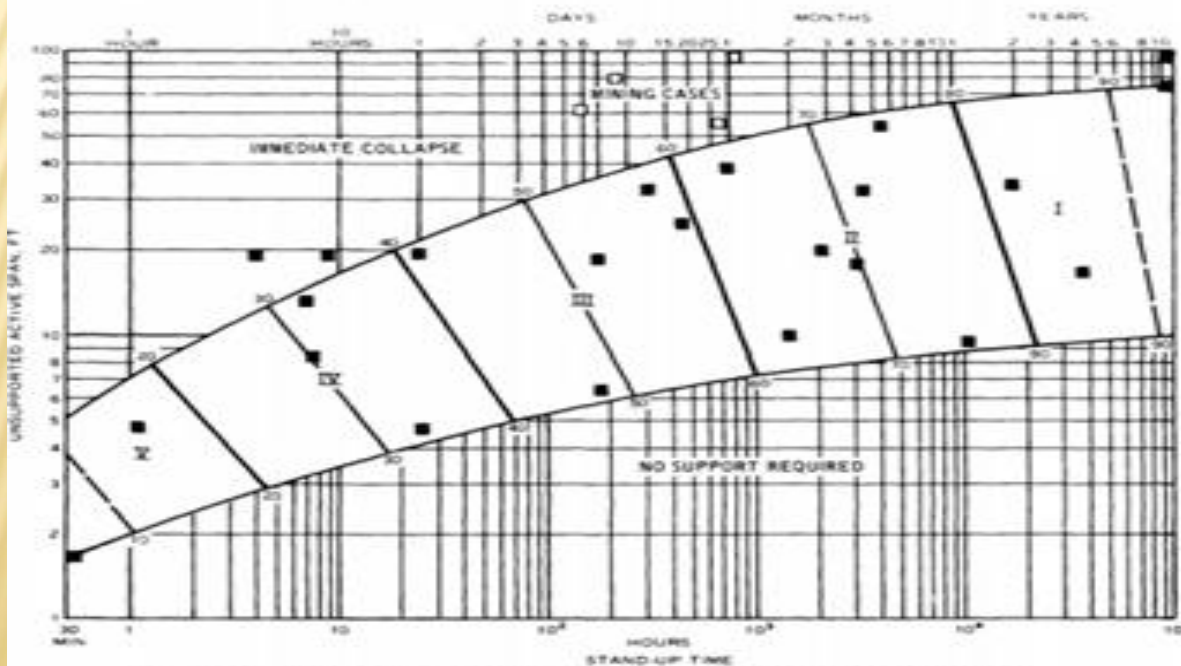
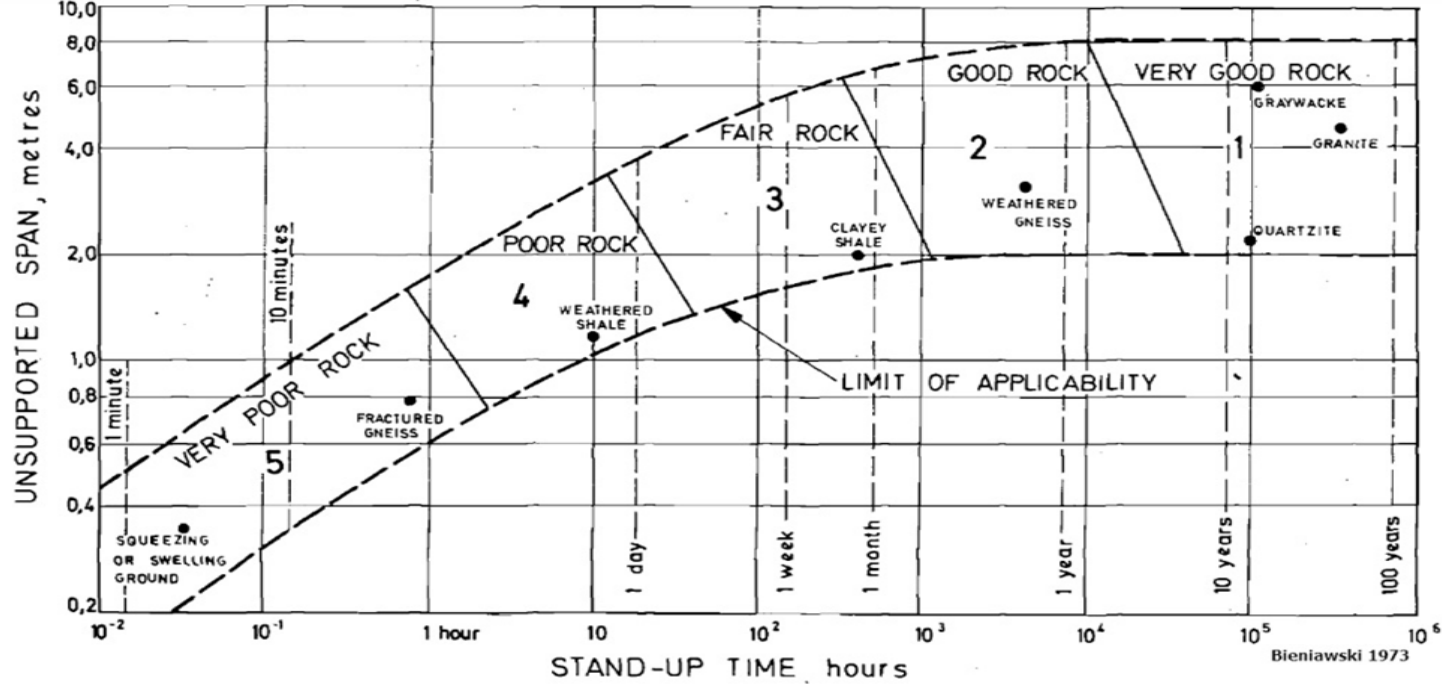


Figure 9. Geomechanics classification - output of stand-up time versus unsupported span

posteriormente
Laubscher propos
adaptações para
Mineração MRMR

APLICAÇÃO: MODELO CONVENCIONAL



POLITICA DE MEDIAS E EXTREMOS

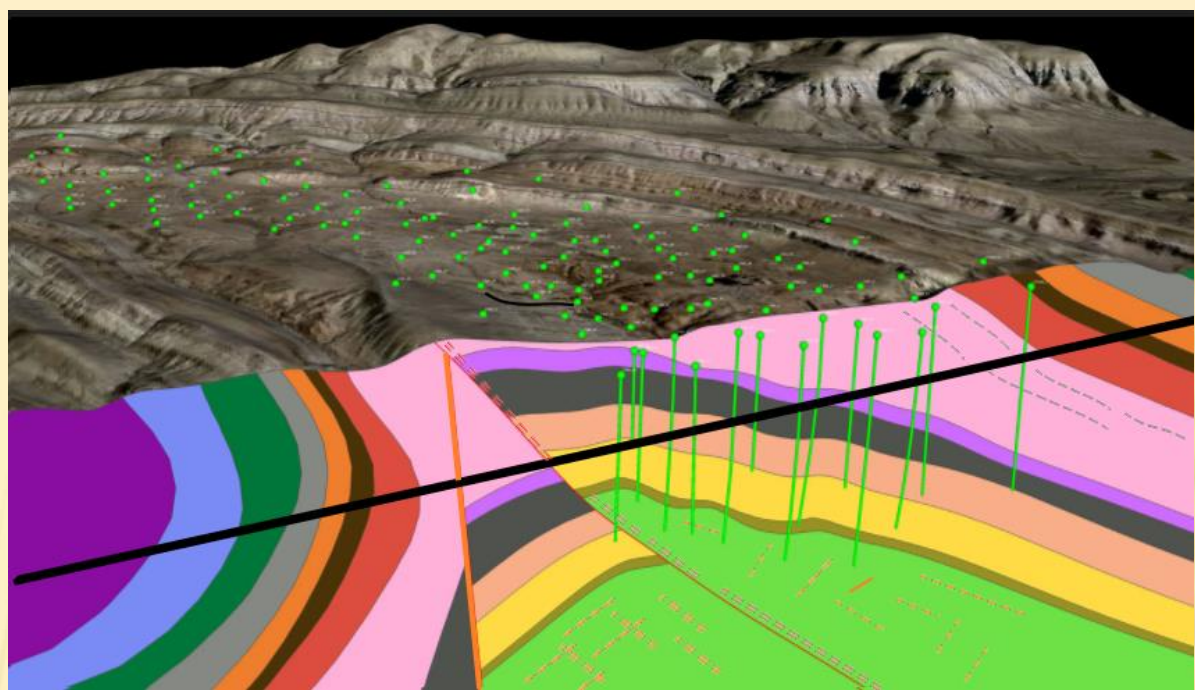
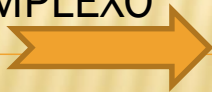
As classificações geralmente assumem a média do atualmente conhecido

As complexidades de diferentes modelos geológicos exigiam do engenheiro conhecimento bastante elaborado de Geologia para poder decifrar a frequentemente complexa terminologia associada a tais modelos.

Como transformar a Geologia em números que pudessem ter significado na elaboração do projeto?

Resp.: Exige certo reducionismo

MODELO +- COMPLEXO

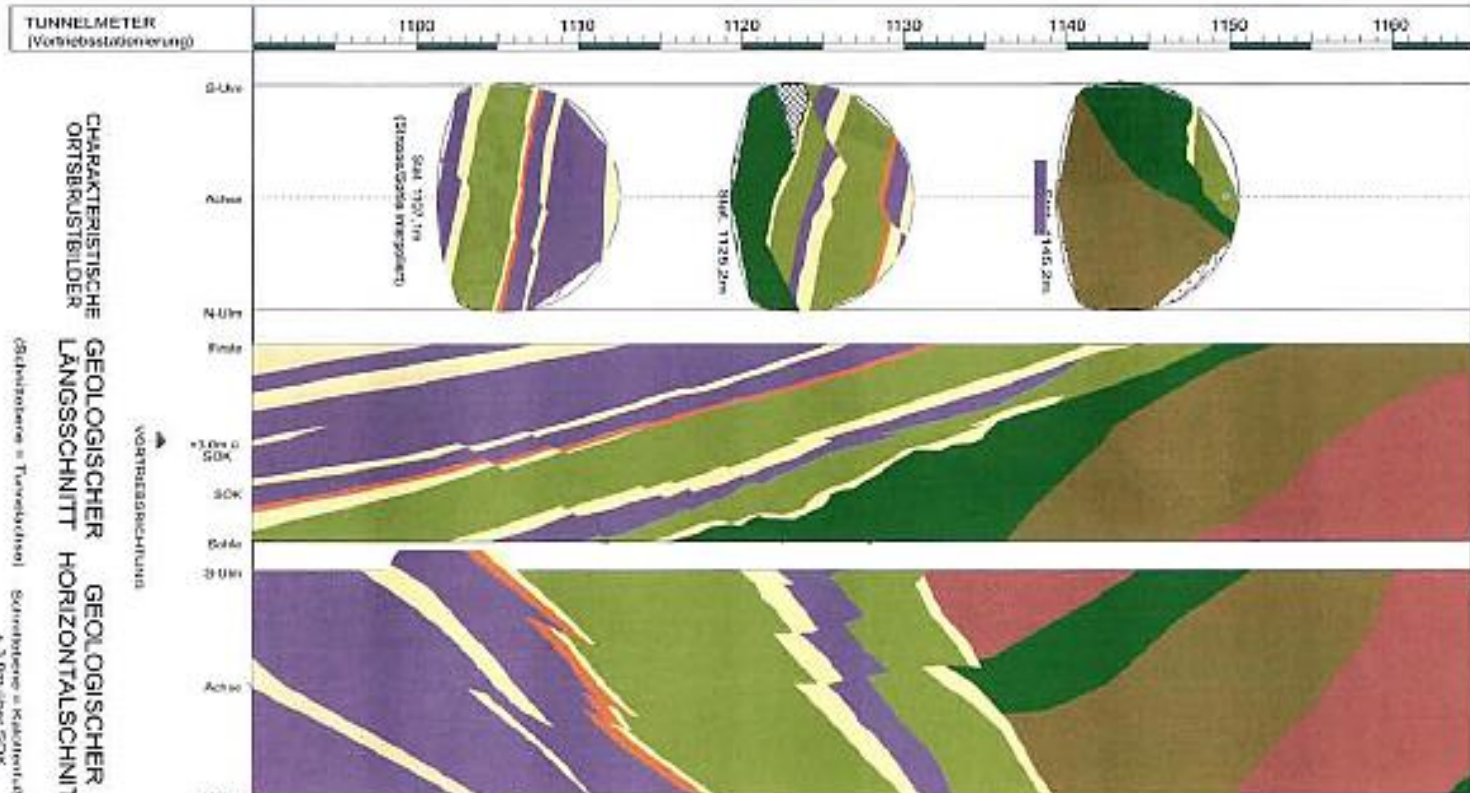


ALGUNS TIPOS DE MACIÇOS GEOLÓGICOS

MACIÇO CONVENCIONAL

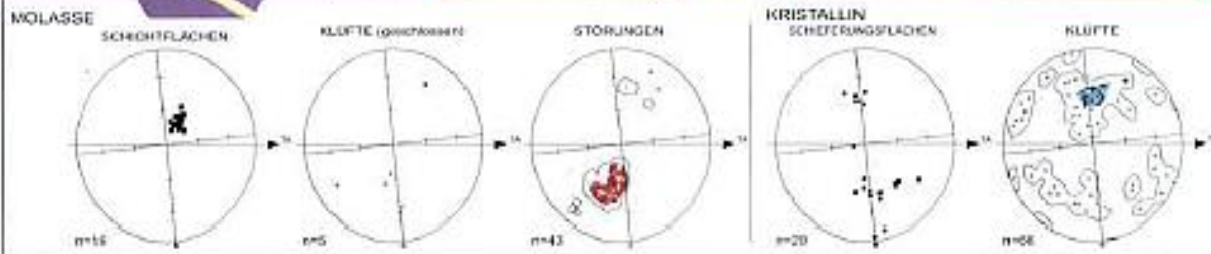


TUNNEL MELK TM 1090 - 1165



- LEGENDE**
- MOLASSEZONE (Tertiär)
PIELACHER TEGEL**
- SAND - SCHLUFF
 - SCHLUFF - TON
 - SAND
 - SANDSTEIN / SCHLUFFSTEIN
 - SAND-SCHLUFF-TON ABFOLGE
- KRYSTALLIN DER
ÖÖRISCHEN MASSE (Paläozoikum)**
- AMPHIBOLIT
 - CHLORITONEIS
 - GRÜNSCHIEFER
 - KAOLINISERTER GNEIS
- STÖRUNGEN**
- HARNSCH (< 1km)
 - SCHERBARRIERE mit Kataklise (> 1km)
 - SCHERZONE mit Kataklise (> 1km)
 - Relative Versetzung

CHARAKTERISTISCHE ORTSRUSTBILDER
 GEOLOGISCHER LANGSSCHNITT
 GEOLOGISCHER HORIZONTALSCHNITT
 (Schieferung = Tunnelschneise) Schieferung = Karbonat/dünne
 + 2.0m über SOK



GEFÜGEDATEN-AUSWERTUNG

Lagerungsdiagramme großteils mit statischer Auswertung der Flächenpolpunkte (Schmidt 15) Darstellung in 100m - Abschnitten

TA ... Tunnelachse (Teil in Vorliebbildung)

GEOLOGISCHE EINHEIT	MOLASSEZONE (Tertiär)	KRYSTALLIN
GESTEINE	PIELACHER TEGEL: Schluff-Ton, dunkelgrau, halbfest, mit Fossilbänken und Sandlagen. Im Liegenden PIELACHER TEGEL-BASIS: Sandstein/Schluffstein, Sandlagen und gebänderte Sand-Schluff-Tonabfolge. Ab Stat. 1116m KRYSTALLIN: entfestigte Gneise, Scherzone mit Chloritgneis, Grünschiefer und hellgrauen Gneisscherfungen. Ab Stat. 1165m Übergang der Grünschiefer zu Amphibolit. Großteils stark vererbt und im oberen Teil des Querschnittes entfestigt.	
GEBIRGSCHARAKTER	Grabenbruchland mit vorwiegend SE-NW streichenden Störungen. Überlagerung durch NE-SW streichende Scherzone, die sich vom Kristallin bis in die tertiären Schichten fortsetzt. Kristallin: intensiven tektonisch beansprucht, stark strukturierte Reliefoberfläche, vererbt, großteils alterierter Gesteinsbestand, mechanische Eigenschaften ähnlich wie Pielacher Tegel-Basis. Häufig Harnschflächen mit tonigen Bestegen.	
DURCHTRENNUNG / ZERLEGUNGSGRAD		
VERWITTERUNGSGRAD		
ALTERATION (Kristallin)		
BERGWASSER		

EISENBAHN-HOCHLEISTUNGS-STRECKEN AG

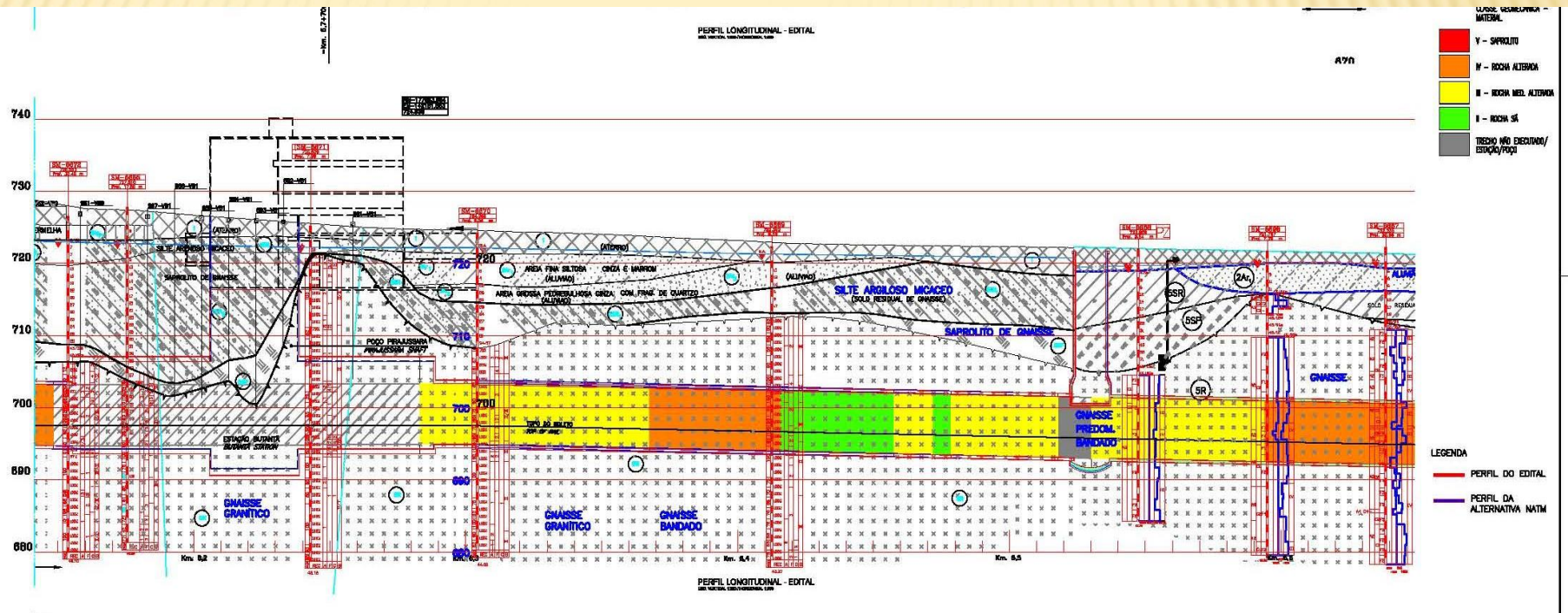
UMFAHRUNG MELK

ZT Dr. Werner FÜRLINGER

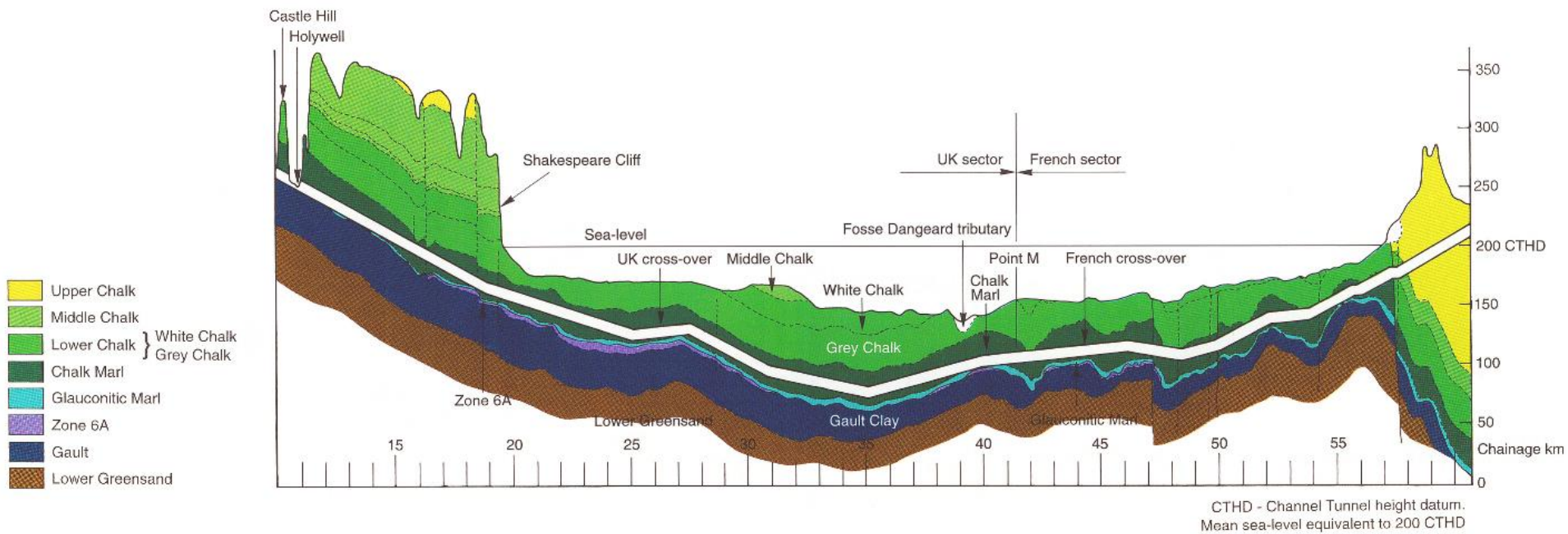
Ingenieurkonsultant für Technische Geologie
 Karntenerweg 12 5020 SALZBURG
 Tel.: 0662/438645 Fax.: 0662/438645-4
 e-mail: geologie@ztl.at

CASOS PECULIARES

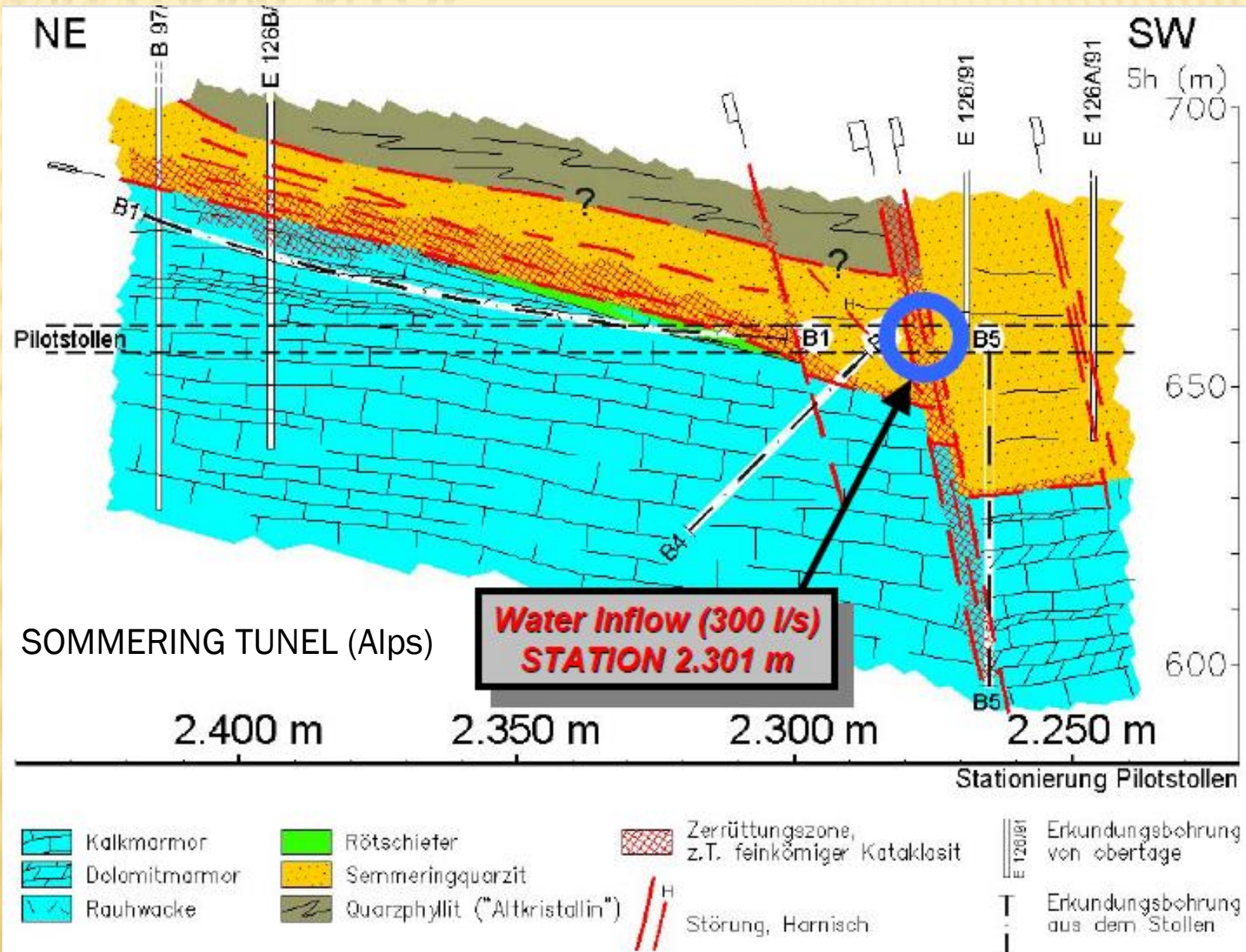
USO DO RMR NA LINHA 4 DO METRO DE SP: PROBLEMA DA ALTERAÇÃO TROPICAL



CASOS PARTICULARES



FALHAMENTOS



GRANDES CUNHAS – VISÃO DE GRANDE ESCALA

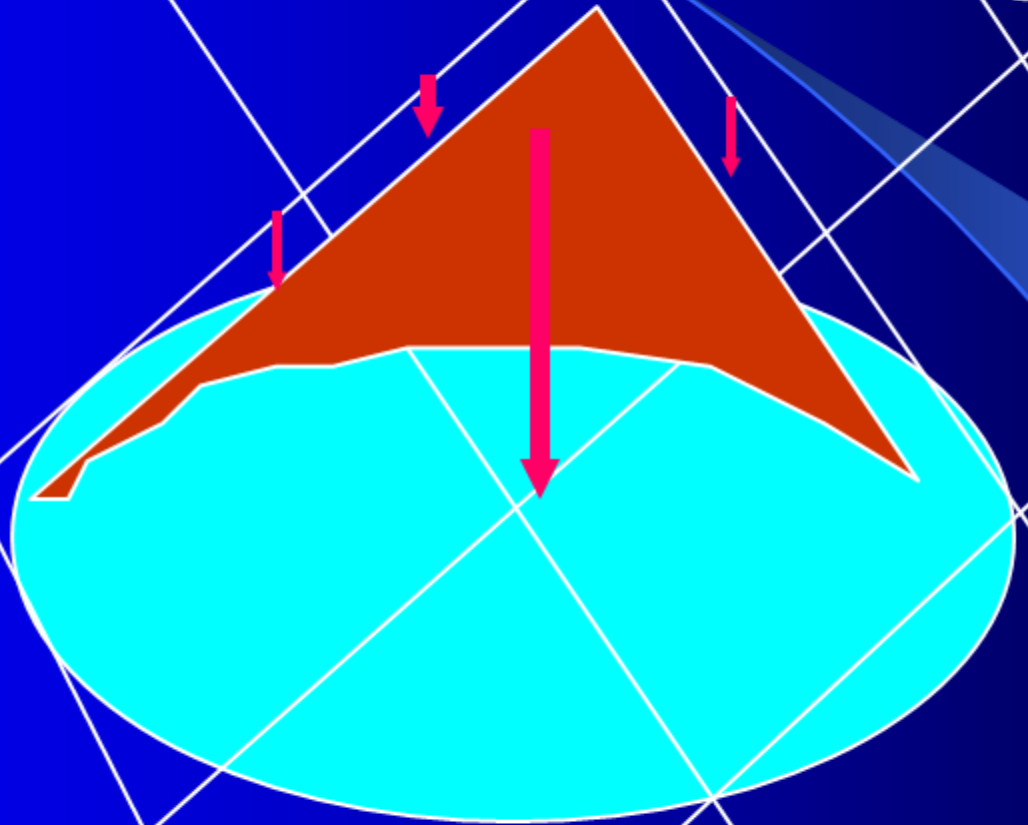
Large wedge failure at the Teutonic Bore Mine, Western Australia

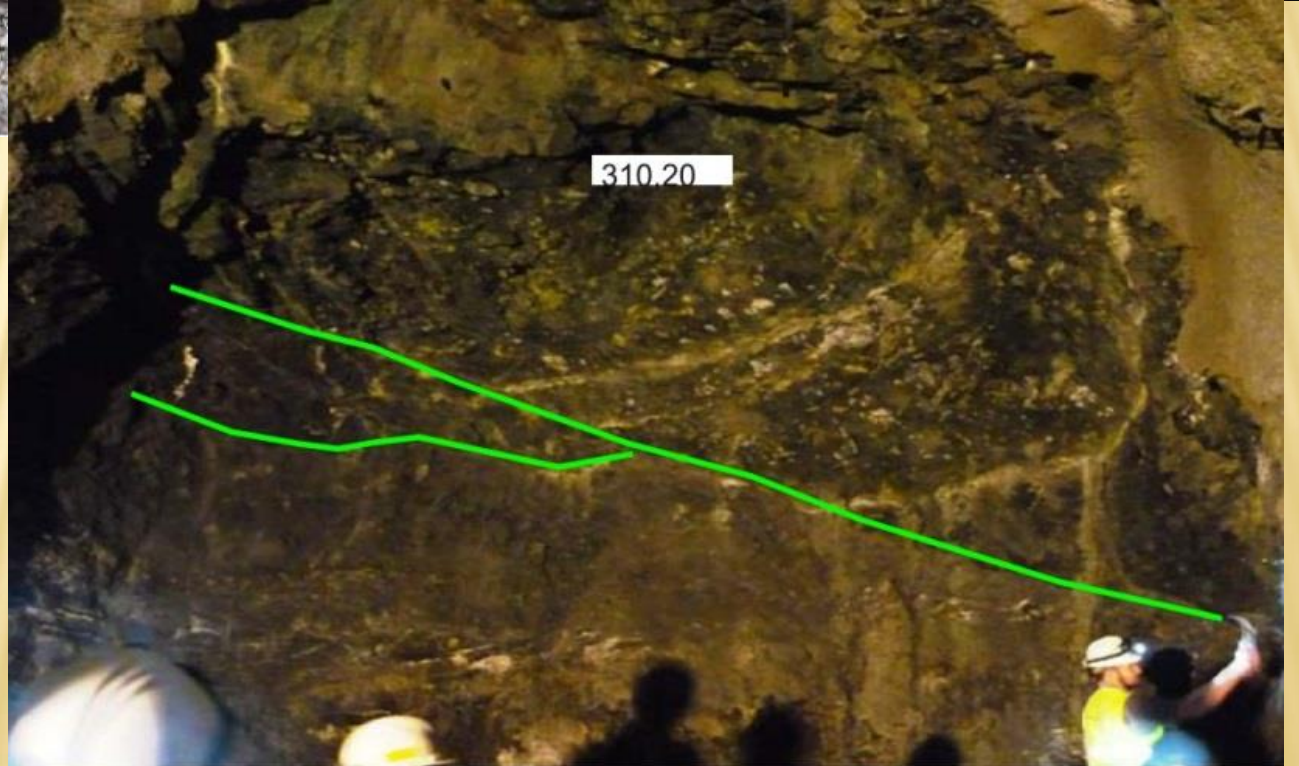


2 a 3 famílias de juntas, Granito são

- RQD=100
- $J_n=4$ a 9
- $J_r=3$
- $J_a=1$
- $J_w=1$
- SRF=1
- **$Q=75$ a $33,3$**
- **Rocha muito boa a boa**

Queda de granito





DISCONTINUIDADES EXTENSAS



anfibólio biotita xisto



CAMADAS MOLES INTERCALADAS

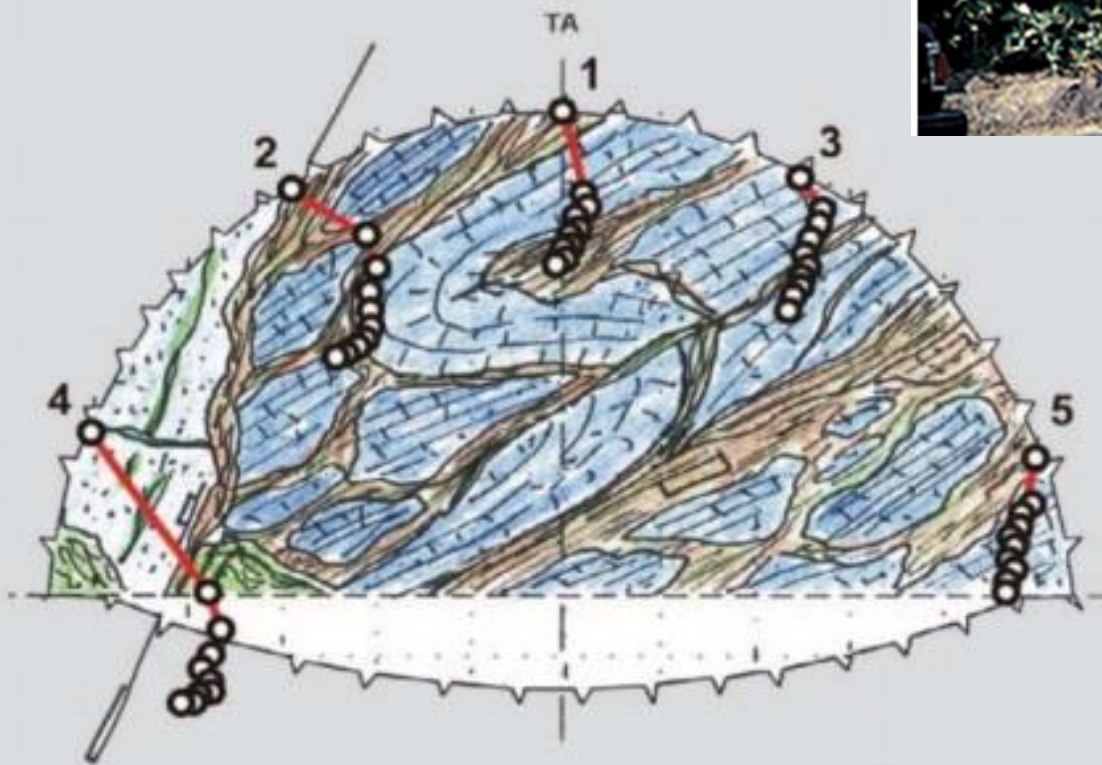


BIMROCKS

MELANGES E OLISTOLITOS

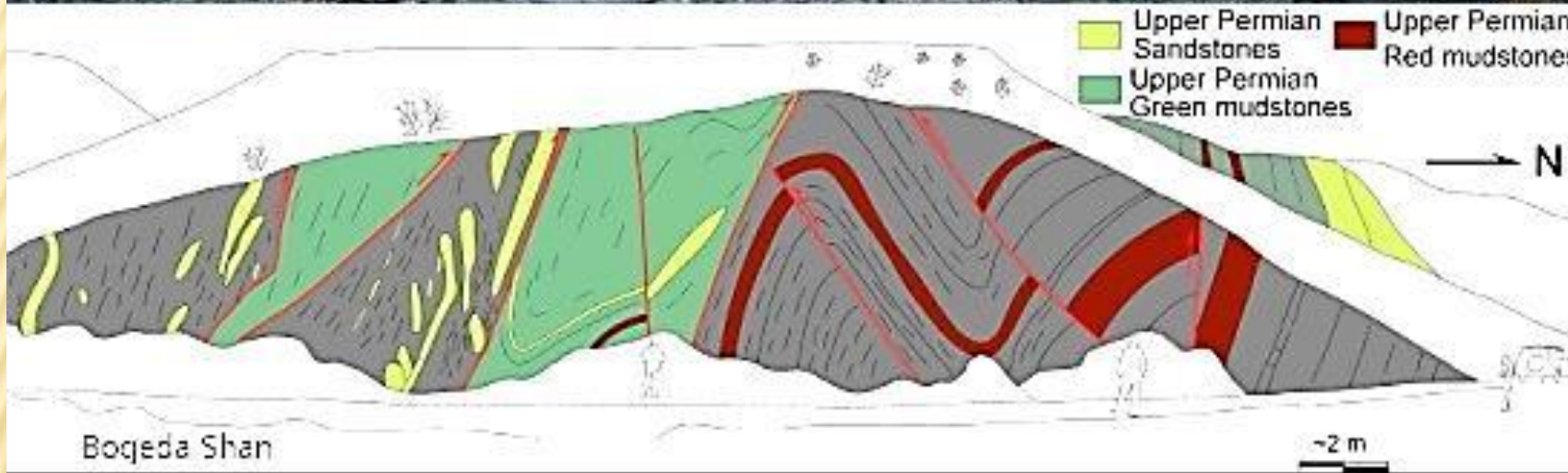


CORE STONES



CLASS IV

Fig. 6 Face map at tunnel metre 1097.5 (12): Blocks of dolomite marble (light and dark blue coloured) embedded in a soft, weathered matrix consisting of cataclastic phyllites (green and brown coloured) and displacement vector plot at monitoring section MS1101 (13).
de Moritz et al, 2004-Felsbau 5/2004,

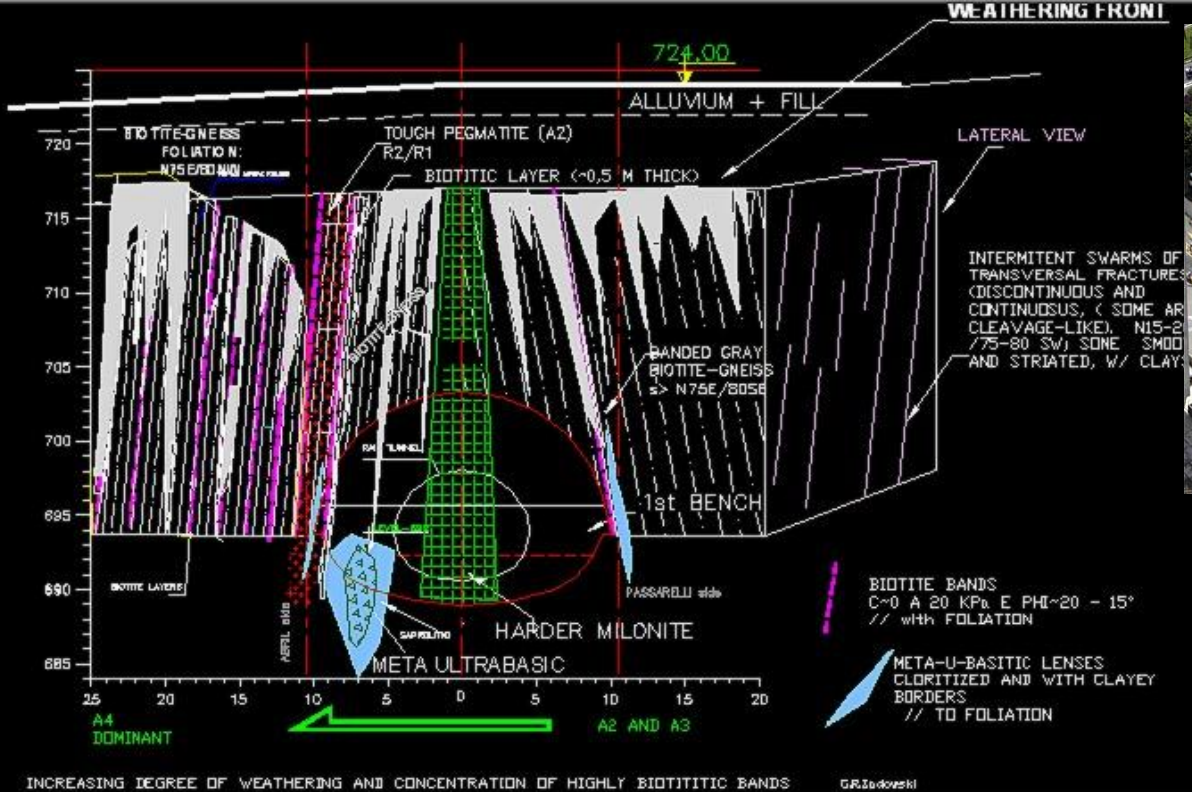


MELANGE
 MATRIZ SERPENTINITICA
 EVENTUALMENTE EXPANSIVA
 BLOCOS DE ULTRABÁSICA





ESTRUTURA COMPLEXA DE JUNTAS



CORPOS DE ROCHA ISOLADOS COM PROPRIEDADES PARTICULARES



PERSERVERANTIA OMNIA VINCIT