



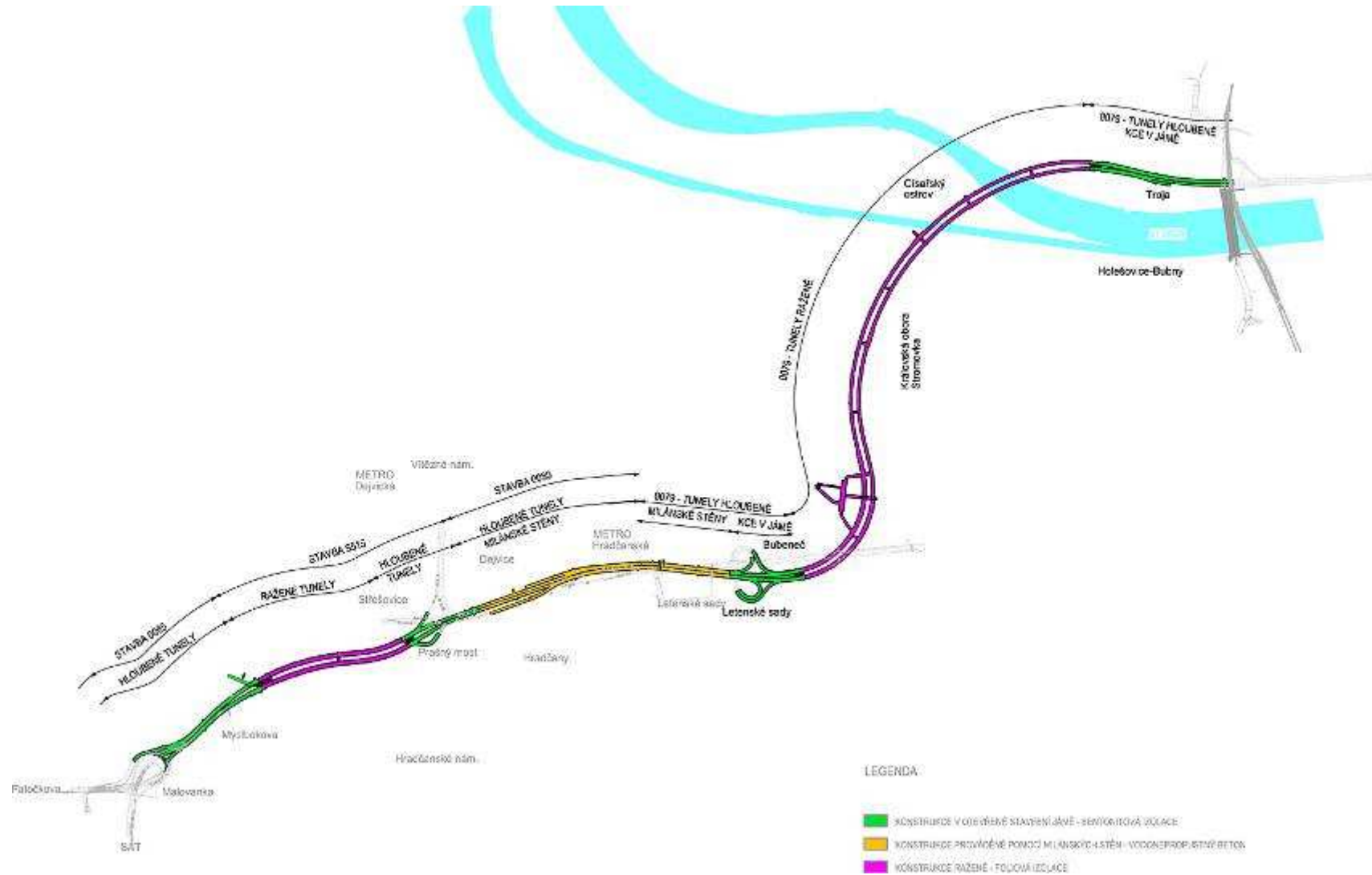
**METROSTAV**

# Hydroizolační systémy na tunelovém komplexu Blanka

Ing. Vladimír Petržíka | SATRA, spol. s r. o.

Ing. Tomáš Homolka | Metrostav, a.s.

# Situace rozdělení



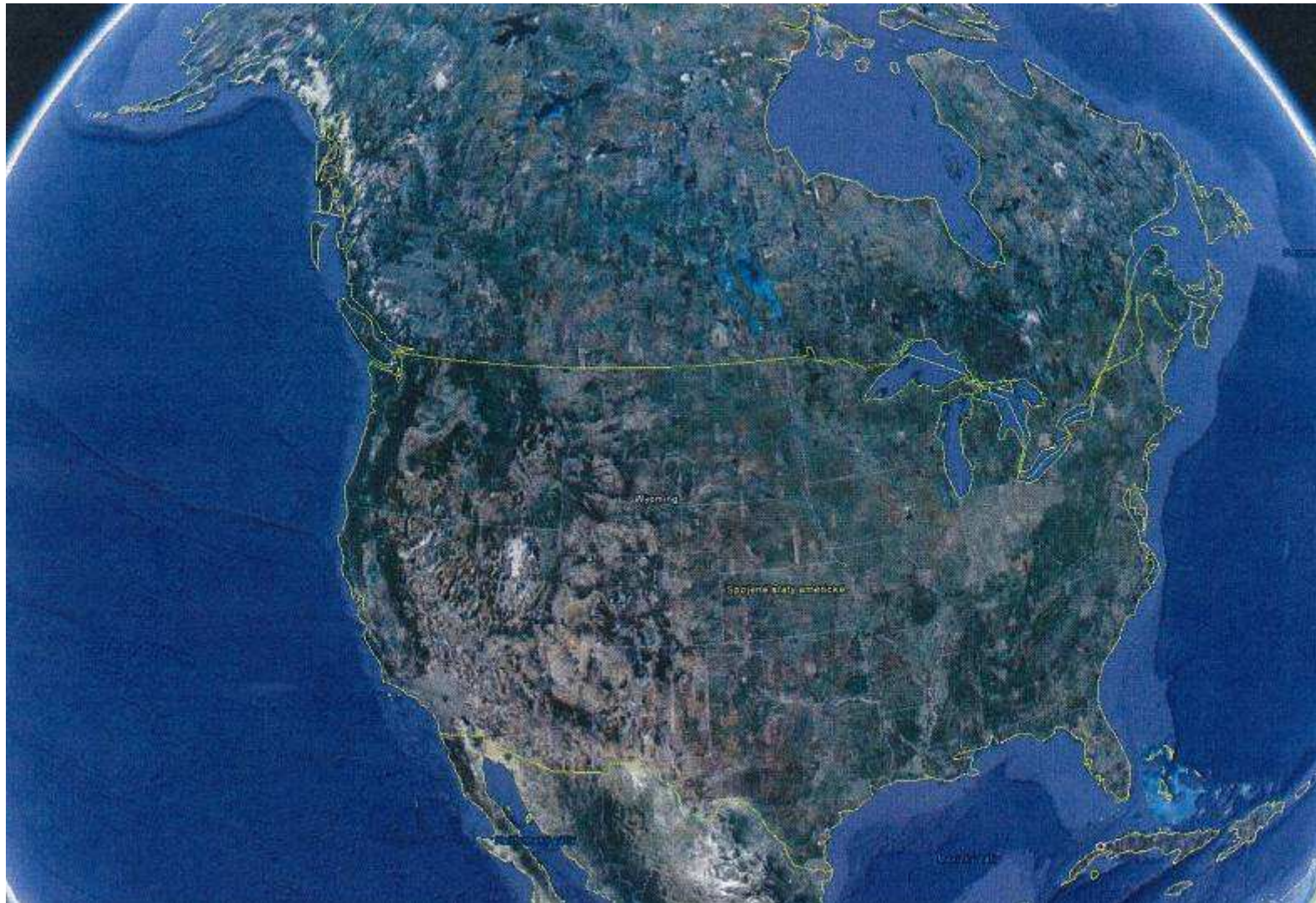
# Hlavní producenti bentonitu



## HLAVNÍ PRODUCENTI BENTONITU

Spojené státy americké	cca 2,0 mil. tun/rok
Státy bývalého SSSR	cca 1,7 mil. tun/rok
Čína	cca 1,5 mil. tun/rok
SRN	cca 0,8 mil. tun/rok
Řecko	cca 0,6 mil. tun/rok
Japonsko	cca 0,57 mil.tun/rok

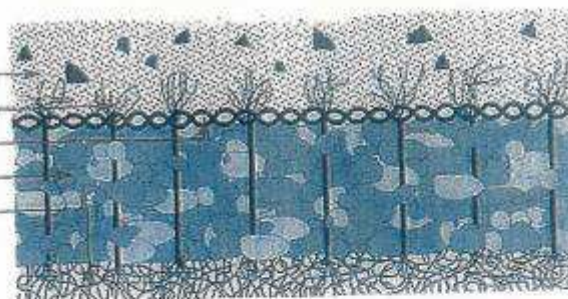
# USA



# Voltex

## Skladba

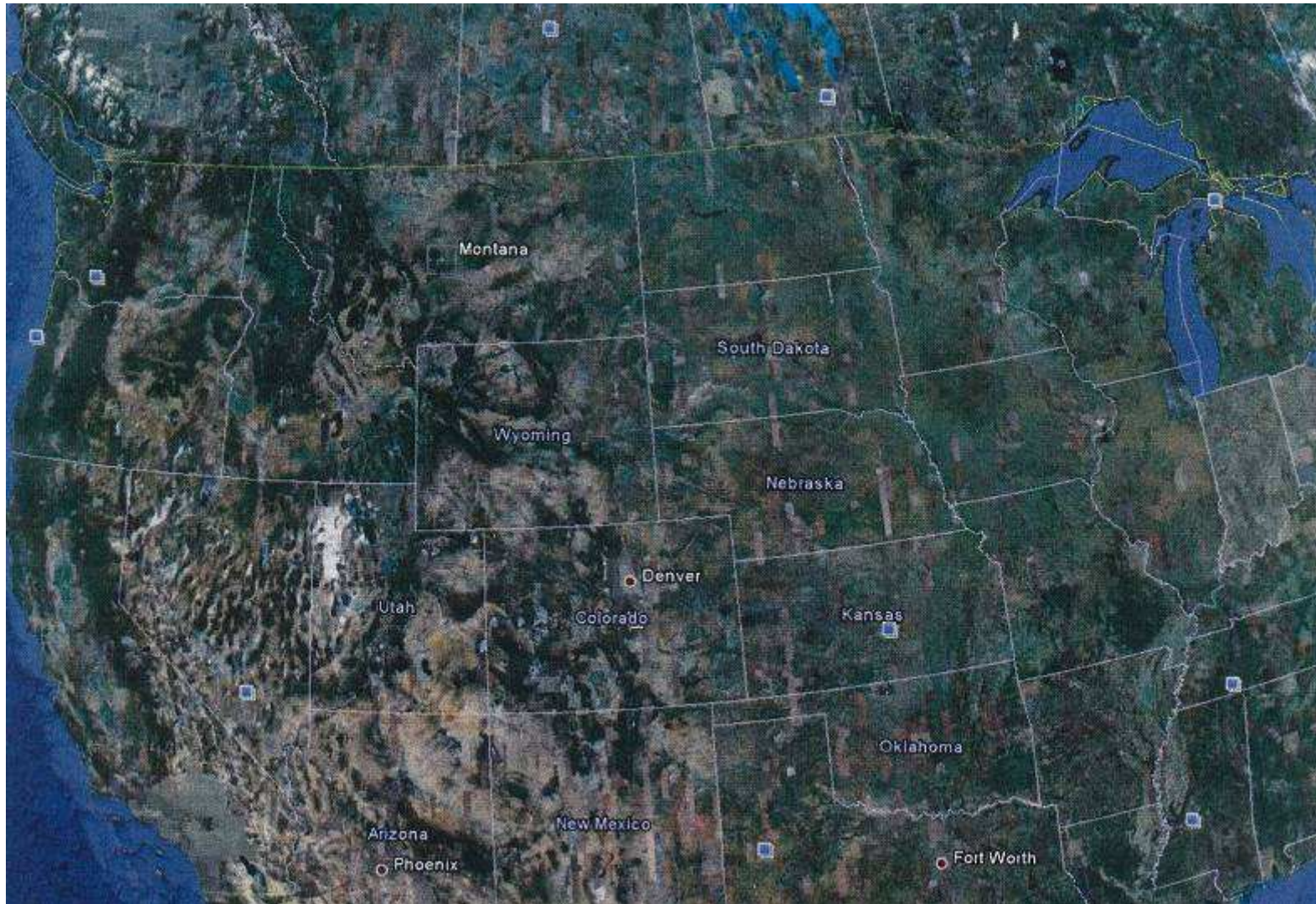
Beton  
Prošití geotextilie  
Geotextilie (tkaná)  
Volclay - bentonit sodný  
Geotextilie (neřtkaná)  
Prošití geotextilie se pevně  
epojí s betonem.



## Vybrané technické specifikace

Celková tloušťka rohože za sucha	6,4 mm
Teploty při instalaci	nezměněno při -32°C
Odolnost vůči hydrostatickému tlaku	70,2 m
Odolnost proti průrazu	61,3 kg
Obsah bentonitu	4,9 kg/m <sup>2</sup>
Propustnost	1x10 <sup>-9</sup> cm/s
Pevnost v tahu	422 N
Odolnost proti průrazu	445 N

# Wyoming a Montana



# Pokládka Voltexu



# Pokládka Voltexu





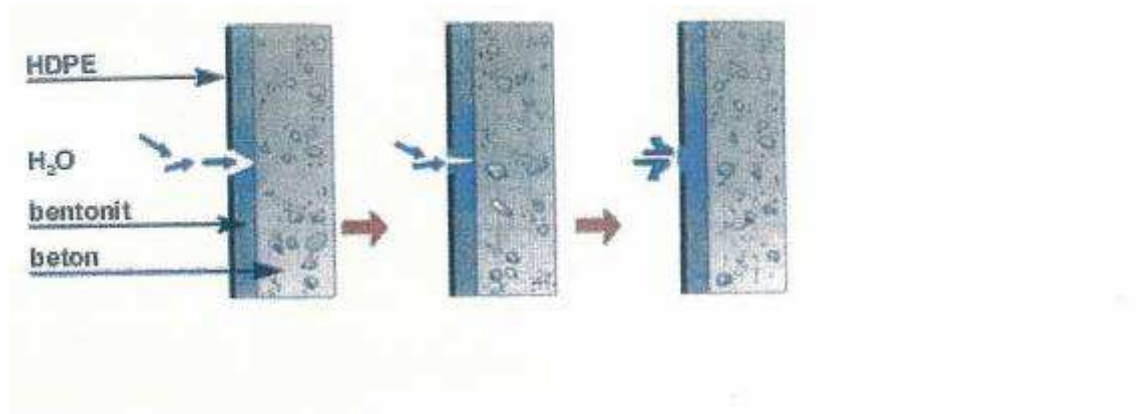
# Pokládka Voltexu



# Voltex



# Dual Seal



## Vybrané technické specifikace:

Celková tloušťka membrány 3,5 - 4 mm

Schopnost nabobtnání membrány (sodný bentonit) přibl. 6 krát

Teploty při instalaci -30°C až +55°C

% roztažení - definitivní poškození membrány 700 %

Odolnost vůči hydrostatickému tlaku 46 m

# Dual Seal – Letná

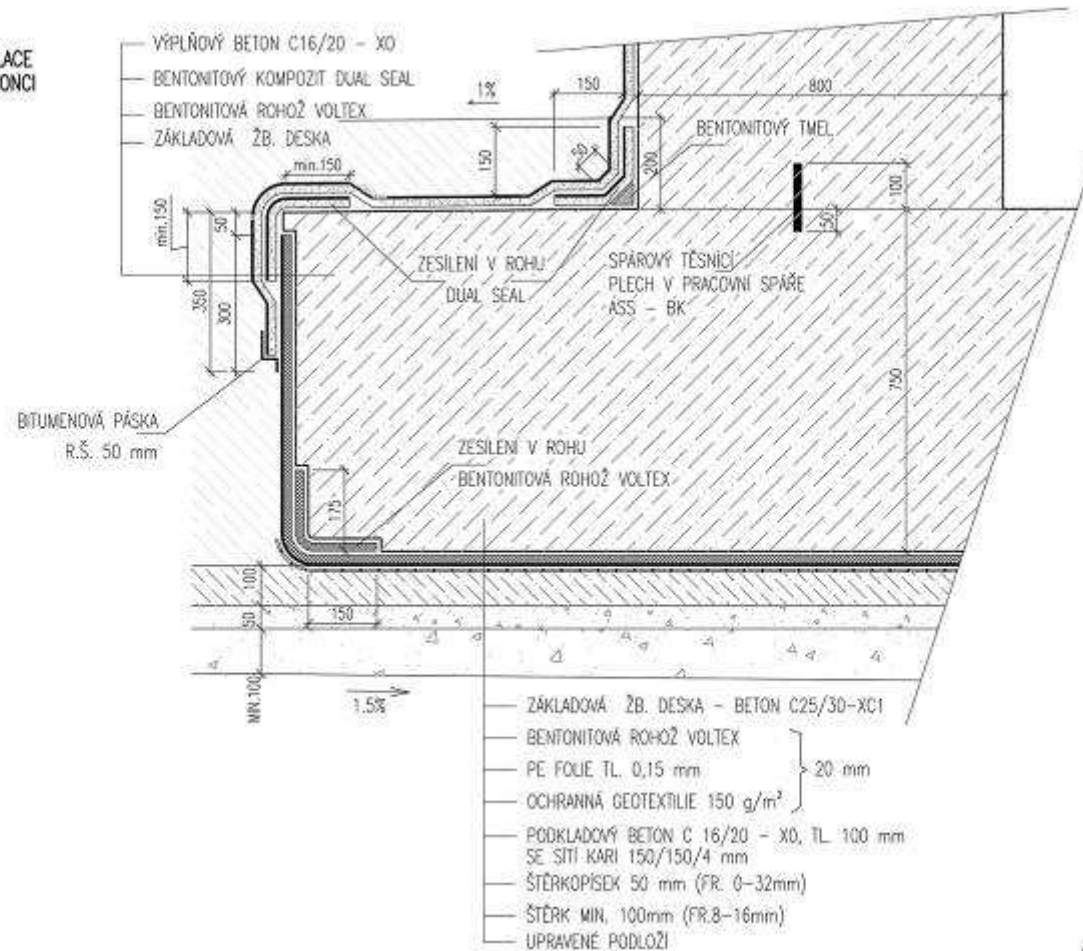


# Dual Seal – Troja



# Detail napojení Voltexu a Dual Sealu

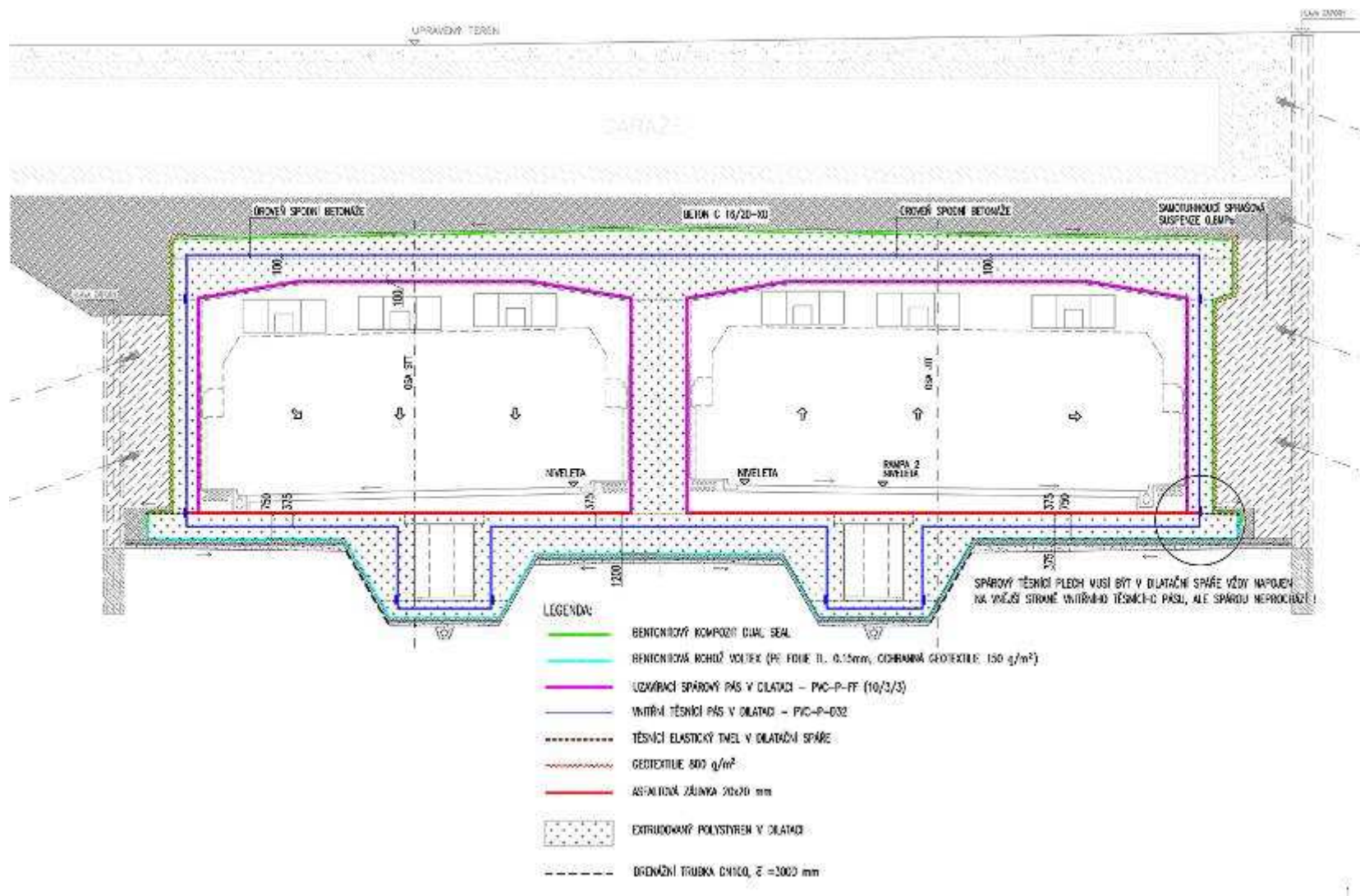
DETAIL PROVEDENÍ IZOLACE  
V PATĚ STĚNY A NA KONCI  
ZÁKLADOVÉ DESKY



# Napojení Voltexu a Dual Sealu



# Řez hloubeným tunelem s rovným stropem

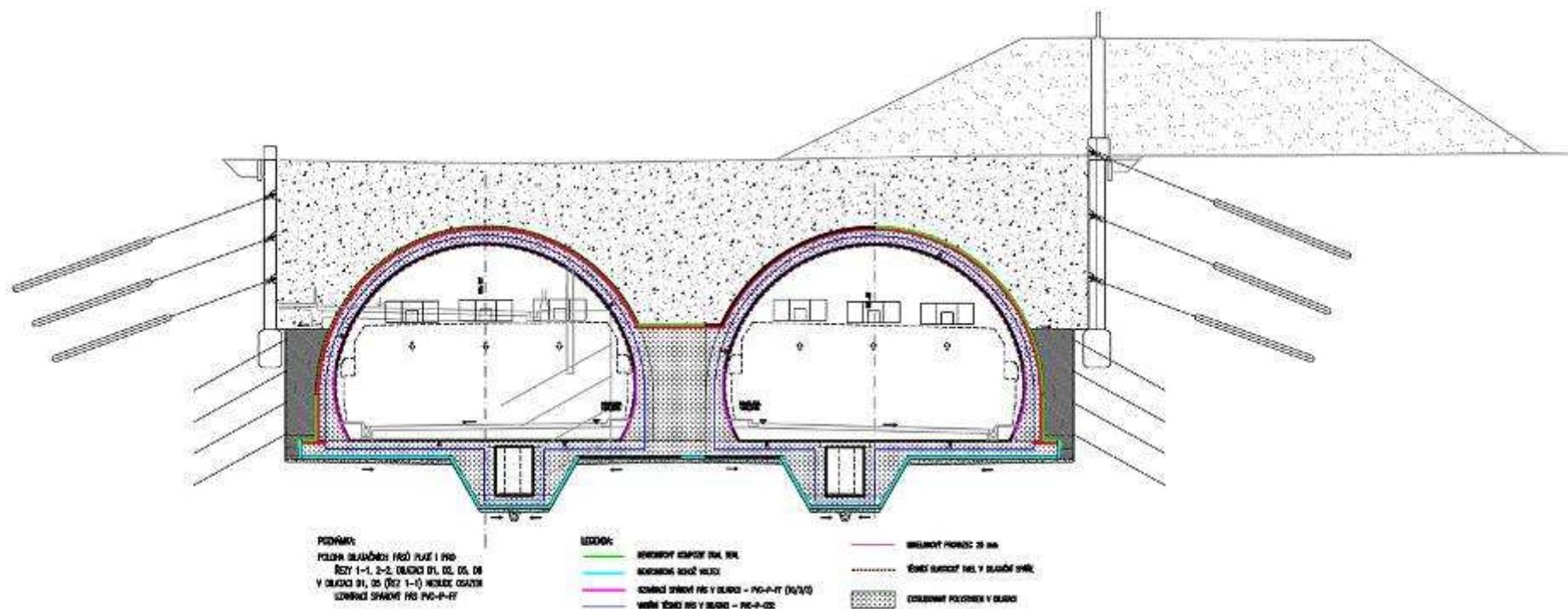




# Hloubené tunely s rovným stropem



# Řez tunelem s klenbovým stropem



# Klenbový tunel



# Napojení klenbových tunelů na tunely s rovným stropem



# Napojení klenbových tunelů na tunely s rovným stropem



# Středový těsnící pás

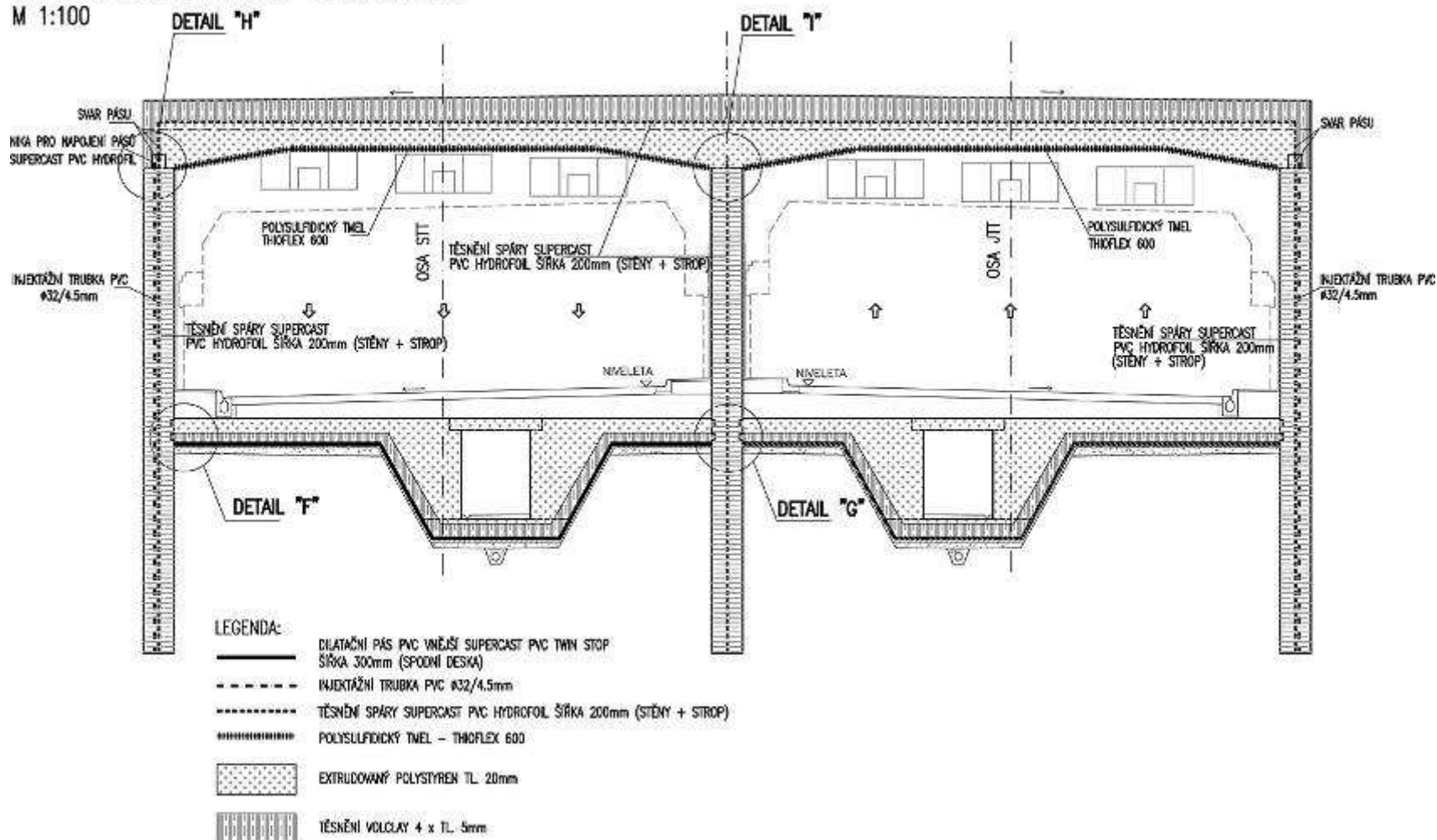


# Těsnící plech



# Řez tunely v milánských stěnách stěnách

POHLED NA DILATAČNÍ SPÁRU  
VYZNAČENÍ DETAILŮ A POLOHY TĚSNICÍCH PRVKŮ  
M 1:100





# Bourání zajištění čela



# Dokončené bourání zajištěného čela



# Úsek vybrané horniny pod stropem



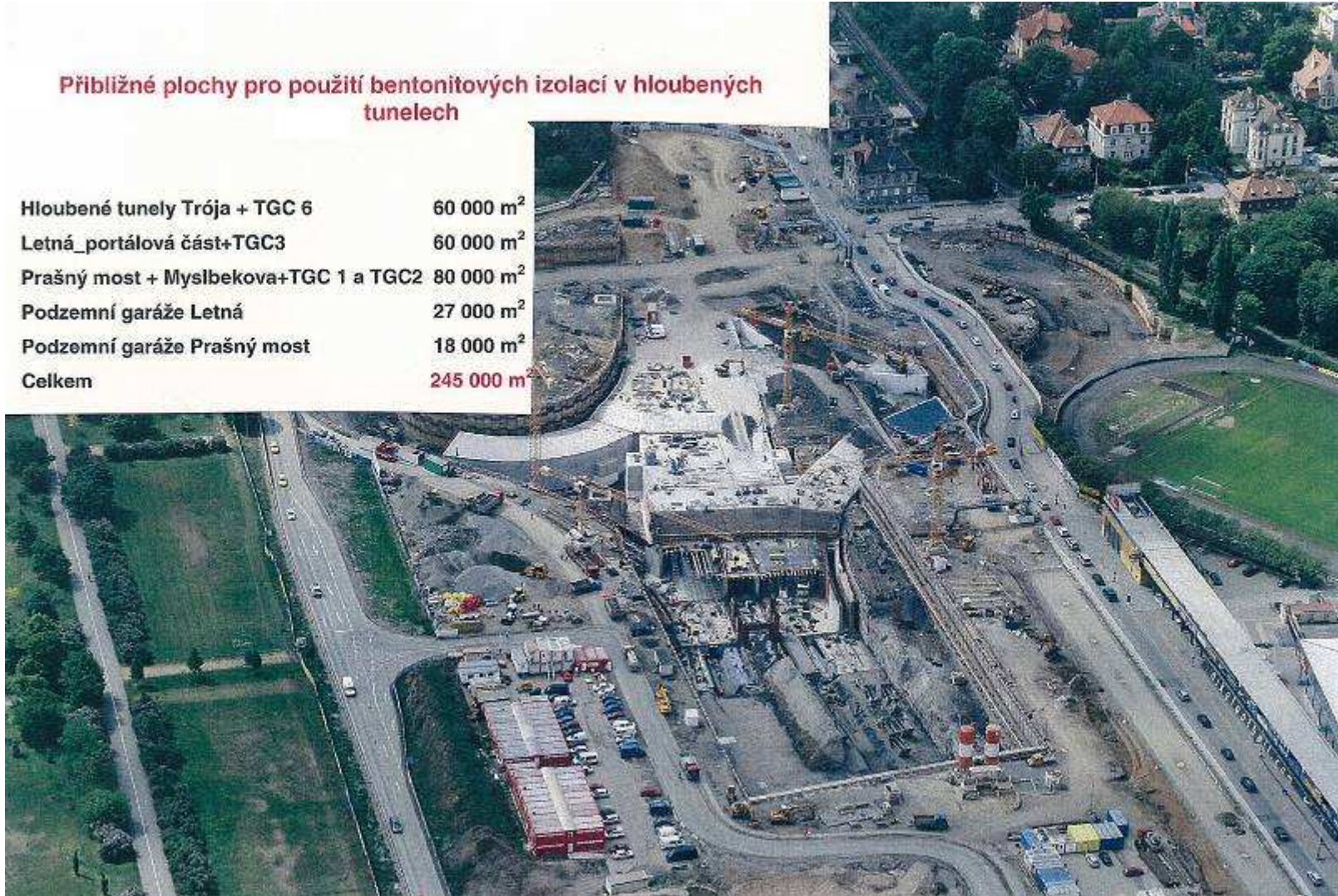
# Těsnící pás ve stropě milánských stěn



# Plochy bentonitových izolací

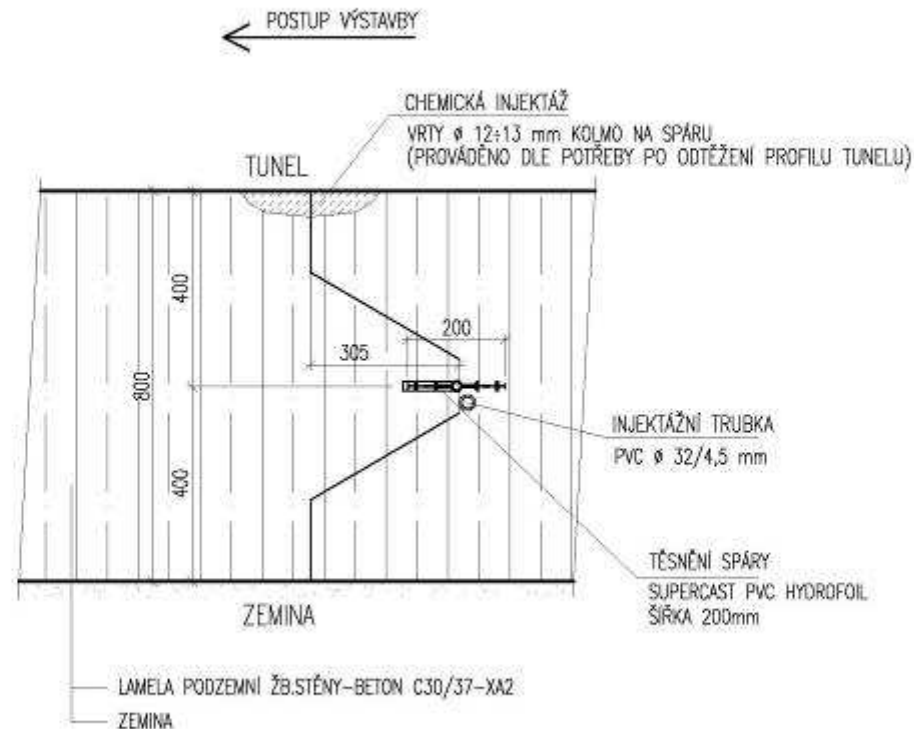
Přibližné plochy pro použití bentonitových izolací v hloubených tunelech

Hloubené tunely Trója + TGC 6	60 000 m <sup>2</sup>
Letná_portálová část+TGC3	60 000 m <sup>2</sup>
Prašný most + Myslbekova+TGC 1 a TGC2	80 000 m <sup>2</sup>
Podzemní garáže Letná	27 000 m <sup>2</sup>
Podzemní garáže Prašný most	18 000 m <sup>2</sup>
<b>Celkem</b>	<b>245 000 m<sup>2</sup></b>

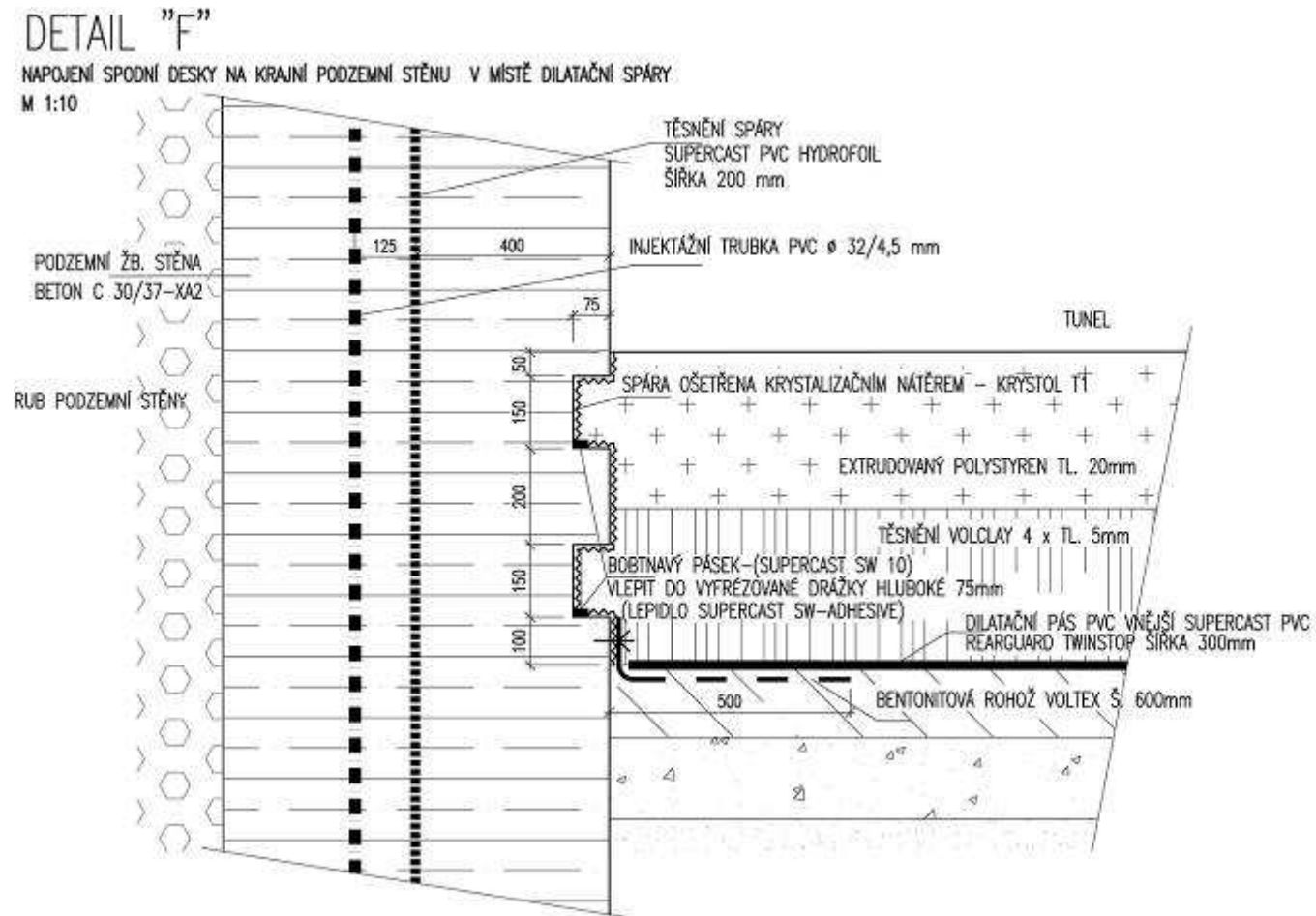


# Těsnění lamel podzemních stěn

DETAIL NAPOJENÍ LAMEL KRAJNÍ PODZEMNÍ STĚNY  
M 1:10



# Napojení dna na milánské stěny



# Sektorování dolní klenby





# Dno raženého tunelu – celkový pohled



# Profilovací vůz



# Broušení primárního ostění



# Broušení primárního ostění



# Organizované svody



# Organizované svody



# Vlastnosti geotextilie

Parametr ČSN EN 13256, ČSN EN 13252		Zkušební metoda	Požadavky na geotextilie	
			ražená část	hloubená část
1	Druh výrobku		mechanicky zpevněná geotextilie výhradně původní surovina - polyolefiny	
2	DSC - analýza	ČSN EN ISO 11357-1	výhradně polyolefiny	
3	Značení Dokumentace	ČSN EN ISO 10320	výrobky budou označeny podle ČSN EN ISO 10320 Certifikát FPC, CE dokument, CE prohlášení o shodě	
4	Plošná hmotnost	ČSN EN ISO 9864	$\geq 800 \text{ g/m}^2$ <sup>(1)</sup>	$\geq 500 \text{ g/m}^2$ <sup>(2)</sup> (ochrana mezi beton, kci a fólií)
	Tloušťka při 2 kPa při 20 kPa	ČSN EN ISO 9863-1	max. 10 mm min. 4 mm	min. 2,5 mm
5	Pevnost v tahu <sup>(3)</sup>	ČSN EN ISO 10319	min. 40 kN/m	min. 20 kN/m <sup>(2)</sup>
7	Protážení při maximálním zatížení	ČSN EN ISO 10319	min. 60 %	min. 60 %
8	Pevnost v tahu u švů a spojů	ČSN EN ISO 10321	-- <sup>(7)</sup>	-- <sup>(7)</sup>
9	Statické protřetí (zkouška CBR)	ČSN EN ISO 12236	min. 8,0 kN	min. 5,0 kN <sup>(2)</sup>
10	Odolnost proti dynamickému protřetí (zkouška padajícím kuželem)	ČSN EN ISO 13433	0 mm	max. 6 mm <sup>(2)</sup>
11	Třecí vlastnosti	ČSN EN ISO 12957-1	-- <sup>(7)</sup>	-- <sup>(7)</sup>
12	Tečení v tahu	ČSN EN ISO 12957-2	-- <sup>(7)</sup>	-- <sup>(7)</sup>
13	Tečení v tlaku	ČSN EN ISO 13431	-- <sup>(7)</sup>	-- <sup>(7)</sup>
14	Poškození během ukládání	ČSN EN 1897	-- <sup>(7)</sup>	-- <sup>(7)</sup>
15	Účinnost ochrany	ČSN EN ISO 10722	-- <sup>(7)</sup>	-- <sup>(7)</sup>
16	Charakteristická velikost otvorů	ČSN EN 13719	budou uvedeny hodnoty <sup>(6)</sup>	budou uvedeny hodnoty <sup>(6)</sup>
17	Propustnost vody kolmo k rovině	ČSN EN ISO 12956	-- <sup>(4)</sup>	-- <sup>(4)</sup>
18	Schopnost proudění vody v rovině při 200 kPa, $i=1$	ČSN EN ISO 11058	$\geq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$	-- <sup>(5)</sup>
19	Odolnost	ČSN EN ISO 12958	$\geq 1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$	-- <sup>(5)</sup>
19.1	Odolnost proti povětrnostním vlivům	ČSN EN 13256, ČSN EN 13252 (příloha B)		zbytková pevnost > 60 % (vystavení povětrnosti max. 1 měsíc)
19.2	Odolnost proti chemickému stárnutí (oxidace, odolnost pH > 9)	ČSN EN 12224	--	
19.3	Odolnost proti narušení působením mikroorganismů	ČSN EN ISO 13438 ČSN EN 14030	v obou případech zbytková pevnost $\geq 80 \%$	v obou případech zbytková pevnost $\geq 80 \%$
20	Reakce na oheň	ČSN EN 12225	zbytková pevnost $\geq 50 \%$	zbytková pevnost $\geq 50 \%$
		ČSN EN 13501-1 ČSN EN ISO 11925-2	třída E	--

<sup>(1)</sup> při zvýšených požadavcích na kvalitu podkladové vrstvy (primárního ostění) je možné odpovídajícím způsobem snížit požadavky na jednotlivé parametry (min. 500 g/m<sup>2</sup>, CBR min. 5,0 kN, odolnost proti dynamickému protřetí max. 6 mm); požadavky na kvalitu podkladu a následně geotextilie stanoví projektant

<sup>(2)</sup> nutno stanovit požadavky na betonový podklad, v závislosti na něm pak odpovídajícím způsobem zvýšit minimální požadavky na geotextilii. V případě ochrany fólie směrem k zásypu je nutné individuální posouzení s ohledem na druh, výšku a způsob hutnění zásypového materiálu (min. 800 g/m<sup>2</sup>, CBR min. 8,0 kN, odolnost proti dynamickému protřetí 0 mm)

<sup>(3)</sup> průměrné hodnoty z podélného (MD) a příčného (CMD) směru

<sup>(4)</sup> maximální velikost otvorů, hrozí-li jejich ucpaní částicemi vyplavovanými z přilehlého prostředí, je možno stanovit v případě použití geotextilie jako drenážní vrstvy

<sup>(5)</sup> v případě ochrany fólie směrem k zásypu a požadavku na drenážní funkci je třeba stanovit parametr s ohledem na charakter přilehlého prostředí

<sup>(6)</sup> u parametru není stanoven konkrétní požadavek, jsou udávány hodnoty deformací v normě stanoveného chráněného materiálu při zkoušce při 300, 600 a 1200 kPa; čím jsou tyto deformace při jednotlivých zatíženích menší, tím je účinnost ochrany větší

<sup>(7)</sup> u parametru není stanoven konkrétní požadavek, může jej definovat projektant na základě podmínek použití výrobku

# Geotextilie





# Vlastnosti izolační folie

Parametr ČSN EN 13491, jiné evropské normy	Zkušební metoda	Požadované hodnoty PVC-P
Značení výrobků	ČSN EN ISO 10320 ČSN EN 13491	výrobky budou označeny dle ČSN EN ISO 10320, označování "CE" dle ČSN EN 13491
1 Dokumentace		Certifikát FPC, CE dokument, CE prohlášení o shodě
2 Obecné charakteristiky	ČSN EN 1850-2	bez bublin, trhlin, dutin, jiných zjevných vad celoplošná soudržnost signální vrstvy s vrstvou základní
3 Přímost (g)		≤ 50 mm
3 Rovinnost (p)	ČSN EN 1848-2	≤ 10 mm
4 Tloušťka bez signální vrstvy <sup>(1)</sup>	ČSN EN 1849-2	3
jmenovitá tloušťka		3,2 mm;
průměrná hodnota		a jmenovitá tloušťka
minimální hodnota		průměrná hodnota - 5 %
tloušťka signální vrstvy		≤ 0,20 mm
barva signální vrstvy		světlá, zřetelně kontrastovat s vrstvou základní
5 Pevnost v tahu <sup>(2)</sup>	ČSN EN ISO 527	≥ 15 N/mm <sup>2</sup>
6 Tažnost <sup>(3)</sup>	ČSN EN ISO 527	≥ 300 %
7 Statické protažení	ČSN EN ISO 12236	3,6
8 Pevnost v dotčení <sup>(4)</sup>	ISO 34-1	≥ 100 kN/m
9 Vícerozměrné namáhání	DIN 53861 ASTM D 5617	≥ 50 %
10 Provedení svařů	DVS 2226-2	bez vad
Chování svařu při zkoušce sbližení	DVS 2226-2	přetržení mimo oblast svařu
Chování svařu při zkoušce rozlupem	DVS 2226-3	přetržení mimo oblast svařu
11 Propustnost vody	ČSN EN 14150	0,00001 m <sup>3</sup> x m <sup>-2</sup> x s <sup>-1</sup>
12 Stanovení vadatěsnosti	ČSN EN 1928 metoda B	těsný při tlaku 0,6 MPa a trvání zkoušky 24 hodin
13 Stanovení odolnosti proti nárazu	ČSN EN 12691 metoda A	těsný při pádu zkušebního tělesa z výšky min. 750 mm
14 Propustnost plynů	ASTM D 1434	-- <sup>(5)</sup>
15 Vystavení zvýšené teplotě	ČSN EN 1107-2	
stanovení rozměrové stálosti	(6 h/80 °C)	± 2 %
stanovení zjevných vad	ČSN EN 1850-2	bez bublin, trhlin, dutin, jiných zjevných vad
16 Odolnost vůči kapalným chemikáliím <sup>(6)</sup>	ČSN EN 1847 (28 dnů / 23 °C)	
stanovení zjevných vad	ČSN EN 1850-2	bez bublin, trhlin, dutin, jiných zjevných vad
změna pevnosti v tahu <sup>(7)</sup>	ČSN EN ISO 527	vždy ± 20 %
změna tažnosti <sup>(8)</sup>	ČSN EN ISO 527	vždy ± 20 %
17 Stanovení ohebnosti za nízkých teplot	ČSN EN 495-5	bez trhlin při -20 °C
18 Odolnost proti oxidaci	ČSN EN 14575	snížení pevnosti a tažnosti o ≤ 25 % <sup>(9),(10)</sup>
19 Únavové praskání vlivem okolního prostředí	ASTM D 5397:2007	≥ 300 h
20 Odolnost vůči prorůstání kořenů	ČSN EN/TS 14416	odolný
21 Reakce na oheň	ČSN EN 13501-1 ČSN EN ISO 11925-2	E

<sup>(1)</sup> Tloušťku stanoví projektant na základě hydrofyzikálního namáhání stavby, do požadované tloušťky nesmí být započítána signální vrstva

<sup>(2)</sup> použije se ČSN EN ISO 527 částí 1 a 3, zkušební vzorek typu 5, rychlost 100 mm/min a uvede se maximální pevnost naměřená podle metody zkoušení

<sup>(3)</sup> použije se ČSN EN ISO 527 částí 1 a 3, zkušební vzorek typu 5, rychlost 100 mm/min, protažení při maximální pevnosti se musí vypočítat podle ČSN EN ISO 527-1:1997, bod 10.2 za použití měření vzdálenosti svorek

<sup>(4)</sup> použije se ISO 34-1 metoda B, úhlový zkušební vzorek bez vrubu (obrázek 2 v normě), rychlost 50 mm/min

<sup>(5)</sup> údaje o propustnosti plynů se požadují v případě možného ohrožení zdraví nebo bezpečnosti působením zemního plynu nebo jsou-li nutné pro okolní prostředí. O zahrnutí tohoto požadavku rozhodne projektant.

<sup>(6)</sup> pro expozici kapalnými chemikáliemi musí být připravena zkušební tělesa s tvary a rozměry dle příslušných zkušebních norem pro jednotlivé po expozici zkoušené parametry

# Izolační folie



# Ochranná folie



# Ochranná folie dna



# Křížení těsnících pásů



# Vedení hadiček v křížení těsnících pásů



# Injektážní krabice



# Injektážní systém





Děkuji Vám za pozornost

*[www.satrapraha.cz](http://www.satrapraha.cz)*