

# ADAMELLO

*Peter Brack  
Paolo Schirolli*

**Una finestra sulla  
camera magmatica**

*Blick in eine  
Magmenkammer*



**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Ecole polytechnique fédérale de Zurich  
Politecnico federale di Zurigo

**Departement  
Erdwissenschaften**

**Dipartimento di  
Scienze della Terra**

in collaborazione con / in Zusammenarbeit mit:



Museo Civico  
di Scienze Naturali Brescia



museo tridentino di scienze naturali  
trento

**«NATURA BRESCIANA»**

**MUSEO CIVICO DI SCIENZE NATURALI DI BRESCIA**

Via Ozanam, 4 - 25128 Brescia (Italia)

*COMITATO SCIENTIFICO*

Carlo Andreis (Milano) - Lawrence H. Barfield (Birmingham) - Achille Casale (Sassari) - Giuseppe Cassinis (Pavia)  
Alberto Castellarin (Bologna) - Mauro Cremaschi (Milano) - Paolo Forti (Bologna) - Paolo Mietto (Padova)  
Marcello Piperno (Roma) - Augusto Pirola (Pavia) - Augusto Vigna Taglianti (Roma)

*REDAZIONE*

Stefano Armiraglio - Paolo Schirolli - Dante Vailati

Prima edizione 2003

Seconda edizione 2007

**«NATURA BRESCIANA»**

Direttore Responsabile: Massimo Tedeschi  
Autorizzazione del Tribunale di Brescia N. 33 del 3-VI-1998

**ADAMELLO**

**Una finestra sulla  
camera magmatica**

*Blick in eine  
Magmenkammer*

**Peter Brack  
Paolo Schirolli**



Mostra del Dipartimento di Scienze della Terra del Politecnico federale di Zurigo  
*Eine Ausstellung des Departements Erdwissenschaften der ETH Zürich*

Volume realizzato in collaborazione con: Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia  
*Broschüre in Zusammenarbeit mit:*

Concetto e illustrazioni / *Konzeption und Abbildungen:* P. Brack

Testi / *Texte:* P. Brack, G. Scalvini  
P. Schirolli, M. Pika-Biolzi

Progetto editoriale / *Gestaltung:* P. Schirolli



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Ecole polytechnique fédérale de Zurich  
Politecnico federale di Zurigo



Museo Civico  
di Scienze Naturali Brescia

## Premessa

---

Una camera magmatica in alta montagna? Nel gruppo montuoso Adamello-Presanella - situato tra la Valtellina ed il lago di Garda - è esposto uno dei maggiori complessi di rocce magmatiche di tutte le Alpi. I risultati di recenti ricerche illustrano fenomeni geologici spettacolari avvenuti durante l'era Terziaria. Magmi provenienti da grande profondità penetrarono la crosta terrestre e vi si solidificarono. Le rocce originariamente sovrastanti vennero di seguito erose e tale situazione permette oggi di rispondere alle domande sull'origine dei magmi e sugli effetti che essi hanno sulle rocce intruse.

I nomi derivati da rocce granitiche dell'Adamello sono attualmente in uso in tutto il mondo. Ciò nonostante la geologia del gruppo Adamello-Presanella è rimasta relativamente poco conosciuta e l'area è tuttora una delle più intatte dell'arco alpino. Questo volume e la mostra omonima cercano di illustrare e di spiegare alcuni concetti geologici fondamentali, sulla base di fenomeni esposti in modo esemplare nel gruppo Adamello-Presanella.

L'idea di una mostra sulla geologia dell'Adamello fu proposta nel 1996 dal Museo di Scienze Naturali di Brescia. Lo scopo principale di tale progetto era l'allestimento di una sala espositiva del museo dedicata alla geologia dell'Adamello, con particolare riguardo ai più recenti risultati delle ricerche geologiche. Per tale compito è stata chiesta la collaborazione dell'Istituto di Mineralogia e Petrografia del Politecnico di Zurigo, il quale sembrava predestinato grazie ad una lunga serie di ricerche sull'area Adamello-Presanella, eseguite da numerosi studenti e dottorandi, sotto la guida dei professori Volkmar Trommsdorff (ETH Zürich) ed Ezio Callegari (Università di Torino). Come risultato di tale proficua collaborazione abbiamo il piacere di presentare questa guida all'attuale mostra itinerante.

Zurigo e Brescia, Maggio 2003

Peter Brack  
Paolo Schirolli

## Vorwort

---

*Eine Magmenkammer hoch oben in den Bergen? Im norditalienischen Adamellogebiet - zwischen Veltlin und Gardasee - ist der grösste zusammenhängende Komplex magmatischer Gesteine der Alpen entblösst. Spektakuläre geologische Phänomene und Resultate neuer Untersuchungen verdeutlichen, wie in der Tertiärzeit Magmen aus grosser Tiefe in die Erdkruste aufstiegen und erstarrten. Die ursprünglich darüberliegenden Gesteinsschichten sind längst abgetragen. Deshalb finden sich gerade hier Antworten auf Fragen zu den Ursachen der Magmenbildung und den Auswirkungen von Magmen auf die von ihnen durchdrungenen Gesteine.*

*Obwohl Namen von granitischen Adamellogesteinen unter Geologen Weltruhm erlangten, ist die Adamellogeologie bis heute nur wenig bekannt und das Gebiet eines der unberührtesten der Alpen geblieben.*

*Die vorliegende Broschüre zur gleichnamigen Ausstellung versucht, die im Adamellogebiet vielfach exemplarisch aufgeschlossenen geologischen Phänomene und deren Zusammenhänge auf verständliche Weise zu erklären und zu illustrieren.*

*Die Idee zu einer Adamello-Ausstellung geht auf ein 1996 lanciertes Projekt des Museo Civico di Scienze Naturali di Brescia zurück. Ziel dieses Projekts war die Einrichtung eines der Geologie der Adamellogruppe gewidmeten Teils der Ausstellung im Brescianer Museum. Darin sollten auch Resultate der neuen Adamelloforschung mitberücksichtigt werden. Aufgrund der von den Professoren Volkmar Trommsdorff (ETH Zürich) und Ezio Callegari (Università di Torino) geleiteten langjährigen Erforschung des Adamellogebiets waren das Institut für Mineralogie und Petrographie und die Geologisch-Mineralogische Ausstellung der ETH Zürich prädestiniert, einen Querschnitt mit neuesten Erkenntnissen zur Adamello-Geologie zu liefern. Die vorliegende Broschüre und Wanderausstellung ist ein Ergebnis der engen Zusammenarbeit der ETH Zürich mit dem Museo Civico di Scienze Naturali Brescia.*



# Indice

---

## INTRODUZIONE

---

Il massiccio dell'Adamello	6
La morfologia del territorio	8

## LE ROCCE DELL'ADAMELLO

---

Rocce magmatiche	10
La Tonalite: una roccia scoperta nell'Adamello	12
I filoni	14
Come determinare l'età delle rocce magmatiche	16
Rocce del margine dell'intrusione	18
Sedimenti, fossili e loro età	20
Utilizzo delle rocce: "graniti" e "marmi"	22
L'età delle rocce dell'Adamello	24

## MAGMATISMO

---

Evoluzione pre-magmatica	26
I magmi: origine, risalita e messa in posto	28
Effetti meccanici della messa in posto dei magmi	30

## METAMORFISMO

---

Effetti termici dei magmi	32
---------------------------	----

## I MINERALI DELL'ADAMELLO

---

Minerali magmatici e di contatto	34
----------------------------------	----

## LA FORMAZIONE DEL PAESAGGIO

---

Sollevamento ed erosione	36
--------------------------	----

## RICERCA ED ESPLORAZIONE

---

L'esplorazione geologica	38
L'esplorazione topografica e la conquista delle cime	46

# Inhalt

---

## EINFÜHRUNG

---

Das Adamellomassiv	6
Das Landschaftsbild	8

## ADAMELLOGESTEINE

---

Magmatische Gesteine	10
Im Adamello-Gebiet entdeckt: Der Tonalit	12
Ganggesteine	14
Altersbestimmung magmatischer Gesteine	16
Gesteine des Intrusionsrandes	18
Sedimente und Fossilien und deren Alter	20
Verwendung von Adamellogesteinen	22
Alter der Adamellogesteine	24

## MAGMATISMUS

---

Vorgeschichte	26
Die Magmen: Herkunft, Aufstieg und Platznahme	28
Mechanische Wirkung der Intrusionen	30

## METAMORPHOSE

---

Thermische Wirkung der Magmen	32
-------------------------------	----

## ADAMELLOMINERALE

---

Magmatische- und Kontaktminerale	34
----------------------------------	----

## LANDSCHAFTSBILDUNG

---

Hebung und Erosion	36
--------------------	----

## ERFORSCHUNG

---

Geologische Erforschung	40
Topographische Erforschung und Besteigung der Gipfel	46

## Introduzione

### Il massiccio dell'Adamello

Il Gruppo Adamello-Presanella è situato nelle Alpi italiane, al confine tra Lombardia e Trentino. Questa zona, relativamente poco conosciuta dal punto di vista turistico, è ricca di fenomeni geologici spettacolari.

Il significato geologico del Gruppo Adamello-Presanella si deve alla presenza del più vasto complesso di rocce magmatiche di tutte le Alpi ed alla sua fascia circostante costituita da rocce molto varie. Le rocce granitiche dell'Adamello si formarono circa 40 milioni di anni fa, a 10 Km di profondità, da magmi che avevano attraversato parti del mantello e della crosta terrestre. Una catena vulcanica di dimensioni sconosciute si sviluppava probabilmente da magmi simili, che avevano a loro volta raggiunto la superficie terrestre. Per questo motivo le rocce dell'Adamello consentono di studiare direttamente i processi verificatisi all'interno e intorno ad una camera magmatica fossile. Un'altra particolarità geologica dell'Adamello è costituita dai minerali rari che si formarono nelle rocce intorno al complesso magmatico, a causa del calore proveniente da liquidi con temperature che superavano 1000°C. Al di fuori di questa zona di contatto, nelle stesse rocce del margine, che in tempi molto più antichi erano state in parte depositate in ambienti tropicali, si possono osservare importanti resti di fossili marini e geometrie deposizionali molto particolari. Pieghie ed altri fenomeni tettonici si sono verificati prima dell'intrusione dei magmi, a causa di movimenti di interi continenti.

## Einführung

### Das Adamellomassiv

*Das Adamello-Presanella-Gebirge liegt im Grenzgebiet zwischen den Regionen Lombardei und Trentino in den italienischen Alpen, nordwestlich des Gardasees. Es zeigt einen für den Alpenraum einzigartigen, spektakulären geologischen Aufbau. Die geologische Bedeutung des Adamello liegt in einem für alpine Verhältnisse ausgedehnten Komplex magmatischer Gesteine und deren geologisch vielfältiger Umgebung. Vor rund 40 Millionen Jahren drangen Magmen aus grosser Tiefe durch Teile des Erdmantels und der Erdkruste bis rund 10 Kilometer unter die damalige Erdoberfläche. Daraus kristallisierten die Granit-ähnlichen Gesteine des Adamello. Darüber lagen möglicherweise auch Vulkane bisher unbekanntes Ausmasses. Diese wurden wieder abgetragen, so dass man heute im Adamello in eine fossile Magmenkammer blicken kann.*

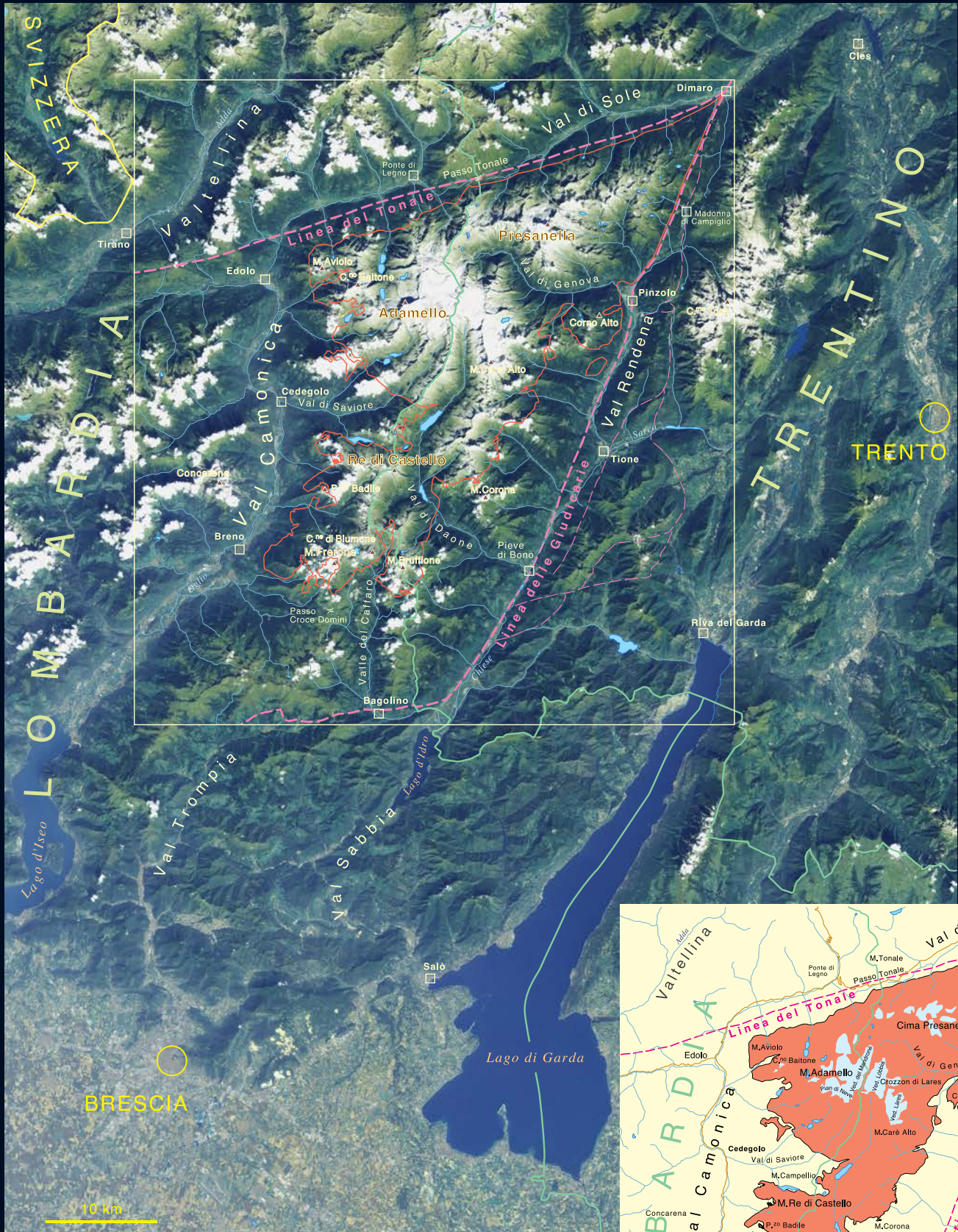
*Weitere geologische Spezialitäten bergen die Kontaktbereiche zwischen der Intrusion und den von den Magmen durchschlagenen Teilen der Erdkruste. Die Wärme von den teils über 1000°C heissen Magmen bewirkte in den umgebenden Gesteinen das Wachstum neuer, vielfach seltener Minerale. Ausserhalb der Kontaktzone enthalten die teilweise in tropischen Meeren gebildeten Sedimentschichten eine Fülle interessanter Versteinerungen. Zudem wurden diese Gesteine vor dem Eindringen der Magmen durch grossräumige Bewegungen von Kontinenten zu eindrucklichen Falten und anderen Gebilden verformt.*





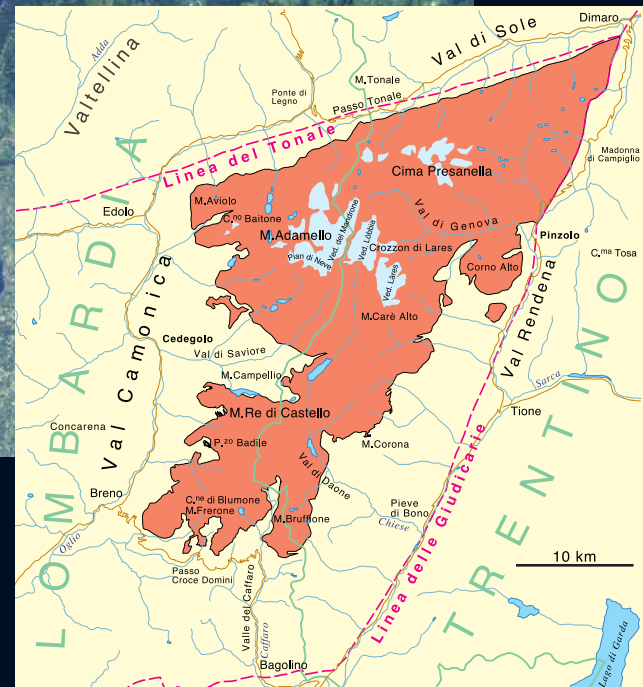
Ripresa dal satellite della zona Adamello-Presanella (Landsat 7; 13.09.1999). Sono indicati i limiti del corpo intrusivo (linea rossa) e le principali linee tettoniche (Linea del Tonale, Linea delle Giudicarie). Si noti la coincidenza di queste ultime con le valli principali.

Das Gebiet der Adamello-Presanella-Gruppe vom Satellit gesehen (Landsat 7; 13.09.1999). Hervorgehoben sind die Umrisse des magmatischen Komplexes, der nach Norden und Osten von morphologisch gut erkennbaren tektonischen Störungen (Tonale- und Judikarienlinie) begrenzt wird. Die geologische Bezeichnung Adamello schliesst geographisch das Adamello- als auch das Presanellagebirge mit ein.



Forma e dimensione del corpo di rocce magmatiche che forma il nucleo del massiccio montuoso Adamello-Presanella.

Ausdehnung und Form des magmatischen Komplexes, der den Kern des Adamello-Presanella-Gebiets aufbaut.



## Introduzione

### La morfologia del territorio

Il rilievo topografico del Gruppo Adamello-Presanella è alquanto pronunciato e si estende dal fondovalle delle valli Camonica e Rendena (300-800 m s.l.m.) alle vette dell'Adamello (3539 m), Presanella (3558 m) e Carè Alto (3463 m). Nonostante i notevoli rilievi topografici ed i pendii ripidi, nell'intero Gruppo Adamello-Presanella le pareti di grandi dimensioni sono piuttosto rare. Essendo staccato dal corpo centrale delle Alpi, esso è inciso da profonde vallate che si irradiano da un vasto nucleo centrale di altezza media intorno a 3000 m, coperto da ghiacciai (Pian di Neve, Vedrette della Lobbia e di Lares).

Tipiche delle vaste aree occupate da rocce magmatiche, sono le conche relativamente larghe, piatte, lisce ed interrotte da creste ripide che si uniscono a formare le vette principali. Un elemento decisivo che ha consentito la formazione di superfici omogenee è costituito da sistemi di fessure molto fini che, con l'azione dell'acqua e del ghiaccio, hanno suddiviso la massa rocciosa in corpi di forma regolare. Queste fessure si formarono a causa di minuscole contrazioni delle rocce magmatiche inizialmente molto calde, ma anche a causa della riduzione della pressione subita dalle rocce durante l'erosione delle masse chilometriche sovrastanti.

I sedimenti del margine del corpo magmatico mostrano forme paesaggistiche in genere più arrotondate. Il detrito grossolano è quasi assente, soprattutto nelle zone in cui le rocce carbonatiche hanno subito un forte metamorfismo di contatto. I calcari e le dolomie, trasformati in marmi, si sgretolano alla superficie.

## Einführung

### Das Landschaftsbild

*Die Adamello-Presanella-Gruppe zeigt ein ausgeprägtes Relief und liegt zwischen 300m bis 3558m über Meereshöhe. Trotz grosser Höhendifferenzen und steiler Talflanken sind viele hundert Meter hohe Wandfluchten eher selten. Die Adamello-Presanella-Gruppe hebt sich nach Süden deutlich vom zentralen Alpenkörper ab. Im Kern der Gruppe liegt ein weitläufiges Gletscherplateau auf durchschnittlich 3000m (Pian di Neve, Lobbia- und Laresgletscher). Ausgehend von dieser Hochfläche fällt das Gebirge nach allen Seiten durch tiefe Taleinschnitte ab.*

*Die eisfreien Felsoberflächen der magmatischen Gesteine bilden oft flache und durch steil aufragende, zackige Felsgrate voneinander getrennte Kare. Die Flächen in den Karen entstehen durch die intensive Klüftung vor allem von tonalitischen Gesteinen. Während der Abkühlung, nach ihrer Entstehung oder infolge erosionsbedingter Druckentlastung bildeten sich in den magmatischen Gesteinen feine ebene Haarrisse. Entlang dieser Risse kann das Gestein durch die sprengende Wirkung von Frost und Wasser in regelmässige Quader zerlegt werden.*

*Die Sedimentgesteine, die den magmatischen Komplex des Adamello umgeben, erodieren eher zu runden Oberflächenformen. Zudem lassen sich nur selten grössere Schutthalden unter solchen Felsen finden. Die Marmore zum Beispiel zerfallen direkt an der Oberfläche in millimeterkleine Bruchstücke, die unmittelbar abgetragen werden.*



# ADAMELLO



Fianco settentrionale della Cima Presanella (3558 m) tuttora in gran parte coperto dal ghiaccio. Le superfici rocciose arrotondate in primo piano mostrano chiari segni di levigatura dovuta allo scorrimento del ghiaccio.

*Im Vordergrund die vom Gletschereis flachpolierten Felsen. An der Basis der immer noch stark vergletscherten Nordflanke der Cima Presanella (3558 m).*

Veduta panoramica della Val Miller con il Monte Adamello sullo sfondo. La valle presenta la classica forma ad U dovuta al modellamento ad opera dei ghiacciai.

*Das Val Miller (mit dem Monte Adamello) ist ein typisch U-förmiges, vom Gletscher ausgeräumtes Hochtal.*



Esempio di scomposizione regolare di rocce tonalitiche nel Gruppo Re di Castello. Le forme geometriche dei blocchi di dimensioni plurimetriche sono dovute all'esistenza di un sistema regolare di sottilissime fessure.

*Tonalitgesteine der Re-di-Castello-Gruppe, die entlang regelmässiger Kluftflächen in Quader zerlegt wurden.*

Fianco sud-ovest del Monte Frerone (2673 m). Questa morfologia è tipica dei sedimenti che hanno subito un forte metamorfismo di contatto durante l'intrusione dei magmi. Le superfici dei marmi (calcarei metamorfosati) sono arrotondate e spesso ricoperte da una sottile coltre erbosa.

*Runde Erosionsformen sind charakteristisch für die kontaktmetamorphen Karbonate der Südwestflanke des Monte Frerone (2673 m). Die von dünnen Grasnarben bedeckten Hänge sind frei von Gesteinsschutt.*



## Le rocce dell'Adamello

### Rocce magmatiche

Il complesso di rocce magmatiche dell'Adamello è esposto su un'area di circa 670 Km<sup>2</sup>. In base ai caratteri petrografici, tale complesso è stato suddiviso in varie unità. Sebbene dal punto di vista della composizione chimica e mineralogica le rocce siano simili, le diverse granulometrie e le caratteristiche forme dei minerali scuri (orneblenda e biotite) indicano condizioni di cristallizzazione leggermente diverse. Recenti ricerche hanno dimostrato che l'età di queste unità diminuisce andando da sud-ovest verso nord-est. Il Gruppo Re di Castello (e Corno Alto) è quindi il più antico (43-38 milioni di anni), il Gruppo Presanella è il più recente (circa 34-32 milioni di anni).

Oltre il 99% dell'intera massa di rocce magmatiche attualmente esposta è costituita da tonaliti e, in minori quantità, da granodioriti. Queste rocce, abbastanza simili tra loro, sono costituite da un numero limitato di minerali magmatici, come quarzo, feldspato (feldspato di calcio e sodio e minori quantità di feldspato potassico), biotite e orneblenda. Le tonaliti contengono come minerali chiari quasi esclusivamente quarzo e plagioclasio (feldspato di sodio e calcio), mentre le granodioriti comprendono anche piccole quantità di feldspato potassico.

Corpi minori di rocce basiche (dioriti e gabbri), cioè con un tasso più basso di ossido di silicio (SiO<sub>2</sub>) e molto povere in quarzo, ma più ricche in orneblenda, si trovano prevalentemente lungo il bordo del complesso magmatico.

## Adamellogesteine

### Magmatische Gesteine

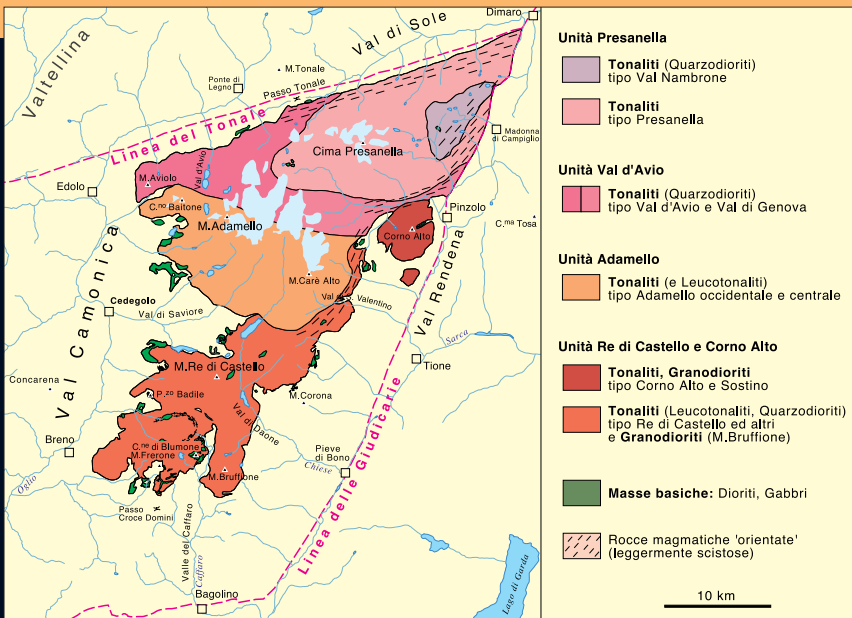
*Der magmatische Komplex der Adamello-Gruppe erstreckt sich über eine Fläche von 670 km<sup>2</sup>. Die Gesteine sind von der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung her meist sehr ähnlich. Aufgrund petrographischer Kriterien lassen sie sich jedoch in verschiedene Einheiten gliedern, da unterschiedliche Kristallisationsbedingungen zu unterschiedlichen Korngrößen und Kristallformen geführt haben. Das Alter der Adamellogesteine nimmt von Südwesten (43-38 Millionen Jahre) nach Nordosten (34-32 Millionen Jahre) ab.*

*Über 99% der heute sichtbaren Gesteine sind Tonalite und untergeordnet Granodiorite, zwei ähnliche Gesteinsarten, die sich in den Verhältnissen der Anteile heller Minerale unterscheiden. Beide Gesteinstypen enthalten Quarz und die Feldspatvarietät Plagioklas (Kalzium-, Natrium-Feldspat); im Granodiorit treten zusätzlich auch kleine Mengen des kaliumhaltigen Alkalifeldspats auf. Die dunklen Minerale wie Hornblendens und Biotit treten in unterschiedlichen Mengen auf.*

*Kleinere Körper basischer Gesteine mit einem deutlich geringeren Gehalt an Siliziumdioxid (SiO<sub>2</sub>) bestehen aus Diorit und Gabbro. Diese hornblendereichen und in der Regel dunklen Gesteinsarten enthalten neben Plagioklas nur wenig Quarz.*



ADAMELLO



Distribuzione e nomi delle unità petrografiche principali del complesso magmatico dell'Adamello.

Verbreitung und Namen der wichtigsten petrographischen Einheiten des magmatischen Adamello-Körpers.

## I minerali principali delle rocce magmatiche Die Hauptbestandteile der magmatischen Gesteine

Quarzo / Quarz

Formula chimica / chemische Formel  
 $\text{SiO}_2$

Feldspati / Feldspäte

Plagioclasio (= Feldspato di sodio e calcio)

Albite  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$   
Anortite  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

Ortoclasio (= Feldspato potassico)  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$

Orneblenda / Hornblende

$\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe})_4(\text{Al,Fe})(\text{Si,Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Biotite / Biotit

$\text{K}(\text{Mg,Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

## Le rocce basiche (Gabbri/Dioriti) Basische Gesteine (Gabbros/Diorite)



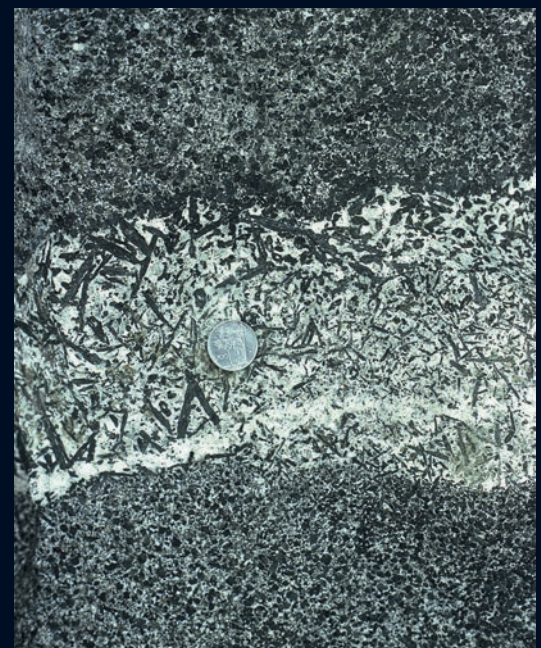
Il Cornone di Blumone (visto da sud) nella parte meridionale del Gruppo Re di Castello è uno dei corpi costituiti dalle rocce basiche più importanti di tutto il complesso magmatico dell'Adamello.

Der Cornone di Blumone (Ansicht von Süden) ist der grösste Komplex basischer Gesteine in der südlichen Re-di-Castello-Gruppe.

Superficie di una roccia magmatica a grana grossa dell'Adamello meridionale (barra = 2 cm). I principali componenti mineralogici sono ben visibili: cristalli lunghi e neri di orneblenda, in una massa di fondo a granuli irregolari di plagioclasio (bianchi) e quarzo (grigio chiaro). I cristalli aghiformi di orneblenda sono cristallizzati prima dei minerali chiari.



Oberfläche eines grobkörnigen magmatischen Gesteins aus dem südlichen Adamello-Gebiet: Leisten und sechseckige Querschnitte schwarzer Hornblendens in einer etwas später auskristallisierten Masse von Plagioklas (weiss) und Quarz (hellgrau).



Esempio di variabilità a piccola scala dei gabbri del complesso Mattoni-Cadino nella parte meridionale del Gruppo Re di Castello. In questo intervallo di rocce magmatiche stratificate sono presenti diverse forme di cristalli scuri di orneblenda, che variano da cristalli corti ad aghiformi nel centro.

Ein Beispiel heterogener lagiger Gabbrogesteine aus dem südlichen Re-di-Castello-Gebiet (Monte Cadino). Die Formen der dunklen Hornblendens variieren in diesen Gesteinen von kurz-stengelig bis lang-nadelig.

## Le rocce dell'Adamello

### La Tonalite: una roccia scoperta nell'Adamello

Nel periodo 1857-63 il giovane mineralogista e geologo tedesco **Gerhard Vom Rath** (1830-1888), docente di Mineralogia e Geologia presso l'Università di Bonn, visitò i monti dell'Adamello. Affascinato dalle stupende rocce "granitiche" di quest'area allora poco conosciuta, egli si rese conto che le rocce dell'Adamello non rientravano in alcuna categoria di nomi petrografici esistenti. Dopo dettagliate analisi dei campioni di roccia da lui raccolti nei pressi del Lago d'Avio e nella Valle di San Valentino, Vom Rath ritenne opportuno introdurre in una pubblicazione scientifica del 1864 il nuovo nome **TONALITE**, termine petrografico tuttora universalmente utilizzato e riconosciuto. La definizione originale fornita da Vom Rath indica la **tonalite** come una roccia intermedia tra il granito e la diorite, ricca di quarzo, feldspato di calcio e sodio, mica di magnesio (= biotite) ed orneblenda. Più tardi è stato introdotto il nome **adamellite** per indicare un tipo di roccia magmatica granitica simile alla tonalite, ma quasi assente nel massiccio dell'Adamello. Questo termine è stato mantenuto fino ad oggi, soprattutto nei paesi anglosassoni.

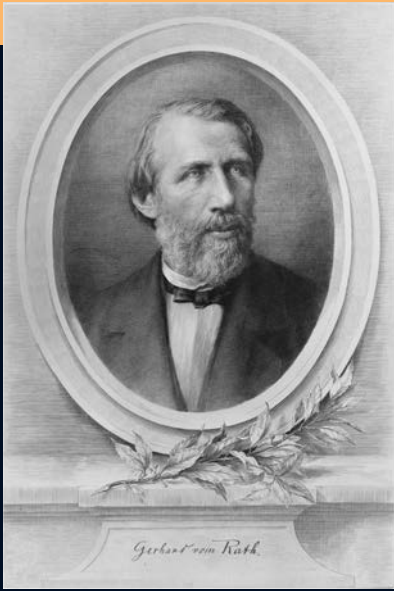
## Adamellogesteine

### Im Adamello-Gebiet entdeckt: Der Tonalit

*Von 1857-63 besuchte der junge Bonner Mineraloge **Gerhard Vom Rath** (1830-1888) die Adamello-Gruppe auf mehreren Reisen. Begeistert von den bisher wenig bekannten granitischen Gesteinen bemerkte Vom Rath, dass sie sich keiner damals bekannten Gesteinsart zuordnen liessen. Nach petrographischen Untersuchungen an Gesteinsproben vom Lago d'Avio und aus dem Val di San Valentino führte Vom Rath 1864 den neuen Gesteinsnamen **TONALIT** ein. Der **Tonalit** ist nach Vom Rath ein Quarz- und Plagioklas(Feldspat)-reiches Gestein mit Magnesiumglimmer (= Biotit) und Hornblende. Er liegt damit von seiner Mineralzusammensetzung her zwischen den Graniten und den Dioriten.*

*Der Gesteinsname **Adamellit** wurde später als Bezeichnung für tonalitähnliche, jedoch in der Adamello-Gruppe kaum vorkommenden granitischen Gesteine eingeführt. Er ist heute noch im angelsächsischen Sprachraum gebräuchlich.*

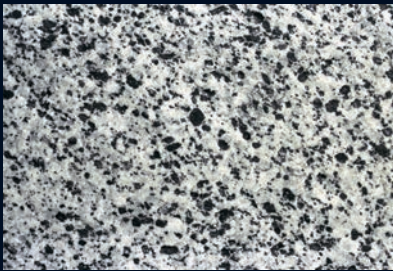




Gerhard Vom Rath (1830-1888)

## Le rocce intermedie e acide (tonaliti, granodioriti, graniti)

### Intermediäre - und saure Gesteine (Tonalite, Granodiorite, Granite)



Superficie di una tonalite classica a struttura grossolana, descritta da Vom Rath sulla base di campioni dell'Adamello. Ben riconoscibili sono i minerali leucocratici (quarzo: grigio; plagioclasio: bianco) che occupano gli spazi tra i cristalli scuri idiomorfi di orneblenda e biotite.

*Bild eines klassischen grobkörnigen Tonalitgesteins welches Vom Rath aus dem Adamello beschrieb. Eine helle Masse aus Quarz und Plagioklas füllt den Raum zwischen dunklen Biotiten und Hornblend.*



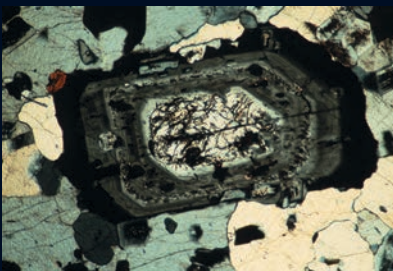
Tipico paesaggio di rocce tonalitiche del Gruppo Re di Castello. Al centro la vetta del Re di Castello, sullo sfondo a destra il Carè Alto.

*Typische Tonalitlandschaft im südlichen Adamello-Gebiet mit dem Monte Re-di-Castello im Zentrum und dem Monte Carè Alto im Hintergrund.*



Contatto netto tra due tipi diversi di tonalite a grana fine del Gruppo Re di Castello.

*Scharfer Kontakt zwischen zwei feinkörnigen Tonalitvarietäten im Re-di-Castello-Gebiet.*



Fotografia di una sezione sottile di tonalite al microscopio ottico.

Al centro si nota un cristallo di plagioclasio con un nucleo ricco in calcio e successive zone di accrescimento con composizione variabile, ma più ricca in sodio (alternanza di zone chiare e scure). I minerali magmatici si sono cristallizzati in fasi successive, in parte già durante la risalita dei magmi.

*Dünnschliff-Mikroskopbild eines Tonalitgesteins. Der grosse Plagioklaskristall mit einem kalziumreichen Kern und einem natriumreicheren Rand (hell-dunkel Zonen) verdeutlicht die Bildungsgeschichte magmatischer Minerale. Sie begannen bereits während des Aufstiegs der Magmen durch die Erdkruste zu kristallisieren.*



Rocce granitiche di colore chiaro affioranti nei pressi del Corno Baitone. Questo è uno dei pochi esempi di granito "vero" (in senso petrografico) nell'intero Gruppo Adamello. I graniti tagliano le rocce scure del basamento cristallino.

*Helle Granitgesteine im Gebiet des Corno Baitone durchschlagen dunkle Gesteine des kristallinen Grundgebirges. Dies ist eines der wenigen Vorkommen "echter" Granite im Adamello-Gebiet.*

## Le rocce dell'Adamello

### I filoni

I filoni sono corpi di rocce magmatiche di dimensioni ridotte, forma spesso tabulare e diametri che vanno da pochi centimetri a qualche metro. Dimensioni e forma dei filoni possono variare da pochi metri fino a decine di chilometri di lunghezza, a seconda del comportamento meccanico e della composizione dei magmi. Esistono due gruppi principali di filoni: acidi e basici. Per ognuno di questi gruppi troviamo diverse generazioni di filoni con età, orientazione ed origini differenti.

I **filoni acidi** sono costituiti da rocce ricche di biossido di silicio ( $\text{SiO}_2$ ) e rappresentano i residui dei magmi tonalitici e granodioritici. Essi si sono originati nelle vicinanze o all'interno dei grossi corpi magmatici attualmente esposti. I filoni acidi a grana fine prendono il nome di **aplit**, quelli a grana grossolana con cristalli di dimensioni fino a qualche centimetro sono denominati **pegmatiti**. Nel Gruppo Adamello il numero dei minerali principali che formano i filoni acidi è ridotto: quarzo, feldspato potassico, biotite, muscovite, granato e tormalina. Minerali più rari si trovano nelle vene formatesi da liquidi residuali, laddove questi hanno reagito con rocce sedimentarie di tutt'altra composizione chimica.

I **filoni basici** sono costituiti da rocce scure a grana spesso molto fine, più povere in  $\text{SiO}_2$  simili a lave basaltiche. Poiché i magmi basici erano molto liquidi ed avevano temperature superiori ai  $1000^\circ\text{C}$ , prima del loro raffreddamento e della loro solidificazione essi potevano muoversi per lunghe distanze, anche attraverso fessure sottili. Le sorgenti di questi magmi potevano essere lontane e profonde. Diversi filoni basici dello stesso tipo sono in genere orientati in senso parallelo. Nella parte meridionale del corpo intrusivo dell'Adamello esistono dei veri e propri sciami di filoni.

## Adamellogesteine

### Die Ganggesteine

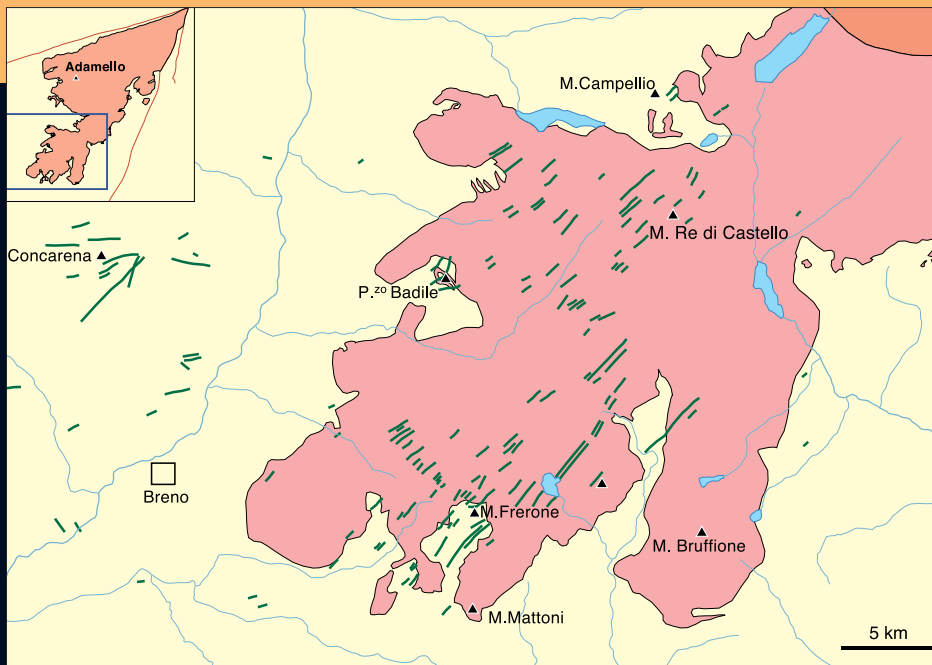
*Schmale magmatische Körper werden Gänge genannt. Ihre Ausdehnung variiert von wenigen Metern bis zu vielen Kilometern und hängt von der Zähigkeit der fließenden Magmen ab, die wiederum von der chemischen Zusammensetzung bestimmt wird. Aufgrund des Aussehens und der chemischen Zusammensetzung werden die Gesteine der Gänge in saure und basische Typen gegliedert. Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ )-reiche zähe Restschmelzen von tonalitischen und granodioritischen Magmen erstarrten vielfach innerhalb oder in unmittelbarer Umgebung der grossen magmatischen Körper zu hellen **sauren Gängen**. Feinkörnige Gänge dieser Kategorie werden **Aplit** genannt. Die grobkörnigen **Pegmatite** mit bis zu zentimetergrossen Kristallen umfassen in der Regel nur wenig Mineralarten wie Quarz, Feldspat, Biotit, Muskowit, Granat und Turmalin. Seltener Minerale bildeten sich dort, wo wässrige Restlösungen im Kontakt mit Sedimenten ganz anderer chemischer Zusammensetzung reagierten.*

*Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ )-arme **basische Gänge** sind chemisch vergleichbar mit basaltischen und andesitischen Laven. Die vielfach über  $1000^\circ\text{C}$  heissen und dünnflüssigen Schmelzen können sich auch durch enge Spalten und über grosse Distanzen bewegen. Ihr Ursprung kann weit entfernt und in grosser Tiefe liegen. Basische Gänge gleichen Alters verlaufen meist parallel und lassen sich als Gangscharen im südlichen Adamello-Gebiet über viele Kilometer verfolgen.*



ADAMELLO





Distribuzione di un insieme di filoni basici nella parte meridionale del massiccio dell'Adamello (Gruppo Re di Castello).

Verteilung einer Schar basischer Gänge im südlichen Adamello-Gebiet (Re-di-Castello-Gruppe).



Un grosso filone acido (pegmatite) taglia le rocce tonalitiche a nord del Monte Re di Castello. Questi filoni possono raggiungere spessori di qualche metro, ma in genere presentano estensioni assai ridotte.

*Helle, saure Gänge wie dieser Pegmatit in den Tonaliten nördlich des Monte Re-di-Castello sind in der Regel nur über kurze Distanzen sichtbar.*



Un filone acido a grana fine (aplite) taglia una tonalite con un incluso di una roccia magmatica scura di tipo dioritico.

*Ein feinkörniger Gang (Aplit) zerschneidet einen Tonalit mitsamt einem dunklen Einschluss eines dioritischen Gesteins.*



Filone basico con giacitura quasi orizzontale che taglia i sedimenti piegati del Calcare di Angolo del fianco meridionale del Monte Frerone. La forma tabulare ben visibile è tipica dei filoni basici.

*Ein brettförmiger flachliegender basischer Gang zerschneidet die gefalteten Sedimentgesteine (Calcare di Angolo) des Monte Frerone.*



Filone basico che attraversa le rocce tonalitiche nei pressi del Monte Re di Castello. Questo filone è esposto per alcune centinaia di metri. Sono evidenti delle piccole dislocazioni nella fessura originale.

*Basischer Gang in Tonaliten in der Nähe des Monte Re-di-Castello. Der schmale, mehrere hundert Meter lange Gang zeigt entlang seines Verlaufs mehrere abrupte Sprünge.*

## Le rocce dell'Adamello

### Come determinare l'età delle rocce magmatiche

Il metodo uranio-piombo è uno dei metodi più frequentemente utilizzati per la determinazione dell'età di minerali contenuti nelle rocce magmatiche. Gli isotopi  $U^{238}$  e  $U^{235}$  dell'uranio si trasformano lentamente, tramite elementi chimici intermedi, in isotopi stabili del piombo ( $Pb^{206}$  e  $Pb^{207}$ ). Questo processo di decadimento isotopico è accompagnato dall'emissione di particelle e di radiazione radioattiva. La determinazione dei rapporti  $Pb^{206} / U^{238}$  e  $Pb^{207} / U^{235}$  nei minerali si ottiene con apparecchiature molto sensibili e permette di misurare il tempo trascorso dal momento in cui è avvenuta la formazione dei minerali.

Un minerale tipico delle rocce magmatiche contenente piccole quantità di uranio è lo zircone, un silicato di zirconio ( $ZrSiO_4$ ) di dimensioni generalmente molto ridotte. La struttura cristallina di questo minerale è molto stabile anche a temperature elevate. L'orologio U-Pb si attiva quindi fin dalla sua cristallizzazione, durante le fasi finali di solidificazione del magma. L'applicazione del metodo uranio - piombo su cristalli di zircone e su altri minerali contenenti uranio (thorite, monazite, allanite) ha finora permesso di determinare in modo preciso l'età di solidificazione di diverse rocce magmatiche dell'Adamello. Come esempio viene illustrata la datazione di una delle rocce più vecchie del complesso intrusivo: la (leuco-)tonalite tipo Valfredda, nell'estremità meridionale del Gruppo Re di Castello.

## Adamellogesteine

### Die Altersbestimmung magmatischer Gesteine

*Mit physikalisch-chemischen Analyseverfahren lässt sich der Zeitpunkt nachweisen, nach dem kein Austausch von Atomen zwischen Mineralen und Gesteinen mehr stattfand. Im Idealfall bestimmt man damit das Bildungsalter eines Minerals im Gestein.*

*Eine mögliche Methode ist die Uran-Blei-Methode. In einem sehr langsam ablaufenden Prozess zerfallen die Isotopen  $U^{238}$  und  $U^{235}$  des chemischen Elements Uran über mehrere Zwischenstufen zu den stabilen Blei-Isotopen  $Pb^{206}$  und  $Pb^{207}$ . Begleiterscheinungen dieses spontanen radioaktiven Zerfalls sind Emissionen von Partikeln und radioaktive Strahlung. Empfindliche Instrumente erlauben die Bestimmung der Isotopenverhältnisse  $Pb^{206} / U^{238}$  und  $Pb^{207} / U^{235}$ , als Mass für die seit der Mineralbildung verstrichene Zeit. Das Mineral Zirkon ist ein Uran-haltiges Zirkonsilikat ( $ZrSiO_4$ ) und ist in magmatischen Gesteinen präsent. Zirkon ist auch bei hohen Temperaturen stabil, darum beginnt die U-Pb-Uhr im Zirkon bereits in der Endphase der Verfestigung eines magmatischen Gesteins zu ticken. Weitere Minerale die Uran enthalten sind: Thorit, Monazit, Allanit. Da sie neben Zirkon in den Gesteinen der Adamello-Gruppe enthalten sind, kann auch an ihnen die Uran-Blei-Methode zur Altersbestimmung angewendet werden. Die Bestimmung des Alters des (Leuko-)Tonalits der Valfredda, einem der ältesten magmatischen Gesteine im südlichen Adamello-Gebiet, dient hier als Beispiel.*

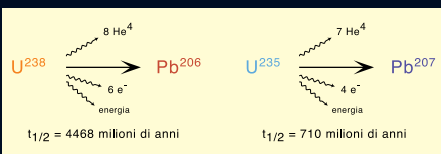


ADAMELLO



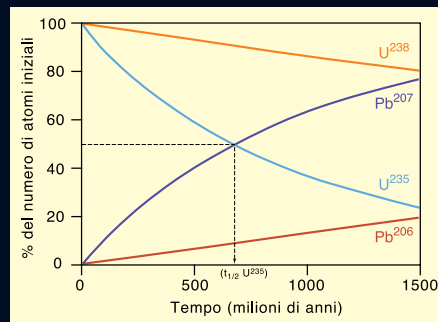
Tonalite tagliata da filoni scuri basici nel Gruppo Re di Castello. La tonalite ed i filoni sono ulteriormente intersecati da pegmatiti. Intersezioni di diversi tipi di rocce intrusive forniscono importanti informazioni sull'evoluzione magmatica e sull'età relativa dei corpi adiacenti. L'età assoluta delle rocce magmatiche può essere invece stabilita solo con l'uso di analisi radiometriche.

*Dunkle, basische Gänge und weisse Pegmatite durchschlagen einen Tonalit des Re-di-Castello-Gebiets. Solche Schnittbeziehungen liefern wichtige Hinweise zur Intrusionsabfolge verschiedener magmatischer Gesteine. Das numerische Alter eines Gesteins lässt sich jedoch nur mit Isotopendatierungen ermitteln.*



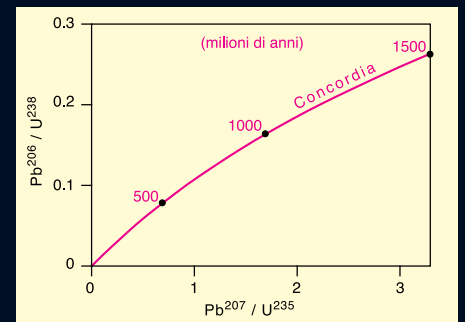
Importanti processi di decadimento isotopico nel sistema U/Pb. Il termine "semiperiodo" ( $t_{1/2}$ ) indica il tempo impiegato affinché la quantità iniziale di atomi di uranio di un dato isotopo si dimezzi.

*Wichtige Zerfallsreihen im Uran-Blei-System. Der Ausdruck "Halbwertszeit" ( $t_{1/2}$ ) bezeichnet die Dauer bis nur noch die Hälfte einer anfänglichen Anzahl Uran-Atome des jeweiligen Isotops vorhanden ist.*



Per ognuna delle due serie il rapporto Pb-U cambia lentamente nel tempo, come indicato nella figura sovrastante. Mentre  $U^{235}$  diminuisce,  $Pb^{207}$  cresce in modo corrispondente (curve blu). Variazioni analoghe, ma più lente avvengono nel sistema  $U^{238}$  -  $Pb^{206}$  (curve rosse).

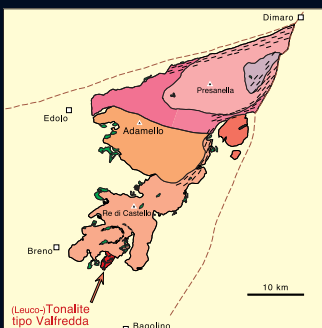
*Die Pb/U Verhältnisse beider Zerfallsreihen ändern sich langsam als Funktion der Zeit. Während der Gehalt an  $U^{235}$  stetig abnimmt, wächst der Anteil an  $Pb^{207}$  (blaue Kurven). Entsprechend verändern sich die Verhältnisse auch im System  $U^{238}$  -  $Pb^{206}$  (rote Kurven).*



In un sistema che non ha né perso né ricevuto isotopi di U o di Pb il rapporto  $Pb^{206}/U^{238}$  trova in ogni momento una corrispondente frazione di  $Pb^{207}/U^{235}$ . Questo rapporto definisce una curva detta Concordia che rappresenta lo sviluppo temporale del sistema Pb/U. Ogni punto lungo la Concordia corrisponde ad un'età precisa dal momento in cui l'orologio radiometrico ha cominciato a funzionare.

*In einem chemischen System (z.B. einem Mineral), das seit seiner Bildung weder Uran noch Blei verloren oder aufgenommen hat, gibt es für jedes  $Pb^{206}/U^{238}$ -Isotopenverhältnis einen entsprechenden  $Pb^{207}/U^{235}$ -Wert. Diese Beziehung definiert eine "Koncordia" genannte Kurve. Jeder Punkt auf dieser Kurve entspricht einem Alterswert.*

## L'età della Tonalite tipo Valfredda Das Alter des Valfredda-Tonalits als Beispiel



La (leuco-)tonalite tipo Valfredda affiora nella parte meridionale del Gruppo Re di Castello e fa parte delle rocce intrusive più vecchie dell'intero complesso magmatico dell'Adamello.

*Der (Leuko-)Tonalit von Valfredda im südlichen Re-di Castello-Gebiet gehört zu den ältesten magmatischen Gesteinen der Adamello-Gruppe.*



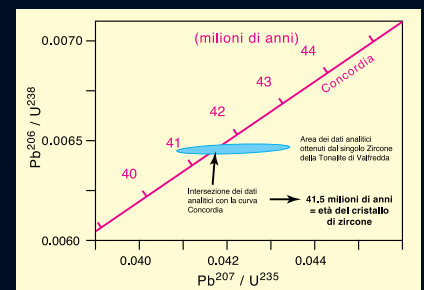
Superficie della (leuco-)tonalite tipo Valfredda.

*Oberfläche des hellen Tonalits von Valfredda.*



Minuscolo cristallo di zirconio isolato dalla sua matrice rocciosa prima dell'analisi isotopica. Il risultato dell'analisi è riportato nel diagramma (Foto W. Hansmann).

*Kleiner isolierter Zirkonkristall vor der Messung der Isotopenverhältnisse; das Resultat der Analyse ist im Konkordiagramm dargestellt (Foto W. Hansmann).*



I rapporti  $Pb^{206}/U^{238}$  e  $Pb^{207}/U^{235}$  del cristallo di zirconio si sovrappongono alla curva Concordia. Questi dati indicano che sono trascorsi 41.5 milioni di anni dalla formazione del cristallo. Poiché la crescita del cristallo di zirconio è avvenuta durante la cristallizzazione del magma, il valore ottenuto rappresenta anche l'età della tonalite di Valfredda.

*Die am Zirkonkristall bestimmten entsprechenden  $Pb^{206}/U^{238}$  und  $Pb^{207}/U^{235}$ -Verhältnisse liegen auf der Konkordia-Kurve und dokumentieren ein Alter von 41,5 Millionen Jahre für diesen Kristall und approximativ auch für das Gestein.*

## Le rocce dell'Adamello

### Rocce del margine dell'intrusione

Le rocce attualmente esposte lungo il margine del corpo magmatico dell'Adamello si sono formate nel Paleozoico e nel Mesozoico e sono quindi molto più vecchie delle rocce magmatiche terziarie. In alcune zone di contatto del corpo magmatico le successioni stratificate sono deformate; dal basso verso l'alto tali successioni comprendono i seguenti gruppi principali:

**Basamento cristallino** - consiste di gneiss e scisti metamorfici con pieghe a piccola scala. Queste rocce sono state deformate, metamorfosate ed erose in un ciclo di formazione montuosa pre-alpino. Su di esse si è depositata la successione di rocce del Permiano e del Triassico.

**Rocce del Permiano** - comprendono prodotti vulcanici (porfidi) e rocce formatesi in ambiente continentale da detrito proveniente dall'erosione di zone emerse e trasportato dalle acque di torrenti e fiumi (conglomerati, arenarie, siltiti ed argilliti). Lo spessore dell'intera serie permiana è molto variabile e può raggiungere qualche centinaia di metri.

**Successioni sedimentarie del Triassico** - queste rocce si sono formate in un ambiente marino tropicale o subtropicale. La serie basale (Servino) di carbonati e di livelli clastici (siltiti, argilliti) è ben stratificata e uniforme su grandi distanze e ad essa seguono talvolta dei carbonati vacuolari (Carniola di Bovegno). L'intervallo successivo è caratterizzato da una successione irregolare di rocce carbonatiche e detritiche. Diverse generazioni di calcari e dolomie che facevano parte di piccole piattaforme o scogliere (Calcare di Dosso dei Morti, Calcare di Esino) si alternano con rocce accumulate in bacini marini più o meno profondi (Calcare di Angolo, Calcare di Prezzo, Formazione di Buchenstein e di Wengen, Calcare di Pratotondo, Argillite di Lozio). Le rocce più recenti della fascia di contatto originale, attualmente esposte intorno alle intrusioni, sono masse discontinue di dolomie fortemente ricristallizzate (marmi) della Dolomia Principale.

## Adamellogesteine

### Gesteine des Intrusionsrandes

*Die Gesteine in der die Adamello Intrusion eingebettet liegt, wurden im Paläozoikum (vor mehr als 250 Millionen Jahren) und Mesozoikum gebildet. Über weite Strecken sind diese Gesteinsschichten verformt oder steil gestellt. Mit abnehmendem Alter lassen sich folgende Gesteinseinheiten unterscheiden:*

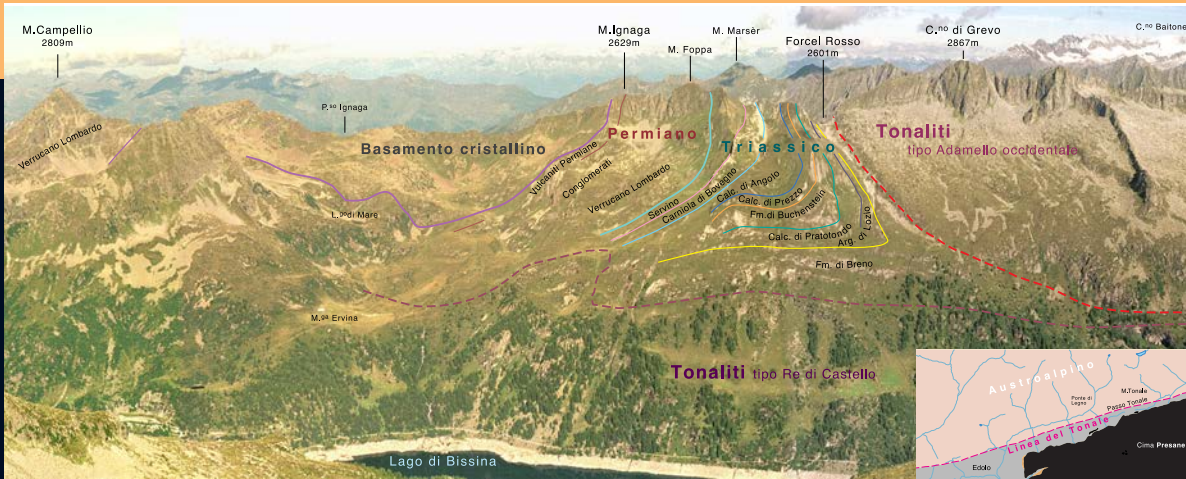
*Die Gneisse und metamorphen Schiefer des **kristallinen Grundgebirges** wurden bereits vor der alpinen Gebirgsbildung verformt und umgewandelt. Nach einer Phase der Abtragung waren sie das Fundament für die folgenden Ablagerungen der Perm- und der Triaszeit.*

*Die Gesteinsserien des **Perm** bestehen aus unregelmässigen, mehrere hundert Meter dicken vulkanischen Produkten (Porphyre) und grob- bis feinkörnigen Ablagerungsgesteinen (Konglomerate, Sandsteine, Silte und Tone). Der Bildungsraum dieser Gesteine lag auf dem Festland.*

*Die Sedimente der **Trias** wurden dagegen in einem tropischen bis subtropischen Meer abgelagert. Gut geschichtete Karbonat-Ton-Lagen des Servino bildeten sich in einem flachen Schelfmeer, das am Ende fast trocken lag (Gips-haltige Zellenkalk der Carniola di Bovegno). Die darüber liegende unregelmässige Serie von kalkigen (Calcare di Angolo, Calcare di Prezzo, Formazione di Buchenstein, Calcare di Pratotondo) und sandig-tonigen Gesteinen (Formazione di Wengen, Argillite di Lozio) sind Ablagerungen eines flachen bis tiefen warmen Meeresbeckens. Dazwischen entwickelten sich auch riffartige helle Gesteinskörper aus Kalk und Dolomit (Calcare di Dosso dei Morti, Calcare di Esino). Als Marmore erhaltene Relikte der ursprünglich ausgedehnten Gesteinsformation des Hauptdolomits (Dolomia Principale) sind die jüngsten heute sichtbaren Sedimentgesteine im Adamellorand.*

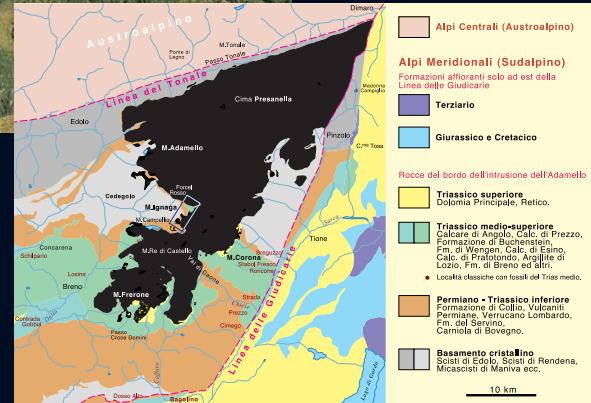


ADAMELLO



Veduta panoramica (da est) della successione permo-triassica del Monte Ignaga - Forcel Rosso. Nonostante la forte inclinazione degli strati, l'intera successione stratigrafica è rimasta quasi intatta.

Panoramaansicht der mehrheitlich intakten aber steilgestellten Gesteinsabfolge des Monte Ignaga - Forcel Rosso am Westrand des Adamello-Körpers.



Distribuzione delle rocce di contatto del corpo magmatico dell'Adamello (nero). La parte meridionale di quest'ultimo taglia le successioni permo-triassiche, quella settentrionale è in gran parte a contatto con le rocce del basamento cristallino.

Gesteinseinheiten in der Umgebung des magmatischen Adamello-Körpers (schwarze Fläche). Gesteine des kristallinen Grundgebirges dominieren im Nordteil während sich in der südlichen Hälfte auch Gesteine der Perm- und Triaszeit finden.

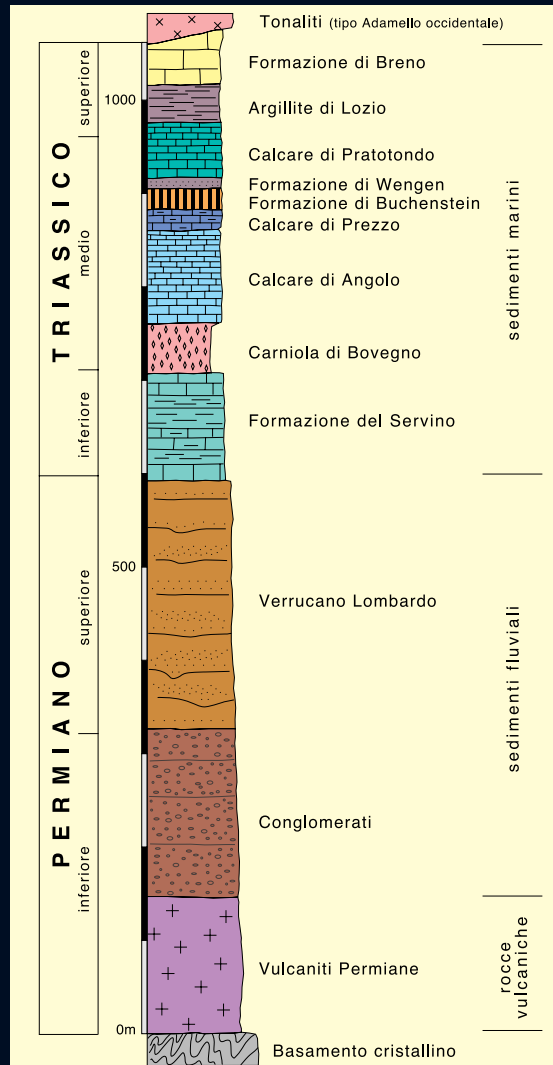


Spettacolare successione di strati triassici metamorfosati esposta al Monte Frerone (parte meridionale del Gruppo Adamello). Da destra a sinistra si notano: l'unità scura del Calcare di Prezzo, l'intervallo chiaro della Formazione di Buchenstein e del Calcare di Pratotondo, le cornubianiti marroni dell'Argillite di Lozio e gli strati carbonatici del Carnico (Foto P. Ulmer).

Eine spektakuläre Abfolge metamorpher Trias-Gesteine ist am Monte Frerone (südl. Adamello-Gebiet) entblößt. Die Serie umfasst von rechts nach links die dunkle Einheit des Calcars di Prezzo, die hellen Schichten der Formation di Buchenstein und des Calcars di Pratotondo, die dunklen Hornfelse des Argillite di Lozio sowie jüngere Karbonatschichten (Foto P. Ulmer).

Colonna stratigrafica sintetica della successione permo-triassica esposta lungo la cresta Monte Ignaga - Forcel Rosso (si veda anche la foto). L'intera serie ha uno spessore di circa un chilometro.

Synthetische Darstellung der rund 1000m dicken Gesteinsserie im Kamm zwischen Monte Ignaga - Forcel Rosso (s. Foto).



Nonostante il metamorfismo termico subito dalle rocce, sono tuttora riconoscibili alcune strutture sedimentarie primarie. In questo esempio, nel Verrucano Lombardo dei pendii del Monte Campello gli strati incrociati testimoniano l'ambiente fluviale in cui si formarono le arenarie.

Trotz der metamorphen Überprägung sind ursprüngliche sedimentäre Strukturen vielerorts erhalten geblieben. Im Verrucano Lombardo des Monte Campello beispielsweise sind die für Flussablagerungen typischen Kreuzschichtungen ohne weiteres erkennbar.



Contatto netto (discordanza) tra rocce con piccole pieghe del basamento cristallino (parte inferiore) e rocce non deformate del Permiano (parte superiore) nei pressi del Lago di Mare in Val di Daone.

Beim Lago di Mare im Val di Daone ist der scharfe Kontakt (Diskordanz genannt) zwischen dem gefalteten kristallinen Schiefer (unten) und den darauf lagernden Gesteinen des Perm (oben) entblößt.



## Le rocce dell'Adamello

### Sedimenti, fossili e loro età

Le successioni di rocce sedimentarie vengono suddivise in base ai loro caratteri litologici in unità formazionali i cui nomi derivano dalle località in cui gli strati sono esposti in modo tipico. Il nome del Calcare di Angolo, per esempio, si riferisce al paese di Angolo in Val Camonica, mentre altri nomi derivano da località e zone più distanti, come Wengen e Buchenstein nelle Dolomiti. Il "servino" è un'espressione storica utilizzata soprattutto in Lombardia, per indicare un determinato intervallo di strati con frequenti mineralizzazioni di ferro (es. Val Trompia, Val di Scalve).

Le rocce sedimentarie dell'area dell'Adamello sono state deformate dopo il loro consolidamento. Ulteriori rilevanti modifiche si sono limitate ad una stretta zona lungo la fascia di contatto con rocce magmatiche. Nonostante ciò, in numerose località si possono trovare resti fossili vegetali e animali ben conservati. Insieme alle caratteristiche litologiche e alle strutture sedimentarie, i resti fossili di piante, di molluschi, di coralli ecc. forniscono informazioni importanti per la ricostruzione degli ambienti durante la formazione delle rocce del Triassico. Inoltre, certi gruppi di fossili sono utilizzati per la determinazione dell'età degli strati. Tra questi troviamo gli ammonoidi e i bivalvi del genere **Daonella**, il cui nome deriva dalla Val di Daone! L'intervallo di strati comprendente il Calcare di Prezzo e le Formazioni di Buchenstein e di Wengen è particolarmente ricco in livelli fossiliferi che sono stati studiati per oltre 120 anni. I risultati di ricerche recenti su questi strati dell'area dell'Adamello sono di importanza fondamentale per la definizione del limite tra due intervalli temporali del Triassico: Anisico e Ladinico.

## Adamellogesteine

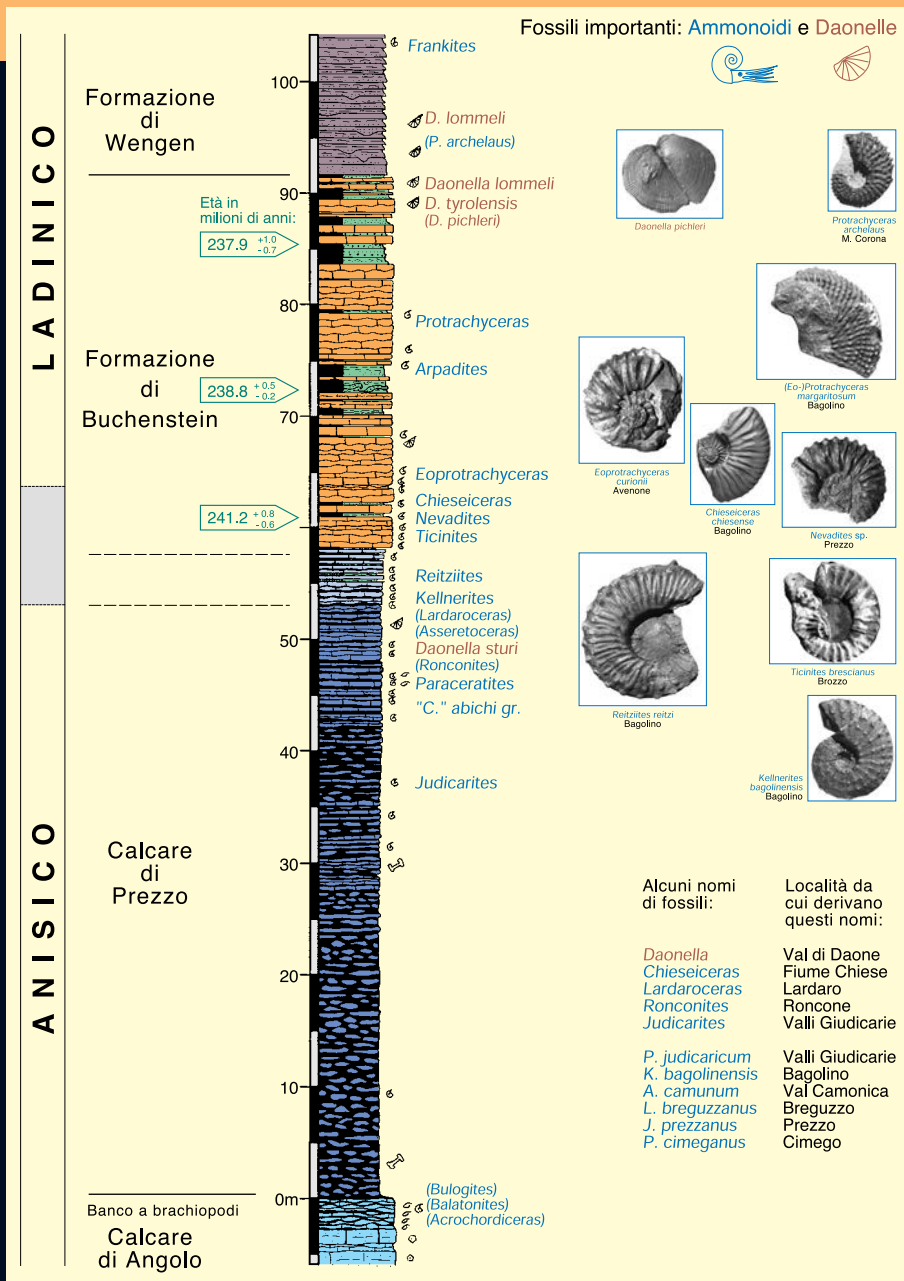
### Sedimente und Fossilien und deren Alter

*Sedimentschichten werden nach Gesteinsarten in Einheiten (Formationen) gegliedert und in der Regel nach Lokalisationen benannt, wo sie gut aufgeschlossen sind. Beispielsweise hat der Calcare di Angolo seinen Namen vom Dorf Angolo im Val Camonica; andere Bezeichnungen stammen von entfernteren Gebieten, wie beispielsweise Wengen und Buchenstein in den Dolomiten oder sie beziehen sich auf ältere geläufige Namen wie der lombardische "Servino".*

*Die Sedimentgesteine des Adamello-Gebiets wurden nach der Verfestigung zwar verformt, sonst jedoch nur unwesentlich verändert und bergen gut erhaltene Reste fossiler Pflanzen und Tiere. Trotz Umkristallisation sind diese auch im Kontaktbereich zu den magmatischen Gesteinen bisweilen reliktsch erkennbar. Versteinerte Pflanzen, Muscheln, Schnecken, Korallen liefern wichtige Informationen zum Verständnis der Umweltbedingungen und zur Rekonstruktion von Landschaftsbildern während der Triaszeit. Darüber hinaus erlauben Versteinerungen wie Ammonoiten und die nach dem Val di Daone benannten dünn-schaligen Muscheln der Gattung **Daonella** die Datierung von Sedimentschichten. Besonders vollständige Abfolgen dieser Fossilgruppen dienen überdies der Eichung der geologischen Zeitskala. Im Adamello-Gebiet sind die Schichten des Calcare di Prezzo, der Formation von Buchenstein und der Formation von Wengen von grossem Interesse. Sie enthalten Versteinerungen, die seit mehr als 120 Jahren gesammelt und wissenschaftlich untersucht werden. Sie sind von zentraler Bedeutung für die Festlegung einer globalen Referenzmarke für die Grenze zwischen zwei Zeitabschnitten der Trias: dem Anis und dem Ladin.*



ADAMELLO



## Un esempio dal Trias medio Ein Beispiel aus der Mitteltrias

Successione di strati del Triassico medio di Bagolino con alcuni importanti fossili. Tali strati e i loro fossili insieme alle datazioni di sottili livelli di tufiti vulcaniche (indicati in verde) sono di importanza fondamentale per la definizione del limite tra due intervalli temporali del Triassico: Anisico e Ladinico.

Graphische Darstellung der Schichtenreihe der mittleren Trias von Bagolino mit wichtigen Fossilien und deren Lagen. Die Fossilien sowie Altersdatierungen vulkanischer Zwischenlagen (grün) sind von zentraler Bedeutung für die Definition einer globalen Referenzmarke für die Grenze zwischen den Anis und Ladin genannten Zeitabschnitten.



Relitti di sezioni di ammonoidi sono sempre riconoscibili tra minuscoli cristalli metamorfen in uno strato del Calcare di Prezzo, al contatto con le rocce magmatiche nell'area del Pizzo Badile in Val Camonica.

Reliktisch erhaltene Querschnitte von Ammonoideen zwischen nadeligen metamorphen Mineralen in einer Schicht des Calcars di Prezzo unweit des Kontakts mit magmatischen Gesteinen am Pizzo Badile im Val Camonica.



Spettacolare successione di rocce sedimentarie esposta sul fianco del Monte Corona in Val di Daone. Il corpo chiaro di rocce carbonatiche nel centro della foto si è formato in ambiente marino tropicale di acqua bassa. Gli strati sovrastanti comprendenti il Calcare di Prezzo, la Formazione di Buchenstein (banda rocciosa chiara) e la Formazione di Wengen sono depositi di bacino ricchi di resti fossili di organismi vissuti in mare aperto.

Spektakuläre Schichten der mittleren Trias am Monte Corona (Val di Daone). Der ruffartige helle Karbonatkörper in der Bildmitte (Calcare di Dosso dei Morti) bildete sich im seichten Wasser eines tropischen Meeres. Er wird von den versteinungsreichen Beckenablagerungen des Calcars di Prezzo, der Formation di Buchenstein (helles Felsband) und der Formation di Wengen überlagert.

## Le rocce dell'Adamello

### Utilizzo delle rocce: "graniti" e "marmi"

Le rocce magmatiche e, in minor grado anche i marmi dell'area Adamello-Presanella, hanno avuto a lungo un ruolo fondamentale nella costruzione di case e chiese nelle valli limitrofe. In quasi tutti i paesi della zona si nota il costante utilizzo del "granito" come pietra da costruzione. In passato esistevano numerose piccole cave intorno all'intero massiccio, dalle quali venivano estratti blocchi per l'edilizia. Nelle valli più distanti (bassa Val Camonica, Valle del Caffaro, Valle del Chiese) si sono utilizzati come materiale edile anche grossi massi erratici di rocce magmatiche provenienti dall'Adamello e presenti un po' ovunque. Attualmente la maggior parte delle rocce magmatiche usate nell'edilizia proviene dalla bassa Val di Genova, nel settore nord-orientale del corpo intrusivo, in quanto tali rocce, leggermente scistose permettono una più facile lavorazione.

L'utilizzo dei marmi dell'aureola di contatto con l'intrusione dell'Adamello è limitato alle aree di affioramento. L'unica cava di marmo significativa, anche se di modeste dimensioni ed attiva fino a qualche decennio fa, si trova in Val di Breguzzo (Malga Trivena). Nella Valle del Caffaro si notano nei portali di vari edifici blocchi lavorati di marmo dolomitico proveniente dalla Corna Bianca.

## Adamellogesteine

### Verwendung von Adamellogesteinen

*Die granitischen Gesteine (Tonalit, Granodiorit) und die Marmore der Adamello-Gruppe spielten in den umliegenden Tälern eine wichtige Rolle als Bau- und Dekorationsmaterial.*

*In beinahe jedem Dorf der Gebirgsgruppe kann man in älteren Bauwerken, sakralen Bauten und Brunnen die im Volksmund als "Graniti" bezeichneten Blöcke erkennen. Als Quelle dieser Materialien dienten kleine Steinbrüche und weiter talabwärts, vom Gletscher transportierte erratische Tonalitblöcke. Heute konzentriert sich der Abbau von magmatischen Gesteinen auf das Gebiet des unteren Val di Genova in der östlichen Adamello-Gruppe. In grösseren Steinbrüchen wird dort ein leicht zu bearbeitender, geschieferter Tonalit abgebaut und verarbeitet.*

*Die Verwendung von Marmoren aus den kontaktmetamorphen Sedimenten ist heute praktisch erloschen. Früher beschränkte sie sich auf Dekorationssteine und -objekte. Ein namhafter Marmorsteinbruch befand sich bei Malga Trivena im hintersten Val di Breguzzo.*

*In Gebäuden des Valle del Caffaro trifft man gelegentlich auf feinkörnige weisse Dolomitmarmore der Corna Bianca.*







Cava di marmo di Malga Trivena in Val di Breguzzo. Abbandonata negli anni '50, questa cava è stata uno dei punti principali di escavazione di marmi nel Gruppo Adamello-Presanella.

*Der Steinbruch der Malga Trivena im Val di Breguzzo war einer der wichtigsten Abbaustellen von Marmor im Adamello-Gebiet.*



Blocchi di tonalite lavorati in Val Camonica.

*Frisch bearbeitete Bausteine aus Tonalit bei einem Steinhändler im Val Camonica.*



Esempi d'utilizzo di rocce dell'Adamello; parrocchia di S. Giorgio a Bagolino. Le colonne monolitiche del cosiddetto "granito del Gaver" (in senso petrografico si tratta di una granodiorite) sono di notevoli dimensioni (circa 3 m di altezza). Il dettaglio del portale illustra come pezzi di marmi della Corna Bianca (Valle del Caffaro) venissero usati per motivi decorativi.

*Die Verwendung von Adamellogesteinen an zwei Beispielen der Pfarrkirche S. Giorgio in Bagolino. Die grossen Monolithsäulen aus dem Granodiorit von Gaver sind rund drei Meter hoch. Das Detail des Kirchenportals ist aus weissem Dolomitmarmor der Corna Bianca (Valle del Caffaro).*



## Le rocce dell'Adamello

### L'età delle rocce dell'Adamello

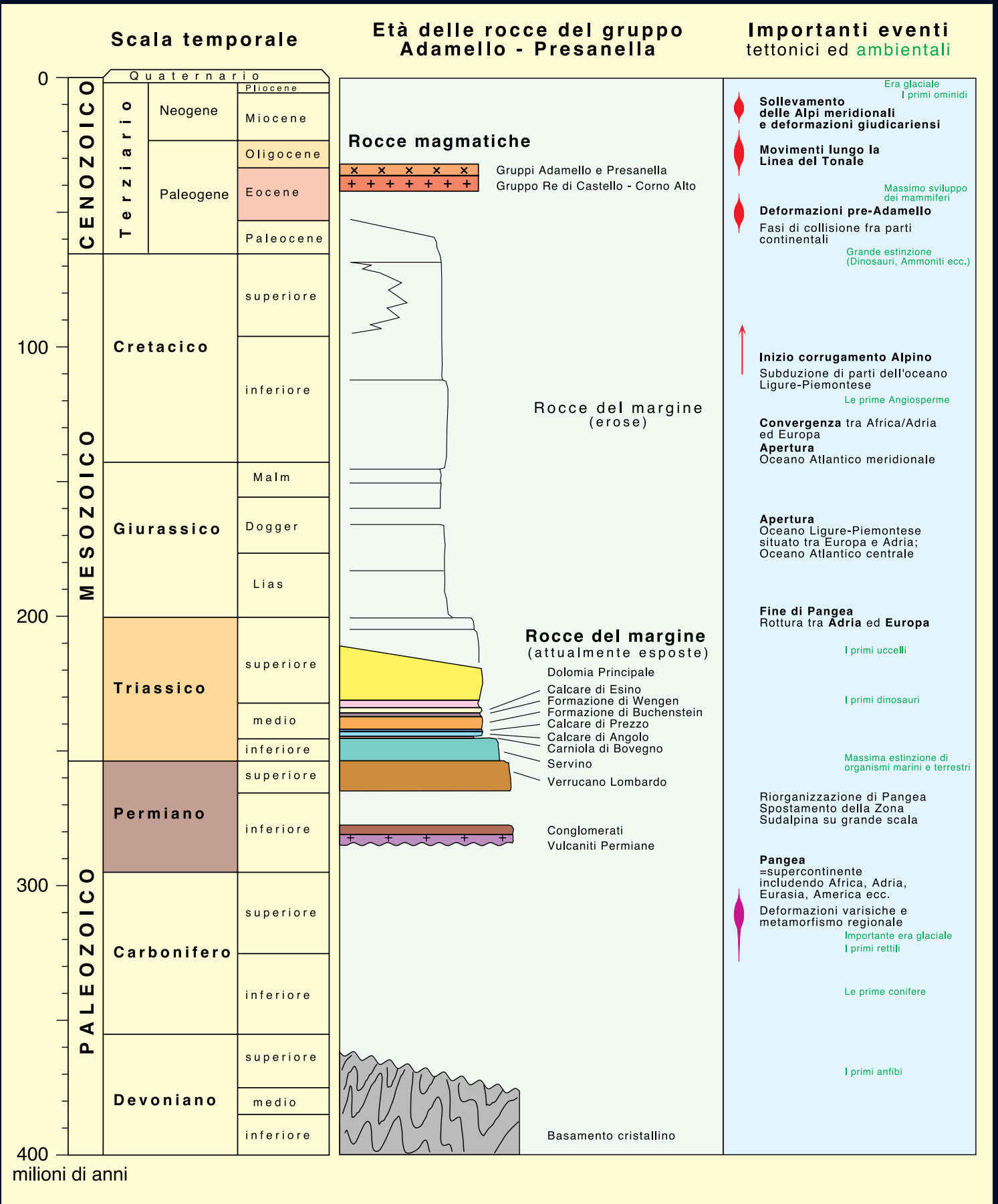
Scala dei tempi geologici degli ultimi 400 milioni di anni. Sono riportati gli intervalli di formazione delle unità rocciose principali nell'area dell'Adamello e i più importanti eventi geologici a grande scala. Si nota l'età relativamente recente delle rocce magmatiche terziarie rispetto alle unità permo-triassiche della fascia di contatto attuale del corpo intrusivo. Sono indicate inoltre le unità stratigrafiche del Giurassico e del Cretacico che originariamente facevano parte delle rocce della zona di contatto, ma che ora sono completamente erose.

## Adamellogesteine

### Das Alter der Adamellogesteine

*Die Darstellung der wichtigsten in der Adamello-Gruppe sichtbaren Gesteinseinheiten neben einer Zeitskala der vergangenen 400 Millionen Jahren verdeutlicht das "junge" Alter der tertiären magmatischen Gesteine im Vergleich zu den durchschlagenen Perm- und Triasgesteinen. Zur Zeit der magmatischen Aktivität umfasste die Sedimentabfolge auch Ablagerungen der Jura und der Kreidezeit. Sie sind im Adamello-Gebiet vollständig erodiert.*





## Magmatismo

### Evoluzione pre-magmatica

Le Alpi come è noto sono il risultato della convergenza e collisione di due placche, quella **Europea** a nord e quella **Adriatica** a sud. A partire dal Cretacico quest'ultima iniziò a muoversi insieme all'**Africa** verso l'Europa. Durante questo movimento la crosta dell'oceano detto Ligure-Piemontese, che fino al Cretacico separava i due continenti, venne gradualmente eliminata per subduzione. Contemporaneamente le rocce più superficiali della crosta oceanica e di estese zone dei bordi continentali si sono incuneate e sovrapposte a formare una pila di lembi chilometrici di rocce (denominate falde). A causa di tali movimenti le rocce non sono state spostate soltanto in senso orizzontale e verticale, ma in molte zone si sono deformate dando luogo a pieghe a piccola e grande scala.

L'attività magmatica dell'Adamello è uno dei fenomeni legati al processo di convergenza delle placche. Dopo la risalita dal mantello l'intrusione dei magmi è avvenuta ad una profondità di circa 7-10 Km, in uno stadio terminale della collisione continentale.

## Magmatismus

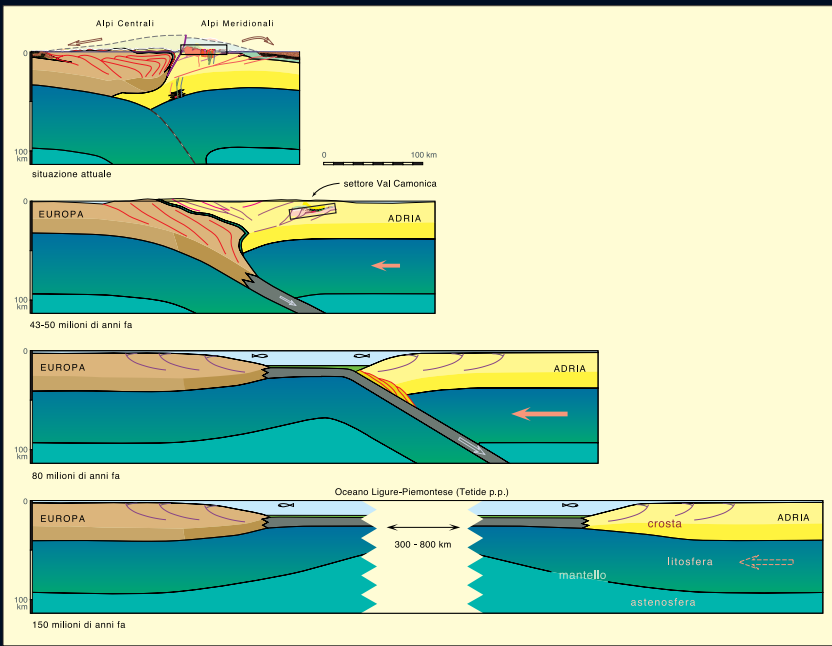
### “Vorgeschichte”

*Die Alpen entstanden bekanntlich durch die Kollision zweier Kontinentalplatten. Vor etwa 130 Millionen Jahren (Kreidezeit) begannen sich die **adriatische** und die **afrikanische** Platte auf die **europäische** Platte zuzubewegen. Zuerst verschwand der Ozean zwischen der adriatischen und der europäischen Platte, der Piemont-Ligurien Ozean. Die Gesteine am Boden dieses Ozeans wurden grösstenteils unter die adriatische Platte versenkt (Subduktion). Noch während des Subduktionsprozesses und beim nachfolgenden Aufeinandertreffen der Kontinentalplatten verkeilten sich grosse Gesteinspakete und wurden zu sogenannten “Decken” (ital. falde) in- und übereinander geschoben und verformt.*

*Die magmatische Aktivität des Adamello-Gebiets ist eine direkte Folge dieser Plattenbewegungen. Die in einer späten Phase des Subduktionsprozesses im Erdmantel entstandenen Magmen erstarrten nach ihrem Aufstieg durch die Erdkruste rund 6-10 km unter der Oberfläche.*



# ADAMELLO



Evoluzione schematica e semplificata della formazione delle Alpi (in alto: un profilo sintetico tra la pianura bresciana ed il Lago di Costanza). I movimenti relativi delle placche (Europa, Adria) sono indicati dalle frecce. La collisione continentale ha dato origine non solo alle falde delle Alpi centrali, ma anche ad importanti sovrascorrimenti e pieghe nelle Alpi meridionali.

Vereinfachte Darstellung der Alpenbildung als Resultat des Aufeinanderdriftens und der Kollision zwischen der europäischen und adriatischen Platte. Die Gesteine des dazwischen liegenden Piemont-Ligurien-Ozeans verschwanden in der Subduktionszone. Das oberste Profil zeigt einen schematischen Querschnitt zwischen Bodensee und der Po-Ebene südlich von Brescia.



Dettaglio di grandi pieghe nelle rocce del Trias medio nell'area del Monte Frerone. Nella parte centrale si nota un filone intrusivo che taglia l'intervallo piegato.

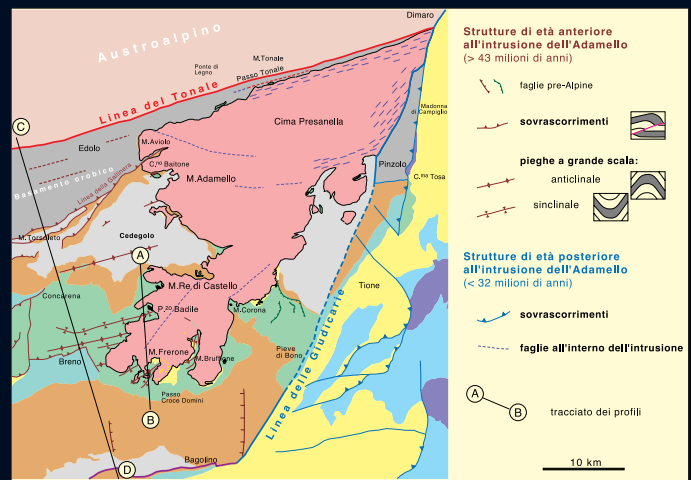
Faltengebilde in den Sedimenten der mittleren Trias am Monte Frerone werden von einer Gangintrusion (Bildmitte) durchschnitten.

## Movimenti tettonici e deformazione delle rocce

Prima dell'intrusione dei magmi l'area delle Alpi meridionali ad ovest dell'Adamello aveva subito importanti deformazioni tettoniche che si possono riconoscere in sovrascorrimenti e pieghe a grande scala. Il basamento cristallino orobico forma il nucleo delle Alpi orobiche tra il Lago di Como e la Val Camonica ed è sovrapposto in direzione sud-est su unità più piccole di rocce del basamento e su sedimenti deformati del Triassico. Le deformazioni attualmente visibili lungo il tracciato del profilo (C-D) indicano un raccorciamento in senso orizzontale di più di 15 Km.

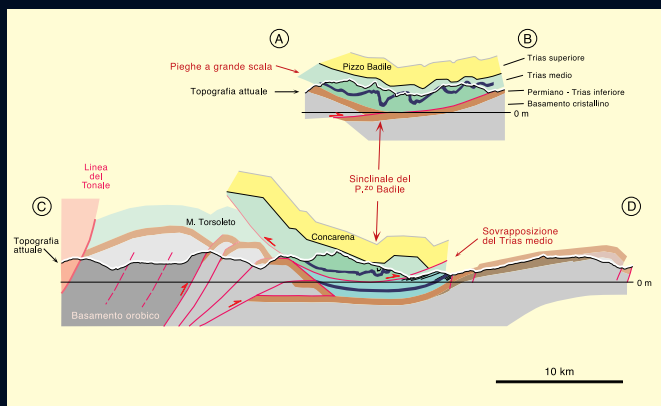
## Tektonische Bewegungen und Gesteinsdeformation

Noch vor der Intrusion der Magmen kam es im Gebiet der Südalpen zu einem Zusammenschub der oberen Erdkruste. Westlich des Adamello-Gebiets wurden die älteren Gesteine des orobischen Kristallins (Basamento orobico) auf kleinere Kristallin-einheiten sowie auf jüngere Sedimente geschoben. Die sichtbaren Überschiebungen und Falten der Gesteinsschichten entlang des geologischen Profils (C-D) entsprechen einer Krustenverkürzung von mehr als 15km von NW nach SE.



Carta con le linee e le unità tettoniche principali dell'area dell'Adamello. Sono indicati i tracciati dei profili A-B e C-D. Le strutture tettoniche ad ovest dell'Adamello sono di età precedente alle intrusioni.

Karte mit den wichtigsten tektonischen Einheiten und Störungen im Adamello-Gebiet. Die Falten und Überschiebungen westlich des Adamellokörpers werden von magmatischen Gesteinen durchschlagen. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Intrusion nach der Faltung folgte. Die Linien A-B und C-D markieren die Spuren der geologischen Profile.



Profili geologici lungo il tracciato A-B e C-D (s. Karte) mit ricostruzione di alcune unità tettoniche. Sono evidenti le principali deformazioni che corrispondono ad una compressione dell'area in direzione del tracciato.

Geologische Profile entlang der Linien A-B und C-D (s. Karte) mit wichtigen, durch den Zusammenschub der Erdkruste verursachten (z.T. ergänzten) tektonischen Strukturen.

## Magmatismo

### I magmi: origine, risalita e messa in posto

La genesi dei magmi, nonché la loro risalita e solidificazione nella crosta terrestre, sono processi complessi e dinamici. Le più importanti fasi dell'evoluzione magmatica dell'Adamello si possono riassumere nel seguente modo (i numeri successivi si riferiscono allo schema a lato):

(1) La causa della formazione dei magmi è legata ad un'attiva subduzione o ad una sua fase tardiva. I magmi avevano origine nel mantello, a una profondità di ca. 90 Km. La fusione parziale di rocce del mantello fu provocata dall'apporto di piccole quantità di acqua rilasciata dalla placca oceanica in subduzione.

(2) e (3) I liquidi fusi originali con composizione basaltica formavano delle piccole gocce che coagulandosi crescevano di dimensione. Essendo meno densi delle rocce incassanti, tali liquidi cominciarono a salire.

(4) e (5) Probabilmente dalla base della crosta terrestre, questi magmi si fermarono e costituirono degli accumuli irregolari. In seguito alla cristallizzazione dei primi minerali, più poveri in biossido di silicio rispetto al magma e alla fusione parziale delle rocce incassanti, il contenuto di  $\text{SiO}_2$  nei magmi aumentava mentre la loro densità diminuiva gradualmente. Porzioni più leggere di magma si staccarono e cominciarono a risalire lungo le fessure attraverso la crosta terrestre, raggiungendo una profondità di ca. 10 Km. Per mancanza di spinte ascensionali i magmi già parzialmente cristallizzati e più viscosi si fermarono formando i corpi intrusivi attualmente visibili.

(6) e (7) Quantità minori di magmi basici salirono, in alcuni casi quasi ininterrottamente dalla loro sorgente profonda, in forma di filoni. Altri magmi penetrarono anche le parti più alte della crosta e forse alimentarono alla superficie vulcani ora completamente erosi.

## Magmatismus

### Die Magmen: Herkunft, Aufstieg und Platznahme

*Die Geschichte der Adamellomagmen lässt sich wie folgt darstellen (die nachfolgenden Ziffern beziehen sich auf das Schema):*

*(1) Die Magmen bildeten sich in etwa 90 km Tiefe im Erdmantel. Sie entstanden während der letzten Phase der Kollision der europäischen und der adriatischen Platte durch das Aufschmelzen von Teilen von Mantelgesteinen infolge der Zufuhr von Wasser aus der abtauchenden (subduzierten) ozeanischen Platte.*

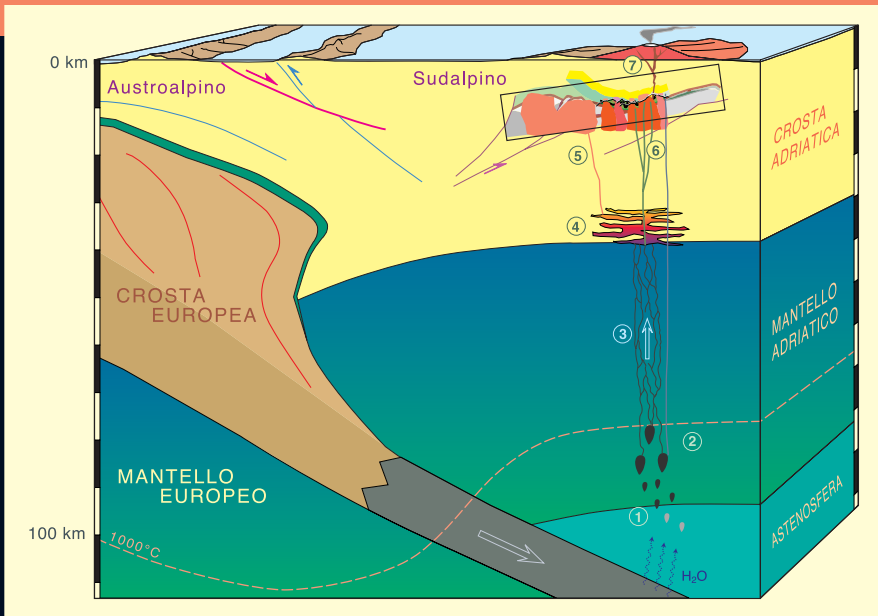
*(2) und (3) Im Mantel bildeten sich Schmelztropfen basischer Magmen und schlossen sich zu kleineren Schmelzbereichen zusammen (Koagulation). Die Schmelzen besaßen eine geringere Dichte als das umgebende Gestein und suchten sie sich ihren Weg in höhere Krusenbereiche mit vergleichbar geringerer Dichte (leichteres schwimmt nach oben).*

*(4) und (5) In der untersten Erdkruste stauten sich die Schmelzen in verschiedenen Magmenreservoirs. Hier kristallisierten die ersten Minerale. Gleichzeitig wurden aber auch Teile von Nebengestein aufgeschmolzen. Beide Prozesse führten zum Anstieg des Kieselsäuregehalts ( $\text{SiO}_2$ ) im Magma und zur Abnahme der Magmendichte. Wieder lösten sich Teilschmelzen aus den Reservoirs und stiegen entlang von Spalten bis rund 10 km unter die Erdoberfläche auf. Dort sammelten sie sich und kristallisierten infolge fehlenden weiteren Auftriebs zu den heute sichtbaren Intrusionskörpern.*

*(6) und (7) Geringe Mengen von Magma (basisch und dünnflüssig) drangen als Gänge ohne Halt direkt vom Mantel in die obere Erdkruste auf. Ähnliche Magmen bauten an der Erdoberfläche eine heute vollständig abgetragene Vulkankette auf.*



# ADAMELLO



Un filone di composizione basaltica taglia le tonaliti nei pressi del Lago della Vacca. In base alla loro composizione chimica, questi filoni rappresentano i magmi iniziali, praticamente inalterati, aventi origine nel mantello. Da magmi di questo tipo si sono evolute gran parte delle principali rocce magmatiche dell'Adamello.

Ein basischer Gang (dunkel) durchschlägt die Tonalite im Gebiet des Lago della Vacca. Seine chemische (basaltische) Zusammensetzung entspricht den Ursprungsmagmen aus dem Erdmantel. Dies ist ein Beispiel für Magmen, die innerhalb kürzester Zeit und ohne Unterbrechung aufdrangen.

Schema che illustra la struttura della crosta terrestre e del mantello durante il periodo del magmatismo dell'Adamello (43-32 milioni di anni fa). Si nota che durante la collisione continentale gran parte della placca adriatica (colore giallo) è stata sovrapposta alla crosta europea (colore marrone). Sulla superficie terrestre in quel periodo esistevano delle zone montuose isolate e circondate da bacini marini. I magmi dell'Adamello originatisi in profondità sopra la zona di subduzione, sono saliti fino ad intrudere le rocce deformate della crosta sudalpina.

Vereinfachte Rekonstruktion der Struktur von Erdkruste und Erdmantel während der magmatischen Aktivität im Adamello-Gebiet. Teile der adriatischen Kruste (gelb) liegen über verformter Kruste der europäischen Platte (braun). An der Erdoberfläche sind Inselgruppen mit Bergszügen von Meeresbecken umgeben. Die Adamello-magmen bildeten sich vermutlich über der Subduktionszone und stiegen in mehreren Stufen bis in die obere Erdkruste auf.



Strutture di flusso nelle tonaliti dell'area del Corno Baitone. Ciò illustra che la messa in posto dei magmi è stato un processo molto dinamico.

Flißstrukturen in Tonaliten des Baitone-Gebiets verdeutlichen die Dynamik der Magmen während der Intrusion.



Stratificazione verticale nei gabbri eterogenei e a grana grossa del Cornone di Blumone. Queste strutture possono rappresentare dei condotti di magmi basici che probabilmente alimentavano dei vulcani sulla superficie terrestre.

Vertikale "Lagen" von heterogenen grobkörnigen Gabbrogesteinen am Cornone di Blumone. Sie sind möglicherweise Relikte magmatischer Förderkanäle von Vulkanen an der Erdoberfläche.

## I margini delle intrusioni Intrusionsränder



Bordo del complesso intrusivo del Gruppo Re di Castello nei dintorni del Monte Frerone. Le rocce stratificate del bordo sedimentario sono nettamente tagliate e sostituite da rocce intrusive (rocce scure in basso e a destra).

Der Rand des Intrusionskomplexes der Re-di-Castello-Gruppe im Gebiet des Monte Frerone. Die steil stehenden Schichten der Nebengesteine sind von magmatischen Gesteinen durchtrennt (dunkle Bereiche unten und rechts).



Contatto tra rocce intrusive (a destra) e rocce del bordo nel fianco meridionale del Passo di Bos (Val di Saviore). Sono ben visibili gli strati carbonatici del Triassico fortemente inclinati verso l'intrusione (Foto U. Mäder).

Kontakt zwischen Intrusion (rechts) und Nebengesteinen im Südhang des Passo di Bos (Val di Saviore). Die geschichteten und kontaktmetamorph veränderten Sedimente sind deutlich in Richtung der Intrusion gekippt (Foto U. Mäder).

## Magmatismo

### Effetti meccanici della messa in posto dei magmi

L'intrusione di ingenti masse di magma ha avuto notevoli effetti sulla struttura delle rocce preesistenti nell'area dell'Adamello. Il volume di rocce magmatiche attualmente visibile è dell'ordine di 1500 Km<sup>3</sup>. Considerata questa dimensione, si pongono due problemi fondamentali: quali erano la forma ed il volume originale del complesso intrusivo e che cosa ne è stato delle rocce preesistenti. Le geometrie dei bordi delle rocce magmatiche forniscono alcune importanti indicazioni a questi quesiti.

#### **Crollo del tetto e dei margini sedimentari**

Un fenomeno diffuso è l'aumento graduale dell'inclinazione degli strati sedimentari verso i contatti con le rocce magmatiche. In molti luoghi si riconoscono grossi pacchi di sedimenti isolati. Lo spazio attualmente occupato dalle rocce magmatiche si è creato con il crollo di pezzi di rocce del bordo, i cui frammenti sono affondati nel magma. Questo processo rappresenta solo l'ultima fase della salita dei magmi. Non si può escludere che una parte dello spazio richiesto per la messa in posto delle enormi masse di magma sia stato creato da un sollevamento di tutte le rocce che originariamente sovrastavano la zona dell'Adamello.

#### **Effetti compressivi provocati dai magmi**

Nella parte meridionale del corpo intrusivo dell'Adamello si osservano altri fenomeni che sono invece legati ad una compressione provocata dall'espansione di un corpo magmatico. Nell'area del Monte Frerone e dell'alta Valle del Caffaro gran parte della zona di contatto è stata corrugata ad una temperatura elevata. Le rocce dolomitiche per esempio, non deformabili a temperature inferiori ai 500°C, si sono piegate facilmente. Contemporaneamente si sono deformate anche le rocce magmatiche intruse in una fase precedente.

## Magmatismus

### Mechanische Wirkung der Intrusionen

*Betrachtet man das grosse, sichtbare Volumen (rund 1500 Kubikkilometer) der Intrusivgesteine des Adamello-Gebiets, stellen sich folgende Fragen: (1) Welchen Bereich der Magmenkammer sehen wir und wie setzt sich diese in der Tiefe fort? (2) Wie konnten sich die Magmen in der Kruste Platz schaffen und welche Veränderungen haben sie im durchschlagenen Nebengestein hervorgerufen.*

#### **Kollaps des Intrusionsrahmens**

*An mehreren Stellen sind grosse Schollen innerhalb des Intrusionskörpers erhalten, die sich während der Platznahme der Magmen vom Nebengestein gelöst hatten. In der letzten Phase des Aufstiegs der Magmen brach das Gewölbe über der Magmenkammer ein und ermöglichte den Magmen passiv noch einen weiteren Aufstieg. Das heisst, der heute sichtbare Bereich zeigt die Dachregion der Intrusion. Die Steilstellung der Nebengesteine am Intrusionsrand ist ein Hinweis, dass sich der Magmenkörper in die Tiefe ausweitete. Der Hauptanteil des von den Magmen eingenommenen Raums entstand möglicherweise durch eine grossräumige Hebung von Krustengesteinen.*

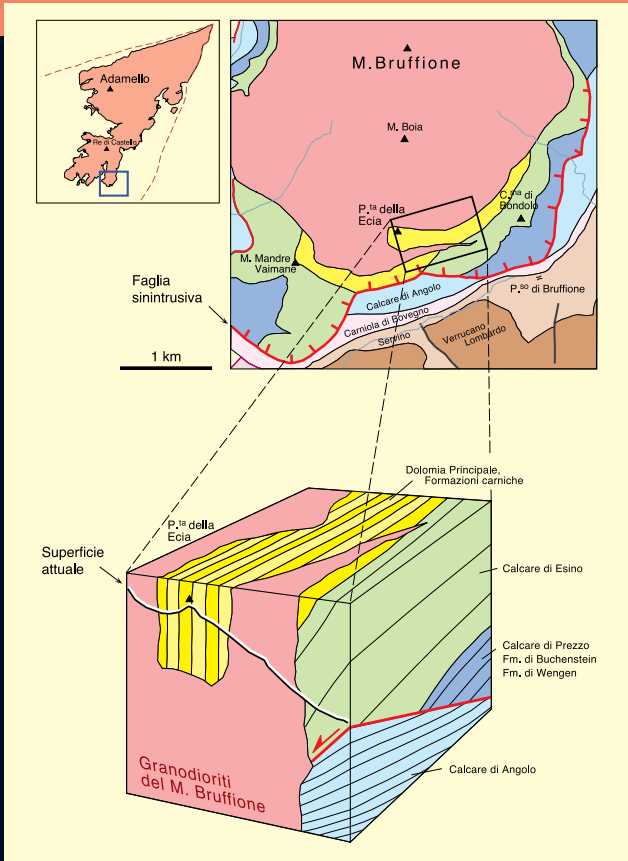
#### **Durch Magmen verursachte Kompressionerscheinungen**

*Am Südwestrand des Adamellokörpers wurden kontaktmetamorph überprägte Nebengesteine und ältere Intrusivgesteine zusammengepresst noch während sie heiss waren. Dolomitgesteine, welche auf Druck bei Temperaturen unter 500°C spröde zerbrechen, wurden am Südrand der Re-di-Castello-Einheit bei hohen Temperaturen intensiv verformt. Die Ursache dieser Verformung liegt in der seitlichen Ausdehnung eines zentralen Magmenkörpers.*



ADAMELLO





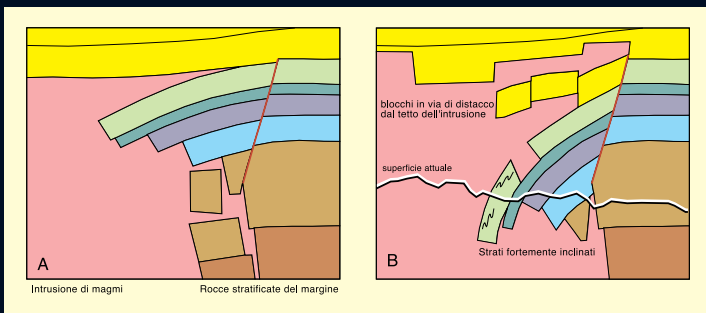
Cartina (in alto) e ricostruzione della geometria (blocco in basso) del bordo del corpo intrusivo del Monte Bruffione (parte meridionale del Gruppo Re di Castello). Lungo il bordo delle rocce magmatiche, durante l'arrivo dei magmi, si è abbassata una fascia irregolare di sedimenti. La Punta della Ecia fa parte di un lembo chilometrico di sedimenti fortemente inclinato che stava per staccarsi dalle rocce del margine.

Karte und Rekonstruktion der Kontaktgeometrie des Randes der Bruffione-Intrusion in der südlichen Re-di-Castello-Gruppe. Eine unregelmässige Sedimentzone am Intrusionsrand sank während des Eindringens der Magmen ein. Die steilstehenden Schichten des Sedimentzuges der Punta della Ecia waren im Begriff sich vom zusammenhängenden Rahmen zu lösen.



Sul fianco orientale del Pizzo Badile un enorme blocco di marmo è rimasto intrappolato nei magmi che si stavano solidificando (rocce scure).

An der Ostflanke des Pizzo Badile ist ein grosser Marmorblock inmitten von Tonaliten (dunkle Felsen) erhalten. Die Scholle war im Begriff, im Magma zu versinken.



Diagrammi interpretativi illustranti la forte inclinazione dei sedimenti lungo i contatti con le rocce magmatiche. I sedimenti si sarebbero inclinati a causa della mancanza di sostegno dovuta al crollo delle sottostanti rocce del bordo.

Diagramme zur Erläuterung der Entstehung steil einfallender Sedimentschichten am Intrusionskontakt. Als Erklärung für die beobachteten Geometrien wird ein Zusammenbrechen des Daches über der Magmenkammer angenommen.

Strati di marmo fortemente inclinati in contatto con le rocce intrusive (a sinistra) del corpo magmatico del Monte Bruffione (ad ovest della Cima di Bondolo). Questa geometria è tipica dei bordi delle rocce intrusive soprattutto nella parte meridionale del corpo dell'Adamello.



Ein Beispiel für steil stehende Schichten am Kontakt mit den magmatischen Gesteinen (Granodiorite der Bruffione-Intrusion westlich der Cima di Bondolo).



Spettacolare affioramento con deformazioni provocate dalle forze dei magmi nella zona di contatto sul fianco sud-ovest del Monte Frerone. A causa di una compressione questo pacco di Calcarea di Angolo ha subito una forte estensione in direzione della stratificazione. Gli strati scuri (cornubianiti = marne metamorfiche) ed il filone si sono spezzati; i loro frammenti sono stati dislocati.



Affioramento di Calcarea di Angolo sulla cresta meridionale del Monte Frerone. Prima della deformazione questi sedimenti sono stati intrusi da un filone aplitico. Sedimenti e filone sono stati piegati ed i calcari si sono deformati in modo duttile.

Deformation von Schichten des Calcarea di Angolo und eines sauren Gangs (Aplit) am Südgrat des Monte Frerone.



Pieghe a piccola scala nel Calcarea di Angolo nell'alta Valle del Caffaro. Le pieghe dei livelli scuri (cornubianiti = marne metamorfiche) si sono formate dopo la trasformazione delle marne in cornubianiti.

Kleinfalten im metamorphen Calcarea di Angolo im oberen Valle del Caffaro. Die Falten entstanden erst nachdem die Mergelschichten in zähe Hornfelse (dunkle Lagen) umgewandelt worden waren.

Durch die Expansion des Magmenkörpers wurden kontaktmetamorphe Schichten des Calcarea di Angolo, sowie ein basischer Gang verformt (Südwestflanke des Monte Frerone). Die zu Hornfelsen umgewandelten Mergelschichten (dunkle Lagen = Hornfelse) sind zerbrochen und zerschert.

## Metamorfismo

### Effetti termici dei magmi

Con l'arrivo delle intrusioni nella parte alta e più **fredda** della crosta terrestre i magmi a temperatura tra 850 e 1100°C riscaldarono le rocce del bordo. Il calore ed i liquidi residuali emanati dai magmi trasformarono le rocce sedimentarie in rocce metamorfiche. La zona del bordo di un'intrusione nella quale si notano cambiamenti mineralogici si chiama **aureola di contatto**. Nella zona dell'Adamello l'aureola di contatto in genere non supera il chilometro di larghezza. Se oggi si attraversa questa zona avvicinandosi alle rocce intrusive, si possono constatare dei cambiamenti progressivi nella composizione mineralogica delle rocce. La prima comparsa di certe associazioni di minerali neoformati può indicare la temperatura raggiunta in quel punto durante il metamorfismo di contatto. Ad occhio nudo si possono riconoscere dei minerali neoformati solo nella parte interna dell'aureola. Un cambiamento assai evidente è la trasformazione delle rocce carbonatiche (calcarei e dolomie) in marmi. Questo cambiamento corrisponde ad una ricristallizzazione di una matrice carbonatica originariamente microcristallina. Nei marmi i cristalli sono più grandi ed è scomparso l'eventuale contenuto di materia organica. Come risultato si hanno delle rocce chiare.

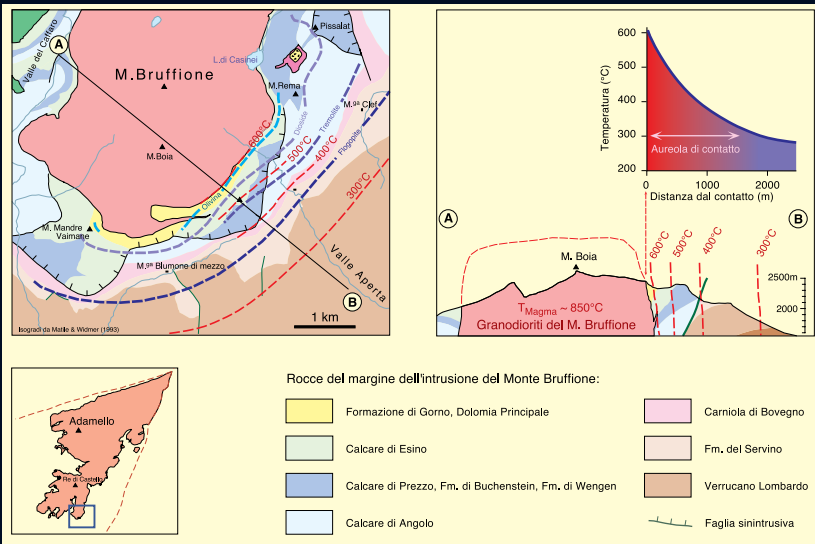
## Metamorphose

### Thermische Wirkung der Magmen

Die **Wärme** der Magmen (850-1100° C) bewirkte in den Nebengesteinen eine Umwandlungen der mineralogischen Zusammensetzung (Metamorphose). Zudem konnten heisse wässrige Lösungen aus der Intrusion ins Nebengestein eindringen und dort zirkulieren. Die Zone metamorph umgewandelten Nebengesteins wird **Kontaktaureole** genannt. Änderungen in der mineralogischen Zusammensetzung und die Vergesellschaftung bestimmter Minerale erlauben Rückschlüsse auf die herrschenden Temperaturen während der Umwandlung. Die erreichten Temperaturen und damit auch der Grad der Umwandlung nahmen mit dem Abstand von der Intrusion ab. Die Breite der Kontaktaureole im Rand des Adamellokörpers beträgt etwa einen Kilometer. Von blossem Auge lassen sich Mineralneubildungen in der Regel jedoch nur in der inneren Zone erkennen. Augenfällig ist die Umwandlung feinkörniger Karbonatgesteine (Kalk oder Dolomit) in grobkörnige Marmore. Fein verteiltes dunkles organisches Material, das in Karbonatgesteinen in geringen Mengen vorhanden sein kann, wurde dabei abgebaut. Ursprünglich dunkle Gesteine wurden so zu hellen Marmoren.

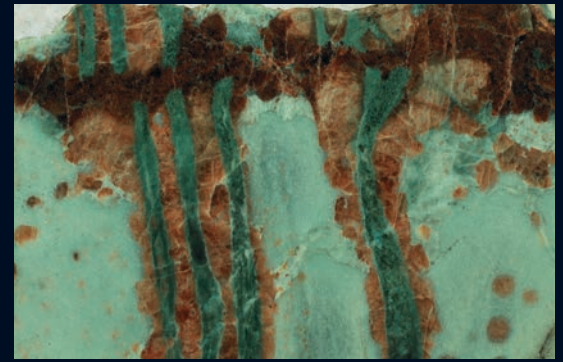


# ADAMELLO



Cartina geologica del bordo meridionale del corpo intrusivo del Monte Bruffione. All'interno dell'aureola di contatto sono indicate le linee della prima comparsa di alcuni minerali nelle rocce sedimentarie metamorfiche. Sono riportate inoltre le isoterme corrispondenti alle temperature massime raggiunte dalle rocce. Le stesse isoterme sono indicate anche nel profilo lungo la linea A-B.

*Geologische Karte des Südrands der Bruffione-Intrusion und deren Kontaktaureole. Eingezeichnet sind Linien des ersten Auftretens kontaktmetamorpher Minerale sowie Isothermen (Linien gleicher Temperatur). Sie geben die maximal erreichten Temperaturen während der Kontaktmetamorphose an. Der Querschnitt A-B verdeutlicht den Verlauf der Temperaturen, als Funktion des Abstandes zum Intrusionskontakt.*



Roccia metamorfica riferibile al Calcarea di Angolo, affiorante sul fianco meridionale del Monte Frerone. Su questa superficie si notano la stratificazione originale (verticale) e una piccola faglia (in alto) con rigetto di pochi millimetri degli strati corrispondenti. Gli intervalli a righe, separati da intervalli di marmo chiaro, comprendono un nucleo di plagioclasio e diopsidi (verde) con bordi di granato grossularia (marrone) e corrispondono a sottili livelli di materiale argilloso delle rocce originali. Altri minerali neoformati sono sia le venature di fibre bianche di wollastonite, che il granato scuro arricchito in ferro, elemento introdotto da liquidi idrotermali che hanno invaso il piano di dislocazione.

*Kleiner Ausschnitt von kontaktmetamorph überprägtem Calcarea di Angolo der Südflanke des Monte Frerone. Die vertikalen Bänder entsprechen der ursprünglichen Schichtung des Gesteins. Die Kalklagen sind zu hellen Marmoren umgewandelt. Anstelle der Mergellagen treten grüne Bänder aus Diopsid und Plagioklas, gesäumt von hellbraunem Granat (Grossular). Entlang einer horizontalen Störung bewirkte die Zirkulation heißer wässriger Lösungen die Bildung von dunklem eisenreichem Granat und faserigem weißem Wollastonit.*



Dettagli di pieghe a piccola scala nel Calcarea di Angolo, soggette ad un grado crescente di metamorfismo: calcarea non metamorfico (foto a sinistra), di medio grado metamorfico (foto al centro) e a pochi metri dal contatto con rocce magmatiche (foto a destra). La geometria delle pieghe è invariata, mentre i sottili letti marnosi tra gli straterelli di calcarea nelle pieghe non metamorfiche si trasformano in cornubianiti resistenti (al centro), per poi essere sostituiti da catenelle di cristalli centimetrici di granato e vesuvianite (a destra).

*Ausschnitte von Falten im Calcarea di Angolo bei zunehmendem Grad der Metamorphose. Gut sichtbar ist der Wechsel von dunklen Hornfelslagen des mittleren Metamorphosegrads (mittleres Bild) zu perlchnurartigen Reihen der bei hohem Metamorphosegrad in der Nähe zum Intrusivgestein gewachsenen Granat- und Vesuvianitkristalle (rechtes Bild).*



Esempio di alterazione del colore (dovuta al cambiamento dello stato di ossidazione del ferro) in un'arenaria rossa del Verrucano Lombardo nell'aureola esterna del corpo magmatico del Monte Bruffione. La roccia è stata invasa da liquidi caldi lungo una piccola frattura verticale.

*Beispiel einer durch zirkulierende Wässer verursachten Farbänderung (Änderung des Oxidationszustandes von Eisen) in einem roten Sandstein des Verrucano Lombardo, in der äusseren Kontaktaureole der Bruffione-Intrusion.*

## I Minerali dell'Adamello

### Minerali magmatici e di contatto

Nell'area Adamello-Presanella si distinguono due principali gruppi di minerali: minerali magmatici e minerali metamorfici.

I **minerali magmatici** comprendono un numero ristretto di tipi di minerali che si sono cristallizzati direttamente dai magmi. Alcuni minerali magmatici hanno cristalli ben formati e riconoscibili (per es. i cristalli di orneblenda e biotite), mentre altri come il quarzo sono in genere irregolari. Minerali più rari come la tormalina si trovano in rocce che si sono formate da magmi e liquidi residuali (pegmatiti e vene idrotermali).

I **minerali metamorfici** (o di contatto) si sono invece formati nelle rocce solide del bordo, da minerali precedenti tramite lo scambio di componenti chimici. I sedimenti delle rocce del bordo sono chimicamente eterogenei (calcari, marne, argilliti, arenarie), perciò la formazione di certi tipi di minerali dipende anche dalla composizione chimica delle rocce originali. La comparsa di minerali ricchi di alluminio come l'andalusite o il corindone si limita a rocce che inizialmente contenevano molto alluminio, come le argilliti e certi tufi vulcanici.

Minerali assai rari si trovano in alcune zone del bordo che sono state invase da soluzioni acquose ad elevata temperatura (chiamate fluidi idrotermali). In queste zone le componenti chimiche dei fluidi reagirono con la matrice delle rocce invase, formando delle **vene idrotermali mineralizzate**. In alcune cavità che erano state riempite da soluzioni idrotermali si possono osservare dei cristalli piccoli, ma ben sviluppati di zeoliti (gruppo di silicati).

## Adamellominerale

### Magmatische- und Kontaktminerale

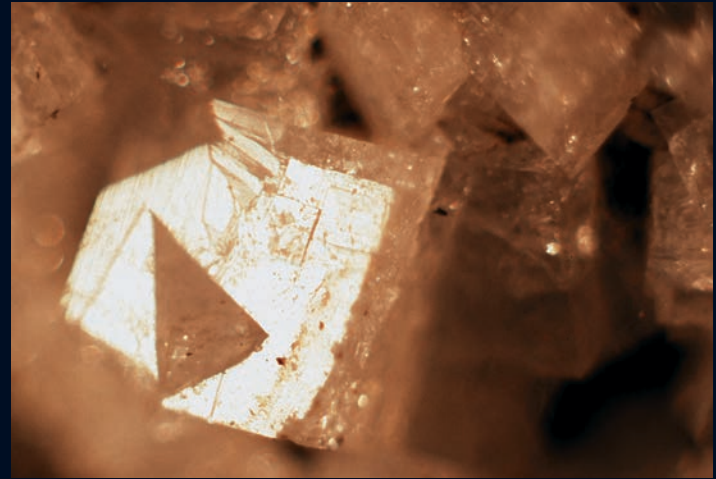
Die **magmatischen Minerale** umfassen eine relativ kleine Anzahl unterschiedlicher Kristallisationsprodukte. Die im Magma gebildeten dunklen Minerale Hornblende und Biotit können eine gute Kristallform aufweisen, während helle Kristallisate (Quarz, Plagioklas) in der Regel als unregelmässige Aggregate auftreten. Seltener Mineralarten wie die Vertreter der TurmalinGruppe kristallisierten aus Restschmelzen (Pegmatite).

Die (kontakt-) **metamorphen Minerale** bildeten sich in den erhitzten Gesteinen nahe dem Intrusionsrand. Das Wachstum dieser Minerale erfolgte durch den Austausch chemischer Komponenten unter den vorhandenen Mineralen. Die sedimentären Ursprungsgesteine sind chemisch sehr unterschiedlich. Darum sind die neugebildeten Kontaktminerale bisweilen an ganz bestimmte Gesteinsarten gebunden. So treten aluminiumreiche Kristalle wie Andalusit oder Korund dort auf, wo vorher viel Aluminium vorhanden war, z.B. in Tongesteinen und vulkanischen Tuffen.

Spalten und Schichtgrenzen können während einer thermischen Metamorphose bevorzugte Wege für die Zirkulation von heissen wässrigen Lösungen sein. In diesen **hydrothermalen Adern** reagierten die in der Lösung vorhandenen chemischen Substanzen mit solchen des durchströmten Gesteins. Aus ähnlichen Lösungen bildeten sich in Hohlräumen auch gut ausgebildete Kristalle wie beispielsweise seltene Vertreter der Zeolithgruppe (Gruppe der Silikate).



ADAMELLO



Cristallo di cabasite geminato ritrovato in una cavità nelle cornubianiti del Servino nei pressi del Monte Ignaga (lato del cristallo: 4mm). Foto A. Küng

Chabasit-Kristall (Zeolith-Gruppe) mit Zwillingsbildung in Hornfelsen der Servino Formation des Monte Ignaga (Kantenlänge des Kristalls: 4 mm). Foto A. Küng

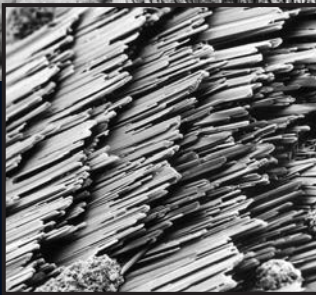


Immagine vista al microscopio elettronico di accumuli sferici di offretite trovati in cavità nelle cornubianiti del Servino nei pressi del Monte Ignaga (dimensione dell'immagine: 0,8x0,8mm circa). Un dettaglio di queste strutture sferiche mostra la struttura ad aghi dei singoli cristalli. Foto A. Küng

Elektronenmikroskopaufnahme kugelförmiger Aggregate des Minerals Offretit (Zeolith-Gruppe) in Hornfelsen der Servino Formation des Monte Ignaga (Bildbreite: 0,8 mm). Der vergrößerte Ausschnitt zeigt die dünnadeligen Einzelkristalle. Fotos A. Küng



Accrescimenti paralleli di cristalli di phillipsite ritrovati nelle cavità nelle cornubianiti del Servino nei pressi del Monte Ignaga (dimensione dell'immagine: 0,8x0,8mm circa). Foto A. Küng

Parallel verwachsene Kristalle des Minerals Phillipsit (Zeolith-Gruppe) in Hornfelsen der Servino Formation des Monte Ignaga (Bildbreite: 0,8 mm). Foto A. Küng

## Minerali metamorfici e idrotermali Metamorphe- und hydrothermale Minerale

<b>ELEMENTI / ELEMENTE</b>		<b>OSSIDI / OXIDE</b>	
Grafito	C	Periclasio	MgO
<b>SOLFURI / SULFIDE</b>		Spinello	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Pentlandite	(Ni,Fe) <sub>9</sub> S <sub>8</sub>	Magnesioferrite	MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Sfalerite	ZnS	Magnetite	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
Calcopirite	CuFeS <sub>2</sub>	Corindone	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Pirrotina	Fe <sub>1-x</sub> S	Geikielite	MgTiO <sub>3</sub>
Linnite	Co <sup>2+</sup> Co <sup>3+</sup> S <sub>2</sub>	Ilmenite	Fe <sup>2+</sup> TiO <sub>2</sub>
Molibdenite	MoS <sub>2</sub>	Perovskite	CaTiO <sub>3</sub>
Pirite	FeS <sub>2</sub>	Quarzo	SiO <sub>2</sub>
<b>ALOGENURI / HALOGENIDE</b>		Rutile	TiO <sub>2</sub>
Salgemma / Halite	NaCl	Aeschyrite	CaTi <sub>2</sub> (O,OH) <sub>6</sub>
Fluorite	CaF <sub>2</sub>	Zirconolite	CaZrTi <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
<b>CARBONATI / KARBONATE</b>		Uraninite	UO <sub>2</sub>
Calcite	CaCO <sub>3</sub>	<b>IDROSSIDI / HYDROXIDE</b>	
Dolomite	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Brucite	Mg(OH) <sub>2</sub>
Malachite	Cu <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> )(OH) <sub>2</sub>	Goethite	FeO(OH)
<b>BORATI / BORATE</b>		Lepidocrocite	FeO(OH)
Ludwigite	Mg <sub>2</sub> Fe <sup>3+</sup> BO <sub>3</sub>	<b>FOSFATI / PHOSPHATE</b>	
<b>SILICATI / SILIKATE</b>		Apatite	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (F,OH)
Olivina (Forsterite)	(Mg,Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	<b>Anfiboli</b>	
Monticellite	CaMgSiO <sub>4</sub>	Orneblenda	Ca <sub>2</sub> Fe <sup>2+</sup> (Al,Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> AlO <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>
Clinohumite	(Mg,Fe) <sub>3</sub> (F,OH) <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	Pargasite	NaCa <sub>2</sub> Mg <sub>2</sub> AlSi <sub>4</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>
Titanite	CaTiSiO <sub>5</sub>	Tremolite	Ca <sub>2</sub> Mg <sub>5</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>
Zircone	ZrSiO <sub>4</sub>	Actinolite	Ca <sub>2</sub> (Mg,Fe <sup>2+</sup> ) <sub>7</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>
Thorite	(Th,U)SiO <sub>4</sub>	<b>Fillosilicati</b>	
Granati		Talco	Mg <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>
Almandino	Fe <sup>2+</sup> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Muscovite	KAl <sub>3</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>
Spessartina	Mn <sup>2+</sup> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Biotite	K(Mg,Fe) <sub>3</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>
Grossularia	Ca <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Fllogopite	KMg <sub>3</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>
Andradite	Ca <sub>3</sub> Fe <sup>2+</sup> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Clintonite (Xantofillite)	CaMg <sub>2</sub> AlAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>
Gruppo Epidoto		Serpentino (Crisotillo)	Mg <sub>3</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>
Allanite (Ortite)	(Ca,Ca,Y) <sub>2</sub> (Al,Fe <sup>2+</sup> ,Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> (OH)	Clorite	(Mg,Fe) <sub>2</sub> Al(Si <sub>2</sub> AlO <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>
Epidoto	Ca <sub>2</sub> (Al,Fe <sup>2+</sup> ) <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> (OH)	<b>Feldspati</b>	
Thulite (Mn-Zoisite)	Ca <sub>2</sub> (Al,Mn <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> (OH)	Albite	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
Sillimanite	Al <sup>IV</sup> Al <sup>IV</sup> [O(SiO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ]	Anortite	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
Andalusite	Al <sup>IV</sup> Al <sup>IV</sup> [O(SiO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	Feldspato Potassico	(K,Na)AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
Vesuvianite	Ca <sub>2</sub> Mg <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	Scapolite (Meionite)	Ca <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>22</sub> CO <sub>3</sub>
Tormalina (Schörfitte)	NaFe <sup>2+</sup> Al <sub>3</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>11</sub> (OH) <sub>3</sub>	<b>Zeoliti</b>	
Cordierite	Mg <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub>	Gismondina	Ca[Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ].4,5H <sub>2</sub> O
Piroseni:		Cabasite	(Ca <sub>2-x</sub> K <sub>x</sub> Na) <sub>2</sub> [Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>22</sub> ].12H <sub>2</sub> O
Diopside (Fassaite)	Ca(Mg,Fe,Al)(Si,Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Offretite	CaKMg[Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>10</sub> ].16H <sub>2</sub> O
Wollastonite	Ca <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>9</sub>	Mesolite	Na <sub>10</sub> Ca <sub>6</sub> [Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>22</sub> ].64H <sub>2</sub> O
		Phillipsite	(Ca <sub>2-x</sub> K <sub>x</sub> Na <sub>2-x</sub> Ba <sub>x</sub> ) <sub>2</sub> [Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>22</sub> ].12H <sub>2</sub> O

## Minerali magmatici e delle pegmatiti Magmatische- und Pegmatitminerale

<b>SOLFURI / SULFIDE</b>		<b>OSSIDI / OXIDE</b>	
Pirite	FeS <sub>2</sub>	Quarzo	SiO <sub>2</sub>
Calcopirite	CuFeS <sub>2</sub>	Magnetite	Fe <sup>2+</sup> Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Molibdenite	MoS <sub>2</sub>	<b>FOSFATI / PHOSPHATE</b>	
<b>SILICATI / SILIKATE</b>		Apatite	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F
Olivina (Forsterite)	(Mg,Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	<b>Piroseni</b>	
Titanite	CaTiSiO <sub>5</sub>	Piroseno romb.	(Fe <sup>2+</sup> ,Mg) <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
Zircone	ZrSiO <sub>4</sub>	Piroseno mon.	(CaNa)(Mg,Fe,Al,Ti)(Si,Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>
Thorite	(Th,U)SiO <sub>4</sub>	<b>Anfiboli</b>	
Granati		Orneblenda	Ca <sub>2</sub> (Mg,Fe <sup>2+</sup> ) <sub>4</sub> (Al,Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> AlO <sub>22</sub> (OH,F) <sub>2</sub>
Spessartina	Mn <sup>2+</sup> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	<b>Fillosilicati</b>	
Gruppo Epidoto		Muscovite	KAl <sub>3</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>
Allanite (Ortite)	(Ce,Ca,Y) <sub>2</sub> (Al,Fe <sup>2+</sup> ,Fe <sup>3+</sup> ) <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> (OH)	Biotite	K(Mg,Fe <sup>2+</sup> ) <sub>3</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>
Epidoto	Ca <sub>2</sub> (Al,Fe <sup>2+</sup> ) <sub>2</sub> (SiO <sub>3</sub> ) <sub>5</sub> (OH)	Lepidolite	K(Li,Al)(Al,Si) <sub>3</sub> O <sub>10</sub> F <sub>2</sub>
Gruppo Tormalina		Clorite	(Mg,Fe <sup>2+</sup> ) <sub>2</sub> Al(Si <sub>2</sub> AlO <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>
Schörfitte	NaFe <sup>2+</sup> Al <sub>3</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>11</sub> (OH) <sub>3</sub>	<b>Feldspati</b>	
Elbaitte	Na(Li,Al) <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>11</sub> (OH) <sub>2</sub>	Albite	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
		Anortite	CaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
		Feldspato Potassico	(K,Na)AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>

## La formazione del paesaggio

### Sollevamento ed erosione

Le rocce magmatiche attualmente visibili nella zona Adamello-Presanella si sono solidificate ad una profondità di 8-10 Km sotto la superficie di quel periodo. Oggi invece le cime più alte delle rocce tonalistiche superano i 3500 m s.l.m. Da ciò si può dedurre che dopo il periodo delle intrusioni (42 - 32 milioni di anni fa), quest'area ha subito una forte erosione ed un sollevamento complessivo di almeno 10 Km.

Il sollevamento delle Alpi meridionali comprendenti la zona Adamello-Presanella è legato a due processi principali:

(A) la ripresa della convergenza tra la crosta adriatica ed europea causò un'ulteriore raccorciamento dell'area alpina, provocando importanti zone di frattura (per es. la Linea del Tonale) ed un ripiegamento della serie di falde delle Alpi Centrali. Durante il Miocene superiore nelle Alpi Meridionali si manifestarono spostamenti verso sud della parte alta della crosta.

(B) l'ispessimento della crosta terrestre sotto la zona alpina dovuto alla collisione continentale, dette origine ad un accumulo di rocce cristalline a livello del mantello più denso. Questa radice di rocce "leggere" causò un innalzamento che su gran parte della catena alpina è tuttora attivo.

Il sollevamento dell'area dell'Adamello è avvenuto quasi in blocco senza che la zona abbia subito grossi stravolgimenti. Tuttavia si sono formate delle faglie che in seguito hanno determinato l'andamento di importanti passi e vallate, le quali successivamente sono state modellate dalle forze erosive dei ghiacciai.

## Landschaftsbildung

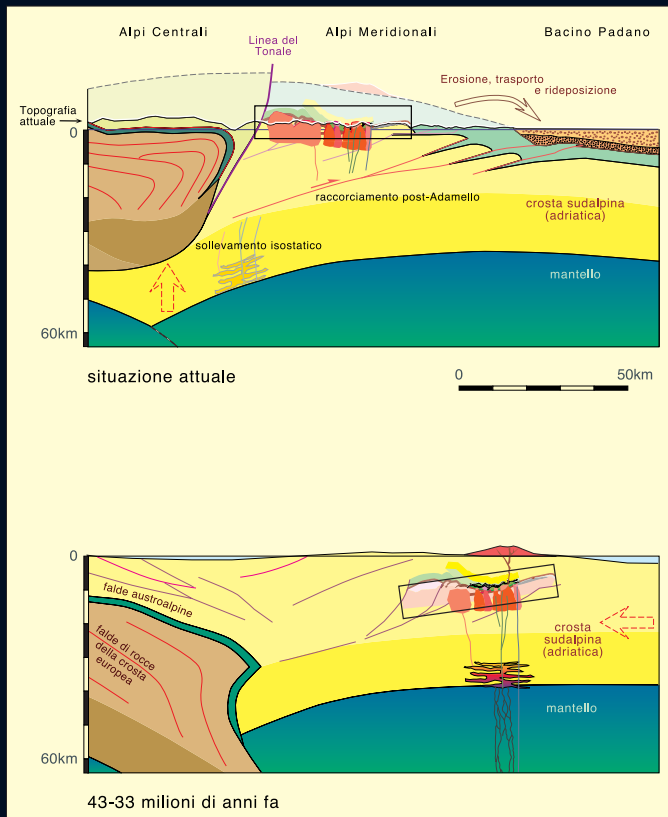
### Hebung und Erosion

*Die magmatischen Gesteine des Adamello-Presanella-Gebiets erstarrten ursprünglich rund 7-10 km unter der Erdoberfläche. Heute liegen sie 3500 m über dem Meeresspiegel. Seit der Intrusion vor rund 43-33 Millionen Jahren wurde das Gebiet über viele Kilometer angehoben. Die darüber lagernden Gesteine wurden abgetragen.*

*Der Hebung der Alpen einschliesslich des Adamello-Gebiets liegen zwei wichtige Prozesse zu Grunde: (1) Nach der Intrusion der Adamellomagmen wurde das junge Alpengebiet weiter eingeeignet. Die Gesteine entwichen dem seitlichen Druck teilweise durch Herausheben in die Höhe. Der Deckenstapel der Zentralalpen wurde verfaultet und es entstanden die heute sichtbaren Bruchsysteme (Tonale-Linie). (2) Während der Kontinent-Kontinent-Kollision verkeilten sich die Krustengesteine im Bereich der Alpen. Dabei verdickte sich die Kruste und "leichte" Gesteine wurden bis in die Tiefe von dichteren Mantelgesteinen heruntergedrückt. Die folgenden Auftriebskräfte bewirkten eine grossräumige Hebung, die vermutlich bis heute anhält.*

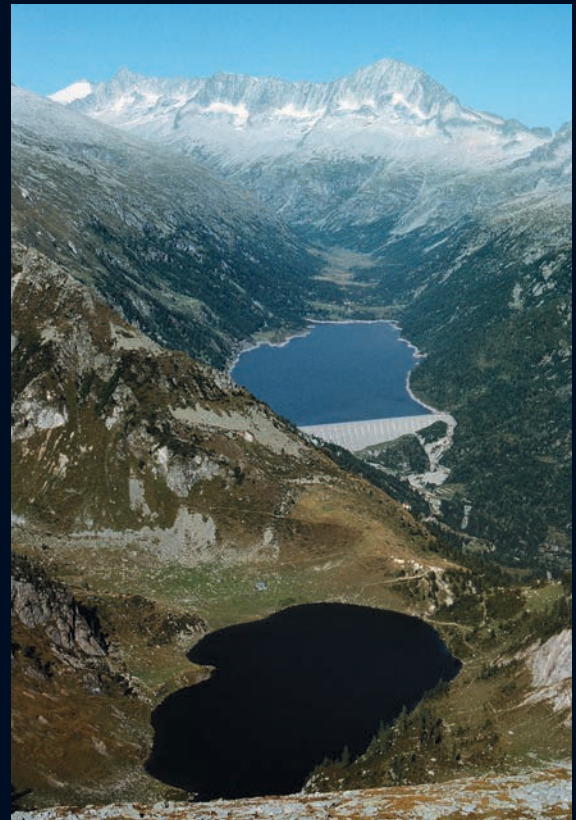
*Während der Heraushebung verhielt sich das Adamello-Presanella-Gebiet wie ein Block. Dadurch blieben die Intrusionsränder und Kontaktgeometrien weitgehend im ursprünglichen Zustand erhalten. Im Intrusionskörper entstanden dennoch kleinere Bruchsysteme, die später mitentscheidend für die Gestaltung des Landschaftsbildes waren. Viele Täler und Pässe wurden entlang solcher Bruchsysteme angelegt und durch die erosive Wirkung der Gletscher weiter modelliert.*





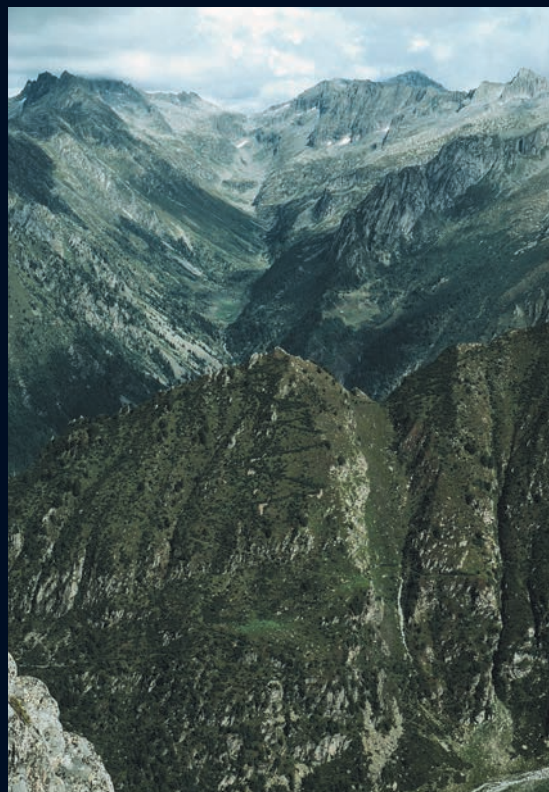
Situazione attuale (in alto) di un profilo crostale dalla Pianura Padana attraverso le Alpi Bresciane fino ad oltre la Linea del Tonale, e situazione corrispondente alla fine del periodo di magmatismo dell'Adamello (in basso). La zona dell'Adamello è stata sollevata di circa 10 Km negli ultimi 30 milioni di anni, e le rocce che originariamente erano sopra il corpo magmatico sono state erose. Il loro detrito si è ridepositato nella depressione del bacino padano.

*Querschnitte durch die Erdkruste im Bereich der Brescianer Alpen zwischen der Po-Ebene und der Tonale-Linie. Die Gesteine des Adamello-Gebiets in der heutigen Position (oben) wurden nach der vor 42-33 Millionen Jahren erfolgten Platznahme der Magmen (unten) um rund 10 km gehoben. Die ursprünglich über dem heutigen Niveau lagernden Gesteine sind erodiert und trugen zur Auffüllung des Po-Beckens bei.*



Vista della Val di Fumo e del Carè Alto (3463 m) attraverso il Lago di Campo ed il Lago di Bissina che illustra una tipica morfologia dovuta all'azione dei ghiacciai.

*Der Blick von SW über den Lago di Campo und den Lago Bissina ins Val di Fumo und auf den Carè Alto (3463m) verdeutlicht die charakteristische, vom Gletscher ausgehobelte Talmorphologie.*



La Valle di Dois col Passo Dernal sullo sfondo nel Gruppo Re di Castello rappresenta un'incisione notevole lungo una faglia, che è ben visibile come piccola intaccatura anche sulla cresta in primo piano.

*Das Val di Dois mit dem Passo Dernal als Talabschluss im Re-di-Castello-Gebiet folgt einer markanten Störungszone in tonalitischen Gesteinen. Deutlich sichtbar ist der Bruch am Bergrücken im Vordergrund.*

# Ricerca ed esplorazione

## L'esplorazione geologica

La storia dell'esplorazione geologica dell'area Adamello-Presanella permette di seguire l'evolversi di alcuni concetti geologici fondamentali riguardanti il magmatismo. Partendo da idee poco chiare sul significato delle rocce "granitiche" si arriva al riconoscimento della loro natura magmatica. Inizialmente queste rocce vennero considerate come risultato di emersioni sottomarine, ma poi si giunse alla conclusione che esse si sono invece cristallizzate a grande profondità. Le questioni inerenti l'età, l'origine e la forma del corpo magmatico trovano delle risposte solo in tempi recenti.

### L'epoca delle scoperte e lo sviluppo dei concetti sulle rocce magmatiche

Nel "Trattato mineralogico ... del dipartimento del Mella" (1808) **G.B. Brocchi** (1772-1826), a quel tempo studioso di storia naturale a Brescia, considera l'età delle rocce granitiche dell'Adamello come "... anteriori alla comparsa degli animali, e dei vegetabili, e tanto antiche quanto il globo medesimo".

La prima carta geologica che indica la notevole estensione di rocce "granitiche" sul lato trentino è la "Geognostische Karte von Tirol" dell'austriaco **J. Trinker** (1815-1873). Sul lato lombardo le rocce corrispondenti sono illustrate nella prima edizione della carta geologica svizzera di **B. Studer** (1794-1887; professore di geologia a Berna) e **A. Escher v. d. Linth** (1807-1872). Escher, che poi diventa il primo professore di geologia a Zurigo, riconosce dei calcari con minerali metamorfici nel margine dei "graniti" della Val Camonica.

Nel 1864 **G. Vom Rath** (1830-1888), giovane professore di mineralogia e geologia a Bonn introduce il nome tonalite (dal Passo Tonale). Negli anni '70 due nuove carte geologiche dei due versanti del massiccio Adamello-Presanella sono opere di **G. Curioni** (1796-1878) e di **R. Lepsius** (1851-1917). L'"anziano" Curioni, geologo milanese e all'epoca il miglior conoscitore della geologia lombarda, avanza l'ipotesi che la roccia granitica, prodottasi per "fusione ignea", "emerse lentamente sotto il mare, in guisa che essa poté venire coperta dalle deposizio-

ni marine del trias...". Lepsius invece giovane professore di geologia a Darmstadt riconosce il metamorfismo termico dei sedimenti triassici. Egli ritiene però che la sovrapposizione di sedimenti e di "graniti" molto più antichi sia di natura tettonica. Sulla base dei rilevamenti sistematici del famoso servizio geologico imperiale e reale austro-ungarico **A. Bittner** (1850-1902) stabilisce la dettagliata successione di sedimenti Permo-Triassici nelle valli Giudicarie. **E. v. Mojsisovics** (1839-1907) documenta gli ammonoidi Triassici ed un gruppo di fossili bivalvi da lui chiamati Daonella (dalla Val di Daone). La natura e l'origine delle rocce magmatiche però restano oscure. Il viennese **E. Reyer** (1849-1914) illustra la massa "granitica" come un duomo di magmi estrusi sotto una sottile copertura di sedimenti, mentre **E. Suess** (1831-1914), grande protagonista della geologia austriaca, osserva che gli strati sedimentari fortemente inclinati sono troncati dalle rocce magmatiche, ma non risolve la questione relativa al livello crostale raggiunto dai magmi. L'ipotesi che le rocce magmatiche si siano cristallizzate sotto una spessa copertura di rocce più antiche è avanzata nel 1889 da **H. Finkelstein** (1865-1942), giovane geologo di Lipsia che successivamente diventa un noto medico pediatra a Berlino.

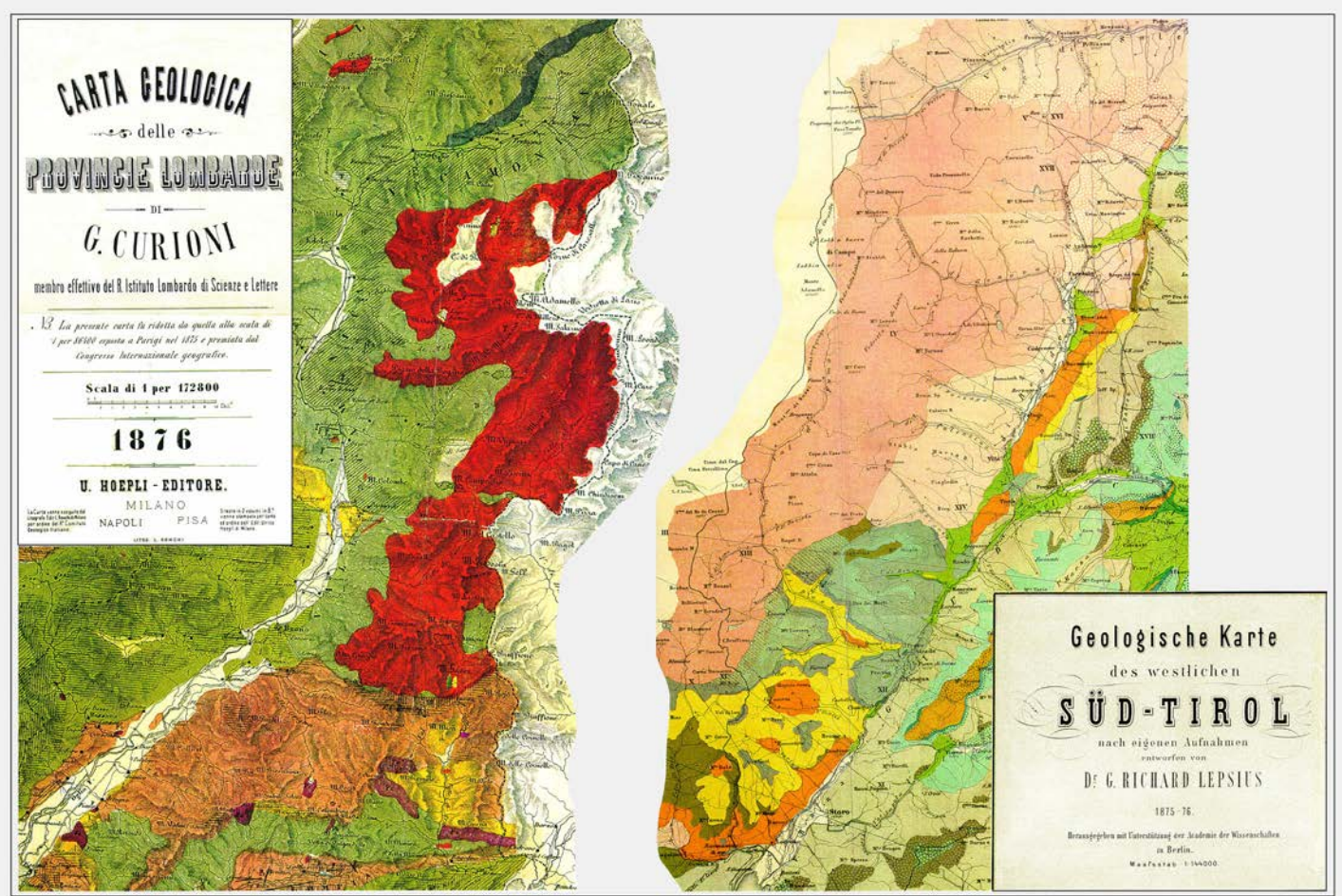
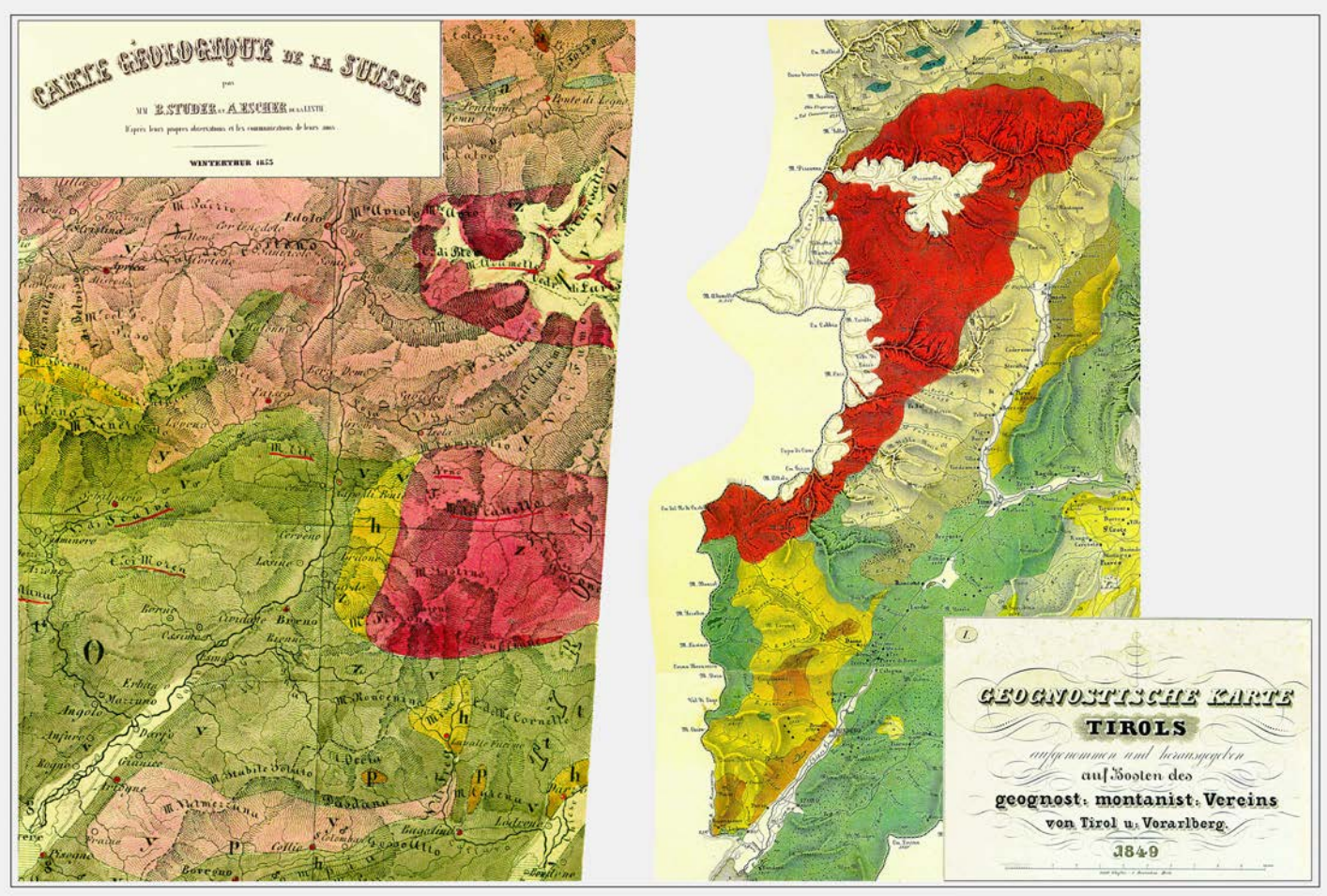
### I naturalisti bresciani

Tre sono i personaggi bresciani che contribuiscono allo sviluppo della conoscenza geologica della zona dell'Adamello. **G. Ragazzoni** (1824-1898) è tra i pionieri della geologia di questi monti. Egli accompagna Curioni e nel 1875 illustra un profilo geognostico attraverso le Alpi Bresciane. Ragazzoni inoltre stimola l'entusiasmo per la geologia di **A. Cozzaglio** (1862-1950) e **G.B. Cacciamali** (1857-1934). Soprattutto Cozzaglio illustra in modo dettagliato alcuni fenomeni geologici che verranno poi elaborati da Salomon.



ADAMELLO





# Erforschung

## Die geologische Erforschung

Die Geschichte der geologischen Erforschung der Adamello-Gruppe verdeutlicht exemplarisch die Entwicklung einiger grundlegender Ideen zum Magmatismus. Ausgehend von vagen und widersprüchlichen Vorstellungen im frühen 19. Jahrhundert ist ein erster wichtiger Schritt die Erkenntnis des magmatischen Ursprungs von "Graniten". Zunächst als untermeerische Extrusionen betrachtet wird gegen Ende des 19. Jahrhunderts klar, dass granitische Gesteine in grosser Tiefe erstarren. Fragen nach Alter und Herkunft der Adamello-Magmen werden erst durch Untersuchungen jüngerer Datums geklärt.

### Die Zeit der Entdeckungen und umstrittenen Vorstellungen

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts hält **G.B. Brocchi** (1772-1826), Naturforscher und zeitweilig Lehrer in Brescia, die Adamellogranite für "...älter als die Tiere und Pflanzen und so alt wie der ganze Erdball".

Die grosse Ausdehnung granitischer Gesteine in der östlichen Hälfte der Adamellogruppe ist erstmals dargestellt auf der "Geognostischen Karte Tirols" des österreichischen Geologen **J. Trinker** (1815-1873). Die entsprechenden Gesteine auf der lombardischen Seite sind in der ersten Ausgabe der geologischen Karte der Schweiz von **B. Studer** (1794-1887; Professor für Geologie in Bern) und **A. Escher v.d. Linth** (1807-1872) zu sehen. Escher, der später der erste Geologieprofessor in Zürich wird, bemerkt auf seinen Reisen durch die lombardischen Alpen (1842-1852) metamorphe Silikatminerale in den Kalken am Kontakt zu den "Graniten" des Val Camonica.

**G. Vom Rath** (1830-1888), ein junger Professor für Mineralogie und Geologie aus Bonn führt 1864 den Namen "Tonalit" für die magmatischen Gesteine des Adamello ein. Nach 1870 veröffentlichen der Mailänder **G. Curioni** (1796-1878) und der junge Darmstädter Geologieprofessor **R. Lepsius** (1851-1917) fast gleichzeitig zwei sich ergänzende geologische Karten der lombardischen und der österreichischen Seite der Gebirgsgruppe. Curioni, der damals beste Kenner der lombardischen Geologie ist der Ansicht, dass die granitischen Gesteine aus Gesteinsschmelzen hervorgingen, welche "... sich langsam ins Meer ergossen und

anschliessend von den Ablagerungen der Trias bedeckt wurden...". Lepsius erkennt die thermisch metamorphe Überprägung der triassischen Sedimente, führt diese aber auf einen tektonischen Kontakt zwischen Sedimenten und viel älteren Tonaliten zurück! Aufgrund systematischer Untersuchungen und Kartierungen der Adamello-Gruppe von Seiten der "kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt" in Wien verfeinert **A. Bittner** (1850-1902) die Schichtenfolge des Perms und der Trias in Judicarien. **E. v. Mojsisovics** (1839-1907) illustriert wichtige Trias-Ammonoideen und die von ihm nach dem Val di Daone benannten Muscheln "Daonella".

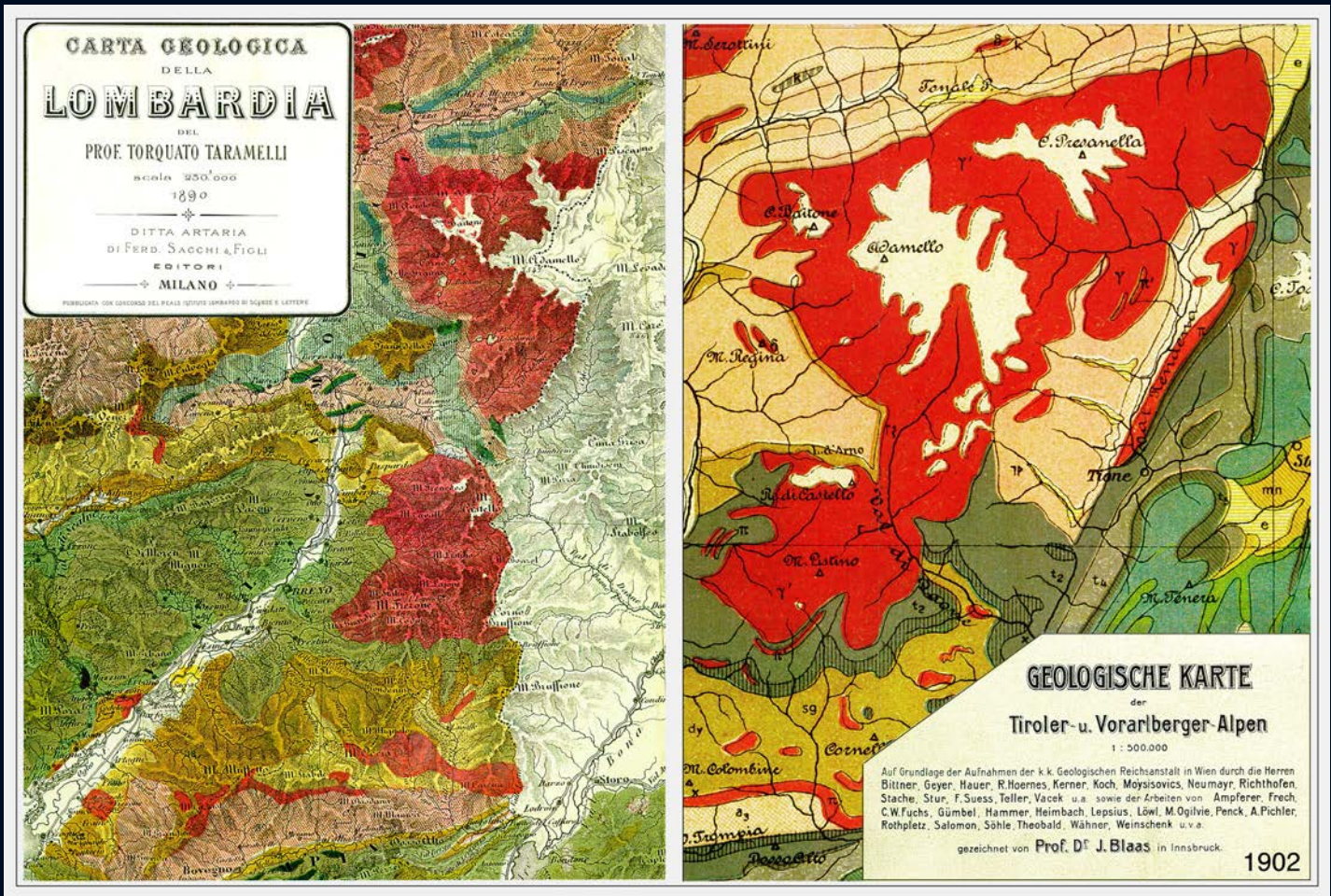
Die Natur und Herkunft der magmatischen Gesteine sind weiter umstritten. Der Wiener Geologe **E. Reyer** (1849-1914) illustriert die Granitmasse des Adamello als riesigen Magmendom unter einer dünnen Sedimenthaut. Der grosse Wiener Geologe **E. Suess** (1831-1914) beschreibt das steile Einfallen von Sedimentschichten am Kontakt zu magmatischen Gesteinen, lässt aber offen, ob diese bei der Erstarrung die Oberfläche erreicht hatten. Die Hypothese, dass die Adamello-Tonalite unter einer mächtigen und zusammenhängenden Schicht älterer Gesteine erstarren vertritt 1889 als erster der junge Leipziger Geologe **H. Finkelstein** (1865-1942), später ein berühmter Kinderarzt in Berlin.

### Die Brescianer Naturforscher

Drei Naturforscher aus Brescia und Umgebung tragen ebenfalls zur Entwicklung der Kenntnis der Adamello-Geologie bei. **G. Ragazzoni** (1824-1898) ist unter den Pionieren und publiziert 1875 nach Exkursionen mit Curioni ein geognostisches Profil durch die Brescianer Alpen einschliesslich der Adamello-Gruppe. Überdies stimuliert er das geologische Interesse in **A. Cozzaglio** (1862-1950) und **G.B. Cacciamali** (1857-1934). Vor allem Cozzaglio illustriert beispielhaft geologische Phänomene im Val Camonica und liefert wichtige Hinweise für die Untersuchungen von W. Salomon.

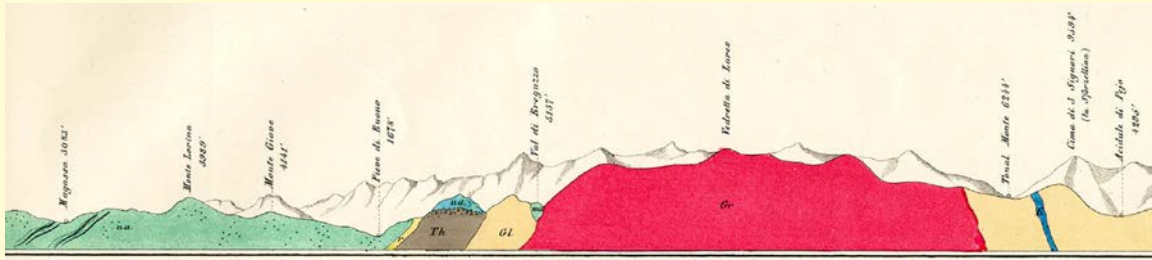


ADAMELLO

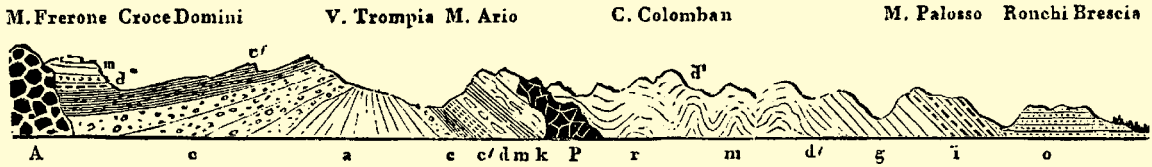


50 anni di sviluppo di carte geologiche dell'area Adamello-Presanella. Gli originali delle carte hanno scale diverse e riflettono in modo chiaro il miglioramento non solo delle conoscenze geologiche ma anche delle basi topografiche. L'estensione approssimativa del corpo "granitico" è nota fin dalla metà del 1800, mentre la forma del suo margine cambia notevolmente prima della carta compilata da J. Blaas, professore di geologia ad Innsbruck, che aveva già a disposizione alcuni rilevamenti di Salomon.

50 Jahre Geschichte geologischer Karten aus dem Adamello-Presanella-Gebiet. Die in ganz verschiedenen Maßstäben gedruckten Karten widerspiegeln klar die Entwicklung des Informationsstandes. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts ist das ungefähre Ausmaß der "granitischen" Gesteine bekannt. Ein genauere Umriss des magmatischen Komplexes erscheint jedoch erst in einer vom Innsbrucker Geologieprofessor J. Blaas zusammengestellten Karte, für die bereits Aufnahmen von W. Salomon zur Verfügung standen.



J. Trinker, 1849

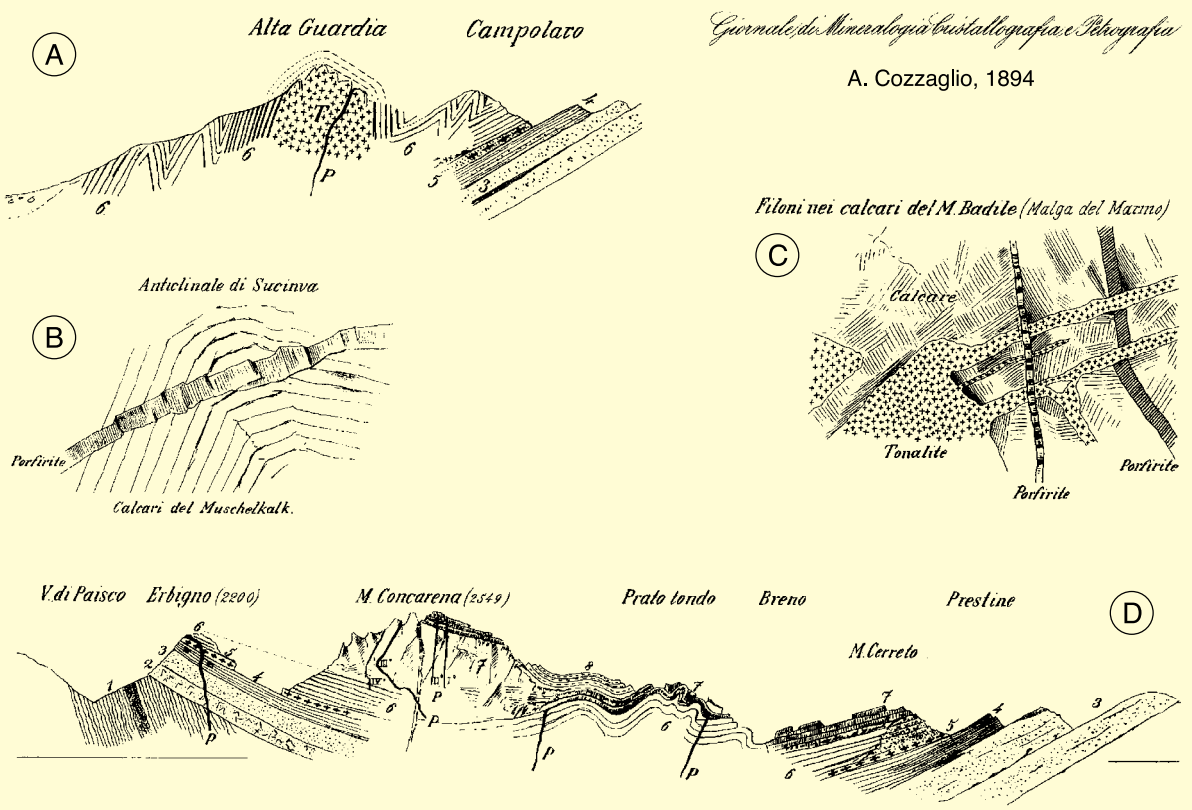


- A Granit.
- P Porphy.
- a Glimmerschiefer.
- c Rothes Conglomerat.
- e' Servino und Spatheisen.
- d Dolomitischer Kalk u. Rauchwacke.
- d' Dolomit.
- g Grauer u. rother Kalk m. Feuerstein
- i Majolica und Scaglia.
- k Halobiakalksteine.
- m Triaskalksteine.
- m' Knollenkalk.

da B. Studer, 1851 (profilo di A. Escher v.d.Linth)

Primi profili geologici attraverso le rocce magmatiche ed il loro margine. Nel profilo di Escher si nota che al M. Frerone le rocce sedimentarie sono tagliate dai cosiddetti "graniti".

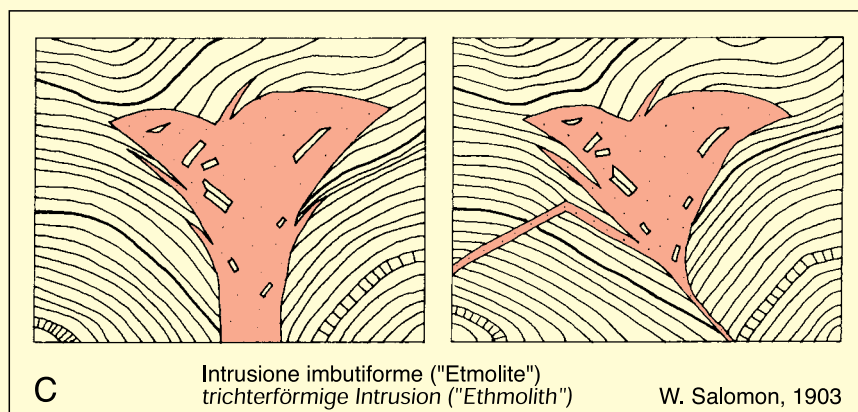
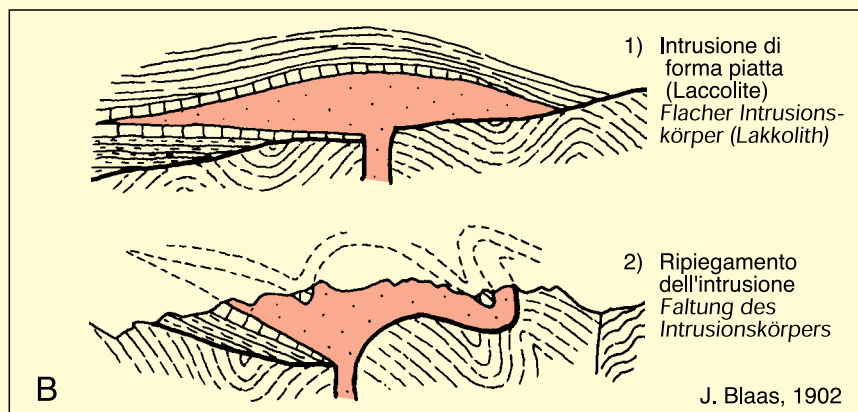
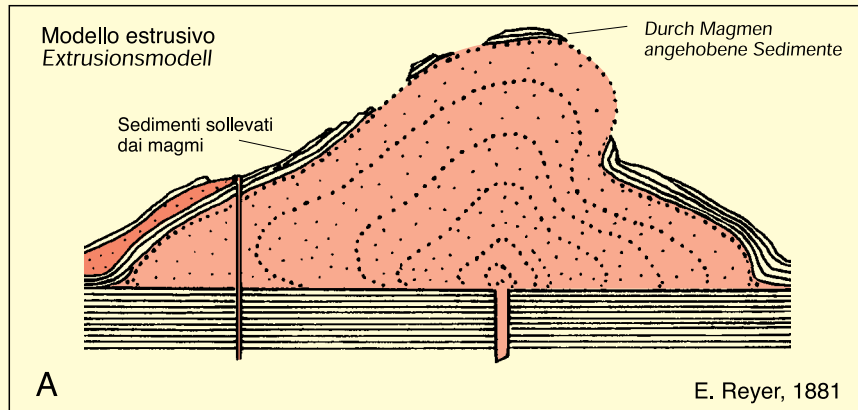
Die ersten geologischen Querschnitte durch Randbereiche des magmatischen Adamello-Körpers. Im Profil Eschers erscheinen die Sedimentschichten am Monte Frerone klar als von den "Graniten" durchschnitten.



A. Cozzaglio, 1894

Illustrazioni di A. Cozzaglio di alcuni fenomeni geologici particolari da lui osservati in Val Camonica. Nelle figure A e B sono visibili le pieghe nel Calcarea di Angolo (Muschelkalk) che Cozzaglio interpretò come provocate dall'espansione del corpo magmatico. La Figura C riporta una complessa situazione di intersezione tra diversi tipi di rocce magmatiche (Pizzo Badile). La Figura D infine illustra la geologia del massiccio calcareo della Concarena.

Abbildungen von A. Cozzaglio mit geologischen Phänomenen im Val Camonica. In A und B sind Falten im Calcarea di Angolo ("Muschelkalk") dargestellt, welche Cozzaglio auf die laterale Ausdehnung der Magmenkörper zurückführte. C dokumentiert Schnittbeziehungen zwischen Gangesteinen am Pizzo Badile und D zeigt einen Querschnitt durch das Concarena-Massiv westlich des Val Camonica.



Le ipotesi sulla forma e sul significato del corpo magmatico dell'Adamello si evolvono verso la fine dell'ottocento. Dall'idea di un notevole accumulo di magmi sul fondo marino durante il Trias (Reyer, 1881) si passa a quella dell'intrusione poco profonda di magmi sotto forma di corpo piatto, che si sarebbe successivamente deformato (Blaas, 1902). Nel 1903 Salomon considera l'Adamello come un'intrusione profonda a forma di imbuto per la quale propone il termine "etmolite". La forma reale del corpo magmatico dell'Adamello è molto probabilmente diversa.

Die Vorstellungen des ausgehenden 19. Jahrhunderts zur Geometrie und Platznahme des magmatischen Körpers des Adamello reichen von der untermeerischen Aufstauung riesiger Magmenmassen während der Triaszeit (Reyer, 1881) über eine nachträglich verformte oberflächennahe Intrusion eines flachen Magmenkörpers (Blaas, 1902) zur trichterförmigen Intrusion von Magmen in grosser Tiefe für welche Salomon (1903) den Namen "Ethmolith" vorschlug. Auch letztere Vorstellung dürfte allerdings kaum zutreffen.

## Ricerca ed esplorazione

### L'epoca di Salomon 1890-1928

Nel 1888 un giovane studente tedesco di Lipsia **W. Salomon** (1868-1941) comincia ad occuparsi della geologia del Monte Aviole nel settore nord-occidentale dell'intrusione dell'Adamello. In quel periodo i monti dell'Adamello erano di notevole interesse soprattutto tra i membri del Club Alpino Tedesco di Lipsia. Lo testimonia la presenza in Val di Genova della "Leipziger Hütte" (nelle vicinanze dell'attuale Rif. Città di Trento al Mandròn). Salomon si sposa con Rosalia Calvi di Edolo, diventa docente di geologia e mineralogia all'Università di Pavia e successivamente a Heidelberg, in cui resta professore di geologia per più di 30 anni. Nel 1934 però a causa dello sviluppo politico è costretto ad abbandonare la sua cattedra ed emigra in Turchia. Prima della grande guerra Salomon perlustra per quasi venti anni l'area Adamello-Presanella, scopre la Linea del Tonale e pubblica insieme ad una grossa monografia la prima carta geologica dettagliata dell'intera zona di affioramento delle rocce magmatiche. Salomon inoltre crea il termine *etmolite* (da *etmos* = imbutiforme) per una forma particolare di grosse intrusioni e avanza l'ipotesi di una possibile età terziaria dell'intrusione dell'Adamello. Per quanto riguarda l'origine dei magmi sospetta l'esistenza di un bacino magmatico in profondità, dal quale i magmi, a causa di movimenti nella sovrastante crosta terrestre, vengono spinti verso l'alto. I dati di Salomon sono la base di un nuovo rilevamento da parte del trentino **G.B. Trener** (1877-1954), allievo di Suess e fino al gennaio 1915 incaricato dal servizio geologico austro-ungarico. Trener riscontra importanti distinzioni all'interno del corpo magmatico dell'Adamello, nel quale riconosce almeno sei fasi di intrusioni successive. Dopo la grande guerra l'irredentista Trener (cognato di Cesare Battisti) diventa direttore del museo di scienze naturali del Veneto Tridentino. Sulla base dei rapporti geometrici e del metamorfismo tra le rocce intrusive e la Linea della Gallinera il geologo viennese **A. Spitz** (1883-1918) ed il tedesco **H.P. Cornelius** (1888-1950) trovano importanti argomenti a sostegno dell'età terziaria delle rocce intrusive dell'Adamello.

### Dal 1930 ad oggi: approfondimento degli studi ed applicazione di concetti moderni

A partire dagli anni '30 inizia una nuova fase di studi dettagliati sull'area Adamello-Presanella da parte di geologi dell'Università di Padova sotto la direzione di **A. Bianchi** (1892-1970) e **Gb. Dal Piaz** (1904-1995). Negli anni '60 l'età terziaria delle intrusioni dell'Adamello viene definitivamente confermata con le prime datazioni radiometriche. A partire dagli anni '70 diverse tematiche particolarmente interessanti sul Gruppo Adamello-Presanella diventano oggetto di studio da parte di geologi svizzeri, inglesi, americani ed italiani. Alla luce della teoria della tettonica a placche vengono applicati nuovi concetti per la genesi dei magmi.

## Erforschung

### Die Epoche von Salomon 1890-1928

*Bereits vor 1890 scheint die Adamello-Gruppe in Kreisen des deutschen und österreichischen Alpenvereins recht populär gewesen zu sein; im Val di Genova wurde dann auch die "Leipziger Hütte" errichtet, in unmittelbarer Nähe der heutigen Mandron Hütte. Im Jahr 1888 beginnt der junge Geologe **W. Salomon** (1868-1941) aus Leipzig seine Doktorarbeit mit geologisch-petrographischen Untersuchungen des Monte Aviole in der nordwestlichen Ecke des Adamello-Gebiets. Nach der Heirat mit Rosalia Calvi aus Edolo wird Salomon Dozent für Geologie und Mineralogie an der Universität Pavia und anschliessend in Heidelberg. Mehr als 30 Jahre lang übt Salomon dort als hochgeschätzter Ordinarius für Geologie seine Lehrtätigkeit aus. Aufgrund der politischen Entwicklung ist Salomon 1934 gezwungen, seinen Lehrstuhl zu verlassen. Den Rest seines Lebens verbringt er als Hochschullehrer in der Türkei. In der Zeit vor dem ersten Weltkrieg erkundet Salomon während 20 Jahren die Adamello-Gruppe, findet die Tonale-Linie und veröffentlicht 1908-10 eine grosse Monographie sowie die erste, den ganzen magmatischen Komplex umfassende geologische Karte. Er kreiert den Namen "Ethmolith" für spezielle, trichterförmige Intrusionen und nimmt an, dass die Magmen durch das Einsinken von Krustenplatten aus einem tief liegenden Magmenherd aufgepresst wurden.*

*Die Resultate Salomon's sind eine wichtige Grundlage für weitere Kartierungen und Untersuchungen noch vor dem ersten Weltkrieg durch den Trentiner **G.B. Trener** (1877-1954). Trener ist ein Schüler von E. Suess und bleibt bis Januar 1915 Aufnahmegeologe der k.k. geologischen Reichsanstalt in Wien. Im Adamello-Gebiet erkennt er wichtige petrographische Unterschiede innerhalb des magmatischen Komplexes und bestimmt insgesamt sechs Intrusionsphasen. Den ersten Weltkrieg bestreitet Trener als "irredentista" (und Schwager von Cesare Battisti) auf der italienischen Seite. Nach dem Krieg ist er in Trento Mitbegründer und erster Direktor des Museo di Scienze Naturali del Veneto Tridentino.*

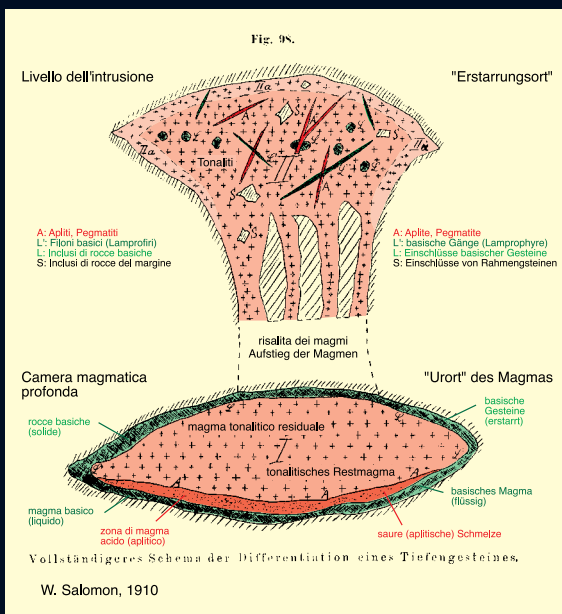
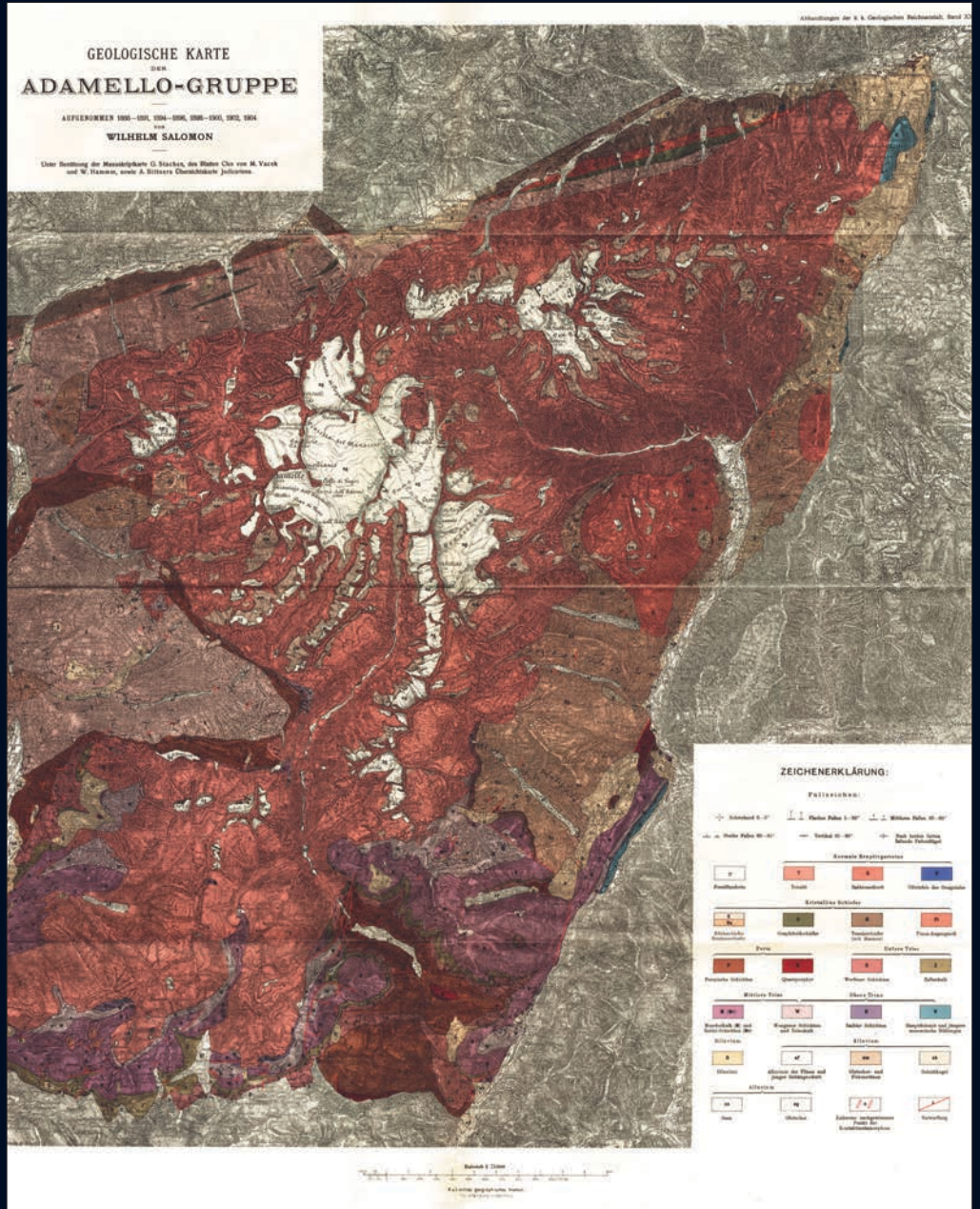
*Geometrische Überlegungen und Beobachtungen zur Kontaktmetamorphose im Gebiet des Gallinera-Passes im Nordwest-Adamello veranlassen **A. Spitz** (1883-1918) und **H.P. Cornelius** (1888-1950), ein tertiäres Alter für die magmatischen Gesteine des Adamello anzunehmen.*

### Nach 1930: Vertiefung der Kenntnisse und die Anwendung neuer Konzepte

*In den 30er Jahren beginnt eine Phase detaillierter geologisch-petrographischer Untersuchungen von Adamello-Gesteinen unter der Leitung zweier Professoren der Universität Padua, dem Petrographen **A. Bianchi** (1892-1970) und dem Geologen **Gb. Dal Piaz** (1904-1995). Nach 1960 wird die Altersfrage der magmatischen Gesteine des Adamello mit ersten radiometrischen Datierungen geklärt und ab den 70er Jahren befassen sich Wissenschaftler aus Italien, der Schweiz, England und aus den USA mit speziell interessanten geologischen Phänomenen der Adamello-Geologie. Die Frage nach dem Ursprung der Magmen wird nun auch im Lichte der Plattentektonik diskutiert.*



Wilhelm Salomon (1868-1941)



Ipotesi (ormai superata) proposta da Salomon per la differenziazione dei magmi in una camera magmatica a una profondità sconosciuta, seguita dalla risalita dall'intrusione dei vari tipi di magmi nel livello crostale attualmente visibile nella zona dell'Adamello.

Salomons (historische) Vorstellung zur komplexen Entwicklung und Aufspaltung (Differentiation) der Magmen an einem "Urort" in (unbekannter) Tiefe und der Intrusion von unterschiedlichen Magmentypen am "Erstarrungsort" (=Adamello-Gebiet).

## Ricerca ed esplorazione

### L'esplorazione topografica e la conquista delle cime

Le prime scalate di alta quota nel Gruppo Adamello-Presanella furono effettuate da cacciatori locali e, a partire dalla prima metà del 1800, da topografi del Regno Lombardo-Veneto e dell'Austria. La vera e propria conquista delle cime della Presanella e dell'Adamello inizia nel 1864. È la Cima Presanella che viene raggiunta per prima nell'agosto 1864 da parte di tre inglesi (Freshfield, Walker, Beachcroft) accompagnati da due guide. **D.W. Freshfield** (1845-1934) è un giovane londinese che negli anni successivi conquisterà anche le altre vette principali dell'area. Sarà poi uno dei primi editori del famoso "Alpine Journal" e più tardi Presidente della Royal Geographical Society.

Quasi contemporaneamente **J. Payer** (1842-1915), un giovane topografo ed ufficiale dell'esercito austriaco, intraprende uno studio di cartografia nel nucleo del Gruppo Adamello. Egli trascorre a proprie spese due settimane in Val di Genova, attrezzato con strumenti topografici. Payer raggiunge per primo la vetta dell'Adamello e due giorni dopo conquista la Presanella, dove nota con delusione che la cima era già stata raggiunta circa un mese prima da Freshfield. Nel 1865 Payer pubblica un primo rapporto sulla topografia dell'Adamello e fornisce importanti informazioni sulla geologia e morfologia della zona. Nello stesso anno Freshfield e compagni raggiungono l'Adamello, mentre altri due inglesi salgono per la prima volta sul Carè Alto.

Nel 1868 Payer ritorna in Val di Genova, dopo aver partecipato alla battaglia di Custoza (1866) e aver compiuto un rilevamento topografico nella zona Ortles-Cevedale (1865-66). Questa volta si tratta di una missione ufficiale. Egli riesce a salire su numerose cime e in un solo giorno attraversa il Crozzon di Làres, il Cavento ed il Carè Alto. Payer è quindi la prima persona che raggiunge le tre cime principali del Gruppo Adamello-Presanella, seguito da Freshfield dopo la sua salita al Carè Alto nel 1873. In quel periodo (agosto 1873) Payer esplora nuove zone nell'artico, dove in una spedizione drammatica scopre l'arcipelago poi chiamato col nome dell'imperatore Francesco Giuseppe (Franz-Josef-Land).

Fino all'anno 1876 la cima dell'Adamello è stata raggiunta da tutte le valli principali che la circondano: Val di Genova, Valle dell'Avio, Val Miller, Valle di Salarno. I protagonisti sono vari gruppi di alpinisti inglesi, svizzeri e tedeschi con le relative guide, oltre ai soldati sotto il comando del noto capitano Adami stazionato a Edolo! Negli anni successivi le ascensioni alle vette principali del Gruppo Adamello-Presanella diventano più frequenti, e vengono rese note anche le scalate sulle cime minori nella parte meridionale del gruppo.

Durante la "Grande Guerra" (1915-1918) il Gruppo Adamello-Presanella diventa all'improvviso teatro di tragiche battaglie. Per quattro anni lungo il confine tra la Lombardia e il Trentino vengono costruite postazioni ad alta quota e si combatte in condizioni estreme. Dopo la guerra i monti dell'Adamello ritornano ad essere la zona tranquilla che fino ad oggi ha conservato quasi inalterato il suo affascinante carattere ambientale.

## Erforschung

### Topographische Erforschung und Besteigung der Gipfel

*Jäger und Topographen des lombardisch-venezianischen Königreichs und aus Österreich erklimmen zweifellos als erste markante Höhen und Bergspitzen in der Adamello-Presanella-Gruppe. Die "Eroberung" der Hauptgipfel beginnt 1864 mit den Besteigungen der höchsten Punkte. Ausgehend vom Val di Sole erreichen im August drei Engländer (Freshfield, Walker, Beachcroft) mit zwei Führern die Spitze der Presanella. Der noch nicht mal 20 jährige **D.W. Freshfield** (1845-1934) aus London besteigt in der Folge auch andere Gipfel der Gebirgsgruppe, wird später einer der ersten Herausgeber des berühmten "Alpine Journal" und Präsident der Royal Geographical Society. Fast gleichzeitig unternimmt der junge österreichische Topograph und Offizier **J. Payer** (1842-1915) auf privater Basis ein Kartierungsprojekt im Adamello-Gebiet. Auf eigene Kosten durchstreift er mit topographischen Instrumenten das wilde Val di Genova und erreicht nur 20 Tage nach dem Erfolg der Engländer an der Presanella den Gipfel des Monte Adamello. Aus dem Val di Genova erklimmten Payer und sein Führer bereits zwei Tage später die Presanella. Enttäuscht stellen sie fest, dass der Gipfel bereits bestiegen war. 1865 veröffentlicht Payer einen ersten Artikel zur Topographie der Adamello-Gruppe, mit vielen Hinweisen zur Geologie und Morphologie des Geländes. Im selben Jahr besteigen Freshfield und Gefährten den Monte Adamello, während zwei andere Engländer den Carè Alto erreichen.*

*Nach einer bemerkenswerten topographischen Studie im Ortler-Cevedale-Gebiet (1865-66) und seiner Teilnahme an der Schlacht von Custoza (1866) kehrt Payer 1868 für zwei Monate ins Val di Genova zurück. Diesmal als Topograph in offizieller Mission ersteigt er wiederum zahlreiche Gipfel und überschreitet in einem einzigen Tag den Crozzon di Làres, den Corno di Cavento und den Carè Alto. Payer ist somit der erste, der alle wichtigen Gipfel der Gebirgsgruppe bestiegen hat. Auch Freshfield besteigt 1873 den Carè Alto, während Payer bereits weit abgelegene Gebiete der Arktis erkundet. Auf einer dramatischen Expedition entdecken und benennen Payer und seine Reisegefährten den Archipel des Franz-Josef-Landes auf mehr als 80° nördlicher Breite.*

*Bis ins Jahr 1876 wird der Gipfel des Monte Adamello von allen umliegenden Tälern erstiegen (Val di Genova, Valle dell'Avio, Val Miller, Valle di Salarno). Die Alpinisten sind vorwiegend Engländer, Deutsche und Schweizer meist mit ihren Führern. Den Adamellogipfel erreichen aber auch die in Edolo stationierten Soldaten von Hauptmann Adami!*

*In den folgenden Jahren nimmt die Zahl der Bergfahrten stetig zu und es werden auch Besteigungen der weniger hohen Gipfel im südlichen Teil der Adamello-Gruppe dokumentiert. Im "grossen Krieg" zwischen Italien und Österreich (1915-1918) wird die vormals so ruhige Adamello-Gruppe unvermittelt zum Schauplatz heftiger Gefechte. Entlang der Grenze zwischen Trentino und der Lombardei werden fast vier Jahre lang Stellungen bis auf höchste Höhen besetzt und unterhalten. Nach den heroisch-sinnlosen Kriegswirren, deren Spuren auch heute vielerorts sichtbar sind, versinkt das Adamello-Presanella-Gebiet wiederum zum Status eines wenig bekannten aber schönen und bis anhin ziemlich unberührten Teils der Alpen.*





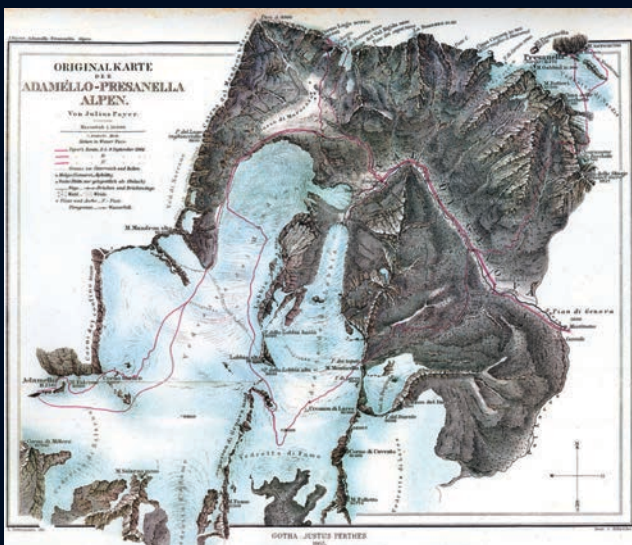
Julius Payer (1842-1915)

## Prime ascensioni sulle principali vette del gruppo Adamello-Presanella *Frühe Besteigungen der Hauptgipfel der Adamello-Presanella-Gruppe*



I ghiacciai del Mandrone e della Lobbia illustrati da Payer nell'anno 1865. Attualmente entrambi i ghiacciai si sono ritirati in modo tale che dal punto di osservazione di Payer sono ormai quasi invisibili.

*Ansicht der Mandron- und Lobbia-Gletscher gezeichnet von J. Payer im Jahre 1865. Beide Gletscher haben sich weit zurückgezogen und sind heute von Payers Beobachtungspunkt kaum mehr zu sehen.*



Carta topografica del Pian di Neve e della Val di Genova rilevata da J. Payer (1865). Purtroppo una seconda versione di questa carta che comprendeva i risultati dell'esplorazione di Payer del 1868 non fu mai pubblicata.

*Julius Payers topographische Karte der Gletscherhochfläche Pian di Neve und des Val di Genova (1865). Eine zweite Version mit Payers Aufnahmen von 1868 wurde leider nie veröffentlicht.*

### CIMA PRESANELLA 3558m

1864	25.08.	Freshfield, Walker, Beachcroft, Devouassoud, guida italiana	Val Stavèl - Passo Cercen - Sella Freshfield - * - Val di Cercen - Malga Bèdole
1864	17.09.	Payer, Botteri, (Bertholdi)	(Val di Genova) - Val Rochetta - Vedretta di Nardis - *
1872	24.07.	Tuckett, Lauener, Siorpaes	(Val di Genova) Malga Caret - Passo Cercen - * - Pinzolo
1873	23.08.	Sardagna, Boni, Candelpergher, Martini, Mattei, Negri, Righi, Botteri, Caturani, Dallagiacoma	Malga di Lago - Val Amola - Vedretta Nardis - * - Val Nardis - Val di Genova

### MONTE ADAMELLO 3539m

1864	15.09.	Payer, Caturani, (Botteri)	(Val di Genova) Baito Mandron - Corno Bianco - *
1865	03.07.	Freshfield, Tuckett, Fox, Backhouse, Devouassoud, Michel	(Val di Genova) Bedole - Corno Bianco - *
1869	29.07.	Siber-Gysi, Baltzer, Grass, Müller	(Val Salarno) Malga Dosazza - Cornetto di Salarno - * - Mandron - Bedole
1872	11.07.	Taylor, Hudson, Pendlebury brothers, Spechtenhauser	- * ritorno per il Passo degli Inglesi - Vedretta del Venerocolo - Val d'Avio
1874	12.08.	Cap. Adami & 13. comp. Alpini	Val Salarno
1876	07.09.	Coolidge, Almer, Siorpaes	Val Miller - Passo dell'Adamello - * - Malga Bèdole

### CORNO BAITONE 3330m

1876	28.07.	Schnorr, Gräff, Almer, Siorpaes	(Val d'Avio) Malga Lavedole - Bocchetta dei Laghi Gelati
------	--------	---------------------------------	--

### CROZZON DI LÀRES 3354m

?1854	?1859	Topografi austriaci	? segnale topografico
1868	03.09.	Payer, Griesmayer, Corona, Haller, e un cane	Malga Folgorida - * - Corno di Cavento - Carè Alto - Val Lares

### CORNO DI CAVENTO 3406m

1868	03.09.	Payer, Griesmayer, Corona, Haller, e un cane	Malga Folgorida - Crozzon di Làres - * - Carè Alto - Val Lares
------	--------	--	--

### CARÈ ALTO 3463m

1865	08.08.	Taylor, Montgomery	Val di Borzago - Vedretta di Lares
1868	03.09.	Payer, Griesmayer, Corona, Haller, e un cane	Crozzon di Lares (partenza ore 15)- Corno di Cavento - * (19.00) - Val Lares
1873	26.08.	Freshfield, Ritchie & Ritchie, Devouassoud, Nicolosi	(Val di Borzago) Malga Niscli - Vedretta di Lares - * - Passo di Lares - Passo della Lobbia alta - Passo di Mandron - Val d'Avio - Ponte di Legno

Finito di stampare  
maggio 2007

presso Società Editrice Vannini a r.l.  
Via Mandolossa, 117/a - 25064 Gussago (Brescia)



