

PREFAZIONE

Shotcrete (or sprayed concrete, abr. SpC) technology in tunnelling and underground construction using the “New Austrian Tunnelling Method” NATM, “sprayed concrete linings” SCL, Norwegian Method of Tunnelling NMT, “Sequential Excavation Method” SEM or “L’Analisi delle Deformazioni Controllate nelle Rocce e nei Suoli” ADECO-RS, has reached a high quality standard, which had continuously developed over the last decades. Figure 1 shows some of the milestones in shotcrete technology development from 1980 to 2019.

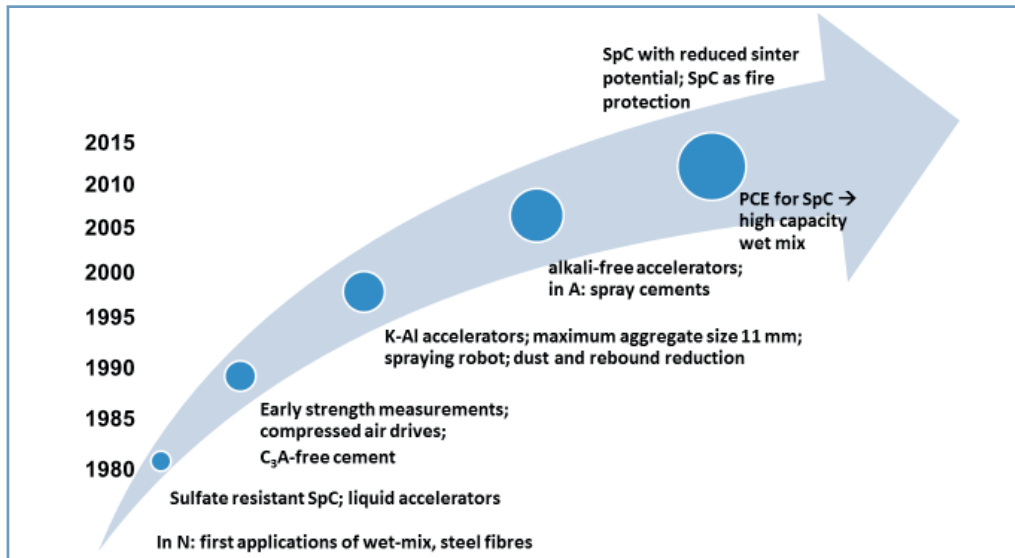


Figura 1: Shotcrete technology evolution for tunneling during the last years (exact data from Austria, Norway, but similar for other countries too)

In tunnelling the wet-mix method applied by spraying robots and using alkali-free accelerators is standard in many countries nowadays. We know a lot on early strength development, and we train the nozzle men in different programs. However, durability aspects are increasingly moving into the focus as new mega tunnel projects such as Trans-Alp-traverses are built to have a life time of up to 200 years. In addition, reports about shotcrete damage in tunnels are increasing. Damage to existing concrete structures e.g. due to sulphate attack and/or sulphate/thaumasite attack is becoming increasingly apparent. The requirements and regulations for shotcrete are comparable to normal concrete and documented in standards and guidelines such as EN 14487 as well as in local specifications and guidelines. In these documents, the apparent very shotcrete-aggressive environmental conditions in tunnels are partly underestimated. As we see in today's practice, several types of shotcrete damage mechanism and secondary reactions such as sintering can lead to undesirable limitations in operation. This affects not only the shotcrete but also the entire structure. For the operators and users of underground infrastructure this means an increasingly risk for necessary investments in maintenance and repair as well as restrictions in operation. Furthermore, in the interests of sustainable development and climate protection, resources should be used efficiently and sustainably. This is particularly effective if the service life of the tunnels can be extended to the expected service life.

Not only the durability requirements are very high for shotcrete but also the requirements for workability, pumpability, rebound and early strength development, just to name a few.

More durable and sustainable mixes must therefore offer robust fresh concrete properties for several hours. The mix-design must contain chemically resistant binders with low water requirement. The grading of the binding agents and aggregates should be optimized for a dense package. In the future, the mix-design for shotcrete will have to be better adapted to today's challenges. It is therefore necessary to develop new shotcrete mix-designs with increased durability and to consider the aspect of life cycle performance, to use up to date equipment for uniform material flow and better trained nozzlemen.

I would like to thank and congratulate my colleagues Carlo Comin and Giorgio Estrafallaces for writing this manual on shotcrete application.

May it be a source of inspiration for a successful application of shotcrete in your tunnels!

Prof. Dipl.-Ing. Dr. **Wolfgang Kusterle**
OTH University of Applied Sciences Regensburg
Oberperfuss, Austria, March 2019

La tecnologia del Calcestruzzo proiettato nelle costruzioni in galleria e in sotterraneo utilizzata nei metodi: "New Austrian Tunnelling Method" NATM, "sprayed concrete linings" SCL, Norwegian Method of Tunneling NMT, "Sequential Excavation Method" SEM e "Analisi delle Deformazioni Controllate nelle Rocce e nei Suoli" ADECO-RS, ha raggiunto alti livelli di qualità, che si sono progressivamente incrementati negli ultimi decenni.

Nella Fig. 1 sono riportati alcuni dei capisaldi che hanno caratterizzato lo sviluppo della tecnologia del calcestruzzo proiettato dal 1980 a oggi.

Nella costruzione delle gallerie, la proiezione con metodo a umido utilizzando robot automatici e acceleranti alkali-free, è oggi pressoché standardizzata in molti paesi. Conosciamo molto sullo sviluppo della resistenza a breve termine e sono largamente applicati i programmi di addestramento dei lancisti. Tuttavia, gli aspetti della durabilità devono essere sempre più al centro dell'attenzione poiché i nuovi progetti dei mega tunnel, come ALP Transit, sono costruiti per durare 200 anni. Stanno aumentando inoltre, le segnalazioni sugli ammaloramenti del calcestruzzo proiettato. Si stanno manifestando in modo progressivo e sempre più evidente i danni alle esistenti strutture in calcestruzzo dovuti, ad esempio, all'attacco solfatico e/o solfato-thaumasite.

I requisiti e le normative da adottare per il calcestruzzo proiettato sono paragonabili a quelle per il calcestruzzo normale e si trovano sia nelle Linee guida, come la EN 14487, sia nelle Specifiche Tecniche dei progetti. In questi documenti, sono in parte sottostimate le condizioni ambientali presenti nei tunnel, veramente aggressive per il calcestruzzo proiettato. Come si riscontra nella pratica odierna, diversi tipi di fenomeni dannosi per il calcestruzzo proiettato e reazioni secondarie come la sinterizzazione possono determinare indesiderate limitazioni al normale esercizio dell'opera. Ciò riguarda non solo il calcestruzzo proiettato ma anche l'intera struttura. Per i gestori e gli utenti delle infrastrutture in sotterraneo ciò rappresenta un sensibile rischio per gli inevitabili investimenti nella manutenzione e nella riparazione, oltre alle inevitabili limitazioni per l'esercizio. Inoltre, nell'ottica dello sviluppo sostenibile e della salvaguardia climatica, le risorse dovrebbero essere utilizzate in modo efficiente e sostenibile. Ciò è particolarmente efficace se la vita utile dei tunnel rispetta quella attesa.

Per il calcestruzzo proiettato, quindi, devono essere molto elevati non solo i requisiti di durabilità, ma anche quelli di lavorabilità, pompabilità, rimbalzo e sviluppo iniziale della resistenza, solo per citarne alcuni. Le miscele, per assicurare la durabilità richiesta, devono mantenere, per il tempo necessario, la lavorabilità allo stato fresco prima della posa in opera. Il mix-design deve contenere leganti chimicamente resistenti che richiedano un basso fabbisogno d'acqua. Il rapporto tra legante e aggregati dovrebbe essere ottimizzato per garantire un prodotto finale di appropriata densità.

In futuro il mix-design del calcestruzzo proiettato dovrà essere meglio adattato alle sfide odierne. È pertanto necessario sviluppare sia nuovi mix design finalizzati a garantire una maggiore durabilità e il ciclo di vita utile dell'opera, sia utilizzare attrezzature idonee a garantire un flusso uniforme del materiale durante la proiezione e, infine, disporre di operatori alla lancia ben addestrati.

Desidero ringraziare e congratularmi con i miei colleghi Carlo Comin e Giorgio Estrafallaces per aver scritto questo manuale sul calcestruzzo proiettato e che possa essere proficuo per gli utilizzi nelle vostre opere in sotterraneo!