

Název akce : **Bílina, Sanace skalního masivu v Teplické ulici – aktualizace PD**

Stavební objekt :

Č. zak.: 221/361

Stupeň : DSP/DZS

Příloha G.

G. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM

AZ CONSULT, spol. s r.o.

Číslo zakázky.....21/361.....

Výrobek uvolněn k použití

Datum.....30.4.2022.....

Zpracováno pro:

AZ CONSULT s.r.o.

Klíšská 12

400 01 Ústí nad Labem

**Stavebně technický průzkum opěrné zdi pod
komunikací a souvisejícího železobetonového
zábradlí v Bílině**

Zpracoval:

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.

autorizovaný inženýr a soudní znalec

Miroslav Gottwald

Praha, srpen 2011



1. Úvod

Na základě objednávky firmy AZ CONSULT, spol. s r.o., Klíšská 1334/12, Ústí nad Labem č. 20110073 byl proveden dne 9.8.2011 stavebně technický průzkum stávající opěrné zdi pod komunikací s cílem popsat její technický stav a navrhnout taková opatření, která by vedla ke zvýšení její celkové odolnosti a stability. Předmětem průzkumu bylo rovněž železobetonové zábradlí nad opěrnou zdí.

Rozsah průzkumu odpovídal odsouhlasené věcné a cenové nabídce a sestával z těchto položek:

- vizuální obhlídka, akustické trasování povrchu (stanovení delaminovaných oblastí, grafický záznam, fotodokumentace),
- odběr čtyř jádrových vývrtů o průměru cca 100 mm ke stanovení pevnosti betonu v tlaku a mrazuvzdornosti,
- stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev (odtrhové zkoušky),
- stanovení pevnosti betonu v tlaku nedestruktivně Maškovým špičákem,
- stanovení tloušťky zkarbonatované vrstvy,
- stanovení tloušťky krycí vrstvy betonu nad výztuží,
- vypracování závěrečné zprávy včetně doporučení pro sanaci objektu.

Stavebně technický průzkum se zaměřil na detailní ověření technického stavu opěrné zdi a související konstrukce železobetonového zábradlí. Dále byla u obou stavebních prvků provedena podrobná vizuální prohlídka, zachycující veškeré imperfekce.

Cílem provedených prací bylo co nejobjektivněji zhodnotit aktuální stav přístupných částí opěrné zdi a železobetonového zábradlí a na základě ověření kvality betonu a korozního stavu výztuže doporučit taková sanační opatření, která by prodloužila jejich životnost minimálně o 20 let.

2. Provedené zkoušky a jejich výsledky

Předmětem průzkumu byly betonové konstrukce opěrné zdi pod komunikací a železobetonové konstrukce souvisejícího zábradlí. Posuzované konstrukce objektu byly lokálně zpřístupněny pomocí horolezecké techniky.

Provedené zkoušky byly prováděny podle standardizovaných postupů, které jsou popsány jednak v českých nebo harmonizovaných normách (tzv. Evropské normy), případně v Technických podmínkách pro sanaci SSBK II.

2.1. Stanovení pevnosti v tlaku destruktivně

Z předmětné betonové konstrukce opěrné zdi byly odebrány celkem čtyři jádrové vývrty o průměru cca 100 mm. Tyto jádrové vývrty byly fotograficky zdokumentovány a dále zaříznuty na diamantové okružní pile, změřeny a zváženy pro stanovení objemové hmotnosti a následně okončovány speciální sírovou směsí podle ČSN 73 1329. Dále byla na vývrtech stanovena pevnost v tlaku podle ČSN EN 12 380-4.

Z pláště jádrových vývrtů je patrné, že se lokálně v betonu nachází velká zrna kameniva. Střední frakce kameniva téměř absentují. Dále je na plášti vývrtu patrné, že beton v konstrukci je hůře zhutněn a že povrchové vrstvy jsou narušeny degradací.

Výsledky objemové hmotnosti a stanovení válcových pevností jsou uvedeny v příložených tabulkách. U opěrné zdi byla zjištěna průměrná objemová hmotnost na úrovni 2.151 kg/m^3 . Interval zjištěných objemových hmotností se pohybuje od 2.044 až po 2.233 kg/m^3 . Uvedené hodnoty jsou na nižší úrovni.

Zjištěné válcové pevnosti jádrových vývrtů, odebraných z líce opěrné zdi, se pohybují v intervalu od 9,14 až do 18,48 MPa. Zjištěná průměrná válcová pevnost u opěrné zdi je 14,55 MPa. Zjištěná válcová pevnost odpovídá pevnosti krychelné na úrovni 18,18 MPa, což s jistotou odpovídá pevnostní třídě C 12/15.

2.2. Stanovení pevnosti v tlaku nedestruktivně

Kvalita betonu nedestruktivně byla stanovována metodou Maškova špičáku. Tato metoda vychází ze zarážení ocelového sondovacího dláta dvaceti údery palice o hmotnosti 2 kg pod povrch náhodně vybraného zkušebního místa. Měřeným parametrem je hloubka vniku Maškova špičáku. Tento parametr se převádí pomocí obecného kalibračního vztahu na pevnost betonu v tlaku. Toleranční meze kalibračního vztahu jsou $\pm 20\%$. Kalibrační vztah má srovnatelný toleranční vztah jako metoda Schmidtova tvrdoměru, prováděná podle ČSN 73 1373. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v příložených tabulkách.

V případě opěrné zdi byla zjišťována pevnost betonu v tlaku nedestruktivně povrchových vrstev konstrukce. Zjištěné hodnoty se pohybují v intervalu od 13,1 do 24,0 MPa. Zjištěná průměrná pevnost betonu v tlaku nedestruktivně u opěrné zdi je 18,2 MPa, což s jistotou odpovídá pevnostní třídě betonu C 12/15. V případě povrchových vrstev železobetonového zábradlí nad opěrnou zdí byly zjištěny pevnosti betonu v tlaku nedestruktivně, které se pohybují v intervalu od 22,3 do 32,6 MPa. Zjištěná průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku nedestruktivně je na úrovni 27,5 MPa, což s jistotou odpovídá pevnostní třídě C 16/20.

Jak destruktivní, tak i nedestruktivní zkoušky prokázaly, že betonová konstrukce opěrné zdi je narušena mrazem a degradací. Beton tak lze s jistotou zařadit do pevnostní třídy C 12/15 podle ČSN EN 206-1.

V případě železobetonového zábradlí nad opěrnou zdí prokázaly nedestruktivní zkoušky, že tyto konstrukce lze s rezervou zařadit do pevnostní třídy C 16/20 podle ČSN EN 206-1.

2.3. Stanovení tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy betonu včetně charakterizace korozního stavu výztuže.

Tloušťka krycí vrstvy betonu byla stanovována magnetickým indikátorem výztuže s přesností ± 1 mm, tloušťka zkarbonatované vrstvy pak kolorimetrickým fenolftaleinovým

testem. Ten reaguje na oblasti s větší alkalitou než $\text{pH} = 9,6$ přechodem na temně fialovou. Naopak oblasti se sníženou alkalitou zůstanou bezbarvé. Výsledky jsou uvedené v dílčích tabulkách a průměrné hodnoty v tabulce sumární.

V případě železobetonového zábradlí nad opěrnou zdí byla zjištěna průměrná tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží na úrovni 22,4 mm a tloušťka zkarbonatované vrstvy pak 26,8 mm. Poměr tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy u této konstrukce je 1:1,19. Zjištěné výsledky ukazují, že výztuž je zasažena elektrochemickou korozí. To také potvrdila vizuální prohlídka, při které byla nalezena odhalená výztuž včetně koroze výztuže s úbytkem materiálu do 5 mm.

Tloušťka krycí vrstvy betonu nad výztuží u opěrné zdi nebyla stanovována. Jedná se o konstrukci provedenou z prostého betonu. Vzhledem k tomu, že tloušťka zkarbonatované vrstvy do jisté míry odráží hutnost povrchových vrstev betonu, tedy nepřímo i jeho pevnost je zřejmé, že kvalita betonu je na velmi nízké úrovni. Zjištěná průměrná hloubka zkarbonatované vrstvy je 60,2 mm.

Výše uvedené výsledky potvrzují aktuální stav konstrukcí. V případě železobetonového zábradlí se jedná o elektrochemickou korozi výztuže, kde prakticky veškerá výztuž již není v alkalickém prostředí. U opěrné zdi je snížena kvalita betonu vlivem degradace a mrazového narušení.

2.4. Pevnost v tahu povrchových vrstev

Stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev bylo provedeno na obroušeném a očištěném líci povrchu opěrné zdi pod komunikací. Čtvercový zkušební terč (5 x 5 cm) byl přilepen na konstrukci dvousložkovým epoxidovým lepidlem. K odtrhovému terči byla po vytvzení lepidla připojena hydraulická odtrhová aparatura DYNA Z 16, která umožňuje vyvozovat tahovou sílu kolmou k podkladu a registrovat její úroveň na mezi porušení. Výsledky všech zkoušek jsou uvedeny jednak v dílčích tabulkách a jednak v souhrnné tabulce uvádějící celkové výsledky. Zjištěné pevnosti betonu v tahu povrchových vrstev se pohybují v intervalu od 0,43 až do 1,04 MPa.

Zjištěná průměrná hodnota pevnosti v tahu povrchových vrstev u opěrné zdi je 0,75 MPa.

Z uvedených výsledků je patrné, že povrchové vrstvy konstrukce opěrné stěny jsou zdegradované a mrazově narušené. Tomuto zjištění odpovídá i vizuální stav konstrukce. Vzhledem k uvedeným výsledkům a expozici betonových konstrukcí bude nutné kotvení reprofilačních vrstev mechanicky.

2.5. Mrazuvzdornost betonu a povrchových úprav

Mrazuvzdornost betonu byla zkoušena postupem podle ČSN 73 1326. Exponovaná plocha povrchové úpravy, resp. konstrukčního betonu, se ponoří do vrstvy vody v tloušťce 5 mm a vystaví se 75 zmrazovacím cyklům. Po každých 25 zmrazovacích cyklech se zkouška přeruší a zjistí se odpad, který v důsledku zmrazování se z povrchu vzorku oddělil. Tento vysušený odpad se následně přepočte na m^2 . Zjištěný odpad je měřeným parametrem. Standardně se za mrazuvzdorný beton považuje takový, jehož plošný odpad je menší než 1.000 g/m^2 .

V případě povrchových vrstev opěrné stěny byly vzorky exponovány v tříprocentním roztoku NaCl. Výsledky jsou uvedeny v příložených tabulkách. Ze zkoušek tří jádrových vývrtů, odebraných z povrchu opěrné stěny je zřejmé, že beton opěrné zdi není mrazuvzdorný. U jádrového vývrtu, označeného JV2 došlo k rozpadu tělesa po 25 cyklech. V případě jádrových vývrtů, označených JV1 a JV4 došlo k rozpadu po 50 cyklech.

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že beton je nemrazuvzdorný a kotvení reprofilací adhezí je velmi riskantní a dlouhodobě nestabilní. Vizuální prohlídka prokázala narušení povrchových vrstev betonu degradací.

2.6. Zjištění geometrických rozměrů

Požadavkem stavebně technického průzkumu bylo prověření mocnosti konstrukce opěrné zdi v její koruně. Tloušťka zdiva byla ověřena jádrovým vrtem na celou tloušťku zdi. V horizontálním směru bylo provedeno vrtání dutinovým vrtákem o průměru cca 50 mm, a to až do nehomogenního materiálu. Poté bylo vrtání ukončeno a vynesené části zdiva

poskládány a následně fotograficky zdokumentovány. Hloubka návrtu byla považována za zjištěný výsledek mocnosti stěny. Zjištěné výsledky z vrtané sondy jsou následující:

Vrtaná sonda S1 (tloušťka měřena ve staničení č. 3)

- Celkově bylo vyneseno 11 dílů jádrového vývrtu o celkové délce cca 680 mm.
- Po celou délku jádrového vývrtu (tloušťka stěny) se jednalo o prostý beton.
- Na konci sondy ve vzdálenosti cca 680 - 720 mm (sonda ukončena v hloubce 720 mm) se nacházela hlína a jemný písek.

Součástí přílohy jsou grafické záznamy vrtané sondy.

Z výše uvedených skutečností vyplývá, že tloušťka konstrukce opěrné zdi v koruně je na úrovni 680 mm.

4. Vizuální prohlídka posuzované konstrukce

Jedná se o opěrnou zeď proměnlivé výšky, která se pohybuje v intervalu od 1,7 do 6,4 m. Opěrná zeď podpírá místní komunikaci v ulici Teplická. Opěrná stěna je uložena na skalním masivu v oblasti garážových stání. Betonáž stěn byla prováděna po pracovních taktech, jejichž délka se pohybuje v intervalu od 3 do 5 m. Celková délka stěny je 125 m. Na koruně zdi se nachází železobetonové zábradlí o tloušťce cca 140 mm. Výška zábradlí je cca 1.100 mm.

Stěna byla pro lepší orientaci rozdělena na pět částí (staničení), a to po cca 25 m. Počátek staničení opěrné zdi začíná na levé straně stěny (při pohledu na opěrnou zeď z oblasti garážových stání), a to označením staničení č. 1 (0 m až 25 m). Dále následují další staničení ve vzdálenostech cca 25 m. Rovněž bylo rozděleno na stejné úseky staničení i železobetonové zábradlí.

V kapitole příslušné části opěrné zdi je vždy nejprve zhodnocena vizuálně kvalita betonové konstrukce a dále odhadnut rozsah poškozených ploch. V příloze zprávy je uvedena podrobná fotodokumentace jednotlivých staničených úseků.

4.1. Opěrná zeď pod komunikací

Staničení číslo 1 (0 – 25 m)

Celoplošně je povrch stěny narušen degradací zasahující do maximální hloubky v cca 70 mm. Odhaleny jsou frakce kameniva, a to na celé ploše úseku staničení. Ve vzdálenosti cca 20 m od počátku staničení se nachází propustek vody pod komunikací. Jedná se o otvor o velikosti cca 1,6 m x 1 m. Nad propustkem se nachází logo výstavby z roku 1935.

Celkový rozsah degradace, která zasahuje do hloubky více než 30 mm je na cca 30 % povrchu staničeného úseku. Degradace zasahující hloubkový interval 0 – 20 mm se nachází na cca 70 % povrchu. Na začátku staničení se nachází vertikální trhлина o délce cca 0,6 m a šířce cca 3 mm. Trhliny probíhá do železobetonového zábradlí.

Staničení číslo 2 (25 – 50 m)

V tomto úseku stěny je nepřístupná část v délce cca 4 m. Tato část se nachází v oblasti těsně sousedící garáže se stěnou. Viditelné části konstrukce jsou povrchově a mrazově narušeny až do hloubky cca 70 mm. Těsně pod korunou zdiva dochází k hlubší degradaci až na úroveň 100 mm. V tomto úseku byl ze stěny odebrán jádrový vývrt o průměru cca 100 mm. Na povrchu jádrového vývrtu jsou zachycena velká zrna kameniva a v lokálních oblastech je patrné horší zhutnění.

Celoplošně je stěna zasažena degradací, která zasahuje do hloubky cca 10 mm. Rozsah porušení stěny vlivem degradace, zasahující do hloubky v intervalu od 10 – 30 mm je na úrovni 30% povrchu. Hloubková degradace pohybující se nad úrovní více než 50 mm je na ploše cca 40 %.

Staničení číslo 3 (50 – 75 m)

Celý úsek staničení číslo 3 je povrchově narušen degradací a mrazem. Na povrchu jsou odhaleny frakce kameniva. Hloubková degradace zasahuje na úroveň pohybující se

v intervalu od 30 do 100 mm. V lokálních oblastech, kde se ještě nachází původní povrchové vrstvy stěny, byly nalezeny dutiny, a to v celoplošném rozsahu stávajících povrchů. Plošně se jedná o cca 4 m². Stěna ve staničení číslo 3 se nachází nad skalním masivem a její výška nad uložením je cca 1,5 m.

Celkový rozsah degradace v intervalu, zasahujícím do hloubky od 0 do 10 mm je 20 % povrchu, u rozsahu zasahující do hloubky 10 – 30 mm pak 30 % povrchu. V případě degradací nad 50 mm se jedná o cca 50 % povrchu.

Staničení číslo 4 (75 – 100 m)

Staničení číslo 4 je v lepším stavu. Hloubka degradace zasahuje max. do 70 mm a takto narušená oblast se nachází v posledních 5 m staničení. Předchozí část staničení je zdegradovaná do hloubky cca 20 – 30 mm.

Povrchová degradace v intervalu 0 – 10 mm se pohybuje na úrovni 20 %, hloubka degradace v intervalu 10 – 30 mm je na úrovni 65 % povrchu. Hloubková degradace zasahující nad úroveň 30 mm se nachází na ploše 15 %.

Staničení číslo 5 (100 – 125 m)

Tento úsek je opět v horším stavu. Celoplošně jsou odhaleny frakce kameniva a degradace zasahuje na úroveň až 100 mm. Degradované oblasti se drolí a jdou jednoduše odstraňovat rukou. V zadní části stěny, resp. na konci, navazující na zemní val, došlo k oddělení celé části betonové stěny. Tato část byla nejspíše lokálně vyspravena cihelnou vyzdívkou. V případě cihelné vyzdívky dochází k degradaci, k poruchám čel, s úbytkem materiálu do 2 cm. Lokálně probíhají v čelech zdicích prvků i trhliny.

Plošná degradace v hloubkovém intervalu 0 – 10 mm je zastoupena na ploše cca 10 %. Plošná degradace v hloubkovém intervalu 10 – 30 mm je v úseku na cca 70 % povrchu. V případě hlubší degradace nad 30 mm se jedná o plošný výměr na úrovni cca 20 %.

4.2. Železobetonové zábradlí opěrné stěny

Pro stanovení plošných poruch na železobetonovém zábradlí bylo použito shodného staničení jako v případě opěrné zdi, a to v úsecích o délkách cca 25 m.

Jedná se o subtilní železobetonovou konstrukci o výšce cca 110 cm a tloušťce cca 13 – 15 cm.

Staničení číslo 1 (0 – 25 m)

V úseku číslo 1 je odhalena výztuž včetně koroze výztuže s úbytkem materiálu do 3 mm. Průměr výztužných prutů je cca 10 mm. Povrchové vrstvy jsou na 85 % povrchu opadány. Povrchová vrstva drží prakticky pouze na cca 15 % úseku. Lokálně, zejména v horních partiích zdiva, které je ukončeno rádiusy, dochází ke vzniku trhlin nejspíše vlivem mrazového poškození. Hloubka degradace zasahuje na úroveň až 80 mm. Horní zaoblená vrstva v tloušťce cca 7 cm je oddělená v délce cca 12 m. V případě odhalené výztuže včetně koroze výztuže se plošně jedná o cca 8 m².

V případě degradace na hloubkové úrovni 0 – 10 mm se jedná o cca 40 % povrchu. V případě degradace na úrovni 10 – 30 mm se jedná o cca 60 % povrchu. Degradované vrstvy, které prozatím nejsou odpadané, jsou zasaženy dutinami a to v plošném rozsahu cca 10 m². Delaminované vrstvy odpadávají vlivem koroze výztuže. Hloubková degradace na úrovni 80 mm je plošně zastoupena na ploše cca 20 %. Na vnějším líci (směr opěrná zeď) je hloubková degradace zasažena na úrovni 30 mm úbytku materiálu. Plošně se jedná o cca 6 m². Lokálně je zde vidět koroze výztuže, a to na ploše cca 1 m². Téměř celoplošně dochází k oddělování krycích vrstev vlivem koroze výztuže, a to na cca 70 % povrchu. Degradace na vnějším líci je na úrovni 0 – 20 mm úbytku a plošně lze vyjádřit narušení v ploše cca 40 %.

Staničení číslo 2 (25 – 50 m)

V tomto úseku se nachází shodné poruchy jako v případě staničení číslo 1, a to oddělování krycích vrstev vlivem koroze výztuže, odhalená výztuž, degradace povrchu

vlivem špatné mrazuvzdornosti betonu a oddělení dokončovacího fabionu ve zhlaví zábradlí. Jednotlivé části zábradlí jsou skládány ze segmentů a pracovní takty tak jsou odděleny. Povrchové narušení vlivem koroze výztuže, resp. oddělování krycích vrstev, je na ploše cca 70 % povrchu. Hloubková degradace na úrovni 0 – 10 mm je na ploše cca 45 %. V případě hloubky porušení vlivem degradace na úrovni 20 – 30 mm se jedná o cca 40 % povrchu. Hlubší degradované oblasti, zejména tam, kde došlo k odhalení výztuže, zasahují až do hloubky 60 mm. Plošně se jedná o cca 15 % povrchu. Celoplošně je zábradlí zdegradované a mrazově narušené. V úseku dlouhém cca 16 m chybí i horní fabion. Na vnějším líci zábradlí dochází k oddělování krycích vrstev a k odpadávání povrchových vrstev narušených mrazem. Tyto poruchy jsou na vnějším líci zastoupeny na cca 96 % povrchu.

Staničení číslo 3 (50 – 75 m)

V tomto úseku staničení dochází k oddělení krycích vrstev vlivem koroze výztuže a k úbytku materiálu výztuže do 4 mm. Odhalená výztuž se nachází na ploše cca 4 m². Oddělené krycí vrstvy vlivem koroze výztuže jsou na úrovni 50 % povrchu. Degradované oblasti zasahují do hloubky cca až 60 mm. Lokálně byly na povrchu konstrukce nalezeny dutiny, a to v plošném rozsahu cca 4,5 m². Původní povrchové vrstvy cementové omítky jsou zastoupeny na ploše cca 8 m².

Na koruně zábradlí chybí cca 8 m dokončovacího profilu.

Plošná degradace na hloubkové úrovni 0 – 10 mm se vyskytuje na ploše cca 30 %. V případě hlubší degradace na úrovni 10 – 30 mm se jedná o cca 60 % povrchu. V případě degradace zasahující na úroveň větší než 30 mm do max. hloubky 60 mm se plošně jedná o cca 10 % povrchu.

Staničení číslo 4 (75 – 100 m)

V tomto úseku staničení dochází k oddělení krycích vrstev vlivem koroze výztuže a k úbytku materiálu výztuže do 3 mm. Odhalená výztuž se nachází na ploše cca 8 m². Oddělené krycí vrstvy vlivem koroze výztuže jsou na úrovni 70 % povrchu. Degradované oblasti zasahují do hloubky cca až 60 mm.

Na koruně zábradlí chybí cca 7 m dokončovacího profilu.

Plošná degradace na hloubkové úrovni 0 – 10 mm se vyskytuje na ploše cca 40 %. V případě hlubší degradace na úrovni 10 – 30 mm se jedná o cca 50 % povrchu. V případě degradace zasahující na úroveň větší než 30 mm do max. hloubky 60 mm se plošně jedná o cca 10 % povrchu.

Staničení číslo 5 (100 – 125 m)

Jedná se bezesporu o nejlepší úsek staničení železobetonového zábradlí. Nejspíše jsou povrchové vrstvy nově zreprofilovány, ale akustické trasování na nich prokázalo výskyt dutiny, a to v rozsahu cca 85 %. Zbylé části, které nejsou zreprofilovány jsou zasaženy degradací do hloubky cca až 30 mm.

Zdegradované oblasti na hloubkové úrovni 0 – 10 mm jsou zastoupeny na 20 % plochy. Na vnějším líci je to pak 70 % plochy. V případě úbytku materiálu větším než 20 mm se plošně jedná o cca 65 % plochy zábradlí. Oblasti, které jsou zasaženy úbytkem materiálu až 40 mm, lze plošně vyjádřit na cca 15 % povrchu. V tomto úseku je dokončovací rádius narušen degradací a korozí výztuže a schází pouze v úseku 1 běžného metru.

5. Celkové zhodnocení stavu a doporučení pro sanaci

Z provedeného stavebně technického průzkumu betonové opěrné zdi a železobetonového zábradlí vyplývají tyto závěry:

- Kvalita betonu, stanovená destruktivně na jádrových vývrtech potvrdila u opěrné stěny její nižší kvalitu. Válcové pevnosti se pohybují v intervalu od 9,14 do 18,48 MPa. Průměrná hodnota válcové pevnosti je 14,55 MPa, přepočtená krychelná pevnost pak 22,75 MPa. To odpovídá kvalitě betonu C 12/15. Jedná se o kvalitu nižší, avšak akceptovatelnou.

- Nedestruktivní zkoušky, prováděné Maškovým špičákem, zachytily kvalitu povrchových vrstev. Zjištěné hodnoty se u opěrné stěny pod komunikací pohybují v intervalu od 13,1 do 24,0 MPa. Zjištěná průměrná hodnota je na úrovni 18,2 MPa, což odpovídá pevnostní třídě C 12/15.
- V případě železobetonového zábradlí nedestruktivní zkoušky, prováděné Maškovým špičákem, zachytily kvalitu povrchových vrstev, jejíž hodnoty se pohybovaly v intervalu od 22,3 do 32,6 MPa. Zjištěná průměrná hodnota se pohybuje na úrovni 27,5 MPa, což s jistotou odpovídá pevnostní třídě betonu C 16/20.
- Pevnost v tahu povrchových vrstev, stanovená odtrhovými zkouškami na povrchu opěrné stěny, se v průměru pohybuje na úrovni 0,75 MPa. Použijeme-li přepočtení mezi tahovou a tlakovou pevností 1:15 je zřejmé, že přepočtená tlaková pevnost se zjištěnou tahovou pevností není v souladu s výsledky stanovení pevnosti v tlaku Maškovým špičákem. Obecně se jedná o hodnoty velmi nízké, které podle standardních požadavků nesplňují kritérium pevnosti v tahu podkladních vrstev na úrovni 1,5 MPa. Úroveň zjištěných tahových pevností dokládá, že povrchové vrstvy opěrné zdi pod komunikací jsou mrazově poškozeny.
- Zkoušky mrazuvzdornosti betonu podle ČSN 73 1326 s expozicí v tříprocentním roztoku NaCl prokázaly, že beton i povrchové vrstvy jsou zcela nemrazuvzdorné. K rozpadu jednoho z těles došlo již po 25 cyklech. V případě dvou dalších jádrových vývrtů po 50 cyklech. Nízká, zcela nevyhovující mrazuvzdornost je pravděpodobně příčinou narušení a degradací povrchových vrstev do hloubky až 60 mm.
- Porovnáním tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy bylo prokázáno, že v případě železobetonového zábradlí je již elektrochemická koroze výztuže rozběhnutá, neboť poměr tloušťky krycí a zkarbonatované vrstvy je 1:1,18. Sanační zásah by proto zásadně měl řešit pasivování výztuže celé této konstrukce.
- Zjištěná tloušťka opěrné zdi jádrovým vrtem je na úrovni 680 mm. Vývrtem byla provrtána stěna na celou její tloušťku. Vynesené části betonu byly zdokumentovány a graficky zakresleny.

- Vizuální prohlídka, ilustrovaná přiloženou fotodokumentací dokládá, že zejména u opěrné zdi dochází na povrchu k totálnímu mrazovému rozpadu betonu až do hloubky cca 70 mm. V případě železobetonového zábradlí je nejtypičtější poruchou odhalená výztuž včetně koroze výztuže a úbytku materiálu do 5 mm. Akustickou trasovací metodou byly zjištěny poměrně rozsáhlé delaminované oblasti, vzniklé vlivem koroze výztuže.

Výsledky stavebně technického průzkumu tedy dokládají, že betonové a železobetonové konstrukce hodnocené opěrné stěny pod komunikací mají nižší kvalitu betonu a v případě železobetonového zábradlí zkorodovanou výztuž zasaženou elektrochemickou korozí. Betonové konstrukce jsou ze zcela nemrazuvzdorného betonu. Právě na tuto okolnost se musí zaměřit provedený sanační zásah.

Na základě výše uvedených skutečností jsou dále formulovaná doporučení pro sanaci objektu:

- S ohledem na nízkou mrazuvzdornost betonu by bylo optimální, aby povrchové vrstvy a horní zhlaví opěrné zdi byly citlivě vypreparovány vysokotlakým vodním paprskem.
- V případě zesilování opěrných zdí čelním přibetonováním nebo nadbetonováním má zásadní význam, aby vždy byla použita betonová směs, odpovídající kvalitové třídě C 25/30 se specifikací XF3, tedy beton mrazuvzdorný. Tato kvalitová specifikace umožní dlouhodobě zajistit jak statickou, tak zejména vzhledovou stabilitu povrchu, protože nebude docházet k jeho mrazovému poškození. Vzhledem k tomu, že nový beton má vždy tendenci ke smršťování, je velmi podstatné, aby dobetonávky i nadbetonávky byly k původním povrchům mechanicky kotveny. Toto kotvení se obvykle provádí tak, že do předvrtaných otvorů se vlepí ocelové trny o průměru 8 mm, ke kterým se přivařením fixuje vhodně navržená konstrukční výztuž, obvykle tvořená KARI sítěmi 5 x 100 x 100 mm. Minimální tloušťka přibetonávek se pohybuje na úrovni 100 až 150 mm. Tato tloušťka je dána požadavkem na možnost přiměřeného

zhutnění betonové směsi ponorným vibrátorem. Pokud je přibetonávka užší a obsahuje výztuž, není možné ponornou vibrací betonovou směs zhutnit a zvyšuje se tak riziko, že na nově provedeném povrchu se budou vyskytovat vzhledové imperfekce. Povrchy nově provedených opěrných zdí se nedoporučuje opatřovat nátěrovými systémy. Nátěrový systém vždy vytvoří doplňkovou difúzní bariéru, která stav povrchu spíše zhoršuje.

V případě železobetonového zábradlí nad opěrnou zdí doporučujeme, aby byly mechanicky odstraněny nesoudržné vrstvy a podklad byl citlivě předupraven vysokotlakým vodním paprskem. Následně by k povrchu byla mechanicky přikotvena subtilní výztužná síť a povrch opět zreprofilován mrazuvzdornou správkovou maltou, odpovídající TP SSBK II. Před zahájením instalace výztužných sítí je třeba provést komisionální obhlídku výztuže a zvážit její případné doplnění. Na takto zreprofilovaný povrch konstrukce zábradlí se nedoporučuje aplikovat žádný ochranný nátěr.

Navržené řešení zajistí mrazovou stabilitu oblastí, které jsou vystavené vnějším účinkům a umožní prodloužit spolehlivě životnost objektu o dalších minimálně 30 let.

**Vyhodnocení výsledků zkoušek železobetonového
zábradlí a opěrné zdi nad komunikací
Bílina**

Přehled výsledků zkoušek - Bílina, sanace skalního masívu

Parametr / Konstruktivní prvek	Opěrná zeď	ŽB zábradlí
Pevnost betonu v tlaku /MPa/	18,2	27,5
Třída betonu	C 8/10	C 16/20
Pevnost betonu v tahu /MPa/	0,75	-
Tloušťka krycí vrstvy /mm/	-	22,4
Tloušťka zkarbonatované vrstvy /mm/	60,2	26,8

Datum zkoušek:

9.8.2011

Výsledky zkoušek jádrových vývrtů

Akce:
Konstrukce:
Datum zkoušky:
Teplota vzduchu:
Zkušební přístroj:

Bílina, sanace skalního masivu
Opěrná zeď
15.8.2011
20°C
lis EDT 1600

číslo vzorku dle ZL	označení vzorku objednatel	průměr d [mm]	výška h [mm]	výška po koncování h _k [mm]	λ h _k / d	hmotnost m [g]	objemová hmotnost m / V [kg/m³]	pevnost v tlaku		průměr / délka výztuže JV [mm]
					K _λ			F [kN]	f _{cyl} [MPa]	
447/11	1	94,15	112,46	118,29	1,256	1704,19	2177	113,62	16,01	-
448/11	2	93,96	110,73	116,38	1,239	1569,10	2044	64,83	9,14	-
450/11	4	94,17	127,79	131,46	1,396	1987,20	2233	129,19	18,48	-
Průměr										
[MPa]										
Směrodatná odchylka									4,8	
Variační koeficient									33,29%	
									14,55	

$$f_{cyl} = \frac{F}{A \times K_d \times K_\lambda}$$

A - průřezová plocha zkušebních těles
F - síla na mezi porušení
K_d - koeficient zohledňující průměr jádrového vývrtu
K_λ - koeficient zohledňující štíhlost jádrového vývrtu
f_{cyl} - válcová pevnost na tělese s průměrem 150 mm a štíhlostí λ = 2,0

Zkoušku provedl: BETONCONSULT, s.r.o.

Stanovení pevnosti betonu v tlaku nedestruktivně

Akce:	Bílina, sanace skalního masivu
Konstrukce:	Opěrná zeď
Datum zkoušky:	9.8.2011
Teplota vzduchu:	21,0°C
Vlhkost vzduchu:	66,4%
Typ zkušebního přístroje:	Maškův špičák

zkušební místo	umístění zkušebního místa	vnik špičáku [mm]	R _{be} [MPa]
1	opěrná zeď	19	20,6
2	opěrná zeď	23	15,2
3	opěrná zeď	20	19,1
4	opěrná zeď	22	16,4
5	opěrná zeď	25	13,1
6	opěrná zeď	18	22,3
7	opěrná zeď	19	20,6
8	opěrná zeď	17	24,0
9	opěrná zeď	24	14,1
10	opěrná zeď	22	16,4
11	opěrná zeď	20	19,1
12	opěrná zeď	21	17,7
Průměr [MPa]		18,2	
Sm. odchylka [MPa]		3,2	
Variační koef. -		17,6%	
k _n -		1,77	
R_{bg} [MPa]		12,6	
Třída betonu		C 8/10	

Stanovení tloušťky zkarbonatované vrstvy

Akce: **Bílina, sanace skalního masivu**

Konstrukce: Opěrná zeď

Datum zkoušky: 9.8.2011

Teplota vzduchu: 21,0°C

Vlhkost vzduchu: 66,4%

Typ zkušebního přístroje: Fenolftaleinový test

Zkoušená oblast	Tloušťka zkarbonatované vrstvy [mm]						
opěrná zeď	48	62	60	70	68	53	
Statistické vyhodnocení:	x=60,2mm			s=7,8mm			
	n=6			v=12,9%			

Výsledky stanovení pevnosti v tahu povrchových vrstev

Akce:	Bílina, sanace skalního masivu
Konstrukce:	Opěrná zeď
Datum zkoušky:	9.8.2011
Teplota vzduchu:	21,0°C
Vlhkost vzduchu:	66,4%
Typ zkušebního přístroje:	DYNA Z16
Tvar zkušebního terče:	čtverec 50x50 mm
Stáří podkladu:	více než 20 let

Číslo zkušebního místa	Odtřhová síla [kN]	Plocha porušení [cm ²]	Pevnost v tahu [Mpa]	Charakter lomové plochy	Poznámka
1	2,60	25,0	1,04	100% A	
2	1,13	26,0	0,43	100% A	
3	2,03	26,0	0,78	100% A	
4	1,87	25,0	0,75	100% A	
Průměr [MPa]			0,75		
směrodatná odchylka [MPa]			0,21		
variační koeficient			28,60%		

A beton	Y lepidlo
	Z odtřhový terč

A - kohezní porucha podkladu
 A/Y - kohezní porucha mezi podkladem a lepidlem
 Y - kohezní porucha v lepidle
 Y/Z - porušení adheze mezi lepidlem a zkušebním terčem

Poznámka:

Stanovení pevnosti betonu v tlaku nedestruktivně

Akce:	Bílina, sanace skalního masivu
Konstrukce:	ŽB zábradlí
Datum zkoušky:	9.8.2011
Teplota vzduchu:	21,0°C
Vlhkost vzduchu:	66,4%
Typ zkušebního přístroje:	Maškův špičák

zkušební místo	umístění zkušebního místa	vnik špičáku [mm]	R_{be} [MPa]
1	ŽB zábradlí	13	32,6
2	ŽB zábradlí	17	24,0
3	ŽB zábradlí	18	22,3
4	ŽB zábradlí	15	28,0
5	ŽB zábradlí	14	30,2
6	ŽB zábradlí	15	28,0
Průměr [MPa]		27,5	
Sm. odchylka [MPa]		3,5	
Variační koef.		12,7%	
k_n		1,98	
R_{bg} [MPa]		20,6	
Třída betonu		C 16/20	

Stanovení tloušťky zkarbonatované vrstvy

Akce: **Bílina, sanace skalního masivu**

Konstrukce: **ŽB zábradlí**

Datum zkoušky: **9.8.2011**

Teplota vzduchu: **21,0°C**

Vlhkost vzduchu: **66,4%**

Typ zkušebního přístroje: **Fenolftaleinový test**

Zkoušená oblast	Tloušťka zkarbonatované vrstvy [mm]						
ŽB zábradlí	27	32	30	25	20		
Statistické vyhodnocení:	x=26,8mm			s=4,2mm			
	n=5			v=15,5%			

Zkouška mrazuvzdornosti podle ČSN 73 1326

Zkoušeno metodou automatického cyklování A

Akce:
Konstrukce:

Bílina, sanace skalního masivu
Opěrná zeď

Označení		1	2	4
Číslo vzorku dle ZL		447/11	448/11	450/11
Datum zahájení zkoušky		13.8.11	13.8.11	13.8.11
Datum ukončení zkoušky		20.8.11	20.8.11	20.8.11
zkušební médium		3% NaCl	3% NaCl	3% NaCl
Počet vzorků		1	1	1
Zkoušený povrch [m ²]		0,00847	0,00851	0,00845
25 cyklů	číslo misky	1.	2.	3.
	hmotnost misky [g]	487,30	486,77	494,57
	hmotnost misky s odpadem [g]	619,86	1096,71	559,24
	odpad [g]	132,56	609,94	64,67
	[g/m ²]	15650,53	71673,33	7653,25
50 cyklů	číslo misky	4.	-	9.
	hmotnost misky [g]	486,34	-	482,71
	hmotnost misky s odpadem [g]	1049,97	-	1196,12
	odpad [g]	563,63	-	713,41
	[g/m ²]	66544,27	-	84427,22
odpad celkem (50 c.) [g/m ²]		82194,81	-	92080,47

Poznámka: Úplný rozpad JV 448/11 po 25 cyklech.
Úplný rozpad JV 447/11 a 450/11 po 50 cyklech.

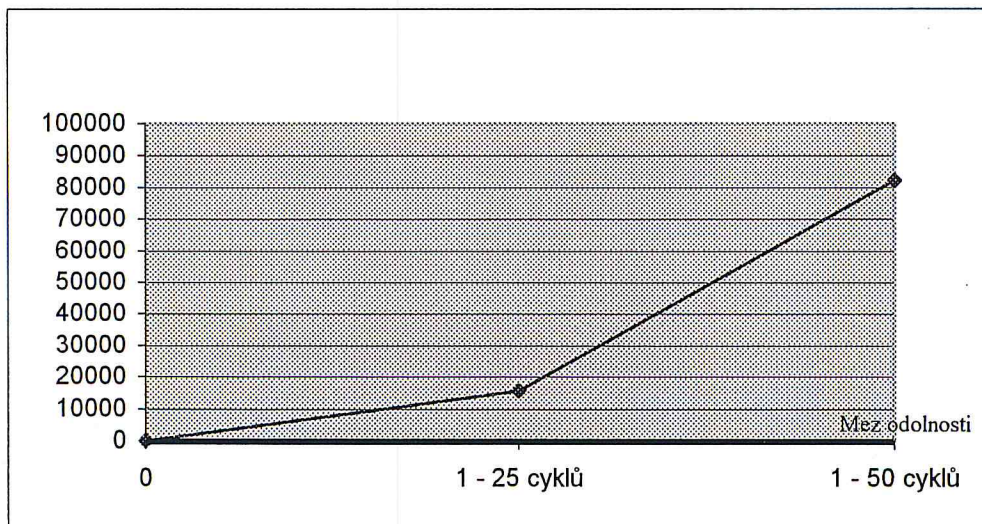
Zkouška mrazuvzdornosti podle ČSN 73 1326

Zkoušeno metodou automatického cyklování A

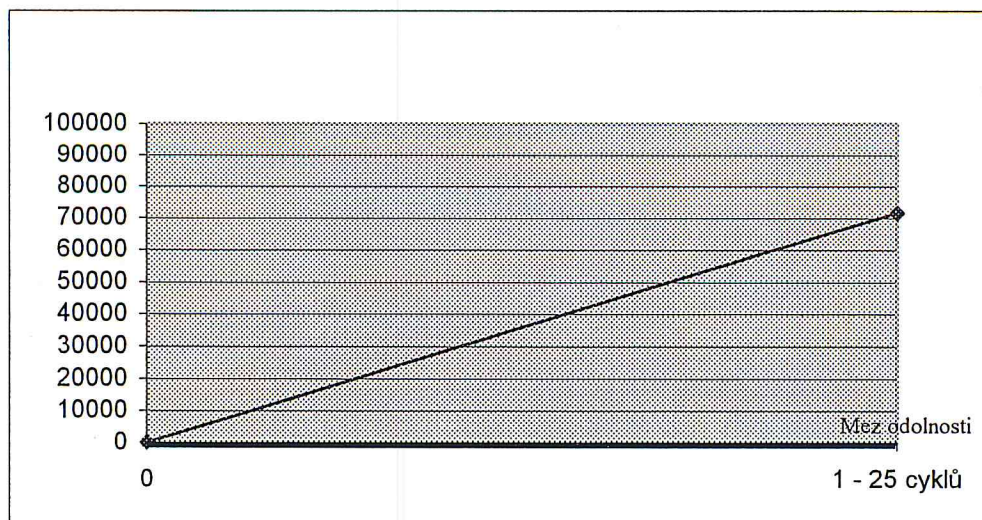
Akce:
Konstrukční prvek:

Bílina, sanace skalního masivu
Opěrná zeď

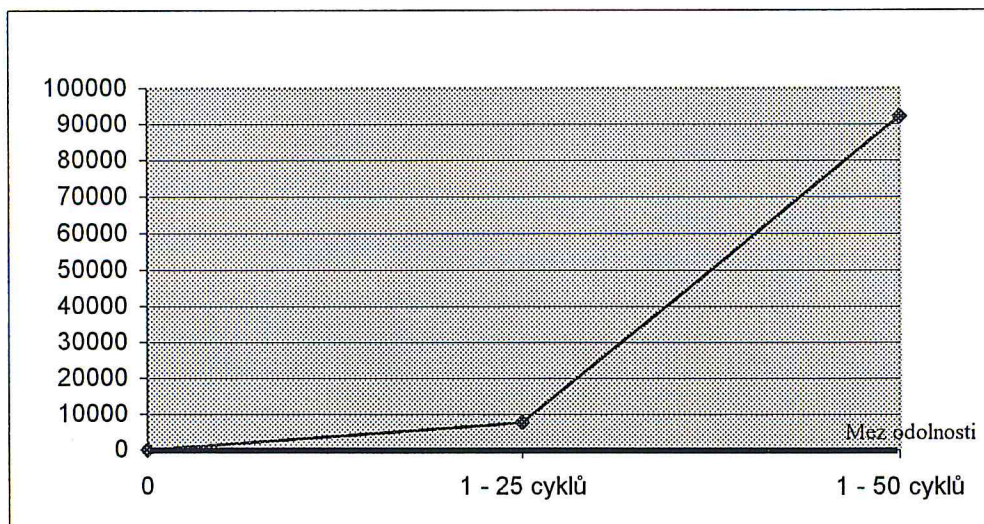
Označení vzorku: 447/11



Označení vzorku: 448/11

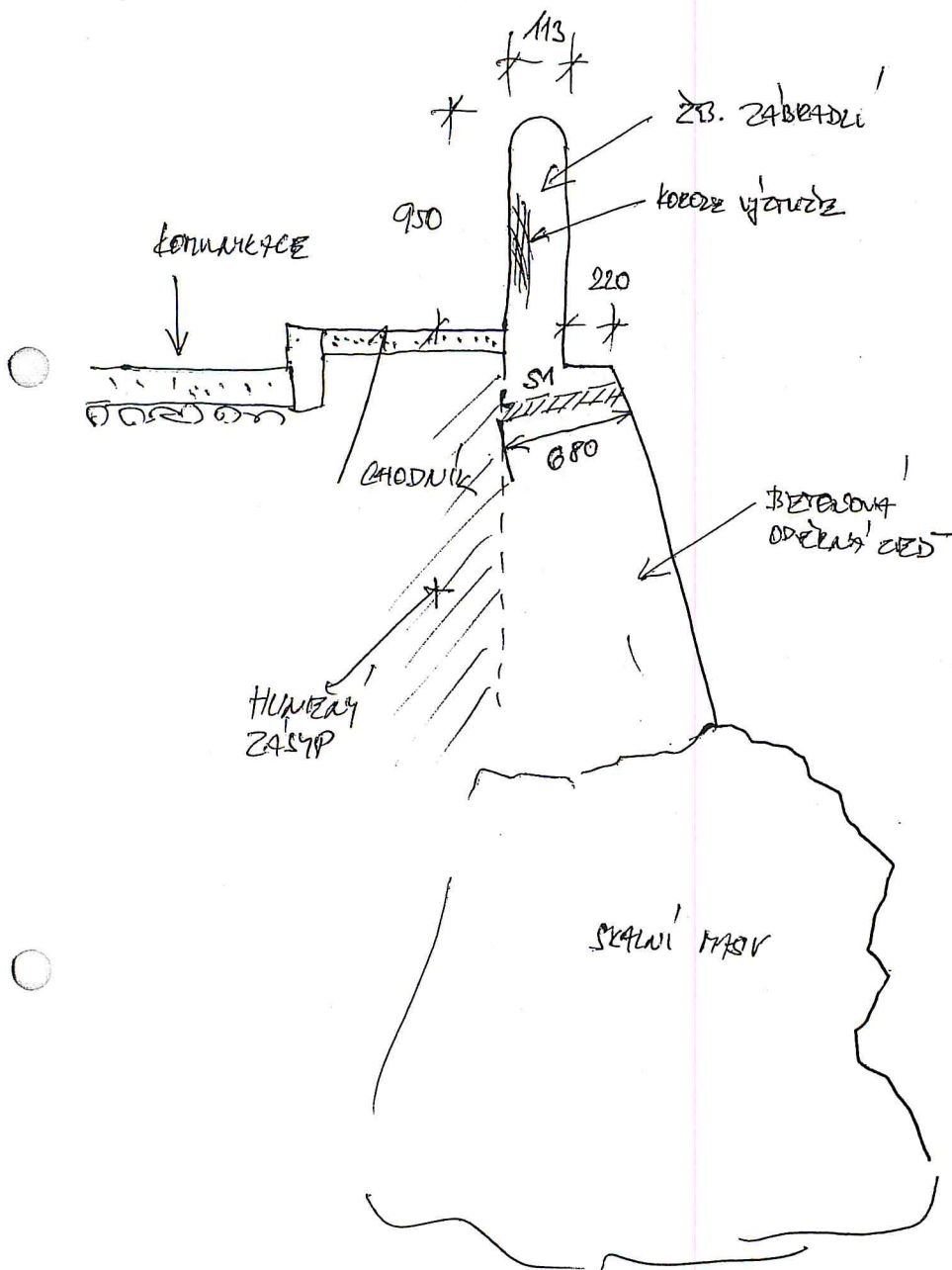


Označení vzorku: 450/11

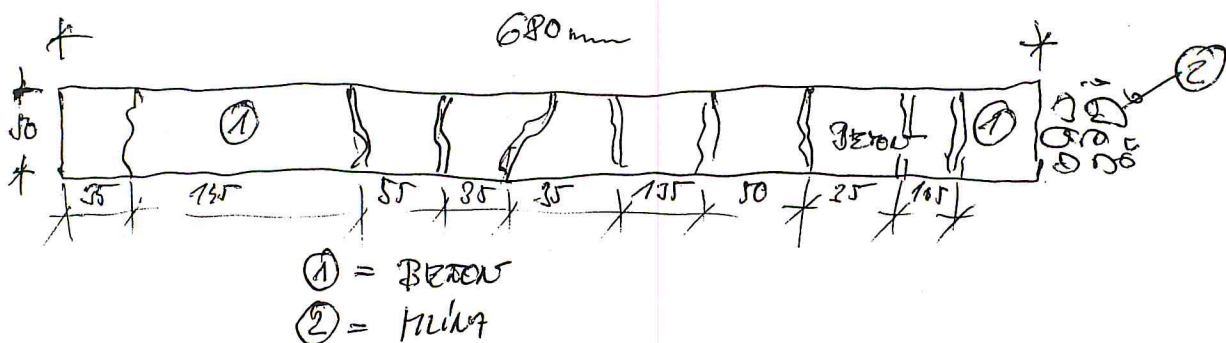


**Grafické záznamy sody do opěrné zdi nad
komunikací v Bílině**

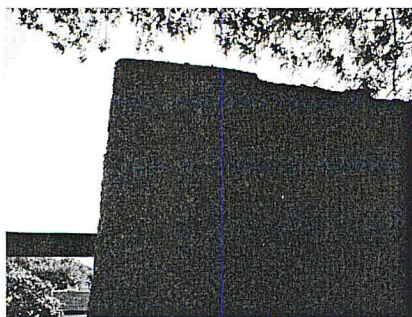
SONDA S1 - Ověřování tloušťky zdiva v koberce
otevřená zed - bílá a teplo



NAKRES SONDM S1



**Průvodní fotografie z prohlídky opěrné zdi ve
staničení 1 až 5
Opěrná zeď pod komunikací - Bílina**



STAVICEVI 1 →
P1130778



P1130779



P1130780



P1130781



P1130782



P1130783



P1130784



P1130785



P1130786



P1130787



P1130788



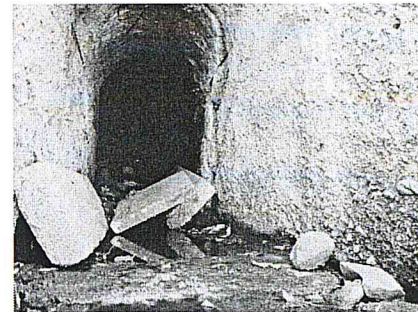
P1130789



P1130790



P1130791



P1130792



P1130793



P1130794

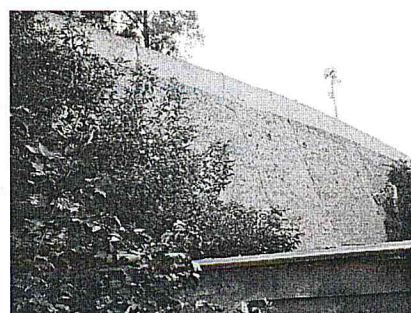


STANICE 2 →

P1130795



P1130796



P1130797



P1130798



P1130799



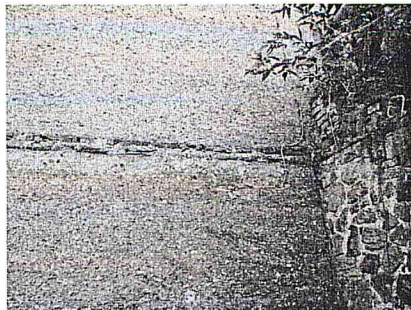
P1130800



P1130801



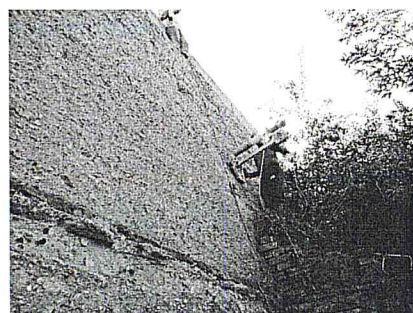
P1130802



P1130803



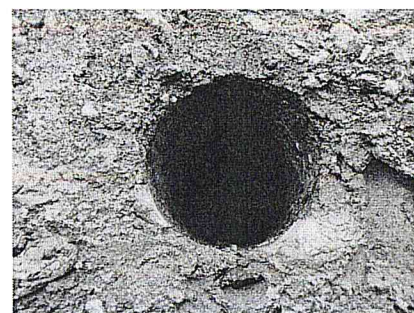
P1130804



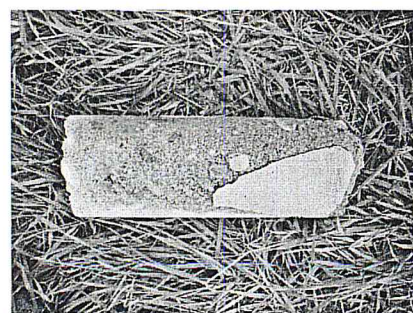
P1130805



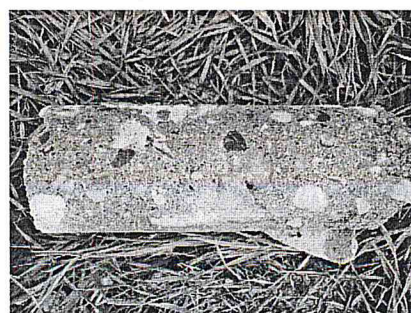
P1130806



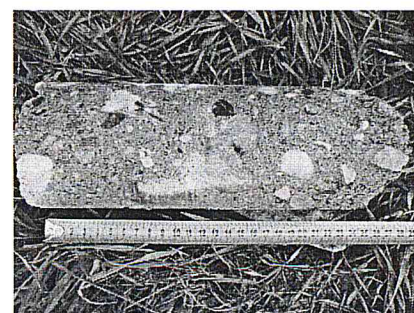
P1130807



P1130808



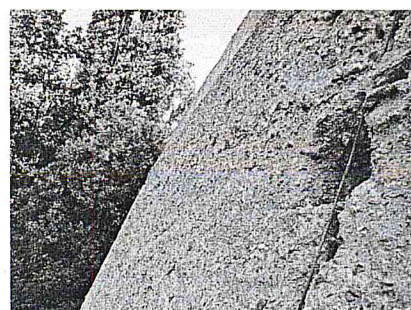
P1130809



P1130810



P1130811



P1130812



P1130813



P1130814



P1130815



P1130816



P1130817



P1130818



STAVICEVI 3 →

P1130819



P1130820



P1130821



P1130822



P1130823



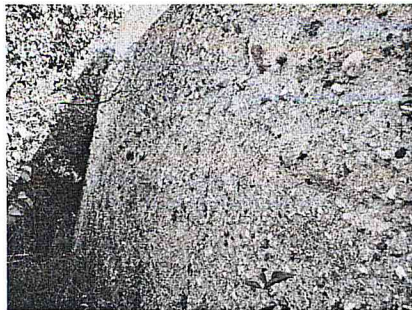
P1130824



P1130825



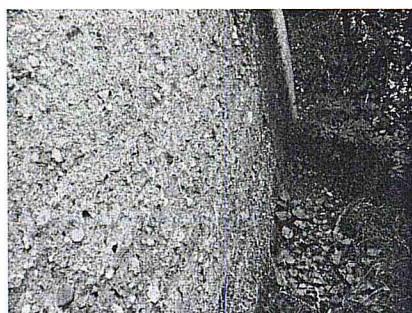
P1130826



P1130827



P1130828



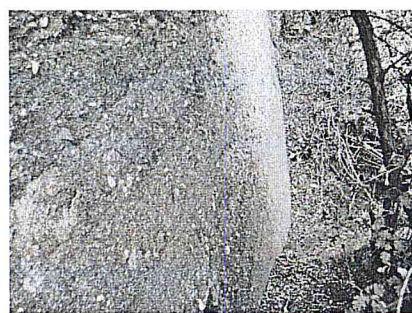
P1130829



P1130830



P1130831



P1130832



P1130833



P1130834



P1130835



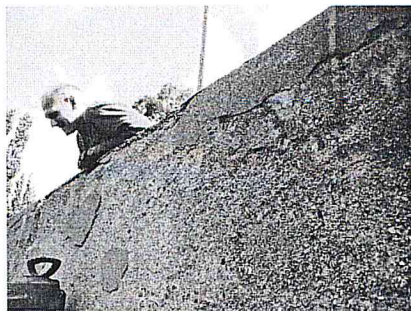
P1130836



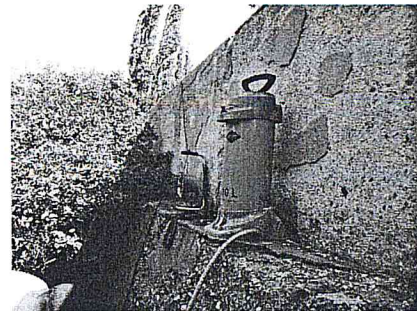
P1130837



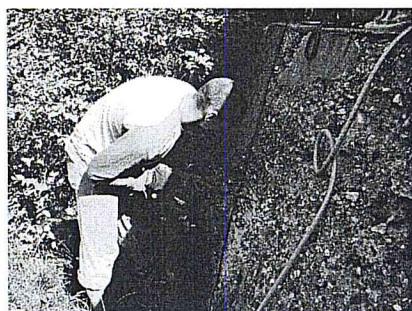
P1130838



P1130839



P1130840



P1130841



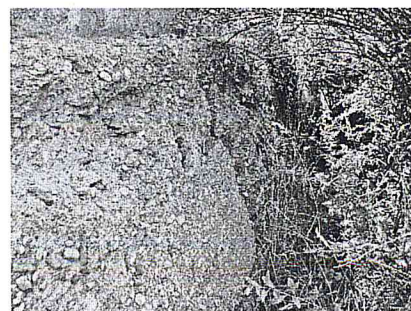
P1130842



P1130843



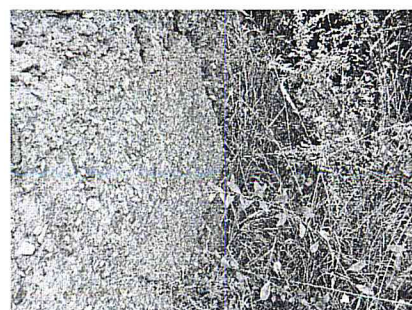
stavění 4 →
P1130844



P1130845



P1130846



P1130847



P1130848



P1130849



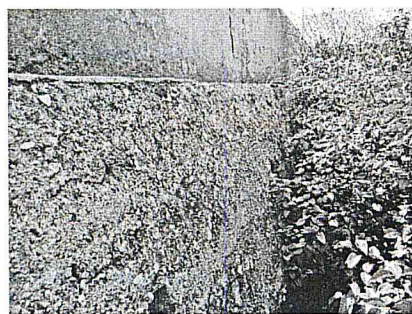
P1130850



P1130851



P1130852



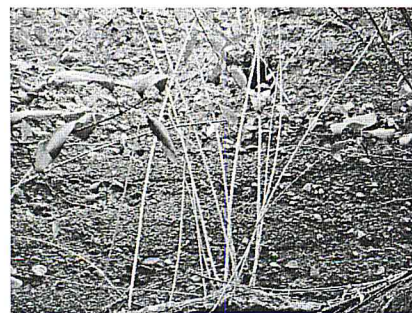
P1130853



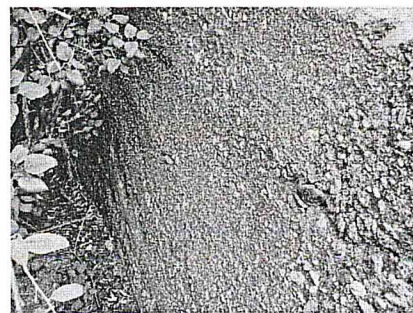
P1130854



P1130855



P1130856



P1130857



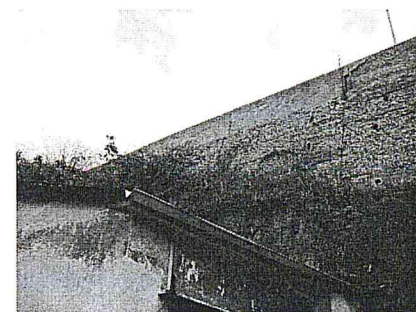
P1130858



P1130859



P1130860



P1130861



P1130862



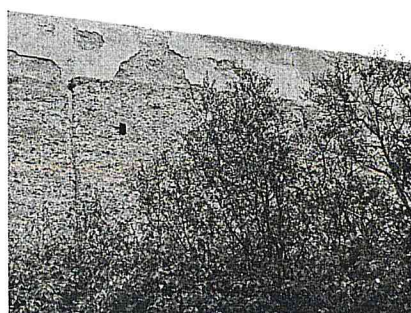
P1130863



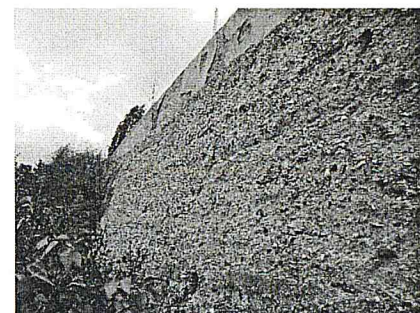
Station 5 →
P1130864



P1130865



P1130866



P1130867



P1130868



P1130869



P1130870



P1130871



P1130872



P1130873



P1130874



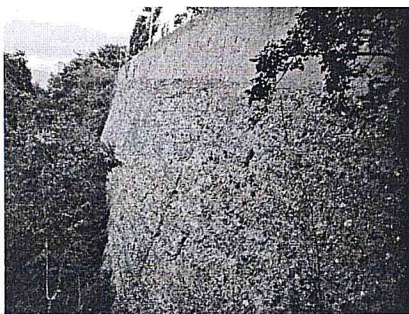
P1130875



P1130876



P1130877



P1130878



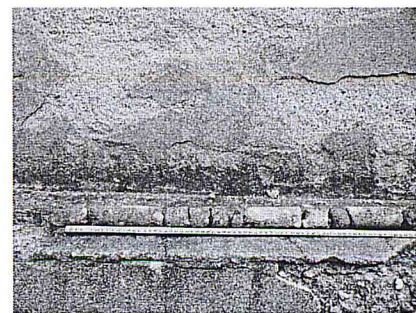
P1130879



P1130880



P1130881

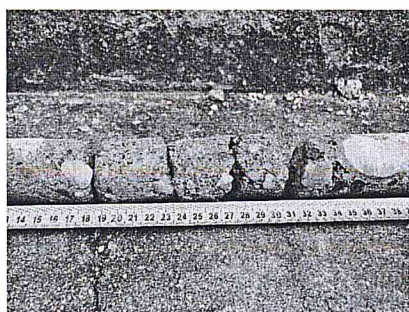


SOND4 S1

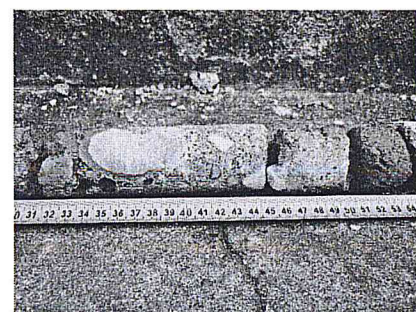
P1130978



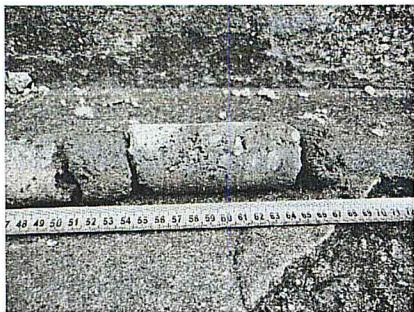
P1130979



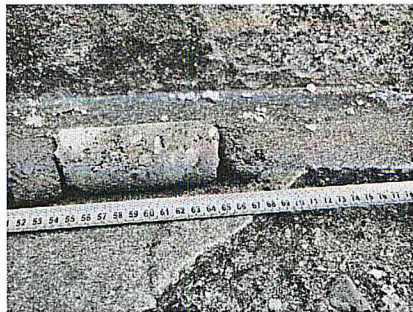
P1130980



P1130981

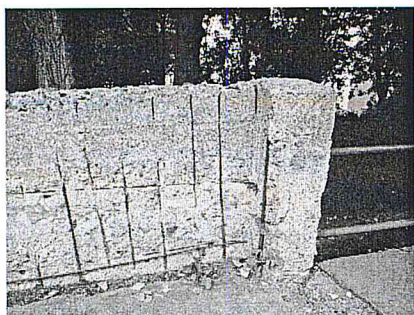


P1130982



P1130983

**Průvodní fotografie z prohlídky železobetonového
zábradlí ve staničení 1 až 5
Opěrná zeď pod komunikací - Bílina**



STANIČENÍ 1 →

P1130887



P1130888



P1130889



P1130890



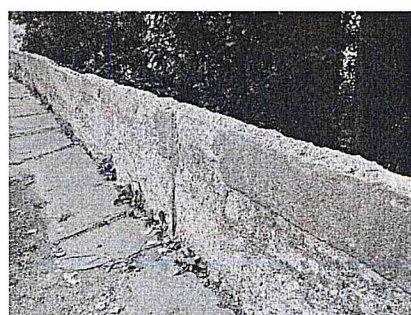
P1130891



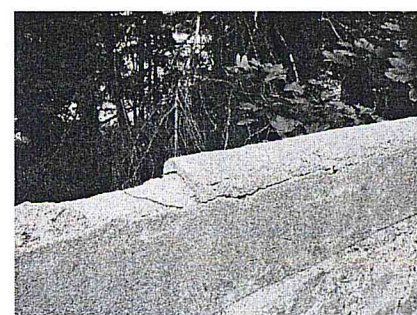
P1130892



P1130893



P1130894



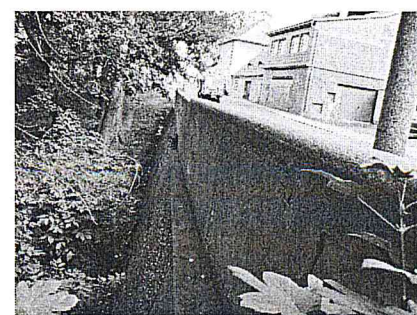
P1130895



P1130896



P1130897



P1130898



STAVIČENÍ 2 →
P1130899



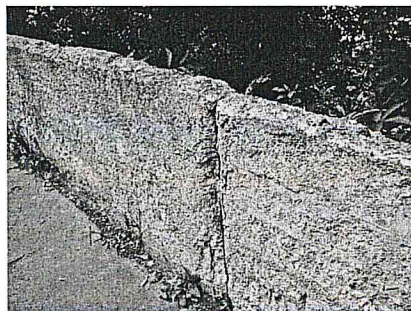
P1130900



P1130901



P1130902



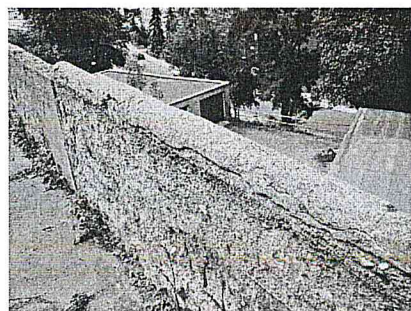
P1130903



P1130904



P1130905



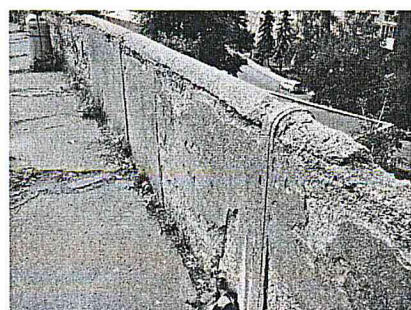
P1130906



P1130907



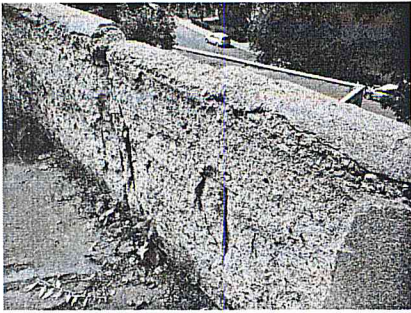
P1130908



P1130909



P1130910



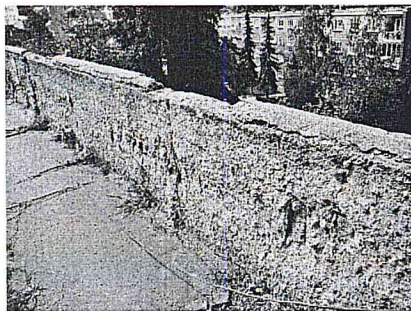
P1130911



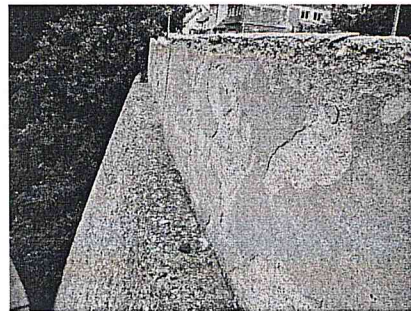
P1130912



P1130913



P1130914



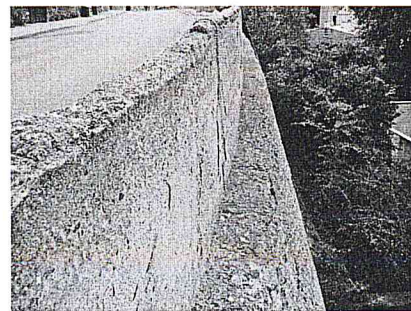
P1130915



P1130916



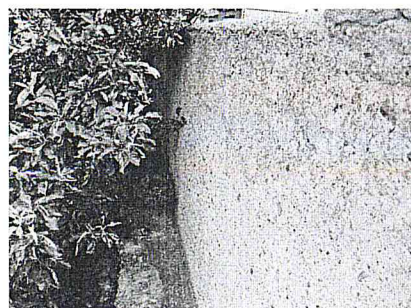
P1130917



P1130918



P1130919



P1130920



P1130921



P1130922



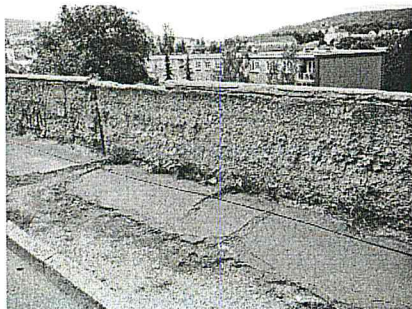
P1130923



P1130924



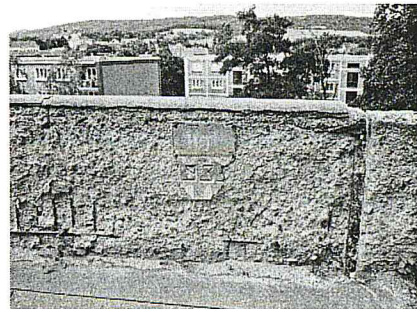
STANICEŇ 3 →
P1130925



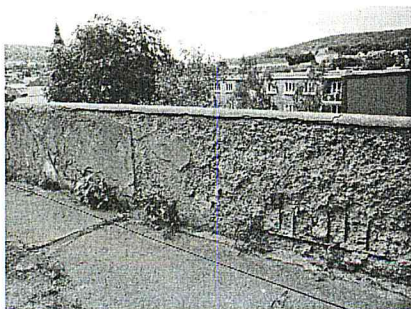
P1130926



P1130927



P1130928



P1130929



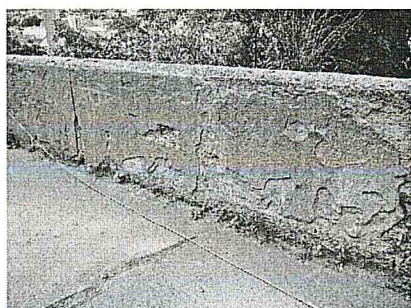
P1130930



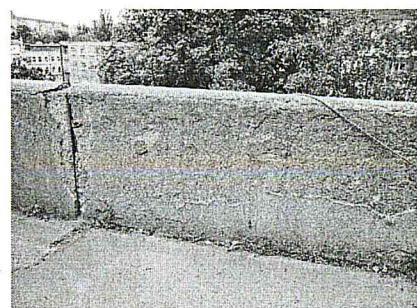
P1130931



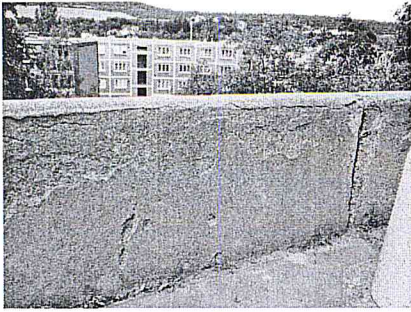
P1130932



P1130933



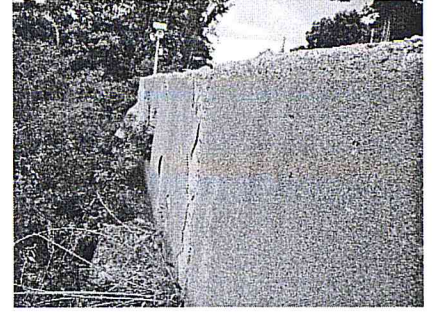
P1130934



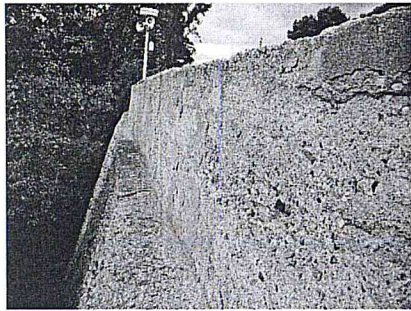
P1130935



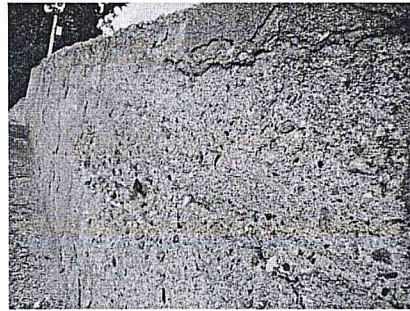
P1130936



P1130937



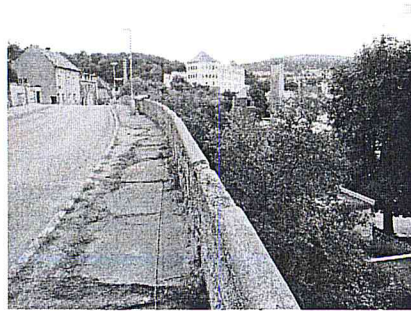
P1130938



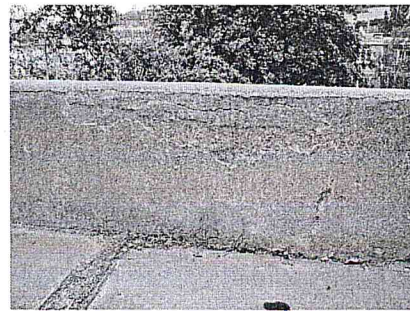
P1130939



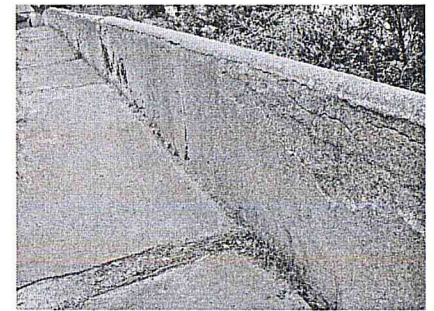
P1130940



P1130941



P1130942



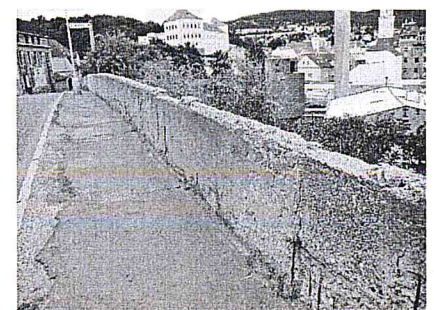
P1130943



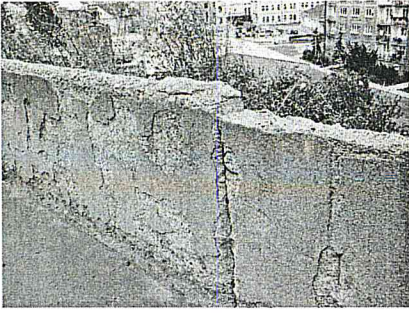
P1130944



P1130945



P1130946



P1130947



P1130948



P1130949



P1130950



P1130951



P1130952



P1130953



P1130954



P1130955



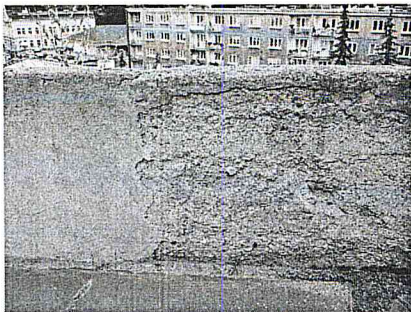
P1130956



P1130957



P1130958

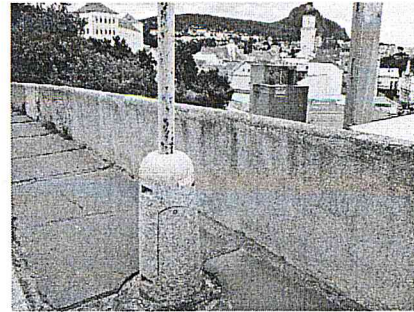


stained 5 →

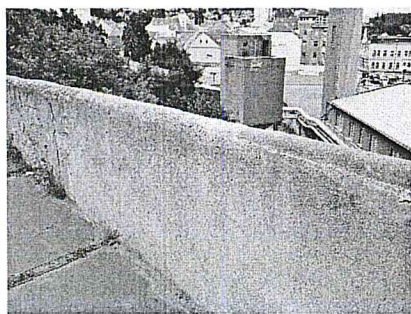
P1130959



P1130960



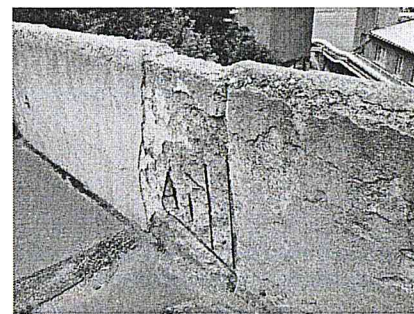
P1130961



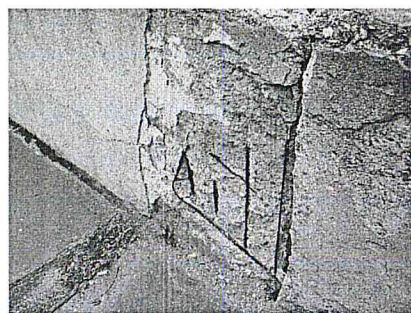
P1130962



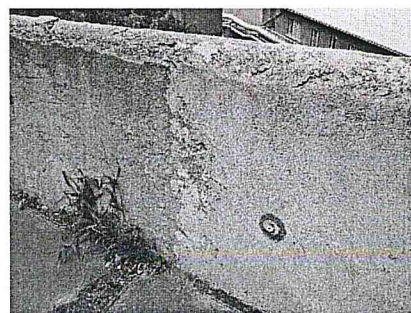
P1130963



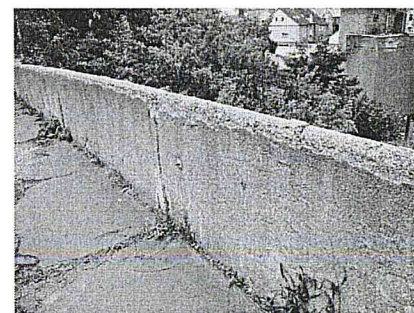
P1130964



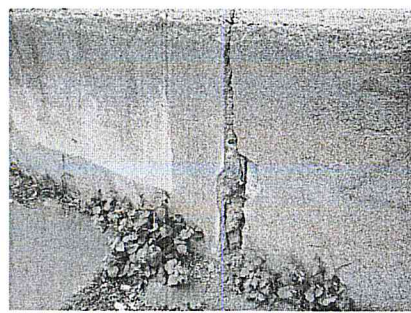
P1130965



P1130966



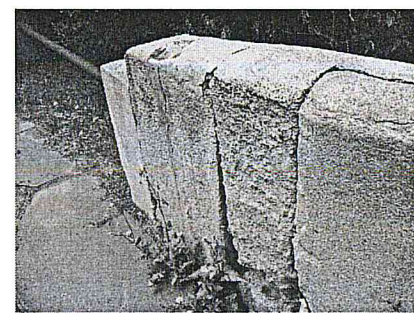
P1130967



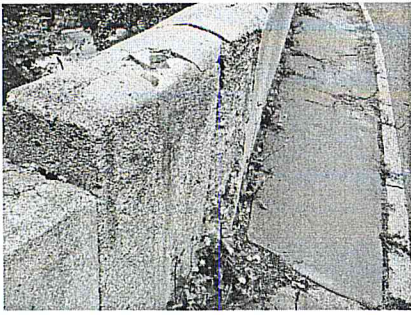
P1130968



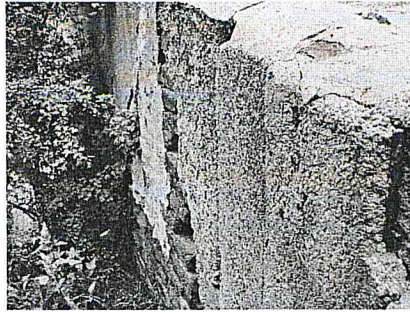
P1130969



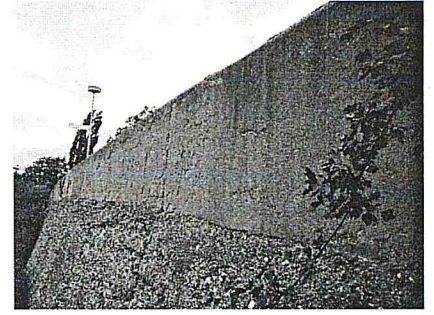
P1130970



P1130971



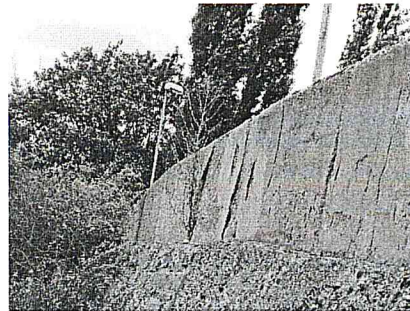
P1130972



P1130973



P1130974



P1130975



P1130976

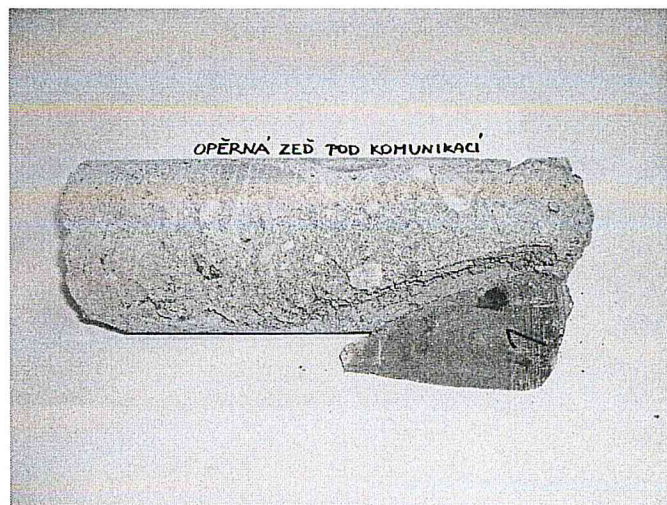


P1130977

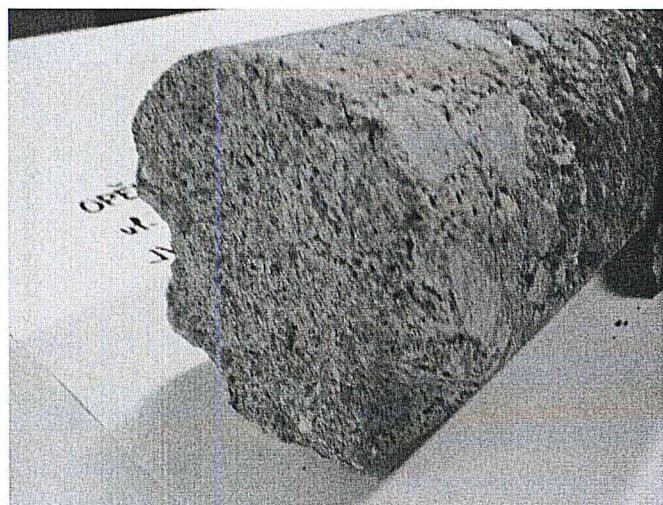
**Fotografie jádrových vývrtů odebraných z opěrné zdi
Opěrná zeď pod komunikací - Bílina**



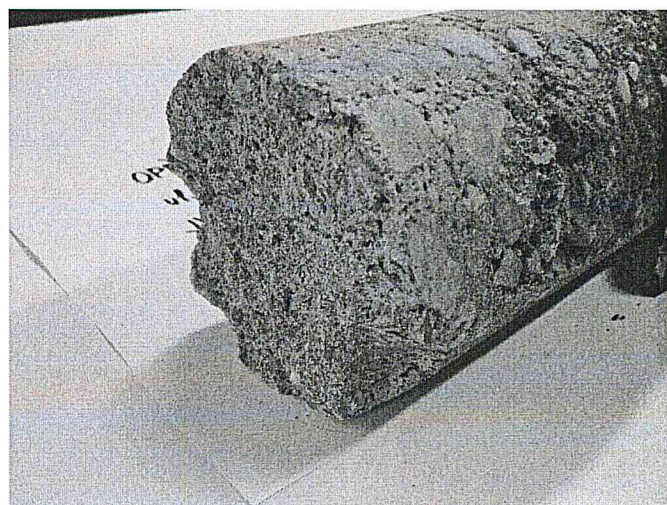
P1140019



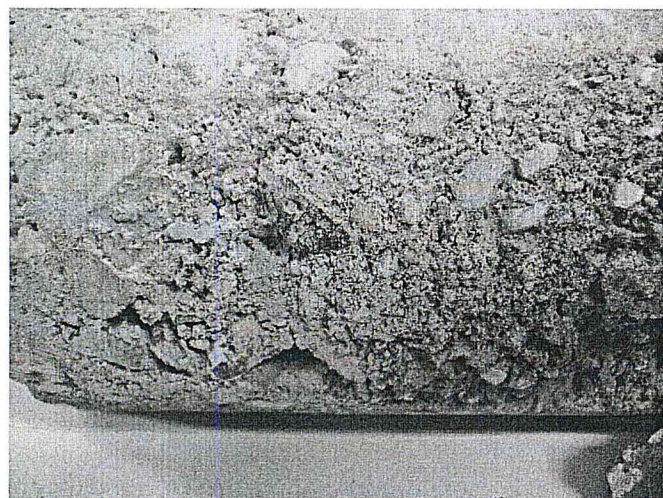
P1140020



P1140021



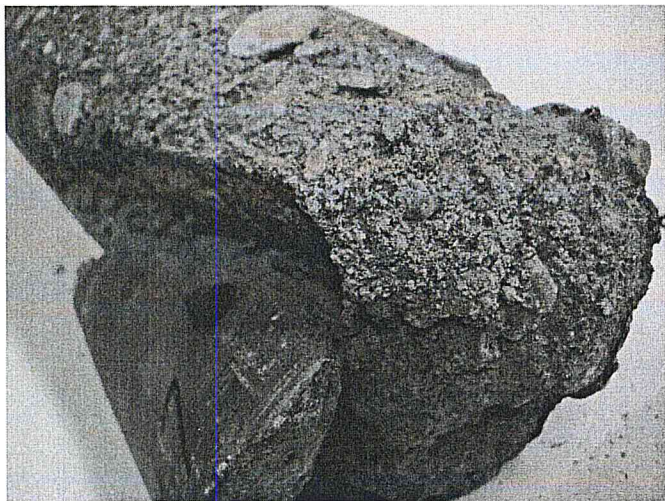
P1140022



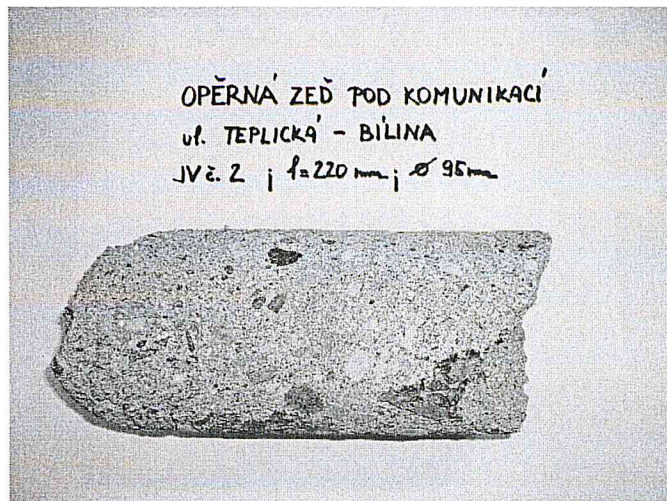
P1140023



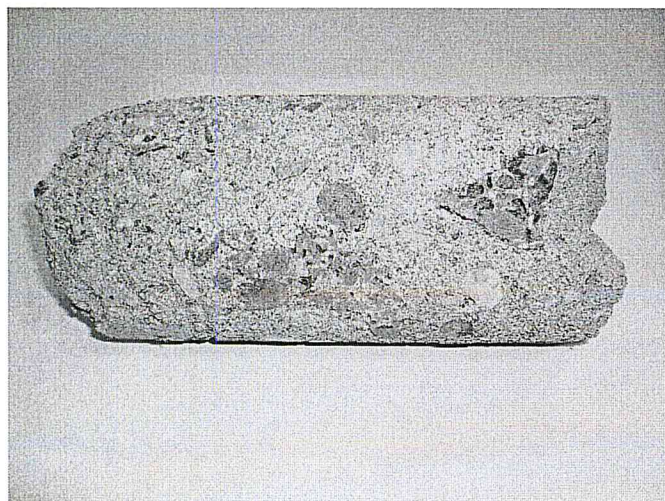
P1140024



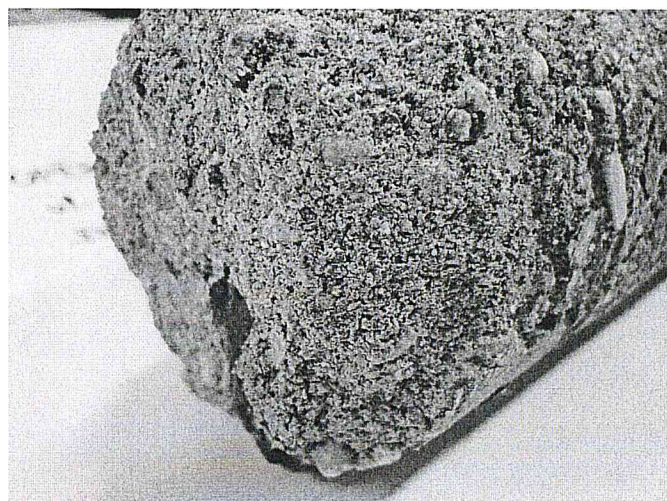
P1140025



P1140026



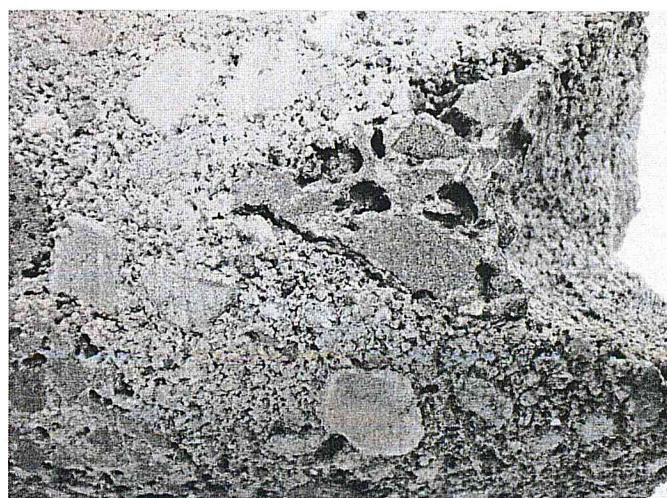
P1140027



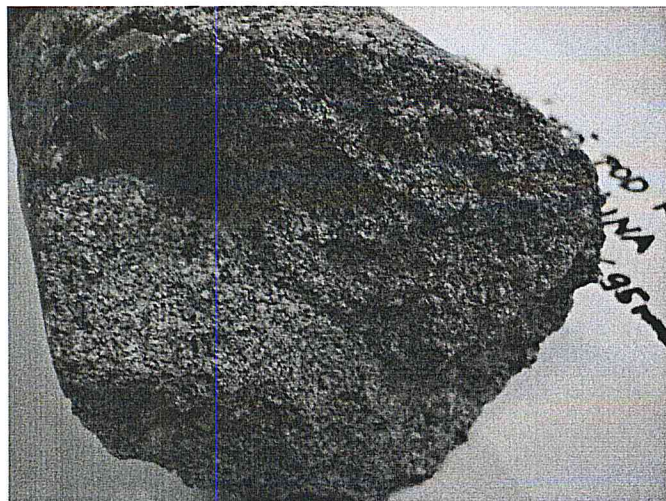
P1140028



P1140029



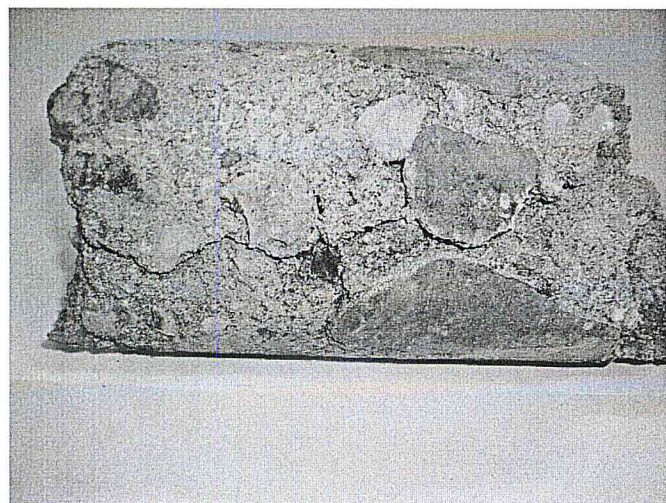
P1140030



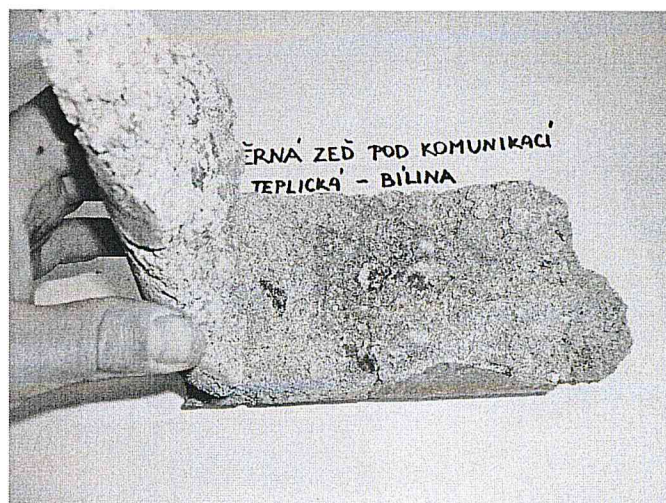
P1140031



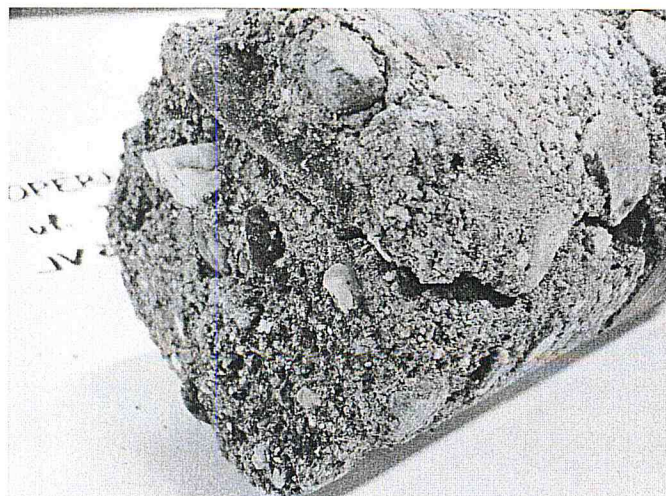
P1140032



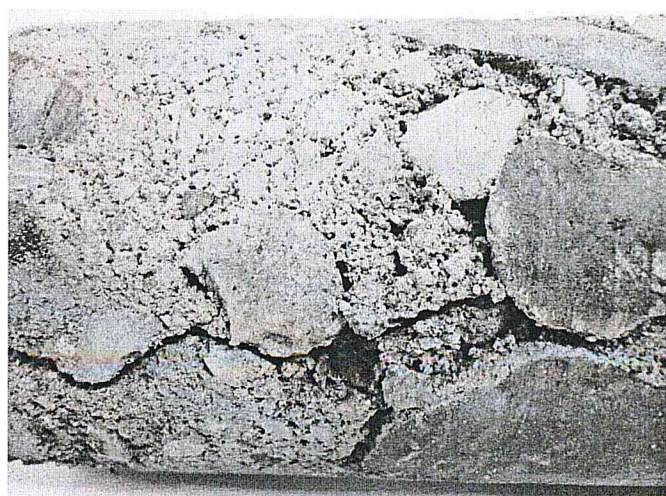
P1140033



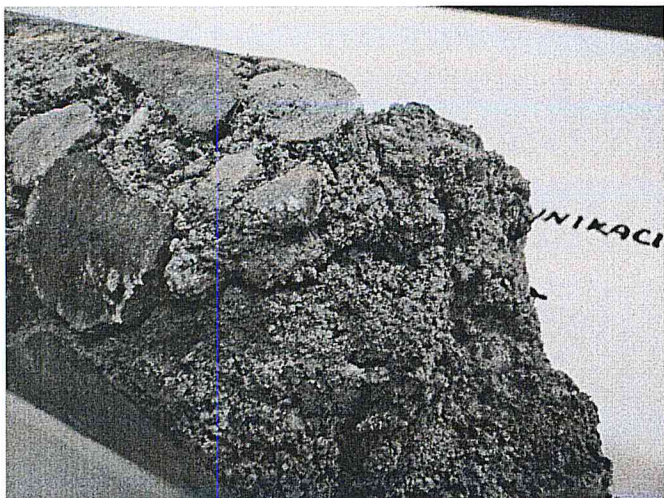
P1140034



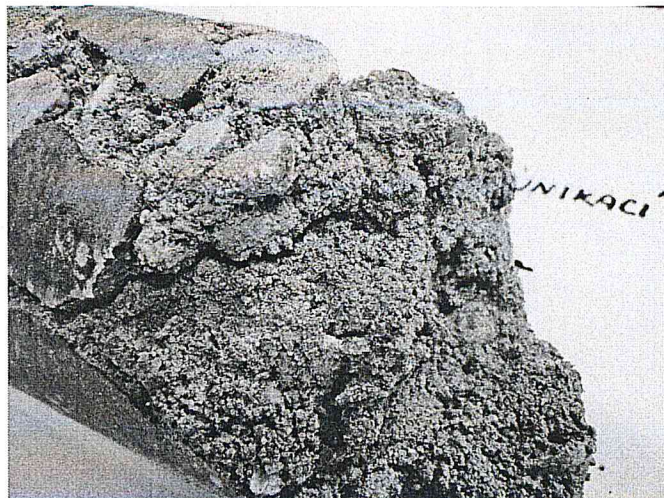
P1140035



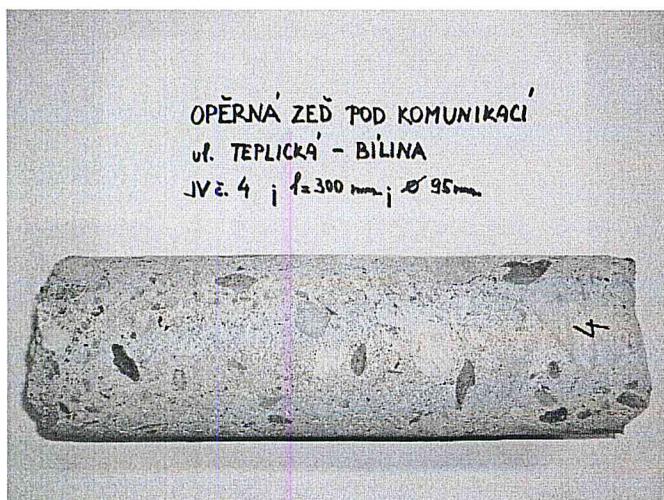
P1140036



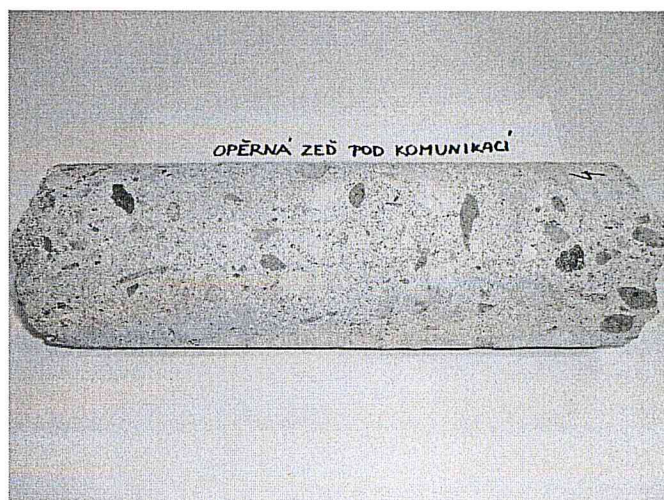
P1140037



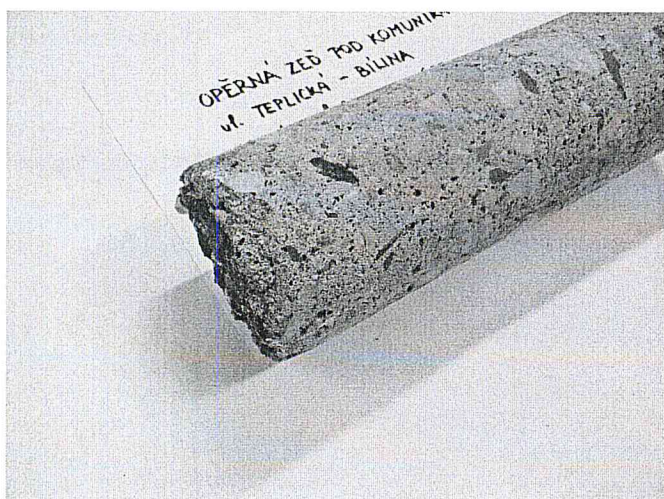
P1140038



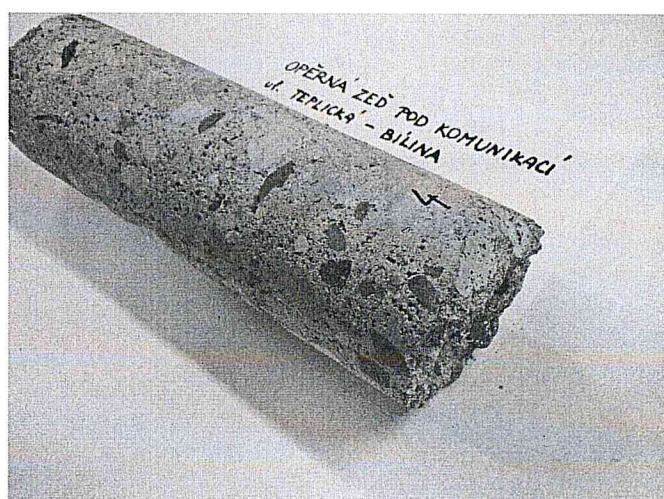
P1140039



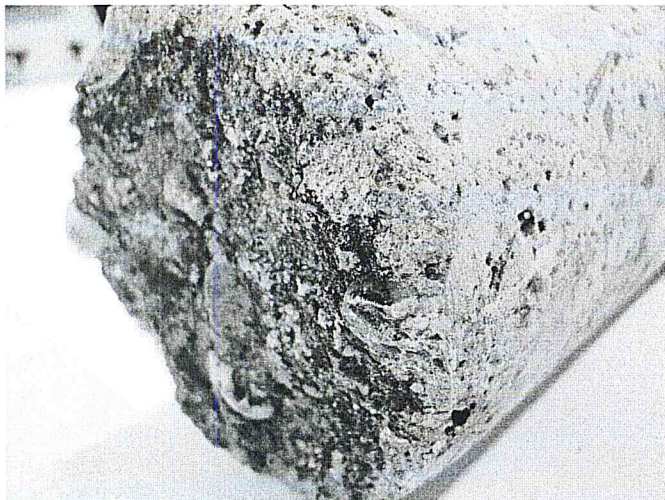
P1140040



P1140041



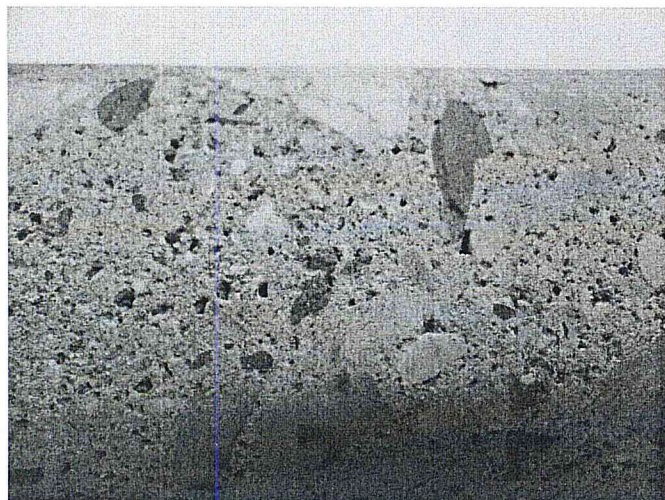
P1140042



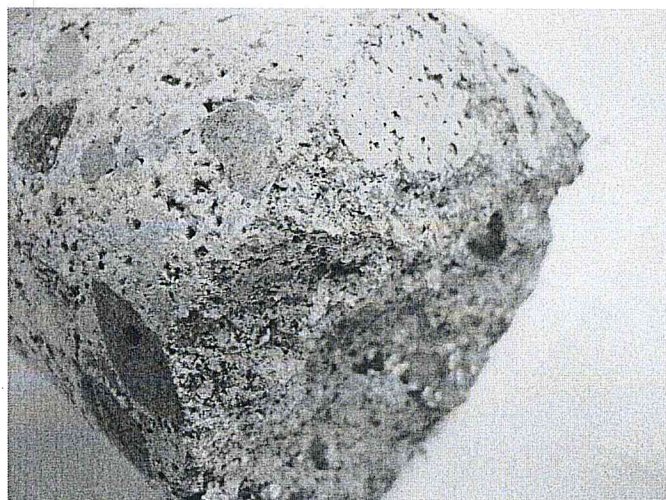
P1140043



P1140044



P1140045



P1140046