



Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

Corinne Chiodini – supervision nationale des tunnels sur réseau national

Traitement des venues d'eau dans les tunnels norvégiens



Éléments caractéristiques des tunnels en Norvège



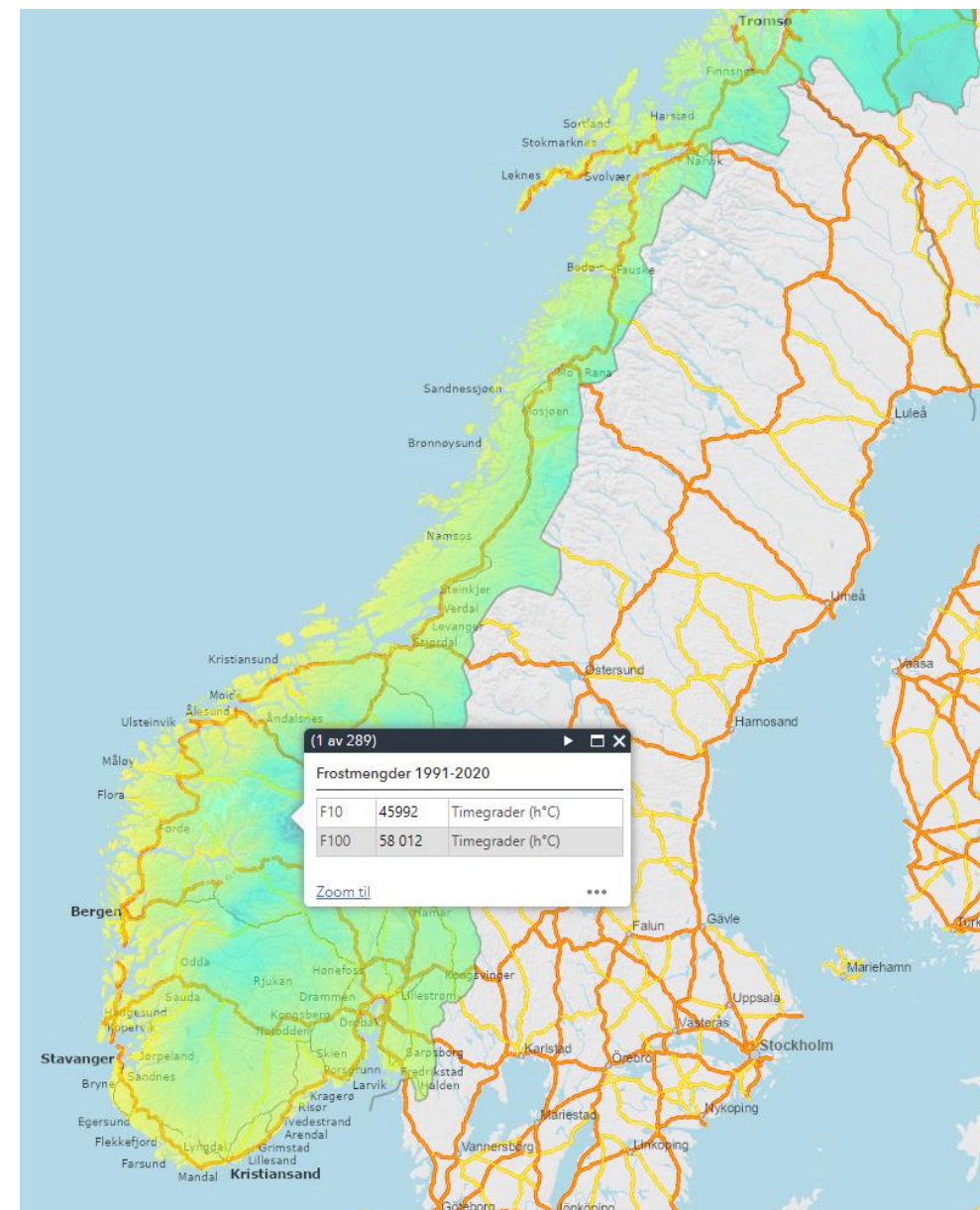
Statens vegvesen
Norwegian Public Roads
Administration

- 600 tunnels nationaux dont 310 >500m
- Roche dure et beaucoup d'eau (explosif et étanchement)
- Des *quantités de froid* importantes
 - température x temps (**h°C**)
 - climat océanique et climat continental

Besoin d'isolation thermique

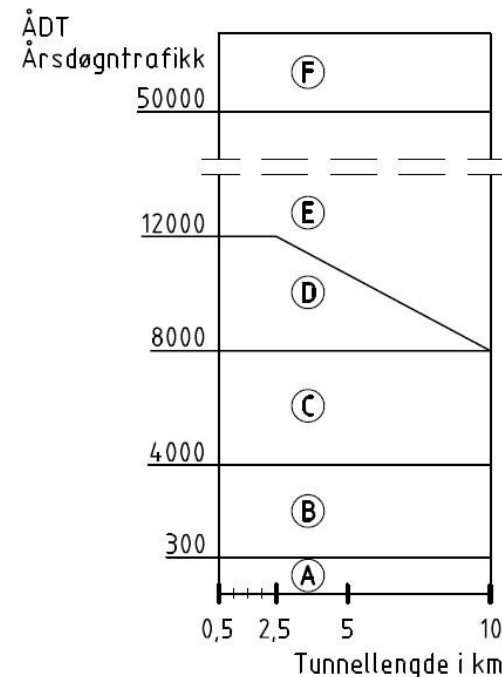
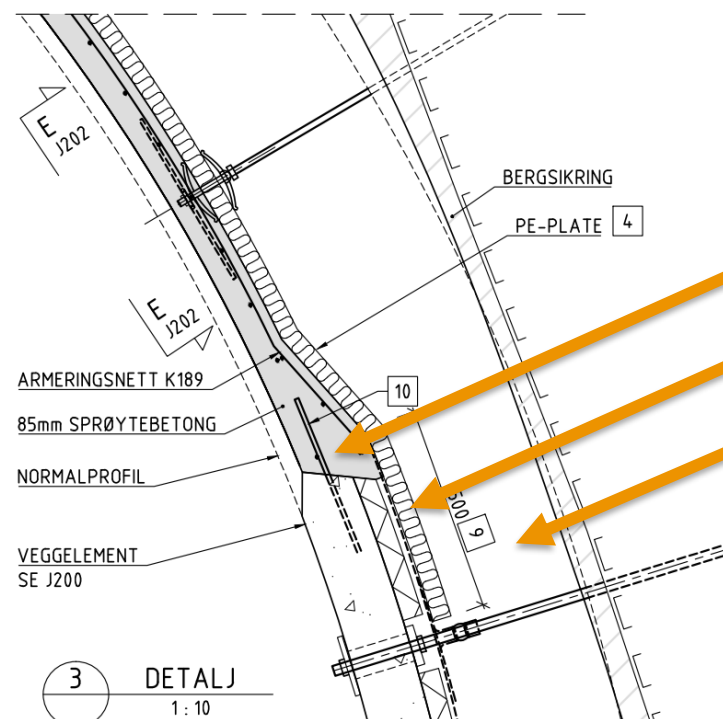
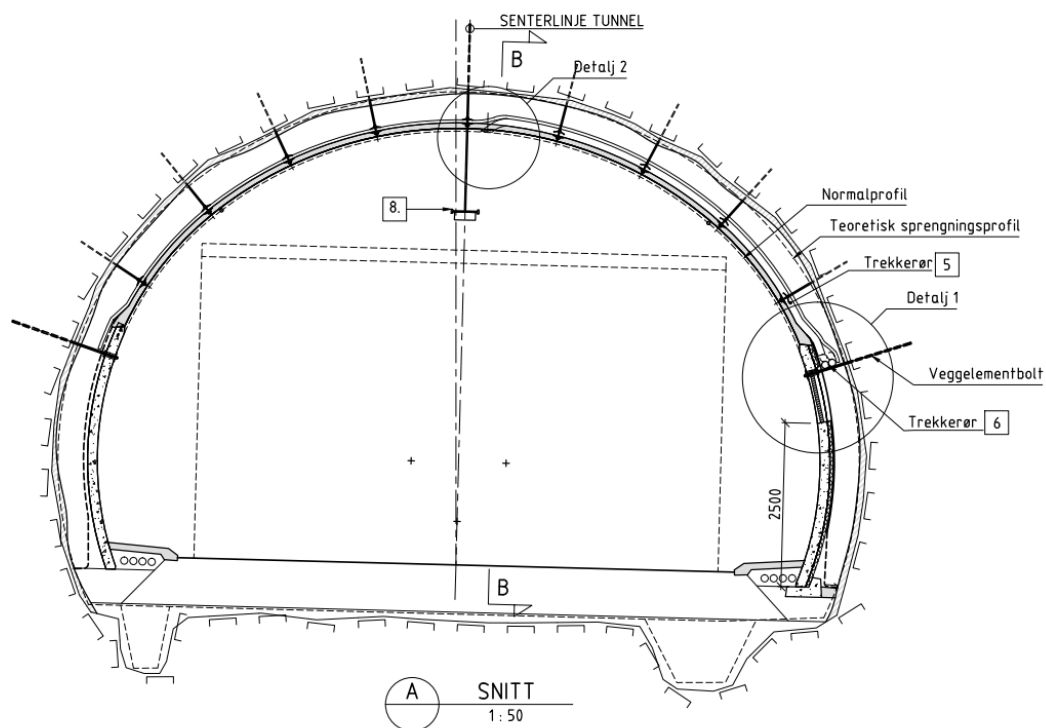
- Dimensionnement de l'isolation basé sur
 - la quantité de froid
 - la limite de vitesse
 - uni- og bidirectionnel

Zone de pénétration du froid
= zone à isoler dans le tunnel



Revêtements pour étanchéité et isolation

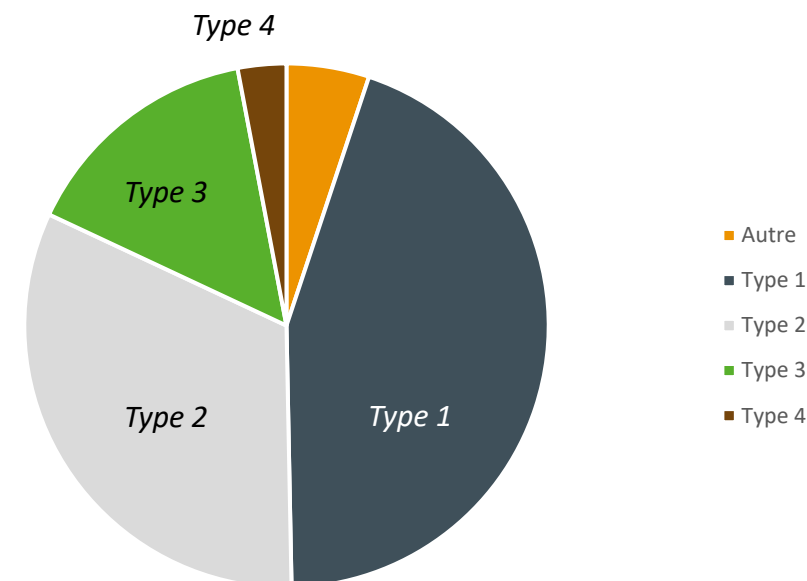
- Choix du type basé sur les classes de risque (Longueur/TMJ)
- La *coque ancrée* est le système le plus répandu
- Le système est monté à distance de la paroi (env. 20cm)
- Permet le drainage derrière le système jusqu'au collecteur d'assainissement en base de piédroit



Béton - Isolation - Air

Les types d'étanchéité/revêtements en Norvège

- Type 1 : Coque ancrée
(étanchéité par matelas PE + revêtement en béton projeté armé)
avec ou sans glissière beton
- Type 2 : Coque ancrée en voûte
(étanchéité par matelas PE ou membrane + revêtement en béton projeté armé)
+ parois en béton préfabriquées
- Type 3 : Voussoirs béton préfabriqués en parois et voûte
- Type 4 : Matelas PE sans protection au feu
- Type 5 : Autres



Classe B et C: Type 1
PE+BPA+glissière beton



Classe D, E et F: Type 2
PE+BPA en voûte



Classe D, E et F: Type 3
Voussoirs béton en voûte



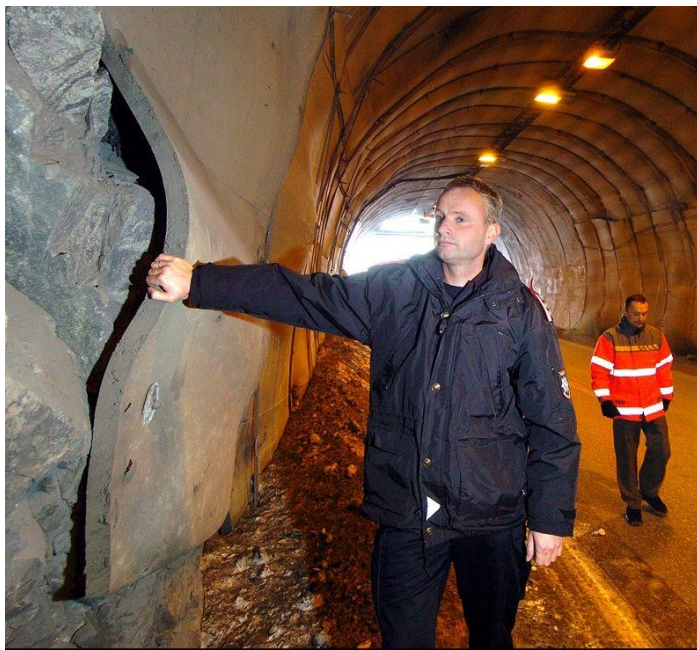
Type 4: PE sans protection au feu

Le matelas de polyéthylène (PE), spécialité norvégienne

- Développée dans les années 80, une solution miracle?
- Matelas de 6 à 8 cm, imperméable et isolant, flexible et léger, durable, ...
 - mais **inflammable**!
- Le matériau est toujours utilisé dans les tunnels
 - Soit en petite quantité (réparations ponctuelles)
 - Soit recouvert de béton projeté (8 cm) armé de treillis soudé



Essai incendie sur matelas de PE
[www. NRK.no](http://www.NRK.no)



Chef des pompiers et matelas de PE
[www. itromso.no](http://www.itromso.no)

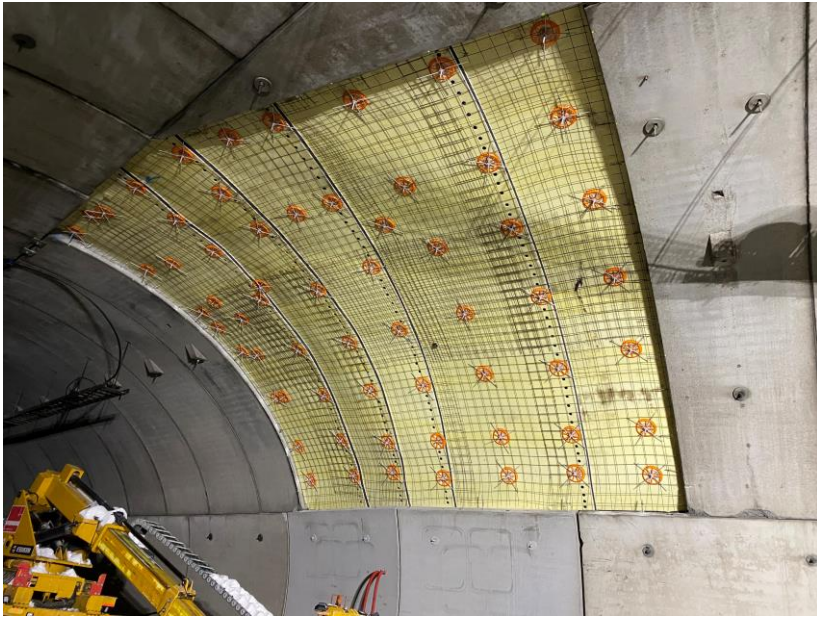


Béton projeté armé en voûte - E16 Bukkesteinshøgdtunnelen
Foto: Statens vegvesen

La coque ancrée – réparation de «type 3» en «type 2» (suite à une collision)

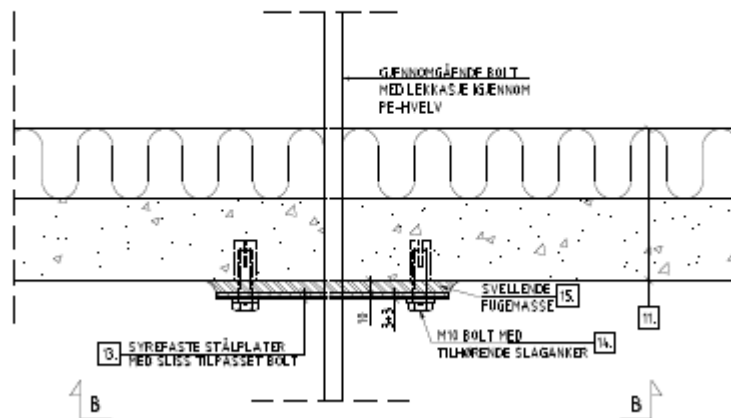


La coque ancrée – réparation de «type 3» en «type 2» (suite à une collision)

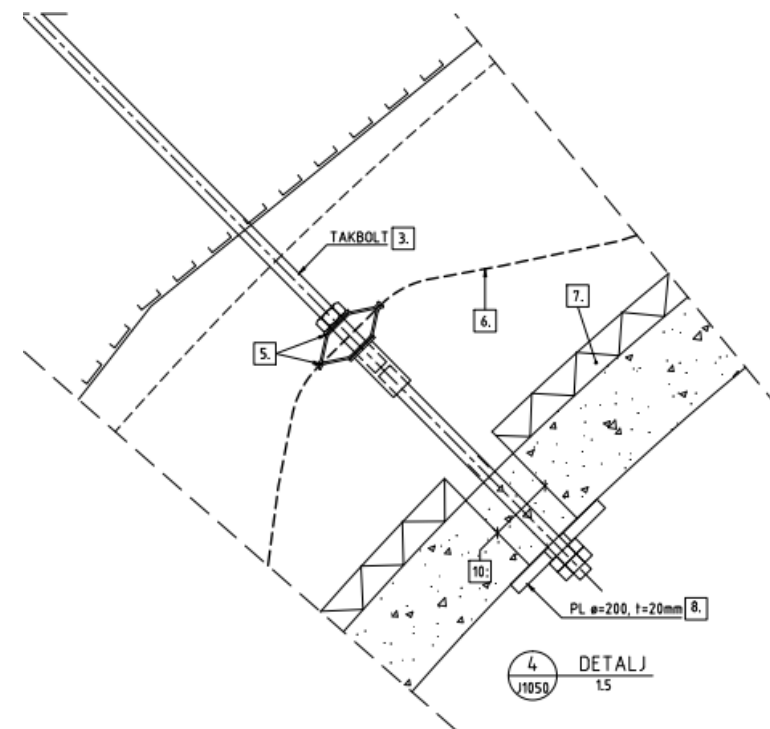


Venues d'eau caractéristiques en coque ancrée

1. Boulons d'ancrage des voussoirs en voûte («type 3»)
2. Boulons d'ancrage des installations en voûte
3. Joints entre structures
aux entrées de tunnel et aux autres formes de construction



*Boulon d'ancrage d'installation
traversant la coque, sans étanchement en intrados*



Type 3: Voussoir avec membrane

Solution d'étanchement des ancrages:

- Démontage écrou/plaque
- Mastic polyurethane hydro-expansif (par ex)
- Remontage écrou/plaque

Résultat souvent insatisfaisant

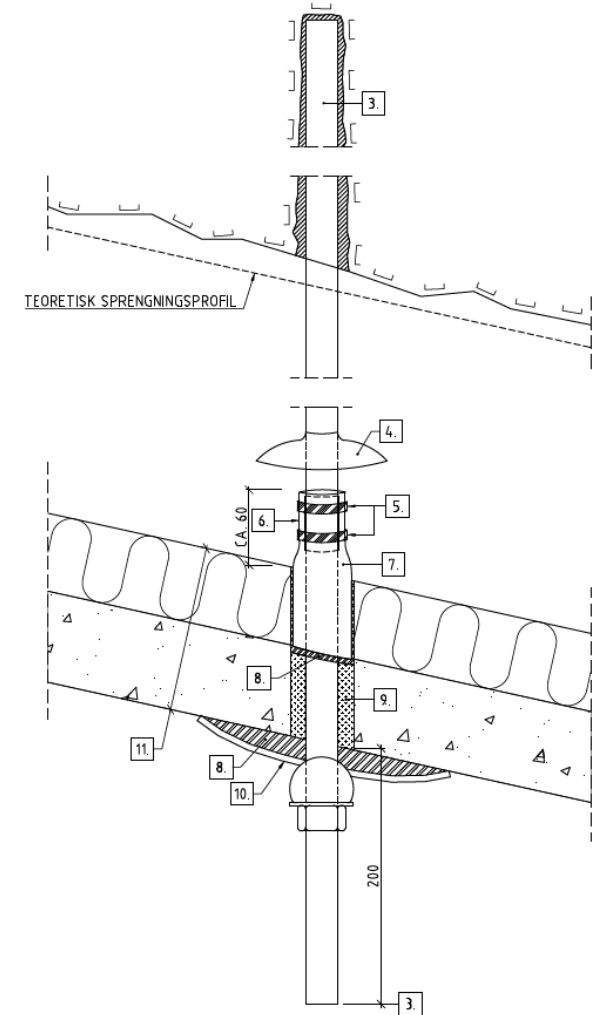
Étancher les boulons traversants rajoutés dans un ouvrage existant

Inefficace d'étancher en surface quand l'étanchéité est percée

Pour installer de nouveaux boulons

- Forage de la coque ancrée (Ø5 cm)
- Ancrage du nouveau boulon
- Installation d'une membrane en parapluie autour du boulon
- Fourrage de la cavité forée, au mortier pour protection au feu

Résultat souvent satisfaisant

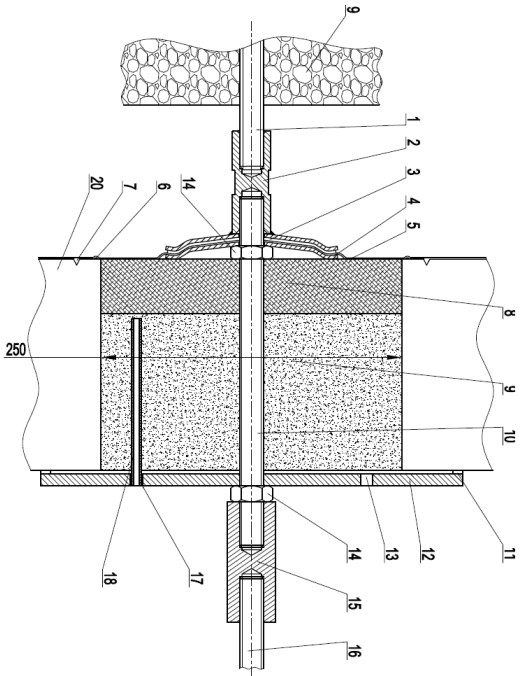


Solution avec forage Ø5 cm

Étancher les boulons traversants rajoutés dans un ouvrage existant

- Forage de la coque ancrée (Ø20 cm)
- Ancrage d'un nouveau boulon, manchons type Water stop, plaque
- Collage soigneux d'un empiècement de matériau isolant (Ø20 cm)
- Fourrage de la cavité forcée au mortier pour protection au feu

Donne le meilleur résultat



Solution avec forage Ø20 cm



Empiècement d'isolation



Collage de l'empîement

**La clé de la réussite est le soin
apporté à la réparation**

Jointes entre structures (tranchées couvertes, portails)

Venues d'eau

- Défaut des joints de bétonnage (voûte ou parois)
- Défaut des joints de construction entre structures différentes (en tête de tunnel par ex)



Venues d'eau en paroi



*Jointure entre tunnel rocheux et
tranchée couverte*



Formation de glace sur la chaussée

Traitement de venues d'eau entre tunnel caisson et tunnel creusé

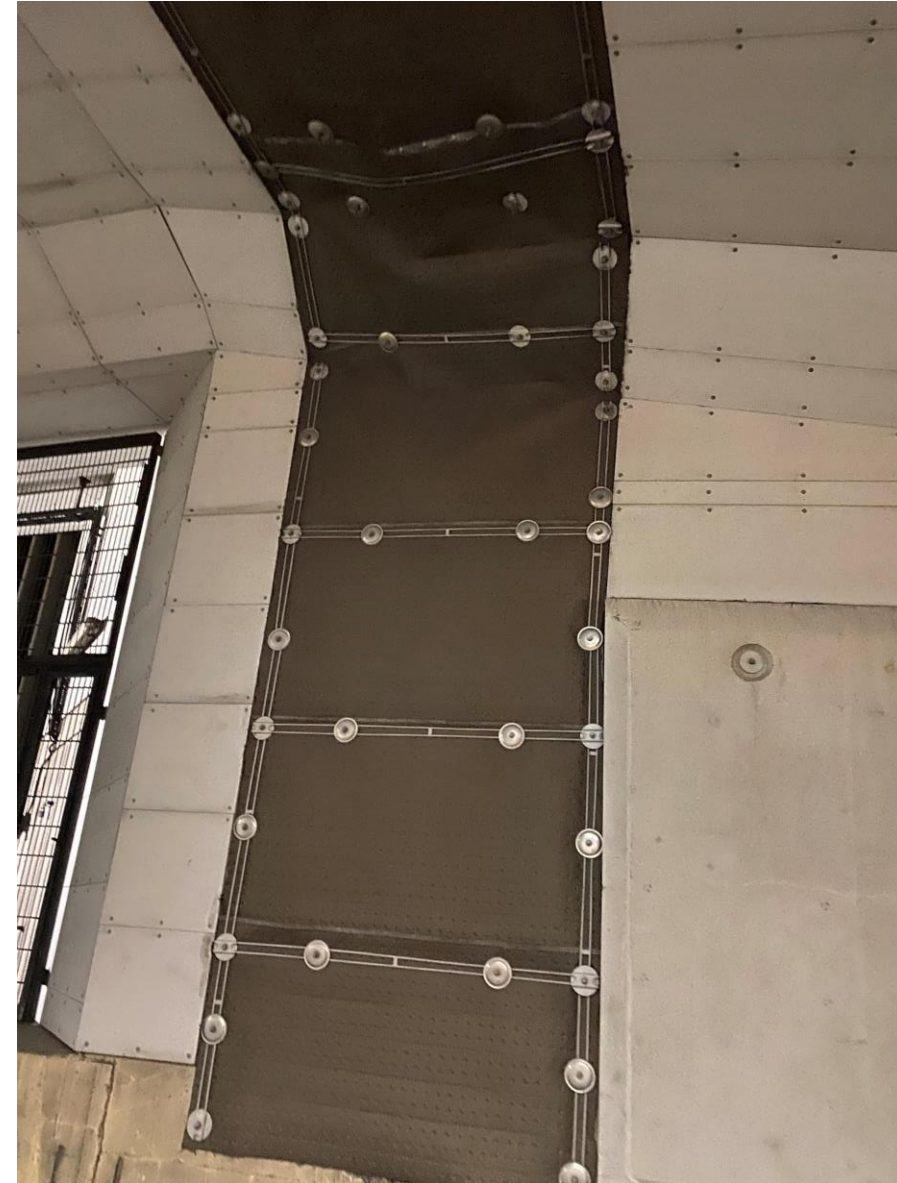
Membrane Olroyd

- Étanche
- Alvéolée
- Ininflammable (basalt)

Solution satisfaisante hors zone à isoler

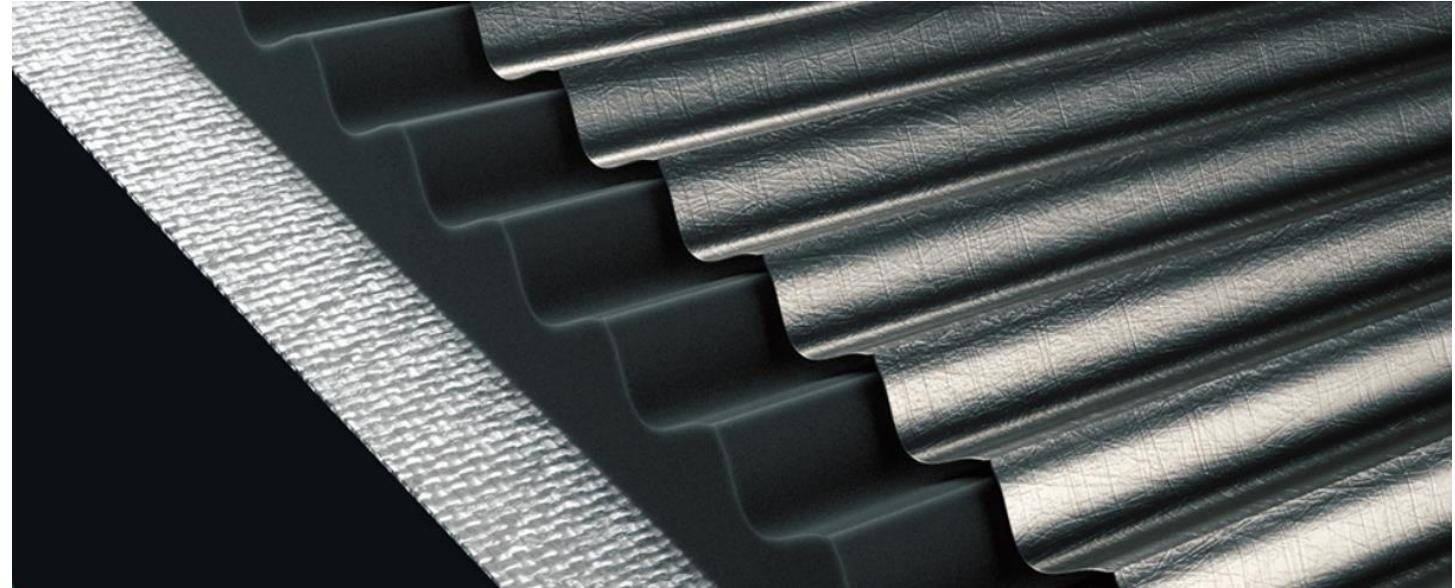
Quand l'isolation est nécessaire

- Rainurage nécessaire pour faire place au système isolation et protection au feu (16 à 20 cm)



A essayer prochainement: Traitement de venues d'eau avec XiiT-foam

- Matériau isolant ininflammable
 - Mousse isolante entre deux feuilles d'aluminium
 - Epaisseur entre 6 et 20mm
 - Peut être montée en double
 - Soudée à l'air chaud aux jointures
- Utilisée en Espagne, et dans le métro de Paris
- NB: **En attente de certification** pour usage en tunnels routiers en Norvège
- Durabilité?



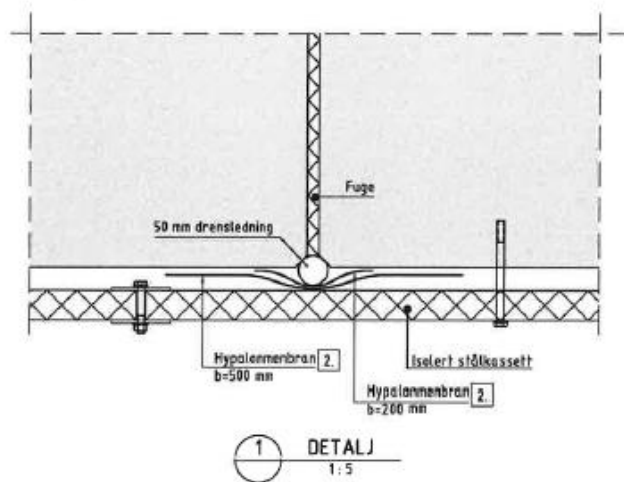
Tranchée couverte: Membrane Hypalon et caissons isolants

Membrane Hypalon

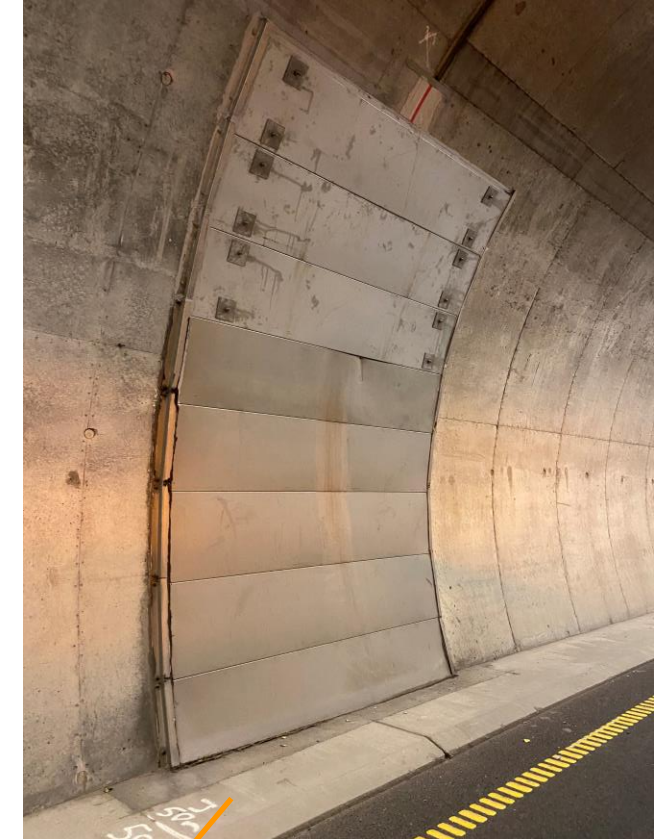
- Etanche
- Degré de déformabilité au niveau de la bande rouge
- Posée sur un drain Ø50mm

Caissons isolants acier

- Taille suffisante pour éviter un pont thermique (5 m)



Probleme apparu dès la construction



Branchement sur le collecteur existant

Tunnel coulé en place et injections

- Exemple Operatunnel (del Festning, 1989)
 - Coulé en place sans membrane, non armé
 - Béton très fissuré en profondeur
- Injections de résines ou polyuréthane
- Les venues d'eau se déplacent
- Reviennent aux endroits anciens (photo)
- Il n'est pas possible d'injecter pendant l'hiver
 - Injections printanières/estivales
 - Rétractation du béton en période froide avec ouverture des fissures



Critères d'acceptations

- Laissés à l'appréciation des opérateurs du centre de contrôle

Venues d'eau (liquide) sont rarement un problème

Problème hivernal, ponctuel, très variable en quantité

- Stalactites
- Formation de glace sur la chaussée

Traitement hivernal

- Stalactites retirées jusqu'à 4 à 5 fois par jour
- Salage des chaussées
- Dans le contrat de gestion-maintenance
- Fermeture partielle du tunnel avec baisse de limite de vitesse



Suppression de stalactites de nuit

Merci de votre attention