

is often displaced by approximately NE-SW-striking and even younger NW-SE-oriented high-angle faults of limited displacement. The youngest movements are comparable with the lateral tectonic extrusion. This is also kinematically in a good correlation with data obtained from outcrops in Slovenia. In Oligocene extensive magmatism occurred, followed by dextral strike slip movements and major rotations. Lateral motions since the Turonian formed a mega-imbricate zone between the Dinarides (and Southern Alps) and the Eastern Alps contemporaneous with the movements of the Drau Range and the Transdanubian Range towards the east, to their present position.

With financial support of the FFG-Project 810082/9814 in cooperation with the STW Klagenfurt AG - Geschäftsfeld Wasser.

### Late Triassic mass-flow deposits in hemipelagic „Slovenian Trough“-like sediments in the Karavank Mountains (Austria) triggered by Late Triassic strike-slip movements

Missoni, S.<sup>1</sup>, Gawlick, H.-J.<sup>1</sup>, Dumitrica, P.<sup>2</sup>, Krystyn, L.<sup>3</sup> & Lein, R.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>University of Leoben, Department for Applied Geosciences and Geophysics: Prospection and Applied Sedimentology, Peter-Tunner-Str. 5, A-8700 Leoben; <sup>2</sup>Dennigkofenweg 33, CH-3073 Guemligen; <sup>3</sup>University of Vienna, Department of Palaeontology; <sup>4</sup>University of Vienna, Center for Earth Sciences, Althanstr. 14, A-1090 Vienna, Austria; s.missoni@daad-alumni.de; hans-juergen.gawlick@mu-leoben.at, Paulian.Dumitrica@unil.ch, leopold.krystyn@univie.ac.at, richard.lein@univie.ac.at

The polyphase tectonic evolution along the eastern Periadriatic Lineament in the Karavank Mountains has formed an imbricate, which is located between the Maria-Elend Sattel and the Rosenbach Alm and consist of Late Triassic to Middle/Late Jurassic hemipelagic dolomites to cherty limestones, similar to the sedimentary sequence know from the Slovenian Trough south of the Julian Alps.

Two laterally differing sequences are developed in the study area: The eastern sequence is characterized by Carnian dolomites discontinuously overlain by bioturbated, turbiditic Late Norian radiolarian-rich limestones and Rhaetian to Jurassic argillo-calcareous bioturbated, turbiditic wackestones. The western sequence is composed of Carnian dolomites, followed by a ~200 m thick succession of Early to Middle Norian cherty dolomites (= Baca dolomite in the Slovenian Trough), and is overlain by thin bedded limestones with chert-lenses of late Middle to Late Norian in age, with interbedded polymict mass-flow deposits in the upper part.

In the newly formed late Middle to Late Norian basin hemipelagic limestones of allochthonous origin occur in the interbedded Sevatian mass-flows. These resedimented breccia components consist only of different hemipelagic grey limestones and are dated by means of conodonts and radiolarians as Early to Middle Norian. The radiolarians and conodonts from the components of these polymict Late Triassic mass-flow deposits indicate clearly a mixture of Early to Late Norian components. We conclude that the breccia components derived from a palaeogeographically different source area with a complete Early to Late Norian hemipelagic carbonate succession without dolomites, which is not exposed in the studied area or in the Slovenian trough. The matrix of the mass-flows as well the directly overlying sediments is dated by means of conodonts and radiolarians as Sevatian. Upsection (Rhaetian to Middle Jurassic) a several 100 m thick, partly restricted hemipelagic sequence is deposited, which displays since the Late Norian the topography of a relatively deep marine pelagic depositional environment. The sequence in

the western part, with radiolarian-rich turbidites and low bioturbation displayed a thinning and fining-upward trend due to the decrease in sediment supply as the Late Norian relief became buried. These sediments (Frauenkogel Formation, Hahnkogel Formation, Kahlkogel Formation) occur in both sequences (= different Late Triassic imbricates) and seal the Late Alaunian to Sevatian tectonic movements. The predominantly matrix-supported clast layers are interpreted as debris-flow deposits triggered by local(?) iterative tectonic pulses rather than by sea-level changes due to the late Middle to early Late Norian lasting breccia formation and mass movements.

Our results point out, that simple extensional tectonics with creation of asymmetric basins cannot explain the observed component composition of these mass-flows. In asymmetric extensional basins we expect breccia components similar to those of the underlying sedimentary succession (e.g. with Baca dolomite components). Our results show in contrast, the derivation of the breccia components from a palaeogeographically different source area. Thus we explain this imbricate in the Karavanks as a result of complex Late Triassic strike-slip movements by forming trans-tensional asymmetric basins.

With financial support of the FFG-Project 810082/9814 in cooperation with the STW Klagenfurt AG - Geschäftsfeld Wasser.

### Austrian Tunnel Structures: Concrete Damage by Thaumaside Form of sulphate attack (TSA)

Mittermayr, F.<sup>1</sup>, Klammer, D.<sup>1</sup>, Bauer, C.<sup>2</sup>, Dietzel, M.<sup>1</sup>, Köhler, S.<sup>1</sup> & Leis, A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Applied Geosciences, Graz University of Technology, Rechbauerstraße 12, Graz, Austria; <sup>2</sup>Institute of Earth Sciences, Department of Mineralogy and Petrology, Universitätsplatz 2, 8010 Graz, Austria; <sup>3</sup>Institute of Water Resources Management, Joanneum Research, Elisabethstrasse 16/11, 8010 Graz, Austria; f.mittermayr@tugraz.at, dietmar.klammer@tugraz.at, christoph.bauer@uni-graz.at, martin.dietzel@tugraz.at, koehler@tugraz.at, albrecht.leis@joanneum.at

Over the past years concrete deterioration by sulphate attack has been repeatedly reported from several tunnel structures (e.g. IDEN & HAGELIA 2003). Whereas the formation of thaumasite seems to be a guiding process in contrary to the formation of ettringite and gypsum. Using sulphate-resisting Portland cements (SRPC) with low C<sub>3</sub>A content ettringite can be significantly reduced. Nevertheless thaumasite even appears in concretes with negligible availability of Al by consuming C-S-H phases and therefore resulting in a significant decrease of the concrete stability (BELL-MANN & STARK 2007). Processes that lead to the formation of thaumasite have not yet been entirely understood. To gain new insights in the TSA case studies including the application of stable isotopes (<sup>34</sup>S/<sup>32</sup>S, <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C and <sup>18</sup>O/<sup>16</sup>O) are carried out at Austrian railroad and highway tunnels.

In the Bosruck railroad tunnel shotcrete pieces were falling down causing safety issues for the highly frequented tunnel. The interlayer between the sooty brick wall lining and the shotcrete shows intense sulphate attack. Investigations by XRD revealed that the damaged horizon is composed mainly of thaumasite with small amounts of calcite, gypsum, and ettringite. The analysed local ground water is enriched in sulphate (> 6 mM SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) due to the dissolution of local marine evaporites. The sulphate minerals of the damaged horizon and local evaporites comprise δ<sup>34</sup>S<sub>CD</sub> values from 14.8 to 22.2 and from 15 to 27‰ (SPÖTL & PAK 1996), respectively. Thus, the sulphate minerals from the damaged horizons indicate sulphate from local ground water. Soot relicts as a potential source of sulphur can be ruled out as the respective analysed δ<sup>34</sup>S<sub>CD</sub> values are between 3.4 and 4.1‰.

At the Tauern highway tunnel a second tube is currently under

construction. In the tunnel driving the former rescue tunnels are included into the new construction. Due to a smaller cross section dimension of the rescue tunnels, the existing concrete had to be removed. An extensive alteration of the shotcrete was found in cohesion-less mush, which was analysed by XRD. The cement matrix of the shotcrete is completely replaced by thaumasite and to a lower extent by calcite.  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  values of the DIC in the local highly  $\text{SO}_4^{2-}$  (15 - 120mM) enriched ground water, thaumasite at the shotcrete lining found behind the inner concrete lining, and thaumasite at the exterior shotcrete layer yield values close to -8, -11, and -9 ‰, respectively. Accordingly, the DIC of the ground water can be related to the formation of thaumasite. In contrast, the  $\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$  values of the DIC of high alkaline solutions (pH > 12) and the associated calcite sinter in the tunnel building comprise a range from -19 to -36 ‰ indicating a strong impact of  $\text{CO}_2$  from the tunnel atmosphere.

BELLMANN, F. & STARK, J. (2007): Cement and Concrete Research, **37**/8: 1215-1222.

IDEN, I. K. & HAGELIA, P. (2003): Cement and Concrete Composites, **25**/8: 839-846

SPÖTL, C. & PAK, E. (1996): Chemical Geology, **131**: 219-234.

### Steinbruchbezogene Dachsteinkalk-Faziesstudie mit Implikationen für den Österreichischen Rohstoffplan

MOSHAMMER, B.

Geologische Bundesanstalt, Fachabteilung Rohstoffgeologie, Neulinggasse 38, A-1030 Wien, Austria; mosbea@geologie.ac.at

Der Dachsteinkalk ist ein sehr wichtiger Kalkrohstoff und ist aufgrund seiner chemisch reinen Qualität in vielfacher Weise einsetzbar: für die Branntkalkherstellung, in einem Werk wird daraus auch PCC (synthetisiertes Kalziumkarbonat) erzeugt, weiters für Putzsand und als Zementkomponente. Im Zuge eines Rohstoffprojektes an der Geologischen Bundesanstalt wurden Abschnitte in Dachsteinkalkvorkommen anhand gut einsichtiger Aufschlüsse in Steinbrüchen bearbeitet. Die Untersuchungen fanden in den Steinbrüchen Ofenauer Berg bei Golling, Starnkogel bei Bad Ischl und Dürnbach bei Wopfing statt.

Vermutlich norischer mittel- bis dunkelgrauer, gebankter, lagunärer Dachsteinkalk, mit homogener Lagerung ist im Steinbruch Ofenauer Berg aufgeschlossen. Die Untersuchung der Lofer-Zyklizität (mit Fisher-Zyklen) erfolgte durch Aufnahme eines randlichen 6 m mächtigen Detailprofiles. Die Fazies zeigt vorwiegend Biopel- und häufig Algenmikrite eines flachen marinen, teilweise intertidalen Milieus. In Bänken angereichert treten die Megalodontiden auf, wobei die Hintergrundsedimentation immer biopelmikritisch bleibt. Aufarbeitungshorizonte an der Basis des Lofer-Zyklus sind deutlich durch intraklastische Brekzien, Sedimentationsunterbrechungen und auffällig, aber sehr untergeordnet durch terrigene Einschwemmungen roten oder ockerfärbigem lateritischen Materials mit imprägnierten Bioklasten gegeben. Es treten synsedimentäre Hohlräume auf und es fanden sich auch seltene Hinweise auf Emersion. Horizont B und C sind mikrofaziell nicht deutlich unterscheidbar.

Im Steinbruch Starnkogel bei Bad Ischl ist eine tektonisch sehr komplizierte Verbindung zwischen Dachsteinkalk um den Nor-Rhät-Grenzbereich und Kössener Entwicklung erschlossen. Aufgrund der stärkeren tonigen Beimengung bis hin zu geringmächtigen Toneinschaltungen der Kössener Schichten ist eine selektive Gewinnung notwendig. Unter den Kössener Schichten sind auch sehr fossilreiche Biogendetriskuskalke vorhanden. Der Dachsteinkalk ist hier gut gebankt, meist hellbeige bis bräunlich, abfolgemäßig durch cm-mächtige grünliche bis rote Tonzwischenlagen oder Flaserungen gekennzeichnet, mit nur geringmächtigem

Aufarbeitungshorizont und mächtigeren subtidalen Biomikriten, die auch bioklastische Sparite, teilweise onkoidisch und ooidisch ausgebildet, enthalten. Auch hier treten vereinzelt bis zu lagenweise angereichert Megalodontiden auf. Mit den Kössener Schichten verzahnt der untere Bereich des Dachsteinkalkes (vermutlich unterhalb der Rhät-Grenze).

Im riesigen Steinbruch Dürnbach wurde ein wenige Meter mächtiges Detailprofil aufgenommen, das eine dem Fisher-Zyklus sehr gut entsprechende Abfolge darstellt. Die deutliche terrigene Beeinflussung äußert sich in der ausgeprägten rötlichen Einfärbung, Biogehalt deutet auf sehr flaches marines Milieu hin: mit deutlicher Stromatolithenbildung.

Für den Österreichischen Rohstoffplan wurden neben dem Dachsteinkalk diverse geologische karbonatischen Formationen anhand ihrer Rohstoffqualitäten attribuiert und anhand der geologischen Karten 1: 200.000 dargestellt.

### Rohstoffrelevante Marmorvorkommen in den Niederen Tauern (Styria, Austria) und deren lithostratigraphische Zuordnung

MOSHAMMER, B.<sup>1</sup>, SCHUSTER, R.<sup>1</sup> & PUHR, B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien, Austria; <sup>2</sup>Institut für Erdwissenschaften, Karl-Franzens-Universität Graz, Universitätsplatz 2, 8010 Graz, Austria; mosbea@geologie.ac.at

Die Niederen Tauern werden aus Gesteinen der Ostalpinen Decken aufgebaut. Die Marmore befinden sich innerhalb von Einheiten, die dem Koralle-Wölz-Deckensystem angehören und die einen gegen Norden zu aushebenden metamorphen Extrusionskeil bilden (SCHMID et al. 2004). Dieser lässt sich von Liegend nach Hangend wie folgt gliedern: Die Nordhänge des Ennstales werden vom Ennstaler Quarzphyllit-Komplex aufgebaut. Es folgt der Wölz-Komplex, der im Gebiet östlich des Sölkpasses vom Greim-Komplex unterlagert wird. Im hinteren Donnersbachtal wird der Wölz-Komplex vom Rappold-Komplex überlagert. Die Gesteinsabfolge zeigt eine gegen das Hangende zu ansteigende eoalpidische Metamorphose, die von der unteren Grünschieferfazies bis in die Amphibolitfazies reicht (SCHUSTER et al. 2004).

Im Wölz-Komplex lassen sich die kalzitischen, bunt oder weiß gefärbten Sölker Marmore von den grauen Gumpeneck Dolomitmarmoren unterscheiden. Innerhalb des Greim-Komplexes ist ein über viele Kilometer verfolgbarer Marmorzug vorhanden, der aus grauen Tremolit-führenden Dolomitmarmoren und begleitenden bunten Kalzitmarmoren besteht. Der Rappold-Komplex führt die kalzitischen Bretsteinmarmore, sowie die zumeist dunkelgrauen, dolomitischen Hirnkogelmarmore. Weiters sind Kalksilikate mit Diopsid, Phlogopit und seltener Granat anzutreffen.

Für die Rohstoffanwendung der Marmore sind, je nach Verwendungsart, die Anforderungen unterschiedlich. Im Wölz-Komplex ist bei den Sölker Marmoren die Ornamentierung, die Festigkeit und Massigkeit Grund für ihre Verwendung als Werk- und Dekorstein aus den Kleinsölker Steinbrüchen. In der Abfolge der Sölker Marmore (LELKES-FELVÁRI et al. 1999) tritt über den bunten auch ein Paket weißer reiner Kalzitmarmore auf, die in ihren mächtigsten Partien in der Walchen bei Öblarn vor einigen Jahrzehnten zur Erzeugung von Kalziumkarbonat-Füllstoff verwendet wurden. Ungünstige Lagerungsverhältnisse und begrenztes Angebot brachten den Stollen- bis Kammerabbau bald zum Erliegen. Die meist im Hangenden auftretenden Dolomitmarmore sind grau oder gelblich und werden als Gumpeneck-marmore zusammengefasst und, wie die Masse der Karbonatgesteine, zu Brecherprodukten verarbeitet.

Der Rappold-Komplex bietet ebenfalls Kalzitmarmore, die in den Niederen Tauern als Bretsteinmarmore bekannt sind und in den