



## **DIFERENTES NÍVEIS DE IMPERMEABILIZAÇÃO EM ESTRUTURAS SUBTERRÂNEAS COM MEMBRANAS SINTÉTICAS**

IGOR MARIA ZOTTI, GAETANO PAULO GRAZIOLI

Soprema do Brasil, Soprema Group, Rua Min. Rocha Azevedo, 456. SP/ Brasil.

### **RESUMO**

As construções subterrâneas são projetadas para ter uma expectativa de vida de mais de 100 anos. Isso significa que os produtos utilizados nesse tipo de construções são de alta performance.

Qualidade e durabilidade dos sistemas de impermeabilização são particularmente importantes a fim de proteger estruturas impedindo o enfraquecimento do concreto armado.

Túneis, fundações ou aplicações em subterrâneo em geral exigem sistemas de impermeabilização projetados de acordo com as condições hidro geológicas de cada local.

Os custos dos materiais e das instalações são baixos quando comparados aos custos globais da obra e seus benefícios são consideráveis.

Novos sistemas de impermeabilização facilitam a inspeção e, em alguns casos, possibilitam o reparo, tanto durante como depois da construção. Quando concebidos com membranas sintéticas contêm vários materiais que simultaneamente atuam para selagem, drenagem e proteção.

Sistemas de impermeabilização podem ser projetados com camadas simples e até com os mais avançados sistemas de “Vácuo”. Esse último permite controlar as tensões da água e realizar reparos de forma rápida e fácil sem a necessidade de escavações complexas.

Este documento oferece uma introdução a estes sistemas e destaca os benefícios em termos de custo.

A engenharia do subterrâneo conta com 50 anos de experiências no domínio de sistemas de impermeabilização com membrana sintéticas de TPO e PVC/FPO. Hoje proporciona uma vasta gama de soluções de impermeabilização de acordo com cada tipo de solo e as suas condições hidro geológicas.

### **Palavras chaves**

Construções subterrâneas;  
Sistemas de impermeabilização;  
Geomembranas;  
Membrana sintéticas de TPO e de PVC/FPO.

## 1. INTRODUÇÃO

A impermeabilização é um componente essencial para todas as construções subterrâneas. Hoje em dia podemos afirmar que os sistemas de impermeabilização são parte de projetos com a mesma importância dos cálculos estruturais. Grandes construções subterrâneas são projetadas para ter mais de 100 anos de vida. Dada a natureza específica desse tipo de obra a expectativa de vida deve ser medida em décadas, em vez de anos. Isso significa que os requisitos dos produtos utilizados são de alta qualidade e por isso a durabilidade dos sistemas de impermeabilização é considerada uma característica de extrema importância.

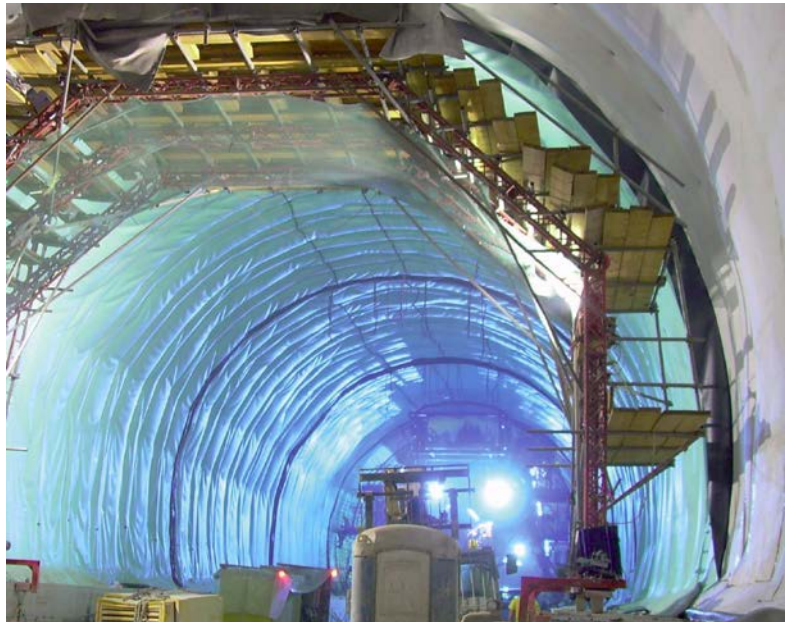


Figura 1. Sistema de impermeabilização para túnel com membranas sintéticas.

A maioria das aplicações subterrâneas, fundações e túneis, necessitam de uma solução sob medida, ou seja, sistemas com projetos "customizados". Isto não é considerado um elemento desfavorável se considerarmos que os custos destas soluções são relativamente baixos em comparação com os custos de construção em geral da obra. É importante mencionar que seus benefícios são consideráveis.



Figura 2. Sistema de impermeabilização com membranas sintéticas para fundações.

O sistema de impermeabilização com membranas sintéticas possuem vários materiais de vedação, drenagem e proteção. Estas membranas permitem, algunos casos que vamos discutir, efetuar inspeções e reparos durante e após a construção. Sua aplicação ou "instalação" por técnicos qualificados e' essencial para um bom resultado. Também a qualidade dos produtos utilizados e as regulares inspeções, em todas as fase da vida do sistema, são de suma importância para sua performance. A penetração de água e a umidade são preocupações em qualquer estrutura. O principal problema é que quase todas as rochas e todos os solos contém água, ou drenando por acima (infiltração) ou penetrando por baixo. Em alguns casos a água pode estar sob pressão. Esta pode vir de várias fontes: de superfície que irá penetrar ou , por exemplo, de fontes inesperadas como canos quebrados e esgotos. O lençol freático deve sempre ser avaliado sem deixar de analisar a migração do vapor de água. Deve-se assumir que todas as fundações e todos os túneis terão contato com a água em algum momento e conseqüentemente todos exigirão um sistema de impermeabilização. Geomembranas são usadas para restringir a migração líquida de uma área para outra. Muitas vezes são usadas para canais artificiais para evitar o vazamento de água e também para aumentar as taxas de fluxo. Estas membranas são uma barreira física, continua e podendo ser reparável e controlada através de medidores de pressão. As membranas de PVC e de TPO/FPO são muito utilizadas para evitar a entrada de água em estruturas subterrâneas, e não se limitam a apenas esta aplicação. Estão presentes também em coberturas, pontes, barragens e inúmeras outras. No projeto de qualquer estrutura subterrânea é necessário manter a construção seca, não só para a estabilidade e funcionalidade do edifício, mas também por razões de segurança, especialmente para túneis de transporte subterrâneo e túneis ferroviários. É absolutamente necessário manter a água longe da estrutura e da área de trabalho/vida interna. Isso só será possível através da incorporação de um sistema de impermeabilização adequado.



Figura 3. Túnel com geomembrana de PVC.

O projeto de um local subterrâneo deve ser realizado com o envolvimento de empresas experientes em impermeabilização e com um detalhado planejamento de engenharia. Ao longo de muitos anos desenvolveu-se alguns sistemas avançados de impermeabilização para construção subterrânea. Sendo assim o mercado fornece hoje uma ampla gama de soluções desenhadas de acordo com a condição de água no local e o orçamento do investidor. Estas soluções vão desde o simples sistema de camada única até os sistemas tecnologicamente avançados de "Vácuo" (com dupla camada de impermeabilização). São utilizados também sistemas de camadas únicas com compartimentação e com a possibilidade de efetuar injeções nas juntas de construção ou diretamente no compartimento. O sistema de "Vácuo" facilita o reparo localizado de uma área danificada sem a necessidade de escavações. Este sistema permite também a execução de teste de impermeabilidade que podem ser realizados não só durante a construção mas também uma vez concluída a obra.

## 2. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS

### 2.1 Sistema de camada única

Composto de uma camada protetora de geotecido e de uma membrana de impermeabilização em PVC ou de TPO/FPO. Este sistema é projetado para ser simples na instalação e barato. Não incorpora a proteção da membrana instalada e não pode efetuar a injeção de resinas ou rejuntas para futuras reparações. O sistema não é dividido em seções e oferece apenas proteção passiva básica.

Sistema a camada única pode ser resumido nos seguintes elementos:

Geotecido;

Membrana de impermeabilização de PVC ou de TPO/FPO.



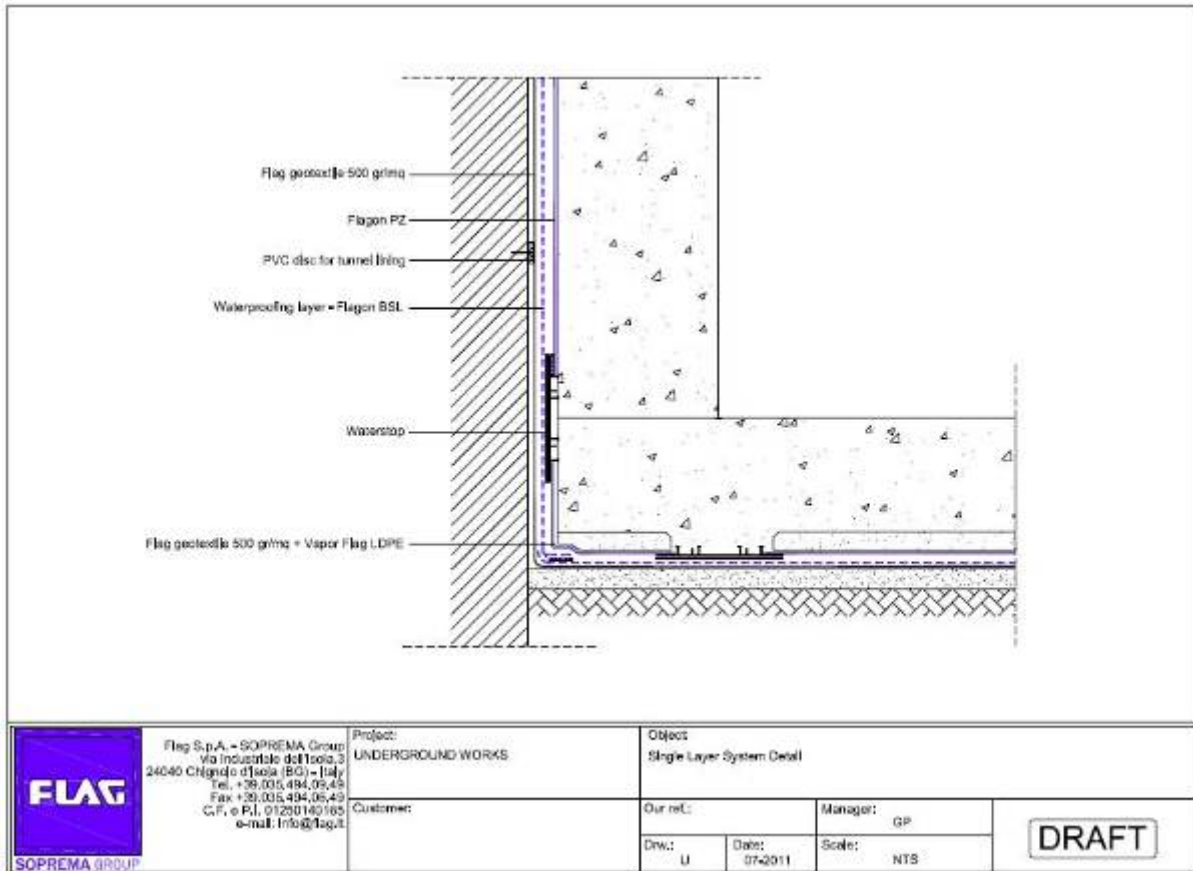


Figura 4. Detalhes do sistema de camada única.

### 2.1.1 Sistema de camada única com compartimentação

Este sistema incorpora os requisitos básicos do geotêxtil e da membrana de impermeabilização e também inclui vedantes de borracha nas juntas de construção. Para limitar o fluxo de água em caso de vazamento, a membrana de impermeabilização é dividida em seções. Vedantes de borracha são soldados na membrana para compartimentar o sistema nas juntas de construção. Desta forma é possível evitar que a água migre de um compartimento para o outro. Os vedantes de borracha também podem ser colocadas em locais adicionais para reduzir o tamanho dos compartimentos. A membrana pode ser protegida pela instalação de uma membrana de proteção adicional ou com um segundo geotecido.

Sistema a camada única compartimentado pode ser resumido nos seguintes elementos:

Geotecido;

Membrana de impermeabilização de PVC ou de TPO/FPO;

Vedantes de borracha.



Figura 5. Tunel com geomembrana compartimentada.



Figura 6. Sistema de impermeabilização com membranas sintéticas compartimentado reparável para fundações.

### 2.1.2 Sistema ativo de impermeabilização (F.A.W.S.)

Trata-se da evolução do sistema compartimentado. Para selar os compartimentos são utilizadas mangueiras de injeção instaladas nos vedantes de borracha. Estes tubos são usados numa primeira fase para injetar cimento para preencher vazios e, em uma segunda fase, para injetar uma resina se um vazamento ocorre no compartimento. As mangueiras podem ser reutilizadas se houver problema subsequente. As vantagens deste sistema é que permite ao contratante de controlar a tensão da água na impermeabilização instalada, e permite efetuar rapidamente e facilmente as reparações sem a necessidade de escavações complexas .

Sistema a camada única compartimentado com juntos ativos pode ser resumido nos seguintes elementos:

Geotecido;

Membrana de impermeabilização de PVC ou de TPO/FPO;

Vedantes de borracha;

Mangueiras para injeções;

Caixa de controle para as mangueiras de injeção.

### 2.1.3 Sistema de impermeabilização sem falha

A evolução dos precedentes, utiliza para selar o compartimento injeção de resina através de válvulas soldadas na membrana. Estas válvulas tem algumas aberturas que permitem a resina fluir no compartimento e, por conseguinte, selá-lo. Cada compartimento deve ser inferior a 100 metros quadrados e são necessárias para a injeção no mínimo 4 válvulas.

Sistema a camada única, compartimentado reparável, sem falha pode ser resumido nos seguintes elementos:

Geotecido;

Membrana de impermeabilização de PVC ou de TPO/FPO;

Membrana de proteção de PVC ou de TPO/FPO;

Vedantes de borracha;

Mangueiras para injeções;

Caixa de controle para as mangueiras de injeção.

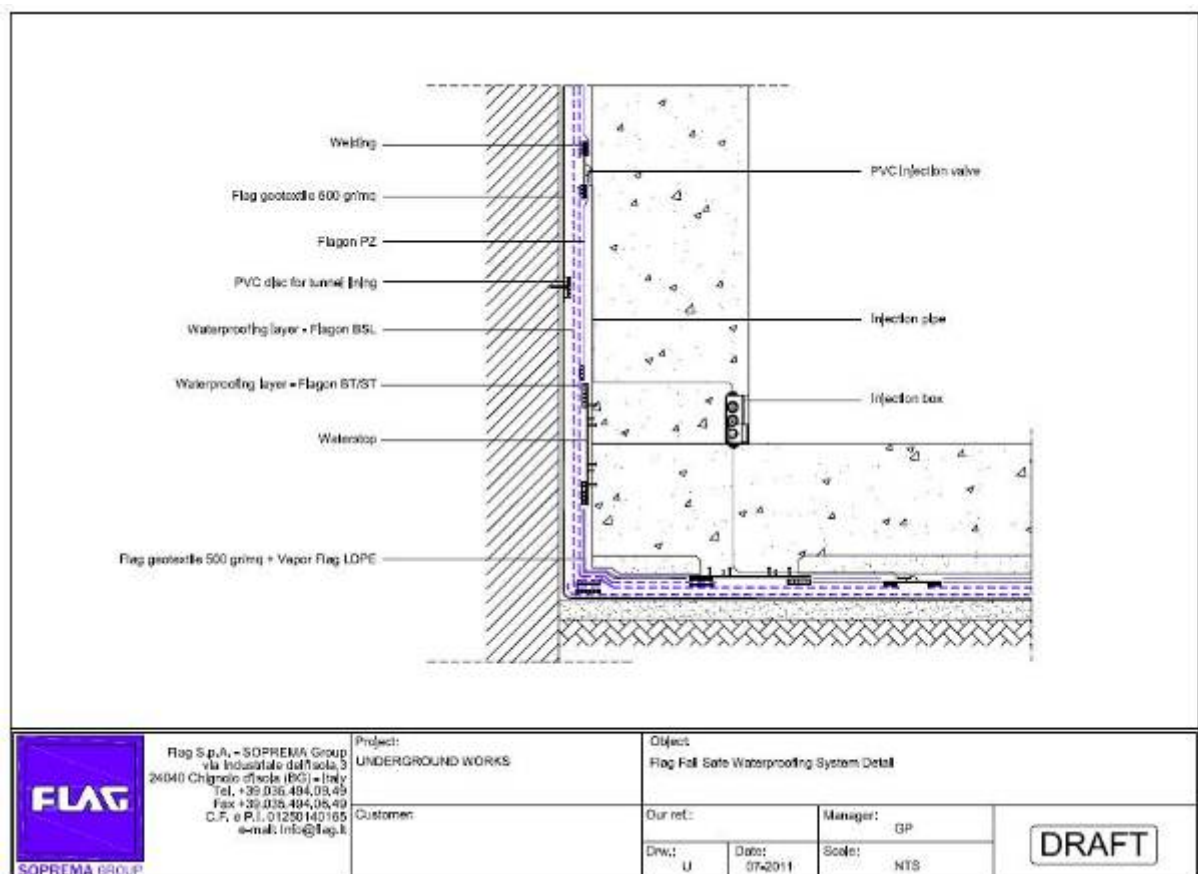


Figura 7. Detalhes do sistema de impermeabilização sem falha.

## 2.2 O sistema "Vácuo" (camada dupla)

O sistema mais completo dentre os apresentados. Constituído por duas camadas de membrana de impermeabilização, sistema de "camada dupla", e toda sua superfície é dividida

em seções ou compartimentos. Cada uma dessas seções ou compartimentos são selados para formar um "bolso" de cerca 100 metros quadrados.

A membrana superior (segunda membrana) tem pequenas ondulações na superfície, de modo que uma vez que o compartimento é formado há um espaço de ar entre as camadas. Uma vez que o sistema é selado, cada compartimento vai ter 3 ou 4 válvulas de injeção que vão ser utilizadas para criar o vácuo. Sendo possível testar o sistema de tensão da água do bolso durante a construção.

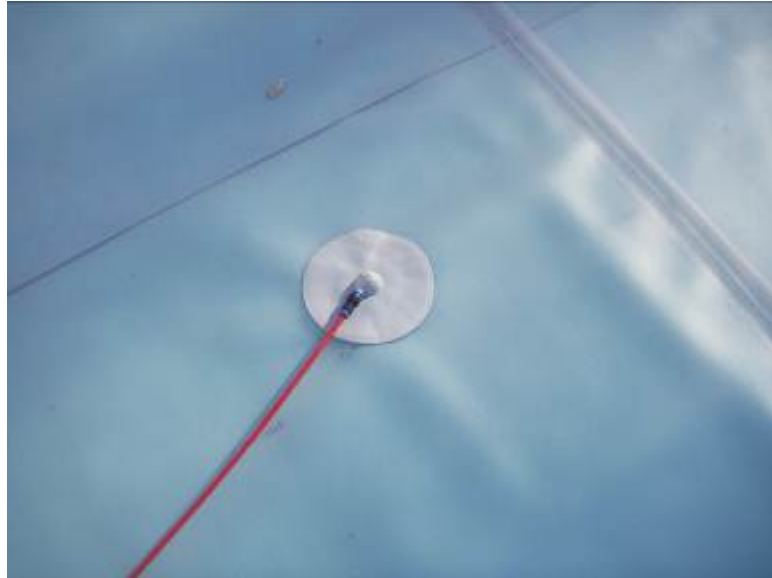


Figura 8. Metro Milão, detalhe da válvula de injeção.

Este teste é efetuado sugando o ar com uma bomba de sucção para alcançar uma pressão negativa predefinida para um período de tempo específico.

Se forem encontrados defeitos o sistema pode ser rapidamente e facilmente reparado antes da instalação da proteção e do revestimento final de concreto.

Uma vez que todo o sistema é testado os tubos de injeção podem ser deixados no lugar para permitir outros testes.

Sistema a camada dupla, compartimentado, reparável, "Vácuo" pode ser resumido nos seguintes elementos:

Geotecido;

Primeira membrana de impermeabilização de PVC ou de TPO/FPO;

Segunda membrana de impermeabilização de PVC ou de TPO/FPO;

Membrana de proteção de PVC ou de TPO/FPO;

Vedantes de borracha;

Geotecido;

Mangueiras para injeções;

Caixa de controle para as mangueiras de junção.



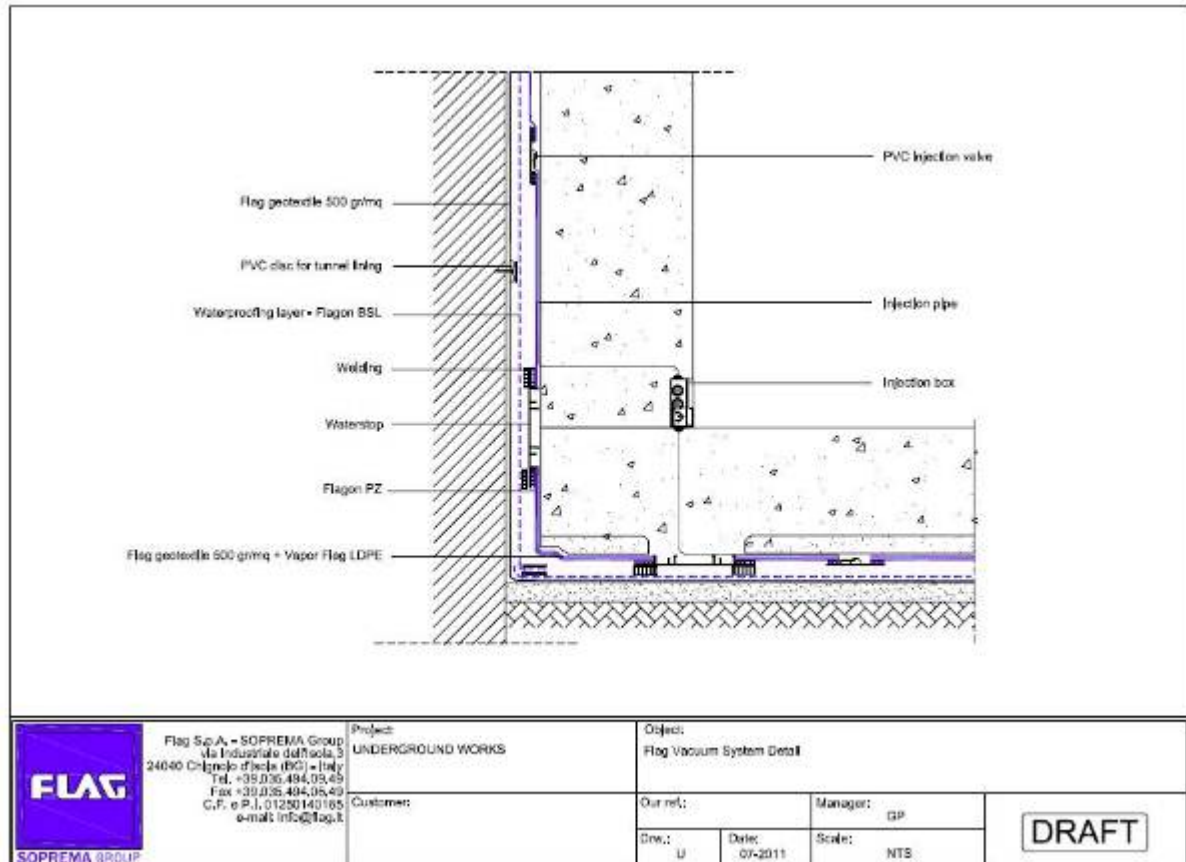


Figura 9. Detalhes do sistema de impermeabilização "Vácuo".

### 2.2.1 Teste de vácuo

O teste de vácuo é efetuado utilizando as mangueiras de injeção que foram claramente identificadas e recolhidas em uma posição adequada. As extremidades das mangueiras são posicionadas dentro de uma caixa para facilitar a reparação e futuros testes. Caso haja alguma entrada de água em qualquer compartimento quando a estrutura estiver completa ou em construção é possível identificar o compartimento porque a água será forçada até os tubos de injeção.



Figura 10. Teste no sistema "Vácuo".

Em seguida, é possível injetar no compartimento, através dos mesmos tubo, uma resina que reagindo com água vai formar um gel que vai fechar completamente o compartimento, proporcionando assim um sistema à prova de falhas. As vantagens deste sistema são que permite ao contratante de controlar a tensão da água na impermeabilização instalada, e permite reparações sem a necessidade de escavação.

### 3. CONCLUSÕES

Geomembranas foram concebidas, formuladas e fabricadas de acordo com as necessidades específicas de cada aplicação, com base em uma filosofia "sob medida". Esse abordagem garante a otimização dos resultados: resistência mecânica, , flexibilidade, facilidade de instalação, resistência ao envelhecimento, resistência ao ataque dos micro organismos e por último, mas não menos importante, proteção ambiental.

As características essenciais de uma membrana de impermeabilização para obras subterrâneas são funcionalidade, "soldabilidade", flexibilidade, durabilidade e um excelente desempenho físico químico.

As membranas sintéticas são barreiras físicas contínuas, não tóxicas e podem ser produzidas para serem resistentes ao fogo de acordo com os requisitos das normas internacionais.

### 4. REFERÊNCIAS

AA.VV. di SIG Società italiana gallerie. L'impermeabilizzazione delle gallerie con l'impiego di geotessili e manti sintetici. Milano, Italia, 2003.

AA.VV. di ASSOGOMMA. Impermeabilizzare gallerie naturali ed artificiali. Milano, Italia, 2003.

M. CUNEGATTI. Procedure di controllo, collaudo e riparazione dei sistemi impermeabili nelle opere interrate - Samoter, Bologna. Italia, 2008.

G. GISOTTI, G. PAZZAGLI. L'interazione tra opere in sotterraneo e falde idriche. Sigea - società italiana di geologia ambientale, Roma, Italia, 2010.

L.C. INGERSLEV, PARSONS BRINCKERHOFF. Immersed tunnel foundations, U.S.,New York, 2011.

D. KIRSCHKE (BERATENDER INGENIEURE, ETTLINGEN). The drainage system of the Rennsteig Tunnel. Rennsteig. Germany, 2010.

S. ROSSI, L. RANFAGNI, P. BIANCALANI, L. CALZOLARI. Geological and hydrogeological analysis in large scale tunnelling and impact forecasting on groundwater resources in Bologna-Florence high speed railway. Arpat - Environmental protection agency of Tuscany. Firenze, Italy, 2009.