

**Znalecký posudek  
o poruchách podlah v objektu monoblok stavby**



**39 + 36 stran**

**12. 5. 1985 + 23. 9. 1985**

12.5.85  
čj. 2116/245/84

**Znalecký posudek  
o poruchách podlah v objektu Kozubloz stavby**

Objednatel **[redacted]** č. 37/7/84  
se dne 3. 2. 1985 byl jsem podílník a podílní znaleckého  
posudku o poruchách plastbetonových podlah v objektu Ko-  
zubloz stavby Farmaceutický pavilon.

Prohlídka na místě a odběr vzorků pro chemické ana-  
lyzy jsem provedl dne 29. 3. 1985 za přítomnosti účastníků:

- uživatel **[redacted]** - Ing. Mich. Bažury,  
zást. inv. náměstka  
- Fr. Hecery, inv. re-  
ferent
- investora /Společnost/ - Ing. Fr. Halík, ved. odd. realizace  
investic, referent  
- Vl. Javornický,
- dodavatele stavby /Přístav/  
povrch úprav /sív. 1/  
stř. povrch. úprav /sív. 1/  
- S. Partla, ved. stř.  
- S. Četvřák, býv. ved.  
- S. Šankay, stavbyve-  
douchého ŘSV n.p. Přístav /sív. 2/

Objednatel žádal o co nejobjektivnější zjištění příčin poruch, včetně podrobných chemických analýz podlahoviny. Souhlasil proto s přizváním konzultanta - specialisty analitika. S ohledem na dlouhý termín provedení analýz žádal objednat předání posudku ve dvou částech:

✓  
✓  
první část, obsahující nepochybné závěry, s dodáním v nejbližším termínu, aby mohly být zahájeny rekonstrukční práce a přijata potřebná opatření ke zlepšení kvality dodávky podlahoviny;  
druhou část, ve které na základě výsledků provedených analýz budou specifikovány příčiny vznikajících poruch.

Uživatelem byly poskytnuty znalci tyto podklady:

- prováděcí plány č. zak. 03-505/68/4-26 Zdravoprojektu Bratislava
- č. V/2 - Farmaceutický pavilon - 2. stavba, objekt č. 1 - monoblok, půdorys suterénu - II. kvadrant z II. 1981 /včetně změn až I. 1981/
- č. V/5 dtto, půdorys přízemí - I. kvadrant z II. 1981 /včetně změn až II. 1981/
- č. V/6 dtto, půdorys přízemí - II. kvadrant bezdata
- č. V/23 dtto, půdorys přízemí skladu hot. výrobků z II. 1979 /včetně změn až XI. 1979/
- č. V/38 dtto, půdorys I. poschodí skladu hotových výrobků.
- č. V/8 dtto, půdorys přízemí - IV. kvadrant z II. 1978 /včetně změn až do II. 1981/
- č. V/7 dtto, půdorys přízemí - III. kvadrant z II. 1978 /včetně změn až do II. 1981/
- č. V/4 dtto, půdorys suterénu - IV. kvadrant z II. 1978 /včetně změn až II. 1981/

- ✓
- č. V/3A, dtto, půdorys suterénu - III. kvadrant z II. 1978 /včetně změn až II. 1981/
  - č. V/51, dtto, řez B - E' z I. 1978 /včetně změny z V. 1978/
  - č. V/38, dtto, půdorys I. poschodí skla du hotov. výrobků z II. 1978.
  - č. V/41, dtto, dilatace podlah a stropů z II. 1978 /včetně změny z VI. 78/
  - č. 73a, dtto, tabulka podlah č. 2 z II. 1978
  - č. V/73A, dtto, tabulka podlah č. 1 z II. 1978 /včetně změn až VIII. 78/
  - č. 73b, dtto, tabulka podlah č. 3 bez data /se změnou z VI. 78/

Technická zpráva pro objekt č. 1 - monoblok z IV. 1978

- Znalecký posudek Ing. Lad. Bystričského "Příčiny rozrušování plastbetonové podlahy na Farmaceutickém pavilonu Hlohovec, objekt Monoblok a návrh na opravu", vyžádaný np. Priemstav Bratislava, podn. řed., ze 16. 11. 1984.
- Závazný technologický předpis č. 13 n.p. Priemstav Bratislava "Plastbetonová podlaha z polyesterových živic" z X. 1976.
- Zápis investora stavebního deníku týkající se provádění podlahovin / 4 str./.

Nebyly předloženy protokoly o kontrolních skouškových pevnosti podkladních betonů pod podlahovinu, které investor nemá k dispozici.

Nebyl předložen časový postup prací /kladení betonového podkladu, úprava podložky pro podlahovinu, kladení plastbetonové podlahoviny/, který nelze ze stavebních deníků zpětně zjistit /záznamy vedené bez specifikace místa, na kterém byly ty které práce prováděny/. Výjimkou jsou zápisy investora /19. 6. 81, 8. 11. 82,

18. 11. 82 týkajících se II. kvadrantu - suterénu/.

VV  
Nebyl předložen ani záznam o datu vzniku a popisu poruch podlahovin ani data a způsobu oprav /není ve stavebním deníku obsaženo/. Výjimku tvoří opět pouze záznamy investora o poruchách v suterénu II. kvadrantu /19. 6. 81, 8. 12. 1982, 20. 3. 84, 26. 4. 84/.

Dne 17. 4. 1985 požádal telefonicky znalec n.p. Priemstav o odběr a uchování vzorků surovin, které bude v dalších pracích při kladení podlahovin na ucelených plochách n.p. Priemstav používat, aby mohlo být později v případě poruchy podlahoviny hodnoceno jejich složení ve vztahu k technologickým podmínkám jejich dodavatelů. Současně byl požádán zástupce investora o účast při odběru, označení, zapečetění a uložení těchto vzorků. *Děním publikován těchto jím uchovánil 16.4.1985.*

## N á l e z

### Projekt

Objekt č. 1 - Monoblok, Farmaceutický pavilon je složen ze 4 výrobních kvadrantů a dvou skladových bloků o dvou podlažích. Suterény slouží pro sklady a pomocné provozy, v přízemí jsou výrobní prostory. Hlavní nosnou konstrukcí spodní části je montovaný průmyslový skelet ZIPP - Bratislava, horní část je tvořena železobetonovou typovou konstrukcí jednopodlažních hal o modulu 12 x 18 m.

V suterénu na podkladním betonu na štěrkovém násypu o tl. 40 cm je uložena podle projektu vodotěsná izolace /tav. izolace proti zemní vlhkosti podle pol. 8 kap. I. Technické správy pro-

jektu o změně tlakové izolace/. Izolace "proti zemní vlhkosti" byla navržena ve složení 2x Sklobit /Np, ASTPS, ASTPS/ do hloubky -530, pod kótou -530 tlaková izolace ve složení 3x Sklobit /Np, ASTPS, ASTPS, ASTPS/. Půzemní voda nevytváří souvislou hladinu, není pod tlakem a jejím zdrojem jsou atmosférické srážky. Odvedení této vody je zajištěno systémem drenáží, vsáknutosti je zabráněno souvislou štěrkovou poduškou. Soubor těchto opatření plně zabezpečuje stavbu proti pronikání vlhkosti do konstrukčních částí. Na izolaci je betonová mazanina tl. 4 cm a dále železobetonová deska tl. 15 cm /kóta - 510/. Na konstrukci podlahy zbývá 10 cm, přičemž většinou byla navržena plastbetonová podlahovina Betoplast 2,0 cm na betonové mazanině B 250 tl. 8 cm, armované síťovinou  $\varnothing/4$  mm s oky 20 x 20 cm.

V přízemí je podlaha navržena jako vodotěsná. Na prefabrikovaných železobetonových panelech je uložena ke zmonolitnění konstrukce vrstva 4 cm betonu. Na něm je vodotěsná izolace /2x IPa/, podkladní betonová mazanina vyztužená pletivem a vlastní podlahovina, většinou plastbeton v tl. 2 cm, 2,5 cm nebo 4 cm, v menších plochách Fortit a jiné podlahoviny /dlažba, PVC atd./. Celková tloušťka konstrukce podlahy /včetně vodotěsné izolace/ je podle projektu 11 cm, takže na podkladní beton zbývá 6,5 - 8,5 cm. Výjimku tvoří skladba B 30, kde pod 2 cm plastbetonu jsou 3 cm betonu s vyztužnou sítí.

Plastbetonová podlahovina není v projektu podrobně specifikována s ohledem na to, že předpokládá použití Betoplastu, tj. podlahoviny z polyesterového plastbetonu np. Armabeton, pro níž platí vyčerpávající technologický předpis. Rozdíly jsou

/prostupy, guly, vrata atd./ . Ani technologický předpis č. 13 n.p. Priemstav se o těchto opatřeních nezmiňuje.

### Provádění podlah

Plastbetonové podlahoviny byly prováděny na bazi různých polyesterových pryskyřic, tj. ChS Polyester 104 a 200, pojivo B 1102, Terodur A, Patix 225. Technologické předpisy pro podlahy z jiných pryskyřic než ChS Polyester 104 a 200 nebyly předloženy /viz též zápis investora ve stav. deníku z 23. 6. 81, 19. 11. 82, 4. 11. 83, 20. 3. 84/. Některé opravy podlahovin byly prováděny plastbetonem na bazi epoxidové pryskyřice z Retenolu 1. Rovněž o této podlahovině nebyl předložen technologický předpis. Podlahy jsou prováděny ještě před ukončením ostatních stavebních a montážních prací /viz též zápis investora ve stav. deníku ze dne 19. 6. 81, 18. 11. 82/.

Beton podložky není ofrézován, kvalita betonu není prokázána a je na řadě míst zřejmě a jednoznačně nižší, než požadovaná. Údajné opískování neodstranilo nesoudržnou povrchovou vrstvu betonu. Rovinnost podlahy neodpovídá předepsaným požadavkům. V některých místech není splněna podmínka minimální tloušťky podložky a podložka je nespojena s podkladním betonem /viz též zápisy investora ve stav. deníku z 8. 4. 81, 22. 5. 81, 17. 6. 81, 19. 6. 81, 21. 6. 83, 8. 9. 83, 20. 3. 84, 26. 4. 84/. V některých místech byla kladena na podložku o které mohlo být oprávněně předpokládáno, že nespĺňuje požadavky na suchost a zkoušky suchosti <sup>ne</sup> byly provedeny /viz též zápis investora ve stav. deníku z 24. 5. 84/.

v tloušťkách. Podlahovina Betoplast je zásadně dodávána v tloušťce min. 23 mm /viz techn. podmínky z ledna 1977/. V technické správě projektu jsou obsaženy některé požadavky na podložku /betonovou mazaninu/, tj. rovinnost s max. odchylkou  $\pm$  3 mm na 2 m délky, povrch bez cementového mléka, prasklin, hlazený dřevěným hladítkem, pevnost betonu 25 MPa. V technické správě ani jinde v projektu nejsou navržena opatření k dosažení technologickým předpisem předepsaných povrchových vlastností podložky /ofrézování, opískování, vysátí/, ani zkoušky k ověření žádaných vlastností.

Dodavatel betonové podložky byl Priemstav, závod 9, dodavatelem podlahoviny rovněž Priemstav, závod 9. Namísto podlahoviny Betoplast np. Armabeton měla proto být provedena obdobná podlahovina podle technol. předpisu č. 13 n.p. Priemstav z října 1976 "Plastbetonová podlaha z polyesterových živic", u níž není specifikována její tloušťka. Tento technologický předpis je částečnou kopií staršího technologického předpisu n.p. Armabeton z června 1973 na podlahu Betoplast a nejsou v něm obsaženy pozdější poznatky, zvyšující spolehlivost podlahy /viz technologický předpis n.p. Armabeton "Podlahy ze syntetických pryskyřic" z ledna 1979, směrná technicko organizační norma 106 z r. 1983 "Plastbetonová podlahovina z pojiva B 1102", Technické podmínky n.p. Armabeton z ledna 1977 "Betoplast, podlahy s polyesterového plastbetonu". a směrná technicko-organizační norma 59 z roku 1975 "Podlahovina plastbeton"/.

Detaily projektu u dilatací nejsou z hlediska plastbetonové podlahoviny vhodně řešeny /chybí zejména lemující úhelník/, nejsou řešeny detaily ani u různých jiných ukončení podlahoviny



Podlahovina sama má různou tloušťku ve celku i jednotlivých vrstev. Minimální zjištěná tloušťka podlahoviny byla 8 mm, maximální 35 mm. Tloušťka povrchové vrstvy je 1 - 20 mm /viz např. foto 1/.

Olemování podlahoviny úhelníky u dilatací, postupů a všech ukončení není provedeno, ani není provedeno zesílení podlahoviny v těchto místech /viz též zápis investora ve stav. deníku z 8. 11. 82, 17. 5. 84/.

### Poruchy podlahoviny

Na různých místech objektu vznikly postupně, v různém časovém odstupu od dokončení podlahovin, různé poruchy. Na některých místech byla porušená podlahovina odstraněna a provedena stejným způsobem znovu, přičemž v některých případech se vznik závad opakoval, v jiných nákoliv.

Stručná charakteristika stavu podlahovin v celém objektu ke dni 10. 4. 85 je uvedena dále.

### Přízemí

Chodba 192 /mezi kvadrantem I. a skladem hotových výrobků/ - v celém rozsahu porušení nepravidelnými trhlinami, <sup>(obr. 2)</sup> trhlina-  
mi v místě dilatace /obr. 3/ a místy se zcela porušenou /rozdrobenou/ podlahovinou /obr. 4/. Podkladní beton podložky, pokud je přístupný na porušených místech podlahoviny, je drobnivý, prašný, podle subjektivního hodnocení znalce s podstatně nižší pevností než předepsaných 25 MPa, špatně ošetřovaný v době tvrdnutí a dutě znějící.

Sh. 1  
Náhodně odebrané vzorky podlahoviny ukazují nerovnoměrnou tloušťku povrchové vrstvy podlahoviny v rozmezí 1 - 20 mm



Sh. 2  
Nepřavidelné trhliny v podlahovině v chodbě 192

Na počátku chodby /křížení s chodbou 193/ byla položena po odstranění dosavadní podlahoviny 14. 4. 85 nová v rozsahu cca 5 x 5 m. V rohu kvadrantu byl přitom ponechán zbytek staré podlahoviny, kterou probíhá diagonální trhlinka. Odstraněná podlahovina z tohoto místa neměla správnou skladbu /malá vrstva plastbetonu, tloušťka povrchové vrstvy až 20 mm/ a nebyla přilnutá k betonu.

Porušená podlahovina kolem dilatace byla vyříznuta a znovu položena bez ukončení šhelafky.

Uprostřed chodby /v blízkosti sloupu I-10/ byl odebrán vzorek podlahoviny č. 2 k laboratornímu vyšetření.

Prostory výroby mastí /I. kvadrant/ - podlahovina je na velké ploše /141 + 173/ bez větších poruch. Zjištěna byla dutě znějící místa u vrat z chodby 192 do 141 a 173, zatím bez viditelných poruch. V místnosti 166 /linka subních past/ začíná vznikat od rohu čtvercového kanálku diagonální trhlinka. Do kanálku je stálý přívod vody, voda zatéká do konstrukce podlahy a prosakuje do suterénu. Podobné poruchy byly konstatovány i u dalších kanálků, přičemž u některých se podlahovina u trhliny začíná zdvihát. Zatékáním vody trhlinami do podlahy může být vyvolána hydrolyza plastbetonu v okolí.

V místnosti pro rozehvívání mastí před rozehvívacími boxy je podlahovina poměrně značně a trvale tepelně namáhána. Navíc zde je podlahovina ukončována u různých, na úroveň podlahy vystupujících základů a začínají se objevovat poruchy /trhliny/.

Chodba 198 mezi II. a IV. kvadrantem - na řadě míst podlahovina popraskaná, povrchová vrstva propadlá, rozdrobená, u trhlin

se miskovitě zdvíhající /obr. 5, 6/. Odebrán vzorek podlahoviny č. 1 k laboratornímu vyšetření. Mezi první a druhou prohlídkou bylo několik polí odřezáno, odstraněn porušený plastbeton a položen nový bez olemování žhelníky. V době druhé prohlídky nově položený plastbeton na některých místech zní dutě, což svědčí o nedobrému spojení s betonem.

Dilatace v křížce chodeb 196 a 197 porušená trhlinami /obr. 7/ se zdvíhající se okrajem.

Chodba mezi II. kvadrantem a skladem hotových výrobků - je bez viditelných poruch, až na okolí dveří do II. kvadrantu /100/; na některých místech zní na poklep dutě.

IV. kvadrant /tablety/, č. 10 - 89 - na velké ploše bez viditelných poruch. Podlahy zde byly položeny před ukončením ostatních stavebních a montážních prací. V místnosti 74 příčné trhliny vycházející od každého sloupu a u vrat. V místnosti 75 šikmá široká trhlina se nazdvihujícími se konci. Je zřejmé, že plastbeton byl kladen na nečištěnou podložku.

V kvadrantu III najsou ještě podlahoviny položeny na všech plochách. V místnosti 32, kde se na části plochy projeví poruchy byla provedena oprava stržením části plochy a uložení nové podlahoviny.

V místnosti 22 u vstupu do 28 - trhliny u dveří. Zjištěna nadměrná tloušťka povrchové vrstvy a malá tloušťka plastbetonu.

V místnostech s dosud nepoloženou podlahovinou konstatovány velmi špatné betony podložky, s relativně snadno odstranitelnou

vrstvou v tloušťce několika milimetrů, pokryté až 1 cm tlustou vrstvou prachu.

Ve střední části místnosti 20 byl plastbeton, který byl zcela změkklý, odbourán. Sondou do zdánlivě zdravé části na okraji místnosti bylo zjištěno, že zcela změkklý plastbeton je pod povrchovou vrstvou v celé místnosti.

Ve skladu hotových výrobků v expedici /224/ u vrat mezi sloupy 9 a 10 je rozpadlé místo, /obr. 18/ od něhož postupují trhliny dvěma směry. Další trhlina postupuje napříč expedicí od okraje vrat středem pole, další dvě trhliny přes celou šířku místnosti /šířky až 2 mm, se zdvihajícími se konci/ probíhají blíže k sloupu 8 a 11. V poli 9-10 odebrán vzorek podlahoviny č. 4 k laboratornímu rozboru. <sup>(obr. 9)</sup> Vstup 220 a ostatní plochy bez viditelných poruch.



Obr. 18  
3 Trhlina v místě dilatace v chodbě 192



Zcela porušená podlahovina na rôznych miestach chodby 192



Propadlá povrchová vrstva, rozdrobený plastbeton i podložka na chodbe 198



ob. 6

Nepravidelné trhliny v podlahovine v chodbě 198 s nisko-  
vitě se zdvihajícími okraji



U nesprávně provedené dilatace v křížení chodeb 196  
a 197 se okraje podlahoviny zdvihají

ob. 7



ok. 8

Rozpadlé místo v podlahovině v expedici /224/



Porušená podlahovina v expedici /224/

ok. 9



Ve dveřích mezi 226 a 192 dvojitá trhlina, další rovnoběžná trhlina nad dilatací. Dilatace není v podlahovině přiznána a rovněž spodní rám dveří je překryt podlahovinou.

Ve skladu 225 v blízkosti dilatace 5" - 5 vlasová trhlina. U vrat do 192 trhlina v dilataci a ve vratech. Ostatní plochy jsou bez viditelných poruch.

### I. patro

V místnosti 372 nejsou dilatace /5" - 5/ upravené uhelníkem a podlahovina je oddělena na obě strany od dilatace do vzdálenosti cca 20 cm /autý zvuk/. V lokální poruše v okolí sloupu 10 je podlahovina zcela oddělena od betonu /obr. 11/<sup>10</sup> asi do poloviny šířky místnosti. Od této poruchy a sousedních sloupů 9 a 10 probíhají trhliny od vnější zdi k místnosti 225. Na jiném místě je lokální porucha /rozdrobení/ na ploše cca 20 x 20 cm. Ostatní plochy bez viditelných poruch.

### Suterén

Ve IV. kvadrantu v místnosti 603 byla odřiznuta a odstraněna na části plochy podlahovina, aby mohla být instalována zapomenutá váha. Plastbeton nebyl k betonu přilnut, podložka nebyla před pokládáním podlahoviny zbavena nepevných a rozvolněných částí. S malým úsilím lze odstranit z odhalené podložky několik milimetrů tlustou nepevnou vrstvu betonu. Spodní část plastbetonu v odbourané části má výrazně odlišné zbarvení než horní část a je měkká. Ostatní plochy bez viditelné poruchy.

Ve II. kvadrantu ve skladu skla 570 došlo na několika mís-

tech, vždy v ploše několika m<sup>2</sup> k místnímu porušení, potrhání povrchové vrstvy, příp. jejímu proražení /viz též zápis investora ve stav. deníku z 8. 12. 82, 26. 4. 82/. Plastbeton pod povrchovou vrstvou byl měkký, rozpadavý. V blízkosti opravovaného místa /vyříznutím a nanesením nového plastbetonu na bási Retenolu 1/ byl odebrán vzorek č. 3 k laboratornímu vyšetření /obr. 12/ a vzorek betonu podložky č. 5 ke zjištění obsahu vlhkosti. Nově nanesený plastbeton /v době první prohlídky/ byl nepevný, snadno rozvolnitelný /obr. 13/. Byl proto znovu odstraněn a uložen nový. Povrchová vrstva byla rovněž provedena z Retenolu 1.

Ve III. kvadrantu plochy bez viditelných poruch s výjimkou místně oduté místo v místnosti 522, údajně v místě, kde je pouze 4 cm betonové mazaniny na podkladním betonu. Je pravděpodobné, že obě vrstvy betonu nejsou spojeny.

Isolace proti spodní vodě /2x Sklobit/ je dostatečná, pokud byla provedena bez přerušení i v místě kanálů nebo jiných přerušení souvislých ploch.

Na odebraném vzorku betonu v suterénu v místnosti 570 v poli R-R-15-16 v blízkosti porušené podlahoviny byla zjištěna vlhkost 6,15%. Uvažuje-li se rovnovážná vlhkost 4% a tloušťka betonu až k provedené izolaci proti zemní vlhkosti 18 cm, je obsah vody, která může volně v betonu migrovat cca 4 l vody na 1 m<sup>2</sup> podlahové plochy.

#### Celkové hodnocení

Plocha porušených podlahovin činí cca 7% - 10% celkové plochy plastbetonových podlahovin provedených na objektu. Poruchy



Vokální porucha podlahoviny /oddělení od betonu/  
v místnosti 332



Odebrání vzorku z podlahoviny v blízkosti opravovaného  
místa ve skladu skla 570

St. 10



Obr. 12 Znovu položený plastbeton v místnosti 570/bez povrchové vrstvy/ nepevný

vznikající z chybného řešení a provedení detailů zaujíme-  
jí sice zatím jen malou plochu, mohou však být příčinou roz-  
sáhlých poruch později /hydrolyza, postupné oddělování od be-  
tonu atd./.

Výsledky laboratorních vyšetřování budou podle dohody  
s objednatelem posudku obsaženy v dodatku tohoto posudku.

K postupnému přibývání vlhkosti v betonu pod podlahovinou  
v důsledku vlhkostipodloží by mohlo dojít pouze při porušení  
nebo jiné necelistvosti izolace a současně nepříznivém /nega-  
tivním/ teplotním spádu v celém podlahovém systému. Při trvale  
pozitivním teplotním spádu /s klesající teplotou od podlaho-  
viny k základové spáře/ může naopak za uvedených podmínek do-  
cházet k postupnému vysychání podkladního betonu. K průniku  
tlakové vody do podlahy by ovšem mohlo dojít při necelistvosti  
izolace za jakýchkoli teplotních poměrů.

#### Stanovisko investora

Investor v rámci dozoru zaujal vícekrát stanovisko k pro-  
vádění podlah, jak vyplývá ze zápisů ve stavebních denících,  
např.:

8.4. 1981

Technické podmínky na kladení podlah z betoplastu požadu-  
jí, aby podkladní beton byl zbavený cementového mléka, které  
vystoupí na povrch po urovnání. Preto je potrebné, aby po zavád-  
nutí bol beton zatretý hladidlom.

22. 5. 1981

Dalej investor znovu požaduje, aby VDS zabezpečil požiadav-  
ky na kladenie podlah z betoplastu, t.j. odstránil cementové mlie-

ko z podkladného betónu buď zatretím povrchu zaváňajúceho betónu, alebo pomocou oceľových kartáčov dodatočne.

17. 6. 1981

Investor Malej požaduje, aby VDS zabezpečil odstránenie cementového mlieka z podkladného betónu pod podlahy z betoplastu.

19. 6. 1981

Vzhľadom na to, že VDS do dnešného dňa ani nezačal na prácach sanitnej inštalácie v I. kvadrante, investor nedoporučuje v týchto priestoroch zahájiť betoplastové podlahy. Investor Malej požaduje odstrániť vytvrdený penetračný náter v II. kv. a penetráciu previesť znovu. Po obvode kvadrantu je potrebné odstrániť vyčnievajúcu lepenku a asfaltové škvrny, aby betoplast neprišiel do styku s asfaltom.

23. 6. 1981

Až do doriešenia investor s okamžitou platnosťou zastavuje kladenie podláh z patixu, nakoľko VP predpisuje betoplast, ktorý má inú skladbu.

26. 5. 1981

Investor pri kontrole na stavbe zistil, že pri tesnení SOP dupronitových priečok sa namiesto DUORETANU používa ASFARETAN S, ktorý obsahuje asfaltovú zložku. Technologické podmienky kladenia podláh z betoplastu na báze polyesterov kladú požiadavku, že betoplast nesmie prísť do styku s asfaltom, lebo asfalt chemicky rozkladá betoplasty. Investor žiada, aby sa previedla taká úprava na priečkach, aby neprišlo k styku betoplastu s asfaretanom.

22. 1. 1982

Zabetónovanie plošín v sklade surovín sa vykoná jednou vrstvou betónu hr. 13 cm, ktorá ktorá bude armovaná sieťovinou podľa VP. Je potrebné zohľadniť požiadavky na kvalitu betónu pre kladenie plastbetónových podláh.

8. 11. 1982

Dňa 6. a 7. 11. 1982 VDS zahájil práce na pokládkach plastbetónových podláh v suteréne II. kvadrantu. Dnešného dňa zástupcovia investora vykonali obhliadku zrealizovaných prác a skonštatovali :

1/ Investor pripomína, že k zahájeniu prác na týchto podlahách neboli splnené požiadavky investora v bode 6. 6 zápisu medzi investorom a VDS, zo dňa 29. 10. 1982 a to:

- ukončenie vyspravenia stropu vrátane opravy latexu
- ako navyše práci náter podhľadu oceľových výmien olejovým náterom
- ukončiť omietky vrátane latexu
- nalepiť soklík s požliabkom
- očistenie regálov od malty a Catexu
- pri projektovaných vstupoch /dverí/ do priestorov, bude betoplast ukončený hliníkovým L profilom, pre napojenie betoplastu po osadení zárubní.

18. 11. 1982

Dňa 15. 11. 1982 VDS obnovil pokládku betoplastových podláh v II. kv. suterén. K tomuto investor má nasledovné pripomienky:

- neboli ukončené vysprávky stropu, stien, vč. latexových náterov

- neboli natreté podhľady oceľových výmen
- lepenie soklíka s požliabkom je nekvalitné a tým vzniknú nerovnosti v podlahe
- je bezpodmienečne nutné ukončiť betoplast na hrane soklíka
- nalepený soklík je značne znečistený penetračným náterom
- poveternostné podmienky nevyhovujú požiadavkám na kladenie betoplastu

19. 11. 1982

Pri obhliadke stavby som zistil, že VDS má dodaný materiál pre plastbetónové podlahy, ktorý nezodpovedá technologickému predpisu podláh. Z toho vyplýva, že VDS neprevádza plastbetónové podlahy ani podľa technologického predpisu, ktorý predložil investorovi a ani podľa technologického predpisu, vydaného ÚRS. Na základe tohoto zistenia investor oznamuje VDS, že za takto prevedené podlahy neprizná a neuhradí splátku.

8. 12. 1982

Zrealizovaná podlaha z betoplastu v II. kvadrante suterén sa odula na viacerých miestach.

21. 6. 1983

Investor znovu upozorňuje VDS, že realizuje podkladné betóny pod betoplast, ktoré nezodpovedajú technickým podmienkam pre kladenie týchto podláh /na betóne je cementové mlieko/.

8. 9. 1983

Investor znovu upozorňuje VDS, že zrealizovaný podkladný betón na chodbe prízemí nezodpovedá podmienkam na kladenie betoplastu. Hlavné nedostatky sú v hrúbke betónu /miestami 1,5-3 cm/



a v tom, že nie je odstránené cementové mlieko.

4. 11. 1983

S okamžitou platnosťou investor zastavuje penetráciu pod betoplast, nakoľko penetrácia, ktorú VDS pripravuje nezodpovedá technologickému predpisu kladenia betoplastu.

20. 3. 1984

Investor upozorňuje VDS, že pred pokládkou betoplastu musí podkladný betón otrieskať a až na takto upravený podklad investor povoľuje zahájiť pokládku betoplastu. V prípade, že VDS betón nešťrieska, investor neuhradí betoplast.

Investor ďalej upozorňuje VDS, že realizovaný betoplast v umývačke skla v sut. II. kv. investor nepreberá, lebo betoplast vykazuje značné znečistenie vyčnievajúcim materiálom.

Avšak hlavnou závadou betoplastu je nedodržaný technologický predpis kladenie podlahoviny. Ako nášlapná vrstva bol použitý PATIX 225, ktorý nezodpovedá techn. predpisu. Na základe toho investor požaduje betoplast prebrúsiť /odstrániť/ vyčnievajúci materiál a znovu preliať jednou vrstvou a predložiť vyjadrenie pracovníkov SSK /OTK/ n.p. Priemstav podnikové riaditeľstvo, že betoplast zodpovedá po kvalitatívnej stránke podmienkam a parametrom kladených na plastbetónové podlahy z polyesterových šivíc.

26. 4. 1984

Investor pri obhliadke stavby zistil, že betoplast v suteréne II. kvadrantu sa odvíja i ďalej od vysekaných miest v podlahe. Za tohoto stavu investor žiada urýchlene účasť pracovníkov SSK

n.p. Priemstav na stavbe, aby sa dohodol - bol určený postup opravy betoplastu. Do toho času je podľa názoru predčasné vy-  
búrané miesta opravovať.

V miestach, kde sa bude klásť v II. kv. betoplast, pod-  
kladný betón nie je priľnutý k žel. bet. doske /čutý zvuk a po-  
klepu/, investor požaduje, aby tento betón bol vybúraný a mies-  
ta dôkladne očistené a až na takýto podklad zabetónovať podklad-  
ný betón.

17. 5. 1984

S okamžitou platnosťou investor zastavuje práce na plast-  
betónových podlahách, nakoľko vykazujú výškové rozdiely oproti  
nalepenému keramickému soklu s pošliabkom 0,5 - 2 cm. Do dorie-  
šenia vzniklého problému nepovoľujem liať nášlapnú vrstvu pod-  
lahoviny.

"Utopení" dilatáciu pri vstupných dverách do m.č. 174 žia-  
dam upevniť na správnu výšku.

24. 5. 1984

Žiadam VDS, aby odstránil zatekanie strechy I. kvadrantu,  
nakoľko na mokré podkladné betóny investor nepovolí klásť beto-  
plastové podlahy.

## P o s u d e k

Vzniklé poruchy na polyesterových podlahovinách lze rozdělit do dvou skupin:

- poruchy vzniklé v důsledku chybných konstrukčních detailů
- poruchy vzniklé v důsledku chybné technologie.

Poruchy vzniklé v důsledku chybných konstrukčních detailů, jako dilatací, přechodů přes kovové prvky, kanálků /gul/ a všech ukončení plastbetonové podlahoviny jsou sice co do plošného rozsahu malé, mohou mít však značně rozsáhlé důsledky. Umožňují jednak vstup škodlivých medií do podkladu /např. odpadové vody, omývací vody s čistícími prostředky atd./, jednak vyvolávají vznik nepříznivě napjatosti zejména v kontaktní spáře s podložkou.

Voda, zejména obohacená alkalickými ionty různého původu, může vyvolat hydrolyzu polyesterového pojiva, která vede ke změknutí plastbetonu, ztrátě jeho pevnosti a soudržnosti s povrchovou vrstvou a následným rozsáhlým poruchám, projevujícím se především vznikem dalších trhlin v povrchové vrstvě a miskovitým zdviháním jejich okrajů. Vznik dalších trhlin umožní vstup vyššího množství medií do podkladu a celý proces porušování se v čase urychluje.

Jakmile vznikne v plastbetonu trhlina, např. v důsledku nerespektované dilatace podkladu nebo dilatujících trhlin v podložce, vzniklých třeba vložením ocelových prvků /zárubní, výstuh/ do podložky, dojde jako u každého ukončení podlahoviny k ostrému nárůstu vodorovných smykových napětí na styku s podložkou, která přestoupí obvykle smykovou pevnost kontaktu a způsobí oddělení podlahoviny od podložky. V důsledku značných vnitřních napětí

v podlahovině od polymeračního smrštění a vlivem nesymetrického průřezu podlahoviny dojde pak k nadzdvihávání okraje, při provozu k odlamování zdvižené části a k posunu kritické oblasti dále od původní poruchy. Tím se porucha tohoto druhu nezadržitelně rozšiřuje do větší a větší oblasti.

Jsou dvě hlavní zásady, které je nezbytné důsledně dodržovat v projektu i při provádění:

- přiznat v podlahovině každou dilatující spáru s ohledem na to, že mezí přetvoření aplikované podlahoviny je velmi nízké
- upravit každé ukončení podlahoviny /včetně všech prostupů, vrat, dveří, styku s jinou podlahovinou/ buď osazením ocelového úhelníku tak, že vodorovné rameno směřuje od spáry k podlahovině a jeho povrch je v úrovni povrchu podlahoviny, nebo lemem zesíleného plastbetonu na min. dvojnásobek tloušťky, tj. 4 cm.

Protože výkres nebo popis těchto důležitých detailů v projektu chybí, nebo jsou detaily v uvedeném smyslu chybné /např. u dilatace okrajový úhelník s vodorovnou přírubou pod plastbetonem/, lze mít za prokázané, že jedním z důvodů vznikajících poruch plastbetonové podlahoviny je chyba projektu.

Poruchy vzniklé v důsledku chybné technologie lze rozdělit do tří hlavních skupin:

- poruchy vzniklé nesplněním požadavků kladených na podložku a celý podklad
- poruchy vzniklé nesplněním technologického předpisu pro výrobu podlahoviny
- poruchy vzniklé nedodržením předepsané kvality složek podlahoviny.

Všechny tyto poruchy se projevují navenek podobně, dochází dříve či později ke vzniku rozsáhlých trhlin v povrchové vrstvě

následovaném záviháním okrajů u trhlin do výšky, k rozlamování povrchové vrstvy a k úplné ztrátě použitelnosti. Jednotlivé příčiny se liší zejména v časovém průběhu poruchy a v rozsahu poškození do hloubky podlahoviny.

Nesplnění požadavků kladených na podložku a celý podklad vyplývá v zásadě ze dvou příčin:

- z chyb ve vlastnostech podložky, které brání dokonalému spojení s podlahovinou, jež je nezákladnějším předpokladem úspěšnosti a dlouhodobé životnosti podlahy. Může to být zejména malá pevnost /především v tahu/ betonu podložky, nedokonalé očištění betonu podložky nejen od volných částic na ní ležících, ale i od povrchové vrstvičky z lehkých padlů složek betonu, vždy ve větší nebo menší míře přítomné, nadměrná nerovnost podložky, nadměrná vlhkost ~~podlahy~~ <sup>podložky</sup> atd. Způsobí, že buď nedojde ke spojení podložky s podlahovinou vůbec, nebo spojení je tak slabé, že vnějšími účinky je záhy porušeno
- z chyb <sup>v</sup> podkladu, umožňujícím transport vlhkosti ze spodních vrstev k podlahovině. To vede při větším přetlaku k mechanickému odtržení podlahoviny od podložky, při menším přetlaku a dlouhodobějším působení k chemickému narušení podlahoviny /hydrolyza polyesterového pojiva/. Přetlak vodních par /nebo vody/ podlahovinou je možný tehdy, je-li buď voda do podkladu vtačována /porucha izolace při tlakové vodě/, nebo existuje-li v podkladu s vlhkostí nad rovnovážnou hodnotou negativní teplotní spád, tj. teplota od spodu k povrchu klesá.

Nedodržení technologie pro výrobu podlahoviny může být různě

né, např.:

- použití nevhodných složek /neodpovídajících technologickému předpisu/ včetně neověřených sámen složek /od různých výrobců apod./
- nepřesné dávkování složek
- nedostatečné smíšení složek
- nedostatečné zpracování /zhuštění/ směsi
- nedodržení časové návaznosti jednotlivých operací
- nedokonalá penetrace
- nedodržení všech předepsaných operací
- nevhodné podmínky prostředí při kladení podlahoviny .

Nedodržení předepsané kvality složek podlahoviny může být způsobeno např.

- nevhodným skladováním složek před dodáním na stavbu
- prošlou záruční lhátou
- vadným složením složek, vzniklým chybou technologie při jejich výrobě.

Obě poslední skupiny poruch jsou charakteristické tím, že buď nedojde k vytvrnutí směsi vůbec, nebo pouze nedostatečně, příp. dojde k tzv. falešnému tvrdnutí a k následnému rozkladu zejména plastbetonové části podlahoviny oxidací nesíťovaného styrenu. K takovému rozkladu dochází postupně v závislosti na množství v podlahovině přítomného kyslíku a vede křive čippos-  
ději ke ztrátě soudržnosti s povrchovou vrstvou nebo s podložkou. Obojí je pak následováno proražením povrchové vrstvy nebo vznikem trhlin v ní, zdviháním okrajů a úplnou destrukcí podlahy. Nedostatečné vytvrnutí také podstatně zvýší náchylnost podlahoviny k poruchám působením jiných destruktivních mechanismů,

jako je hydrolyza přítomnou vlhkostí, vysoká napjatost teplotními šoky apod.

Podle způsobu porušení a dalších identifikačních znaků lze jednoznačně usoudit, že k poruchám podlahoviny ve větších či menších souvislých plochách, v součtovém rozsahu cca 7% celkové plochy podlahoviny, jak je popsáno v nálezu, došlo v důsledku chybné technologie. Vlastní primární příčinu poruchy lze objektivně stanovit pouze na základě podrobných analýz. Protože sekundární ukazatele, jako je způsob a časový sled porušení, zápach porušených částí, jejich soudržnost ve hmotě a s okolními vrstvami, stav podložky, lokalizace poruchy v místnosti atd. /viz např. R. A. Bareš Pozemní stavby 1980, str. 243, 319, 336, 400/ nejsou na různých místech poruch jednotné a protože k poruchám došlo na různých i značně vzájemně vzdálených místech objektu a na podlahovinách prováděných v různých, od sebe značně vzdálených časových obdobích, a z různých složek, lze mít i bez laboratorních analýz za prokázané, že konkrétní příčiny poruch v jednotlivých lokalitách jsou rozdílné. Provádění analýz z každé porušené lokality je prakticky, vzhledem k vysoké pracnosti analýz, nemožné. Proto znalec rozhodl po dohodě s objednatelům analyzovat vzorky poruch ze čtyřech míst, kde poruchy vznikly ve větším plošném rozsahu a v ostatních případech se spokojit pouze se subjektivním hodnocením na základě zjištěných indicií.

Na řadě míst bylo nesporně zjištěno, že podložka podlahoviny je nekvalitní, s malou pevností a že nebyla dostatečně před kladením podlahoviny očištěna. Lze to pozorovat jak hodnocením tvrdosti podložky po odstranění podlahoviny, tak hodnocením její odol-

nosti obrusu, ale též podle způsobu, jakým se podlahovina od podložky oddělila. Na rubové straně podlahoviny po oddělení zůstává pouze slabá vrstvička nepevných cementových podílů. To, že nedošlo k důkladné úpravě podložky indikují i stopy po uhla-  
zování podložky při jejím kladení zčásti ještě po stržení pod-  
lahoviny. Lze nalézt dokonce i místa s vrstvou prachu pod oddě-  
lenou impregnovanou vrstvičkou, indikující, že povrch nebyl před  
kladením podlahoviny dostatečně očištěn /vyssát/. Konečně i in-  
vestor na nedostatečnou úpravu povrchu podložky svými zápisy  
ve stavebním deníku opakovaně upozorňoval.

N.p. Priemstav předložil technologický předpis na podlahu, vyráběnou z kombinace polyesterových pryskyřic ChS 104 a ChS 200 s iniciátorem P VI a urychlovačem P I/40. Podlahy byly však vy-  
ráběny i z jiných polyesterových pojiv, např. z pojiva B 1102 s iniciátorem B 7001 a urychlovačem B 7300, ze směsné polyesterové pryskyřice Patix 225, z polyesterového pojiva Terodur A a dal-  
ších iniciátorů a urychlovačů. Protože neexistují v n.p. Priemstav příslušné technologické předpisy je nanejvýš pravděpodobné, že po-  
měry míšení složek /které jsou podle druhu složek různé/ nebyly  
vždy správné a mohly být příčinou nevytvrzení podlahoviny,  
konstatovaného na některých místech. Stejný následek mohly ovšem  
způsobit jak nekvalitní složky dodané jejich výrobcem, tak po-  
užití složek chybně skládaných nebo prošlých.

Technologický předpis n.p. Priemstav má kromě toho některé  
nedostatky. Především není specifikována tloušťka /zejména mini-  
mální/ plastbetonové vrstvy a tloušťka krycí vrstvy je pouze depo-  
ručena; vyrovnávací vrstva obsahuje málo plniva /33% hm. pojiva



namísto 200%. Tím zřejmě došlo k tomu, že na některých vyšetřovaných místech byla uložena vrstva plastbetonu i jen 5 mm tlustá. Na zkoumaných vrstvách podlahoviny nebylo zjištěno uložení spojovací vrstvy /mezi penetrací a plastbetonem/ a nebyly zjištěny stopy po přebroušení vyrovnávací, příp. nosné vrstvy. U řady vzorků byla zjištěna nadměraě tlustá povrchová nebo vyrovnávací vrstva, nebo součet obou. Obvykle kolísá kolem 5 mm, často mezi 5 a 10 mm a lze nalézt tloušťku i 20 mm. Svědčí to i o tom, že nedošlo ke správnému zarovnání, převálcování a příp. přebroušení plastbetonové vrstvy.

Prakticky všechny odebrané vzorky vykazují značnou pórovitost plastbetonu, svědčící jednak o tom, že nebylo použito předepsaných plniv /často chybí jemná frakce písku/, jednak o tom, že nebylo provedeno důkladné zhutnění plastbetonu.

Nejčastějším důvodem poruchy v malé plošné lokalitě na podlahovině jinak bez zjevných poruch je nedokonalé smíšení složek.

Odebrané vzorky ukazují, že nedošlo k dokonalé penetraci podložky. Penetrace je ztížena nebo znemožněna, není-li podložka správně před penetrací upravena /očištěna/. Smysl má pouze tehdy, dojde-li k penetraci pryskyřice do póru zdravého a pevného betonu; to nebylo zjištěno na žádném ze zkoumaných vzorků porušených podlah. Provedení penetračního nátěru na neupravený povrch /zejména je-li proveden jen jednou/ zajistí jen spojení nepevné vrstvičky povrchu podložky nebo prachu na ní ponechaného s podlahovinou, bez zajištění soudržnosti s podkladem.

Protože podlahoviny byly prováděny i v zimním období, nelze vyloučit ani nedodržení předepsaných podmínek prostředí, tj. zejména

Že podlahoviny nebyly prováděny při teplotách nižších než  $15^{\circ}\text{C}$ , nebo že složky /zejména plniva a pryskyřice/ a podklad neměly teplotu nižší než  $15^{\circ}$  resp.  $10^{\circ}\text{C}$  /to potvrzuje i zápis investora ve stav. deníku ze dne 18. 11. 82/.

V suterénních prostorách došlo zřejmě ke kladení podlahoviny na podložku s místně vyšším obsahem vlhkosti, než je přípustný. Pránek tlakové vody pod podlahu suterénu je nepravděpodobný, když hladina spodní vody je hluboko pod základovou spárou a povrchová voda stékající ve spádu na jílovém podloží je odvedena drenážním systémem. Stabilizované teplotní poměry s trvale pozitivním teplotním spádem zabraňují vzniku zemní vlhkosti. Pravděpodobnější příčinou vyšší vlhkosti podložky je nedostatečné vysušení zámeškové vody, příp. vody používané při ošetřování betonu, anebo její promáčení stékající srážkovou vodou vadami zastřešení, které byly odstraněny až po dlouhé době /jak vyplývá např. 1 ze zápisu ve stav. deníku z 24. 8. 84/.

Ve většině případů zjištěných poruch došlo k souběhu několika smíšených příčin: např. vadná podložka, nedostatečná penetrace a nadměraě tlustá povrchová /nebo povrchová + vyrovnávací/ vrstva, nebo souběh příčin podporujících oxidaci styrenu, jako nevhodné plnivo, nedostatečné zpracování, možné vlhké plnivo nebo chyba v dávkování složek apod.

Z uvedeného lze mít již i bez výsledků objektivních analýz za prokázané, že ve všech případech poruch na větších plochách došlo k nějaké technologické chybě, zaviněné nedostatečně specifikovanými technologickými podmínkami, nesplněním požadavků kladených na podložku a podklad, chybnou výrobou podlahoviny nebo použitím chybných složek.

Ve smyslu STON 106/1983 a na základě předchozích arbitrážních rozhodnutí je povinností dodavatele stavebních prací zajistit všechny požadavky na přípravu a vlastnosti podkladu a podložky /pevnost, rovinnost, schopnost penetrace, celistvost, soudržnost, neodutost, min. tl. 5 cm, vyzrállost, neporušenost trhlinami, suchost a zábrana pronikání vlhkosti do podložky při provádění i užívání podlahoviny, úpravy v místech ukončení/, včetně ověření jejich splnění. Povinností dodavatele podlahoviny je kontrolovat rovinnost, soudržnost a neodutost, povrchovou suchost, očištění povrchu od prachu, nečistot a zbytků cem. mléka, úpravu v místech ukončení.

Je evidentní, že řada požadavků nebyla jak dodavatelem stavebních prací, tak dodavatelem podlahoviny splněna. Chybou je také, že stavební dozor investora připustil při nesplnění uvedených požadavků dodavatelem stavebních prací, bez řádné přejímky a přípravy podložky, zahájení prací na podlahovinách. Při pochybnostech o kvalitě podložky /včetně její povrchové úpravy/ je nezbytné provést zkoušku adheze k zjištění pevnosti v tahu podložky, přičemž pevnost v tahu nepenetrovaného podkladu má být min. 1,1MPa, penetrovaného podkladu 1,3 MPa. Ve sporných případech a při závažných pochybnostech o kvalitě podložky a podkladu provedou se kontrolní zkoušky dle ČSN Z3 1317, 74 4505, 74 4506.

Protože v místech s poruchami podlahoviny jsou pochybnosti o kvalitě podložky oprávněné, měla by být po úpravě podložky a před zahájením prací na kladení nové podlahoviny prokázána vždy vhodnost podložky zkouškou adheze.

Před prováděním dalších podlahovin /náhradou za porušené nebo

na dalších plochách/ je třeba doplnit technologický předpis o chybějící položky; zejména je třeba stanovit poměry míšení konkrétních složek a nepřipouštět přesně nespecifikované záměny, stanovit podmínky zpracování a časové návaznosti jednotlivých operací. Např. je třeba užít dvojnásobné množství urychlovače B 7300 /s 2% koncentrací účinné složky/ než urychlovače P I/40 /se 4% koncentrací účinné složky/. Je třeba doplnit a dodržovat ustanovení o účinnosti penetrace a druhu použitelného ředidla /xylenbutanol, nikoliv aceton/, o tloušťce spojovací vrstvy, o min. tloušťce nosné vrstvy, o složení vyrovnávací vrstvy a její tloušťce a o tloušťce nášlapné vrstvy /součet tlouštěk vyrovnávací a nášlapné vrstvy nemá přestoupit 2,5 mm/ a vymezit a přesně dodržovat časový sled operací /po penetraci týž den, nejpozději do 24 hod. nanášet spojovací vrstvu, před jejím zge-lováním nanášet nosnou vrstvu, po min 24 hod. nanášet vyrovnávací vrstvu, co nejdříve potom, nejpozději do 24 hod. nanášet nášlapnou vrstvu/. Je třeba upřesnit dávkování a dbát na přesné dodržování složení roztoku PAR 5 ve vyrovnávací a nášlapné vrstvě k zabránění oxidace styrenu v těchto vrstvách a jejich le- pivosti po vytvrzení.

Bylo konstatováno, že podlahoviny se provádějí ještě před dokončením ostatních stavebně montážních prací, což přímo odporuje čl. 18 - 24 ČSN 74 4505, ale neumožňuje ani splnění řady ustanovení technologických podmínek. Omluvou nemůže být ani tzv. združená montáž nebo vyrovnávání časových skluzů a je věcí investora a jeho dozoru, aby takové případy zásadně nepřipustil.

Plastbetonovou podlahovinu je nepřipustné vystavovat působení tepelných šoků a místním přehříváním či podchlazením, pů-

sobení alkalí, oxidačních činidel, chlorovaných uhlovodíků a některých silně polárních látek. Podlahovina byla však navržena i na místech, kde k takovému namáhání dochází, např. v okolí pecí na rozehtívání mastí /přehřívání/ u východů - ze skladu na rampu /podehřívání v zimním období/, příp. v některých místnostech, kde může dojít k rozlití nedovolených chemikálií.

Zde jde o zřejmou chybu projekční; v takových případech bylo vhodné navrhnout buď jinou plastbetonovou podlahovinu /např. epoxidovou u východů, furanovou v agresivních chemických provezech/ nebo jiný druh podlahoviny /např. u rozehtívání mastí/.

Je nepochybné, že podlahoviny byly používány v různém časovém odstupu od dohotovení, někde velmi intenzivně, vesměs však dříve než byly písemně předány a převzaty. To odporuje ustanovení STON 106/1983, podle které není dovoleno zahájit užívání podlahoviny před písemným předáním a převzetím prací, k čemuž došlo teprve v roce 1985. Zavinění je v tomto směru na investitorovi a uživateli.

Směrné /nikoliv absolutní/ časové období, ve kterých může dojít k poruchám podlahoviny jsou tyto:

- při nevyhovujícím podkladu nebo penetraci obvykle až za 1 - 3 měsíce po zahájení provozu na podlaže
- při chybné technologii výroby podlahoviny nebo chybných surovinách ihned nebo podle stupně oxidace styrenu po 14 dnech až 3 měsících po dohotovení podlahoviny, obvykle nezávisle na provozu

- při působení vlhkosti podle intenzity probíhající hydrolyzy za 3 - 18 měsíců po dohotovení podlahoviny, obvykle nezávisle na provozu.

V obou posledních případech provoz urychlí vznik vnějších poruch /popraskání, propadání, drobení povrchové vrstvy/.

#### Možná rekonstrukční opatření

Při oxidaci může být degradována celá vrstva plastbetonu nebo jen horní část vrstvy v závislosti od příčin oxidace a nemůže být žádným dostupným způsobem znovu zpevněna. Tuto poškozenou část plastbetonu je třeba spolu s povrchovou vrstvou vždy odstranit, zbývající část plastbetonové vrstvy /pří-li dobře na podložce/ lze zpevnit impregnací směsné epoxy-furylalkoholové pryskyřice před znovupoložením nové podlahoviny. Je-li zoxidována celá tloušťka plastbetonu, je třeba vždy po jejím odstranění provést nové opískování podložky k odstranění všech rozkladných produktů oxidace z kontaktní spáry /které trvale inhibují průběh polymerace polyesteru/ a pak všechny technologické kroky včetně penetrace. *zahrnout*.

Hydrolyza postupuje obvykle od kontaktní spáry s podložkou a může být degradována pouze spodní část plastbetonové vrstvy. Rekonstrukce je obvykle možná pouze odstraněním celé podlahoviny v narušeném úseku a vybudováním nové, přičemž s ohledem na možné trvalí nebezpečí provlhání měl by být zásadně použit jiný než polyesterový plastbeton, nejlépe epoxidový z neředěných nízkoviskozních pryskyřic /ChS Epoxy 15, 15 BG, Retenol 2/4 vhodným tvrdidlem do vlhkého prostředí /Resanil PV, Aminoamid D 500/.  
V případě malých oblastí narušených hydrolyzou pouze ve spodní

vrstvě plastbetonu /u kontaktní spáry/ pomůže někdy nízkotlaká injektáž této části nízkoviskozní čistou epoxidovou pryskyřicí s tvrdidly do vlhkého prostředí.

Při nevyhovujícím podkladu co do pevnosti nezbyde než celou podlahovinu strhnout a provést odstranění rozvolněné vrstvy betonu, hloubkové zpevnění zbytku impregnací vhodným pryskyřičným systémem /epoxidovým, akrylátovým/ až do dosažení dostatečné tahové pevnosti sjištěné adhezí zkouškou. Je-li beton podložky pevný a nedošlo k přilnutí podlahoviny chybou v impregnaci nebo nedostatečným očištění podložky, lze provést rekonstrukci /za předpokladu, že nedošlo ještě k poruchám povrchové vrstvy/ nízkotlakou injektáží styčné spáry nízkoviskozní epoxidovou pryskyřicí. Stejný způsob rekonstrukce lze použít, došlo-li k nepřilnutí podložky k podkladnímu betonu /nejména v případech, je-li podložka tenčí, než předepsaných min. 5 cm/. Injektáž se provádí obvyklými způsoby, postupně od jednoho konce ke druhému, se vzdáleností injektážních míst cca 60 cm.

Po každé provedené opravě je třeba se o její úspěšnosti přesvědčit tahovou zkouškou na vývrtnu provedeném do podlahoviny a podkladu až do hloubky 5-10 mm pod poslední /shora/ rekonstruovanou oblast.

Dilatace a ukončení /u vrat, prostupů atd./ je třeba upravit podle STON 106/1983 dopodložky zakotvenými žhelníky.

### Závěr

Příčina poruch polyesterové plastbetonové podlahoviny na objektu Monoblok stavby Farmaceutický pavilon s.p. Slovakoфарма Hlohovec není jednotná. Na některých místech jde o vady projekční,

na jiných místech technologické vady dodavatele stavebních prací nebo technologické vady dodavatele podlahovin, v řadě případů došlo k souběhu několika vad. Nelze vyloučit ani vady používaných surovin. K závadám přispěl i nevhodný režim stavby, schválený investorem. Jednosměrnost identifikace závad komplikuje užívání dokončených podlahovin jak dodavatelem stavebních prací, tak uživatelem objektu před jejich předáním a převzetím.

Až na výjimky nebyly zjištěny důvody, které by vylučovaly použití plastbetonové podlahoviny a její dlouhodobou životnost v daném prostředí. Rekonstrukci lze ve všech případech provést, způsob rekonstrukce bude odlišný případ od případu, jak je nasnadě v posudku. Pro každou rekonstrukční operaci je nezbytné vypracovat ve spolupráci projektanta a dodavatele podlahovin podrobný technologický předpis a dbát na jeho důsledné splnění.

Výsledky podrobných analýz odebraných vzorků, které budou znalcem dodány později, pomohou identifikovat konkrétní příčinu poruchy alespoň na místech soustředěného výskytu vad a poskytnou případně podklad pro specifikaci rekonstrukčních opatření v těchto místech.



*Richard A. BAREŠ*  
Richard A. BAREŠ



**Znalecká doložka:**

Znalecký posudek jsem podal jako znalec jmenovaný rozhodnutím ministra spravedlnosti ze dne 11. 10. 1967 č. j. ZT 108/67 pro základní obor stavebnictví, pro odvětví staveb obytných, průmyslových a zemědělských a stavebního materiálu.

Znalecký úkon je zapsán pod poř. čís. 116/85 znaleckého deníku.

Znalečné a náhradu nákladů (náhradu mzdy) účtuji podle připojené likvidace na základě dokladů čís. 1-3/85



Ing. Dr. RICHARD A. BAREŠ, DrSc.

c/o Ústav teoretické a aplikované  
mechaniky ČSAV  
Vyšehradská 49, 128 49 Praha 2  
tel. 29 75 78

SODNÍ ZNALEČ V OBORU STAVEBNICTVÍ

Odvětví: – stavby obytné, průmyslové,  
zemědělské  
(spec.: stavební konstrukce  
betonové, železobetonové  
a konstrukce z plastických  
hmot)  
– stavební materiály  
(spec.: aplikace plastických  
hmot ve stavebnictví)  
– ceny a odhady  
(spec.: odhady nemovitosti)

Praha, 23. září 1985

Z 116/245/85

**D o d a t e k z n a l e c k é h o p o s u d k u**  
**o poruchách podlah objektu Monoblok stavby "Farmaceutický**  
**pavilon" n.p. Slovakoфарма Hlohovec /výsledek analýz/**

## 1. POPIS ANALÝZ

Odebrané vzorky byly podrobeny podrobnému zkoumání s použitím nejmodernějších metod a zařízení, zapůjčených k tomuto účelu ve smyslu § 14 zákona 36/67 Sb. /bezplatně/ VŠCHT Praha. Na základě již dříve provedených analýz a studií podobných polyesterových systémů byly zaměřeny analýzy ke stanovení obsahu pryskyřice, stanovení konverze její polymerace, stanovení obsahu iniciátoru a urychlovače, ke stanovení složení pryskyřice a přítomnosti cizích látek v systému a konečně ke stanovení hydrolyzačních a oxidačních produktů.

### 1.1 Kvalitativní stanovení těkavých složek

Kvalitativní stanovení těkavých složek bylo provedeno "head-space" analýzou plynné fáze odebraných vzorků plastbetonu před extrakcemi. Vzorek byl umístěn v lékovce opatřené septem a temperován na 100 °C. Při této teplotě byl odebrán 0,5 ml vzorek plynné fáze a chromatograficky analyzován. <sup>x/</sup>

Touto analýzou se informativně zjistí přítomnost rozkladných produktů, nezmapovaných těkavých složek monomerů, zbytků rozpouštědel, případně cizorodých těkavých látek. Významná je zejména možnost postižení vysoce těkavých složek, které by při dalším zpracování extrakcí mohly uniknout pozornosti. Výsledek této analýzy slouží jednak k volbě podmínek extrakce, jednak ke vzájemnému srovnání analyzovaných vzorků.

---

<sup>x/</sup> V uzavřeném prostoru dochází pro každou složku směsi k ustavení rovnováhy mezi plynnou a pevnou fází. Zastoupení složky v plynné fázi je tím větší, čím je při dané teplotě složka těkavější. Zastoupení složek v plynné fázi je tedy odlišné od jejich skutečného zastoupení ve vzorku. Po dosažení rovnováhy lze tedy analýzou plynné fáze získat jen rámcový /kvalitativní/ obraz o zastoupení jednotlivých těkavých složek ve vzorcích. Na přesné kvantitativní vyhodnocení by bylo nezbytné provést kalibrace pro každou identifikovanou sloučeninu tak, aby bylo možné postihnout rozdíly v těkavosti složek. Tyto časově velmi náročné experimenty v daném případě nemají smysl, neboť složení těkavých látek stejně neodpovídá stavu v okamžiku odběru vzorku /ztráty při odběru vzorku, při manipulaci, skladování atd. nelze zpětně kvantitativně vyhodnotit/.

## 1.2 Chromatografické analýzy

Chromatografické analýzy byly prováděny kombinací plynové chromatografie <sup>x/</sup> a hmotnostní spektrometrie <sup>xx/</sup> na systému DX 303 s datasytémem DA 5000 <sup>xxx/</sup> fy Jeol /Jap./.

<sup>x/</sup> Plynovou chromatografií jsou rozdělovány těkavé látky v plynné fázi v soustavě plyn - kapalina. Metoda využívá různé rozpustnosti par analyzovaných složek ve vhodné kapalině, zakotvené na nosiči. Celá analýza probíhá v průtoku nosného plynu a jednotlivé, více nebo méně oddělené komponenty jsou vymývány, vhodným způsobem detekovány a registrovány vhodným zařízením, v daném případě hmotnostním spektrometrem /jako celkový iontový proud/. Doba potřebná od nástřiku vzorku až do vymytí určité komponenty se nazývá eluční čas a je za stejných podmínek analýzy pro každou látku charakteristickou konstantou. Srovnáním elučních časů se dají tedy ze získaných záznamů obdržet podklady pro identifikaci obsažených látek i pro posouzení složitosti analyzované směsi.

<sup>xx/</sup> Hmotnostní spektrometrie je moderní analytická metoda pro identifikaci organických látek, sledující rozpad molekuly zkoumané látky při její ionizaci letícími elektrony; podle velikosti a chemického složení vzniklých molekulových iontů a fragmentů lze stanovit chemické složení a strukturu původní látky. Při spojení s počítačem a příslušnou databankou je identifikace přítomných látek provedena automaticky bez potřeby připravovat a analyzovat současně příslušné standardy.

<sup>xxx/</sup> Kombinace plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií umožňuje změřit hmotnostní spektrum eluované látky z plynového chromatografu v kterémkoli okamžiku analýzy.

Plynová chromatografie, která patří k nejučinnějším známým dělicím metodám, byla realizována na křeměnné kapilární koloně délky 60 m s vnitřním průměrem 0,2 mm, se silou filmu zakotvené fáze SPB-1 na bázi metylsilikonu 0,2  $\mu\text{m}$ . Eluující složky byly přímo detekovány a analyzovány hmotnostním spektrometrem. Tím byly jednotlivé složky nejen jednoznačně identifikovány, ale bylo určeno i jejich kvantitativní zastoupení. Iontový zdroj hmotnostního spektrometru pracoval při teplotě 250  $^{\circ}\text{C}$ , tlaku  $10^{-7}$  torr; energie ionizujících elektronů byla 70 eV, anodový proud 300  $\mu\text{A}$ . Při identifikaci eluujících složek bylo využito databanky fy Jeol a výstup byl korelován manuální interpretací spekter.

### 1.3 Stanovení popela /organické složky/

Stanovení popela bylo provedeno spálením kvantifikovaného vzorku v muflové peci při teplotě 950  $^{\circ}\text{C}$  během 4 hodin. Rozdíl navážek /po příslušné temperaci/ byl prohlášen za množství přítomné pryskyřice, i když tento údaj může být zatížen jistou chybou v důsledku zahrnutí obsahu ředidel a vody.

### 1.4 Přítomnost nízkomolekulárních látek

Přítomnost nízkomolekulárních látek /konverze polymeru/ byla posouzena jednak podle extrahovatelného podílu organické složky po extrakci chloroformem, zahrnující i ředidla, jako etanol, toluen atd., jednak podle extrahovatelného podílu organické složky <sup>bez lehké a těžké složky</sup> po ~~extrakci chloroformem a benzenem~~ a <sup>a vody</sup> benzenem. Po azeotropickém oddestilování benzenu a vysušení se zcela odstraní z extraktu těkavé složky, jako etanol, toluen atd. Ze složek, které

extrakt obsahuje, je ale také ovlivněna koncentrace butanolu, b.v. 117 °C, event. cyklohexanonu, b.v. 155 °C.

### 1.5 Stanovení kobaltu

Stanovení kobaltu bylo provedeno z kvantifikovaného vzorku popela extrahovaného zředěnou kyselinou dusičnou /10 %/. Roztok po zfiltrování a doplnění na objem 25 ml byl proměřen na atomovém absorpčním spektrometru.

### 1.6 Chemické složení

Chemické složení organické části bylo zjištěno chromatografickou analýzou 0,5 ml chloroformového extraktu /podílu pryskyřice včetně těkavých složek/ a 1 ml metanolyzátu chloroformového a ~~benzenového~~ extraktu.

Základní metanolyzát byl připraven odpařením chloroformového extraktu ve vakuu vodní vývěvy na sirup při teplotě v lázni 25 °C, zředěním benzenem, odpařením při 50 °C v lázni ve vakuu, zahříváním v roztoku absolutního metanolu a 1M metanolátu sodného o pH 12 na 60 °C po dobu 20 hodin /volně podle D. F. Percival, Anal. Chem. 35, 236 /1963//. K dosažení hluboké metanolýzy probíhal rozkladný proces dalších 148 hodin, celkem tedy 168 hodin.

## 2. POPIS JEDNOTLIVÝCH VZORKŮ A POSTUPŮ ANALÝZ

### 2.1 Vzorek č. 1 - chodba 198 mezi II.-IV.kv., přízemí

Ve vzorku je patrně pět vrstev:

- horní nášlapná vrstva, šedivá pryskyřice, tl. 2,5 mm
- vyrovnávací vrstva z málo plněné pryskyřice, tl. 2 mm

- plastbeton s malým množstvím bezbarvé pryskyřice, tl. 10 mm
- plastbeton se silně žlutou pryskyřicí, tl. 10 mm
- penetrační /příp. spojovací/ vrstva červená, tl. 1 mm

Z vrstvy plastbetonu se žlutou pryskyřicí, která je velmi tvrdá, byl odebrán vzorek, přičemž nebylo možno zabránit, aby ve vzorku nezůstaly i stopy obou okolních vrstev /plastbetonu s bezbarvou pryskyřicí a penetrační vrstvy/, a mechanicky rozrušen na částice menší než 1 g. Vzorek 5 g byl odebrán na stanovení organického podílu, vzorek 41,97 g extrahován 88 ml chloroformu.

Z extraktu bylo odděleno 0,5 ml pro analýzu ~~plynné fáze~~, zbytek sirupu po odpaření v prvním kroku byl 1,37 g, ve druhém kroku /přídavek 50 ml benzenu/ 1,05 g. Po přidání 22 ml absolutního metanolu a 1M metanolátu sodného na pH 12 a zahřátí na 60 °C vzorek silně zežloutl, po několika hodinách se zcela rozpustil. Po 20 hodinách byl odebrán vzorek 1 ml a podroben analýze. Po 168 hodinách byl odebrán další vzorek k doplňkové analýze.

## 2.2 Vzorek č. 2 - chodba 192 mezi 1.kv. a skladem hotových výrobků, přízemí

Ve vzorku jsou patrné tři vrstvy:

- horní nášlapná vrstva, šedivá pryskyřice, tl. 5 mm
- plastbeton bezbarvý, tl. 20 mm
- nesoudržná vrstva lehkých podílů cementu, plniva betonu, jemného písku a prachu, slabě spojená penetrací

Z vrstvy plastbetonu se stopami nesoudržné podložní vrstvy byl odebrán vzorek a dále bylo postupováno jako v prvním případě.

Příslušné množství složek a velikosti vzorků:

na organický podíl 5 g

na extrakci 32,48 g

množství chloroformu 65 ml

množství sirupu v prvním kroku 1,34 g

množství sirupu v druhém kroku 0,90 g

množství metanolu 18,7 ml

Vzorek slabě zežloutne, pH zůstává nezměněno. Po 20 hod. odebrán vzorek pro analýzu, po dalších 148 hod. vzorek k doplňkové analýze.

### 2.3 Vzorek č. 3 - suterén 570, II.kv.

Ve vzorku jsou patrné čtyři vrstvy:

- horní nášlapná vrstva, šedivá pryskyřice, tl. 2 mm
- vyrovnávací vrstva z málo plněné pryskyřice, nažloutlá, tl. 4 - 6 mm
- plastbeton tloušťky větší než 16 mm
- povrchová vrstva cementového betonu bez penetrace

Z vrstvy plastbetonu, která je měkká a dá se snadno rozdrolit, byl odebrán vzorek a dále bylo postupováno jako v prvním případě.

Příslušná množství složek a velikosti vzorků:

na organický podíl 5 g

na extrakci 40 g

množství chloroformu 80 ml

množství sirupu v prvním kroku 1,51 g

množství sirupu ve druhém kroku 1,10 g

množství metanolu 22 ml



Vzorek slabě zežloutne. Po 20 hod. odebrán vzorek pro analýzu, po dalších 148 hod. vzorek k doplňkové analýze.

#### 2.4 Vzorek č. 4 - sklad hotových výrobků v expedici 224, příz.

Ve vzorku jsou patrné tři vrstvy:

- plastbeton
- červená penetrační /spojovací/ pryskyřice 0,5 mm
- povrchová vrstva cementového betonu

Z vrstvy plastbetonu s neodělitelnými zbytky spojovací vrstvy byl odebrán vzorek a dále bylo postupováno jako v prvním případě.

Příslušná množství složek a velikost vzorků:

na organický podíl 5 g

na extrakci 30,14 g

množství chloroformu 60 ml

množství sirupu v prvním kroku 1,27 g

množství benzenu 50 ml

množství sirupu v druhém kroku 1,05 g

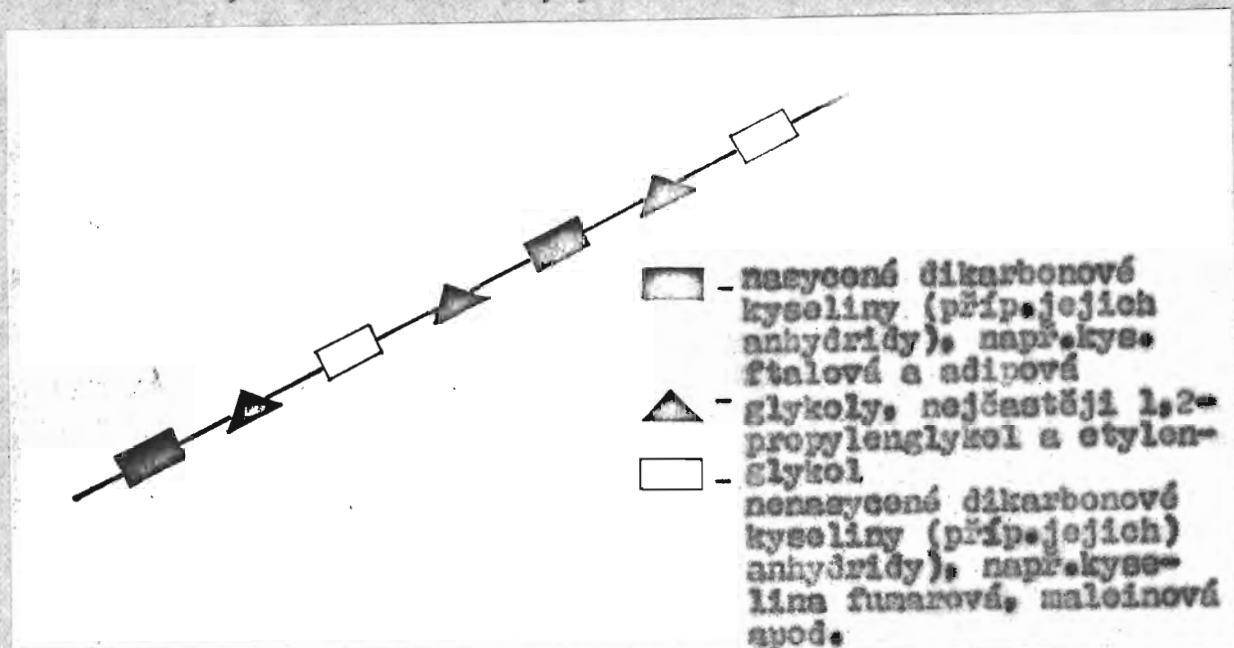
množství metanolu 20 ml.

Vzorek silně zežloutne. Po 20 hod. odebrán vzorek 1 ml pro analýzu, po dalších 148 hod. vzorek k doplňkové analýze.

### 3. SLOŽENÍ POLYMERU

V řetězci nenasyceného polyesteru se střídají molekuly nasycených dikarbonových kyselin, /příp. jejich anhydridů/, např. kyseliny ftalové a adipové, dále glykolů, nejčastěji 1,2-propylenglykolu a etylenglykolu, a u některých typů di-

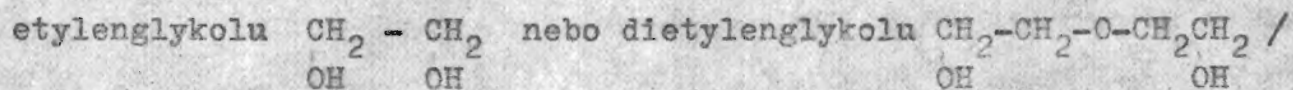
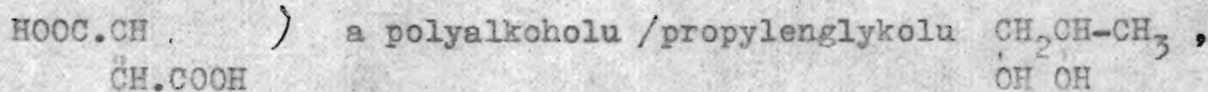
etylenglykolu a dipropylenglykolu, a konečně nenasycených dikarbonových kyselin, /příp. jejich anhydridů/, např. kyseliny furaňové, maleinové atd., podle schématu na obr. 1.



Obr. 1 Řetězce nenasyceného polymeru

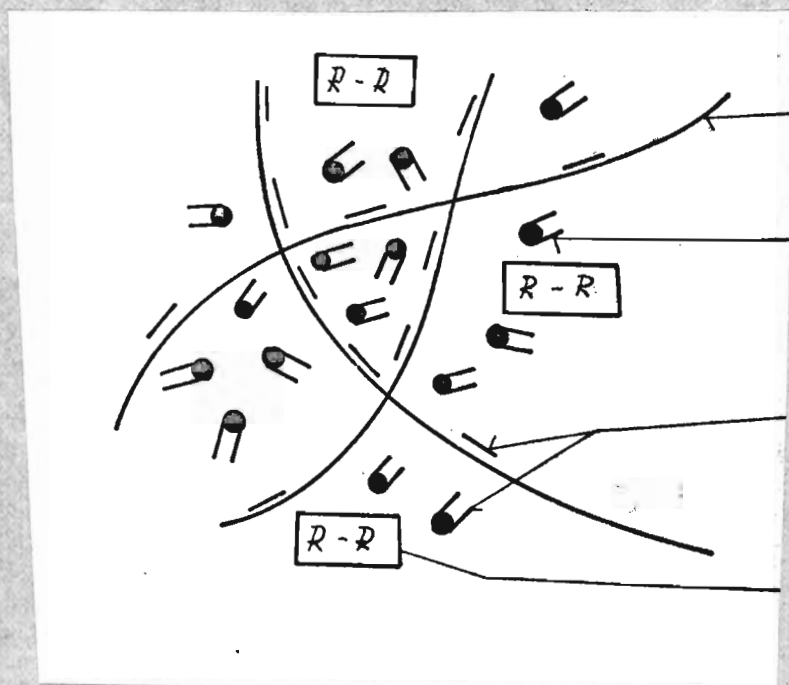
K vyvolání polymerace se smísí nenasycený polyester s monomerním ředidlem /nejčastěji styrenem  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$ /, obsahujícím dvojnou vazbu schopnou reakce, a iniciátorem, jehož rozpadem /teplem nebo urychlovačem/ vznikají radikály potřebné k rozštěpení dvojných vazeb /obr. 2/.

Po rozštěpení dvojných vazeb uvolňující se energií iniciátoru vytvářejí se spoje styrenových řetězců polyesterifikací nenasycené /dikarbonové kyseliny /např. kyseliny furaňové



a vzniká třídimenziální spojení polyesterových řetězců

/obr. 3/. Kyselina ftalová  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$  je vázána v polymerní síti pouze esterovou vazbou, kyselina furaňová kovalentní vazbou.



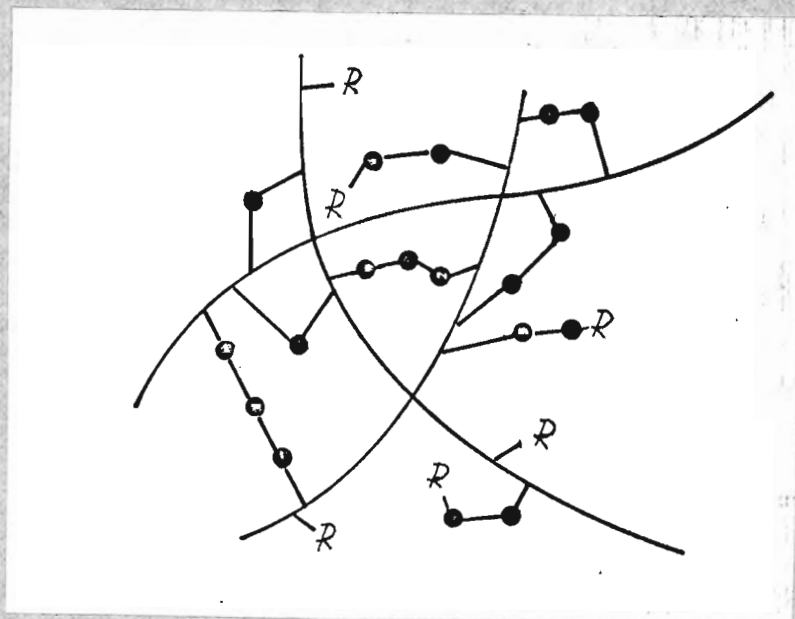
nenasycený polyester (viz schéma na obr. 1)

monomerní ředidlo (styren), obsahující dvojnou vazbu schopnou polymerace

reakce schopné dvojně vazby

tužidlo (peroxid) - rozpadá se při zvýšené teplotě nebo po přidání urychlovače

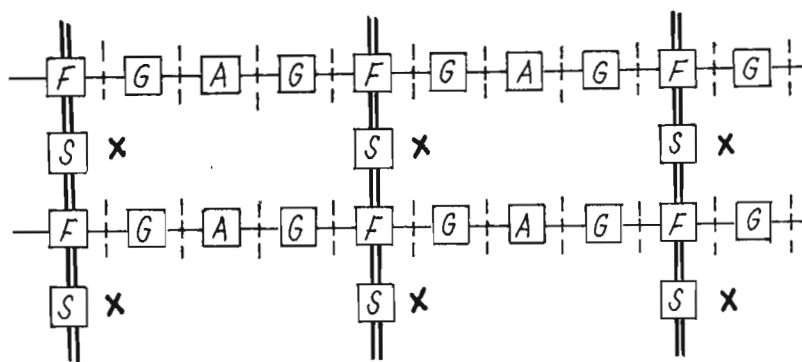
Obr. 2 Polyesterová pryskyřice po smísení složek



Uvolňující se energie tužidla rozštěpuje dvojně vazby, vytváří se spoje styrenových řetězců polyesterifikací nenasyčené dikarbonové kyseliny (např. kys. fumarové) a polyalkoholu (polypropylenglykolu, etylenglykolu) a vzniká třídimenzionální spojení polyesterových řetězců; tím dochází k vytvrzení pryskyřice.

Obr. 3 Regulární polyesterový polymer po vytvrzení

Schéma stavby zesítěného polymeru z různých polyesterových pryskyřic je ukázáno na obr. 4.



ChS 104

ChS 200

Patix 225

[A] = kys. ftalová

kys. adipová

kys. ftalová

[F] = kys. fumarová

kys. fumarová

kys. fumarová

[S] = styren

styren

styren

[G] = etylenglykol

diethylenglykol

diethylenglykol (211)  
monopropylen-  
glykol (324) 1:1

— = esterová vazba (hydrolysovatelná)

== = kovalentní vazba (nehydrolysovatelná)

Obr. 4 Schéma stavby zesítěného polymeru z různých polyesterových pryskyřic

- Polyesterová pryskyřice ChS Polyester 104 obsahuje
- etylenglykol, příp. propylenglykol
  - malé množství diethylenglykolu
  - ftalový anhydrid a adipový anhydrid v poměru 3 : 1

Z polyesterových pryskyřic vyráběných v ČSSR se pro podlahoviny používají ChS Polyester 104 a ChS Polyester 200 ve směsi 3 : 1 hm., Patix 225, který je směsí 0,92 : 1 hm. Patixu 211 a Patixu 324, a dále některé směsi upravované různými výrobci ze stejných surovin /Pojivo P, Terodur/.

Hlavní látky obsažené v jednotlivých druzích polyesterových pryskyřic jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Hlavní látky obsažené v různých druzích polyesterových pryskyřic

Látka	Pryskyřice				
	ChS 104	ChS 200	Patix 324	Patix 211	Patix 225
ethylenglykol	ano	málo	ne	ne	ne
propylenglykol	ano	málo	ano	ne	ano /1/
diethylenglykol	velmi málo	ano	ne	ano	ano/0,92/
ftalový anhydrid	ano /3/	ano /1/	ano	ano	ano
adipový anhydrid	ano /1/	ano /3/	ne	ne	ne
fumarátový anhydrid	ano	ano	ano	ano	ano
styren	ano	ano	ano	ano	ano

Z iniciátorů je pro ChS pryskyřice dodáván P-katalyzátor VI, což je 50% roztok metylcyklohexanonperoxidu v metylcyklohexanonu a dibutylftalátu. Pro Patix 225 je dodáván P-katalyzátor V, což je 80% roztok metylcyklohexanonperoxidu v metylcyklohexanonu.

Z urychlovačů se používá pro ChS pryskyřice P-urychlovač I/40, což je 40% roztok kobalt-naftenátu v toluenu s 1 % aktivní složky. Pro patix 225 je dodáván P-urychlovač III, což je roztok kobalt-oktoátu v <sup>a</sup>lékařském benzínu se 2 % aktivní složky.

#### 4. SLOŽENÍ PLASTBETONU

Skladba plastbetonu podle technologického předpisu je:

ChS Polyester 104	75 hm.d.
ChS Polyester 200	25 hm.d.
P-urychlovač I/40	1-2 /1 % aktivní složky/
P-iniciátor	2-4 /50%/
plniva	702 hm.d.

Obsah organických látek má být 12,8 - 13,1 hm. %.

#### 5. VÝSLEDKY ANALÝZ

##### 5.1 Organické složky

Skutečně nalezený obsah organických /spalitelných/ složek v jednotlivých vzorcích je v tab. 2

Tab. 2 Obsah organických látek v plastbetonu

Vzorek	1	2	3	4
organický podíl /% hm./ <sup>≠/</sup>	19,2	23,3	17,8	18,1
popel /% hm./	80,8	76,7	82,2	81,9

<sup>≠/</sup> Dopočtem na 100 %, obsahuje také vodu

Všechny odebrané vzorky obsahují o 25 - 50 % více spalitelných látek, než odpovídá technologickému předpisu; nejvíce jich obsahuje vzorek 2. Z tohoto výsledku nelze zatím soudit, zda větší podíl spalitelných látek je způsoben použitím většího množství pojiva nebo zda do směsi byly přidány další látky /ředidla, voda/.

Zvýšeným množstvím tekutých složek obvykle výrobce podlahoviny překonává potíže při zpracování směsi, použije-li plnivo nevhodného granulometrického složení nebo nevhodných zhutňovacích prostředků, nebo si prostě usnadňuje práci při kladení nosné vrstvy podlahoviny.

Větší množství pojiva v systému by způsobilo nepříznivější poměry vnitřních napětí v podlahovině a tím větší náchylnost ke vzniku trhlin, na životnost podlahoviny by však zvýšení dávky pojiva nemělo přímý vliv.

Daleko horší účinky má zvyšování tekutosti směsi přidávkem ředitel /styrenu, toluenu apod./.

## 5.2 Nízkomolekulární látky /konverze polymeru/

Plastbeton z nosné vrstvy byl extrahován chloroformem. Extrahovatelný podíl může být tvořen nižšími polymery /oligomery/, nezreagovanou pryskyřicí, zbytky výchozích surovin /z výroby pryskyřice, iniciátoru a urychlovače/, úmyslně přimísenými nízkomolekulárními látkami /ředidly/, vodou, nečistotami surovin nebo látkami vzniklými vedlejšími reakcemi při chybách technologie výroby pryskyřice, iniciátoru, urychlovače nebo plastbetonu atd., vesměs látkami zhoršujícími vlastnosti výsledného produktu.

Velikost extraktu je měřítkem stupně polymerace pojiva. U dobře zpolymerované polyesterové pryskyřice se pohybuje množství chloroformem extrahovatelných látek, tvořených převážně ftalátovým nebo adipátovým nasyceným polymerem, v rozmezí 10 - 13 % hm. Je-li extrakt větší, nedošlo k dostatečnému zesíťení polymeru /k úplnému zreagování polymerových dvojných vazeb/ nebo jsou přítomny jiné nízkomolekulární látky. Přítomnost cizích nízkomolekulárních, lehce těkavých látek /zejména ředičel/ a části vody lze zjistit <sup>odpařím</sup> další extrakcí chloroformového extraktu <sup>S</sup>benzenem.

Obsah extrahovatelných látek /v % hm. ze spalitelného podílu/ u jednotlivých vzorků je uveden v tab. 3. V tab. 4 je uvedeno procentuální množství lehce těkavých látek a části vody v chloroformovém extraktu.

Tab. 3 Obsah extrahovatelných látek v plastbetonu v hm. % organického podílu

Vzorek	1	2	3	4
<b>Extrakt</b>				
Extrahovatelný podíl vč. lehce těkavých složek a vody /chloroformový extrakt/	17,0	17,7	21,3	23,3
Obsah lehce těkavých složek a vody <sup>≠</sup> /	4,0	5,8	5,8	4,0
extrahovatelný podíl bez lehce těkavých složek a vody /chloroform-benzenový extrakt/	13,0	11,9	15,5	19,3

<sup>≠</sup>/ včetně zbytku chlorofomu, event. části butanolu, cyklohexanonu a dalších snáze odpařitelných složek



Tab. 4 Obsah lehce těkavých látek a vody v % hm. celkového extraktu

Vzorek	1	2	3	4
Lehce těkavé látky a voda v celkovém extraktu	23,5	32,7	27,2	17,2

Výsledky extrakce ukazují, že ve všech případech je pojivo plastbetonu nevyhovující a je zřejmou příčinou poruchy podlahoviny. Poruchy systému však mohla způsobit celá řada vlivů, aniž mohlo být předem vysloveno jakékoli konkrétní podezření. Bylo proto nutno založit analytické vyšetřování do značné hloubky.

Přítomnost nízkomolekulárních extrahovatelných látek může být v podstatě způsobena těmito vlivy:

- nedostatečným zesítěním polymeru
- hydrolýzou polymeru vlivem alkalické vlhkosti
- oxidací ještě nezpolymerované pryskyřice /resp. styrénu v ní obsaženého/ vzdušným kyslíkem.

K určení druhu vnášených nízkomolekulárních látek přítomných v plastbetonu, k ověření složení pojiva a ke zjištění případné přítomnosti hydrolyzačních a oxidačních produktů byl proveden jednak rozbor chloroformového extraktu, jednak alkalického metanolyzátu chloroformového extraktu.

### 5.3 Extrahovatelné látky

Ke stanovení volných látek v extraktech byla použita plynová chromatografie s hmotovou spektrometrií. Jak bylo uvedeno dříve, jsou nízkomolekulární látky těkavé a lze je dělit ve formě par na koloně plynového chromatografu. Netěkavé látky lze pokládat<sup>za látky</sup> tak velkou molekulou, že již ~~nemohou~~<sup>nemohou</sup> výrazně zhoršovat fyzikální vlastnosti pryskyřice. K vytvoření optimálních podmínek dělení se kyseliny a jejich estery s polyoly převedly na těkavé metylestery příslušných kyselin. Alkoholy byly stanoveny přímo, bez derivatizace.

Složení chloroformem extrahovatelné části organického podílu je uvedeno v tab. 5 v hm. % z extraktu /včetně lehce těkavých látek/, v tab. 6 jsou přepočtena množství dominujících těkavých látek na hm. % organického podílu /záznam č. 5 - 8/<sup>x)</sup>.

Složení metanolyzované, chloroformem a benzenem extrahovatelné části organického podílu je uvedeno v tab. 7 v hm. % z extraktu /bez lehce těkavých složek/, v tab. 8 jsou opět přepočtena množství dominujících těkavých látek na hm. % organického podílu /záznam č. 9 - 12/.

x) Záměry z hmotové spektrometrie, jakož i ostatní postupy jsou uloženy v souboru.

Tab. 5 Složení chloroformem extrahovatelné části pryskyřice  
 /hm. %/

Vzorek	1	2	3	4
Látka				
etylenglykol	0,5	0,5	0,5	0,5
propylenglykol	0,5	0,5	0,5	0,5
dietylenglykol	0,5	0,5	1,7	0,5
dipropylenglykol	0,5	0,5	0,5	0,5
anhydrid kyseliny ftalové	0,1	0,6	0,2	0,1
anhydrid kys. maleinové	0,5	0,5	0,5	0,5
benzaldehyd	6,0	3,0	1,0	2,4
fenyletylenglykol	2,0	0,5	0,5	1,8
styren	0,1	0,1	0,1	0,1
acetofenon	0,5	0,5	0,5	0,5
toluen	22,4	1,0	0,1	5,8
cyklohexanon	1,0	1,8	1,5	1,0
metylcyklohexanon	1,0	3,8	1,9	1,0
kyselina etylhexanová	0,2	1,0	0,5	0,2
dibutylftalát	2,8	0,2	0,2	1,6
suma těkavých složek	33,2	11,2	6,8	11,6
suma netěkavých složek <sup>§</sup>	66,8	88,8	93,2	88,4

<sup>§</sup>/ dopočteno do 100 %

Tab. 6 Množství chloroformem extrahovatelných látek v hm. % organického podílu

Vzorek Látka	1	2	3	4
dietylenglykol	-	-	0,36	-
anhydrid kyseliny ftalové	-	0,11	0,04	-
benzaldehyd	1,02	0,53	0,21	0,56
fenyletylenglykol	0,34	-	-	0,42
toluen	3,81	0,18	-	1,35
cyklohexanon	-	0,32	0,32	-
metylcyklohexanon	-	0,67	0,40	-
kyselina etylhexanová	-	0,18	0,11	-
dibutylftalát	0,47	-	-	0,37
suma těkavých složek	5,64	1,98	1,44	2,70

Tab. 7 Složení chloroformem a benzenem extrahovatelné části pryskyřice po metanolýze /hm. %/

Vzorek Látka	1	2	3	4
etylenglykol	10,0	19,6	0,4	8,2
propylenglykol	2,4	2,6	3,1	2,7
dietylenglykol	14,6	17,6	25,2	5,4
dipropylenglykol	0,5	5,3	< 0,5	< 0,5
kyselina adipová <sup>#/</sup>	15,7	13,8	19,9	4,1
kyselina ftalová <sup>#/</sup>	24,0	30,3 <sup>xxx/</sup>	6,4	17,0
kyselina fumarová <sup>#/</sup>	< 0,2	0,4	< 0,2	< 0,2

Pokrač. tab. 7

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
benzaldehyd	3,4	2,5	0,4	1,4
kyselina benzoová <sup>**</sup> /	2,5	0,3	< 0,2	2,2
acetofenon	1,0	< 0,2	0,3	0,3
fenyletylenglykol	1,9	0,9	0,3	1,4
cyklohexanon	0,2	0,5	0,2	< 0,2
butanol	2,8	2,4	< 0,5	1,5
xxx/ z toho				
butylmetylftalát	-	0,8		
suma těkavých složek	77,3	96,2	55,9	44,2
suma netěkavých složek <sup>***</sup> /	22,7	3,8	44,1	55,8

<sup>\*\*</sup>/ stanoveno jako odpovídající metylester

<sup>\*\*\*</sup>/ dopočteno do 100 %

Tab. 8 Množství chloroformem a benzenem extrahovatelných látek po metanolýze v hm. % organického podílu

Vzorek	1	2	3	4
Látka				
etylenglykol	1,30	2,33	0,06	1,58
propylenglykol	0,31	0,31	0,48	0,52
dietylenglykol	1,90	2,09	3,89	1,04
dipropylenglykol	-	0,63	-	-
kyselina adipová <sup>**</sup> /	1,92	1,64	3,07	0,79
kyselina ftalová <sup>**</sup> /	3,13	3,60	0,99	3,27
kyselina fumarová <sup>**</sup> /	-	0,05	-	-

Pokrač. tab. 8

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
benzaldehyd	0,44	0,30	0,06	0,27
kyselina benzoová	0,33	0,04	-	0,42
acetofenon	0,13	-	0,05	0,06
fenyletylenglykol	0,25	0,11	-	0,27
cyklohexanon	-	0,06	0,03	-
butanol	0,36	0,28	-	0,29
z toho				
butylmetylfitalát	-	0,09	-	-
suma těkavých složek	10,07	11,44	8,63	8,52

\*/ stanoveno jako odpovídající metylester

5.4. Urychlovač

Účinná látka urychlovače je kobalt. Jeho obsah v jednotlivých vzorcích v hm. % organického podílu je uveden v tab. 9.

Tab. 9 Obsah kobaltu v hm. % organického podílu

Vzorek	1	2	3	4
Látka				
kobalt	$8 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$10^{-3}$

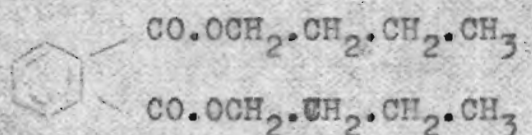
#### 5.4 Urychlovač

Při správném dávkování činí obsah aktivní složky /kobaltu/  $1 \cdot 10^{-2}$  -  $2 \cdot 10^{-2}$  hm. % organického podílu. Ve vzorcích 2 a 3 je ve skutečnosti obsažena přibližně polovina minimálního množství, ve vzorcích 1 a 4 dokonce cca 1/10 minimálního množství /viz tab. 9/. Nedostatek urychlovače nezhorší vlastnosti polymeru přímo, ale tím, že polymerace probíhá pomalu a zvyšuje se tak značně nebezpečí oxidace styrenu.

Z tab. 5 a 6 vyplývá, že množství toluenu /ředidla urychlovače/ je u vzorků 1 a 4 větší, než odpovídá správné dávce urychlovače, tj. 0,6 - 1,2 hm. % organického podílu. Je tedy možné, že bylo použito sice dostatečné množství /nebo dokonce přebytečné množství/ urychlovače, který však byl nekvalitní a neobsahoval dostatečné množství účinné složky. Je ovšem též možné, že přítomný toluen byl dodán do systému k jeho naředění /a dosažení lepší zpracovatelnosti/ při výrobě plastbetonu nebo byl přítomen v nekvalitní pryskyřici. Zpětně, bez znalosti složení jednotlivých složek polyesterového systému, nelze definitivní závěry učinit.

#### 5.5 Iniciátor

Dibutylftalát /dibutylester ftalové kyseliny/



je součástí iniciátoru; jeho chemická stálost je prakticky shodná se stálostí vzniklé polyesterové pryskyřice, avšak do vytvořené polyesterové sítě není zabudován a lze jej

z vytvrzeného polymeru extrahovat. Tím lze prokázat množství dodaného iniciátoru do soustavy. Při správném dávkování činí obsah iniciátoru v organickém podílu plastbetonu 1,9 - 3,8 hm.%. Jestliže předpokládáme minimální množství dibutylftalátu pouze 25 hm. % celkového množství iniciátoru, pak může obsah dibutylftalátu kolísat od 0,47 do 0,95 hm. % organického podílu. Při 50% obsahu dibutylftalátu by mělo být jeho množství od 0,95 do 1,9 hm. % organického podílu. Protože není známo, zda použitý roztok peroxidu byl ve směsi metylcyklohexanonu a dibutylftalátu /a v jakém poměru/, či zda šlo pouze o roztok v dibutylftalátu, je třeba se spokojit s mezemi 0,47 - 1,9 hm. %. Totéž platí o metylcyklohexanonu.

Podle tab. 6 je zřejmé, že u vzorků 2 a 3 nebyl užit P-katalyzátor VI /s obsahem dibutylftalátu/, ale P-katalyzátor V, v němž jediné ředidlo je metylcyklohexanon v množství 20 hm. %. V tom případě by při stejném dávkování iniciátoru jako podle technologického předpisu bylo množství metylcyklohexanonu 0,38 - 0,76 hm. % organického podílu. Kdyby se podařilo správné dávkování, byly by tyto hodnoty poloviční, tj. 0,19 - 0,38 hm. %. U vzorku č. 2 činí množství cyklohexanonu a metylcyklohexanonu 0,99 hm. %, u vzorku č. 3 je to 0,72 hm.%. Z toho je zřejmé, že iniciátoru P V byl dávkován se značným přebytkem proti potřebnému množství, zřejmě bez ohledu na jeho záměnu za P VI. Přebytek činí 160, resp. 90 % maximálního správného množství. Přebytek iniciátoru sice významně nepoškodí výsledný polymer přímo, ale může způsobit zkrácenou životnost směsi, vedoucí k tomu, že se nestačí ukončit zpracování směsi před začátkem síťování, a zpracovávání v tomto stavu vede k mechanickému poškození vytvářející se prostorové struktury



polymeru. To má za následek prudké snížení výsledných mechanických vlastností i chemické odolnosti polymeru.

S ohledem na dřívější zjištění o menším obsahu urychlovače v těchto vzorcích a na známou skutečnost, že pro vytvrzování polyesterových systémů není ani tak rozhodující množství iniciátoru a urychlovače zvláště, ale množství jejich sumy, je možno uzavřít, že do vzorků 2 a 3 byl dodán systém vedoucí k vytvrzení v přiměřeném množství. Pokud iniciátor nebyl znehodnocen /špatnou výrobou, dlouhým nebo nevhodným skladováním/, což nelze zpětně nijak prokázat, nedošlo k poruše plastbetonu přímo v důsledku nesprávného poměru složek polyesterové pryskyřice. Nepřímý vliv na porušení však tato chyba může mít.

V případě vzorků 1 a 4 byl použit jednoznačně jiný druh iniciátoru než pro vzorky 2 a 3, nejspíše P-katalyzátor VI pouze s dibutylftalátovým ředidlem. Množství dibutylftalátu podle tab. 5 činilo 0,47 hm.% resp. 0,37 hm.%, tj. 50 % resp. 38 % minimálního potřebného množství. V tomto případě je zřejmé, že množství iniciátoru /a nejspíš - jak dříve uvedeno - i urychlovače/ bylo ve vzorcích 1 a 4 nedostatečné, aby mohlo zajistit zesítní v dostatečně krátké době. Tím se sníží nejen výsledné mechanické vlastnosti vytvrzené pryskyřice, ale i její chemická <sup>odol</sup>vlastnost; zejména se výrazně zvyšuje nebezpečí oxidace styrenu.

## 5.6 Pryskyřice

Objektivně by bylo možno stanovit kvalitu pryskyřice /stejně jako ostatních složek pojiva/ pouze zkouškou výchozích látek. Protože složky pojiva nebyly v době zpracování

tohoto posudku již k dispozici, bylo nutno spokojit se jen analýzou polymeru. To je ovšem daleko obtížnější a některé údaje již nelze zjistit vůbec.

Z nalezených dikarbonových kyselin a glykolů, zejména podle tab. 8, lze soudit na druh použité pryskyřice /za předpokladu, že tyto pryskyřice byly vyrobeny správně/.

Přítomnost kyseliny adipové ve všech vzorcích svědčí o tom, že převážně byly použity pryskyřice ChS, příp. pojiva vyrobená na jejich bázi. Naproti tomu přítomnost dipropylenglykolu ve vzorku 2 může naznačovat, že alespoň ve směsi s ChS polyesterem byl použit Patix 225, nebo že pryskyřice ChS nebyla vyrobena správně.

V chloroformovém extraktu /tab. 6/ bylo nalezeno ve vzorku 3 0,36 % dietylenglykolu; volné alkoholy by ve správně zpracované pryskyřici neměly být přítomny vůbec nebo jen ve stopách. Jeho přítomnost spolu s přítomností propylenglykolu v head-space analýze svědčí buď o nedostatečné iniciaci, což se nezdá v daném případě pravděpodobné, o nesprávně složené pryskyřici, nebo příp. o jeho uvolnění až v podlaze hydrolyzou pryskyřice.

Důležitou informací o složení pryskyřice poskytne vzájemné srovnání glykolů, příp. ftalové a adipové kyseliny. Etylenglykol a propylenglykol dává vznik tvrdých /křehkých/ polymerů, dietylenglykol, příp. dipropylenglykol /který by však vůbec neměl být přítomen/ poddajných až měkkých polymerů. Ve změkčených typech polyesterů je převaha kyseliny adipové, ve tvrdých kyseliny ftalové. Vzájemné poměry těchto látek v analyzovaných vzorcích jsou uvedeny v tab. 10.

Tab. 10 Poměry glykolů a nasycených kyselin v extraktu po 20 hodinové metanolýze

Vzorek	1	2	3	4
Poměr				
Etylenglykol : dietylenglykol	0,69	1,10	0,016	1,5
Etylenglykol : propylenglykol + dipropylenglykol	4,2	2,4	0,13	3,0
Etylenglykol + propylenglykol : dietylenglykol + dipropylenglykol	0,85	0,97	0,14	2,02
kyselina adipová : kyselina ftalová <sup>*/</sup>	0,4	0,3	1,82	0,13

<sup>\*/</sup> po 168 hodinové metanolýze /záznam 13 - 16/

Pro směs 75 % ChS P 104 a 25 % ChS P 200 má být přibližný poměr EG : DEG 2,5, přibližný poměr (EG + PG) : (DEG + DPG) 3,0. Poměr EG : (PG příp. + DPG) může kolísat od 1 do 5. Poměr AA : FTA je 0,6. Pro Patix 225 je poměr PG : DEG = 1,09, poměr AA : FTA = 0.

Žádný ze vzorků neodpovídá tomuto složení.

Pokud jde o obsah změkčujících glykolů, blíží se pouze vzorek 4 předepsané hodnotě. Vzorek 1 a 2 by mohl přibližně odpovídat Patixu 225, ovšem přítomnosti kyseliny adipové a etylenglykolu tuto možnost vylučují. Vzorek 3 obsahuje téměř převážně změkčující pryskyřici ChS 200 /jak podle poměru glykolů, tak kyselin/ a technologická chyba při výrobě plastbetonu je zde zřejmá.

Ve vzorku 4 je poměr kyselin podstatně menší, než by odpovídal poměru glykolů. To svědčí buď o vadném složení pryskyřice nebo o chemickém narušení polymerace. Vzorky 1 a 2 obsahují podstatně více změkčující pryskyřice /cca 3x/, než odpovídá technologickému předpisu. Jak mechanická pevnost, tak chemická odolnost takového systému jsou podstatně nižší než v systému podle předpisu, což bylo ověřeno sérií modelových pokusů. Důležitý poznatek z těchto pokusů je, že přidavkem pryskyřice ChS P 200 do ChS P 104 sice podstatně klesá pevnost, ale jen nepatrně se mění mezí přetvoření /tažnost/. To znamená ve svých důsledcích, že systémy s větším poměrným množstvím změkčující pryskyřice jsou přes svou měkkost náchylné ke vzniku trhlin stejně jako systémy tvrdé. Výsledky těchto modelových pokusů jsou uvedeny v tab. 11.

#### 5.7 Neregulární vznik a chemické poruchy polyesterového polymeru

Špatná jakost pryskyřice a vytvrzujících látek může být zapříčiněna jak vinou výroby /nevhodné suroviny, nedostatečná čistota, chybně vedená reakce/, tak nevhodným skladováním, příp. překročením předepsané doby použitelnosti složek.

Chybná technologie výroby plastbetonu může být způsobena jak nevhodným poměrem složek, zejména nedostatečným množstvím urychlovače nebo iniciátoru, nevhodným poměrem neměkčených i změkčených polyesterů, zanesením inhibujících nečistot, nepolymerujících látek /ředidel/ atd., tak nedokonalým míšením, neúčinným zpracováním nebo nevhodným prostředím při vytvrzování. Ve všech případech kromě přímého vlivu chyby na dokonalost

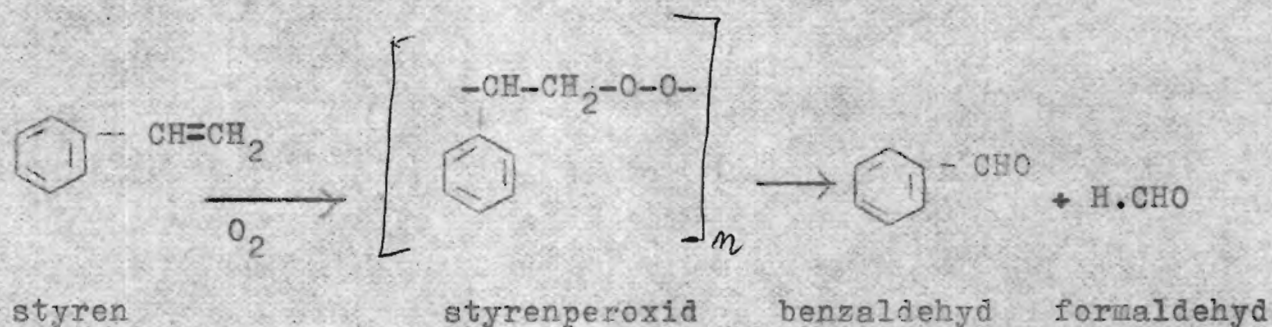
Tab. 11 Složení a vlastnosti polyesterové pryskyřice s různým poměrem ChS 104 a ChS 200

Směs čís.	Množství pryskyřice ve směsi		Množství tužidla	Množství urychlo- vače	Tvrdost Ø kuličky k Ø vtisku	Pevnost v tlaku kg/cm <sup>2</sup>	Mezní pře- tvoření %	Způsob porušení
	ChS 104	ChS 200						
1	100	0	4	1,5	1,92	1292	10,8	pod.trhlina
2	75	25	4	1,5	1,34	1029	47,1	soudek
3	50	50	4	1,5	1,31	761	52,3	soudek
4	25	75	4	1,5	1,12	187	47,9	rozpadlý soudek
5	10	90	4	1,5	neměřitelné	47	45,4	rozpad
6	0	100	4	1,5	neměřitelné	26	40,0	rozpad

polymerace mohou tyto chyby přispívat k dalším chemickým dějům /oxidaci, hydrolýze/ nebo je i vyvolat.

Účinkem vody a alkálií může dojít k hydrolytickému rozštěpení esterových vazeb mezi nasycenými kyselinami a glykoly. V takovém případě se tyto látky objeví v chloroformovém extraktu. V žádném vzorku však nebyly v podstatném množství nalezeny /tab. 5/. Určité množství FA a DEG ve vzorku 3 by sice mohlo naznačit počátek hydrolýzy; hydrolýza v tak malém rozsahu by však nemohla být příčinou poruchy plastbetonu. Zcela chybné složení této směsi s velkou převahou dietylenglykolu ukazuje navíc spíše na to, že všechny dietylenglykol nebyl zabudován do polymerní sítě, než na hydrolýzu.

Při nedostatečném nebo pomalém vytvrzení dochází působením kyslíku k oxidaci části styrenu /k inhibici tvorby radikálů/ podle schématu:

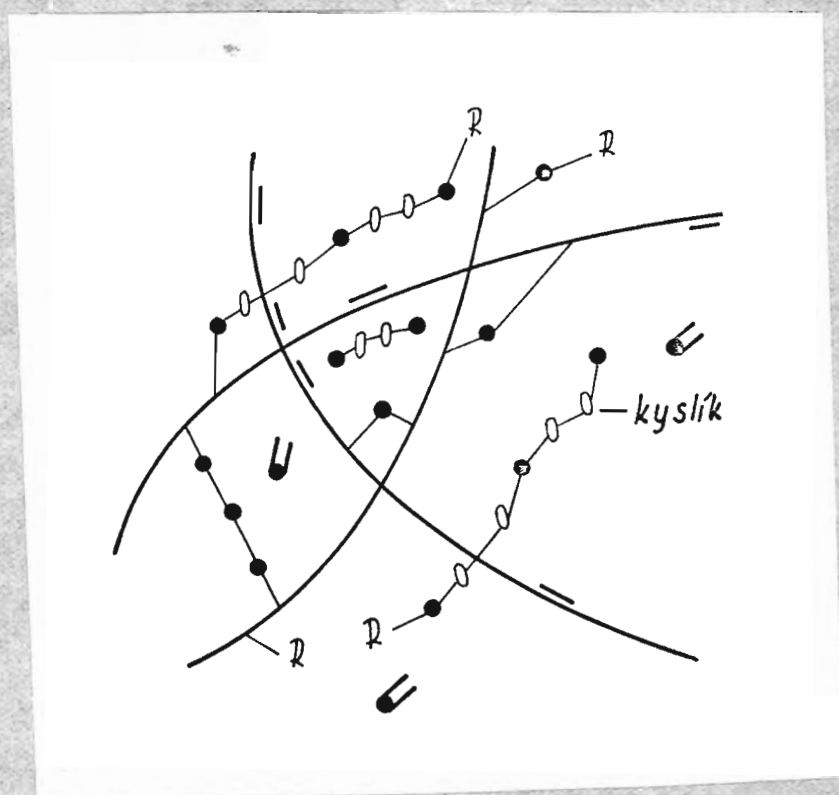


V soustavě při oxidaci styrenu vzniká také fenyletylenglykol a další oxidační zplodiny /např. acetofenon, etylacetát a další/.

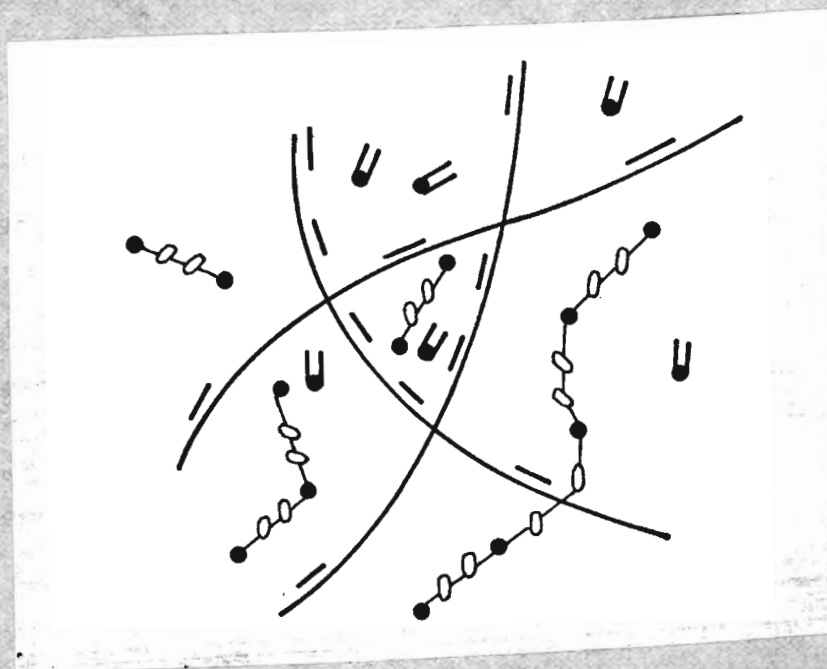
Peroxid styrenu, jako meziprodukt oxidace, může být i polymerní povahy a jeho vznik může vyvolat i dojem tuhnutí plastbetonu, i když za delší čas než při správném průběhu polymerace. Tento polymer je však chemicky nestálý a vytvrnutí pouze do-

časné /nazývané falešné/. K rozkladu peroxidu styrenu dochází až po jisté době, obvykle až po položení nášlapné vrstvy. Benzaldehyd je kapalina, formaldehyd plyn a proto narušují i dobrou strukturu plastbetonu; dochází k botnání nižších polymerů /oligomerů/, zvětšování objemu, případně změkčení povrchové vrstvy. Oxidační zplodiny však hlavně zabraňují vzniku řádného polymeru, a to trvale. Jev je nevratný, u systému poškozeného oxidací nelze již žádným dostupným způsobem obnovit žádnou polymeraci polyesterové pryskyřice, vznik příčných vazeb a vytváření pevného polymeru.

Neregulární vznik polyesterového polymeru je pro srovnání s regulárním průběhem polymerní reakce ukázán na obr. 5. Schéma zcela zoxidované /nezatvrdlé/ polyesterové pryskyřice je na obr. 6.



Obr. 5 Nedokonale vytvrzená polyesterová pryskyřice /částečná oxidace/



Obr. 6 Zcela inhibovaná a zoxidovaná polyesterová pryskyřice

K oxidaci vzdušným kyslíkem ještě nezpolymerované pryskyřice může dojít při příliš dlouhé době tuhnutí. Příčinou pomalého vytvrzování může být nedostatek iniciátoru, urychlovače, nebo přítomnost vody jako inhibitorů a nosiče kyslíku, nevhodné nebo dlouhodobé skladování složek, nesprávný poměr výchozích složek pryskyřice, nedostatečné zhutnění nebo nevhodný způsob míšení atd. Ke stejnému jevu může dojít i v případě, že ve směsi je přítomno nadměrné množství styrenu nebo dokonce jiných /nereaktivních/ ředidel, která jsou často nevhodně vnášena ke zlepšení zpracovatelnosti plastbetonu.



Nositelům inhibičních látek může být též nevhodný písek /např. s obsahem kysličníku zinečnatého, křemičitanů, uhlíku apod., nebo písek kontaminovaný sazí či fenoly při sušení/, zinková běloba /použitá místo rutilové titanové běloby/, kysličník chromitý /bez povrchové úpravy kysličníkem hlinitým/ atd. Všechny inhibující látky především umožní dlouhodobý styk pryskyřice se vzdušným kyslíkem, působícím zhoubně na průběh polymerační reakce.

Benzaldehyd charakteristicky zapáchá po hořkých mandlích. Ve vyšetřovaných vzorcích ho bylo skutečně velmi zřetelně cítit, zejména u čerstvě odebraného vzorku, i přes intenzivní zápach styrenu. Působením vzduchu na benzaldehyd oxiduje na kyselinu benzoovou, která je bez zápachu. Proto u vzorků déle exponovaných vzdušnému kyslíku /např. po odstranění povrchové vrstvy, po jejím porušení, v okolí trhlin/ se charakteristický zápach ztrácí. Současně při otevření povrchu rychle vytěká i formaldehyd. Obsah rozkladných produktů ostatně jednoznačně signalizuje u vzorků 1, 2 a 4 i "head-space" analýza, jejíž výsledky jsou uvedeny v tab. 12 /záznam 1 - 4/. Z této analýzy lze též soudit na některé příčiny oxidace. Tak např. ve vzorku 1 vedle značného množství toluenu je přítomno i mnoho butylalkoholu, ve vzorku 2 navíc další ředidla, jako etylbenzen, xyleny, okten, vzorek 3 obsahuje relativně mnoho etylalkoholu a vzorek 4 vedle toluenu butylalkohol, etylbenzen, xyleny, okten. Vzorek 2 kromě značného množství nezreagovaného styrenu má i relativně vysoký obsah parafinů. Vzorky 4 a 3 kromě ředitel obsahují i relativně značné množství nezreagovaného propylenglykolu. Jeho přítomnost bez současné

přítomnosti těžavějšího etylenglykolu, příp. dietylglykolu, vylučuje možnost porušení plastbetonu hydrolýzou. Vzorek 3 obsahuje dominantní množství vody.

Tato analýza ukazuje, že ve všech případech došlo k ředění pryskyřice nízkomolekulárními látkami buď při přípravě plastbetonu nebo při výrobě pryskyřice. Nerovnoměrný výskyt těchto látek v jednotlivých vzorcích a současně výskyt propandiolu ve vzorku 4 a 3 ukazuje spíše na souběh vady pryskyřice a technologie výroby plastbetonu /ředění/.

Analýza dále potvrzuje nedostatek iniciátoru ve vzorku 1 a ukazuje na příčinu, proč z analýzy extraktů lze soudit u vzorku 3 na začínající hydrolýzu /přítomnost vody/.

Tab. 12 Výsledky analýzy plynné fáze /poměrné hodnoty/

Látka \ Vzorek	1	2	3	4
propylenglykol	-	-	17,2	24,23
styren	-	38,8	-	-
cyklohexanon	4,8	21,1	11,1	16,5
metylcyklohexanon	5,0	19,5	5,9	17,2
benzaldehyd	14,2	15,1	1,0	10,9
butylacetát	-	11,4	-	-
toluen	158	100	3	100
butylalkohol	48,4	27	-	20,49
etylalkohol	-	-	13,61	-
etylbenzen + xyleny	-	48,3	4,1	9,6
okten	-	7,6	2,7	7,3
parafinický uhlovodík /C18/	0,5	9,2	-	2,7
voda	-	-	100	-

V extraktech /tab. 5 - 9/ bylo ve všech vzorcích, zejména pak ve vzorcích 1, 2 a 4, kvantitativně zjištěno značné množství oxidačních produktů /benzaldehyd, fenyletylenglykol, acetofenon a kyselina benzoová/. Z toho je nepochybné, že k porušení podlahoviny, z níž byly odebrány vzorky 1, 2 a 4, došlo oxidací styrenu, k porušení podlahoviny, z níž byl odebrán vzorek 3, došlo v důsledku zcela netypického a nesprávného jejího složení. Příčiny oxidace nelze zpětně jednoznačně a objektivně určit. Z různých indicií však vyplývá, že došlo k souběhu různých vad, a to jak v technologii výroby plastbetonu, tak v použití složek polyesterového polymeru, které neodpovídaly jejich technickým podmínkám /způsobených chybami při jejich výrobě nebo znehodnocením dlouhým nebo nevhodným skladováním/.

## 6. ZÁVĚR

K porušení podlahoviny došlo chybami v technologii její výroby /ať již přímo nebo použitím nevhodných surovin/.

Analýzy prokázaly jednoznačně, že u všech vzorků došlo k oxidaci styrenu nezpolymerované pryskyřice. U vzorků 1, 2 a 4 je oxidace přímým důvodem poruchy podlahoviny. Přímou příčinou poruchy vzorku 3 je zcela chybné složení pojiva.

Konkrétní chyby, které se podařilo analýzami polymerů identifikovat a které vesměs mohou být příčinou oxidace styrenu, jsou tyto:

- ve všech případech nadměrné množství změkčující pryskyřice
- v případě vzorku 3 zcela netypické složení pryskyřice, obsahující převážně změkčené typy

- všechny vzorky vykazují poddávkování urychlovače, zejména pak vzorky 1 a 4
- u vzorků 2 a 3 byl použit jiný iniciátor, než odpovídá technologickému předpisu, a dávkován se značným přebytkem
- u vzorků 1 a 4 bylo použito nedostatečné množství iniciátoru
- všechny vzorky obsahovaly nadměrné množství nízkomolekulárních ředidel.

K těmto chybám mohou přistoupit další technologické závady, na něž bylo v předchozích statích podle nepřímých indicií upozorněno.



*Richard A. D a r e š*

#### Znalecká doložka:

Znalecký posudek jsem podal jako znalec jmenovaný rozhodnutím ministra spravedlnosti ze dne 11. 10. 1967 č. j. ZT 108/67 pro základní obor stavebnictví, pro odvětví staveb obytných, průmyslových a zemědělských a stavebního materiálu.

Znalecký úkon je zapsán pod poř. čís. 116/81 znaleckého deníku.

Znalečné a náhradu nákladů (náhradu mzdy) účtuji podle připojené likvidace na základě dokladů čís. \_\_\_\_\_



O B S A H

1.	Popis analýz	1
1.1	Kvalitativní stanovení těžkých složek	2
1.2	Chromatografické analýzy	3
1.3	Stanovení popela	4
1.4	Přítomnost nízkomolekulárních látek	4
1.5	Stanovení kobaltu	5
1.6	Chemické složení	5
2.	Popis jednotlivých vzorků a postupů analýz	5
2.1	Vzorek č. 1 - Chodba 198 mezi II-IV kv.,přízemí	5
2.2	Vzorek č. 2 - Chodba 192 mezi I.kv. a skladem hotových výrobků, přízemí	6
2.3	Vzorek č. 3 - suterén 570, II.kv.	7
2.4	Vzorek č. 4 - Sklad hotových výrobků v ex- pedici 224, přízemí	8
3.	Složení polymeru	8
4.	Složení plastbetonu	13
5.	Výsledky analýz	13
5.1	Organické složky	13
5.2	Nízkomolekulární látky /konverze polymeru/	14
5.3	Extrahovatelné látky	17
5.4	Urychlovač	22
5.5	Iniciátor	22
5.6	Pryskyřice	24
5.7	Neregulární vznik a chemické poruchy polyesterového polymeru	27
6.	Závěr	34